



Federaal  
Planbureau

Economische analyses en vooruitzichten

WORKING PAPER 6-22

# Ex ante evaluatie van de fiscaliteit van bedrijfswagens in België

Oktober 2022

Laurent Franckx, [lf@plan.be](mailto:lf@plan.be)

Belliardstraat 14-18  
1040 Brussel

e-mail: [contact@plan.be](mailto:contact@plan.be)  
<https://www.plan.be>

# Inhoudstafel

<b>Synthese .....</b>	<b>1</b>
<b>Synthèse .....</b>	<b>8</b>
<b>1. Inleiding .....</b>	<b>15</b>
<b>2. Literatuuroverzicht .....</b>	<b>18</b>
<b>3. Methodologie: het CASMO-model.....</b>	<b>21</b>
3.1. Overzicht	21
3.2. De fiscale parameters tot en met 2021	24
3.2.1. Jaarlijkse verkeersbelasting	24
3.2.2. Belasting op Inverkeerstelling (BIV)	27
3.2.3. Einde vrijstelling CNG en PHEV in Vlaanderen	29
3.2.4. Inkomensbelasting en vennootschapsbelasting	29
3.2.5. Berekening van het Voordeel van Alle Aard bij salariswagens	30
3.2.6. Bijdragen aan de Sociale Zekerheid bij salariswagens	31
3.2.7. Aftrekbaarheid van de btw	31
3.3. Aannames met betrekking tot toekomstige beleidsontwikkelingen	31
3.3.1. Impact van het Europees beleidskader	31
3.3.2. Lage-emissiezone en toegangsbeperkingen in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest	32
3.3.3. Impact nieuwe WLTP-test	32
3.3.4. BIV en verkeersbelasting in het Waals Gewest	33
3.3.5. Veranderingen in de vennootschapsbelasting	33
3.4. Aannames met betrekking tot de evolutie van de prijzen en technische parameters	34
3.4.1. Aankooprijzen	34
3.4.2. Brandstofprijzen en -verbruik	36
3.4.3. Elektriciteitsprijzen en -verbruik	37
3.5. Schattingsresultaten bij CASMO	37
3.5.1. De levensloop van personenwagens als multi-toestandsproces	37
3.5.2. Het discrete-keuzemodel	40
3.6. Herkalibratie op basis marktaandelen 2020-21	46
3.7. Jaarlijkse aanpassing van het autopark	49
3.7.1. Organisatie van het autopark in CASMO	49
3.7.2. Schatting van de marktaandelen per individueel model	49
3.7.3. Aanpassing van het autopark op het niveau van de COPERT-klassen	52

<b>4. Bespreking van de simulatieresultaten.....</b>	<b>54</b>
4.1. Impact op samenstelling verkopen en park	54
4.2. Impact op de overheidsontvangsten	59
4.3. CO <sub>2</sub> -uitstoot	63
<b>5. Literatuurlijst .....</b>	<b>64</b>
<b>6. Bijlage A: De belangrijkste databronnen.....</b>	<b>67</b>
6.1. De IHS-databank	67
6.2. De databank van het Europees Milieuagentschap	68
<b>7. Bijlage B: De BLP benadering voor het schatten van discrete-keuzemodellen op basis van     marktdata .....</b>	<b>75</b>
7.1. Logit	75
7.2. Geneste logit	77
7.3. Schatting met stochastische coëfficiënten (BLP-benadering)	78
7.3.1. Het schatten van de constante termen en van de variatie in de voorkeuren	79
7.3.2. Het schatten van de parameters die de constante term verklaren	82
7.3.3. De keuze van de instrumentele variabelen	84
7.3.4. Samengevat	84
<b>8. Bijlage C: Indicatoren van de kosten van bedrijfswagens in CASMO.....</b>	<b>85</b>
8.1. De winstfunctie	85
8.2. De nutsfunctie voor de werknemer	87
8.3. Bepaling van het brutoloon voor een werknemer met salariswagen	88
8.4. Benadering in het discrete-keuzemodel van CASMO	90
<b>9. Bijlage D: Sensitiviteitsanalyse .....</b>	<b>91</b>
9.1. Resultaten met ongewijzigde categorische variabelen	91
9.2. Hoger aandeel salariswagens	98

## Lijst van tabellen

Tabel 1	Jaarlijkse verkeersbelasting in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en Wallonië.....	25
Tabel 2	Jaarlijkse verkeersbelasting in Vlaanderen voor milieucorrectie .....	25
Tabel 3	Vlaanderen: correctie van de jaarlijkse verkeersbelasting op basis van de CO <sub>2</sub> -uitstoot en Euronorm .....	26
Tabel 4	Aanvullende verkeersbelasting voor LPG wagens.....	26
Tabel 5	BIV in het Brussels Hoofdstedelijk en in het Waals Gewest .....	27
Tabel 6	BIV constante term luchtcomponent voor dieselwagens in Vlaanderen .....	28
Tabel 7	BIV constante term luchtcomponent voor benzine-, LPG- en CNG-wagens in Vlaanderen.....	28
Tabel 8	BIV constante term luchtcomponent in Vlaanderen vanaf 2021 .....	29
Tabel 9	Aftrekpercentage van autokosten in de vennootschapsbelasting .....	29
Tabel 10	Referentie-CO <sub>2</sub> -uitstoot voor de berekening van het VAA.....	30
Tabel 11	Minimumbedrag van het VAA .....	31
Tabel 12	Lage-emissiezone in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest .....	32
Tabel 13	Aftrekbaarheid autokosten elektrische wagens in de vennootschapsbelasting.....	34
Tabel 14	Aannames met betrekking tot de brandstofprijzen (Exclusief btw en accijnzen, prijzen van 2019) .....	37
Tabel 15	Lineaire coëfficiënten voor het BLP-model voor particulieren .....	43
Tabel 16	Random coëfficiënten voor het BLP-model voor particulieren .....	44
Tabel 17	Lineaire coëfficiënten voor het BLP-model voor bedrijfswagens.....	45
Tabel 18	Random coëfficiënten voor het BLP-model voor bedrijfswagens.....	46
Tabel 19	Gemiddelde procentuele verandering in de levenscycluskosten van bedrijfswagens ten gevolge van de belastinghervorming (2026) .....	56
Tabel 20	Gemiddelde procentuele verandering in de levenscycluskosten van bedrijfswagens ten gevolge van de belastinghervorming (2031) .....	57
Tabel 21	OLS-model voor de CO <sub>2</sub> -uitstoot volgens de NEDC testcyclus.....	71
Tabel 22	OLS-model voor de CO <sub>2</sub> -uitstoot volgens de WLTP testcyclus .....	72
Tabel 23	OLS model voor het elektriciteitsverbruik van elektrische auto's en PHEV's .....	74

## Lijst van figuren

Figuur 1	Projecties van de verkoop van nieuwe bedrijfswagens .....	2
Figuur 2	Projecties van de belastinginkomsten bepaald door het bezit en het gebruik van bedrijfswagens .....	3
Figuur 3	Projectie van de gedeerde inkomsten in de vennootschapsbelasting ten gevolge van de aftrekbaarheid van autokosten .....	5
Figuur 4	Globaal effect van de belastinghervorming op de belastinginkomsten .....	6
Figuur 5	Projectie van de CO <sub>2</sub> -uitstoot van het bedrijfswagenpark (eigen berekeningen op basis van PLANET) .....	7
Graphique 6	Projections des ventes de voitures de société neuves avec des variables catégorielles recalibrées .....	9
Graphique 7	Projection des recettes fiscales liées à la possession et à l'utilisation de voitures de société ·	10
Graphique 8	Projection du manque à gagner de l'impôt sur les sociétés dû à la déductibilité des frais de voiture de société .....	12
Graphique 9	Effet net de la réforme fiscale sur les recettes fiscales .....	13
Graphique 10	Net effect of the tax reform on CO <sub>2</sub> emissions from the company car fleet .....	14
Figuur 11	Aannames met betrekking tot de evolutie van de gemiddelde prijzen .....	35
Figuur 12	Brandstofverbruik nieuwe wagens: procentueel verschil met 2019 .....	36
Figuur 13	Elektriciteitsverbruik per km nieuwe wagens: procentueel verschil met 2019 .....	37
Figuur 14	Opeenvolgende stadia voor een dieselwagen (Belgisch model) .....	39
Figuur 15	Leeftijdsstructuur van het gesimuleerd versus het reëel park .....	40
Figuur 16	Marktaandelen van 2012 tot en met 2021 (eigen berekeningen op basis van DIV-data) .....	47
Figuur 17	Marktaandelen van 2012 tot en met 2021 voor elektrische en hybride voertuigen (eigen berekeningen op basis van DIV-data) .....	48
Figuur 18	Projecties van de verkoop van nieuwe bedrijfswagens met geherkalibreerde categorische variabelen .....	55
Figuur 19	Projecties van de aandelen in de verkoop van nieuwe bedrijfswagens met geherkalibreerde categorische variabelen .....	56
Figuur 20	Projecties van het bedrijfswagenpark met geherkalibreerde categorische variabelen .....	58
Figuur 21	Opdeling van het wagenpark in functie van het type eigenaar .....	59
Figuur 22	Projecties van de belastinginkomsten bepaald door het bezit en het gebruik van bedrijfswagens .....	60
Figuur 23	Projectie van de gedeerde inkomsten in de vennootschapsbelasting ten gevolge van de aftrekbaarheid van autokosten .....	61
Figuur 24	Globaal effect van de belastinghervorming op de belastinginkomsten .....	62
Figuur 25	Projectie van de CO <sub>2</sub> -uitstoot van het bedrijfswagenpark (eigen berekeningen op basis van PLANET) .....	63
Figuur 26	CO <sub>2</sub> -uitstoot volgens de NEDC-testcyclus versus gewicht (Belgische data, 2010-2019) .....	70

Figuur 27	CO <sub>2</sub> -uitstoot volgens de NEDC-testcyclus versus maximum vermogen (Belgische data, 2010-2019).....	70
Figuur 28	CO <sub>2</sub> -uitstoot volgens de NEDC-testcyclus versus cilinderinhoud (Belgische data, 2010-2019).....	71
Figuur 29	Elektriciteitsverbruik versus gewicht (Belgische data, 2011-2019) .....	73
Figuur 30	Elektriciteitsverbruik versus maximumvermogen (Belgische data, 2011-2019) .....	74
Figuur 31	Projecties van de verkoop van nieuwe bedrijfswagens met ongewijzigde categorische variabelen.....	92
Figuur 32	Projecties van de aandelen in de verkoop van nieuwe bedrijfswagens met ongewijzigde categorische variabelen.....	92
Figuur 33	Impact op de verkoopcijfers: verschil met het herkalibreerd model .....	93
Figuur 34	Impact op de belastingontvangsten uit het bezit en gebruik van bedrijfswagens: vergelijking met de resultaten met geherkalibreerde categorische variabelen .....	94
Figuur 35	Impact op de inkomsten uit accijnzen en btw op energieverbruik: vergelijking met de resultaten met geherkalibreerde categorische variabelen onder het referentiescenario .....	95
Figuur 36	Impact op de vennootschapsbelasting met ongewijzigde categorische variabelen .....	96
Figuur 37	Impact op de vennootschapsbelasting: vergelijking met de resultaten met geherkalibreerde categorische variabelen.....	96
Figuur 38	Impact op de belastingontvangsten met ongewijzigde categorische variabelen .....	97
Figuur 39	Impact op de belastingontvangsten: vergelijking met de resultaten met geherkalibreerde categorische variabelen.....	98
Figuur 40	Effect van de belastinghervorming op de inkomsten uit het bezit en gebruik van wagens (hoog aandeel salariswagens).....	99
Figuur 41	Impact op de belastingontvangsten uit het bezit en gebruik van bedrijfswagens: vergelijking met de resultaten met lager aandeel salariswagens .....	99

# Federaal Planbureau

Het Federaal Planbureau (FPB) is een instelling van openbaar nut die beleidsrelevante studies en vooruitzichten maakt over economische, socio-economische en milieuvraagstukken. Daarnaast bestudeert het de integratie van die vraagstukken in een context van duurzame ontwikkeling. Het stelt zijn wetenschappelijke expertise onder meer ter beschikking van de regering, het Parlement, de sociale gesprekspartners, nationale en internationale instellingen.

De werkzaamheden van het FPB worden steeds gekenmerkt door een onafhankelijke benadering, transparantie en aandacht voor het algemeen welzijn. De kwaliteit van de gegevens, een wetenschappelijke methodologie en de empirische geldigheid van de analyses staan daarbij centraal. Tot slot zorgt het FPB voor een ruime verspreiding van de resultaten van zijn werkzaamheden en draagt zo bij tot het democratisch debat.

Het Federaal Planbureau is EMAS en Ecodynamische Onderneming (drie sterren) gecertificeerd voor zijn milieubeheer.

<https://www.plan.be>

e-mail: [contact@plan.be](mailto:contact@plan.be)

Overname wordt toegestaan, behalve voor handelsdoeleinden, mits bronvermelding.

Verantwoordelijke uitgever: Saskia Weemaes

Wettelijk Depot: D/2022/7433/17

**Federaal Planbureau**

Belliardstraat 14-18, 1040 Brussel

tel.: +32-2-5077311

e-mail: [contact@plan.be](mailto:contact@plan.be)

<https://www.plan.be>

# Ex ante evaluatie van de fiscaliteit van bedrijfswagens in België

Oktober 2022

Laurent Franckx, [lf@plan.be](mailto:lf@plan.be)

**Abstract** - De wet houdende de fiscale en sociale vergroening van de mobiliteit van 25 november 2021 schaft de aftrekbaarheid in de vennootschapsbelasting af voor alle bedrijfswagens behalve voor elektrische wagens. Bovendien wordt de aftrekbaarheid voor elektrische bedrijfswagens doorheen de tijd verlaagd.

We hebben de impact van deze maatregelen op de samenstelling van het wagenpark en de fiscale en parafiscale inkomsten tot 2040 geraamd met het Belgische CAR Stock Model (CASMO).

Het belangrijkste effect van de belastinghervorming is een versnelde elektrificatie van het bedrijfswagenpark en een versnelde daling van de CO<sub>2</sub>-uitstoot, met een piek van ongeveer 1 miljoen ton CO<sub>2</sub> per jaar in de eerste helft van de jaren 2030.

In vergelijking met het scenario zonder hervorming leidt de hervorming tot een toename van de netto belastinginkomsten met ongeveer 1 miljard euro op jaarbasis. Zonder de hervorming zou de (autonome) toename van het aandeel van benzine-PHEV's en elektrische auto's op de bedrijfsautomarkt immers leiden tot belangrijke gederfde vennootschapsbelastinginkomsten. Dit weegt op tegen de daling van de inkomsten uit andere belastingen, zoals de accijnzen op het brandstofverbruik en de belasting van het voordeel in natura in de inkomstenbelasting.

**Abstract** - En Belgique, la loi du 25 novembre 2021 organisant le verdissement fiscal et social de la mobilité du 25 novembre 2021 supprime la déductibilité de l'impôt des sociétés de toutes les voitures de société, à l'exception de celles dont les émissions de CO<sub>2</sub> sont nulles. En outre, la déductibilité des voitures de société électriques est réduite dans le temps.

Nous avons estimé l'impact de ces mesures sur la composition du parc automobile et les recettes fiscales et parafiscales jusqu'en 2040 avec le CAR Stock Model belge (CASMO).



Le principal effet de la réforme fiscale est une électrification accélérée du parc de voitures de société et une baisse accélérée des émissions de CO<sub>2</sub>, avec un pic à environ 1 million de tonnes de CO<sub>2</sub> par an dans la première moitié des années 2030.

Par rapport au scénario sans réforme, la réforme conduit à une augmentation des recettes fiscales nettes d'environ 1 milliard euro sur une base annuelle. En effet, sans la réforme, l'augmentation (autonome) de la part des véhicules hybrides rechargeables à essence et des voitures électriques sur le marché des voitures de société entraînerait une perte importante de recettes fiscales de l'impôt des sociétés. Cette diminution du manque à gagner est plus importante que la diminution des recettes provenant d'autres taxes, telles que les accises sur la consommation de carburant et l'imposition de l'avantage toute nature dans les impôts sur le revenu.

**Jel Classification** - C25, H2, H3, Q58, R48

**Keywords** - company car taxation, tax reform, car demand, discrete choice modelling, car fleet greening, CO<sub>2</sub>



# Synthese

De wet houdende de fiscale en sociale vergroening van de mobiliteit van 25 november 2021 schaft de aftrekbaarheid in de vennootschapsbelasting af voor alle bedrijfswagens behalve voor elektrische wagens. Bovendien wordt de aftrekbaarheid voor elektrische bedrijfswagens doorheen de tijd verlaagd.

Hoewel de nieuwe regels dus geen einde maken aan de gunstige behandeling van bedrijfswagens in de inkomstenbelasting en in de parafiscaliteit, wordt gehoopt dat ze een versnelde overgang naar een volledig elektrisch bedrijfswagenpark zullen stimuleren.

Om de impact van deze maatregelen op de samenstelling van het wagenpark en op de fiscale en parafiscale inkomsten te schatten, gebruiken we het Belgische CAR Stock MOdel (CASMO) dat sinds 2017 ontwikkeld werd door het Federaal Planbureau.

We simuleren de impact van de maatregelen tot 2040 en vergelijken daarbij twee scenario's. In het referentiescenario gaan we uit van beslist beleid (met uitzondering van de besliste veranderingen in de autofiscaliteit), met name de opeenvolgende verstrengingen in de lage-emissiezone in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en het gepland Europees verbod om vanaf 2035 nog auto's op de markt te brengen die CO<sub>2</sub> uitstoten. In het scenario mét belastinghervorming houden we daar bovenop rekening met de veranderingen die voortvloeien uit de wet van 21 november 2021. Beide scenario's zijn gebaseerd op de meest recente World Energy Outlook van het Internationaal Energieagentschap (IEA, 2021). Deze twee scenario's worden dan met elkaar vergeleken.

Voor onze analyse gaan we ervan uit dat de snelle toename in de marktaandeelen van elektrische en benzine plug-in hybride wagens (PHEVs) die in 2020-21 is waargenomen, een fundamentele trendbreuk weerspiegelt, die in de toekomst zal worden voortgezet.

## **De belastinghervorming leidt tot een versnelling van de elektrificatie van het bedrijfswagenpark**

Uit onze projecties blijkt dat de verkoop van benzine PHEVs en van elektrische bedrijfswagens dan snel zal toenemen, ook zonder de hervorming van de fiscaliteit voor bedrijfswagens. Initieel groeien de verkoopcijfers van benzine PHEVs sneller dan die van elektrische wagens, om tegen 2030 een marktaandeel van bijna 50 % te bereiken. Vanaf 2028 neemt de verkoop van elektrische wagens sneller toe en vanaf 2029 is hun marktaandeel zelfs groter dan dat van benzine PHEVs.

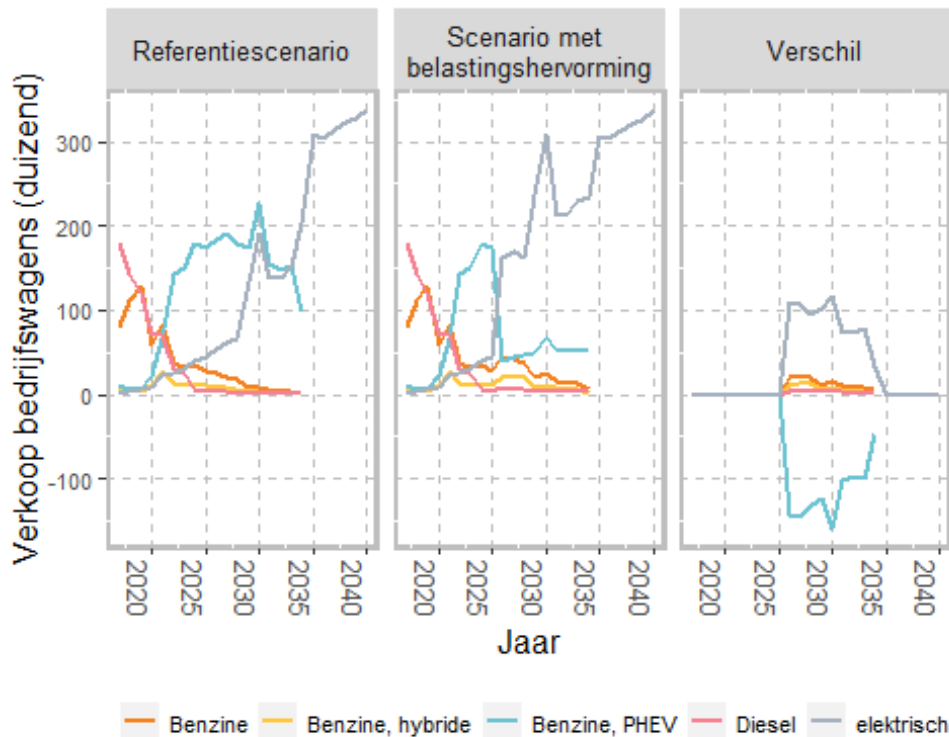
De verkoop van diesel- en benzinewagens neemt tegelijkertijd snel af en vanaf 2030 domineren benzine PHEVs en elektrische wagens volledig de markt voor bedrijfswagens, met een gemeenschappelijk marktaandeel van boven de 85 %.

Het algemeen verbod om binnen de Europese Unie nog auto's met verbrandingsmotor te verkopen vanaf 2035 heeft natuurlijk als effect dat enkel nog elektrische wagens worden verkocht.

Ten opzichte van dit scenario zonder belastinghervorming, is het belangrijkste effect van de belastinghervorming een zeer sterke afname in de verkoop van benzine PHEVs vanaf 2026, vooral ten

voordele van elektrische wagens. Het marktaandeel van elektrische bedrijfswagens stijgt snel tot boven de 50 % en bedraagt nog voor 2030 meer dan 75 %.

**Figuur 1** Projecties van de verkoop van nieuwe bedrijfswagens  
duizendtallen



Door de snelle vernieuwing van de bedrijfsvoertuigenvloot vertalen veranderingen in de samenstelling van de verkopen zich ook relatief snel in veranderingen in de samenstelling van het park: tegen 2040 zal de bedrijfsvoertuigenvloot quasi integraal elektrisch zijn, met of zonder belastinghervorming. De belastinghervorming leidt met andere woorden vooral tot een versnelling van de elektrificatie van het park.

#### **De versnelde elektrificatie van het bedrijfswagenpark leidt tot een afname van de fiscale inkomsten uit het bezit en gebruik van bedrijfswagens in vergelijking met een scenario zonder hervorming**

Voor de impact op de fiscale en parafiscale inkomsten, moeten we er rekening mee houden dat er, vanuit fiscaal standpunt, minstens drie categorieën van bedrijfswagens bestaan:

- Alle bedrijfswagens genieten van een aftrek in de vennootschapsbelasting. Daarnaast zijn bedrijfswagens onderworpen aan alle belastingen waar ook wagens in handen van particulieren aan zijn onderworpen: belasting op inverkeerstelling, jaarlijkse verkeersbelasting, enz.
- Alle bedrijfswagens die worden gebruikt voor privédoeleinden zonder volledige vergoeding van deze kosten door de gebruiker (de “salariswagens in de brede betekenis van het woord”) zijn onderworpen aan een belasting op het voordeel van alle aard in de inkomensbelasting. Een deel

van het toegekende voordeel van alle aard is bovendien een verworpen kost voor de vennootschapsbelasting.

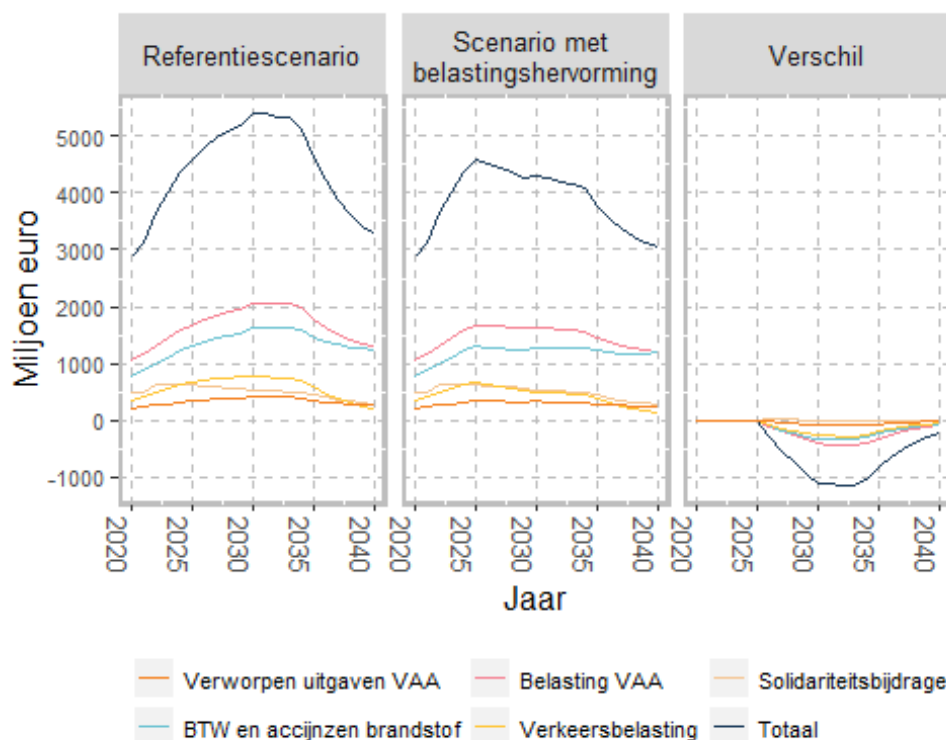
- Bedrijfswagens die worden aangeboden aan werknemers voor privédoeleinden zonder volledige vergoeding van deze kosten door de gebruiker (de “salariswagens in de strikte betekenis van het woord”) zijn bovendien onderworpen aan een solidariteitsbijdrage aan de sociale zekerheid van de werkgever.

In de voorstelling van de resultaten dienen we ook het onderscheid te maken tussen de belastingontvangsten die bepaald worden door het bezit en het gebruik van bedrijfswagens, en deze die voortvloeien uit de aankoop van bedrijfswagens.

De eerste categorie bestaat uit (a) de indirecte belastingen op het verbruik van brandstof en/of elektriciteit (b) de solidariteitsbijdrage aan de sociale zekerheid (c) de belasting op het voordeel van alle aard in de inkomensbelasting (d) de verworpen kosten voor de vennootschapsbelasting van het voordeel van alle aard dat aan de werknemers wordt aangeboden (e) de jaarlijkse verkeersbelasting.

Al deze belastingen hangen af van het totaal energieverbruik of van de CO<sub>2</sub>-uitstoot per km van auto's. Bijgevolg zal een snellere elektrificatie van het wagenpark leiden tot een daling van die inkomsten. Rond 2035 piekt het totaal aan gedeerde inkomsten ten gevolge van de belastinghervorming met ongeveer 1 miljard euro, hoofdzakelijk als gevolg van lagere inkomsten uit de belasting op het voordeel van alle aard en uit de indirecte belastingen op brandstof en elektriciteit. Daarna neemt het verschil tussen het scenario met of zonder belastinghervorming geleidelijk aan af ten gevolge van het Europees verbod op de verkoop van nieuwe wagens met verbrandingsmotor.

**Figuur 2** Projecties van de belastinginkomsten bepaald door het bezit en het gebruik van bedrijfswagens  
In miljoen euro



## **De versnelde elektrificatie van het bedrijfswagenpark leidt tot hogere inkomsten uit de vennootschapsbelasting in vergelijking met een scenario zonder hervorming**

Bij de aankoop van bedrijfswagens is vooral de aftrek van de autokosten in de vennootschapsbelasting van belang: hoe groter die aftrek, hoe groter de gedeerde inkomsten voor de overheid. Daarnaast gaat de aankoop van een wagen ook gepaard met de betaling van de Betaling op Inverkeerstelling (BIV) en BTW – we gaan daar in een volgende paragraaf op in, maar hier behandelen we eerst de aftrek in de vennootschapsbelasting.

De verwachte sterke stijging van de verkoop van benzine PHEVs in de jaren vóór de inwerkingtreding van de belastinghervorming leidt tot een aanzienlijke toename van de gedeerde inkomsten uit de vennootschapsbelasting: van minder dan 1 miljard euro per jaar in de huidige situatie tot meer dan 3 miljard euro per jaar in 2030. Deze wagens genieten immers een relatief grote aftrek door hun lage CO<sub>2</sub>-uitstoot. Hierbij dienen we op te merken dat de gebruikte uitstootcoëfficiënten gebaseerd zijn op de testcyclus, en dat de uitstoot in reële rijomstandigheden heel wat hoger kan liggen.

Met enige vertraging nemen daarna ook de gedeerde inkomsten ten gevolge van de aankoop van elektrische wagens (die blijven profiteren van een -weliswaar lagere – aftrekbaarheid in de vennootschapsbelasting) snel toe tot boven de 2 miljard euro op jaarbasis.

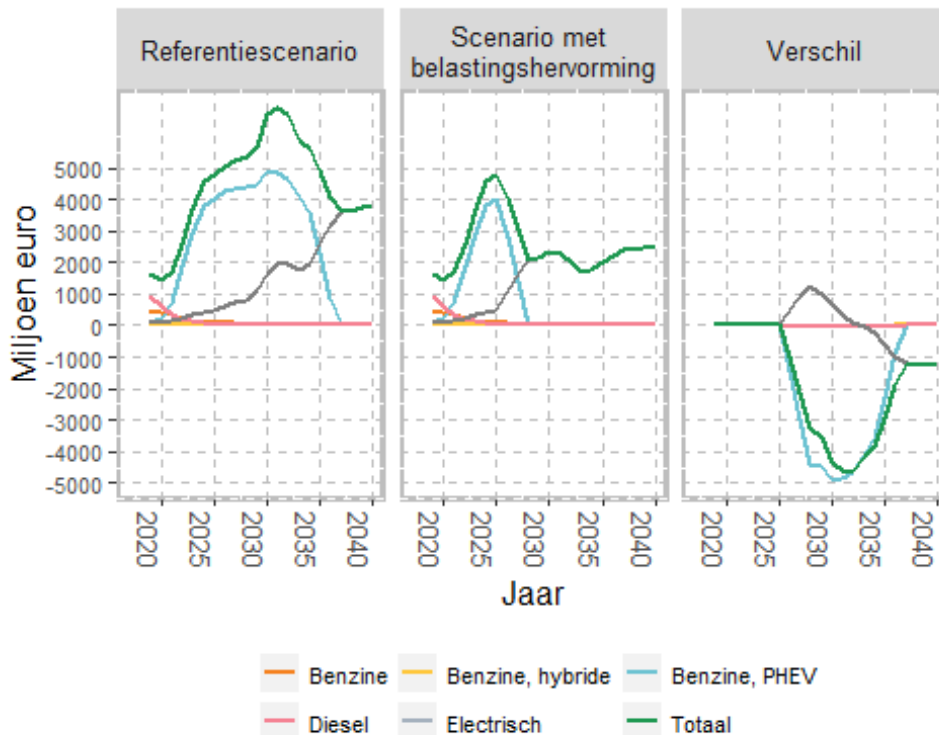
Als gevolg van de belastinghervorming dalen de gedeerde inkomsten voor alle automodellen behalve de volledig elektrische vanaf 2026 tot nul.

Voor elektrische auto's is het totale effect op de belastinguitgaven echter niet a priori bepaald: de fiscale aftrekbaarheid per auto neemt af (wat leidt tot lagere belastinguitgaven), maar leidt ook tot een grotere verkoop van elektrische auto's (wat leidt tot hogere belastinguitgaven). In de eerste jaren van de hervorming overheerst het tweede effect, maar dat verandert rond 2030. Na het in voege treden van het Europees verbod op de verkoop van nieuwe wagens met verbrandingsmotor, blijft enkel nog het eerste effect over. Op lange termijn dalen de gedeerde inkomsten met ongeveer 1 miljard euro als gevolg van de belastinghervorming: met andere woorden, de inkomsten uit de vennootschapsbelasting stijgen met ongeveer 1 miljard per jaar ten opzichte van een scenario zonder belastinghervorming.

In de overgangperiode tussen 2026 en 2035 speelt ook de substitutie van benzine PHEVs door elektrische wagens een rol. Hierdoor liggen de meeropbrengsten in die periode veel hoger, met zelfs een piek van bijna 4 miljard per jaar tussen 2030 en 2035.

De totale gedeerde inkomsten na de hervorming blijven wel nog steeds veel hoger dan in de huidige situatie, en bedragen ongeveer 2,5 miljard euro tegen 2040.

**Figuur 3** Projectie van de gedeerde inkomsten in de vennootschapsbelasting ten gevolge van de aftrekbaarheid van autokosten  
In miljoen euro



**De versnelde elektrificatie van het bedrijfswagenpark heeft netto een positief effect op de overheidsfinanciën in vergelijking met een scenario zonder hervorming**

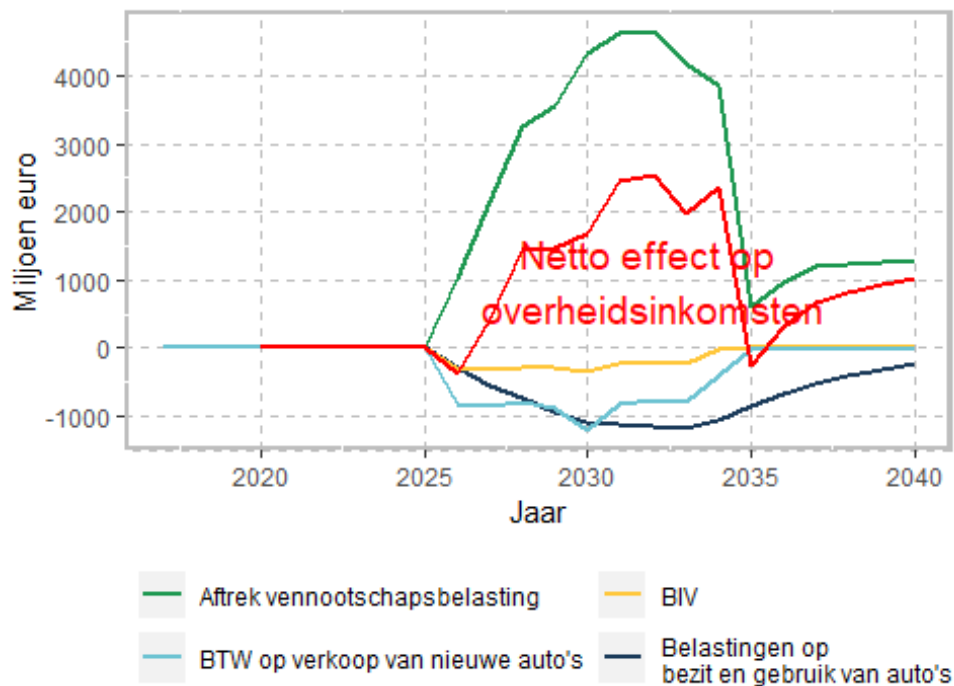
De hervorming leidt ook tot een daling van de btw-ontvangsten op de verkoop van auto's. Aangezien de btw-ontvangsten evenredig zijn met de aankoopprijs van deze auto's, betekent dit dat er een verschuiving plaatsvindt naar goedkopere automodellen.

Het effect op de inkomsten uit de Belasting op Inverkeerstelling (BIV) is zeer gering. Deze effecten worden vanaf 2035 tot bijna nul herleid.

De netto-effecten op de overheidsfinanciën worden samengevat in Figuur 4. Hierin nemen we de som van de effecten die voorgesteld werden in respectievelijk Figuur 2 (de belastingen op het bezit en het gebruik van auto's) en Figuur 3 (de aftrek in de vennootschapsbelasting). Daarnaast stellen we ook de impact voor op de btw-ontvangsten en op de BIV.

Het globaal effect van de hervorming is vanaf 2026 een toename van de jaarlijkse netto-belastinginkomsten met ongeveer 1 miljard op jaarbasis, behalve in 2026 en 2031, wanneer de gedeerde inkomsten uit het bezit en gebruik van bedrijfswagens een klein beetje groter zijn dan de toename van de inkomsten uit de vennootschapsbelasting. Zonder de hervorming zouden de gedeerde inkomsten uit de vennootschapsbelasting veel hoger zijn, als gevolg van de (autonome) toename van de aandelen van benzine PHEVs en elektrische wagens in de markt voor bedrijfswagens.

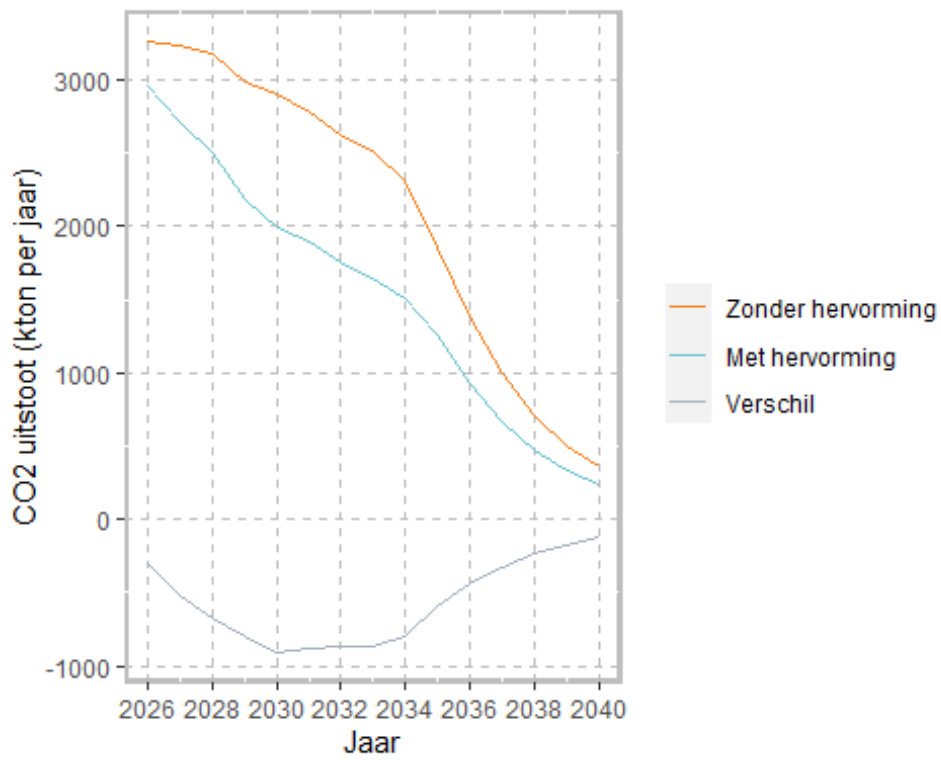
**Figuur 4** Globaal effect van de belastinghervorming op de belastinginkomsten  
In miljoen euro



**De versnelde elektrificatie van het bedrijfswagenpark leidt tot een versnelde afname van de CO<sub>2</sub>-uitstoot in vergelijking met een scenario zonder hervorming**

Ten slotte hebben we gekeken naar de impact op de CO<sub>2</sub>-emissies van bedrijfswagens. Door het Europees verbod op nieuwe wagens met verbrandingsmotor vanaf 2035 dalen zowel zonder als met hervorming de emissies van het bedrijfswagenpark zeer snel na 2034. Het grote verschil ligt in de jaren tussen 2026 en 2035, waar de fiscale hervorming duidelijk leidt tot een versnelde afname van de CO<sub>2</sub>-uitstoot, met een piek van ongeveer 1 miljoen ton CO<sub>2</sub> op jaarbasis in de eerste helft van de jaren 2030.



Figuur 5 Projectie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van het bedrijfswagenpark (eigen berekeningen op basis van PLANET)

## Synthèse

En Belgique, la loi du 25 novembre 2021 organisant le verdissement fiscal et social de la mobilité du 25 novembre 2021 supprime la déductibilité de l'impôt des sociétés de toutes les voitures de société, à l'exception de celles dont les émissions de CO<sub>2</sub> sont nulles. En outre, la déductibilité des voitures de société électriques est réduite dans le temps.

Bien que les nouvelles règles ne mettent pas fin au traitement fiscal et parafiscal avantageux des voitures de société, on espère qu'elles encourageront une transition accélérée vers un parc de voitures de société entièrement électrique.

Pour estimer l'impact de ces mesures sur la composition du parc automobile et les recettes fiscales et parafiscales à l'horizon 2040, nous comparons deux scénarios au moyen du modèle belge CAR Stock MOdel (CASMO) développé par le Bureau fédéral du Plan.

Le scénario de référence se fonde sur les politiques décidées (à l'exception des modifications de la taxation des voitures de société), à savoir le renforcement progressif de la zone de faibles émissions dans la Région de Bruxelles-Capitale et l'interdiction européenne de mettre sur le marché des voitures émettant du CO<sub>2</sub> à partir de 2035. Dans le scénario incluant la réforme fiscale, nous prenons également en compte les changements résultant de la loi du 21 novembre 2021. Les deux scénarios sont basés sur le dernier World Energy Outlook de l'Agence internationale de l'énergie (IEA, 2021).

Notre analyse part de l'hypothèse que les augmentations rapides des parts de marché des voitures électriques et hybrides rechargeables (VHR) à essence observées en 2020-21 reflètent un changement de tendance fondamental qui se poursuivra à l'avenir.

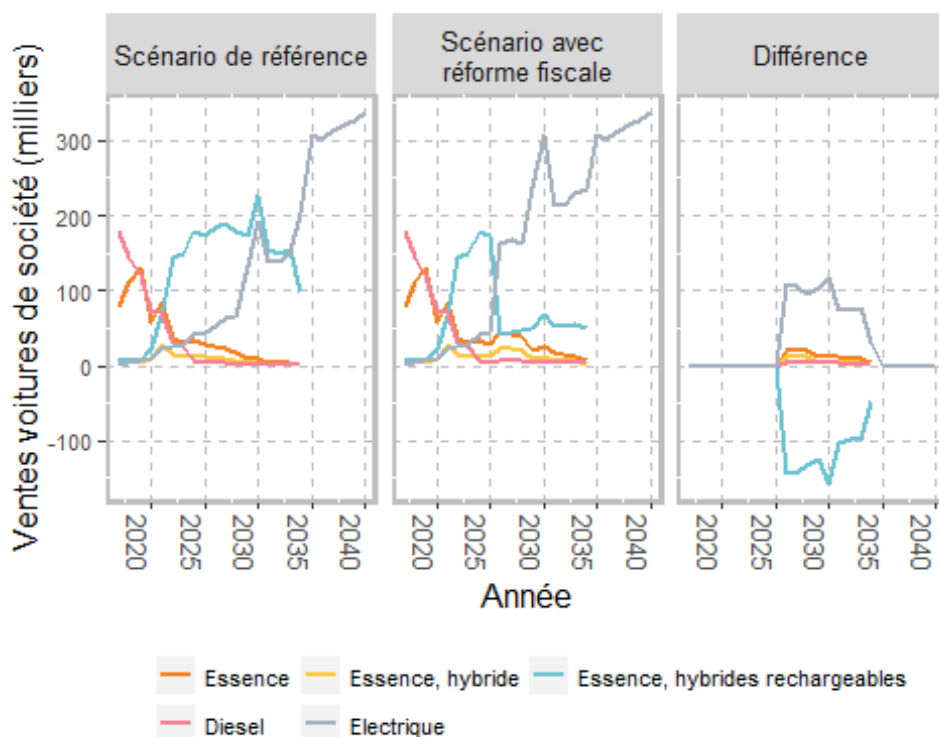
### **La réforme fiscale accélère l'électrification du parc automobile d'entreprise**

Nos projections montrent que les ventes de VHR à essence et de voitures de société électriques vont croître rapidement, même hors réforme fiscale des voitures de société. Dans un premier temps, les ventes de VHR à essence augmentent plus rapidement que celles des voitures électriques, pour atteindre une part de marché de près de 50 % des voitures de société en 2030. À partir de 2028, les ventes de voitures de société électriques progressent plus rapidement et, à partir de 2029, leur part de marché dépasse même celle des VHR à essence.

Dans le même temps, les ventes de voitures diesel et à essence diminuent rapidement, et à partir de 2030, les VHR à essence et les voitures électriques dominent complètement le marché des voitures de société et occupent une part de marché totale de plus de 85 %.

L'interdiction générale de la vente de voitures à moteur à combustion interne dans l'Union européenne à partir de 2035 a pour effet évident qu'à partir de cette date, seules des voitures électriques seront vendues. Le principal effet de la réforme fiscale est une très forte baisse des ventes de VHR à essence à partir de 2026, principalement au profit des voitures électriques. La part de marché des voitures de société électriques augmente rapidement pour dépasser 50 % et atteindre plus de 75 % avant 2030.

Graphique 6 Projections des ventes de voitures de société neuves avec des variables catégorielles recalibrées



Compte tenu du renouvellement rapide du parc de voitures de société, les changements dans la composition des ventes se traduisent également assez rapidement par des changements dans la composition du parc en 2040, le parc de voitures de société sera presque entièrement électrique, que ce soit dans le scénario avec ou sans réforme fiscale. En d'autres termes, la réforme fiscale conduit principalement à une accélération de l'électrification du parc.

#### L'électrification accélérée du parc de voitures de société entraîne une diminution des recettes fiscales provenant de la propriété et de l'utilisation des voitures de société par rapport à un scénario sans réforme

Pour mesurer l'impact de la réforme fiscale sur les recettes fiscales et parafiscales, il faut tenir compte du fait que, du point de vue fiscal, il existe au moins trois catégories de voitures de société :

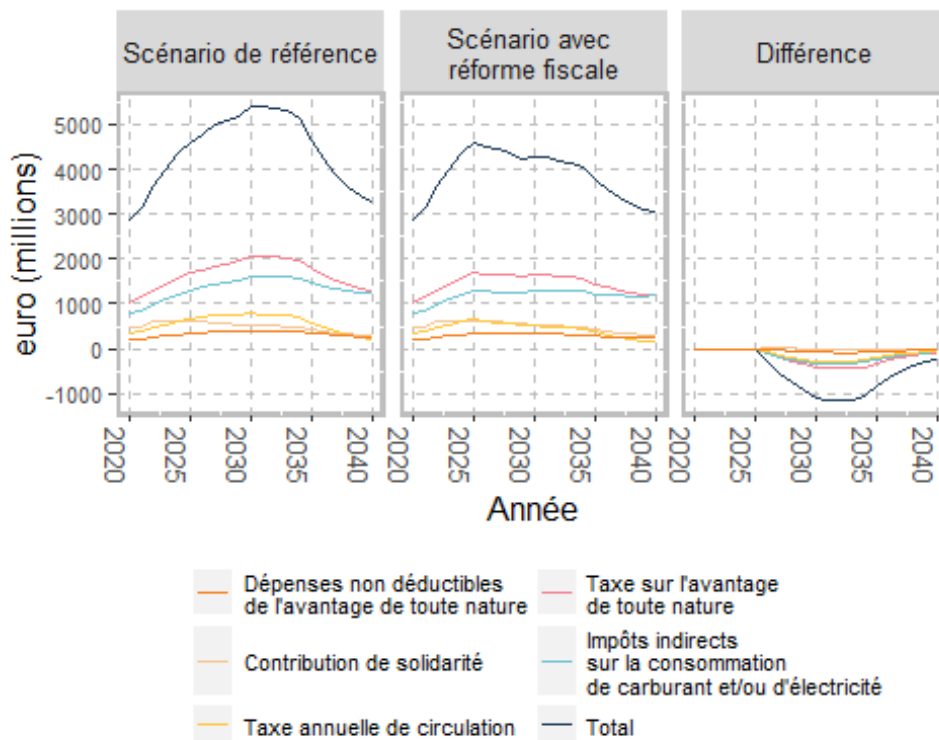
- Toutes les voitures de société bénéficient d'une déduction de l'impôt sur les sociétés. En outre, les voitures de société sont soumises à toutes les taxes qui s'appliquent aux voitures de particuliers : taxe de mise en circulation, taxe annuelle de circulation, etc.
- Les voitures-salaires au sens large, c'est-à-dire toutes les voitures de société utilisées à des fins privées sans remboursement intégral de ces frais par l'utilisateur donnent lieu à la taxation de l'avantage de toute nature à l'impôt des personnes physiques. Une partie de l'avantage de toute nature accordé constitue en outre une charge non déductible à l'impôt des sociétés.
- Les "voitures-salaires au sens strict"), les voitures de société offertes *aux employés* pour leur usage privé sans remboursement intégral de ces frais par l'utilisateur sont en outre soumises à une contribution de solidarité de *l'employeur* à la sécurité sociale.

Dans la présentation des résultats, il convient également de faire la distinction entre les recettes fiscales déterminées par la détention et l'utilisation de voitures de société, et celles résultant de l'achat de voitures de société.

La première catégorie comprend (a) les impôts indirects sur la consommation de carburant et/ou d'électricité (b) la contribution de solidarité à la sécurité sociale (c) la taxe sur l'avantage de toute nature dans l'impôt des personnes physiques (d) les dépenses non déductibles de l'impôt des sociétés de l'avantage de toute nature offert aux salariés (e) la taxe annuelle de circulation.

Toutes ces taxes dépendent de la consommation totale d'énergie ou des émissions de CO<sub>2</sub> par kilomètre des voitures. Par conséquent, une électrification plus rapide du parc automobile entraînera une diminution de ces recettes. Vers 2035, le manque à gagner total résultant de la réforme fiscale culmine à environ 1 milliard d'euros, principalement en raison de la baisse des recettes provenant de la taxe sur l'avantage de toute nature et des taxes indirectes sur le carburant et l'électricité. Par la suite, l'écart entre le scénario avec ou sans réforme fiscale diminue progressivement en raison de l'interdiction européenne de la vente de nouvelles voitures à moteur à combustion interne.

Graphique 7 Projection des recettes fiscales liées à la possession et à l'utilisation de voitures de société



## **L'électrification accélérée de la flotte de voitures de société entraîne une augmentation des recettes fiscales des entreprises par rapport à un scénario sans réforme**

S'agissant des taxes liées à l'achat de voitures de société, la déduction du coût de la voiture dans l'impôt des sociétés est particulièrement importante: plus la déduction est importante, plus le manque à gagner pour le gouvernement est élevé. En outre, l'achat d'une voiture implique également le paiement de la taxe de mise en circulation et de la TVA – nous en parlerons dans une section ultérieure, mais ici nous traiterons d'abord des déductions de l'impôt des sociétés.

La forte augmentation attendue des ventes de VHR à essence dans les années précédant l'entrée en vigueur de la réforme fiscale entraînera une augmentation significative des pertes de recettes de l'impôt des sociétés : de moins de 1 milliard d'euros par an dans la situation actuelle à plus de 3 milliards d'euros par an en 2030. En effet, ces voitures bénéficient d'une déduction relativement importante en raison de leurs faibles émissions de CO<sub>2</sub>. Il convient toutefois de noter que les coefficients d'émission utilisés à des fins fiscales sont basés sur le cycle d'essai, et que les émissions en conditions réelles de conduite peuvent être sensiblement plus élevées.

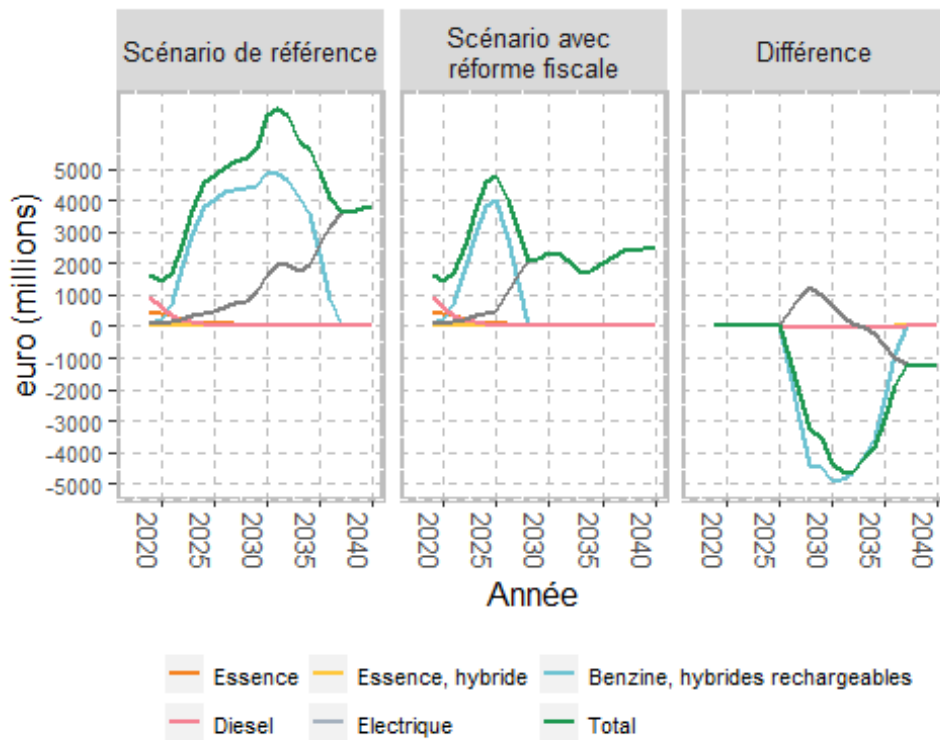
Avec un certain décalage dans le temps, le manque à gagner résultant de l'achat de voitures électriques (qui bénéficient d'une déductibilité de l'impôt des sociétés décroissante dans le temps) augmentera alors également rapidement pour atteindre plus de 2 milliards d'euros sur une base annuelle. À la suite de la réforme fiscale, le manque à gagner tombe à zéro pour tous les modèles de voitures (sauf les modèles entièrement électriques) à partir de 2026.

Pour les voitures électriques, cependant, l'effet total sur les dépenses fiscales n'est pas déterminé a priori : la déduction fiscale par voiture diminue (ce qui entraîne une baisse des dépenses fiscales), mais s'accompagne également d'une augmentation des ventes de voitures électriques (ce qui entraîne une hausse des dépenses fiscales). Dans les premières années de la réforme, le second effet domine, mais cela change vers 2030. Après l'entrée en vigueur de l'interdiction européenne de la vente de voitures neuves à moteur à combustion, seul le premier effet subsiste. À long terme, les recettes perdues suite à la réforme fiscale diminuent d'environ 1 milliard d'euros : en d'autres termes, les recettes de l'impôt des sociétés augmentent d'environ 1 milliard par an par rapport à un scénario sans réforme fiscale.

Dans la période de transition entre 2026 et 2035, le remplacement des VHR à essence par des voitures électriques joue également un rôle. Par conséquent, les recettes supplémentaires sont beaucoup plus élevées pendant cette période, atteignant même un pic de près de 4 milliards par an entre 2030 et 2035.

Toutefois, le manque à gagner total après la réforme reste encore beaucoup plus élevé que dans la situation actuelle et représente environ 2,5 milliards d'euros d'ici 2040.

**Graphique 8** Projection du manque à gagner de l'impôt sur les sociétés dû à la déductibilité des frais de voiture de société



### L'électrification accélérée du parc de voitures de société a un impact positif net sur les finances publiques par rapport à un scénario sans réforme

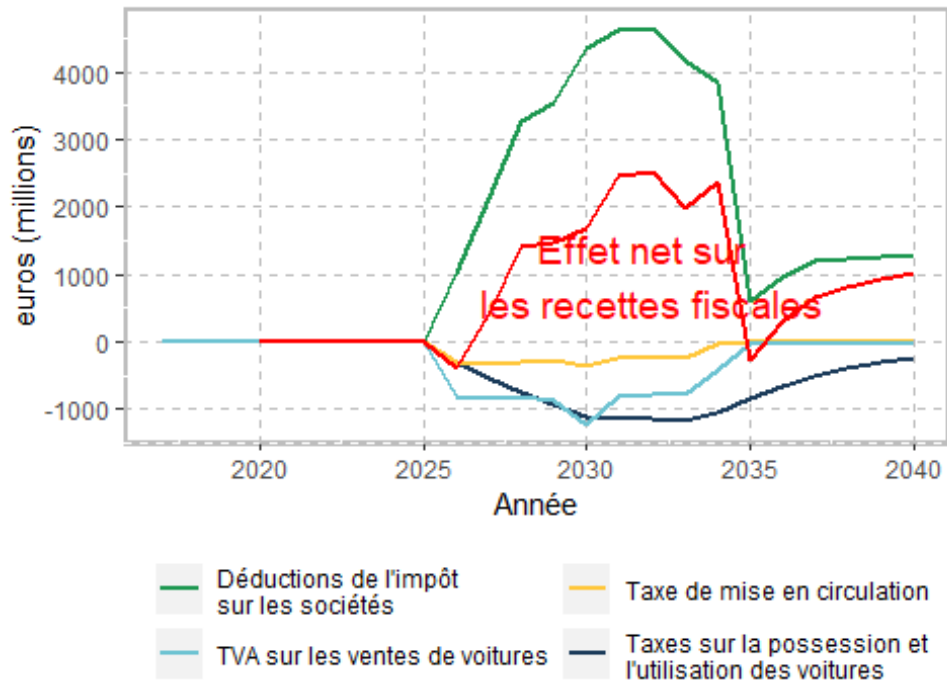
La réforme entraîne également une diminution des recettes de la TVA sur les ventes de voitures. Comme les recettes de TVA sont proportionnelles au prix d'achat de ces voitures, cela signifie un déplacement vers des modèles de voitures moins chers.

L'effet sur les recettes de la taxe de mise en circulation est très faible. Ces effets deviennent pratiquement nuls à partir de 2035.

Les effets nets sur les finances publiques sont résumés dans la Graphique 9 dans laquelle nous prenons la somme des effets proposés dans la Graphique 7 (taxes sur la possession et l'utilisation des voitures) et la Graphique 8 (déductions de l'impôt sur les sociétés), respectivement. En outre, nous présentons également l'impact sur les recettes de tva et la taxe de mise en circulation.

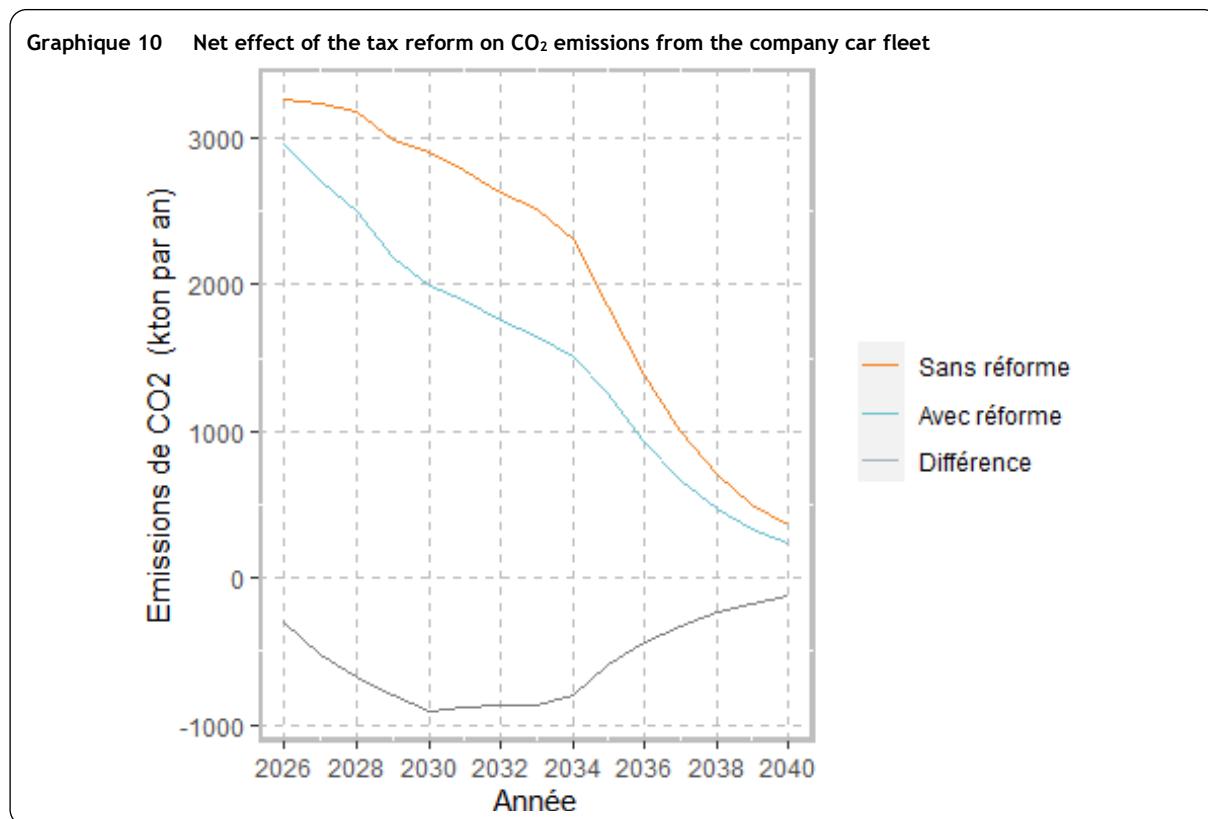
L'effet global de la réforme est une augmentation des recettes fiscales nettes annuelles d'environ 1 milliard sur une base annuelle à partir de 2026, sauf en 2026 et 2031, où le manque à gagner lié à la possession et à l'utilisation de voitures de fonction l'emporte légèrement sur l'augmentation des recettes de l'impôt sur les sociétés. Sans la réforme, le manque à gagner en matière d'impôt des sociétés serait beaucoup plus élevé, en raison de l'augmentation (autonome) de la part des VHR à essence et des voitures électriques sur le marché des voitures de société.

Graphique 9 Effet net de la réforme fiscale sur les recettes fiscales



**L'électrification accélérée de la voiture de société accélère la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> par rapport à un scénario sans réforme**

Enfin, nous avons examiné l'impact de la réforme sur les émissions de CO<sub>2</sub> des voitures de société. En raison de l'interdiction européenne des nouvelles voitures à moteur à combustion interne à partir de 2035, les émissions du parc de voitures de société diminuent très rapidement après 2034, à la fois dans les scénarios avec et sans réforme. La principale différence se situe entre 2026 et 2035, années où la réforme fiscale entraîne clairement une baisse accélérée des émissions de CO<sub>2</sub>, avec un pic d'environ 1 million de tonnes de CO<sub>2</sub> par an dans la première moitié des années 2030.





# 1. Inleiding

In november 2021 werden verschillende wijzigingen ingevoerd in de Belgische belastingwetgeving om de overgang naar een groener mobiliteitssysteem te stimuleren. In dit rapport focussen we op één specifiek aspect: de wijzigingen in de fiscale behandeling van bedrijfswagens in de vennootschapsbelasting.

De belasting van bedrijfswagens, en de milieu- en sociale gevolgen daarvan, is in België al lang een controversieel onderwerp. Net als in tal van andere landen (Harding 2014) is, wanneer werknemers in België een bedrijfswagen mogen gebruiken voor privéritten, het geschatte voordeel van alle aard dat voor belastingdoeleinden wordt gebruikt, lager dan de werkelijke kosten van de auto voor de werkgever (Princen 2017). Bovendien zijn in België zowel werknemers als werkgevers geheel of gedeeltelijk vrijgesteld van socialezekerheidsbijdragen, en zijn zowel de vaste als de variabele kosten van bedrijfswagens aftrekbaar volgens de regels van de vennootschapsbelasting. We zullen dit meer in detail beschrijven in sectie 3.2.

De wet van 25 november 2021 schaft de aftrekbaarheid in de vennootschapsbelasting af voor alle wagens behalve voor wagens die geen CO<sub>2</sub> uitstoten. In dit rapport zullen we ervan uitgaan dat dit slaat op volledig elektrische wagens. Hoewel de nieuwe regels dus geen einde maken aan de gunstige behandeling van bedrijfswagens in de inkomstenbelasting en in de parafiscaliteit, wordt gehoopt dat ze een versnelde overgang naar een volledig elektrisch bedrijfswagenpark zullen stimuleren.

Deze hervorming roept een aantal belangrijke vragen op:

- Hoe sterk is het stimulerend effect? De Belgische belastingwetgeving bevoordeelt reeds auto's met een lage CO<sub>2</sub>-uitstoot, maar tot voor kort heeft dit nog niet geleid tot een sterke toename van het gebruik van elektrische auto's.
- Wat zal het budgettaire effect zijn? Men moet niet alleen rekening houden met het directe effect op de vennootschapsbelastingen, maar ook met (bijvoorbeeld) de inkomsten uit de indirecte belastingen op brandstof- en elektriciteitsverbruik.
- Kunnen wij erop vertrouwen dat de vervanging van auto's op fossiele brandstoffen door elektrische auto's zal plaatsvinden? Hoe zit het met hybride auto's of zuinigere auto's met een verbrandingsmotor (ICE)?
- Hoe zit het met de interactie met andere beleidsmaatregelen, zoals bijvoorbeeld de Lage Emissie Zones?

Om deze vragen te beantwoorden, gebruiken we het Belgische CAR Stock MOdel (CASMO) dat ontwikkeld werd door het Federaal Planbureau.

Dit rapport is als volgt opgebouwd.

Eerst geven we een kort overzicht van de bestaande literatuur over de belasting van bedrijfswagens. De twee onderwerpen die het meest aan bod komen in de literatuur zijn de ongewenste gedragsprikkel

die uitgaan van de belasting op bedrijfswagens en de gedeelde belastinginkomsten als gevolg van het systeem. Sommige auteurs werpen ook de vraag op of de belasting op bedrijfswagens kan worden gebruikt om de overgang naar groene mobiliteit te stimuleren.

Voor zover wij weten, is deze analyse echter de eerste die zich vooral richt op de behandeling van bedrijfswagens in het vennootschapsbelastingstelsel in plaats van in het stelsel van de inkomstenbelasting.

Ten tweede beschrijven we bondig het CASMO-model. De kern van CASMO bestaat uit de integratie van: (a) een submodel dat de totale vraag naar auto's bepaalt (b) een submodel dat voor elke auto die in het verleden werd aangekocht de probabiliteit schat dat de auto van eigenaar verandert of definitief wordt geschrapt (c) een submodel dat voor elk beschikbaar automodel het marktaandeel schat. De componenten van het model worden later meer uitvoerig en technisch besproken.

Ten derde bespreken we alle belastingen die de vraag naar bedrijfswagens in België beïnvloeden. Hoewel het onmogelijk is om de relevante belastingwetgeving in al haar details te bespreken, is het belangrijk om de talrijke clausules in het Belgische belastingstelsel te begrijpen die nu al auto's met een lage CO<sub>2</sub>-uitstoot bevoordelen, ook voor auto's die in privébezit zijn.

Ten derde geven we een overzicht van alle aannames die we gebruikt hebben met betrekking tot verwachte toekomstig beleid, met inbegrip van Europese wetgeving, gevolgd door de aannames met betrekking tot de toekomstige evolutie van de prijzen van nieuwe auto's, brandstof en elektriciteit.

Daarna gaan we over tot een beschrijving van de implementatie van onze resultaten in CASMO. Eerst bekijken we de twee modellen die we statistisch hebben geschat: het discrete-keuzemodel voor de marktaandelen van verschillende auto's in de nieuwe aankopen, en het zogenaamde Markovproces dat beschrijft hoe auto's doorheen hun levensloop van type eigenaar veranderen, en uiteindelijk uit omloop worden genomen. We bespreken ook hoe we bepaalde parameters hebben geschat om rekening te houden met de plotse stijging van de marktaandelen van elektrische en hybride wagens in 2020 en 2021. We beschrijven in detail hoe CASMO gebruik maakt van deze twee statistische modellen om jaarlijks het voertuigenpark te actualiseren.

Ten slotte geven we de resultaten van onze simulaties. We gaan er daarbij van uit dat 2020 en 2021 een trendbreuk inluiden voor de marktaandelen van elektrische en hybride wagens.

In de bijlagen gaan we in op een aantal meer technische punten:

- een gedetailleerde beschrijving van de twee belangrijkste datasets die voor de raming van het model zijn gebruikt
- een technische bespreking van het discrete-keuzemodel dat we hebben gebruikt.
- een gedetailleerde theoretische onderbouwing voor de kostenindicatoren voor bedrijfswagens die in het discrete-keuzemodel worden gebruikt.

Daarnaast hebben we ook twee sensitiviteitsanalyses uitgevoerd.

Ten eerste is het immers niet zeker dat de plotse stijgingen van de marktaandelen van elektrische en hybride wagens in 2020-21 een nieuwe trend inluiden. We hebben daarom ook het effect van de belastinghervorming onderzocht in de veronderstelling dat de waarnemingen in 2020-21 slechts tijdelijke veranderingen zijn, en dat de markt zal terugkeren naar een “business as usual”. De impact van de belastinghervorming op de belastingontvangsten zijn grosso modo vergelijkbaar met wat we bekwamen indien we uitgingen van een verderzetting van de trends van 2020-21.

Ten tweede hebben we de impact bekeken van een ietwat hoger aandeel salariswagens in het totaalpark aan bedrijfswagens.

## 2. Literatuuroverzicht

Het grootste deel van de literatuur over de fiscale behandeling van bedrijfswagens dateert uit de twee laatste decennia - een stijgende belangstelling die samenviel met een sterke toename van het aantal bedrijfswagens in de meeste ontwikkelde landen.

Aan de hand van een enquête die in 25 OESO-landen werd gehouden, schatte Harding (2014) dat het gemiddelde aandeel van bedrijfswagens in de totale verkoop ongeveer 19 % bedroeg – maar dit omvatte uitschieters zoals Canada en de VS, waar de aandelen onder de 10 % liggen. In 20 van de landen in de steekproef bedroeg het aandeel meer dan 30 %, en in 4 landen (waaronder België) zelfs meer dan 40 %. Meer recent heeft Dataforce (2020) geschat dat het aandeel van commerciële registraties in de 8 grootste automarkten van de EU is gestegen van 47,7 % in 2007 tot 56,4 % in 2019.

In de economische literatuur over dit onderwerp is de nadruk gelegd op de verstoringen die ontstaan wanneer het voordeel in natura dat aan de werknemer wordt verstrekt, tegen een lager tarief wordt belast dan andere vormen van inkomen uit arbeid. Deze lagere tarieven vloeien meestal voort uit de combinatie van de volgende elementen: (a) bedrijfswagens worden gratis ter beschikking gesteld van de werknemer, maar voor belastingdoeleinden wordt dit voordeel gewoonlijk niet gewaardeerd tegen de werkelijke kosten voor de werkgever (b) de variabele kosten (meestal de brandstofkosten) in verband met het gebruik van de wagen voor privé-doeleinden komen niet ten laste van de werknemer, ook al kan de werkgever deze variabele kosten van zijn belastbare winst aftrekken. Andere bronnen van verstoring (bijvoorbeeld in België) zijn de (gedeeltelijke of volledige) vrijstelling van socialezekerheidsbijdragen.

In de literatuur zijn de volgende verstoringen van het gedrag besproken:

- De beschikbaarheid van een auto van de zaak op het niveau van het huishouden verhoogt de kans dat het huishouden een extra auto bezit (Börjesson en Roberts 2022, De Borger en Wuyts 2011, Gutiérrez-i-Puigarnau en van Ommeren 2011, Laine en Van Steenberg 2016, Metzler et al. 2019, van Ommeren en Gutiérrez-i-Puigarnau 2013, Whelan 2007).
- Huishoudens met een auto van de zaak ondernemen ook meer verplaatsingen, hebben langere woon-werkverplaatsingen en maken minder vaak gebruik van het openbaar vervoer (De Borger en Wuyts 2011, Laine en Van Steenberg 2016, Shiftan et al. 2012, Metzler et al. 2019).
- Bedrijfswagens zijn doorgaans duurder en zwaarder dan auto's in privébezit (Gutiérrez-i-Puigarnau en van Ommeren 2011, Laine en Van Steenberg 2016, Metzler et al. 2019).
- Als brandstofkosten als gevolg van privégebruik van de auto door de werkgever worden vergoed, verwatert de aftrekbaarheid van de bedrijfswinst de prikkels om het brandstofverbruik te verminderen (Princen 2017).
- De gunstige fiscale behandeling van bedrijfswagens leidt tot aanzienlijke budgettaire tekorten die gecompenseerd moeten worden door hogere (versturende) belastingen op andere goederen.

Een beperking van studies die deze effecten meten, is dat het moeilijk is rekening te houden met zelfselectiebias. Als bedrijfswagens bijvoorbeeld een instrument zijn om hoge marginale belastingtarieven te vermijden, is de kans het grootst dat ze worden aangeboden aan werknemers die toch al een grotere auto zullen kopen.

Wat België betreft, heeft Harding (2014) de totale jaarlijkse subsidie per auto geraamd op 2763 euro per jaar, wat het hoogste tarief is van de landen die in haar studie zijn opgenomen. Zij schat dat de totale belastinguitgaven tussen 1500 en 2436 miljoen euro liggen, met 1995 miljoen euro als centrale raming. Laine en Van Steenberghe (2017) ramen de belastinguitgaven voor de transportsector (inclusief subsidies voor woon-werkverkeer) via de personenbelasting op 1,9 miljard euro. Princen (2017) ten slotte berekent dat de budgettaire kosten van de gunstige fiscale behandeling van bedrijfswagens in België goed zijn voor 3,75 miljard euro aan gedeerde inkomsten (0,9 % van het bbp in 2016) per jaar als men ook de subsidie voor brandstofverbruik meerekent.

De grote bandbreedte van de ramingen voor België is te wijten aan de volgende elementen: (a) de Dienst voor Inschrijving van Voertuigen (DIV) houdt weliswaar bij of een auto eigendom is van een rechtspersoon of van een particulier, maar kent geen aparte categorie voor “bedrijfswagens die als voordeel in natura ter beschikking worden gesteld”. Bijgevolg is het aantal auto’s dat van de gunstige belastingregeling profiteert, niet precies bekend, ook al kan een ondergrens worden vastgesteld aan de hand van socialezekerheidsgegevens, aangezien werkgevers een “solidariteitsbijdrage aan het socialezekerheidsstelsel” moeten betalen voor elke bedrijfswagen die zij aan hun werknemers ter beschikking stellen. Dit cijfer omvat echter niet de bedrijfswagens die de werkgevers aan zichzelf ter beschikking stellen. (b) om de belastinguitgaven te berekenen, moet een raming worden gemaakt van de kosten van de bedrijfsauto voor de werkgever, die afhangen van elementen zoals de levensduur van de auto, de waarde ervan op de tweedehandsmarkt en de afstand die voor privé-doeleinden wordt afgelegd. Geen van deze elementen is opgenomen in voor het publiek toegankelijke gegevensbanken.

Een element dat steeds meer aandacht krijgt, is de vraag of de belasting op bedrijfswagens kan worden gebruikt om de overgang naar groene mobiliteit te stimuleren – en dat is precies de bedoeling van de Belgische belastinghervorming.

Dimitropoulos et al. (2014) hebben betoogd dat de bedrijfswagenmarkt kan dienen om voertuigen op alternatieve brandstoffen in een markt te verspreiden. Ten eerste worden bestuurders van bedrijfswagens niet geconfronteerd met de (doorgaans hoge) aanschafkosten van deze voertuigen. Ten tweede wordt op de bedrijfswagenmarkt de onzekerheid over de wederverkoopprijs van het voertuig en de bedrijfskosten verschoven van de autogebruiker naar de werkgever of het autoleasebedrijf. Aan de hand van Zweedse gegevens hebben Engström et al. (2019) bevestigd dat particuliere kopers over het algemeen niet bereid waren om de hogere kosten in verband met voertuigen op alternatieve brandstoffen te accepteren, en dat zij een grotere onzekerheid ervoeren met betrekking tot de tweedehandswaarde voor deze auto’s.

Het International Transport Forum (2019) heeft gewezen op twee andere belangrijke elementen. Ten eerste leidt de hoge omloopsnelheid van bedrijfsauto’s tot een snelle adoptie van nieuwe voertuigtechnologieën. Ten tweede is het hoge gemiddelde jaarlijkse gebruik van bedrijfswagens ook

gunstig voor elektrische voertuigen, aangezien hun gebruikskosten doorgaans lager zijn dan die van conventionele voertuigen.

Demeulenaere (2019) is enigszins sceptisch en wijst op bevindingen dat wagenparkbeheerders, net als particulieren, een onevenredig gewicht toekennen aan de initiële kosten van een nieuw voertuig, in plaats van aan de totale eigendomskosten ervan.

Het huidige document is een eerste stap om deze leemtes in de literatuur op te vullen.

## 3. Methodologie: het CASMO-model

### 3.1. Overzicht

CASMO (CAr Stock MOdel) is een gedetailleerd model van het Belgisch wagenpark dat sinds 2017 wordt ontwikkeld binnen het Federaal Planbureau op basis van de vorige wagenparkmodule van het PLANET-model. Het model kan zowel zelfstandig gebruikt worden als gekoppeld aan het PLANET-model.

In het kader van dit project werd een soft link met PLANET gebruikt.

CASMO is als volgt gestructureerd:

- Elk jaar wordt het gewenste wagenpark berekend als een functie van de bevolking en het bruto binnenlands product per capita.
- De waarschijnlijkheid dat een auto uit omloop wordt genomen wordt berekend als een functie van de leeftijd van de auto – deze relatie wordt ook de “overlevingsfunctie” genoemd. Het gewenste wagenpark wordt dan vergeleken met het overblijvend wagenpark, en het verschil bepaalt de totale aankopen van nieuwe auto’s in een gegeven jaar.
- Voor de samenstelling van de totale verkopen, gebruiken we parameters van een discrete-keuzemodel dat de waarschijnlijkheid berekent dat een bepaald automodel wordt gekozen, als een functie van de technische kenmerken en van de kosten verbonden aan de aankoop op en het bezit van dat automodel.
- De output van het discrete-keuzemodel wordt geïntegreerd in een nieuw wagenpark.

Sinds 2019 zijn een aantal belangrijke wijzigingen aangebracht aan CASMO. De belangrijkste kenmerken van de nieuwe versie van het model kunnen als volgt worden samengevat (zie Franckx (2019) voor een gedetailleerde bespreking van de vorige versie).

Ten eerste maakten we in de vorige versie van CASMO gebruik van een discrete-keuzemodel dat was geschat op basis van Nederlandse gegevens, dat daarna werd gekalibreerd om de realiteit van de Belgische markt in onze referentieperiode weer te geven. In de nieuwe versie van CASMO zijn de gedragsparameters statistisch geschat op basis van gedetailleerde aankooptransacties op de Belgische markt. Deze aankooptransacties zijn afkomstig van een databank die de hele periode 2000-2019 dekt, en bevatten gegevens tot op het niveau van de individuele automodellen, bv. een BMW 320 2,0 benzine met een maximaal vermogen van 135 kW en een gewicht van 2862 kg, of een Volkswagen T-Roc 1,5 benzine met een maximaal vermogen van 110 kW en een gewicht van 1852 kg.

Deze databank werd aangekocht bij IHS Markit Ltd – vanaf hier verwijzen we ernaar als de “IHS-databank”.

Het nieuwe discrete-keuzemodel is geschat aan de hand van het Berry–Levinsohn–Pakes algoritme, dat algemeen wordt erkend als hét referentiemodel voor dit type vraagstukken. De schattingen hebben

plaatsgevonden met de BLPestimator-library, die geschreven werd voor de open source programmeertaal R.

De combinatie van een gedetailleerde dataset met geavanceerde econometrische technieken laat toe om realistische vraagelasticiteiten te schatten.

Een tweede belangrijke wijziging is dat de dataset met de aankooptransacties werd gekoppeld aan een databank van het Europees Milieuagentschap, dat voor individuele automodellen de CO<sub>2</sub>-uitstoot weergeeft – voor de recente jaren zowel volgens de NEDC als volgens de WLTP-testcyclus.<sup>1</sup> Op basis hiervan kan ook het (theoretisch) brandstofverbruik geschat worden voor auto's met een verbrandingsmotor.

Hierdoor kunnen niet alleen de verwachte brandstofkosten van elk individueel automodel worden geschat, maar kunnen ook alle fiscale parameters die afhangen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot berekend worden voor elk individueel automodel.

Ten derde kunnen we aan de hand van de databank van de Dienst voor Inschrijving van Voertuigen (DIV) de (nationale) aankooptransacties (bij benadering) opsplitsen in functie van het Gewest van inschrijving, alsook van het type eigenaar. Daarbij kunnen we het onderscheid maken tussen natuurlijke personen, leasingmaatschappijen en andere rechtspersonen.

Merk op dat de gegevens in deze databanken niet altijd correct zijn ingevuld of onderling consistent zijn. Zo worden in de verschillende databanken niet altijd dezelfde modelnamen gebruikt, waardoor een koppeling tussen twee databanken altijd een aantal manuele correcties inhoudt. Daarnaast vinden er ook soms fouten plaats bij de toewijzing van de aandrijflijn aan individuele auto's – dat komt vooral voor bij hybride of plug-in hybride wagens.

Ten vierde houdt CASMO nu rekening met een veel breder gamma aan fiscale parameters. De Belasting op Inverkeerstelling (BIV) en de jaarlijkse verkeersbelasting worden nu per gewest berekend voor elk individueel model.

Voor de impact op de fiscale en parafiscale inkomsten, moeten we er rekening mee houden dat er, vanuit fiscaal standpunt, minstens drie categorieën van bedrijfswagens bestaan:

- Alle bedrijfswagens genieten van een aftrek in de vennootschapsbelasting. Daarnaast zijn bedrijfswagens onderworpen aan alle belastingen waar ook wagens in handen van particulieren aan zijn onderworpen: belasting op inverkeerstelling, jaarlijkse verkeersbelasting, enz.
- Alle bedrijfswagens die worden gebruikt voor privédoeleinden zonder volledige vergoeding van deze kosten door de gebruiker (de “salariswagens in de brede betekenis van het woord”) zijn onderworpen aan een belasting op het voordeel van alle aard in de inkomensbelasting. Een deel van het toegekende voordeel van alle aard is bovendien een verworpen kost voor de vennootschapsbelasting.

---

<sup>1</sup> Zie sectie 3.3.3 voor meer details hierover.



- Bedrijfswagens die worden aangeboden aan werknemers voor privédoeleinden zonder volledige vergoeding van deze kosten door de gebruiker (de “salariswagens in de strikte betekenis van het woord”) zijn bovendien onderworpen aan een solidariteitsbijdrage aan de sociale zekerheid van de werkgever.

De gegevens van de DIV maken het niet mogelijk om een onderscheid te maken tussen “zuivere” dienstwagens en salariswagens.<sup>2</sup>

Op basis van de aangifte van de solidariteitsbijdragen die verschuldigd zijn voor de salariswagens gebruikt door werknemers (zie sectie 3.2.6), is het wel mogelijk om deze subgroep te identificeren. Een koppeling tussen deze gegevens en die van de DIV was niet mogelijk binnen het tijdsbestek van deze studie, maar kan in de toekomst worden overwogen. Hetzelfde geldt voor fiscale gegevens, waaruit het aantal<sup>3</sup> salariswagens gebruikt door bedrijfsleiders en zelfstandigen kan worden afgeleid.

Op basis van overleg met Statbel gaan we er in deze analyse van uit dat 59 procent van alle bedrijfswagens salariswagens zijn.<sup>4</sup> Bij deze wagens dienen we dus niet alleen rekening te houden met hun behandeling in de vennootschapsbelasting, maar ook met de fiscale behandeling van het Voordeel van Alle Aard en met de solidariteitsbijdrage aan de Sociale Zekerheid. Bij gebrek aan gegevens, gaan we ervan uit dat alle relevante kenmerken van bedrijfswagens op dezelfde manier verdeeld zijn onder salariswagens als onder “zuivere” dienstwagens.

Doordat de gedragsparameters in CASMO afhangen van deze variabelen, is het ook mogelijk om in eventuele toekomstige vervolgprojecten de gevolgen door te rekenen van eventuele alternatieve beleidsmaatregelen.

Met CASMO kunnen projecties van de samenstelling van het autopark gegroepeerd worden volgens volgende criteria:

- Motortype: diesel, benzine, elektrisch, dieselhybride, benzinehybride, CNG, LPG, plug-in diesel hybride (PHEV diesel), plug-in benzine hybride (PHEV benzine).
- CO<sub>2</sub>-uitstoot: volgens de NEDC-testcyclus is mogelijk voor alle jaargangen vanaf 2010, Volgens de WLTP-testcyclus is mogelijk voor de meer recente jaargangen, voor zover ze zijn opgenomen in de databank van het Europees Milieuagentschap.
- Type voertuig (personenwagen, lichte vrachtwagen)
- De cilinderinhoud, de batterijcapaciteit van elektrische voertuigen en de fiscale PK
- CASMO combineert gegevens van het wagenpark in het verleden met een statistisch overlevingsmodel om de leeftijdsstructuur (en dus ook de EURO klasse) van het toekomstig wagenpark te modelleren.

---

<sup>2</sup> De term “salariswagen” verwijst hier naar elke wagen die ter beschikking staat van een zelfstandige, bedrijfsleider of werknemer, en ook (gedeeltelijk) voor privédoeleinden wordt gebruikt, waardoor een Voordeel van Alle Aard ontstaat voor de gebruiker.

<sup>3</sup> Maar niet de identiteit.

<sup>4</sup> We voeren in Sectie 9.2 wel een sensitiviteitsanalyse uit met een iets hogere waarde.

We kunnen ook de emissies in reële rij-omstandigheden berekenen aan de hand van de COPERT-methodologie, die emissiefactoren berekent voor een aantal klassen die worden bepaald door het motortype en de cilinderinhoud.<sup>5</sup>

Het is echter niet mogelijk om op basis van de beschikbare gegevens de “mild hybrid” auto’s te identificeren. De COPERT-methodologie bevat overigens geen aparte emissiefactoren voor deze categorie, omdat deze nauwelijks nog te onderscheiden valt van auto’s met klassieke verbrandingsmotoren.

Ten vijfde hebben we het model aangepast om rekening te houden met de dynamiek op de tweedehandsmarkt.

Op basis van historische DIV-gegevens kunnen we in het bestaande wagenpark het onderscheid maken tussen wagens die nog steeds in het bezit zijn van de eerste eigenaar en wagens die aangekocht zijn op de tweedehandsmarkt. De databank met aankooptransacties slaat echter enkel op de markt voor nieuwe auto’s. Zonder prijsgegevens is het daarom niet mogelijk om voor CASMO een apart discrete-keuzemodel te schatten voor de tweedehandsmarkt.

We hebben het eenvoudig overlevingsmodel dat hierboven werd beschreven wel kunnen uitbreiden met meer keuzemogelijkheden: de keuze is dan niet meer louter tussen het in park houden van een wagen en het definitief laten schrappen ervan, maar wordt uitgebreid tot de mogelijkheid om een wagen te laten veranderen van type eigenaar. Zo kunnen we bijvoorbeeld de kans berekenen dat een leasingwagen van een gegeven leeftijd wordt overgenomen door een particulier. Bij het berekenen van deze waarschijnlijkheden kunnen we echter geen rekening houden met prijsgegevens.

### **3.2. De fiscale parameters tot en met 2021**

In dit hoofdstuk beschrijven we de bestaande belastingen die van invloed zijn op de vraag naar bedrijfsauto’s in België. Sommige van deze belastingen (de jaarlijkse verkeersbelasting en de belasting op inverkeerstelling) zijn niet specifiek voor bedrijfswagens, en worden ook geheven op auto’s van particulieren. Bovendien moet zowel rekening worden gehouden met de behandeling van bedrijfswagens vanuit het oogpunt van de werknemers (inkomstenbelastingen en socialezekerheidsbijdragen) als vanuit het oogpunt van de werkgevers (socialezekerheidsbijdragen, vennootschapsbelasting en btw).

Dit overzicht is niet opgevat als exhaustief, en er is abstractie gemaakt van sommige complicaties.

#### **3.2.1. Jaarlijkse verkeersbelasting**

De jaarlijkse verkeersbelasting wordt geheven op alle motorrijtuigen en hun aanhangwagens. In dit deel beperken we ons tot het regime voor personenwagens die niet zijn vrijgesteld omwille van hun specifieke bestemming (bijvoorbeeld hulpverleningsvoertuigen).

---

<sup>5</sup> Zie <https://www.emisia.com/utilities/copert/> voor meer uitleg.

De gewesten kunnen de parameters van de belasting bepalen, behalve voor leasingwagens, waarvoor het belastingregime alleen met unanimité tussen de gewesten kan worden gewijzigd.

Historisch waren de tarieven gebaseerd op de fiscale paardenkracht van de auto, en het Brussels Hoofdstedelijk en het Waalse Gewest hebben dit systeem gehandhaafd.

Tabel 1 vat de tarieven samen die in 2019 in deze gewesten van kracht waren.

**Tabel 1** Jaarlijkse verkeersbelasting in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en Wallonië  
*In euro*

PK	cc	van 1 juli 2014 tot 30 juni 2015	van 1 juli 2015 tot 30 juni 2016	van 1 juli 2016 tot 30 juni 2017	van 1 juli 2017 tot 30 juni 2018	van 1 juli 2018 tot 30 juni 2019
4	=<750	69,96	70,32	71,88	73,20	74,64
5	751-950	87,60	88,08	90,00	91,68	93,36
6	951-1150	126,48	127,20	130,08	132,48	134,88
7	1151-1350	165,36	166,20	169,92	173,04	176,28
8	1351-1550	204,48	205,56	210,12	214,08	217,92
9	1551-1750	243,60	244,92	250,32	255,00	259,68
10	1751-1950	282,24	283,80	290,04	295,44	300,84
11	1951-2150	366,24	368,28	376,32	383,40	390,36
12	2151-2350	450,24	452,76	462,72	471,36	479,88
13	2351-2550	534,00	537,00	548,88	559,08	569,28
14	2551-2750	618,00	621,48	635,16	647,04	658,80
15	2751-3050	702,00	705,96	721,56	735,00	748,32
16	3051-3250	919,56	924,72	945,00	962,64	980,16
17	3251-3450	1137,24	1143,60	1168,68	1190,52	1212,12
18	3451-3650	1354,80	1362,48	1392,36	1418,28	1444,20
19	3651-3950	1572,00	1580,88	1615,56	1645,68	1675,56
20	3951-4150	1789,68	1799,64	1839,24	1873,56	1907,64

Tabel 2 geeft de evolutie van de Vlaamse tarieven van 2015 tot 2021.

**Tabel 2** Jaarlijkse verkeersbelasting in Vlaanderen voor milieucorrectie  
*In euro*

PK	van 1 juli 2014 tot 30 juni 2015	Van 1 juli 2015 tot 30 juni 2016	van 1 juli 2016 tot 30 juni 2017	van 1 juli 2017 tot 30 juni 2018	van 1 juli 2018 tot 30 juni 2019
4 en minder	69,96	70,32	71,88	73,20	74,52
5	87,48	87,96	89,88	91,56	93,24
6	126,48	127,20	130,08	132,48	134,88
7	165,24	166,20	169,92	173,04	176,16
8	204,48	205,56	210,12	213,96	217,92
9	243,48	244,80	250,20	254,88	259,44
10	282,12	283,68	289,92	295,32	300,72
11	366,12	368,28	376,32	383,28	390,24
12	450,12	452,64	462,60	471,24	479,76
13	534,00	536,88	548,76	558,96	569,16
14	618,00	621,48	635,16	646,92	658,68
15	702,00	705,84	721,44	734,76	748,20
16	919,44	924,60	944,88	962,52	980,04
17	1137,24	1143,48	1168,68	1190,40	1212,12
18	1354,80	1362,36	1392,36	1418,28	1444,08
19	1572,56	1580,36	1615,36	1645,56	1675,44
20	1789,68	1799,52	1839,12	1873,32	1907,4
per bijkomende PK boven 20 PK	97,44	98,04	100,20	102,12	103,92

In Vlaanderen liggen de tarieven voor auto's die vóór 2016 werden ingeschreven, heel dicht bij die tarieven.

Voor auto's die vanaf 1 januari 2016 zijn ingeschreven, geldt in Vlaanderen echter een dubbele milieucorrectie.

Ten eerste is er een correctie voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Er wordt een toeslag van 0,3 % toegepast op het basistarief voor elke gram CO<sub>2</sub>-uitstoot per km boven 122 gram per km en tot 500 gram per km. Een korting van 0,3 % wordt toegepast voor elke gram CO<sub>2</sub>-uitstoot per km onder 122 gram per km maar boven 24 gram per km.

Ten tweede is er een correctie afhankelijk van de brandstof, de EURO-klasse en de vraag of de motor een roetfilter heeft – zie Tabel 3.

**Tabel 3 Vlaanderen: correctie van de jaarlijkse verkeersbelasting op basis van de CO<sub>2</sub>-uitstoot en Euronorm**

Euronorm	Diesel	Benzine, LPG en aardgas
Euro 0	+50 %	+30 %
Euro 1	+40 %	+10 %
Euro 2	+35 %	+5 %
Euro 3	+30 %	+0 %
Euro 3 + roetfilter	+30 %	Niet van toepassing
Euro 4	+25 %	-12,5 %
Euro 4 + roetfilter	+17,5 %	Niet van toepassing
Euro 5 or EEV	+17,5 %	-15 %
Euro 6	+15 %	-15 %

In Vlaanderen is er een minimumbelasting van 31,72 euro (basisbedrag dat jaarlijks geïndexeerd wordt).

Sinds 2016 zijn alle elektrische en brandstofcelauto's vrijgesteld van de verkeersbelasting in Vlaanderen. Deze vrijstelling geldt ook voor CNG- en PHEV-auto's die maximaal 50 gram CO<sub>2</sub> per km uitstoten.

In de drie gewesten wordt een aanvullende belasting geheven op auto's die rijden op LPG.

**Tabel 4 Aanvullende verkeersbelasting voor LPG wagens**  
*In euro*

PK	Aanvullende verkeersbelasting
< 8 PK	89,16
8 tot 13 PK	148,68
> 13 PK	208,20

In de drie gewesten wordt boven op de verkeersbelasting een opdecim van 10 % ten behoeve van de gemeenten geheven.

In Vlaanderen wordt vanaf 2021 in de berekeningsformule de grenswaarde vanaf wanneer de CO<sub>2</sub>-uitstoot tot een verhoging of verlaging van het basistarief leidt, verhoogd van 122 g CO<sub>2</sub>-uitstoot/km naar 149 g CO<sub>2</sub>-uitstoot/km. Het basisbedrag van de jaarlijkse verkeersbelasting blijft hetzelfde; het is afhankelijk van de fiscale PK en wordt vermeerderd of verminderd met een factor in functie van de brandstofsoort en de euronorm van het voertuig.

In Vlaanderen is er een minimum groene jaarlijkse verkeersbelasting van 40 euro (basisbedrag dat jaarlijks geïndexeerd wordt).

### 3.2.2. Belasting op Inverkeerstelling (BIV)

De Belasting op Inverkeerstelling (BIV) wordt geheven op personenauto's die in België in het verkeer worden gesteld of wanneer zij worden gebruikt in België. De belasting is slechts eenmaal verschuldigd op het ogenblik van de eerste inverkeerstelling van het voertuig op de openbare weg door één welbepaalde persoon. Wanneer datzelfde voertuig op naam van een andere persoon opnieuw in het verkeer wordt gebracht is bijgevolg de BIV opnieuw verschuldigd.

Net als bij de jaarlijkse verkeersbelasting zijn sommige auto's vrijgesteld omwille van hun specifieke bestemming (bijvoorbeeld hulpverleningsvoertuigen). Daarop zal hier niet worden ingegaan.

Ook hier kunnen de gewesten sinds 2016 de parameters van de belasting bepalen, behalve voor leasingwagens, waarvoor de belastingregeling alleen met eenparigheid van stemmen tussen de Gewesten kan worden gewijzigd.

In het Brussels Hoofdstedelijk en in Waalse Gewest wordt de belasting nog steeds bepaald door de fiscale pk's van een auto en het vermogen uitgedrukt in kW. Tabel 5 geeft de tarieven weer voor nieuw aangekochte auto's. Wanneer er een conflict is tussen het bedrag op basis van de PK en het bedrag op basis van de kW, geldt het hoogste tarief. Voor auto's die (zelfs gedeeltelijk) op LPG rijden, geldt een aftrek van 298 euro.

**Tabel 5 BIV in het Brussels Hoofdstedelijk en in het Waals Gewest**

PK	kW	2015 (in euro)
0-8	0-70	61,5
9-10	71-85	123,0
11	96-100	495,0
12-14	101-110	867,0
15	111-120	1239,0
16-17	121-155	2478,0
>17	>155	4957,0

Het Waals Gewest past ook een zogenaamde "ecomalus" toe, een toeslag die varieert naar gelang van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van een auto. Auto's die 145 gr CO<sub>2</sub> per km of minder uitstoten, zijn vrijgesteld van de ecomalus. Voor auto's die meer uitstoten, loopt de ecomalus geleidelijk op van 100 euro tot maximaal 2500 euro (voor auto's die 255 gr of meer uitstoten).

In Vlaanderen is het systeem complexer.

De volgende formule is van toepassing voor voertuigen met een eerste inverkeerstelling tot en met 2020:

$$\text{BIV in euro} = (((\text{CO}_2 * f + x)/D)^6 * 4500 + c) * LC$$

waarbij:

- D = 250 in 2015, en 246 vanaf 2016;
- f = 0,88 voor LPG wagens, 0,744 voor voertuigen aangedreven door zowel aardgas als benzine en voor zover ze als benzine wagen ingeschreven zijn en 1 voor andere voertuigen;

- x (CO<sub>2</sub>-correctieterm voor aanpassing aan de technologische evolutie) = 13,5 per gr CO<sub>2</sub> uitstoot per km in 2015 (neemt toe met 4,5 per jaar);
- LC: leeftijdscorrectie – aangezien we in deze analyse enkel nieuwe aankopen beschouwen, LC = 100;
- c: constante (luchtcomponent) die functie is van de Euronorm (indicatie van de schadelijkheid van de uitlaatgassen) en de brandstof van het voertuig, overeenkomstig tabellen Tabel 6 en Tabel 7.

**Tabel 6 BIV constante term luchtcomponent voor dieselwagens in Vlaanderen**  
*In euro*

Euronorm	van 1 juli 2014 tot 30 juni 2015	van 1 juli 2015 tot 30 juni 2016	van 1 juli 2016 tot 30 juni 2017	van 1 juli 2017 tot 30 juni 2018	van 1 juli 2018 tot 30 juni 2019
0	2223,94	2863,15	2926,14	2980,54	3034,65
1	652,47	840,00	858,48	874,44	890,32
2	473,30	493,36	636,27	648,10	659,86
3	372,93	467,06	504,21	513,59	522,91
4	352,49	467,06	477,34	486,21	495,04
5	346,50	459,35	469,34	478,12	486,87
6	12,79	545,07	464,04	472,69	481,27

**Tabel 7 BIV constante term luchtcomponent voor benzine-, LPG- en CNG-wagens in Vlaanderen**  
*In euro*

Euronorm	van 1 juli 2014 tot 30 juni 2015	van 1 juli 2015 tot 30 juni 2016	van 1 juli 2016 tot 30 juni 2017	van 1 juli 2017 tot 30 juni 2018	van 1 juli 2018 tot 30 juni 2019
0	884,54	1138,78	1163,83	1185,47	1206,99
1	395,58	509,28	520,48	530,16	539,79
2	118,29	152,29	155,64	158,53	161,41
3	74,21	95,53	97,63	99,45	101,25
4	17,81	22,93	23,43	23,87	24,30
5	16,02	20,61	21,06	21,46	21,84
6	16,02	20,61	21,06	21,46	21,84

In Vlaanderen is er een minimum BIV van 41,99 euro en een maximum BIV van 10,497,70 euro (basisbedragen die jaarlijks geïndexeerd worden).

Voor personenauto's, auto's voor dubbel gebruik en minibussen die worden geacht in het verkeer te zijn gesteld in het Vlaamse Gewest en die na 31 december 2020 voor de eerste keer worden ingeschreven, wordt in de berekeningsformule de CO<sub>2</sub>-correctieterm "+x" voor aanpassing aan de technologische evolutie vervangen door een nieuwe parameter "\*q". Beide vloeï(d)en voort uit Europese regelgeving die CO<sub>2</sub>-normen vastlegt.

De formule wordt als volgt aangepast:

$$BIV = ((CO_2 * f * q)/246)^6 * 4500 + c) * LC$$

q is gelijk aan 1,07 in 2021 en wordt jaarlijks verhoogd met 0,035 vanaf het jaar 2022,

De minimum- en maximumbedragen blijven van toepassing en worden jaarlijks geïndexeerd.

Elektrische auto's zijn vrijgesteld van de belasting. Tot en met 2020 was dat ook het geval voor alle auto's met CNG-motor en voor alle PHEV die maximaal 50 gr CO<sub>2</sub> per km uitstoten (tot 2015 waren alle PHEV vrijgesteld).

**Tabel 8 BIV constante term luchtcomponent in Vlaanderen vanaf 2021**

Euronorm	Diesel	Benzine, LPG en aardgas
0	3106,80	1235,69
1	911,48	552,62
2	675,55	165,25
3	535,34	103,66
3 + roetfilter	506,81	Niet van toepassing
4	506,81	24,88
4 + roetfilter	498,44	Niet van toepassing
5	498,44	22,36
6	492,71	22,36

### 3.2.3. Einde vrijstelling CNG en PHEV in Vlaanderen

Voertuigen op aardgas met maximaal 11 fiscale PK of plug-in hybride-voertuigen met een maximale uitstoot van 50 g CO<sub>2</sub> die vanaf 1 januari 2021 ingeschreven worden, worden in Vlaanderen niet meer vrijgesteld van jaarlijkse verkeersbelasting en de BIV. Uiterlijk op 31 december 2020 ingeschreven voertuigen blijven vrijgesteld van jaarlijkse verkeersbelasting zolang ze op dezelfde eigenaar ingeschreven blijven. Het maakt daarbij niet uit of het om nieuwe of tweedehandsvoertuigen gaat.

### 3.2.4. Inkomensbelasting en vennootschapsbelasting

Tot 2014 was er een inkomensbelastingaftrek voor elektrische auto's die overeenkwam met 30 % van de aankoopprijs.

Voor bedrijfswagens hangt de aftrek in de vennootschapsbelasting af van de aard van de kosten. Voor de brandstofkosten wordt de aftrekbaarheid op 75 % vastgesteld. Alle andere kosten zijn aftrekbaar als beroepskosten ten belope van een percentage dat afhangt van de CO<sub>2</sub>-uitstoot per kilometer en van het soort brandstof (diesel/benzine/elektrisch). Tabel 9 geeft het aftrekpercentage voor diesel- en benzine-auto's. Voor elektrische auto's bedraagt het aftrekpercentage 120 %.

**Tabel 9 Aftrekpercentage van autokosten in de vennootschapsbelasting**

CO <sub>2</sub> (g/km) - diesel voertuigen	CO <sub>2</sub> (g/km) - benzine voertuigen	Aftrekpercentage
0-60	0-60	100
61-105	61-105	90
106-115	106-125	80
116-145	126-155	75
146-170	156-180	70
171-195	181-205	60
195-	205-	50

Indien de bedrijfswagen door de werkgever ter beschikking wordt gesteld van de werknemer ("salariswagen"), dan wordt een deel van het voordeel van alle aard<sup>6</sup> (VAA – zie hieronder) dat voortvloeit uit het persoonlijk gebruik beschouwd als Verworpen Uitgave<sup>7</sup> (VU) voor de vennootschapsbelasting.

Van 2013 tot en met 2017 bedroeg dat percentage 17 %.

<sup>6</sup> Een voordeel van alle aard is een voordeel dat een werkgever of onderneming toekent aan een werknemer of bedrijfsleider en dat wordt beschouwd als een beroepsinkomen.

<sup>7</sup> Hieronder verstaat men een uitgave die fiscaal niet in mindering kan worden genomen.

Vanaf 2018 worden de autokosten opgenomen in de VU ten belope van een percentage van het voordeel van alle aard dat voortvloeit uit het persoonlijke gebruik van een door de werkgever ter beschikking gesteld voertuig:

- 17 % van het belastbare bedrag van het VAA als geen brandstofkosten die verbonden zijn met het persoonlijke gebruik van het voertuig, door de werkgever ten laste worden genomen;
- 40 % van het belastbare bedrag van het VAA wanneer de brandstofkosten die verbonden zijn met het persoonlijke gebruik van het voertuig, geheel of gedeeltelijk door de vennootschap ten laste worden genomen.

Wegens gebrek aan gegevens over het aandeel van het persoonlijk gebruik, zijn we altijd uitgegaan van 40 %.

### 3.2.5. Berekening van het Voordeel van Alle Aard bij salariswagens

Sinds 1 januari 2012 wordt het VAA berekend door een CO<sub>2</sub>-percentage toe te passen op 6/7 van de cataloguswaarde van het voertuig, namelijk:

$$\text{VAA} = \text{cataloguswaarde} * (\text{CO}_2\text{-coëfficiënt}) * 6/7$$

De CO<sub>2</sub>-basiscoëfficiënt bedraagt 5,5 % voor een referentie-CO<sub>2</sub>-uitstoot die afhangt van het type brandstof. Wanneer de CO<sub>2</sub>-uitstoot hoger ligt dan de referentie-CO<sub>2</sub>-uitstoot, wordt het basispercentage met 0,1 % per gram CO<sub>2</sub> vermeerderd, tot maximum 18 %. Wanneer de CO<sub>2</sub>-uitstoot lager ligt dan de referentie-CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt het basispercentage met 0,1 % per gram CO<sub>2</sub> verminderd, tot minimum 4 %. Als de bedrijfswagen uitsluitend door een elektrische motor wordt aangedreven, is het toegepaste CO<sub>2</sub>-percentage gelijk aan het minimum, namelijk 4 %.

Zoals blijkt uit Tabel 10, is de referentie-CO<sub>2</sub>-uitstoot doorheen de tijd afgenomen. Dit betekent dat de VAA voor auto's met een hogere CO<sub>2</sub>-uitstoot doorheen de tijd is toegenomen.

**Tabel 10 Referentie-CO<sub>2</sub>-uitstoot voor de berekening van het VAA**  
g/km

Jaar	CNG	Diesel	Diesel hybride	Diesel PHEV	Benzine	Benzine hybride	Benzine PHEV	LPG
2012	115	95	95	95	115	115	115	115
2013	115	95	95	95	115	115	115	115
2014	116	95	95	95	116	116	116	116
2015	112	93	93	93	112	112	112	112
2016	110	91	91	91	110	110	110	110
2017	107	89	89	89	107	107	107	107
2018	105	87	87	87	105	105	105	105
2019	105	86	86	86	105	105	105	105

De vastgestelde cataloguswaarde wordt verminderd, in functie van de leeftijd van het voertuig, met 6 % per jaar tot maximum 30 %. (Dit is een correctie waar we in de huidige versie van CASMO geen rekening mee houden).



Het voordeel kan nooit lager liggen dan een minimumbedrag dat doorheen de tijd is toegenomen – zie Tabel 11.

**Tabel 11 Minimumbedrag van het VAA**  
*In euro*

Jaar	MinVAA
2012	1200
2013	1200
2014	1230
2015	1250
2016	1250
2017	1250
2018	1280
2019	1310

### 3.2.6. Bijdragen aan de Sociale Zekerheid bij salariswagens

Er zijn geen bijdragen aan de sociale zekerheid van de werknemer verschuldigd voor het Voordeel van Alle Aard dat voortvloeit uit het gebruik van een salariswagen.

De werkgevers dienen wel een zogenaamde “solidariteitsbijdrage” te betalen. Deze bijdrage wordt berekend als een maandelijks forfaitair bepaald bedrag per voertuig dat afhangt van de CO<sub>2</sub>-uitstoot en het type brandstof:

- voor benzinevoertuigen:  $[(CO_2 * 9) - 768] / 12$
- voor dieselvoertuigen:  $[(CO_2 * 9) - 600] / 12$
- voor voertuigen op LPG, CNG of methaangas:  $[(CO_2 * 9) - 990] / 12$
- voor elektrisch aangedreven voertuigen: 20,83 euro

Er geldt een minimumbijdrage van 20,83 euro per maand.

### 3.2.7. Aftrekbaarheid van de btw

Het aftrekbare gedeelte van de btw staat in verhouding tot het beroepsgebruik van de auto van de zaak, tenzij dat beroepsgebruik meer dan 50 % bedraagt, in welk geval het aftrekbare gedeelte 0,65 bedraagt.

## 3.3. Aannames met betrekking tot toekomstige beleidsontwikkelingen

### 3.3.1. Impact van het Europees beleidskader

Op 29 juni 2022 is de Raad overeengekomen de CO<sub>2</sub>-emissiereductiedoelstellingen voor 2030 op te trekken tot 55 % voor auto's en 50 % voor bestelwagens (Raad van de EU, Persmededeling, 29 juni 2022). De lidstaten stemden ook in met een CO<sub>2</sub>-emissiereductiedoelstelling voor 2035 van 100 % voor nieuwe auto's en bestelwagens.

Aangezien dit voorstel voordien ook al door het Europees Parlement was goedgekeurd, gaan we er in onze analyse van uit dat dit beslist beleid is.

In het kader van CASMO betekent dit dat we er van uit gaan er vanaf 2035 geen nieuwe wagens met verbrandingsmotor meer worden verkocht in België.<sup>8</sup>

### 3.3.2. Lage-emissiezone en toegangsbeperkingen in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

Op het hele grondgebied van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest is er een lage-emissiezone (LEZ), met geleidelijk aan strengere beperkingen (zie Tabel 5), Vanaf 2030 mogen er in de LEZ geen auto's op diesel meer rijden (met inbegrip van diesel hybride en diesel PHEVs). Dit verbod veralgemeent zich tot alle wagens met verbrandingsmotor in 2035,

We hebben deze beperkingen als volgt geïntegreerd in CASMO:

- Op het einde van het jaar dat voorafgaat aan een nieuwe beperking stellen we de overlevingskans gelijk aan nul voor alle auto's die onder deze beperking vallen (waardoor de voorraad voor deze auto op nul komt) en die in Brussel zijn geregistreerd.
- We stellen de aanschafkosten gelijk aan oneindig voor alle auto's die onder de beperking vallen en die in Brussel zijn geregistreerd.

Een grote bron van onzekerheid met de LEZ ligt in het brede scala van mogelijke gedragsreacties door autobezitters die niet wonen in Brussel: overschakelen op het openbaar vervoer of een huurauto als ze naar Brussel komen, een auto kopen die aan de eisen voldoet, enz. De feitelijke reactie zal afhangen van een reeks factoren, waaronder de frequentie en de aard van de bezoeken, de beschikbaarheid van alternatieve vervoerswijzen, het inkomen van de autobezitter, hoe ver hij/zij van Brussel woont, enz. We beschikken momenteel niet over gegevens op basis waarvan een gedragsmodel kan worden opgesteld.

We maken daarnaast de conservatieve aanname dat leasingmaatschappijen bij hun aankoop van nieuwe wagens rekening zullen houden met de toegangsrestricties binnen het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

**Tabel 12 Lage-emissiezone in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest**

Jaar	Diesel (met inbegrip van hybride modellen)	Benzine (met inbegrip van hybride modellen), CNG, LPG
2022	Euro5 en ouder	Euro2 en ouder
2025	Euro6 en ouder	Euro3 en ouder
2028	Euro6d en ouder	Euro4 en ouder
2030	Verboden	Euro6d en ouder
2035	Verboden	Verboden

### 3.3.3. Impact nieuwe WLTP-test

Alle nieuwe auto's die ingeschreven worden vanaf 1 september 2018 dienen een nieuwe en strengere emissie-, verbruiks- en CO<sub>2</sub>-test te ondergaan (Verordening (EU) van de Commissie 2018/1832 van 5 november 2018). De nieuwe WLTP-test vervangt de bestaande NEDC-test. Voor de reeds

<sup>8</sup> Strikt genomen heeft de regelgeving enkel betrekking op een CO<sub>2</sub>-emissiereductiedoelstelling, maar in afwezigheid van bewezen technologische opties voor verbrandingsmotoren met nul emissies, stellen we dit gelijk aan een verbod op het verkopen van nieuwe wagens met verbrandingsmotor.

ingeschreven wagens (getest met de NEDC-test) blijft de CO<sub>2</sub>-waarde geldig die bij de inschrijving van het voertuig bekend was (op inschrijvingsbewijs of gelijkvormigheidsattest).

Tot 31 december 2021 moeten de autoconstructeurs voor al hun WLTP-wagens een theoretische NEDC-waarde berekenen, de zogenaamde NEDC 2,0. Alle wagens die getest zijn volgens de nieuwe WLTP-test zullen dus tot eind 2021 steeds twee CO<sub>2</sub>-waarden meekrijgen: NEDC 2,0 en de WLTP-waarde. Voertuigen getest volgens de oude NEDC-test behouden hun oude CO<sub>2</sub>-waarde.

In België heeft de CO<sub>2</sub>-waarde invloed op volgende belastingen:

- Vlaanderen: Belasting op inverkeerstelling en jaarlijkse verkeersbelasting
- Wallonië: Ecomalus (vanaf 146 g/km CO<sub>2</sub>)
- Federaal niveau:
  - voordeel alle aard op bedrijfswagens met privégebruik van werknemers en zelfstandigen;
  - fiscale aftrekbaarheid van autokosten voor zelfstandigen en bedrijven;
  - de solidariteitsbijdrage in de sociale zekerheid voor werkgevers.

### 3.3.4. BIV en verkeersbelasting in het Waals Gewest

De Waalse regering heeft een principeakkoord bereikt over de hervorming van de BIV en de jaarlijkse verkeersbelasting.<sup>9</sup> In dit stadium kan dit nog niet worden beschouwd als beslist beleid.

### 3.3.5. Veranderingen in de vennootschapsbelasting

De aftrekbaarheid van de brandstofkosten blijft ongewijzigd.

De aftrekbaarheid van de autokosten wordt vanaf aanslagjaar 2021 bepaald in functie van de volgende formule:  $120\% - (0,5\% * \text{coëfficiënt} * \text{CO}_2\text{-uitstoot})$ .

De coëfficiënt bedraagt '1' voor voertuigen met enkel een dieselmotor; '0,95' voor andere voertuigen; en wordt op '0,9' gebracht voor voertuigen uitgerust met een aardgasmotor en een belastbaar vermogen van minder dan 12 fiscale paardenkracht. Het aldus bekomen percentage van aftrekbaarheid bedraagt minimum 50 % en maximum 100 %. In afwijking hiervan bedraagt de aftrekbaarheid van voertuigen met een CO<sub>2</sub>-uitstoot van 200 gram/kilometer of meer, 40 %.

Voor zogenaamde 'valse hybrides' (oplaadbare hybride voertuigen uitgerust met een elektrische batterij die een energiecapaciteit hebben van minder dan 0,5 kWh per 100 kilogram van het wagen gewicht of een uitstoot van meer dan 50 gram CO<sub>2</sub> per kilometer) is de CO<sub>2</sub>-uitstoot die voor de bovenstaande formule in aanmerking wordt genomen deze van het overeenstemmende voertuig dat uitsluitend voorzien is van een motor die gebruik maakt van dezelfde brandstof. Indien er geen overeenstemmend voertuig bestaat dat uitsluitend voorzien is van een motor die gebruik maakt van dezelfde brandstof, wordt de CO<sub>2</sub>-uitstootwaarde vermenigvuldigd met 2,5.

<sup>9</sup> Zie <https://www.wallonie.be/fr/actualites/vers-une-reforme-de-la-fiscalite-automobile>.

De veranderingen die werden ingevoerd met de “Wet houdende fiscale en sociale vergroening van de mobiliteit” van 25 november 2021 gaan in vanaf 2026: de aftrekbaarheid van de autokosten wordt herleid tot nul, behalve voor elektrische wagens (zie Tabel 13).

**Tabel 13** Aftrekbaarheid autokosten elektrische wagens in de vennootschapsbelasting  
%

Jaar	Aftrek elektrische wagens
2026	100,0
2027	95,0
2028	90,0
2029	82,5
2030	75,0
Vanaf 2031	67,5

### 3.4. Aannames met betrekking tot de evolutie van de prijzen en technische parameters

#### 3.4.1. Aankooprijzen

Sinds 2010 zijn de prijzen van elektrische en hybride wagens zeer snel gedaald, en er is een brede consensus dat de kosten van batterijen in het komende decennium nog verder zullen dalen. Het is wel zo dat de zogenaamde “grijze literatuur” hierin doorgaans meer optimistisch is dan de schattingen die gepubliceerd worden in wetenschappelijke tijdschriften die onderworpen zijn aan “peer review”.

Voor CASMO hebben we gebruik gemaakt van de prijsaannames uit Grube et al. (2021). Grube et al. maken gebruik van een extreem gedetailleerde bottom-up analyse, waarbij ze voor elke individuele component een leercurve hebben geschat die samenvat hoe de kosten dalen als functie van de gecumuleerde productie doorheen de tijd:

$$C_Q = C_0 \left( \frac{Q}{Q_0} \right)^b$$

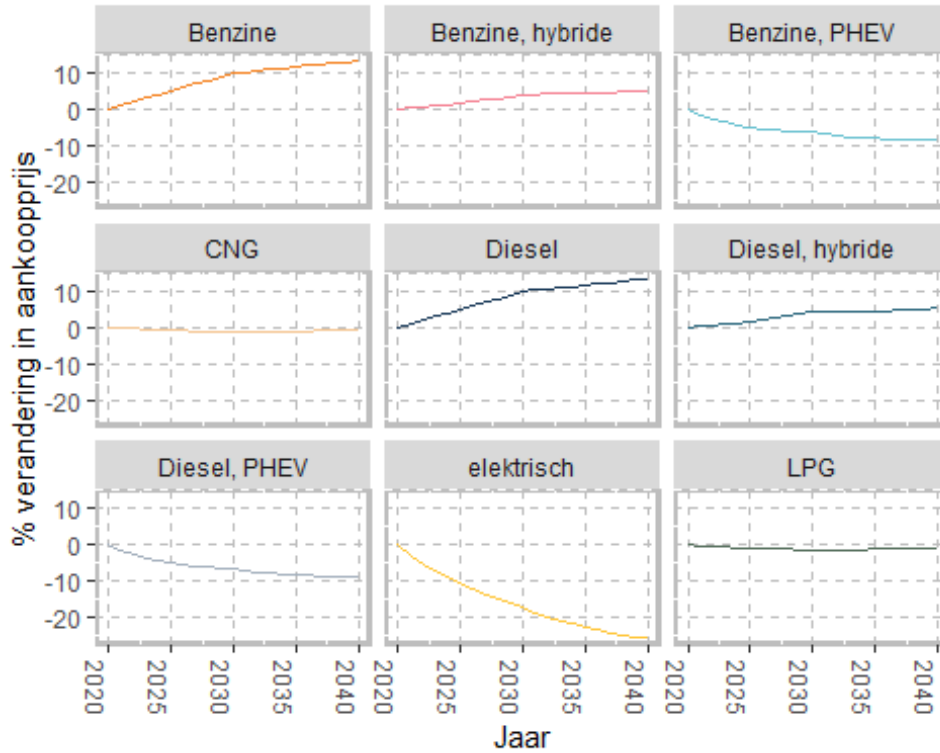
waarbij  $C_Q$  de productiekosten zijn wanneer de gecumuleerde productie gelijk is aan  $Q$ , en  $C_0$  en  $Q_0$  de productiekosten en de gecumuleerde productie zijn in het beginjaar van de waarnemingen. Voor elke component van de auto's wordt een specifieke leerparameter  $b$  gebruikt.

Deze formulering brengt met zich mee dat de projecties van toekomstige kosten afhangen van de projecties van de toekomstige waarden van  $Q$ . Grube et al. werken daarom meerde scenario's uit, die overeenkomen met verschillende aannames met betrekking tot de toekomstige groei van de globale marktaandeelen van elektrische en hybride voertuigen.

Voor de behoeften van onze studie hebben we gebruik gemaakt van het *BEV*-scenario, waarbij Grube et al. ervan uitgaan dat elektrische wagens wereldwijd een marktaandeel van 65 % halen in 2050.

Figuur 11 vat de evolutie van de gemiddelde aankooprijzen van nieuwe wagens samen onder deze aanname.

**Figuur 11** Aannames met betrekking tot de evolutie van de gemiddelde prijzen  
*procentueel verschil met 2019*

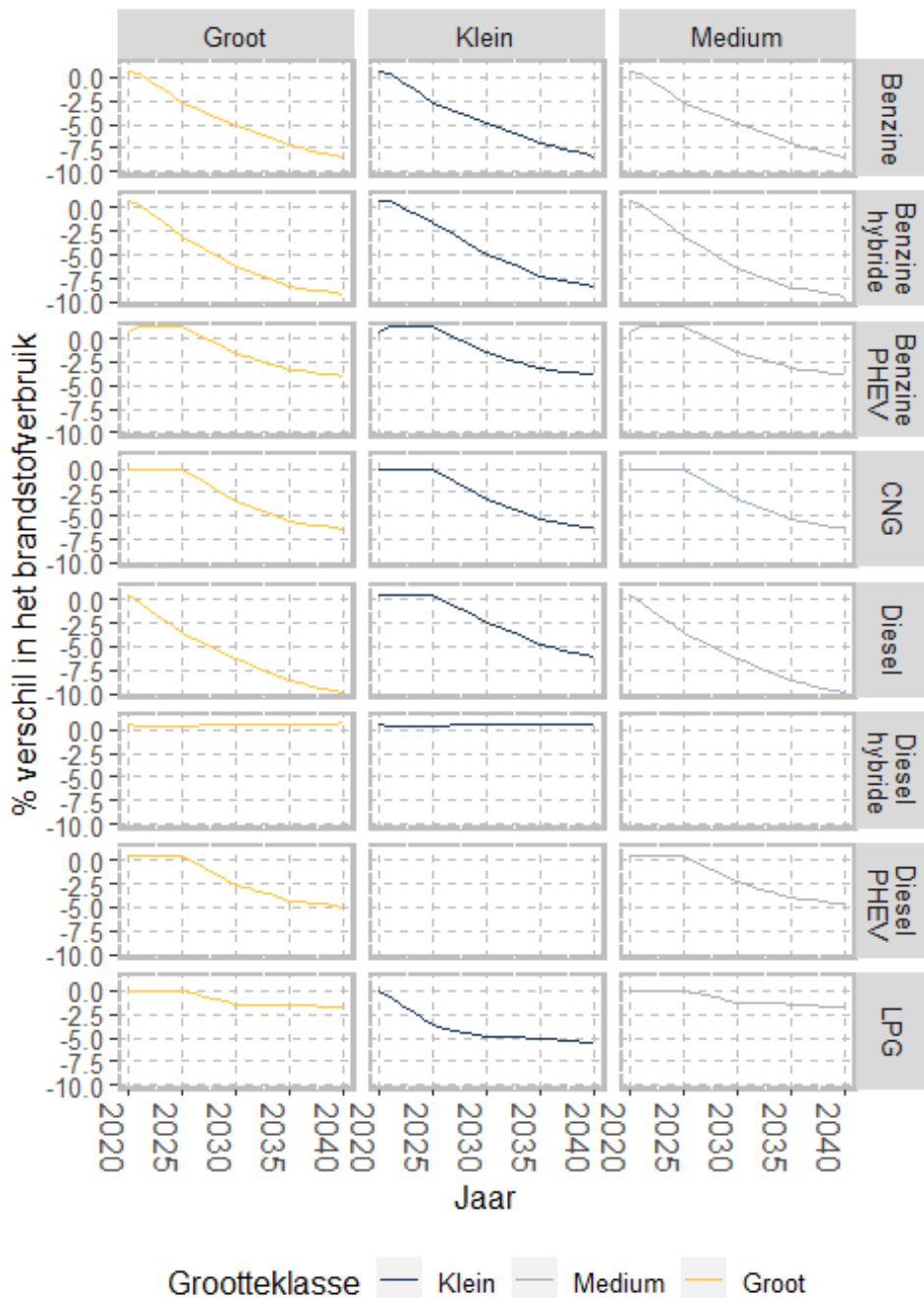


### 3.4.2. Brandstofprijzen en -verbruik

Figuur 12 vat de aannames samen die we gebruikt hebben met betrekking tot de toekomstige evolutie van het brandstofverbruik van elke COPERT-klasse.

We stellen hierbij de evolutie van het brandstofverbruik voor als een procentuele verandering tegenover 2019. De relatieve daling ten opzichte van 2019 bedraagt dus nooit meer dan 10 %.

Figuur 12 Brandstofverbruik nieuwe wagens: procentueel verschil met 2019



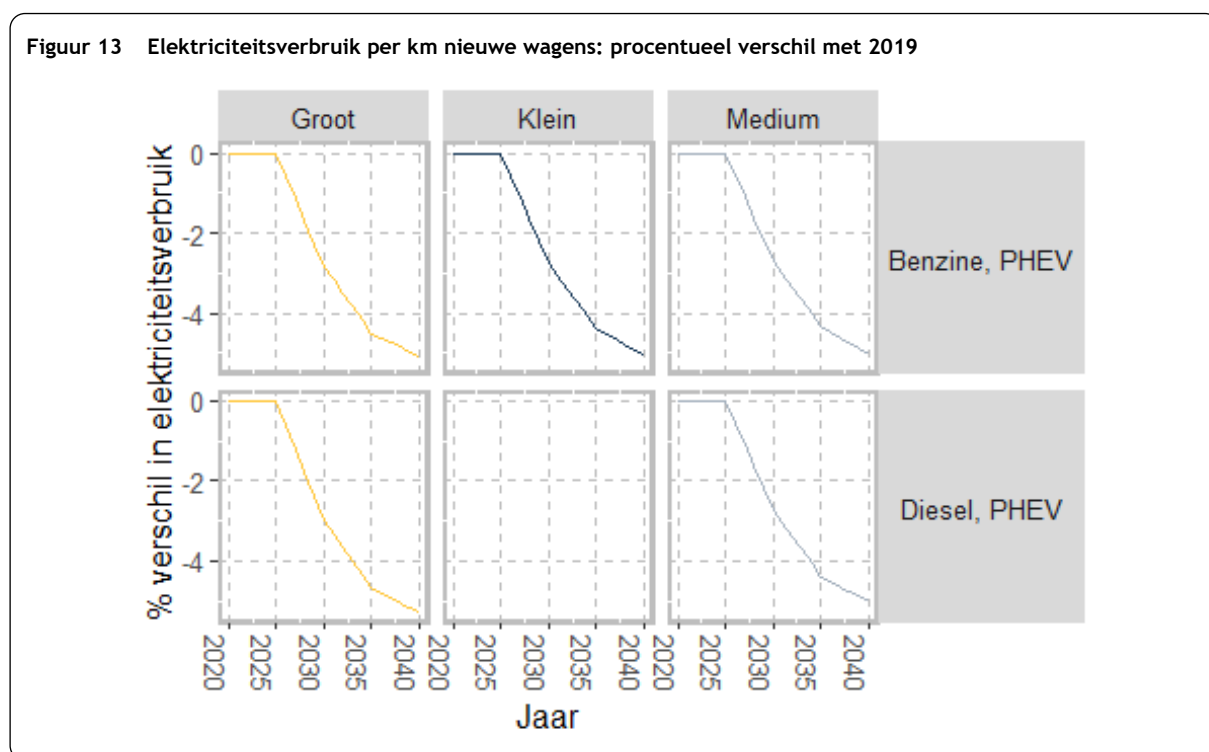
Tabel 14 vat de aannames samen met betrekking tot de toekomstige evolutie van de prijzen (voor belasting) van fossiele brandstoffen.

**Tabel 14 Aannames met betrekking tot de brandstofprijzen (Exclusief btw en accijnzen, prijzen van 2019)**

		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
benzine	euro per l	0,63	0,64	0,64	0,65	0,65	0,66	0,66	0,67	0,67	0,67	0,68
diesel	euro per l	0,66	0,67	0,67	0,68	0,68	0,69	0,69	0,70	0,70	0,70	0,71
LPG	euro per l	0,42	0,43	0,43	0,43	0,44	0,44	0,44	0,45	0,45	0,45	0,45
CNG	euro per kg	0,85	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93

### 3.4.3. Elektricitetsprijzen en -verbruik

Voor elektrische wagens gaan we ervan uit dat het elektriciteitsverbruik per km van nieuwe wagens constant blijft. Figuur 13 vat de aannames samen voor de plug-in hybride auto's. We gaan er dus van uit dat het elektriciteitsverbruik van plug-in hybride constant blijft tot en met 2025, en daarna lichtjes afneemt, met ongeveer 0,5 tot 0,6 procent op jaarbasis.



We gaan uit van een constante elektriciteitsprijs van 19,51 eurocent per kWh.

## 3.5. Schattingsresultaten bij CASMO

### 3.5.1. De levensloop van personenwagens als multi-toestandsproces

Tussen de initiële aankoop van een wagen en de definitieve schrapping, kan een wagen een of meerdere keren van eigenaar veranderen. Aangezien sommige belastingen afhangen van de regio (zoals de jaarlijkse verkeersbelasting) of van het type eigenaar (alle belastingen specifiek aan bedrijfswagens),

lijkt het nuttig om niet alleen de finale schrapping van een auto te modelleren, maar ook alle tussentijdse veranderingen.

Hiervoor maken we gebruik van technieken die ontwikkeld zijn voor het modelleren van zogenaamde multi-toestandsprocessen - dit zijn modellen die de transities door de (continue) tijd voorstellen tussen een eindig aantal discrete toestanden. Bij toepassingen wordt hierbij typisch gedacht aan de verschillende stadia die een patiënt kan doorlopen tussen diagnose en overlijden of definitieve genezing. De analogie met de opeenvolgende “types eigenaar van een auto” is duidelijk.

Hier hebben we gebruik gemaakt van Markovmodellen in continue tijd. Deze worden gedefinieerd door zogenaamde transitie-intensiteiten tussen verschillende toestanden  $r, s$ :

$$q_{rs}(t, z(t)) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(S(t + \Delta t) = s | S(t) = r)}{\Delta t}$$

waarbij  $z(t)$  alle variabelen voorstelt die deze transitie-intensiteit kunnen beïnvloeden.

Onder de Markov-hypothese gaat men ervan uit dat  $q_{rs}(t, z(t))$  onafhankelijk is van de voorgeschiedenis, maar enkel afhangt van de huidige toestand.

Uit deze transitie-intensiteiten kan men de waarschijnlijkheid afleiden dat iemand die zich nu in toestand  $r$  bevindt zich in  $t$  tijdseenheden in toestand  $s$  bevindt,  $p_{rs}(t)$ .

Om het multi-toestandsproces van het wagenpark te schatten op basis van DIV-data, hebben we gebruik gemaakt van het `msm` package in R, dat wordt beschreven in Jackson (2011).

We hebben vier mogelijke stadia gedefinieerd (de nummering is arbitrair en betekent niet dat deze stadia opeenvolgend worden doorlopend):

- Stadium 1: een auto is eigendom van een leasing-firma.
- Stadium 2: een auto is eigendom van een privé-persoon.
- Stadium 3: een auto is eigendom van een ander type vennootschap.
- Stadium 4: een auto is definitief geschrapt.

Merk op dat het stadium “definitief geschrapt” niet bestaat als aparte categorie binnen de databank van de DIV. Voor elk jaar uit die periode rapporteert de DIV enkel of een wagen die in de loop van het jaar geregistreerd werd bij de DIV, al dan niet uit de databank van de DIV was geschrapt tegen het einde van het jaar. Dergelijke schrapping is niet noodzakelijk definitief, aangezien de wagen op de tweedehandsmarkt kan verkocht zijn, en er een zekere tijdsspanne kan lopen tussen de schrapping door de verkoper en de inschrijving door de koper.

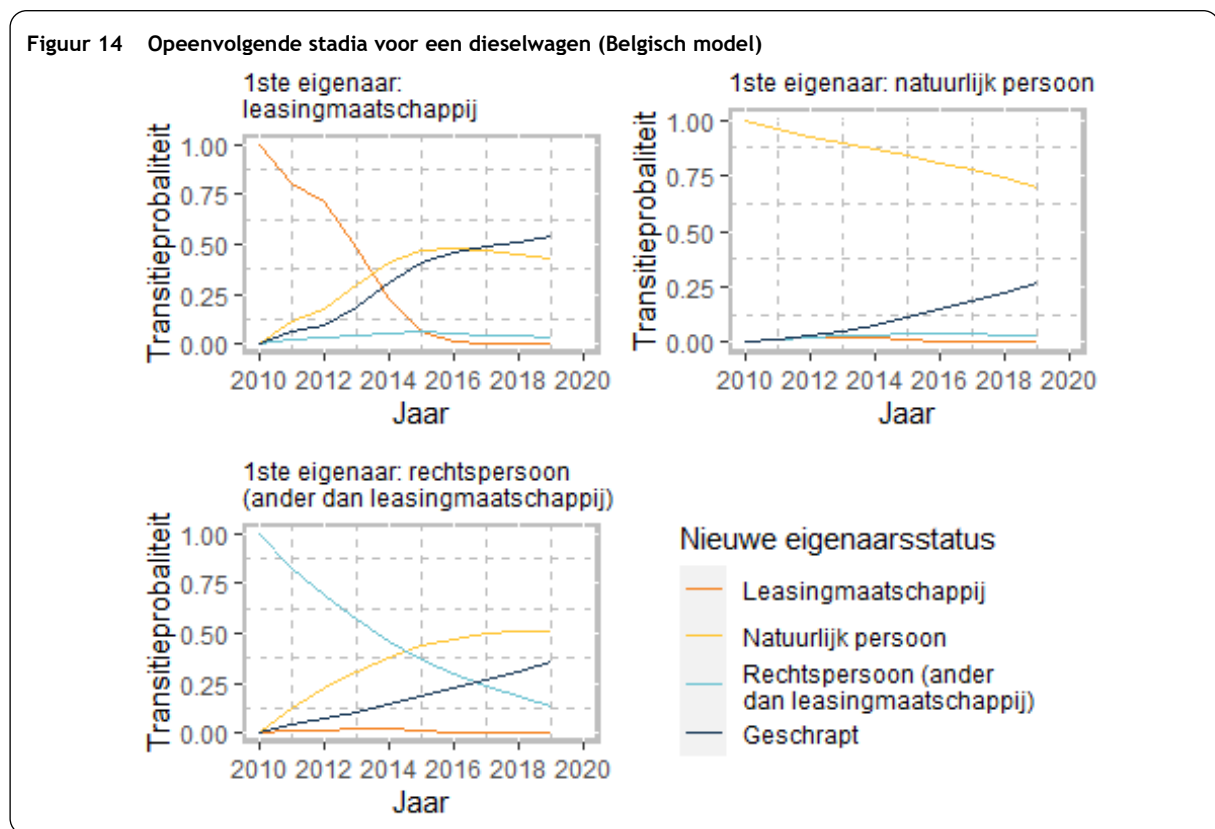
We zijn er hier van uit gegaan dat een wagen definitief geschrapt is als hij tegen einde 2019 niet terug in stock genomen is én ten laatste einde 2018 werd geschrapt.



Merk op dat een meer gedetailleerde specificatie van deze stadia (om bv. rekening te houden met het Gewest van inschrijving) resulteerde in het niet convergeren van de gebruikte schattingsalgoritmes. We zijn er bijgevolg van uitgegaan dat een auto niet van gewest verandert in de loop van zijn levensduur.

We hebben twee onafhankelijke variabelen gebruikt om  $q_{rs}(t, z(t))$  te schatten: enerzijds de leeftijd van de wagen en anderzijds het motortype. Omdat de schattingsalgoritmes niet convergeerden wanneer we de oorspronkelijke motortypes gebruikten, hebben we deze geaggregeerd tot volgende categorieën: benzine, diesel, elektrisch, alle hybrides (met inbegrip van de PHEVs) en CNG- en LPG-wagens als restcategorie.

Omdat de geschatte modelparameters op zich weinig informatief zijn, geven we in Figuur 14 de waarden van  $p_{rs}(t)$  voor dieselwagens die in 2010 voor het eerst zijn ingeschreven, voor  $t = 2010, \dots, 2020$ ,



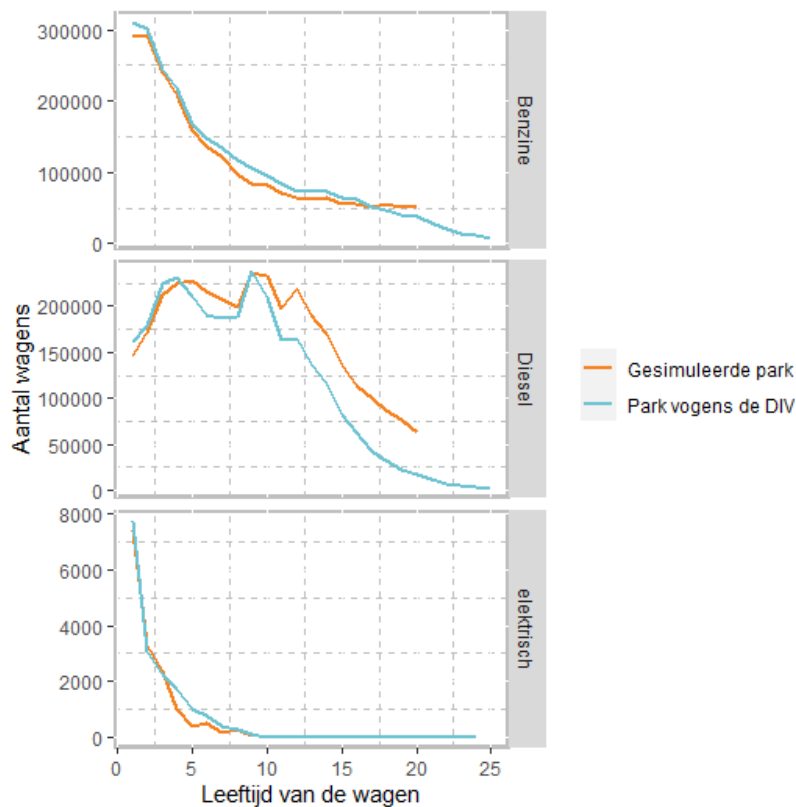
Linksboven zien we de transitieprobabiliteiten voor wagens die in 2010 initieel ingeschreven waren als leasingwagen. We zien een zeer snelle afname van het aantal leasingwagens dat in handen van een leasingfirma blijft – na drie jaar is al de helft veranderd van type eigenaar, en na zes jaar blijft quasi geen enkel nog eigendom van een leasingfirma. Slechts een zeer kleine fractie ervan wordt doorverkocht aan andere rechtspersonen: ze worden hetzij verkocht aan privé-persoenen, hetzij definitief geschrapt (waarschijnlijk geëxporteerd voor de tweedehandsmarkt).

Rechtsboven zien we de transitieprobabiliteiten voor wagens die in 2010 initieel gekocht waren door privé-persoenen. Daarvan worden er quasi geen doorverkocht aan rechtspersonen. Na tien jaar is nog altijd bijna driekwart in handen van privé-persoenen.

Links beneden, tenslotte, zien we de transitieprobabiliteiten voor wagens die in 2010 initieel gekocht waren door rechtspersonen (behalve leasingmaatschappijen). Het patroon is gelijkaardig aan wat we hebben waargenomen bij leasingwagens, maar verloopt heel wat trager. Na tien jaar is nog altijd meer dan 10 % in handen van rechtspersonen, en 50 % in handen van privé-personeel.

In Figuur 15 maken we de vergelijking tussen de leeftijdsstructuur van het waargenomen park in 2019 enerzijds, en dat van een gesimuleerd park anderzijds. Het gesimuleerd park hebben we bekomen door het geschat Markovproces toe te passen op de verkoopcijfers tussen 2000 en 2019 die we van IHS hebben bekomen. Hieruit blijkt dat de gesimuleerde en reële waarden zeer nauw bij elkaar aansluiten.

**Figuur 15** Leeftijdsstructuur van het gesimuleerd versus het reëel park  
aantal



### 3.5.2. Het discrete-keuzemodel

Het discrete-keuzemodel werd geschat met behulp het BLPestimatorR package, geschreven in R (Brunner, Weiser en Romahn 2019).

In dit stuk bespreken we vooral de resultaten van onze schattingen. Een gedetailleerde technische beschrijving van deze benadering kan teruggevonden worden in Bijlage B.

Zoals hierboven besproken, worden verschillende fiscale parameters door de regio's vastgesteld, behalve voor auto's die eigendom zijn van leasebedrijven, waarvoor een interregionale overeenkomst nodig is om het bestaande systeem te wijzigen. Voor elk jaar definiëren wij derhalve zeven markten:

één nationaal model voor lease-auto's en drie regionale modellen voor auto's die eigendom zijn van particulieren of andere rechtspersonen.

In Bijlage C hebben wij ook aangetoond dat wij voor bedrijfsauto's niet eenvoudigweg de aankoop prijs als indicator van de kapitaalkosten kunnen nemen. Daarom hebben wij een afzonderlijk keuzemodel geraamd voor particuliere eigenaren en rechtspersonen (wat zowel leasebedrijven als andere rechtspersonen omvat).

We bespreken hier eerst de gemeenschappelijke elementen van beide modellen.

Ten eerste, zoals hierboven beschreven, vereist het BLP-algoritme dat er een “outside good” wordt gedefinieerd dat overeenkomt met de optie “geen auto kopen”.

De oplossing bestaat erin om een schatting te maken van het marktpotentieel, en de keuzeprobabiliteiten te definiëren tegenover dat marktpotentieel. Bijvoorbeeld, als het aantal auto's dat in een hypothetisch marktpotentieel zou kunnen worden gekocht tijdens een gegeven jaar 1 miljoen bedraagt, en er worden 50,000 exemplaren van model X verkocht, dan is de keuzeprobabiliteit voor model X gelijk aan 0,05.

Er zijn echter geen gegevens beschikbaar die ons toelaten om deze schatting van het marktpotentieel direct te testen. Huang en Rojas (2011, 2013) hebben aangetoond dat dit kan leiden tot een bias in het schatten van de modelparameters. De vraag stelt zich dan hoe robuust het model is voor de specifieke waarde die wordt gekozen voor het marktpotentieel.

In CASMO zijn we als volgt te werk gegaan: (a) we hebben voor elke gewest-eigenaarstype combinatie gemeten hoeveel auto's maximaal werden verkocht per jaar in de periode 2013-2019, (b) we hebben het marktpotentieel gedefinieerd als een veelvoud  $q$  van dat maximum. We hebben vervolgens het model geschat voor  $q = 1,6, \dots, 5,2$  (met sprongen van 0,6).

Door het vergelijken van de modelresultaten voor verschillende waarden van  $q$  hebben we de robuustheid van de geschatte parameterwaarden kunnen bevestigen.

Een tweede stap bestaat in het berekenen van de gemiddelde prijs in elke markt, en de prijs van elk automodel te delen door de gemiddelde prijs. Door te werken met de relatieve prijs vermijden we een veel voorkomend probleem bij numerieke methodes, namelijk dat het algoritme niet convergeert omdat de variabelen niet correct geschaald zijn.

Als derde stap hebben we bekeken welke demografische variabelen kunnen gebruikt worden voor het schatten van de random coëfficiënten in het discrete-keuzemodel. In een eerste versie van het model, waar de markten nog niet waren opgesplitst per gewest en eigenaarstype, hebben we gebruik gemaakt van de resultaten van de BELDAM-enquête (Cornelis et al. 2012). Deze benadering is echter niet bruikbaar voor het gedifferentieerd model dat we nu gebruiken.

De meer recente MONITOR-enquête is in principe wel bruikbaar, maar voor sommige markten is de steekproef zeer klein. De resultaten van het BLP-algoritme zijn enkel robuust als de steekproef die

gebruikt wordt voor het schatten van de random coëfficiënten voldoende groot is (zie Brunner et al. 2017).

We hebben ons daarvoor voor het schatten van de random coëfficiënten beperkt tot niet-geobserveerde heterogeniteit, waarbij we 5000 willekeurige trekkingen uit de standaard normale verdeling hebben genomen.

De vierde stap bestaat dan in het formuleren van het model en het creëren van een `blp_data` object met de `BLP_data()` functie. Dergelijk `blp_data` object combineert al de data en parameters die nodig zijn voor het uitvoeren van het BLP-algoritme.

Naast de ingebouwde consistentie- en volledigheidchecks van `BLP_data()` controleren we ex ante of onze modelspecificatie zou kunnen leiden tot singuliere matrices in de berekeningen. Aangezien de belangrijkste reden waarom singulariteit zou kunnen voorkomen multicollineariteit is tussen categorische variabelen hebben we een algoritme ontwikkeld waarbij één categorische variabele wordt geëlimineerd uit het model zolang de ex ante checks singuliere matrices detecteren.

De vijfde stap bestaat uit het schatten van het model. Dit begint met een willekeurige trekking uit de normale verdeling met  $\mu = 0$  en  $\sigma = 0,1$  voor de initiële waarden van de random coëfficiënten (merk op dat het model meestal niet convergeert voor grotere waarden van  $\sigma$ , waarschijnlijk omdat dit leidt tot schalingsproblemen).

Het model wordt geschat met de `estimateBLP()` functie. We maken gebruik van de “L-BFGS-B” methode voor de numerieke procedure - Conlon en Gortmake (2020) hebben aangetoond dat deze te verkiezen vallen boven alternatieven zoals het Nelder-Mead algoritme. Het model wordt initieel geschat met homoscedastische foutentermen.

Bij het gebruik van numerieke methodes bestaat er geen garantie dat het algoritme zal convergeren, of dat het zal convergeren naar een globaal optimum. Om de robuustheid van de resultaten te verifiëren, wordt daarom bovenstaande procedure een aantal keren herhaald<sup>10</sup>.

Ten slotte hebben we de resultaten van het model met de laagste waarde voor de GMM-doelfunctie genomen als startwaarden voor het herschatten van het model met heteroscedastische foutentermen.

Tabel 15 geeft de geschatte lineaire coëfficiënten voor het BLP-model voor particulieren.

*PriceRatioVar* is, zoals hierboven aangehaald, de verhouding tussen de prijs (met inbegrip van de BIV) van het individueel model en de gemiddelde marktprijs (met inbegrip van de BIV). De geschatte coëfficiënt heeft het verwachte teken en is hoogst significant.

*MediumWght*, *HighWght* en *VeryHighWght* zijn categorische variabelen die overeenkomen met wagens waarvan het gewicht respectievelijk ligt tussen het 1ste kwartiel en de mediaan, tussen de mediaan en het derde kwartiel, en tussen het derde kwartiel en het maximum. Deze coëfficiënten zijn niet significant. Ook de interactievariabelen met *PriceRatioVar* blijken niet significant.

---

<sup>10</sup> Een tiental trekkingen volstaat meestal met de data en het model dat wij gebruiken.

$\log_{10}(I(\text{TraffTax} + 1))$  is het logaritme met basis tien van de jaarlijkse verkeersbelasting<sup>11</sup> De geschatte coëfficiënt heeft het verwachte teken en is significant op het niveau 0,1,

$\text{FuelCostCarKmInd}$  zijn de kosten van het brandstofverbruik en/of elektriciteitsverbruik, gebaseerd op de EEA-waarden voor individuele modellen. De geschatte coëfficiënt heeft het verwachte teken en is hoogst significant.

Voor de carrosserietypes hebben we vijf categorische variabelen gedefinieerd: SUV, LDV, Convertible, SportsCar en FamilyCar. De referentiecategorie bestaat uit minibusjes die ook als personenwagen worden gebruikt. Alle coëfficiënten blijken hoogst significant. Dat is ook het geval met de interactievariabelen met  $\text{PriceRatioVar}$ .

De categorische variabelen voor Japanse en Franse auto's zijn significant, maar deze voor Duitse en Koreaanse auto's niet. Dat er geen specifiek effect ten voordele van Duitse wagens speelt, was enigszins verrassend.

Er speelt wél een zeer significant merkeffect ten voordele van Tesla.

We hebben ook interactie-effecten geschat voor de motortypes, met LPG-wagens als referentietypes. Deze effecten zijn enkel significant voor benzine, diesel, benzine hybride en benzine PHEV-wagens. Met uitzondering van elektrische en diesel PHEVs blijken alle wagens ceteris paribus aantrekkelijker dan LPG-wagens. Dit effect is veel sterker voor benzinewagens dan voor dieselwagens.

Tenslotte hebben we een interactievariabelen geschat tussen de prijsindicator enerzijds en een reeks categorische variabelen anderzijds. Naast de carrosserietypes en de gewichtsklassen, beschouwen we ook een indicatorvariabele voor de verhouding tussen het maximumvermogen van de wagen en het gewicht.<sup>12</sup>

De interactievariabelen met de carrosserietypes blijken allemaal hoogst significant.

**Tabel 15 Lineaire coëfficiënten voor het BLP-model voor particulieren**

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
PriceRatioVar	-8,21	1,27	-6,48	0,00
MediumWght	-0,85	6,09	-0,14	0,89
HighWght	-1,40	14,38	-0,10	0,92
VeryHighWght	-3,34	10,53	-0,32	0,75
$\log_{10}(I(\text{TraffTax} + 1))$	-0,54	0,29	-1,90	0,06
FuelCostCarKmInd	-34,15	6,56	-5,21	0,00
SUV	-9,07	0,72	-12,67	0,00
LDV	-7,81	0,92	-8,49	0,00
SportsCar	-10,83	0,92	-11,83	0,00
FamilyCar	-9,61	0,65	-14,74	0,00
Convertible	-10,87	0,77	-14,19	0,00
GermanCar	0,12	0,10	1,23	0,22
JapCar	-0,24	0,11	-2,07	0,04
KorCar	-0,12	0,09	-1,32	0,19
FrenchCar	0,37	0,07	5,40	0,00
Tesla	2,51	0,68	3,68	0,00
gas	3,76	0,57	6,57	0,00
dies	2,13	0,58	3,71	0,00

<sup>11</sup> De term '+1' is toegevoegd om een reële waarde te bekomen wanneer de verkeersbelasting gelijk is aan nul.

<sup>12</sup> Waarbij we de kwartielen van de verdeling gebruik om de categorieën af te bakenen.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
gashybr_cs	3,21	0,59	5,41	0,00
gashybr_phev	2,06	0,55	3,78	0,00
dieshybr_phev	-0,68	1,32	-0,51	0,61
CNG	0,62	0,45	1,39	0,17
electric	-0,26	0,44	-0,59	0,56
dieshybr_cs	0,19	1,70	0,11	0,91
PriceRatioVar:SUV	10,60	1,06	9,99	0,00
PriceRatioVar:LDV	8,32	1,05	7,95	0,00
PriceRatioVar:SportsCar	11,02	1,09	10,13	0,00
PriceRatioVar:FamilyCar	10,29	1,01	10,19	0,00
PriceRatioVar:Convertible	10,82	1,03	10,51	0,00
PriceRatioVar:MediumKwPerKg	-0,41	3,01	-0,14	0,89
PriceRatioVar:HighKwPerKg	-2,60	3,32	-0,78	0,43
PriceRatioVar:VeryHighKwPerKg	-4,46	2,12	-2,11	0,03
PriceRatioVar:MediumWght	0,68	0,97	0,70	0,48
PriceRatioVar:HighWght	0,70	1,24	0,56	0,57
PriceRatioVar:VeryHighWght	1,42	0,95	1,48	0,14

Tabel 16 geeft de geschatte random coëfficiënten voor het BLP-model voor particulieren. Zoals hierboven reeds aangehaald, beperken we ons hier tot niet-geobserveerde heterogeniteit. Enkel de coëfficiënt voor de categorische variabele *VeryHighKwPerKg* blijkt significant.

**Tabel 16** Random coëfficiënten voor het BLP-model voor particulieren

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
unobs_sd*FuelCostCarKmlnd	-0,19	176,57	0,00	1,00
unobs_sd*MediumKwPerKg	-0,06	44,37	0,00	1,00
unobs_sd*HighKwPerKg	-1,52	2,87	-0,53	0,60
unobs_sd*VeryHighKwPerKg	2,74	1,34	2,05	0,04
unobs_sd*MediumWght	-0,39	15,83	-0,02	0,98
unobs_sd*HighWght	0,90	17,30	0,05	0,96
unobs_sd*VeryHighWght	-1,83	6,78	-0,27	0,79
unobs_sd*PriceRatioVar	-0,68	0,68	-1,01	0,31

Voor de interpretatie van deze random coëfficiënten verwijzen we naar Bijlage \*\*: *in de BLP-benadering bestaat het nut dat consument  $n$  ontleent aan product  $j$  in jaar  $t$  onder andere uit een term die varieert over de consumenten,  $\tilde{V}(p_{jt}, x_{jt}, s_n, \tilde{\beta}_n)$  waarbij  $p_{jt}$  de prijs is van product  $j$  in jaar  $t$ ,  $x_{jt}$  de vector is van waargenomen\* niet-prijsgebonden kenmerken,  $s_n$  een vector is van demografische kenmerken van de consument (indien beschikbaar) en  $\tilde{\beta}_n$  een vector van coëfficiënten is die variëren over consumenten.*

$\tilde{\beta}_n$  is een functie van enerzijds een vector van (waarneembare) demografische variabelen  $D_n$  en anderzijds een vector  $v_n$  die de niet-waargenomen heterogeniteit weergeeft:  $\tilde{\beta}_n = \Pi D_n + \Sigma v_n$ .  $\Pi$  en  $\Sigma$  zijn de matrices van te schatten coëfficiënten.

Aangezien we (zoals hierboven besproken) niet beschikken over een voldoende grote dataset van demografische data *per markt*, hebben we enkel  $\Sigma$  geschat voor een vector  $v_n$  die een standaard normale verdeling volgt.

Indien een willekeurige trekking uit de standaard normale verdeling bijvoorbeeld  $unobs_{sd} = 0,7$  geeft en het wagenmodel  $X$  heeft  $VeryHighKwPerKg = 1$ , dan moet er  $1,918 = 2,74 * 0,7$  bijgeteld worden bij het nut dat voortvloeit uit de aankoop van model  $X$ .

De geschatte coëfficiënten zijn degenen die, bij een groot aantal willekeurige trekkingen uit de standaard normale verdeling, de kans maximaliseren dat de geschatte marktaandelen gelijk zijn aan de reëel waargenomen marktaandelen – vandaar dat we spreken over *Simulated* Maximum Likelihood.

Tabel 17 geeft de geschatte lineaire coëfficiënten voor het BLP-model voor bedrijfswagens.

De variabelen hebben dezelfde betekenis als bij particulieren, behalve:

- Voor de prijsvariabele gebruiken we  $FS_{SC}$  zoals gedefinieerd in Sectie 8.4. Deze term houdt ook rekening met fiscale parameters die specifiek zijn aan bedrijfswagens: de aftrekbaarheid in de vennootschapsbelasting, de (gedeeltelijke) aftrekbaarheid van de btw, de verworpen kosten van het Voordeel Alle Aard en de solidariteitsbijdrage van de werkgever.
- Bij de kosten van het brandstofverbruik houden we ook rekening met de (gedeeltelijke) aftrekbaarheid van de btw.
- We hebben een bijkomende term die overeenkomt met  $SS_{CC}$ , de indicator voor de uitgespaarde salariskosten.

**Tabel 17 Lineaire coëfficiënten voor het BLP-model voor bedrijfswagens**

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>  t )
PriceRatioVar	-8,91	0,73	-12,19	0,00
MediumWght	-19,00	20,23	-0,94	0,35
HighWght	-43,16	54,63	-0,79	0,43
VeryHighWght	-0,69	25,34	-0,03	0,98
log10(I(TraffTax + 1))	-0,36	0,23	-1,55	0,12
I(SavedCapCostEmployee/1000)	0,00	0,01	0,01	0,99
FuelCostCarKmlnd	-15,08	10,30	-1,46	0,14
SUV	-9,96	0,63	-15,79	0,00
LDV	-10,66	0,80	-13,30	0,00
SportsCar	-10,69	0,69	-15,55	0,00
FamilyCar	-10,46	0,65	-16,03	0,00
Convertible	-11,20	0,68	-16,49	0,00
GermanCar	0,45	0,08	5,47	0,00
JapCar	-0,45	0,16	-2,91	0,00
KorCar	-0,56	0,25	-2,23	0,03
FrenchCar	1,18	0,24	4,91	0,00
Tesla	6,84	0,82	8,37	0,00
gas	2,91	0,75	3,88	0,00
dies	2,53	0,63	4,00	0,00
gashybr_cs	4,04	0,77	5,24	0,00
gashybr_phev	3,12	0,68	4,57	0,00
dieshybr_phev	1,79	0,77	2,32	0,02
CNG	1,24	0,60	2,07	0,04
electric	1,48	0,72	2,04	0,04
dieshybr_cs	0,87	0,59	1,48	0,14
PriceRatioVar:SUV	9,53	0,55	17,19	0,00
PriceRatioVar:LDV	9,22	0,61	15,12	0,00
PriceRatioVar:SportsCar	9,48	0,59	16,04	0,00
PriceRatioVar:FamilyCar	9,35	0,58	16,01	0,00
PriceRatioVar:Convertible	9,61	0,62	15,51	0,00
FuelCostCarKmlnd:MediumKwPerKg	-1,81	9,73	-0,19	0,85
FuelCostCarKmlnd:HighKwPerKg	-6,27	5,99	-1,05	0,30
FuelCostCarKmlnd:VeryHighKwPerKg	-7,70	7,01	-1,10	0,27
PriceRatioVar:MediumKwPerKg	0,10	0,44	0,24	0,81
PriceRatioVar:HighKwPerKg	-0,40	0,55	-0,72	0,47
PriceRatioVar:VeryHighKwPerKg	-0,65	0,62	-1,04	0,30
PriceRatioVar:MediumWght	0,29	0,36	0,80	0,42
PriceRatioVar:HighWght	0,17	0,70	0,25	0,80
PriceRatioVar:VeryHighWght	0,50	0,25	1,96	0,05

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>  t )
PriceRatioVar:GermanCar	-0,21	0,06	-3,63	0,00
PriceRatioVar:JapCar	-0,56	0,17	-3,29	0,00
PriceRatioVar:KorCar	-0,59	0,31	-1,92	0,06
PriceRatioVar:FrenchCar	-0,87	0,33	-2,65	0,01
PriceRatioVar:Tesla	-2,56	0,57	-4,46	0,00

Net zoals bij wagens in privébezit heeft de geschatte coëfficiënt voor *PriceRatioVar* het verwachte teken en is het hoogst significant.

*MediumWght*, *HighWght* en *VeryHighWght* blijken opnieuw niet significant.

$\log_{10}(I(\text{TraffTax} + 1))$  en *FuelCostCarKmInd* hebben het verwachte teken maar zijn niet significant.

De resultaten voor de carrosserietypes blijken opnieuw significant.

De nationaliteits- en merkeffecten zijn vergelijkbaar met degenen die we bekwamen voor particulieren. De significantie van de coëfficiënt voor Duitse wagens blijft relatief laag.

De significantie van de categorische variabelen gedefinieerd voor de motortypes blijkt veel lager dan bij particulieren, behalve voor benzine hybrides en benzine PHEVs. Dit betekent dat voor bedrijfswagens de voor- en nadelen van de verschillende motortypes meer dan bij particulieren vervat zitten in de gemeten variabelen.

Ook hier blijken enkel de interactievariabelen met de carrosserietypes hoogst significant.

Tabel 18 geeft de geschatte random coëfficiënten voor het BLP-model voor bedrijfswagens. Geen van de geschatte coëfficiënten blijkt significant.

**Tabel 18 Random coëfficiënten voor het BLP-model voor bedrijfswagens**

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>  t )
unobs_sd*FuelCostCarKmInd	-0,24	147,09	0,00	1,00
unobs_sd*MediumKwPerKg	0,08	15,50	0,01	1,00
unobs_sd*HighKwPerKg	0,02	27,52	0,00	1,00
unobs_sd*VeryHighKwPerKg	-0,01	47,44	0,00	1,00
unobs_sd*MediumWght	14,10	13,35	1,06	0,29
unobs_sd*HighWght	-27,62	32,87	-0,84	0,40
unobs_sd*VeryHighWght	0,78	36,46	0,02	0,98
unobs_sd*PriceRatioVar	0,18	0,69	0,26	0,80

### 3.6. Herkalibratie op basis marktaandelen 2020-21

Figuur 16 vat de nationale marktaandelen samen per motortype voor de periode 2012-2021, waarbij we alle elektrische en hybride wagens hebben gegroepeerd onder de noemer “geëlektrificeerd”. In Figuur 17 zoomen we in op de elektrische en hybride wagens.

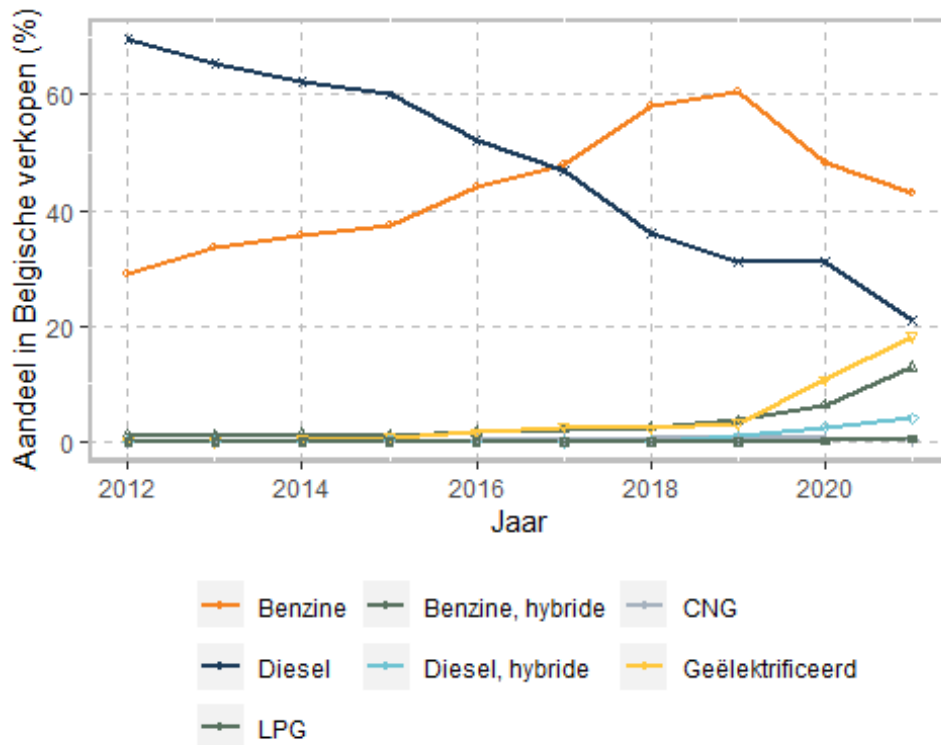
Hierbij vallen twee zaken op.

Ten eerste, tot en met 2019 vormen de marktaandelen van benzine- en dieselwagens quasi elkaars spiegelbeeld, met een zeer duidelijke impact van het “dieselgate” schandaal.

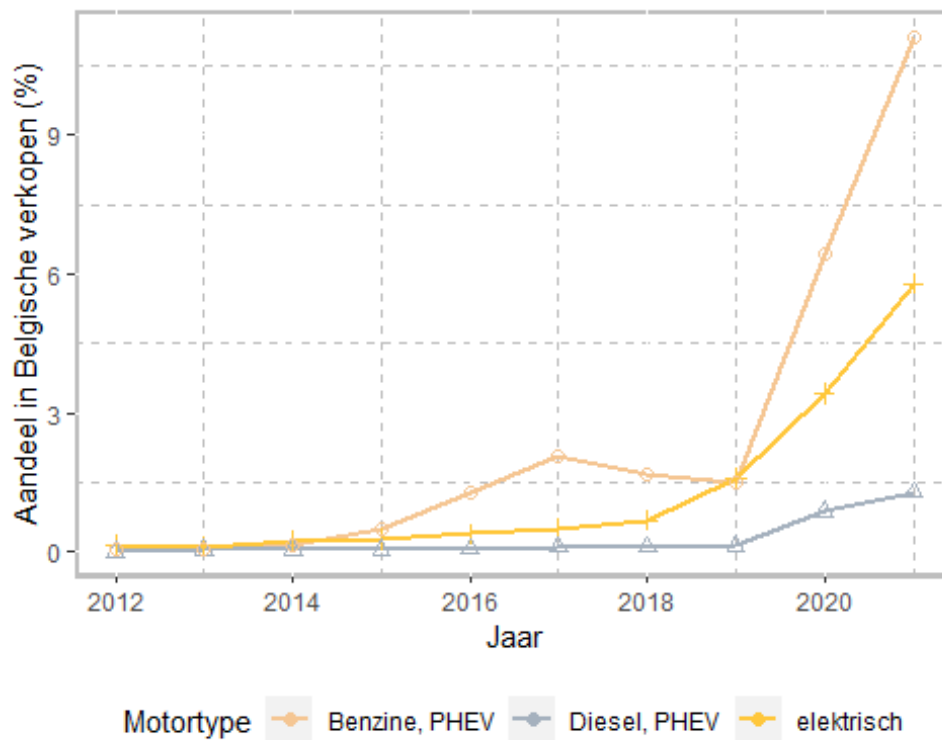


Ten tweede, ondanks een gestage toename van de marktaandelen van elektrische en hybride wagens, bleven hun marktaandelen tot en met 2019 zeer klein, om dan in 2020 plots een belangrijke toename te kennen. De meest spectaculaire toenames zijn te wijten aan de benzine hybride wagens en aan de benzine PHEVs, maar ook de marktaandelen van elektrische wagens overschrijden nu de 5 %.

Figuur 16 Marktaandelen van 2012 tot en met 2021 (eigen berekeningen op basis van DIV-data)



Figuur 17 Marktaandelen van 2012 tot en met 2021 voor elektrische en hybride voertuigen (eigen berekeningen op basis van DIV-data)



Deze plotse toename van de marktaandelen van elektrische en hybride wagens is vooral te wijten aan de noodzaak voor de producenten en importeurs van wagens om te voldoen aan de EU-wetgeving rond de gemiddelde CO<sub>2</sub>-uitstoot van nieuwe wagens.<sup>13</sup> Aangezien deze wetgeving in de toekomst nog strenger zal worden, mogen we ervan uitgaan dat het effect permanent zal zijn.

We beschikken echter niet over individuele verkoopdata voor de periode 2020-21. We blijven daarom het keuzemodel gebruiken dat we geschat hebben op basis van verkooptransacties in 2013-19, maar we herkalibreren het model zodat de voorspelde marktaandelen per motortype overeenkomen met de waargenomen marktaandelen. We doen dit door in te spelen op de categorische variabelen die overeenkomen met de motortypes: de geschatte coëfficiënten voor deze variabelen stellen immers de voor- en nadelen voor van elk motortype die niet gevat worden door gemeten grootheden zoals de kostenvariabelen, het gewicht of het maximaal vermogen. In plaats van de coëfficiënten passen we echter de categorische variabelen zelf aan.

<sup>13</sup> Zie bijvoorbeeld <https://theicct.org/eu-co2-standards-nothing-to-fear-feb22/>

Het algoritme is geïnspireerd op het algoritme dat Berry (1994, 1995) heeft gebruikt voor het berekenen van de  $\delta_{jt}$ :

- We berekenen voor het beschouwde jaar de keuzewaarschijnlijkheid van elke individuele wagen met het discrete-keuzemodel beschreven in sectie 3.5.2.
- Op basis daarvan berekenen we het totaal voorspelde marktaandeel per motortype, en we vergelijken het met de waargenomen marktaandelen.
- Op basis daarvan berekenen we een correctieterm voor elk motortype  $f$ ,  $\xi_f = \ln\left(\frac{S}{\hat{S}}\right)$  waarbij  $S$  het waargenomen marktaandeel is, en  $\hat{S}$  het voorspelde marktaandeel is.
- De correctiefactor wordt nu herschaald in functie van  $\beta_f$ , de geschatte coëfficiënt voor de overeenstemmende categorische variabele in het BLP-model:  $\xi_f' = \frac{\xi_f}{\beta_f}$ .
- Voor elke individuele auto in de dataset wordt de overeenkomende categorische variabele voor het motortype aangepast volgens  $D = D + \xi_f'$ .
- Deze procedure wordt herhaald tot wanneer  $\sum |S - \hat{S}| < \epsilon$  waarbij  $\epsilon = 10$  of tot wanneer het maximaal aantal iteraties is bereikt.

Merk op dat de  $\xi_f' = \frac{\xi_f}{\beta_f}$  ervoor zorgt dat de aanpassing van de categorische variabele in de juiste richting gaat. Bijvoorbeeld, als  $\xi_f < 0$  ( $S < \hat{S}$ ), dan willen we dat in de volgende iteratie het voorspeld marktaandeel ook daalt. Indien  $\beta_f < 0$ , dan  $\xi_f/\beta_f > 0$ , waardoor  $D$  in waarde stijgt. Indien daarentegen  $\beta_f > 0$ , dan  $\xi_f/\beta_f < 0$ , waardoor  $D$  in waarde daalt. In beide gevallen krijgen we de beoogde correctie.

### 3.7. Jaarlijkse aanpassing van het autopark

#### 3.7.1. Organisatie van het autopark in CASMO

We nemen alle wagens uit de databank van de DIV die eind 2019 niet waren geschrapt, en groeperen de auto's op basis van volgende criteria:

- De COPERT-klasse, die wordt bepaald door het motortype en de cilinderinhoud. Zoals hierboven reeds aangehaald, worden elektrische voertuigen geklasseerd in functie van de batterijcapaciteit.
- Het laatste gewest waar de wagen was geregistreerd (Brussels Hoofdstedelijk Gewest, Vlaanderen, Wallonië)
- Het eigenaarstype (particulieren, rechtspersonen met uitzondering van leasingmaatschappijen, leasingmaatschappijen)

#### 3.7.2. Schatting van de marktaandelen per individueel model

Voor elk jaar in de gebruikte projectieperiode herberekenen we de marktaandelen.

Een belangrijke technische beperking van BLPestimator is dat de estimateBLP() alleen toelaat om marktaandelen te schatten voor wagens én markten die gebruikt werden in de schatting van het model-

dat is intrinsiek aan het BLP algoritme, aangezien het schatten van het model ook het schatten inhoudt van alternatief-specifieke constanten  $\delta_{jt}$ , parameters die eigen zijn aan het individueel model.

Het is dus niet mogelijk om nieuwe automodellen te “creëren” met bepaalde technische kenmerken die worden toegevoegd aan de lijst van automodellen waarvoor het model is geschat. Voor de toekomstprojectie maken we dus gebruik van de modellen die we hebben gebruikt in de schattingen, maar waarvan we bepaalde parameters (zoals de prijs of het brandstofverbruik) laten evolueren in de tijd.

We hebben volgende procedure gebruikt om hiermee om te gaan:

- We nemen de waarnemingen uit het basisjaar 2019 die we gebruikt hebben voor de schatting van het model.
- We actualiseren alle variabelen aan de situatie in het lopende jaar. In de eerste plaats betekent dit dat de aankoopprijs voor elektrische en hybride wagens wordt aangepast volgens de zogenaamde “BEV”-scenario’s uit Grube et al. (2021). Daarnaast worden de brandstof- en elektriciteitsprijzen en het gebruik van de auto’s aangepast volgens de scenario’s beschreven in hoofdstuk 3.4. Tenslotte passen we alle fiscale parameters (BIV, verkeersbelasting, vennootschapsbelasting) aan indien deze volgens het beschouwd scenario veranderen tijdens de projectieperiode.
- Vervolgens worden de marktaandelen herberekend alsof deze gegevens betrekking hebben op het basisjaar 2019.

Hierbij dienen we volgende punten op te merken:

- In 2020 en 2021 worden de categorische variabelen herschat volgens de procedure beschreven in hoofdstuk 3.6.
- Vanaf 2022 gebruiken we de categorische variabelen zoals herschat in 2021,
- Aangezien we een apart discrete-keuzemodel hebben geschat voor bedrijfswagens, zullen de marktaandelen voor bedrijfswagens ook apart herberekend worden.
- Een markt wordt gedefinieerd door de combinatie jaar-gewest-eigenaarstype, elk met hun eigen “outside good”.

Vanaf 2030 is het verboden om nog met een dieselwagen rond te rijden in Brussel. We gaan ervan uit dat particulieren en bedrijven die in Brussel gedomicilieerd zijn vanaf die datum geen dieselauto’s meer zullen kopen. Het is minder evident hoe mensen zich zullen gedragen die niet binnen het BHG wonen. Het lijkt aannemelijk dat mensen die nu met de auto naar Brussel pendelen indien nodig hun dieselwagen zullen vervangen door een andere auto. Voor mensen die nu slechts occasioneel naar Brussel komen zijn echter andere opties mogelijk, zoals bijvoorbeeld de dieselwagen behouden en het openbaar vervoer nemen of een deelauto gebruiken als men naar Brussel gaat. We hebben echter geen gegevens geïdentificeerd die ons toelaten om deze groep te identificeren. In wat volgt, zullen we ervan uitgaan dat ook leasingmaatschappijen zich aan dat verbod zullen houden.

Binnen het discrete-keuzemodel stellen we een verbod op nieuwe aankopen voor door een oneindig grote verkeersbelasting.

De output van het keuzemodel is, voor elk automodel en elke markt, een probabieliteit die gedefinieerd wordt tegenover het marktpotentieel. Gebruik  $p_{i,g,e,t}$  om de keuzeprobabiliteit weer te geven voor automodel  $i$  (met  $I$  de verzameling van alle modellen) in gewest  $g$  (met  $G$  de verzameling van alle gewesten), met eigenaarstype  $e$  (met  $E$  de verzameling van alle eigenaarstypes) in het jaar  $t$ .  $Pot_{g,e}$  is het marktpotentieel en  $S_{i,g,e,t}$  zijn de verkopen.

We dienen dit nu te gebruiken om verkopen per model te schatten.

Er bestaan twee mogelijkheden om de verkopen per model te schatten.

- **RegSharesBLP** Een eerste mogelijkheid bestaat erin om  $p_{i,g,e,t}$  te vermenigvuldigen met het marktpotentieel:  $S_{i,g,e,t}^{Est1} = p_{i,g,e,t} * Pot_{g,e}$ . De totale verkopen in jaar  $j$  zijn dan:  $S_t^{Est1} = \sum_{i \in I, g \in G, e \in E} p_{i,g,e,t} * Pot_{g,e}$
- **RegSharesBaseYr** Een tweede mogelijkheid bestaat erin om als volgt te werk te gaan:
  - Voor elke markt, berekenen we  $\sum_{i \in I} p_{i,g,e,t}$  – merk op dat deze som niets anders is dan de verhouding tussen het totaal geschat aantal aankopen in die markt en het totaal marktpotentieel.
  - We herberekenen dan, per markt, de keuzewaarschijnlijkheid voor elk individueel model tegenover deze som:  $p'_{i,g,e,t} = \frac{p_{i,g,e,t}}{\sum_{i \in I} p_{i,g,e,t}}$ . Met andere woorden, we formuleren de keuzewaarschijnslijkheden nu als aandelen in de effectieve verkopen *per markt*, eerder dan in het totaal marktpotentieel.
  - Voor de totale verkopen per markt nemen we echter de geobserveerde verkopen in het basisjaar, 2019, dan bekomen we:  $S_{i,g,e,t}^{Est2} = p'_{i,g,e,t} * \sum_{i \in I} S_{i,g,e,2019}$ .
  - Voor het totaal aantal verkopen bekomen we  $S_t^{Est2} = \sum_{i \in I, g \in G, e \in E} S_{i,g,e,t}^{Est2} = \sum_{i \in I, g \in G, e \in E} p'_{i,g,e,t} * \sum_{i \in I} S_{i,g,e,2019}$

**RegSharesBLP** leidt rechtstreeks tot schattingen van de verkopen en lijkt 100 % consistent met de BLP-methodologie. Bij nadere beschouwing is dat echter niet het geval. Doordat  $p_{i,g,e,t}$  gedefinieerd is tegenover het marktpotentieel, eerder dan tegenover de totale verkopen, kunnen veranderingen in de prijzen leiden tot een verandering van het totaal aantal verkopen binnen een gegeven markt. Bijvoorbeeld, als alle leasewagens goedkoper worden, dan zal de totale verkoop van leasewagens stijgen. Dit lijkt op het eerste gezicht een wenselijk resultaat, maar we moeten voor ogen houden dat het BLP-algoritme ervan uitgaat dat de verschillende markten onafhankelijk van elkaar zijn, en in realiteit is dat niet helemaal het geval. Bijvoorbeeld, in het voorbeeld dat we hier beschouwen betekent dit dat het BLP-algoritme er geen rekening mee houdt dat een toename van de verkoop van leasewagens kan leiden tot een afname van de verkoop van wagens aan particulieren indien gezinnen een bedrijfswagen (voor een deel) zien als een substituut voor een wagen in eigen bezit.

Een volledige consistentie met de BLP-methodologie is dus niet haalbaar.

Door te werken met **RegSharesBaseYr** vermijden we dit probleem: de aandelen van elke markt in de totale Belgische verkopen blijven stabiel doorheen de tijd. Een nadeel van deze benadering is dat veranderingen in de prijsparameters niet kunnen leiden tot veranderingen in de totale verkopen:

maatregelen die *alle* auto's duurder maken zullen bijvoorbeeld niet als gevolg hebben dat mensen minder auto's zullen kopen, enkel dat er een verschuiving zal plaatsvinden binnen de samenstelling van de verkopen.

Zoals we hieronder echter zullen zien maken we in CASMO noch van  $S_t^{Est1}$  noch van  $S_t^{Est2}$  gebruik om het bestaand park te actualiseren. De keuze tussen **RegSharesBLP** en **RegSharesBaseYr** bepaalt enkel de *samenstelling* van de verkopen, niet hun totale omvang.

### 3.7.3. Aanpassing van het autopark op het niveau van de COPERT-klassen

In elk projectiejaar gebruiken we volgende formule om het gewenst aantal auto's per persoon in België te schatten:

$$Stock_t^* = 0,6110456 * e^{-8,3851 * e^{-0,00013 * \frac{BBP_t}{pop_t}}} * pop_t$$

waarbij  $Stock_t^*$  het gewenst aantal auto's is,  $BBP_t$  het bruto binnenlands product is in constante prijzen en  $pop_t$  de bevolking is, telkens in jaar  $t$ . De coëfficiënten zijn geschat op basis van historische relaties in België (zie Franckx 2019 voor de details).

Vervolgens nemen we  $Stock_{t-1}$ , het autopark van het vorig jaar.  $Stock_{t-1}$  geeft het totaal aantal auto's per motortype, grootteklasse, gewest, type eigenaar en jaargang. In 2020 is  $Stock_{t-1}$  rechtstreeks gebaseerd op de databank van de DIV in 2019, Het totaal aantal wagens in deze stock is  $St_{t-1}$ .

We passen nu de overlevingsfuncties toe op  $Stock_{t-1}$  om het aantal auto's te schatten die geschrapt worden per jaargang, en dit per COPERT-klasse, gewest en eigenaarstype. Het totaal aantal auto's dat geschrapt wordt is dan  $Scrap_t$ . Indien een bepaald gewest bepaalde motortypes verbiedt (bijvoorbeeld, een diesel ban of een Low Emission Zone), dan kunnen de overlevingsfuncties aangepast worden om uit te drukken dat alle wagens die op een gegeven brandstof rijden of een bepaalde leeftijd overschrijden, geschrapt worden.

We gaan er dan van uit dat  $Sales_t$ , het totaal aantal verkopen op nationaal vlak, het verschil tussen de gewenste en de overblijvende stock opvult:

$$Sales_t = Stock_t^* - (Stock_{t-1} - Scrap_t)$$

Om dit totaal toe te wijzen aan de individuele COPERT-klassen maken we gebruik van de resultaten van het discrete-keuzemodel.

Een complicatie hierbij is dat het discrete-keuzemodel geen rekening houdt met het gewest waar de wagen is ingeschreven in het geval van leasewagens: de BIV en de verkeersbelasting voor leasewagens wordt immers nationaal bepaald. Het park wordt echter wél regionaal opgesplitst. We gaan ervan uit dat de regionale verdeling van de nieuwe leasewagens proportioneel blijft met de regionale verdeling in  $Stock_{t-1}$ .

We berekenen het totaal aantal verkochte auto's per COPERT-klasse  $C$ , gewest  $g$  en eigenaarstype  $e$  als (waarbij, zoals uitgelegd in hoofdstuk 3.4,  $p_{i,g,e,t}^{Est}$  de geschatte keuzewaarschijnlijkheid is van model  $i$

ten opzichte van het totaal marktpotentieel en  $\frac{p_{i,g,e,t}}{\sum_{i \in I} p_{i,g,e,t}}$  de keuzewaarschijnlijkheid van model  $i$  tegenover alle anderen modellen):

$$\text{Sales}_{C,g,e,t}^{Est} = \left( \sum_{i \in C, g \in G, e \in E} \frac{p_{i,g,e,t}}{\sum_{i \in I} p_{i,g,e,t}} \right) \text{Sales}_t$$

Merk op dat  $\text{Sales}_t \neq S_t^{Est1} \neq S_t^{Est2}$ . De reden waarom we hier werken met  $S_t$  eerder dan met resultaten die rechtstreeks voortvloeien uit de BLP-methode, is dat dit de enige manier is om maatregelen zoals een dieselban of een Low Emission Zone weer te geven. De dieselban in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, bijvoorbeeld, heeft niet alleen als effect dat er geen nieuwe dieselwagens meer worden verkocht, maar ook dat er geen dieselwagens meer mogen rondrijden binnen het gewest. Als we ervan uitgaan dat de totale vraag naar wagens niet verandert, dan betekent dit dat er een toename zal moeten zijn van de verkopen van niet-verboden wagens om de vroegtijdige schrapping van dieselwagens te compenseren.

In de benadering die we hier gebruiken gaan we ervan uit deze compensatie volledig is: elk geschrapt voertuig wordt onmiddellijk vervangen door een ander op het einde van het jaar dat de verstrenging van de LEZ van kracht wordt.

## 4. Bespreking van de simulatieresultaten

We bespreken eerst de projecties, uitgaande van de hypothese dat de stijging van de aandelen van elektrische, hybride en plug-in hybride wagens in 2020-21 een fundamentele trendbreuk inhoudt die zich daarna zal verderzetten - met andere woorden, dit zijn projecties met geherkalibreerde categorische variabelen voor de motortypes (zie hoofdstuk 3.6).

Alternatieve hypothesen worden in de bijlagen besproken.

Rekening houdend met de zeer lage marktaandelen van LPG, CNG, diesel hybride en diesel plug-in hybrides worden deze - met het oog op de leesbaarheid van de grafieken - niet grafisch voorgesteld.

### 4.1. Impact op samenstelling verkopen en park

Figuur 18 stelt de evolutie voor van de verkoop van nieuwe bedrijfswagens, zowel voor het referentiescenario zonder belastinghervorming, als voor het scenario met belastinghervorming. Het rechterpaneel geeft het verschil tussen de twee.

In het referentiescenario stellen we een belangrijke toename vast van de verkoop van benzine PHEVs en van elektrische wagens. Initieel groeien de verkoopcijfers van benzine PHEV sneller dan die van elektrische wagens. Vanaf 2028 nemen de verkopen van elektrische wagens sneller toe en na 2029 is hun marktaandeel zelfs groter dan die van benzine PHEVs.

De verkoop van diesel- en benzinewagens neemt snel af. De pieken in de verkoopcijfers komen overeen met verstrengde toegangsvoorwaarden in de Brusselse Lage Emissie Zone (LEZ): aangezien deze verstrengingen leiden tot een vroegtijdige uitomloopname van auto's, zijn er bijkomende aankopen nodig om het totaal wagenpark op het gewenst niveau te houden.

In werkelijkheid zal de LEZ leiden tot meer geleidelijke veranderingen. Mensen kunnen immers de volgende fase in de toegangsbeperking anticiperen - het is bijvoorbeeld weinig waarschijnlijk dat ze nog nieuwe dieselwagens zullen kopen in het jaar dat voorafgaat aan het dieselverbod. Dit anticipatie-effect zal echter minder groot zijn in de markt voor bedrijfswagens, aangezien zeker leasewagens relatief snel terug worden doorverkocht. Die pieken zullen voor bedrijfswagens dus hoogstens over twee-drie jaar worden uitgevlakt.

Strengere toegangsrestricties zullen ook leiden tot een nieuwe dynamiek op de tweedehandsmarkt in België: sommige auto's die geen toegang meer krijgen tot de LEZ zullen doorverkocht worden aan eigenaars in Vlaanderen en Wallonië. Aangezien bedrijfswagens voor de grote meerderheid nieuw worden aangekocht, zal dit echter slechts een beperkte impact hebben op de aankopen van bedrijfswagens.

Met andere woorden, anticipatie-effecten en de tweedehandsmarkt zullen de resultaten die we hier presenteren niet fundamenteel veranderen.

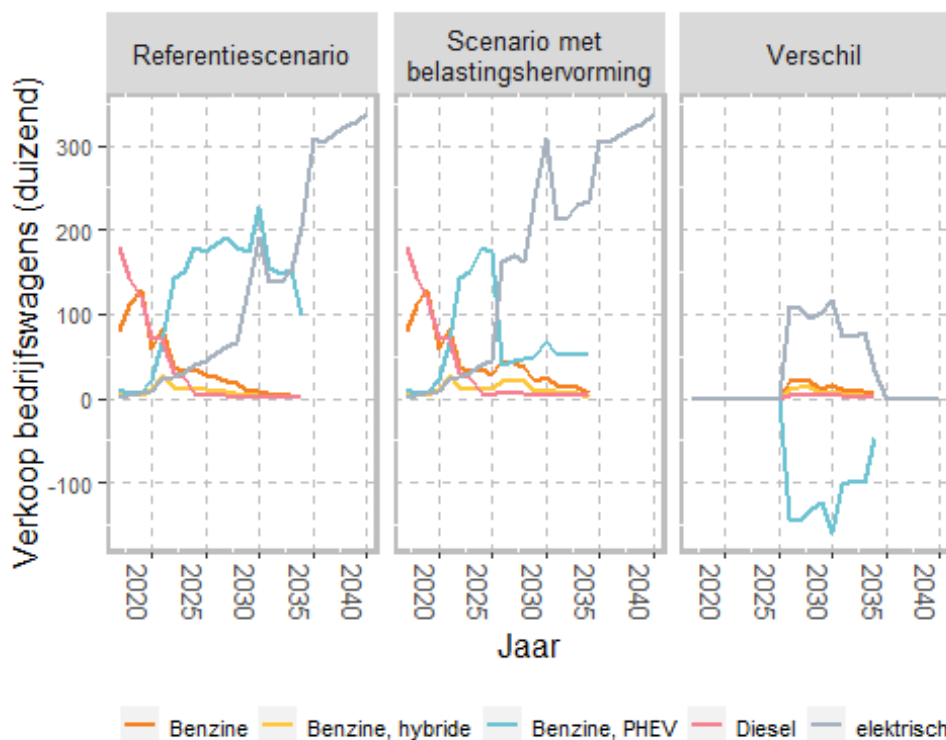


Het algemeen verbod om binnen de Europese Unie nog auto's met verbrandingsmotor<sup>14</sup> te verkopen vanaf 2035 heeft natuurlijk als effect dat enkel nog elektrische wagens worden verkocht.

Ook hier kunnen anticipatie-effecten spelen. Indien mensen bijvoorbeeld inschatten dat (rekening houdende met de gebruikspatronen van hun wagen) elektrische wagens in 2035 nog altijd hogere levenscycluskosten hebben dan wagens met verbrandingsmotor, dan zullen ze in de periode voorafgaand aan het verbod misschien nog versneld een wagen met verbrandingsmotor aankopen. Aangezien bedrijfswagens doorgaans intensiever worden gebruikt dan wagens in handen van particulieren, is het onwaarschijnlijk dat dit effect een grote rol zal spelen bij bedrijfswagens.

In het scenario met belastinghervorming, is het belangrijkste effect een zeer sterke afname in de verkoop van benzine PHEV vanaf 2026, vooral ten voordele van elektrische wagens<sup>15</sup>, maar ook (in beperktere mate) ten voordele van benzine wagens. Dit vereist een woordje uitleg.

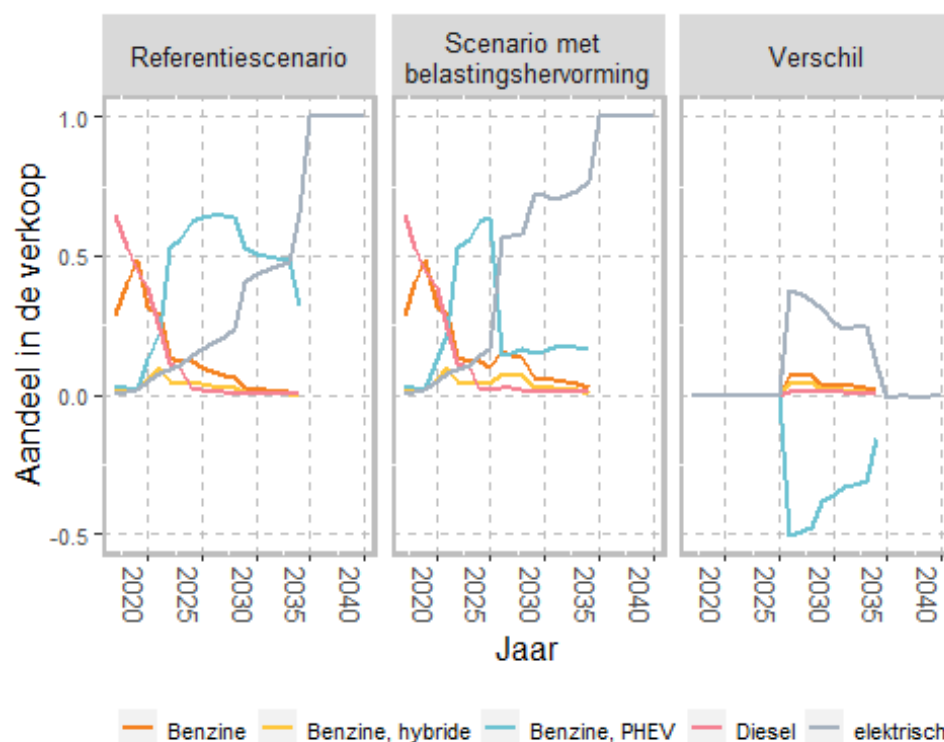
**Figuur 18** Projecties van de verkoop van nieuwe bedrijfswagens met geherkalibreerde categorische variabelen (duizendtallen)



<sup>14</sup> Strikt genomen, met auto's met CO<sub>2</sub>-emissies die groter zijn dan nul.

<sup>15</sup> Merk ook op dat er zelfs na 2035 tussen beide scenario's een klein verschil blijft in het aantal elektrische wagens dat wordt verkocht: dit vloeit voort uit het gegeven dat verschillende motortypes verschillende overlevingsfuncties hebben. Een verandering in de samenstelling van de nieuwe aankopen heeft dus indirect ook een impact op het totaal aantal auto's dat jaarlijks wordt geschrapt, en dus ook op het totaal aantal auto's dat nieuw wordt gekocht.

**Figuur 19** Projecties van de aandelen in de verkoop van nieuwe bedrijfswagens met geherkalibreerde categorische variabelen



Dit beperkt substitutie-effect kan beter begrepen worden door te kijken naar tabellen Tabel 19 en Tabel 20.

In een aparte (nog niet gepubliceerde) paper hebben we de levenscycluskosten berekend van wagens die op de Belgische markt worden verkocht. Tabel 19 en Tabel 20 geven weer wat de gemiddelde procentuele verandering is in de levenscycluskosten van bedrijfswagens ten gevolge van de belastinghervorming in respectievelijk 2026 en 2031.

**Tabel 19** Gemiddelde procentuele verandering in de levenscycluskosten van bedrijfswagens ten gevolge van de belastinghervorming (2026)  
%

Motortype	Klein	Medium	Groot
CNG	7	7	NA
Diesel	7	8	6
Diesel, hybride	NA	12	NA
Diesel, PHEV	NA	18	20
Elektrisch	6	7	8
Benzine	5	6	5
Benzine, hybride	NA	10	9
Benzine, PHEV	20	21	23
LPG	5	NA	NA

**Tabel 20 Gemiddelde procentuele verandering in de levenscycluskosten van bedrijfswagens ten gevolge van de belastinghervorming (2031)**  
%

Motortype	Groot	Klein	Medium
Benzine	5	5	6
Benzine, hybride	9	NA	10
Benzine, PHEV	23	20	21
CNG	NA	7	7
Diesel	6	7	8
Diesel, hybride	NA	NA	12
Diesel, PHEV	20	NA	18
Elektrisch	15	11	12
LPG	NA	5	NA

Het afschaffen van de aftrekbaarheid van niet-elektrische bedrijfswagens in de vennootschapsbelasting leidt tot een toename in de levenscycluskosten voor alle motortypes, maar het effect is vooral zeer groot voor PHEVs. In de huidige regeling genieten PHEVs immers van een zeer grote aftrek ten gevolge van hun lage CO<sub>2</sub>-emissies (tenminste, volgens de testcyclus) – voor de PHEVs heeft het verdwijnen van de fiscale aftrekbaarheid dus een veel hogere impact dan voor wagens met een (volgens de testcyclus) veel hogere CO<sub>2</sub>-uitstoot.

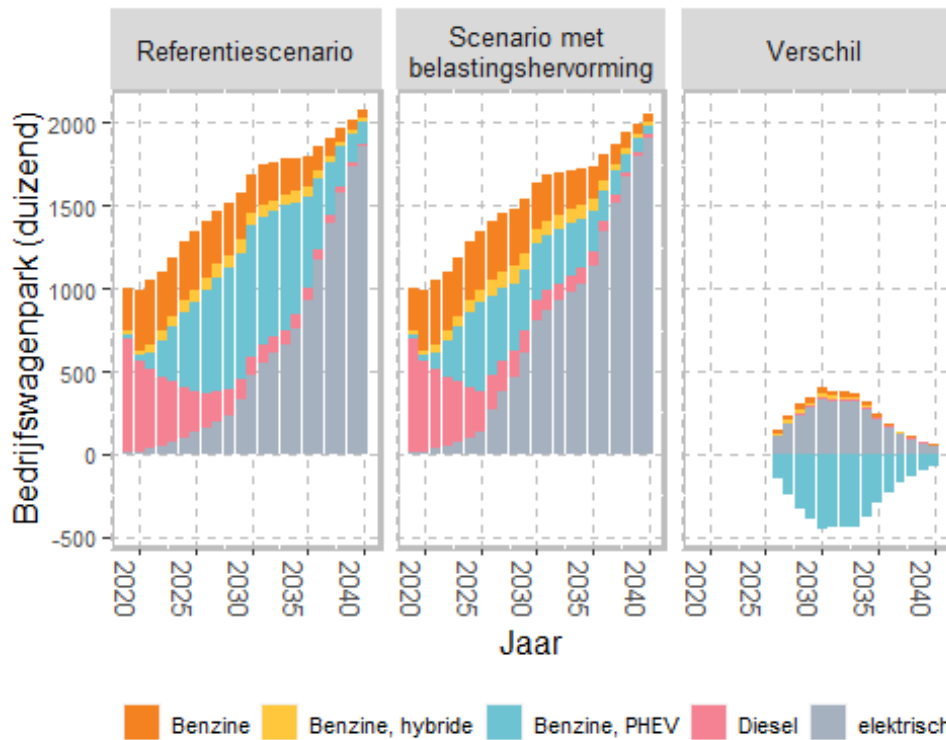
De verminderde aftrekbaarheid van elektrische wagens leidt ook tot een toename van hun levenscycluskosten. Deze aftrekbaarheid neemt verder af tot 2031, en uiteindelijk is de procentuele toename in levenscycluskosten zelfs hoger voor elektrische wagens dan voor wagens met verbrandingsmotor.

Dit verklaart waarom er ook een substitutie-effect is van PHEVs naar benzine wagens - houd echter voor ogen dat dit effect veel kleiner is dan de substitutie ten voordele van elektrische wagens.

De impact van de verandering in de samenstelling van de verkopen op het wagenpark verloopt veel geleidelijker (Figuur 20) – de samenstelling van het park wordt niet alleen beïnvloed door de wijzigingen in de samenstelling van de nieuwe aankopen maar ook door de toegangsrestricties in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Vanaf 2030 voor alle wagens met dieseltechnologie, en vanaf 2035 voor alle wagens met benzinetehnologie.

**Figuur 20** Projecties van het bedrijfswagenpark met geherkalibreerde categorische variabelen  
*duizendtallen*



Hierbij valt ook de snelle toename vast van het totaal park aan bedrijfswagens op. Dit is te wijten aan de belangrijke toename van het aandeel van de bedrijfswagens in de totale verkopen in recente jaren. Bedrijfswagens maken nu meer dan 50 % uit van de totale verkopen. Dit vertaalt zich echter niet in een aandeel van 50 % in het park, aangezien zeker leasingwagens sneller uit omloop worden genomen<sup>17</sup> dan wagens in handen van particulieren. Het netto-effect is een gestage toename van het aandeel van bedrijfswagens in het totaal wagenpark – zie Figuur 21.

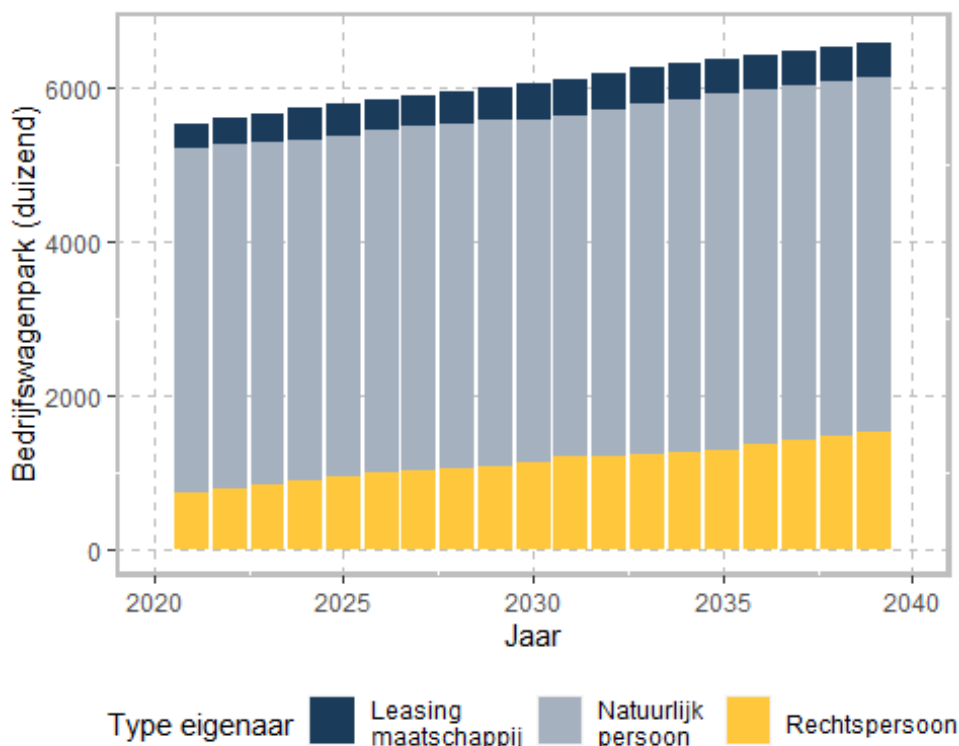
Door de snelle vernieuwing van de bedrijfsvoertuigenvloot vertalen veranderingen in de samenstelling van de verkopen zich ook relatief snel in veranderingen in de samenstelling van het park: tegen 2040 zal de bedrijfsvoertuigenvloot quasi integraal elektrisch zijn.

Het belangrijkste effect van de belastinghervorming is een veel snellere afname van het park aan benzine PHEVs, vooral ten voordele van volledig elektrische auto's.

Ten gevolge van het Europees verbod op de verkoop van nieuwe wagens met verbrandingsmotor vanaf 2035, neemt vanaf dan het verschil tussen beide scenario's geleidelijk af.

<sup>17</sup> Of worden doorverkocht aan particulieren.

**Figuur 21** Opdeling van het wagenpark in functie van het type eigenaar  
*duizendtallen*



## 4.2. Impact op de overheidsontvangsten

Wij gaan nu over tot de gevolgen van de belastinghervorming voor de belastingontvangsten. Deze effecten bestaan uit (zie Figuur 24):

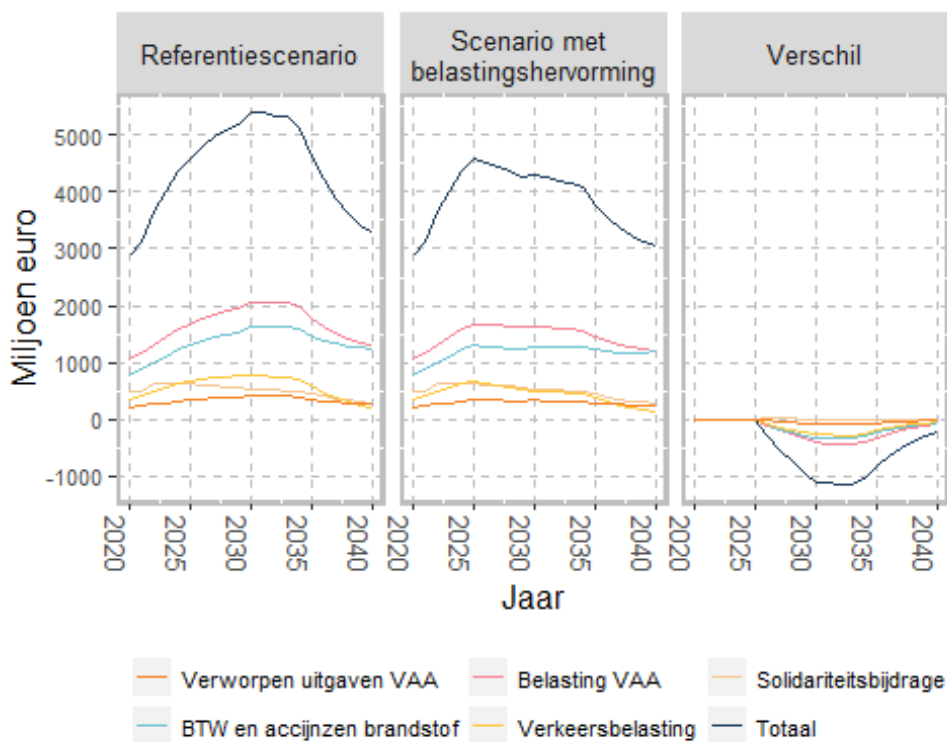
- de belastingontvangsten die bepaald worden door het bezit en het gebruik van bedrijfswagens
- de gedeerde inkomsten als gevolg van de fiscale aftrekbaarheid van de aankoop van bedrijfswagens
- de btw op de aankoop van nieuwe bedrijfswagens
- de Belasting op Inverkeerstelling

We gaan eerst even meer in detail in op de verschillende componenten. We bekijken eerst de belastingontvangsten die bepaald worden door het bezit en het gebruik van bedrijfswagens: (a) de accijnzen en de btw op het verbruik van brandstof en/of elektriciteit (b) de solidariteitsbijdrage aan de sociale zekerheid (c) de belasting op het voordeel van alle aard in de inkomstenbelasting (d) de verworpen kosten voor de vennootschapsbelasting van het voordeel van alle aard dat aan de werknemers wordt aangeboden.

Aangezien al deze belastingen afhankelijk zijn van het totaal energieverbruik<sup>18</sup> of van de CO<sub>2</sub> uitstoot per km van auto's, zal een snellere elektrificatie van het wagenpark naar verwachting leiden tot een daling van die inkomsten – dit wordt bevestigd in Figuur 22.

Zoals blijkt uit het rechterpanel van Figuur 22 piekt het totaal aan gedeerde inkomsten ten gevolge van de belastinghervorming met ongeveer 1 miljard euro, hoofdzakelijk als gevolg van de dalingen in de belasting op het voordeel van alle aard en in de accijnzen op brandstof en elektriciteit. Daarna neemt het verschil tussen beide scenario's geleidelijk aan af ten gevolge van het Europees verbod op de verkoop van nieuwe wagens met verbrandingsmotor.

**Figuur 22** Projecties van de belastinginkomsten bepaald door het bezit en het gebruik van bedrijfswagens  
In miljoen euro



<sup>18</sup> Met name de accijnzen en de btw op het verbruik van brandstoffen en elektriciteit. Voor het jaarlijks verbruik zijn we uitgegaan van de schattingen van de jaarlijks afgelegde kilometer per motortype die jaarlijks worden gepubliceerd door de FOD Mobiliteit en Vervoer.

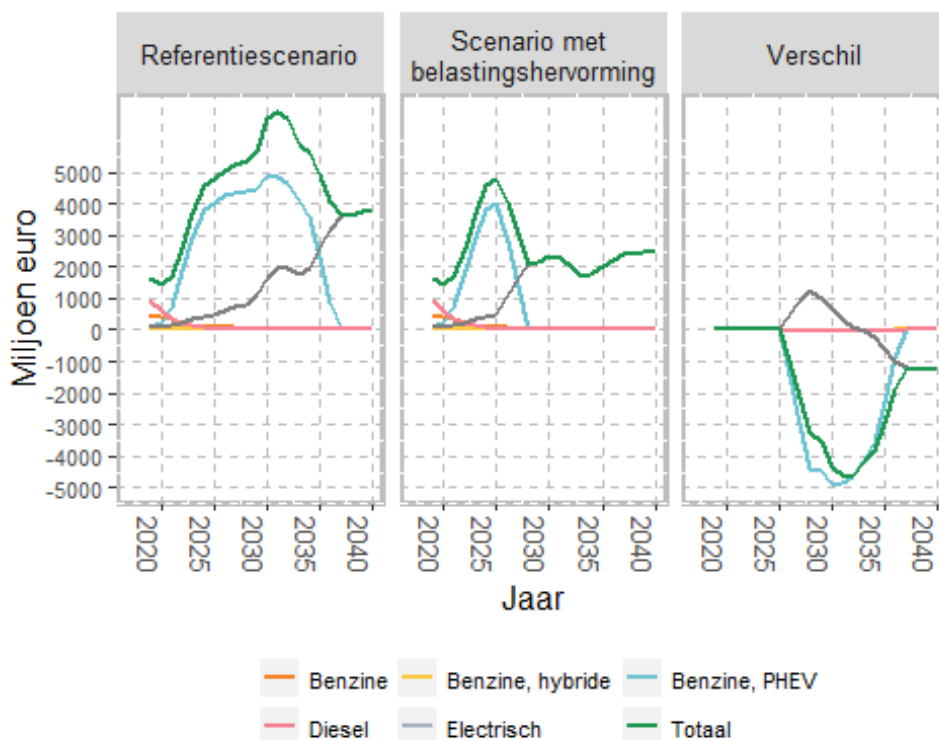
Het effect op de gedeerde inkomsten als gevolg van de fiscale aftrekbaarheid van de aankoop van auto's is iets complexer (zie Figuur 23).

Ten eerste leidt de verwachte sterke stijging van de verkoop van benzine PHEVs in de jaren vóór de inwerkingtreding van de belastinghervorming tot een aanzienlijke toename van de gedeerde inkomsten uit de vennootschapsbelasting: van minder dan 1 miljard euro per jaar in de huidige situatie tot bijna 4 miljard euro per jaar in 2030. Met enige vertraging nemen daarna ook de gedeerde inkomsten voor elektrische wagens snel toe tot boven de 2 miljard euro op jaarbasis. Als gevolg van de belastinghervorming dalen de gedeerde inkomsten voor alle automodellen behalve de volledig elektrische vanaf 2026 tot nul.

Voor elektrische auto's is het totale effect op de belastinguitgaven echter niet *a priori* bepaald: de fiscale aftrekbaarheid per auto neemt af (wat leidt tot lagere belastinguitgaven), maar leidt ook tot een grotere verkoop van elektrische auto's (wat leidt tot hogere belastinguitgaven). In de eerste jaren van de hervorming overheerst het tweede effect, zoals te zien is in Figuur 23<sup>19</sup>, maar dat verandert rond 2030. Na het in voege treden van het Europees verbod op de verkoop van nieuwe wagens met verbrandingsmotor, blijft enkel nog het eerste effect over. Op lange termijn dalen de belastinguitgaven als gevolg van de belastinghervorming met ongeveer 1 miljard euro.

De totale belastinguitgaven na de hervorming blijven wel nog steeds veel hoger dan in het begin van de modelperiode: ze stijgen van 1,4 miljard euro in 2020 naar ongeveer 2,4 miljard euro tegen 2040.

**Figuur 23** Projectie van de gedeerde inkomsten in de vennootschapsbelasting ten gevolge van de aftrekbaarheid van autokosten  
In miljoen euro



<sup>19</sup> We gaan ervan uit dat de fiscale afschrijving over een periode van drie jaar plaatsvindt - het duurt dus telkens drie jaar voordat het effect van een verandering ten volle zichtbaar is.

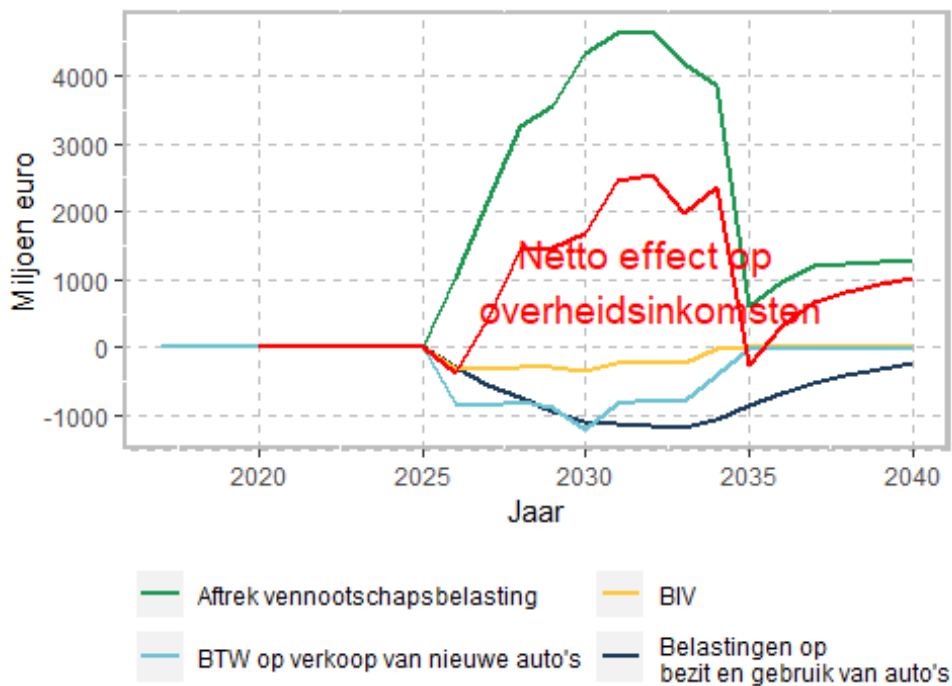
De belastinghervorming leidt tot een belangrijke toename van de belastinginkomsten uit de vennootschapsbelasting: ongeveer 1 miljard euro op jaarbasis in een stabiele situatie (ten gevolge van de verminderde aftrek van elektrische wagens), met een piek van ongeveer 3,5 miljard euro in 2031 – vergeet echter niet dat tegenover de *huidige* situatie nog altijd een belangrijke toename inhoudt van de belastinguitgaven als gevolg van de toename van de verkoop elektrische auto's.

Het andere belangrijke effect is de daling van de belastingopbrengsten uit het bezit en gebruik van bedrijfswagens.

De hervorming leidt ook tot een daling van de btw-ontvangsten op de verkoop van auto's. Het effect op de BIV is zeer gering. Deze effecten worden vanaf 2035 tot bijna nul herleid.

Het globaal effect van de hervorming is vanaf 2026 een toename van de jaarlijkse netto-inkomsten met ongeveer 1 miljard op jaarbasis, behalve in 2026 en 2035, wanneer de gederfde inkomsten uit het bezit en gebruik van bedrijfswagens een klein beetje groter zijn dan de toename van de inkomsten uit de vennootschapsbelasting.

**Figuur 24** Globaal effect van de belastinghervorming op de belastinginkomsten  
In miljoen euro



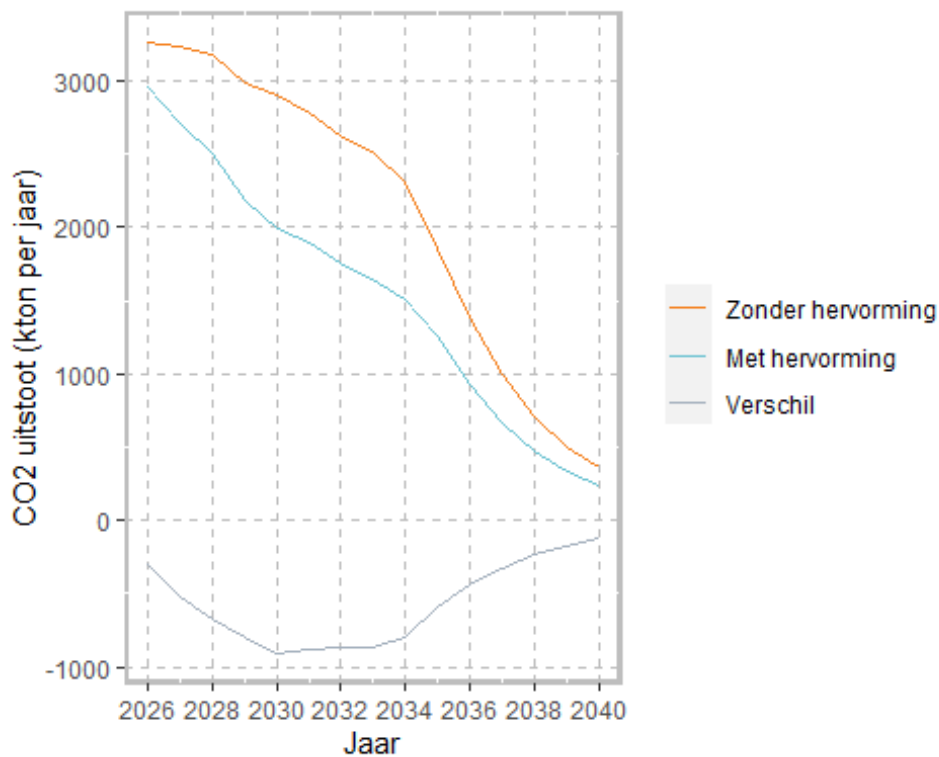


### 4.3. CO<sub>2</sub>-uitstoot

Het effect op de CO<sub>2</sub>-emissies wordt samengevat in Figuur 25.

Zowel zonder als met hervorming dalen de emissies van het bedrijfswagenpark zeer snel na 2034. Het grote verschil ligt in de jaren tussen 2026 en 2035, waar de fiscale hervorming duidelijk leidt tot een versnelde afname van de CO<sub>2</sub> uitstoot, met een piek van ongeveer 1 miljoen ton CO<sub>2</sub> op jaarbasis in de eerste helft van de jaren 2030.

Figuur 25 Projectie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van het bedrijfswagenpark (eigen berekeningen op basis van PLANET)



## 5. Literatuurlijst

- Adamou, A., & Clerides, S. & Zachariadis, T., 2011, "Designing Carbon Taxation Schemes for Automobiles: A Simulation Exercise for Germany," *Climate Change and Sustainable Development* 120047, Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM).
- Berry, S. T., 1994, "Estimating Discrete Choice Models of Product Differentiation," *RAND Journal of Economics*, 25(2), 242-262.
- Berry, S. T., J. Levinsohn, and A. Pakes, 1995, "Automobile Prices in Market Equilibrium," *Econometrica*, 63(4), 841-890.
- Börjesson, M. and Roberts, C., 2022, The Impact of Company Cars on Car Ownership. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4065324> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4065324>.
- Cambridge Econometrics (2018), Low-carbon cars in Europe: A socio-economic assessment, <https://www.camecon.com/how/our-work/fuelling-europes-future/> (accessed on 18/09/2018).
- Dataforce (2020), Company car report for Transport & Environment, [https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/06/2020\\_10\\_Dataforce\\_company\\_car\\_report.pdf](https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/06/2020_10_Dataforce_company_car_report.pdf) (retrieved 17 May 2022).
- De Borger, B., Wuyts, B., 2011, The tax treatment of company cars, commuting and optimal congestion taxes. *Transportation Research Part B: Methodological* 45, 1527-1544. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2011.06.002>.
- Demeulenaere, X., 2019, "The use of automotive fleets to support the diffusion of Alternative Fuel Vehicles: A Rapid Evidence Assessment of barriers and decision mechanisms," *Research in Transportation Economics*, Elsevier, vol. 76(C).
- Dimitropoulos, A., & Jos N. van Ommeren, J. & Paul Koster, P. & Piet Rietveldt, P., 2014, "Welfare Effects of Distortionary Tax Incentives under Preference Heterogeneity: An Application to Employer-provided Electric Cars," Tinbergen Institute Discussion Papers 14-064/VIII, Tinbergen Institute.
- Dineen, D., Ryan, L., & Ó Gallachóir, B. (2018). Vehicle tax policies and new passenger car CO<sub>2</sub> performance in EU member states. *Climate Policy*, 18(4), 396-412. doi:10.1080/14693062.2017.1294044.
- Engström and Algers, Car type preferences among private buyers and company car owners, CTS working paper 2018:9.
- Engström, E., Algers, S. and Beser Hugosson M., The choice of new private and benefit cars vs. climate and transportation policy in Sweden, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 69, 2019, Pages 276-292, ISSN 1361-9209, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.02.008>.
- Franckx, L. (2019), Future evolution of the car stock in Belgium: CASMO, the new satellite of PLANET, Working Paper 01-19, Federal Planning Bureau, Brussels.
- Gössling, Stefan S., (2021), Company cars. In: Vickerman, Roger (eds.) *International Encyclopedia of Transportation*. vol. 1, pp. 580-583. UK: Elsevier Ltd.

- Gutiérrez-i-Puigarnau, E., Ommeren, J.N.V., 2011, Welfare Effects of Distortionary Fringe Benefits Taxation: The Case of Employer-Provided Cars\*. *International Economic Review* 52, 1105–1122. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2354.2011.00661.x>.
- Harding, M., 2014, Personal Tax Treatment of Company Cars and Commuting Expenses: Estimating the Fiscal and Environmental Costs. <https://doi.org/10.1787/5jz14cg1s7v1-en>.
- Hoen and Koetse, A choice experiment on alternative fuel vehicle preferences, *Transportation Research Part A* 61 (2014), 199-215.
- IEA (2021), *World Energy Outlook*.
- ITF (2019), “Understanding Consumer Vehicle Choice: A New Car Fleet Model for France”, *International Transport Forum Policy Papers No. 72*, OECD Publishing, Paris.
- Laine, B. and Van Steenberg, A Benoît Laine & Alex Van Steenberg, 2016, “Working Paper 03-16 - The fiscal treatment of company cars in Belgium: effects on car demand, travel behaviour and external costs,” *Working Papers 1603*, Federal Planning Bureau, Belgium.
- Laine, B. and Van Steenberg, A., 2017, “Working Paper 07-17 - Tax Expenditure and the Cost of Labour Taxation - An application to company car taxation,” *Working Papers 1707*, Federal Planning Bureau, Belgium.
- Mayeres, I., and Vanhulsel, M., CarTax: A simulation model for analysing the reform of car taxation in Flanders, *Research in Transportation Economics*, Volume 62, 2017, Pages 11-24, ISSN 0739-8859, <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2017.02.001>.
- McFadden, D., 1978, the Choice of Residential Location,” in *Spatial Interaction Theory and Planning Models*, ed. by A. Karlqvist, L. Lundqvist, F. Snickars, and J. Weibull. North Holland, Amsterdam, *Studies in Regional Science and Urban Economics*, pp. 75{96.
- Metzler, D., Humpe, A. and Stefan Gössling S. (2019) Is it time to abolish company car benefits? An analysis of transport behaviour in Germany and implications for climate change, *Climate Policy*, 19:5, 542-555, DOI: 10.1080/14693062.2018.1533446.
- Nevo, AvivA, 2000, “A Practitioner’s Guide to Estimation of Random-Coefficients Logit Models of Demand.” *Journal of Economics & Management Strategy*, vol 9, nr 4, pp 513-548
- Plötz, P., Link, S., Ringelschwender, H., Keller, M., Moll, C., Bieker, G., Dornoff, J. and Peter Mock, P. (2002), Real-world usage of plug-in hybrid vehicles in Europe: A 2022 update on fuel consumption, electric driving, and CO<sub>2</sub> emissions, <https://theicct.org/publication/real-world-phev-use-jun2>
- Princen, S. (2017), Taxation of company cars in Belgium – room to reduce their favourable treatment. *European Economy Economic Brief 026*. European Commission, Directorate-General for Economic and Financial Affairs. Retrieved from [https://ec.europa.eu/info/publications/economic-and-financial-affairs-publications\\_en](https://ec.europa.eu/info/publications/economic-and-financial-affairs-publications_en).
- Ramaekers, K., Wets, G., De Witte, A., Macharis, C., Cornelis, E., Castaigne, M., & Pauly, X. (2010), The impact of company cars on travel behaviour. 12th World Conference on Transport Research (WCTR), July 11–15, 2010, Lisbon, Portugal.

- Roy, R. (2014), "Environmental and Related Social Costs of the Tax Treatment of Company Cars and Commuting Expenses", OECD Environment Working Papers, No. 70, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5jxwrr5163zp-en>.
- Shiftan, Y., Albert, G., Keinan, T., 2012. The impact of company-car taxation policy on travel behavior. *Transport Policy* 19, 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2011.09.001>.
- Train, K. (2009), *Discrete Choice Methods With Simulation*, Cambridge: Cambridge University Press. DOI: 10.1017/CBO9780511805271.
- van Ommeren, J.N., Gutiérrez-i-Puigarnau, E., 2013, Distortionary company car taxation: deadweight losses through increased car ownership. *Empir Econ* 45, 1189–1204. <https://doi.org/10.1007/s00181-012-0659-0>.
- Verboven, F. (1996), International price discrimination in the European car market. *Rand Journal of Economics*, 27(2), 240e268.
- Verboven, F., 2002, Quality-Based Price Discrimination and Tax Incidence: Evidence From Gasoline and Diesel Cars, *RAND Journal of Economics*, 33(2), 275{297.
- Whelan, G., 2007, Modelling car ownership in Great Britain. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 41, 205–219. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2006.09.013>.
- Zeng, Yu Y. and Schmitz, Hendrik H. and Madlener, Reinhard R., An Econometric Analysis of the Determinants of Passenger Vehicle Sales in Germany (April 1, 2018). FCN Working Paper No. 06/2018. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3239373> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3239373>.

## 6. Bijlage A: De belangrijkste databronnen

### 6.1. De IHS-databank

Er bestaan een aantal websites die toelaten om gratis informatie op te zoeken met betrekking tot de prijs en de technische kenmerken van individuele auto's, zoals vroom.be en autogids.be. Dergelijke gegevens hebben vaak echter alleen betrekking op de huidige verkoopsvoorwaarden van het basismodel. Dit betekent dat de IHS Markit databank veel rijker is dan dergelijke vrij toegankelijke data, en wel op ten minste twee punten:

- De gegevens worden niet alleen gerapporteerd op het niveau van merk-modelcombinaties (bijvoorbeeld Volkswagen Arteon), maar tot op elke individuele “versie” van het model (bijvoorbeeld Arteon 1.5). Voor sommige belangrijke kenmerken van een auto (zoals het cilindervolume) kunnen de verschillen tussen de individuele versies van een bepaald model belangrijk zijn – soms tot een factor twee.
- De IHS-databank heeft betrekking op alle verkopen tussen 2000 en 2019 (voor de schatting van het model hebben we ons beperkt tot de periode 2012-2019, zie verder)

De volgende informatie is in de databank opgenomen:

- Het land en het jaar van de verkoop
- Het merk, model, submodel en uitvoering van elke auto
- Het carrosserietype
- Het brandstoftype
- Het motorvermogen (in kW), het aantal cilinders (indien van toepassing), het transmissietype, het aantal aangedreven wielen en het brutogewicht van het voertuig.
- De generatie van de auto
- De prijs in euro
- Het aantal verkochte auto's

Een auto wordt uniek gedefinieerd door zijn versienaam, brandstoftype, carrosserietype, generatie, vermogen en gewicht. Eén “unieke” auto kan soms tegen verschillende prijzen worden verkocht in één enkel jaar. In dat geval hebben we de verkopen over het jaar gesommeerd en de gemiddelde prijs genomen (gewogen naar verkoop).

Voor elektrische auto's hebben we de kosten van een thuislader bij de aankoop prijs opgeteld – voor plug-in hybrides gaan we er van uit dat deze via het stopcontact worden opgeladen, en dus geen bijkomende kosten veroorzaken.

We hebben een aantal carrosserietypes (campers, bestelbussen, combi's) die duidelijk niet als personenauto's bedoeld zijn, buiten beschouwing gelaten.

Voor auto's met een verbrandingsmotor volgen we de COPERT-classificatie om de grootteklassen te definiëren: "kleine" auto's hebben een motorinhoud van minder dan 1400 cc, "middelgrote" auto's hebben een motorinhoud tussen 1400 en 2000 cc, en "grote" auto's hebben een motorinhoud van meer dan 2000 cc. Deze indeling is nuttig voor de emissierapportage. We hebben ook batterij-elektrische auto's in drie grootteklassen verdeeld in functie van de energiec capaciteit van de batterij, met drempels bij 20 en 70 kWh – deze drempels zijn een beetje arbitrair – maar hebben geen invloed op de resultaten, alleen op de manier van rapporteren.

Voor een aantal carrosserietypes zijn er slechts zeer weinig waarnemingen. We hebben daarom een aantal categorieën van carrosserietypes gegroepeerd: cabriolet, gezinsauto's (groepering van hatchbacks, sedans, monospaces en wagons), alle bestelwagens die ook als auto kunnen worden gebruikt, sportauto's (coupés en roadsters), en SUV's (inclusief pick-ups die ook als auto kunnen worden gebruikt).

De dataset bevat 10,018,073 waarnemingen voor 21,629 (sub)modellen.

Een beperking van de IHS-databank is dat er geen opsplitsing is van de waarnemingen per gewest en type eigenaar. Deze opsplitsing is er echter wel in de databank van de DIV, die dan echter weer geen prijsgegevens bevat. Een directe samenvoeging van de IHS- en de DIV-database bleek onmogelijk, omdat de commerciële naam in de DIV-databank vaak geen tegenhanger had in de versienamen in de IHS-database.

We hebben daarom voor de hele periode 2012-19 in elk jaar de verdeling per regio en type eigenaar berekend per automerk, motortype, en per deciel van de cilinder grootte<sup>20</sup> We hebben vervolgens voor elke wagen in de IHS-databank de totale verkopen opgesplitst volgens deze verhoudingen.

## 6.2. De databank van het Europees Milieuagentschap

Sommige parameters die bepalend zijn voor de belastingen (het motorvolume en de Euroklasse) zijn opgenomen in de IHS-dataset of eenvoudig te berekenen. Dit is niet het geval voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot.

De CO<sub>2</sub>-emissies van nieuw ingeschreven auto's zijn voor het publiek beschikbaar op de website van het Europees Milieuagentschap (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/co2-cars-emission-18>) – dit zijn gegevens die de lidstaten overeenkomstig Verordening (EU) nr. 2019/631 moeten verstrekken.

We dienen hierbij op te merken dat het hier gaat om de emissies volgens de testcyclus. Voor de raming van het vraagmodel zijn deze relevanter dan de COPERT-emissies:

- De BIV en de jaarlijkse verkeersbelasting zijn gebaseerd op de CO<sub>2</sub>-uitstoot volgens de testcyclus
- Het lijkt waarschijnlijk dat de consument zich bij zijn aankoopbeslissing zal laten leiden door de testcyclusemissies, die voor elke auto afzonderlijk worden gerapporteerd en gemakkelijk te interpreteren zijn (ook al kunnen zij aanzienlijk verschillen van de emissies in reële rijomstandigheden).

---

<sup>20</sup> Voor volledige elektrische auto's is het gebruik van de cilinderinhoud als criterium uiteraard onmogelijk, en hebben we ons beperkt tot het merk als criterium.

We moeten wel voor ogen houden dat, zeker in het geval van plug-in hybride wagens, de emissies in reële rij-omstandigheden een pak hoger kunnen liggen dan volgens de testcyclus (Plötz et al 2022).

In de dataset van het Europees Milieuagentschap (EEA) wordt een auto geïdentificeerd aan de hand van de naam van de fabrikant (bv. FIAT group), het typegoedkeuringsnummer (E42007/461410\*01), het type (MX), de variant (JHVFV), de versie (K5LE1C), het merk (JEEP) en de handelsnaam (COMPASS).

We hebben gegevens voor 2012 tot 2019 gebruikt. De dataset heeft geen aparte categorie voor hybride auto's, behalve voor de plug-in hybrides.

Aangezien de EEA-databank gebaseerd is op aangepaste gegevens uit de DIV-databank, is ook hier een directe samenvoeging van de IHS- en de EEA-database onmogelijk.

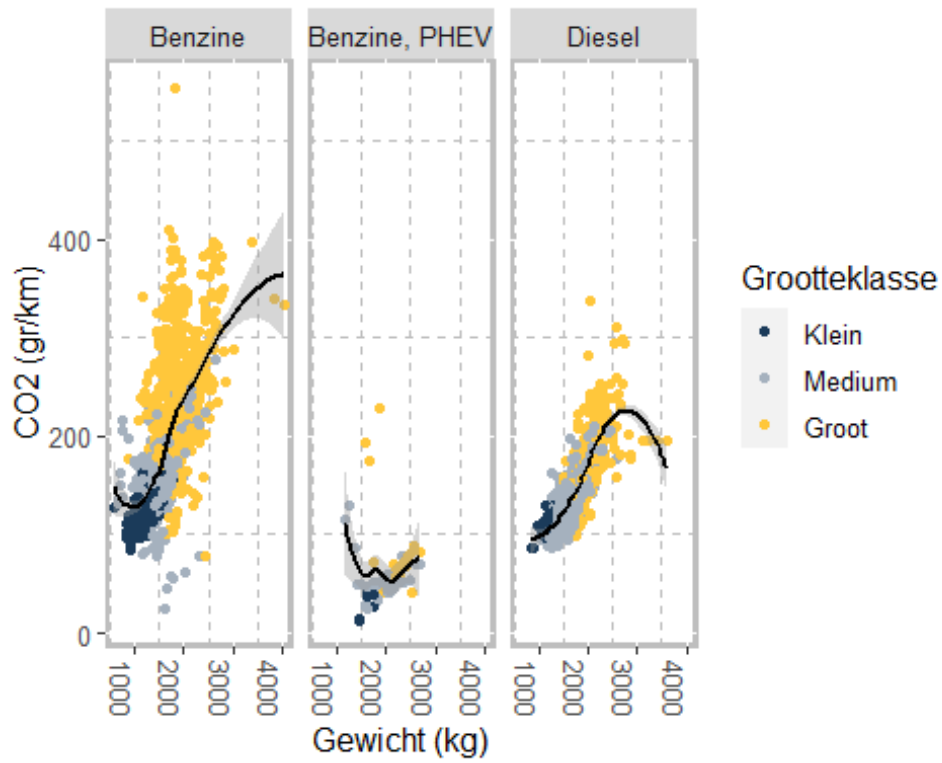
In plaats daarvan hebben we de EEA-database gebruikt om een voorspellend model voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot van een auto te construeren, dat vervolgens werd toegepast op de IHS-database. Er zijn vier gemeenschappelijke variabelen in beide databases: de brandstof van de auto, zijn maximumvermogen, zijn motorinhoud en zijn gewicht.

Een indicatie van de voorspellende waarde van elke variabele wordt gegeven in de scatterplots van Figuur 26, Figuur 27 en Figuur 28. We hebben ons in de grafieken beperkt tot de drie belangrijkste motortypes: diesel, benzine en benzine PHEVs. Als alle andere dingen gelijk blijven, is de CO<sub>2</sub>-uitstoot van benzine- en dieselauto's een toenemende functie van het vermogen, de motorinhoud en het gewicht. Let op de zeer grote spreiding voor benzineauto's. Er zijn ook een paar opmerkelijke outliers in het geval van diesel.

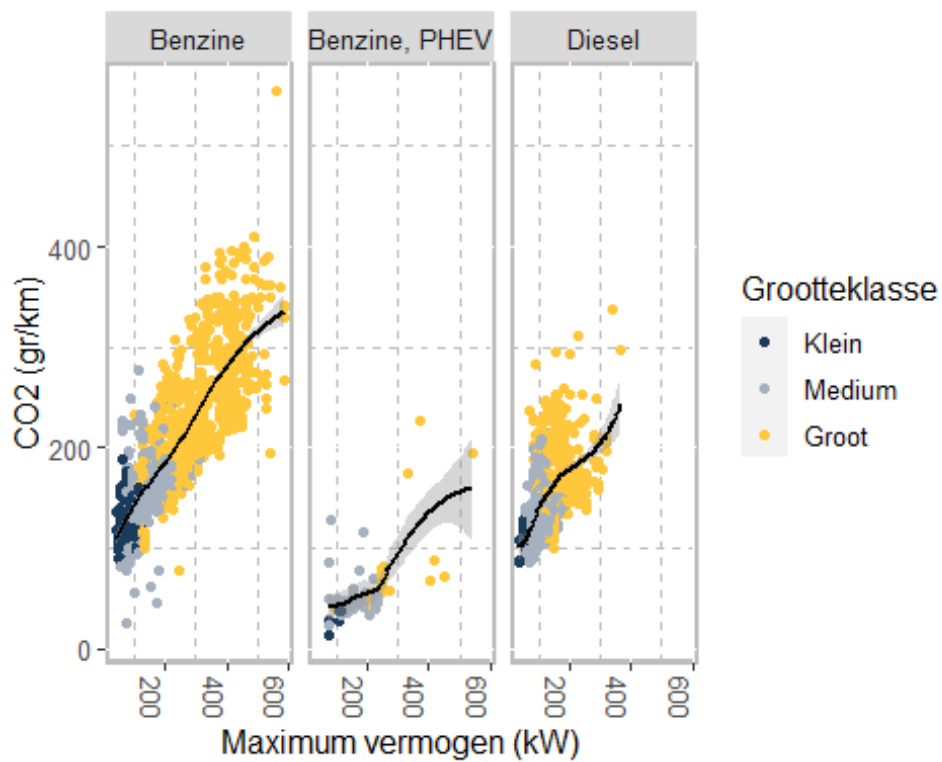
Voor benzine PHEVs is de situatie minder duidelijk, vooral als het gaat over de relatie tussen gewicht en CO<sub>2</sub>-uitstoot – een complicerende factor in het geval van benzine PHEVs zijn de outliers.

Een element dat ook de grote spreiding voor de relatie tussen het gewicht van een auto en zijn uitstoot verklaart, zijn sportauto's, die doorgaans zeer krachtig maar niet zwaar zijn.

**Figuur 26** CO<sub>2</sub>-uitstoot volgens de NEDC-testcyclus versus gewicht (Belgische data, 2010-2019)  
g/km

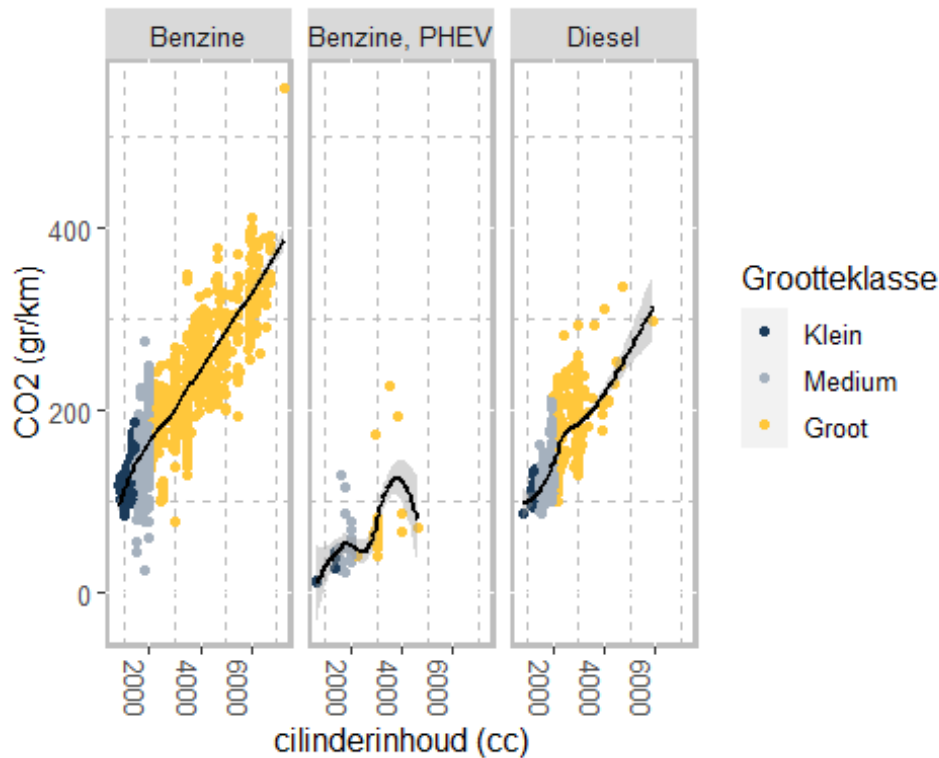


**Figuur 27** CO<sub>2</sub>-uitstoot volgens de NEDC-testcyclus versus maximum vermogen (Belgische data, 2010-2019)  
g/km





Figuur 28 CO<sub>2</sub>-uitstoot volgens de NEDC-testcyclus versus cilinderinhoud (Belgische data, 2010-2019)  
g/km



Zoals uit Tabel 21 blijkt, voorspelt een zeer eenvoudig model op basis van het motortype, het maximumvermogen van de auto, het gewicht en de cilinderinhoud bijna perfect de CO<sub>2</sub>-uitstoot volgens de NEDC-testcyclus.

Alle coëfficiënten zijn zeer significant en hebben het verwachte teken: (a) ceteris paribus leiden een hoger motorvermogen, gewicht en motorinhoud tot een hogere CO<sub>2</sub>-uitstoot (b) ceteris paribus is de CO<sub>2</sub>-uitstoot het hoogst voor LPG- en benzineauto's en het laagst voor diesel PHEVs.

Tabel 21 OLS-model voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot volgens de NEDC testcyclus

	Model 1	
Kw	0,157 ***	(0,001)
gas	86,500 ***	(0,225)
LPG	40,697 ***	(4,061)
dies	69,846 ***	(0,271)
dieshybr_phev	68,828 ***	(1,782)
gashybr_phev	26,916 ***	(0,452)
cc	0,051 ***	(0,000)
Wght	-0,022 ***	(0,000)
l(Wght^2)	0,000 ***	(0,000)
gas:cc	-0,042 ***	(0,000)
LPG:cc	-0,003	(0,003)
dies:cc	-0,046 ***	(0,000)
dieshybr_phev:cc	-0,098 ***	(0,001)
gashybr_phev:cc	-0,078 ***	(0,000)
r.squared	0,987	
adj.r.squared	0,987	
df	14,000	
nobs	1785115	

\*\*\* p < 0,001; \*\* p < 0,01; \* p < 0,05.

Tabel 22 geeft de modelresultaten voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot op basis van de WLTP-testcyclus. Net zoals bij het model voor de NEDC-testcyclus zijn alle coëfficiënten zeer significant, en hebben ze het verwachte teken.

**Tabel 22 OLS-model voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot volgens de WLTP testcyclus**

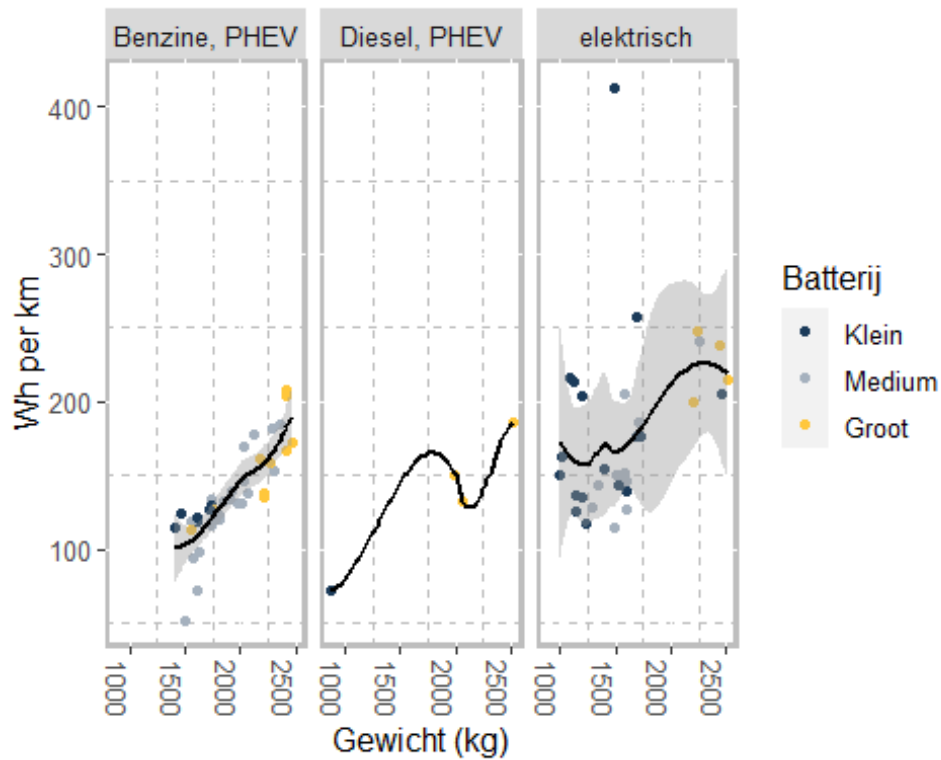
	Model 1	
Kw	0,199 ***	(0,001)
gas	118,386 ***	(0,457)
CNG	109,401 ***	(1,591)
Dies	99,617 ***	(0,574)
dieshybr_phev	-27,209 *	(13,377)
gashybr_phev	55,433 ***	(0,954)
Cc	0,092 ***	(0,001)
Wght	-0,034 ***	(0,001)
l(Wght^2)	0,000 ***	(0,000)
gas:cc	-0,090 ***	(0,001)
CNG:cc	-0,103 ***	(0,001)
dies:cc	-0,090 ***	(0,001)
dieshybr_phev:cc	-0,105 ***	(0,007)
gashybr_phev:cc	-0,140 ***	(0,001)
r.squared	0,991	
adj.r.squared	0,991	
Df	14,000	
nobs	524401	

\*\*\* p < 0,001; \*\* p < 0,01; \* p < 0,05.

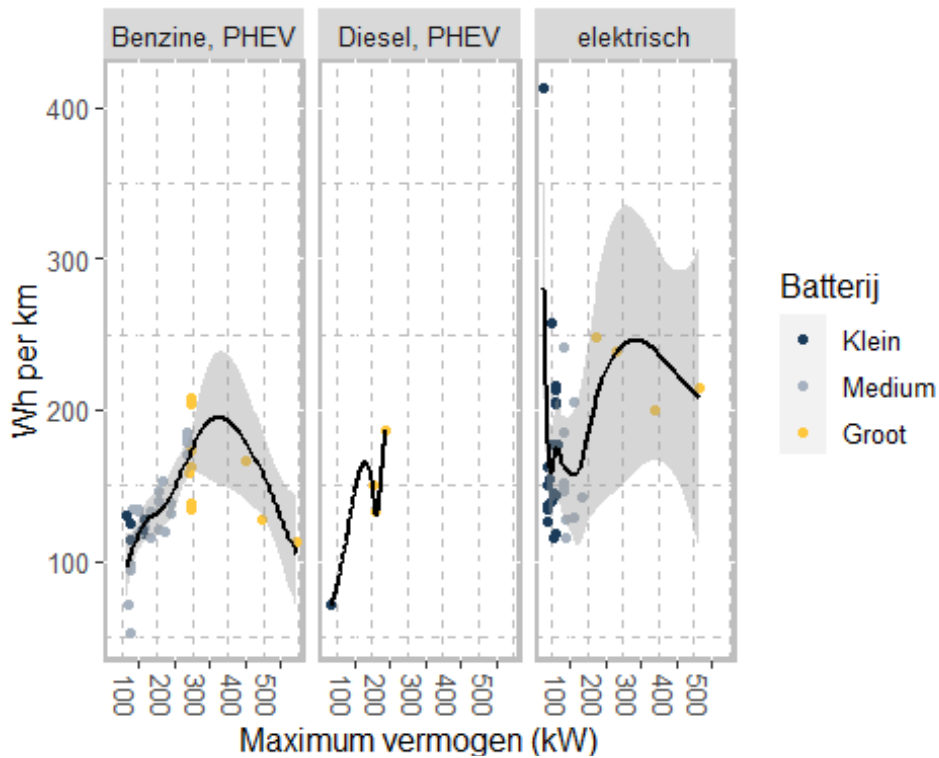
De aanpak voor het schatten van het elektrisch energieverbruik van elektrische auto's en PHEVs is iets ingewikkelder. Gezien het nog relatief klein aantal betrokken modellen, was voor de meeste modellen een handmatige match tussen de IHS- en de EEA-database mogelijk. Voor de resterende modellen hebben we dezelfde aanpak gebruikt als voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot van ICE-auto's.

Uit de scatterplots van Figuur 29 en Figuur 30 blijkt dat het verband tussen het energieverbruik per km en het gewicht van een auto en het vermogen van de batterij niet zo duidelijk is als voor auto's met een verbrandingsmotor. Ook is het aantal waarnemingen voor diesel PHEVs erg klein.

**Figuur 29** Elektriciteitsverbruik versus gewicht (Belgische data, 2011-2019)  
Wh/km



**Figuur 30** Elektriciteitsverbruik versus maximumvermogen (Belgische data, 2011-2019)  
Wh/km



Zoals blijkt uit Tabel 23, voorspelt een zeer eenvoudig model op basis van het motortype en een kubische functie van het maximumvermogen en het gewicht van de auto (in combinatie met dummy-variabelen voor een beperkt aantal merken) bijna perfect het elektriciteitsverbruik van de auto.

Met uitzondering van de coëfficiënt voor het vermogen van een auto zijn alle coëfficiënten zeer significant: (a) Er is geen duidelijke interpretatie voor de coëfficiënten van de kubische functies van het gewicht en het vermogen (b) Ceteris paribus is het elektriciteitsverbruik het hoogst voor volledig elektrische auto's en het laagst voor diesel PHEVs.

**Tabel 23** OLS model voor het elektriciteitsverbruik van elektrische auto's en PHEV's

	Model 1	
cartypedieshybr_phev	86,52022 *	(36,47246)
cartypeelectric	127,09879 ***	(36,95326)
cartypegashybr_phev	86,22813 *	(37,62175)
Kw	-0,47532 **	(0,17692)
KwSq	0,00169 *	(0,00068)
KwCub	-0,00000 *	(0,00000)
Wght	0,00462	(0,04428)
WghtSq	0,00002	(0,00001)
r.squared	0,96281	
adj.r.squared	0,96184	
df	8,00000	
nobs	315	

\*\*\* p < 0,001; \*\* p < 0,01; \* p < 0,05.

## 7. Bijlage B: De BLP benadering voor het schatten van discrete-keuzemodellen op basis van marktdata

Een beperking van onze dataset is dat de geobserveerde keuzes niet kunnen worden gekoppeld aan individuele huishoudgegevens. Het is echter nog steeds mogelijk om discrete-keuzemodellen te schatten op basis van enkel geaggregeerde gegevens.

In dit deel leggen wij eerst uit hoe dit kan gedaan worden met multinomiale logit (MNL) en geneste logitmodellen. Om redenen die wij hieronder zullen uiteenzetten, hebben wij geen van deze benaderingen gevolgd. Het is echter toch nuttig de beginselen ervan door te nemen, als opstapje naar een beter begrip van de BLP-benadering die effectief werd toegepast (zie sectie 7.3).

### 7.1. Logit

In een logit-model zonder individu-specifieke verklarende variabelen wordt het nut voor consument  $i$  indien hij in een jaar  $t$  product  $j$  kiest, gegeven door:

$$U_{ijt} = X_{jt}\beta + \xi_{jt} + \epsilon_{ijt}$$

waarin  $X_{jt}$  een  $1 \times k$  vector is van productkenmerken op tijdstip  $t$ ,  $\beta$  een  $k \times 1$  vector van coëfficiënten,  $\xi_{jt}$  een niet-waarneembaar kenmerk op tijdstip  $t$  en  $\epsilon_{ijt}$  de fouteterm is.

In het logit-model wordt aangenomen dat  $\epsilon_{ijt}$  onafhankelijk en identiek Type I (of Gumbell) Extreme Waarde verdeeld is.

Onder deze veronderstellingen is de kans dat consument  $i$  in een bepaald jaar  $t$  voor product  $j$  kiest:

$$P_{ijt} = \frac{X_{jt}\beta + \xi_{jt}}{\sum_k X_{kt}\beta + \xi_{kt}}$$

Neem nu een willekeurig product met index  $j = 1$  als referentieproduct. Neem het logaritme van de bovenstaande uitdrukking voor alle  $j = 1, \dots, J$  en verkrijg

$$\ln(P_{ijt}) - \ln(P_{i1t}) = (X_{jt} - X_{1t})\beta + \xi_{jt} - \xi_{1t}$$

Indien de steekproef groot genoeg en representatief is, geldt de wet van de grote getallen (waarbij  $S_1$  en  $S_j$  de waargenomen marktaandelen voor respectievelijk product 1 en product  $j$  zijn):

$$\ln(S_{1t}) - \ln(S_{jt}) = \xi_{1t} + (X_{1t} - X_{jt})\beta - \xi_{jt}$$

De variabelen  $x_{ijt}$  en  $\beta$  kunnen nu worden geschat met Ordinary Least Squares (OLS), en wij kunnen zowel de eigen- als de kruiselingse prijselasticiteit voor alle producten berekenen. Aldus kan het discrete-keuzemodel worden geschat, zelfs indien de enige beschikbare informatie bestaat uit marktaandelen, prijzen en niet-prijskenmerken voor alle producten.

Gewoonlijk is in deze formulering het referentiegoed het “buiten”-goed: de optie om geen enkel goed te kopen. Het “marktaandeel” van het “buiten”-goed wordt genomen als het verschil tussen de potentiële vraag op een bepaalde markt en het aantal goederen dat effectief wordt gekocht. In het geval van de automarkt wordt de “potentiële vraag” gewoonlijk gedefinieerd als evenredig met de totale bevolking, maar de evenredigheidsfactor is de keuze van de onderzoeker.

Er zijn echter enkele gekende nadelen aan deze eenvoudige benadering.

Ten eerste houdt het model geen rekening met de heterogeniteit van de consumenten. De invloed van bepaalde kenmerken van de auto zal echter normaal gezien afhangen van bepaalde gezinskenmerken: “the size of the car is probably more important to households with many members than to smaller households. Low-income households are probably more concerned about the purchase price of a good ... than higher-income households” (Train, 2009, p 50).

Naast deze waarneembare kenmerken verschillen huishoudens ook op grond van kenmerken die niet worden gemeten of zelfs onmeetbaar zijn (“niet-waargenomen heterogeniteit”). Zoals Train (2009, p. 52) betoogt, is er (zelfs als de keuzegegevens kunnen worden gekoppeld aan kenmerken van huishoudens) geen garantie dat een logit-model de gemiddelde voorkeuren zal benaderen in de aanwezigheid van niet-geobserveerde heterogeniteit.

Een tweede probleem is dat als de kenmerken van één goed (bijvoorbeeld de prijs ervan) veranderen, alle substituten gelijk worden behandeld, terwijl men zou verwachten dat de verkoop gevoeliger zou zijn voor veranderingen in de prijzen van naaste substituten. Om het voorbeeld uit Train (2009, p 57) te nemen: stel dat de overheid een subsidie invoert voor de aanschaf van kleine elektrische auto's. Het logit-model impliceert dat de keuzewaarschijnlijkheid voor grote benzineauto's met hetzelfde percentage zou dalen als de keuzewaarschijnlijkheid voor kleine benzineauto's. Dit is duidelijk niet realistisch.

Een derde probleem is dat er talrijke attributen van de auto zijn (het comfort en de schoonheid van het ontwerp, bijvoorbeeld) die niet door de onderzoeker worden waargenomen (of niet objectief kunnen worden gemeten), maar die via ten minste twee kanalen wel van invloed zijn op de prijs: (a) die niet-waargenomen attributen kunnen duur zijn voor de fabrikant, en de fabrikant zal proberen deze kosten door te rekenen aan de consument (b) als die niet-waargenomen attributen worden gewaardeerd door de consument, zal hij bereid zijn meer te betalen voor de auto (Train, 2009, p. 315).

Omwille van dit zogenoemd endogeniteitsprobleem zal het toepassen van OLS leiden tot inconsistente schattingen van de prijsparameter. Als een hoge prijs bijvoorbeeld ook niet-gemeten wenselijke attributen van een wagen weerspiegelt (zoals een mooi ontwerp), zal het effect van een prijsverhoging op de vraag worden afgezwakt door die attributen.

Het “nested logit”-model, in combinatie met Instrumentele Variabelen, laat ons toe het tweede en het derde probleem aan te pakken, en wij gaan daar nu op in.

## 7.2. Geneste logit

In deze sectie bespreken we hoe geneste logitmodellen kunnen worden geschat op basis van marktgegevens zonder dat men kenmerken van individuele huishoudens kan waarnemen. Voorbeelden van eerdere studies naar de vraag naar auto's die deze benadering gebruiken zijn Adamou et al. (2011), Berry (1994), Mayeres en Vanhulsel (2017) en Verboven (1996). In wat volgt, volgen we de presentatie in Adamou et al. (2011).

We hebben  $J$  producten (auto's), die kunnen worden verdeeld in  $G + 1$  exhaustieve en wederzijds exclusieve groepen, geïndexeerd door  $g$ . Elk van die  $g = 0, 1, \dots, G$  groepen kan verder onderverdeeld worden in  $H_g$  subgroepen, elk geïndexeerd door  $h_g$ . In het probleem dat we hier beschouwen, komt groep 0 overeen met de optie om geen auto te kopen.  $1, G$  zou kunnen overeenkomen met de carrosserietypes van de auto's, terwijl de subgroepen zouden kunnen overeenkomen met de brandstof - we komen later nog terug op andere mogelijke specificaties. Omwille van de eenvoud laten we de tijdsindex weg.

Het nut van elke consument  $i$  bij het consumeren van product  $j$  is:

$$u_{ij} = \delta_j + \mu_{ij}$$

waarin  $\delta_j$  het gemiddelde nut is (gemiddeld over alle consumenten) en  $\mu_{ij}$  een individueel specifieke term is.

Het gemiddelde nut is een functie van de prijs  $p_j$ , een  $j$ -dimensionale vector  $x_j$  van waargenomen kenmerken van de auto (zoals het gewicht en het vermogen), en een term  $\xi_j$  die niet door de onderzoeker wordt waargenomen:

$$\delta_j = x_j \beta - \alpha p_j + \xi_j$$

In de geneste logit specificatie kan de individu-specifieke term geschreven worden als:

$$\mu_{ij} = v_{ig}^1 + (1 - \sigma_2) v_{igh}^2 + (1 - \sigma_1) \epsilon_{ij}$$

waarin  $v_{ig}^1$  het nut is dat consument  $i$  ontleent aan het consumeren van een product uit groep  $g$ , en  $v_{igh}^2$  het nut dat consument  $i$  ontleent aan het consumeren van een product uit subgroep  $h$  van groep  $g$ .  $\epsilon_{ij}$  is de idiosyncratische voorkeur van consument  $i$  voor product  $j$ .  $\sigma_1$  en  $\sigma_2$  zijn te schatten parameters.

Er kan worden aangetoond dat hieruit volgt dat (zie Adamou et al. voor een formeel bewijs):

$$\ln(S_j) - \ln(S_0) = x_j \beta - \alpha p_j + \sigma_1 \ln(S_{j/h}) + \sigma_2 \ln(S_{h/g}) + \xi_j$$

waarbij  $S_j$  en  $S_0$  de waargenomen marktaandelen zijn voor respectievelijk product  $j$  en het optie om geen auto te kopen 0;  $S_{j/h}$  is het aandeel van product  $j$  in subgroep  $h$  en  $S_{h/g}$  is het aandeel van alle producten van subgroep  $h$  in groep  $g$ . Zoals aangetoond door McFadden (1978) is een genest logit-model met twee nesten alleen consistent met nutsmaximalisatie door de consument als  $0 \leq \sigma_2 \leq \sigma_1 \leq 1$ .

De parameters  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $\sigma_1$  en  $\sigma_2$  kunnen nu rechtstreeks uit de waargenomen marktaandelen worden geschat, zonder kennis van de kenmerken van de individuen.

Nu het discrete-keuze probleem opnieuw tot een lineair model is herleid, kunnen wij ook het endogeniteitsprobleem aanpakken met behulp van instrumentele variabelen (IV).<sup>21</sup>

Wij vermelden hier alleen dat wij twee geneste logit-specificaties met twee nestniveaus hebben geschat:

- In de eerste benadering komt het bovenste nest overeen met het carrosserietype, en het onderste met het brandstoftype.
- In de tweede benadering komt het bovenste nest overeen met het brandstoftype, en het carrosserietype met het onderste nest.

We hebben deze modellen gezamenlijk geschat voor alle jaren in 2015-19, en voor elk jaar afzonderlijk.

Geen van deze benaderingen was bevredigend. Ten eerste, in de meeste specificaties zijn de modelresultaten onverenigbaar met  $0 \leq \sigma_2 \leq \sigma_1 \leq 1$ , en is het model dus onverenigbaar met individuele rationaliteit. Ten tweede, in de enkele gevallen waar een jaarspecifiek model een redelijke fit opleverde op het niveau van de COPERT-klassen, bleek dat de geschatte relatie een zeer lage voorspellende waarde had voor de andere waargenomen jaren. Met andere woorden, wij hebben geen specificatie gevonden die stabiel was in de tijd.

Wij hadden andere specificaties voor de neststructuur kunnen overwegen, maar gezien de oneindigheid van de denkbare specificaties hebben wij onze aandacht verlegd naar de aanpak van Berry, Levinsohn, en Pakes (1995) (hierna BLP). Dit zal ons ook helpen om het eerste hierboven vermelde probleem aan te pakken: niet-geobserveerde heterogeniteit in de voorkeuren.

### 7.3. Schatting met stochastische coëfficiënten (BLP-benadering)

In de BLP-benadering wordt het nut dat consument  $n$  ontleent aan product  $j$  in jaar  $t$ , als volgt gespecificeerd:

$$U_{njt} = \bar{V}(p_{jt}, x_{jt}, \bar{\beta}) + \tilde{V}(p_{jt}, x_{jt}, s_n, \tilde{\beta}_n) + \xi_{jt} + \epsilon_{njt}$$

waarin  $p_{jt}$  de prijs is van product  $j$  in jaar  $t$ ,  $x_{jt}$  de vector is van *waargenomen* niet-prijsgebonden kenmerken,  $\bar{\beta}$  een vector is van coëfficiënten die voor alle consumenten gelijk is,  $s_n$  een vector is van demografische kenmerken van de consument (indien beschikbaar),  $\tilde{\beta}_n$  een vector van coëfficiënten is die variëren over consumenten,  $\xi_{jt}$  het gemiddelde nut voorstelt dat consumenten halen uit de *niet waargenomen* kenmerken van het product (althans, niet waargenomen door de econometrist), en  $\epsilon_{njt}$  identiek en onafhankelijk verdeeld is volgens een Extreme Waarde Type I distributie. Met andere woorden,  $\bar{V}(\cdot)$  stelt het waargenomen nut voor dat varieert over jaren en producten, maar gelijk is voor alle consumenten, terwijl  $\tilde{V}(\cdot)$  het waargenomen nut voorstelt dat ook varieert over consumenten.

<sup>21</sup> Wij zullen de bespreking van de IV die wij hebben gebruikt uitstellen tot paragraaf 7.3.3.



Deze term kan als volgt worden herschikt:

$$U_{njt} = [\bar{V}(p_{jt}, x_{jt}, \bar{\beta}) + \xi_{jt}] + \tilde{V}(p_{jt}, x_{jt}, s_n, \tilde{\beta}_n) + \epsilon_{njt}$$

Voor een bepaald jaar en product is de term tussen de haakjes dus voor alle consumenten gelijk, en deze wordt als volgt genoteerd:

$$\delta_{jt} = \bar{V}(p_{jt}, x_{jt}, \bar{\beta}) + \xi_{jt}$$

Het model kan nu worden gespecificeerd als:

$$U_{njt} = \delta_{jt} + \tilde{V}(p_{jt}, x_{jt}, s_n, \tilde{\beta}_n) + \epsilon_{njt}$$

waarin  $\delta_{mj}$  een constante term is voor elk product en elke markt, die samen met de parameter  $\tilde{\beta}_n$  kan worden geschat. De resterende fouteterm  $\epsilon_{njt}$  is niet gecorreleerd met de verklarende variabelen, en het endogeniteitsprobleem is opgelost.

Dit betekent dat het oorspronkelijke probleem nu in twee stappen is opgesplitst:

- Het schatten van  $\delta_{jt}$  en  $\tilde{\beta}_n$
- Zodra  $\delta_{mj}$  is geschat, kan men  $\bar{\beta}$  schatten

### 7.3.1. Het schatten van de constante termen en van de variatie in de voorkeuren

De BLP-benadering is gebaseerd op het “mixed logit”-model (ML). ML lost twee problemen met het logit-model op: smaakheterogeniteit en onrealistische substitutiepatronen.

In algemene termen kan een ML-model worden gedefinieerd als *elk* model waarin de keuzewaarschijnlijkheid (voor beslisser  $n$  en alternatief  $i$ ) kan worden uitgedrukt als (zie Train 2009, hoofdstuk 6):

$$P_{ni} = \int L_{ni}(\beta) \cdot f(\beta) \cdot d\beta$$

waarin  $L_{ni}(\beta) = \frac{e^{V_{ni}(\beta)}}{\sum_{j=1}^J e^{V_{nj}(\beta)}}$  (de keuzewaarschijnlijkheid volgens een logit model geëvalueerd voor parameters  $\beta$ ),  $V_{ni}(\beta)$  is het nut als functie van  $\beta$  en  $f(\beta)$  is een dichtheidsfunctie voor  $\beta$ .

Zoals door Train samengevat: “the mixed logit probability is a weighted average of the logit formula evaluated at different values of  $\beta$ , with the weights given by density  $f(\beta)$ ”.

Indien de verdeling voor de  $\beta$  discreet is, wordt het gemengde logit-model gereduceerd tot het “latente-klassenmodel”, waarbij de gewichten overeenkomen met de aandelen in de populatie van elk “segment” met verschillend keuzegedrag of verschillende voorkeuren. Bij continue verdelingen kunnen de  $\beta$ 's worden geïnterpreteerd als coëfficiënten die over de nutsmaximaliserende beslissers variëren volgens de dichtheid  $f(\beta)$ : “(v)ariations in taste that are related to observed attributes of the decision-maker are captured through specification of the explanatory and/or the mixing distribution.”

Indien men aanneemt dat de dichtheid een normale verdeling volgt, houdt de modellering dus de schatting in van de gemiddelden van de  $\beta$  en hun co-variantiematrix. De analyst kan echter elke geschikte verdeling kiezen.

Laten we nu terugkomen op de formulering van het geaggregeerde keuzemodel dat we hierboven hebben besproken. Als we  $\theta$  gebruiken om de parameters aan te duiden die de dichtheid van  $\beta$  beschrijven, dan zijn de keuzeprobaliteiten volgens het logit model:

$$P_{nit} = \int \frac{e^{\delta_{it} + \tilde{v}(p_{it}, x_{it}, s_n, \tilde{\beta}_n)}}{\sum_{j=1}^J e^{\delta_{jt} + \tilde{v}(p_{jt}, x_{jt}, s_n, \tilde{\beta}_n)}} \cdot f(\beta | \theta) \cdot d\beta.$$

In navolging van Nevo (2000) kunnen we dit als volgt implementeren. We gaan er van uit dat er voor elke auto  $K$  waarneembare niet-prijskenmerken zijn,  $x_{jt}$  een  $1 \times K$  vector is, en  $\tilde{\beta}_n$  een  $(K + 1) \times 1$  vector is. Dan:

$$\tilde{\beta}_n = \Pi D_n + \Sigma v_n$$

waarin  $D_n$  een  $d \times 1$  vector van (waarneembare) demografische variabelen is,  $\Pi$  een  $(K + 1) \times d$  matrix is van (te schatten) coëfficiënten die aangeven hoe de smaakparameters variëren met die waarneembare demografische variabelen,  $\Sigma$  een  $(K + 1) \times (K + 1)$  matrix van parameters (te schatten) is en  $v_n$  een  $(K + 1) \times 1$  vector is die de niet-waargenomen heterogeniteit weergeeft. Voorts wordt  $v_n$  geacht een parametrische verdeling te volgen en  $D_n$  hetzij een niet-parametrische verdeling die uit andere gegevensbronnen is verkregen, hetzij een geschatte parametrische verdeling.

Zoals uitgelegd door Nevo (2000) kunnen wij, zelfs zonder de demografische kenmerken van de individuen die de transacties hebben verricht waar te nemen, toch beschikken over informatie over de *verdeling* van hun kenmerken, zoals het inkomen van hun gezin of het aantal kinderen. De vector  $v_n$  verwijst naar individuele kenmerken die de keuze van een auto kunnen beïnvloeden, maar waarvan de verdeling niet bekend is (Nevo verwijst naar “het bezitten van een hond” om dit punt te illustreren).

De combinatie van demografische kenmerken  $D_n$ , niet-waargenomen heterogeniteit  $v_n$  en productspecifieke foutentermen  $\epsilon_{njt}$  die zal leiden tot de keuze van product  $j$  is dan:

$$A_{jt}(X_t, P_t, \Delta_t; \theta_2) = \{(D_n, v_n, \epsilon_{n0t}, \dots, \epsilon_{nJt}) | U_{njt} \geq U_{nlt} \text{ voor } l = 0, 1, \dots, J\}$$

waarin  $X_t = (x_{1t}, \dots, x_{Jt})'$ ,  $P_t = (p_{1t}, \dots, p_{Jt})'$  en  $\Delta_t = (\delta_{1t}, \dots, \delta_{Jt})'$  de matrices zijn met de waargenomen niet-prijskenmerken, prijzen en gemiddelde nutsvoorzieningen voor alle auto's op tijdstip  $t$ , en  $\theta_2 = (\Pi, \Sigma)$  de geschatte parameters zijn.

Het geschatte marktaandeel van auto  $j$  op tijdstip  $t$  wordt dan gegeven door:

$$\begin{aligned}
 s_{jt}(X_t, P_t, \Delta_t; \theta_2) &= \int_{A_{jt}} dP^*(D, v, \epsilon) \\
 &\quad \text{(toepassing van de regel van Bayes)} \\
 &= \int_{A_{jt}} dP^*(\epsilon|D, v) dP^*(v|D) dP^*(D) \\
 &\quad \text{(bij onafhankelijke verdelingen)} \\
 &= \int_{A_{jt}} dP^*(\epsilon) dP^*(v) dP^*(D)
 \end{aligned}$$

Indien de integraal in deze uitdrukking een gesloten-vorm oplossing zou hebben, dan zou de toepassing van maximum likelihood methoden om  $\theta_2$  en  $\Delta_t$  te schatten eenvoudig zijn. Dit is bijvoorbeeld het geval als  $\epsilon$  een extreme waarde van het type I volgt, en als  $v_n$  en  $D_n$  een univariate verdeling volgen.

In het algemeen zal dit niet het geval zijn en zullen we moeten werken met een benadering van de integraal door eerst willekeurige trekkingen uit de verdeling van  $v$  en  $D$  te nemen, en dan de integraal analytisch op te lossen voor  $\epsilon$ . Zoals door Nevo besproken, verdient het analytisch oplossen van de integraal voor  $\epsilon$  voor gegeven waarden van  $v$  en  $D$  de voorkeur boven het nemen van willekeurige steekproeven voor  $\epsilon$ .

Een bijkomende complicatie is dat er voor elke auto en voor elk jaar een aparte  $\delta_{jt}$  dient geschat te worden. Een numerieke schatting van deze constanten zal vaak numeriek niet haalbaar zijn.

Daarom is de volgende aanpak voorgesteld door Berry (1994) en BLP (1995):

- De procedure begint met beginwaarden voor  $\theta_2$  en de  $\delta_{jt}$
- Voor deze beginwaarden wordt het voorspelde marktaandeel berekend door willekeurige trekkingen uit de verdeling van  $v$  en  $D$ . Voor elke willekeurige trekking lossen we de integraal analytisch op voor  $\epsilon$  om de keuzeprobabiliteit te verkrijgen. Het voorspelde marktaandeel is dan het gemiddelde van deze keuzeprobabiliteiten.
- Elke  $\delta_{jt}$  wordt herberekend tot de geschatte keuzeprobabiliteit gelijk is aan het waargenomen marktaandeel, met behulp van een iteratieve procedure die hieronder wordt uitgelegd.

De beginwaarden voor  $\theta_2$  worden gewoonlijk verkregen door willekeurige trekkingen uit een gegeven verdeling te nemen. Een mogelijkheid voor de beginwaarden van de  $\delta_{jt}$  is de uitkomst van een geneste logit-schatting te nemen. (Merk op dat, voor het model dat wij geschat hebben, het nemen van  $\delta_{jt} = 0$  als beginwaarden prima werkt.)

De  $\delta_{jt}$  worden als volgt aangepast. Stel dat het waargenomen marktaandeel  $S_{jm}$  is. Als na iteratie  $\tau$  het voorspelde marktaandeel  $\hat{S}_{jt}(\delta^\tau)$  is, dan wordt  $\delta$  als volgt aangepast:

$$\delta_{jt}^{\tau+1} = \delta_{jt}^\tau + \ln\left(\frac{S_{jm}}{\hat{S}_{jt}(\delta^\tau)}\right)$$

Deze iteratie wordt herhaald tot de waargenomen marktaandelen gelijk zijn aan de voorspelde keuzeprobabiliteiten (op een benaderingsfout na).

Berry (1994) heeft aangetoond dat deze procedure voor elke waarde van  $\theta_2$  convergeert naar een stel constanten zodanig dat de voorspelde aandelen gelijk zijn aan de werkelijke aandelen. Bovendien heeft BLP (1995) aangetoond dat dit iteratieve proces gegarandeerd convergeert naar deze unieke reeks constanten.

Met andere woorden, er is een unieke vector van  $\delta_{jt}$  voor elke gegeven waarde van  $\theta_2$ . Zoals uitgelegd door Train (2009, p 324), betekent dit dat de keuzeprobabiliteit alleen een functie is van  $\theta_2$ :  $P_{njt}(\theta_2) = P_{njt}(A_t(\theta_2), \theta_2)$ , en de log-aannemelijkheidsfunctie wordt gegeven door  $\sum_n \ln(P_{ni_{nt}}(\theta_2))$  waarbij  $i_n$  het gekozen alternatief van  $n$  is.

Deze methode combineert dus de maximale gesimuleerde aannemelijkheid (maximum simulated likelihood of MSL) voor de schatting van de  $\theta_2$  met het algoritme voor de schatting van de  $\delta_{jt}$ .

Indien men dus beschikt over informatie over de verdeling van demografische variabelen, kan  $\Pi$  worden geschat, zelfs indien de keuzegegevens niet in verband kunnen worden gebracht met de demografische kenmerken van het individu dat de keuze heeft gemaakt. Indien geen informatie beschikbaar is over de verdeling van demografische variabelen, kunnen alleen de parameters voor niet-waargenomen heterogeniteit worden geschat.

### 7.3.2. Het schatten van de parameters die de constante term verklaren

De volgende stap bestaat erin de parameters te schatten die de  $d_{jt}$  verklaren. Indien het model lineair is in parameters, moet het volgende regressiemodel worden geschat:

$$\delta_{jt} = \bar{\beta}' \bar{V}(p_{jt}, x_{jt}) + \xi_{jt}$$

Vergeet niet dat  $\xi_{jt}$  de niet-waarneembare kenmerken van auto  $j$  in jaar  $t$  vertegenwoordigt, en dat deze kenmerken gecorreleerd zijn met de prijs.

Dit betekent dat wij, om consistente schattingen van de parameters te verkrijgen, instrumentele variabelen (IV) regressie moeten toepassen - wij komen hieronder terug op de keuze van de IV.

De IV-schatter is de waarde van  $\bar{\beta}$  die voldoet aan (waarbij  $z_{jt}$  de vector van instrumentele variabelen is en  $\widehat{\delta}_{jt}$  de geschatte waarde van  $\delta_{jt}$  is):

$$\sum_j \sum_t [\widehat{\delta}_{jt} - \bar{\beta}' \bar{V}(p_{jt}, x_{jt})] z_{jt} = 0$$

De gesloten vorm schatting van  $\bar{\beta}$  wordt gegeven door

$$\widehat{\bar{\beta}} = (\sum_j \sum_t z_{jt} \bar{V}(p_{jt}, x_{jt})')^{-1} (\sum_j \sum_t z_{jt} \widehat{\delta}_{jt})$$

Als het aantal instrumentele variabelen echter groter is dan het aantal te schatten parameters, dan is het stelsel van vergelijkingen overgeïdentificeerd en gebruiken we de Generalised Method of Moments (GMM)-schatter.

Om de notatie te vereenvoudigen, laten we  $g_{jt} = [\widehat{\delta}_{jt} - \bar{\beta}' \bar{V}(p_{jt}, x_{jt})] z_{jt}$ . De momentvoorwaarden kunnen dan geschreven worden als  $g = \sum_j \sum_t g_{jt} = 0$ . De GMM-schatter wordt gegeven door de waarde van  $\bar{\beta}$  die de GMM-doelfunctie minimaliseert:

$$g' \theta^{-1} g$$

waarbij  $\theta$  een positief definitieve wegingsmatrix is. De optimale wegingsmatrix wordt gegeven door de asymptotische covariantie van  $g$ ,  $\sum_j \sum_t g_{jt} g_{jt}'$ . Als alternatief kunnen we homoscedastische fouten veronderstellen.

In dit artikel is  $\theta = Z' * Z$ , met  $Z_t = [P_t; X_t; IV_t]$ , waarin, zoals voorheen,  $X_t = (x_{1t}, \dots, x_{jt})'$  en  $P_t = (p_{1t}, \dots, p_{jt})'$ .  $IV_t$  stelt alle instrumentele variabelen voor die niet in  $X_t$  zijn opgenomen.

Laat nu  $Z$  de  $Lx(J * T)$  matrix zijn van alle instrumentele variabelen, laat  $\Delta = (\Delta_1', \dots, \Delta_T')$  de  $(J * T) \times 1$  vector zijn van de gemeenschappelijke nutstermen,  $(K + 1) \times 1$  vector van lineaire parameters die geschat moeten worden,  $P = (P_1', \dots, P_n')$  de  $(J * T) * 1$  vector met de prijzen en  $X = (X_1, \dots, X_t)$  de  $(J * T) \times K$  matrix van exogene lineaire variabelen.

We kunnen dan schrijven:

$$g = Z * (\Delta - [P; X] * \bar{\beta})$$

De doelfunctie voor de GMM wordt dan:

$$(Z * (\Delta - [P; X] * \bar{\beta}))' \theta^{-1} (Z * (\Delta - [P; X] * \bar{\beta}))$$

Dit kan verder worden uitgewerkt als:

$$\Delta' * Z' * \theta^{-1} * Z * \Delta - \Delta' * Z' * \theta^{-1} * Z * [P; X] * \bar{\beta} - \bar{\beta}' * [P; X]' * Z' * \theta^{-1} * Z * \Delta + \bar{\beta}' * [P; X]' * Z' * \theta^{-1} * Z * [P; X] * \bar{\beta}$$

De eerste orde voorwaarden met betrekking tot  $\bar{\beta}$  worden dan gegeven door:

$$-2 * \Delta' * Z' * \theta^{-1} * Z * [P; X] + 2 * \bar{\beta}' * [P; X]' * Z' * \theta^{-1} * Z * [P; X] = 0$$

Dit levert de volgende analytische oplossing op voor  $\bar{\beta}$ :

$$([P; X]' * Z' * \theta^{-1} * Z * [P; X])' * \bar{\beta} = (\Delta' * Z' * \theta^{-1} * Z * [P; X])'$$

of (vergelijk met Nevo (2000, Appendix, p 5)):

$$\bar{\beta} = ([P; X] * Z * \theta^{-1} * Z' * [P; X]')^{-1} [P; X]' * Z' * \theta^{-1} * Z * \Delta$$

Aangezien  $\Delta$  zelf een functie is van de niet-lineaire parameters  $\theta_2$ , wordt in elke iteratie van het algoritme,  $\bar{\beta}$  dus volledig bepaald door  $\theta_2$ .

Na berekening van de GMM-doelstelling voor een gegeven waarde van  $\theta_2$ , wordt de gradiënt van de doelstellingsfunctie berekend als (zie Nevo 2000, Appendix, p 6):

$$\nabla = 2 * J^T * Z * \theta^{-1} * Z^T * \xi$$

waarbij  $J = \frac{\partial \Delta_t}{\partial \theta_2}$  de Jacobiaan is van  $\Delta_t$  ten opzichte  $\theta_2$ .

### 7.3.3. De keuze van de instrumentele variabelen

Bovenop de waargenomen niet-prijskenmerken hebben wij de door BLP (1995) voorgestelde aanpak gevolgd en twee soorten instrumenten gebruikt: (a) de gemiddelde gemeten niet-prijskenmerken van andere auto's van hetzelfde merk (b) de gemiddelde gemeten niet-prijskenmerken van andere merken. Zoals uitgelegd door Train is de achterliggend gedachte: "each manufacturer will price each of its products in a way that takes consideration of substitution with its other products as well as substitution with other firms' products. For example, when a firm is considering a price increase for one of its products, consumer who will switch away from its products to another of the same firm's products do not represent as much of a loss (...) as consumers who will switch to other firms' products."

Daarnaast volgen we Grigolon, Reynaert en Verboven (2017) en gebruiken we "cost shifters" als instrumenten. Meer specifiek gebruiken we de prijs van twee belangrijke inputmaterialen (staal en olie), en vermenigvuldigen die met het gewicht van een auto (idealiter zouden we het aandeel van elke input in het gewicht van een auto hebben, maar deze informatie is niet beschikbaar). Aluminium en koper zijn ook grondstoffen in de productie van auto's, maar de correlatie van hun prijs met de prijs van staal is te hoog om iets zinvol toe te voegen aan de andere instrumentele variabelen.

Tenslotte hebben wij ook de kosten per kwh voor batterijen gebruikt.

### 7.3.4. Samengevat

- De procedure start met beginwaarden voor  $\theta_2$  en de  $\delta_{jt}$
- Voor deze beginwaarden wordt het voorspelde marktaandeel berekend door willekeurige trekkingen uit de verdeling van  $v$  en  $D$ .
- Elke  $\delta_{jt}$  wordt herberekend tot het voorspelde marktaandeel gelijk is aan het geobserveerde marktaandeel (dit zijn de "innerlijke" iteraties); er is een unieke waarde van  $\delta_{jt}$  voor elke  $\theta_2$ .
- $\bar{\beta}$  wordt uitgedrukt als een functie van  $\Delta_t(\theta_2)$  en in de GMM-doelfunctie gesubstitueerd.
- Er wordt een gradiënt-gebaseerde benadering gebruikt om een nieuwe waarde van  $\theta_2$  te vinden.
- Dit wordt herhaald totdat aan een bepaald convergentie criterium is voldaan.

## 8. Bijlage C: Indicatoren van de kosten van bedrijfswagens in CASMO

In het discrete-keuzemodel voor particulieren houden we rekening met de volgende kosten (zie sectie 3.5.2):

- De aankoopprijs (met inbegrip van de BIV)
- De jaarlijkse verkeersbelasting
- De kosten van het brandstofverbruik.

Voor de andere kostencategorieën (onderhoud, periodieke controle, verzekeringen) beschikken we niet over gegevens die betrouwbaar genoeg zijn op het niveau van de individuele modellen. Met deze elementen houden we bijgevolg verder geen rekening.

In dit hoofdstuk tonen we aan dat voor bedrijven bijkomende elementen een rol gaan spelen in de keuze tussen verschillende wagens. Bij de schatting van de aankoopprijs dienen we immers ook rekening te houden met elementen zoals de vennootschapsbelasting, de btw-aftrek, de solidariteitsbijdrage van de werkgever en de verworpen kosten van het Voordeel van Alle Aard over de verwachte levenscyclus van de wagen.

Maar daarnaast kan een bedrijf door het gratis ter beschikking stellen van een salariswagen tegen een gunstig fiscaal en parafiscaal regime ook brutoloonkosten uitsparen. In deze nota berekenen we de kapitaalkosten en de uitgespaarde loonkosten die gepaard gaan met de aankoop van een bedrijfswagen voor een onderneming die haar winsten maximaliseert en daarbij aan haar werknemers een combinatie bedrijfswagen-loon aanbiedt waarbij de werknemers minstens even goed af zijn als bij een hoger brutoloon zonder bedrijfswagen.

We gaan daarbij als volgt te werk. Eerst bepalen we alle elementen die de winst van de onderneming bepalen als ze een bedrijfswagen met tankkaart aanbiedt aan de werknemers. Vervolgens bekijken we hoe het nut en de budgetbeperkingen van de werknemers worden beïnvloed door het aanbod van een bedrijfswagen als voordeel in natura. Op basis daarvan bepalen we welk loon een werkgever kan aanbieden dat aanvaardbaar is voor de werknemer als daarbij een bedrijfswagen ter beschikking wordt gesteld van de werknemer. We gebruiken dit resultaat om de indicator-variabelen af te leiden die we gebruikt hebben in het discrete-keuzemodel van CASMO.

### 8.1. De winstfunctie

We kijken hier naar het meest algemeen geval (dus zowel salariswagens als “zuivere” dienstwagens).

We beschouwen de winst over de levensduur van de wagen (als bedrijfswagen). Aangezien deze kort is (drie jaar volgens Copenhagen Economics (2010)) werken we niet met annuïteiten, maar berekenen we eenvoudigweg het gemiddelde over de jaren.

Indien de bedrijfswagen een salariswagen is, dan gaan we er van uit dat het voordeel van alle aard bestaat uit:

- het ter beschikking stellen van een wagen
- variabele kosten (in concreto, de brandstof betaald met de tankkaart die ter beschikking wordt gesteld door de werkgever).

De aankoop prijs van de wagen is  $p_x$ . Het totaal waardeverlies over de levensduur van de auto is dan  $p_x - RV$  waarbij  $RV$  de residuele waarde is op het einde van de levensduur. In navolging van Copenhagen Economics (2010) gaan we er van uit dat een bedrijfswagen  $n_{cc} = 3$  jaar in dienst blijft en daarna wordt doorverkocht aan 33 % van de oorspronkelijke waarde.

In wat volgt, stellen we de jaarlijkse variabele kosten gelijk aan het jaarlijks brandstofverbruik  $y$ , met marktprijs  $p_y$  (met inbegrip van de accijnzen). In eerste stap kijken we naar het deel van de winst dat onafhankelijk is van de kosten van het ter beschikking stellen van de bedrijfswagen. Deze kan als volgt worden berekend:

$$(1 - \tau_\pi) \cdot (R - w (1 + \tau_{SSR})).$$

Hierbij zijn:

- $R$  het deel van de jaarlijkse brutowinst dat niet afhangt van de arbeidskosten en van de kosten verbonden aan de bedrijfswagen;
- $w$  het jaarlijks brutoloon;
- $\tau_{SSR}$  de statutaire werkgeversbijdragevoet aan de sociale zekerheid;
- $\tau_\pi$  de (marginale) aanslagvoet in de vennootschapsbelasting.

We gaan ervan uit dat het totaal aantal gepresteerde arbeidsuren exogeen is – we normaliseren deze tot 1. Daarnaast maken we ook abstractie van de heterogeniteit van het personeelsbestand en gaan we ervan uit dat iedereen dezelfde verloning krijgt.

De tweede component van de winst zijn de kosten die verbonden zijn aan het ter beschikking stellen van de wagen aan de werknemer, abstractie makende van de btw.

Daarbij zijn de volgende parameters van belang:

- $\theta_x$  en  $\theta_y$  zijn het deel van de (respectievelijk vaste en variabele) autokosten die mogen afgetrokken worden van de vennootschapsbelasting (75 % voor de brandstofkosten en, voor alle andere kosten, een percentage dat afhangt van brandstof en CO<sub>2</sub>-uitstoot, zie sectie 3.2.4 van deze nota voor meer details).
- De  $BIV$  is de belasting op inverkeerstelling, die kan afgetrokken worden van de belastbare winst.

Over de hele levensduur zijn de netto kapitaalkosten buiten btw dus  $(1 - \tau_\pi \theta_x) (p_x - RV + BIV)$ , terwijl de jaarlijkse brandstofkosten buiten btw gelijk zijn aan  $(1 - \tau_\pi \theta_y) p_y y$ .



De derde component van de winst is de btw.  $\varphi$ , het aftrekbaar deel van de btw, is proportioneel aan het beroepsgebruik van de salariswagen, tenzij dat beroepsgebruik meer is dan 50 %: dan is  $\varphi = 0,65$ . Omdat we niet beschikken over gegevens over het aandeel van het beroepsgebruik, gaan we in CASMO altijd uit van  $\varphi = 0,65$ . We gaan er ook van uit dat de btw ontvangen bij de verkoop van de wagen op de tweedehandsmarkt integraal verschuldigd is aan de fiscus.

Tenslotte zijn er twee termen in de winst die specifiek zijn aan salariswagens:

- $H(p_x)$  stelt de jaarlijkse waardering voor van het voordeel alle aard door de fiscale administratie indien de auto gratis ter beschikking wordt gesteld voor privédoeleinden. Deze waardering hangt af van de CO<sub>2</sub>-uitstoot en van de aankoopprijs  $p_x$  – in sectie 3.2.5 worden de details beschreven van de berekeningswijze. In totaal dient voor salariswagens  $\tau_\pi \nabla(y) H(p_x)$  afgetrokken te worden van de winst na belastingen, waarbij  $\nabla(y)$  het percentage is van de “verworpen uitgaven” in het VAA – het exact percentage hangt af van het al dan niet vergoeden van de brandstofkosten (zie sectie 3.2.4 voor meer details).
- $T_{solr}$  is de jaarlijkse solidariteitsbijdrage die door werkgevers wordt betaald voor salariswagens. Deze waardering hangt af van de CO<sub>2</sub>-uitstoot (zie sectie 3.2.6).

De gemiddelde jaarlijkse winst na belastingen is dus (waarbij  $n_{cc}$  de verwachte levensduur is en we veronderstellen dat de wagen lineair wordt afgeschreven):

$$\begin{aligned} \Pi = & (1 - \tau_\pi)[R - w_{cc} (1 + \tau_{ssr})] \\ & - \frac{1}{n_{cc}} (1 - \tau_\pi \theta_x)[(1 + (1 - \varphi) BTW) p_x + BIV - RV] \\ & - (1 - \tau_\pi \theta_y)[1 + (1 - \varphi) BTW] p_y y - \tau_\pi \nabla H(p_x) - (1 - \tau_\pi) \tau_{solr} \end{aligned}$$

Dit is de meest algemene formulering. Er zijn twee speciale gevallen:

- Bij een zelfstandige is  $\tau_{solr} = 0$ ,
- Bij zuivere dienstwagens is er geen voordeel alle aard,  $\tau_{solr} = H = 0$  en is de winst:  $(1 - \tau_\pi) [R - w_{cc} (1 + \tau_{ssr})] - \frac{1}{n_{cc}} (1 - \tau_\pi \theta_x)[(1 + (1 - \varphi) BTW) p_x + BIV - RV] - (1 - \tau_\pi \theta_y) [1 + (1 - \varphi) BTW] p_y y$

## 8.2. De nutsfunctie voor de werknemer

We gaan ervan uit dat een potentiële werknemer hetzij voltijds werkt, hetzij werkloos is. Indien hij werkloos is, ontvangt hij het zogenaamde “reservingsnut”  $\bar{U}$ , dat exogeen bepaald is. Zoals hierboven reeds aangehaald, hebben we het aantal gewerkte uren genormaliseerd op 1. Een werknemer haalt nut  $U(x, y, C)$  uit de consumptie van zowel wagens als andere goederen  $C$ . Wanneer de werknemer gratis kan gebruik maken van een bedrijfswagen met tankkaart, is zijn budgetbeperking:

$$C_{cc} = w_{cc} (1 - \tau_{sse}) (1 - \tau_{inc}) - H(p_x) \tau_{inc}$$

$w_{cc}$  is het jaarlijks brutoloon voor een werknemer met salariswagen,  $\tau_{inc}$  is de (marginale) aanslagvoet in de inkomstenbelasting,  $\tau_{sse}$  de statutaire werknemersbijdragevoet, en  $H(p_x)$  de waardering van het goed door de fiscale administratie (het voordeel alle aard).

Indien de werkgever geen salariswagen aanbiedt, dan bekijken we het nut van een werknemer die dezelfde auto koopt en ook de variabele kosten integraal zelf betaalt. Voor dergelijke werknemer is de budgetbeperking (waarbij  $n_{pc}$  de levensduur is van een wagen die privé wordt aangekocht en  $w_{pc}$  het jaarlijks brutoloon is voor een werknemer zonder salariswagen):

$$C_{pc} = w_{pc} (1 - \tau_{sse}) (1 - \tau_{inc}) - (1 + BTW) \left[ \frac{1}{n_{pc}} (p_x - RV) + p_y y \right] - \frac{1}{n_{pc}} BIV$$

We maken dus abstractie van een mogelijke fiscale aftrek van pendelkosten. Merk ook op dat een particulier een wagen niet noodzakelijk even snel doorverkoopt als een bedrijf. Daarom stellen we de levensduur van een auto in het bezit van een particulier,  $n_{pc}$ , niet a priori gelijk aan  $n_{cc}$ .

### 8.3. Bepaling van het brutoloon voor een werknemer met salariswagen

In wat volgt, gaan we ervan uit dat de werkgever één enkel model aanbiedt als salariswagen. In onze formulering van het probleem gaan we er ook van uit dat het aantal afgelegde kilometers voor privé-doeleinden,  $y$ , niet wijzigt als een salariswagen ter beschikking wordt gesteld van de werkgever. Het is duidelijk dat deze aanname zowel de baten voor de werknemer als de kosten voor de werkgever onderschat.

We veronderstellen ook dat het brutoloon van een werknemer zonder salariswagen en de prijs van de salariswagen bepaald zijn op een competitieve markt, en een gegeven zijn voor de werkgever. In dat geval is  $w_{cc}$  de keuzevariabele voor de onderneming.  $w_{cc}$  zal alleen aanvaard worden als het nut voor de werknemer minstens gelijk is aan het reservingsnut en groter dan het nut bij een arbeidscontract zonder salariswagen.

De werkgever wordt dus geconfronteerd met een winstmaximalisatieprobleem met twee ongelijkheidsbeperkingen. De Lagrange-functie voor de werkgever is dan:

$$\mathcal{L} = \Pi + \mu \{U_{cc} - \bar{U}\} + \lambda \{U_{cc} - U_{pc}\}$$

Waarbij  $U_{cc}$  het nut is mét salariswagen,  $U_{pc}$  het nut indien de werknemer dezelfde wagen privé aankoopt,  $\bar{U}$  het reservingsnut is voor de werknemer, en  $\mu$  en  $\lambda$  de Lagrange multiplicatoren zijn.

De eerste orde voorwaarden voor het brutoloon met salariswagen zijn:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial w_{cc}} &= -(1 - \tau_{\pi}) (1 + \tau_{ssr}) + \mu \frac{\partial U}{\partial C} (1 - \tau_{sse}) \cdot (1 - \tau_{inc}) + \lambda \frac{\partial U}{\partial C} (1 - \tau_{sse}) (1 - \tau_{inc}) = 0 \\ \mu \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \mu} &= 0; \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \mu} = U_{cc} - \bar{U} \geq 0; \mu \geq 0 \\ \lambda \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} &= 0; \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = U_{cc} - U_{pc} \geq 0; \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

Veronderstel dat  $U_{cc} > \bar{U}$ .  $\mu \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \mu} = 0$  impliceert dan dat  $\mu = 0$ , Indien ook nog  $U_{cc} > U_{pc}$ , dan impliceert  $\lambda \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = 0$  ook dat  $\lambda = 0$ , Maar dan kan nooit aan de eerste orde voorwaarde  $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial w_{cc}} = -(1 - \tau_{\pi}) \cdot (1 + \tau_{ssr}) = 0$  worden voldaan. Het is dus onmogelijk om een winstmaximaliserende oplossing te hebben als zowel  $U_{cc} > \bar{U}$  als  $U_{cc} > U_{pc}$ .

Indien  $U_{cc} > U_{pc}$ , dan is  $\lambda = 0$ , Dan is  $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial w_{cc}} = 0$  alleen mogelijk als  $\mu > 0$  en dus  $U_{cc} = \bar{U}$ . Dit betekent echter dat  $\bar{U} > U_{pc}$  en dus dat het reservingsnut niet haalbaar is als er geen bedrijfswagen wordt aangeboden. Omdat we niet beschikken over gegevens die ons zouden toelaten om  $\bar{U}$  te berekenen, gaan we deze mogelijkheid niet verder bekijken.

De enige overblijvende situatie is dus waar  $\mu = 0$  en  $U_{cc} = U_{pc}$ . Dan volgt uit  $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial w_{cc}} = 0$  dat:

$$\lambda \cdot \frac{\partial U}{\partial C} = \frac{(1 - \tau_{\pi}) \cdot (1 + \tau_{ssr})}{(1 - \tau_{sse})(1 - \tau_{inc})}$$

En uit  $U_{cc} = U_{pc}$  (ervan uitgaande dat  $p_x$ ,  $p_y$  en  $y$  dezelfde zijn voor salariswagens als voor privéwagens):

$$\begin{aligned} & w_{cc} (1 - \tau_{sse}) (1 - \tau_{inc}) - H(p_x) \tau_{inc} \\ &= w_{pc} \cdot (1 - \tau_{sse})(1 - \tau_{inc}) - (1 + BTW) \left[ \frac{1}{n_{pc}} (p_x - RV) + p_y y \right] - \frac{1}{n_{pc}} BIV \end{aligned}$$

En dus bekomen we de volgende uitdrukking voor het verschil in loon mét en zonder salariswagen:

$$w_{cc} = w_{pc} + \frac{H(p_x) \tau_{inc} - (1 + BTW) \left[ \frac{1}{n_{pc}} (p_x - RV) + p_y y \right] - \frac{1}{n_{pc}} BIV}{(1 - \tau_{sse}) (1 - \tau_{inc})}$$

Indien  $(1 + BTW) \left[ \frac{1}{n_{pc}} (p_x - RV) + p_y y \right] + \frac{1}{n_{pc}} BIV > H(p_x) \tau_{inc}$ , dan zal  $w_{cc} < w_{pc}$ . Merk op dat het linkerlid van de eerste ongelijkheid de jaarlijkse kosten zijn van de auto die privé wordt aangekocht, terwijl het tweede lid de belastingen zijn die de werknemer moet betalen op zijn VAA indien de auto ter beschikking wordt gesteld door de werkgever. Deze formule houdt steek: als de werknemer geld kan uitsparen door een salariswagen te aanvaarden, dan kan de werkgever hem ook een lager brutoloon aanbieden.

Om de notatie te vereenvoudigen, stellen we  $AC_{PC}(n_{pc}) = (1 + BTW) \left[ \frac{1}{n_{pc}} (p_x - RV) + p_y y \right] + \frac{1}{n_{pc}} BIV$ .

$\frac{H(p_x) \tau_{inc} - AC_{PC}(n_{pc})}{(1 - \tau_{sse}) (1 - \tau_{inc})}$  is dan de jaarlijkse besparing op nettolonen (dat wil zeggen, na aftrek van de werknemersbijdragen aan de sociale zekerheid en de inkomensbelasting) die mogelijk is dankzij het ter beschikking stellen van een salariswagen.

Merk op dat de uitgespaarde loonkosten afhangen van de levensduur van de auto: telkens de auto wordt aangeboden als salariswagen, bespaart de werknemer eenmalig de aankoopkosten, maar dient hij wel elk jaar belasting te betalen op het Voordeel Alle Aard. Hoe langer de auto in gebruik blijft, hoe kleiner het relatief belang van de uitgespaarde aankoopprijs in vergelijking de belasting op het VAA, en dus hoe kleiner het voordeel voor de werknemer in vergelijking met de aankoop van een privé-wagen. Als we de formule voor  $w_{cc}$  substitueren in de definitie van  $\Pi$  op pagina 87, dan bekomen we volgende uitdrukking voor de jaarlijkse winsten met bedrijfswagen:

$$\begin{aligned}
& (1 - \tau_\pi) \cdot \left( R - \left[ w_{pc} + \frac{H(p_x) \tau_{inc} - AC_{PC}(n_{pc})}{(1 - \tau_{sse})(1 - \tau_{inc})} \right] (1 + \tau_{ssr}) \right) \\
& - \frac{1}{n_{cc}} (1 - \tau_\pi \theta_x) [(1 + (1 - \varphi) BTW) p_x + BIV - RV] \\
& - (1 - \tau_\pi \theta_y) [1 + (1 - \varphi) BTW] p_y y - n_{pc} \tau_\pi \cdot \nabla H(p_x) - (1 - \tau_\pi) \tau_{solr}
\end{aligned}$$

Het verschil met de winsten zonder bedrijfswagen is:

$$\begin{aligned}
\Delta(\Pi) = & \frac{(1 - \tau_\pi) (1 + \tau_{ssr})}{(1 - \tau_{sse})(1 - \tau_{inc})} (AC_{PC}(n_{pc}) - H(p_x) \tau_{inc}) \\
& - \frac{1}{n_{cc}} (1 - \tau_\pi \theta_x) [(1 + (1 - \varphi) BTW) p_x + BIV - RV] \\
& - (1 - \tau_\pi \theta_y) [1 + (1 - \varphi) BTW] p_y y - \tau_\pi \cdot \nabla H(p_x) - (1 - \tau_\pi) \tau_{solr}
\end{aligned}$$

Merk op dat  $AC_{PC} > H(p_x) \tau_{inc}$  een nodige maar geen voldoende voorwaarde is opdat  $\Delta(\Pi) > 0$ : de uitgespaarde loonkosten moeten groot genoeg zijn in vergelijking met de directe financiële kosten van de salariswagen en de daarmee samengaande (para)fiscale lasten.

#### 8.4. Benadering in het discrete-keuzemodel van CASMO

Indien we alleen kijken naar de jaarlijkse “boekhoudkundige” kosten van een salariswagen dan bekomen we volgende uitdrukking voor de vaste kosten:

$$FC_{SC} = \frac{1}{n_{cc}} (1 - \tau_\pi \theta_x) [(1 + (1 - \varphi) BTW) p_x + BIV - RV] + \tau_\pi \nabla H(p_x) + (1 - \tau_\pi) \tau_{solr}$$

In de formulering van het discrete-keuzemodel vervangen we de aankoop prijs inclusief BIV (de indicator die we gebruiken voor privéwagens) door  $FC_{SC}$ . Daarnaast zijn er, net zoals bij particulieren, ook de kosten van het brandstofverbruik:  $(1 - \tau_\pi \theta_y) [1 + (1 - \varphi) BTW] p_y y$ .

Maar we hebben hierboven aangetoond dat een bedrijf met het ter beschikking stellen van een salariswagen ook loonkosten kan uitsparen. De jaarlijkse uitgespaarde loonkosten (rekening houdende met de werkgeversbijdragen aan de sociale zekerheid en de aftrek van de vennootschapsbelastingen) zijn:

$$SS_{SC} = [AC_{PC}(n_{pc}) - H(p_x) \tau_{inc}] \cdot \frac{(1 - \tau_\pi) (1 + \tau_{ssr})}{(1 - \tau_{sse})(1 - \tau_{inc})}$$

Aangezien deze formule  $SS_{SC}$  afgeleid is op basis van zeer specifieke aannames, is het beter om deze te interpreteren als een “indicator van het loonkostbesparend potentieel van een salariswagen”.

Daarnaast stellen we ook vast dat  $FC_{SC}$  en  $SS_{SC}$  afhangen van de verwachte levensduur van de wagen (respectievelijk wanneer die in handen is van een bedrijf en/of van een particulier), parameters die niet rechtstreeks waarneembaar zijn voor een individuele wagen. Aangezien deze parameters sterk kunnen variëren van auto tot auto, en in functie van de socio-economische kenmerken van de werknemer, kunnen we besluiten dat de waarde van  $FC_{SC}$  niet a priori vastligt. Een zekere sensitiviteitsanalyse is dus aangewezen.

## 9. Bijlage D: Sensitiviteitsanalyse

### 9.1. Resultaten met ongewijzigde categorische variabelen

De resultaten in het vorige hoofdstuk zijn gebaseerd op de veronderstelling dat de veranderingen in de marktaandelen van elektrische auto's en PHEVs die in 2020-21 zijn waargenomen, een fundamentele trendverandering weerspiegelen. Zoals uitgelegd in hoofdstuk 3.6, wordt deze trendverandering in het model voorgesteld door het opnieuw kalibreren van de categorische variabelen voor de motortypes.

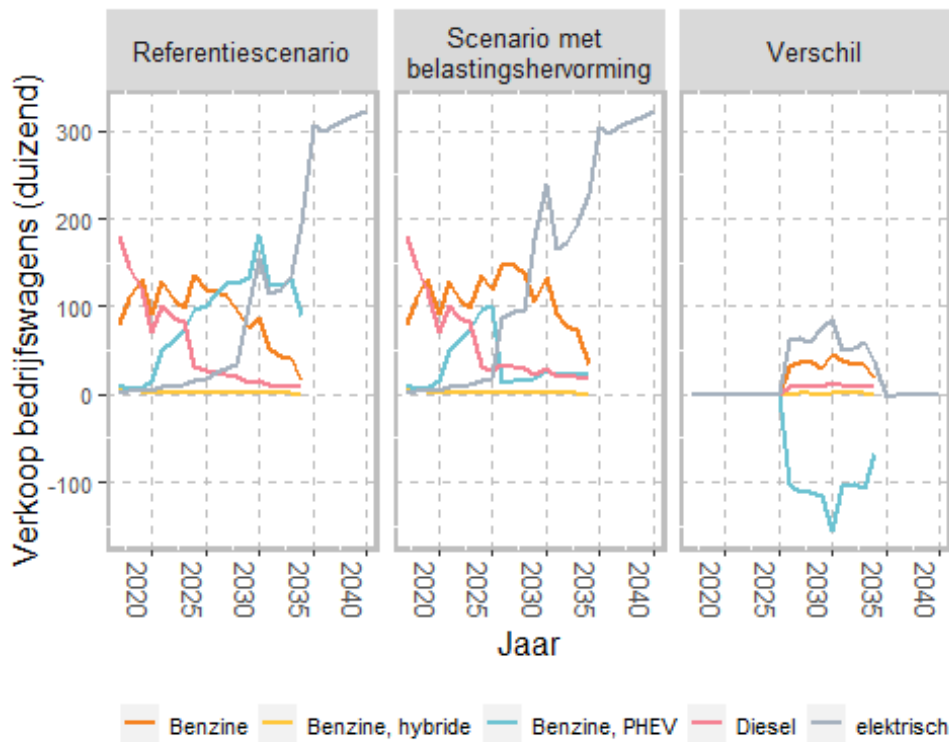
In dit deel onderzoeken we het effect van de belastinghervorming in de veronderstelling dat de waarnemingen in 2020-21 slechts tijdelijke veranderingen zijn, en dat de markt zal terugkeren naar een "business as usual". Technisch gesproken betekent dit dat wij de categorische variabelen voor de motortypes niet opnieuw kalibreren om ze in overeenstemming te brengen met de marktaandelen in 2020-21,

Zoals blijkt uit een vergelijking van Figuur 31 met Figuur 18, zijn de resultaten kwalitatief vergelijkbaar met wat we waarnamen met het geherkalibreerde model. De grootte-orde van de effecten is ook vergelijkbaar.

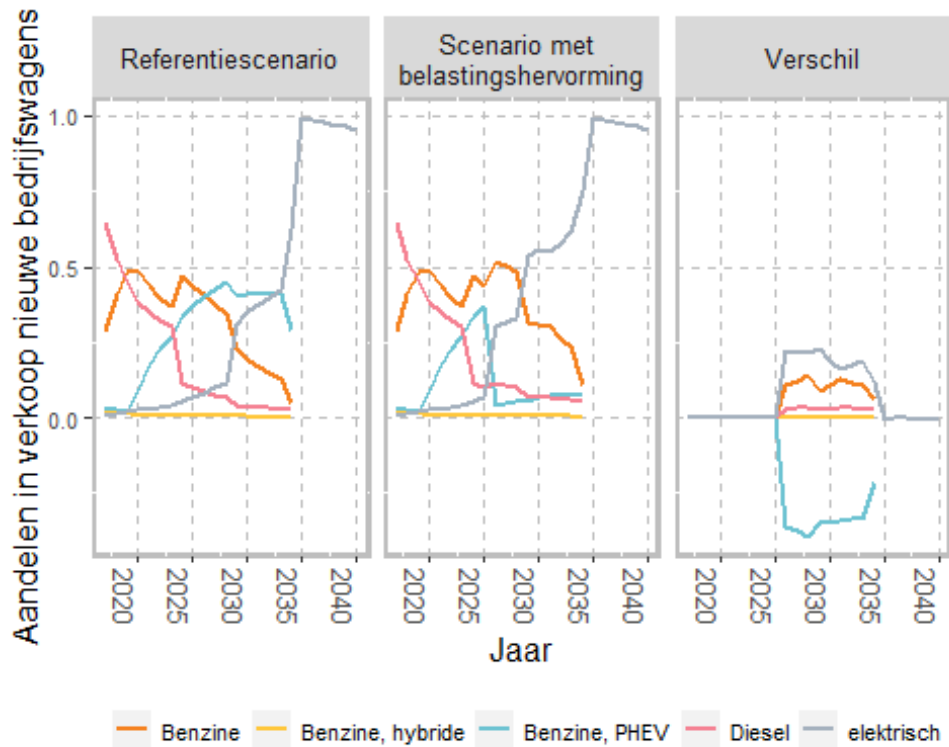
Nochtans zijn er ook een aantal verschillen:

- In het referentiescenario dalen de verkopen van benzine- en dieselauto's minder snel.
- In het referentiescenario stijgen de verkopen van elektrische voertuigen trager.
- In het scenario met de belastinghervorming dalen de verkopen van benzine PHEVs minder.
- Het substitutie-effect ten gunste van elektrische auto's is veel minder uitgesproken, maar er is een groter substitutie-effect ten voordele van benzine- en dieselauto's.

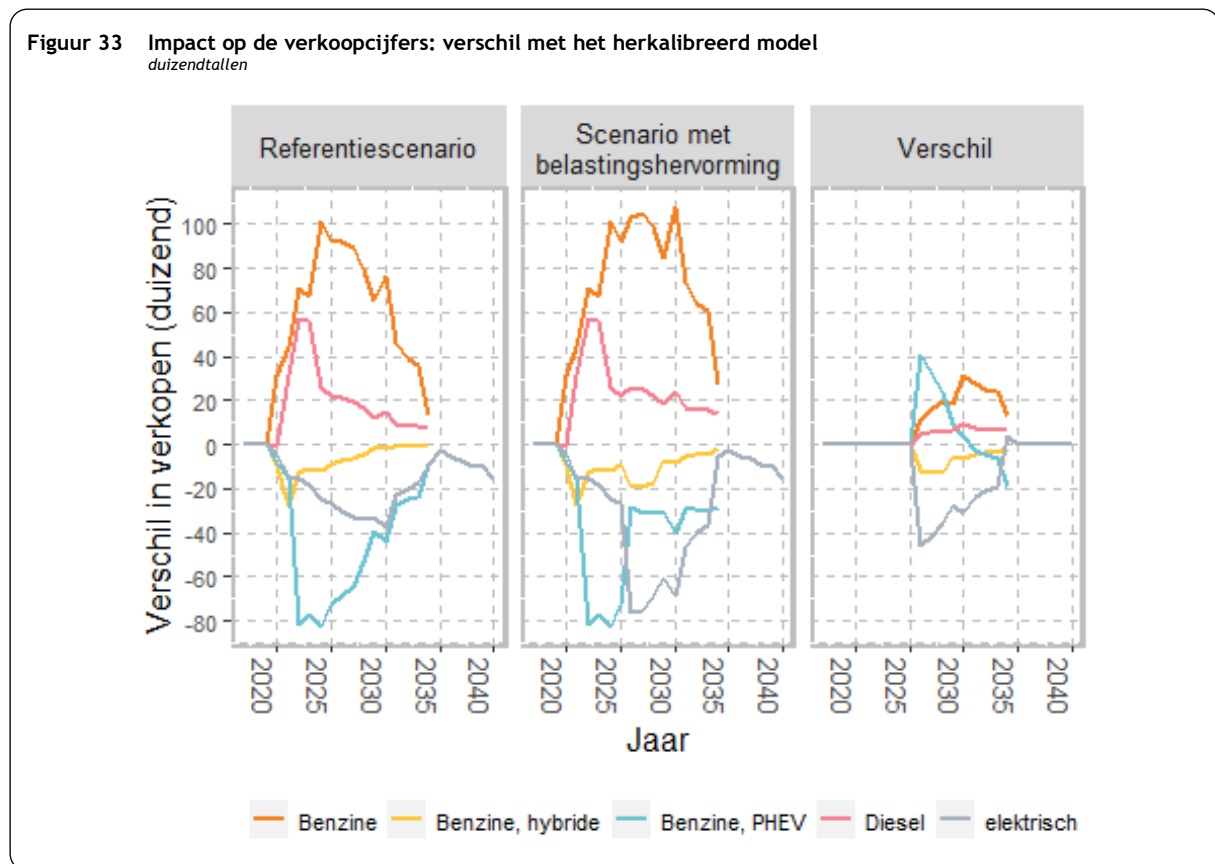
**Figuur 31** Projecties van de verkoop van nieuwe bedrijfswagens met ongewijzigde categorische variabelen  
*duizendtallen*



**Figuur 32** Projecties van de aandelen in de verkoop van nieuwe bedrijfswagens met ongewijzigde categorische variabelen



Dit wordt bevestigd in Figuur 33, waarin wij de veranderingen in de verkoopcijfers weergeven ten opzichte van het geherkalibreerde model. Wij presenteren deze veranderingen zowel voor de twee scenario's, als voor het verschil tussen beiden.



Een terugkeer naar de “pre-2020-trends” zou resulteren in een groter marktaandeel voor benzine- en dieselauto's, en een kleiner marktaandeel voor elektrische auto's en benzine hybrides.

In het referentiescenario zouden er rond 2026 60.000 benzineauto's extra verkocht worden.

Het grootste verschil stellen we echter vast in het scenario mét belastinghervorming, waar rond 2030 het marktaandeel voor benzineauto's meer dan 80.000 auto's hoger zou liggen. Het rechtse panel bevestigt dat het substitutie-effect ten gevolge van de belastinghervorming groter is voor benzineauto's, en kleiner voor elektrische auto's.

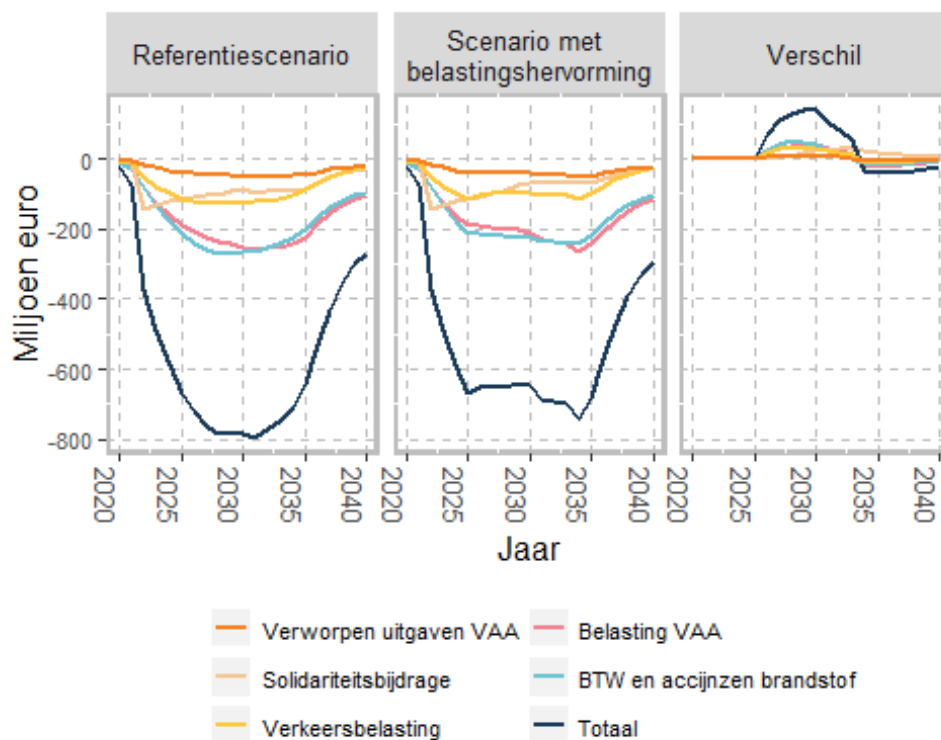
Dit impliceert dat de omvang van de substitutie-effecten als gevolg van de belastinghervorming gevoelig is voor de waarde van de categorische variabelen voor de motortypes. Met andere woorden, het is wel degelijk van belang of de plotse toename van de verkoopcijfers voor elektrische auto's en PHEV in 2020 en 2021 al dan niet een fundamentele trendbreuk inluidd.

We dienen daarom ook de impact op de belastinginkomsten te bekijken.

Laten we eerst even terugkijken naar de belastingen op het gebruik en bezit van bedrijfswagens.

In Figuur 34 kijken we terug naar het verschil in resultaten tussen het model zonder en het model mét hercalibratie van de categorische variabelen voor de motortypes. Hieruit blijkt dat een terugkeer naar de verkooptrends van voor 2020 zou leiden tot een afname van deze belastinginkomsten, zowel in het referentiescenario als in het scenario met belastinghervorming.

**Figuur 34** Impact op de belastingontvangsten uit het bezit en gebruik van bedrijfswagens: vergelijking met de resultaten met geherkalibreerde categorische variabelen  
In miljoen euro



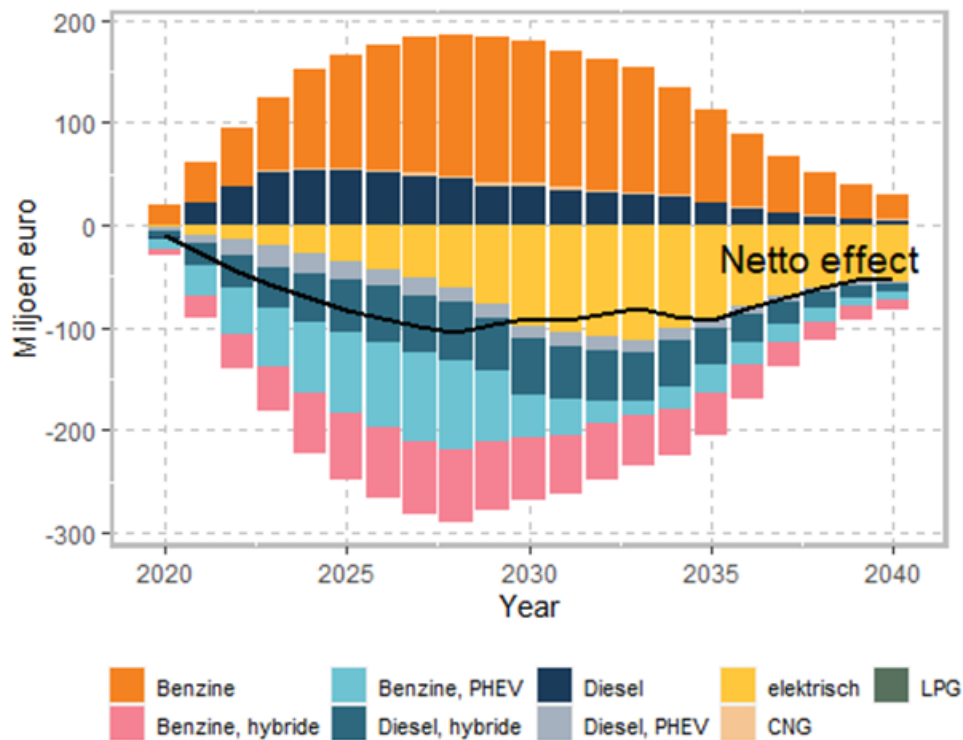
Als we kijken naar de totale inkomsten (zie Figuur 22) blijkt echter dat deze verschillen minder dan een orde van grootte bedragen van de totale inkomsten. Bovendien variëren de verschillen enorm van jaar tot jaar. Aangezien de impact op de samenstelling van de verkopen wel relatief groot was, vergt dit relatief klein effect op de belastinginkomsten een nadere verklaring.

Dit kan beter worden begrepen door in te zoomen op bijvoorbeeld de inkomsten uit accijnzen en btw op energieverbruik van de wagens in het referentiescenario, opgesplitst per motortype. Hieruit blijkt dat een verderzetting van de verkooptrends van voor 2020 leidt tot hogere inkomsten uit accijnzen van benzine- en dieselwagens, maar tot een afname van de inkomsten uit elektrische en hybride (al dan niet PHEV) wagens. Het netto-effect is een kleine afname.

Al bij al kunnen we stellen dat het voor de belastinginkomsten uit het bezit en het gebruik van bedrijfswagens relatief weinig uitmaakt of de verkooptrends van voor 2020 worden verdergezet, tenminste in vergelijking met het effect van de belastinghervorming.



**Figuur 35** Impact op de inkomsten uit accijnzen en btw op energieverbruik: vergelijking met de resultaten met geherkalibreerde categorische variabelen onder het referentiescenario  
*In miljoen euro*

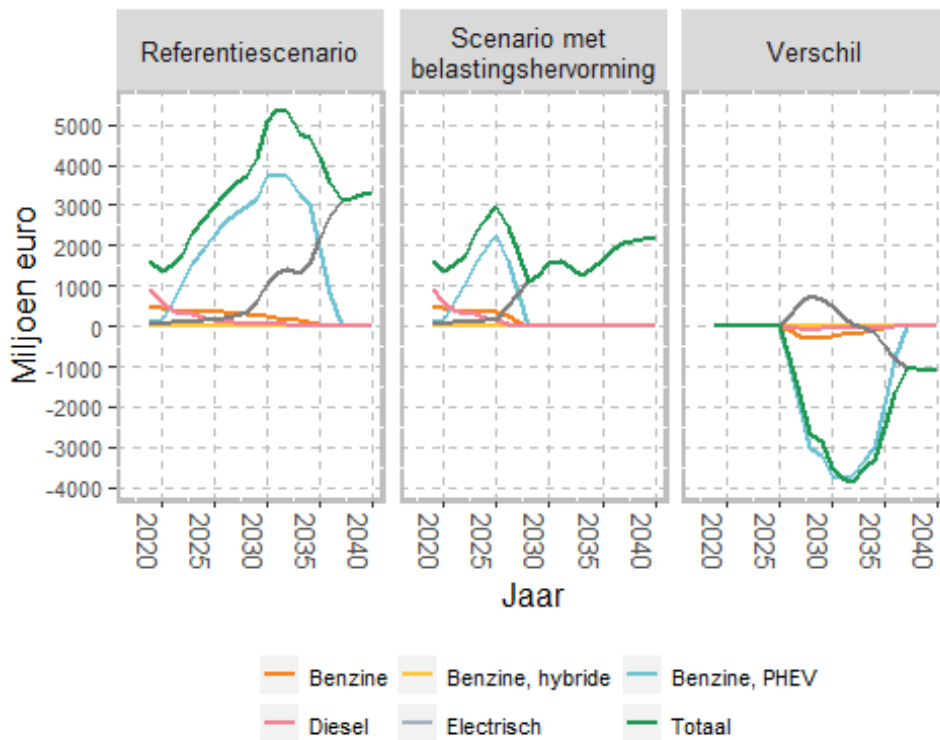


In vergelijking met de projecties die we bekwamen met geherkalibreerde categorische variabelen, leidt een verderzetting van de verkooptrends van voor 2020 in het referentiescenario tot een afname van de gedeerde inkomsten uit de vennootschapsbelasting. Dit vloeit voort uit de lagere verkoopcijfers voor de motortypes met de hoogste aftrek in de vennootschapsbelasting: de elektrische wagens (die in het referentiescenario 100 % aftrekbaar zijn) en (tot het einde van dit decennium) benzine PHEVs (die dankzij hun lage CO<sub>2</sub>-uitstoot volgens de testcyclus van een grote aftrek genieten) (zie Figuur 36 en Figuur 37).

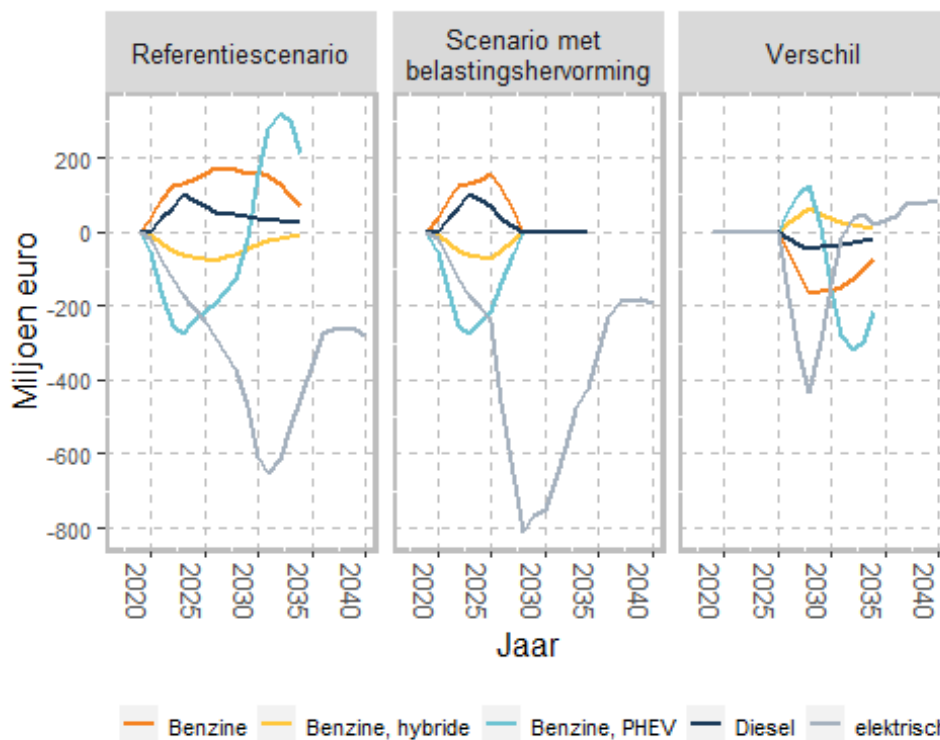
In het scenario mét belastinghervorming verdwijnt het belastingvoordeel voor benzine PHEVs, maar voor elektrische wagens blijft gelden dat een verderzetting van de verkooptrends van voor 2020 leidt tot lagere verkoopcijfers én dus tot een afname van de gedeerde inkomsten.

Uit Figuur 36 en Figuur 37 blijkt echter ook dat de impact van het herkalibreren van de categorische variabelen voor de motortypes beperkt blijft tot ongeveer 20 % van de totale bedragen, en, vooral, dat de orde van grootte van de impact van de belastinghervorming dezelfde blijft.

**Figuur 36** Impact op de vennootschapsbelasting met ongewijzigde categorische variabelen  
*In miljoen euro*



**Figuur 37** Impact op de vennootschapsbelasting: vergelijking met de resultaten met geherkalibreerde categorische variabelen  
*In miljoen euro*

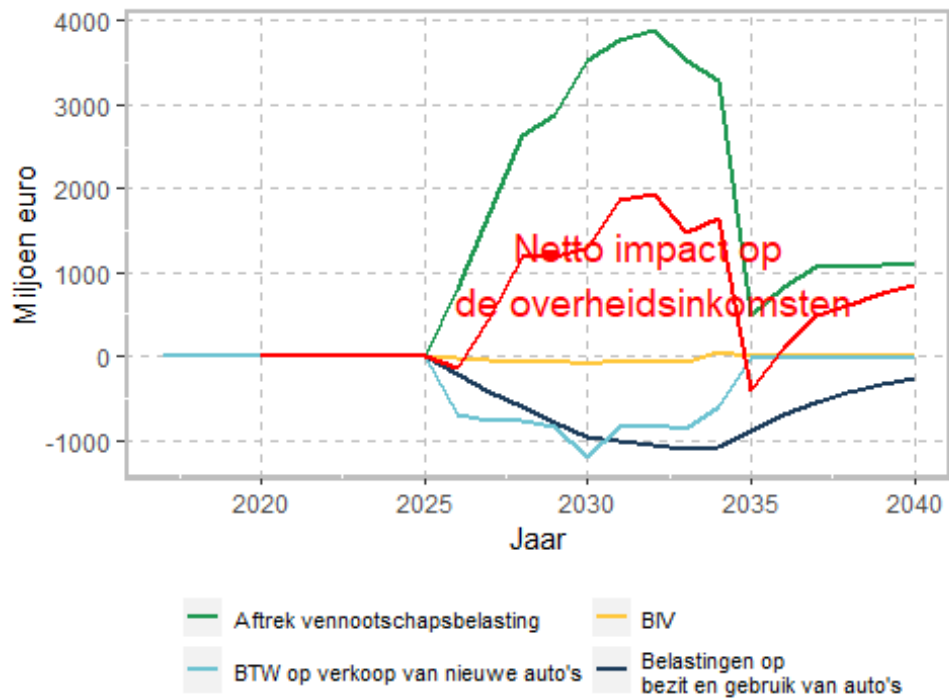


Het globaal effect van de belastinghervorming bij een terugkeer naar de pre-2020 verkooptrends wordt voorgesteld in Figuur 38: de belastinghervorming leidt tot een belangrijke toename van de

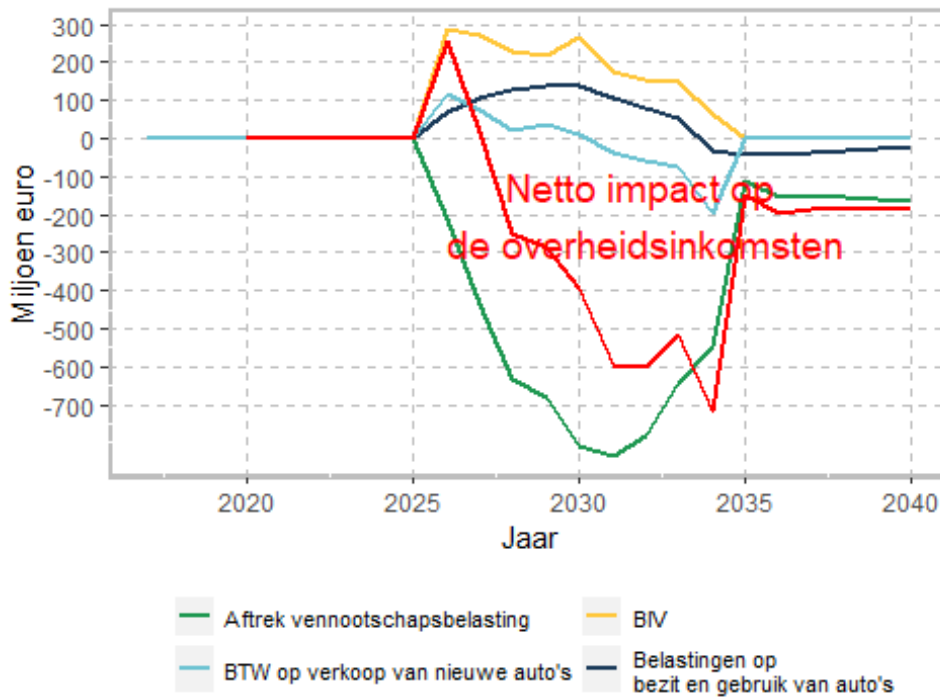
belastinginkomsten uit de vennootschapsbelasting: ongeveer 1 miljard euro op jaarbasis in een stabiele situatie (ten gevolge van de verminderde aftrek van elektrische wagens), met een piek van ongeveer 4 miljard euro tussen 2030 en 2035,

De resultaten zijn grosso modo vergelijkbaar met wat we bekwamen met ongewijzigde categorische variabelen voor de motortypes (Figuur 39), hoewel de netto-effecten van de belastinghervorming wat groter zijn.

**Figuur 38** Impact op de belastingontvangsten met ongewijzigde categorische variabelen  
In miljoen euro



**Figuur 39** Impact op de belastingontvangsten: vergelijking met de resultaten met geherkalibreerde categorische variabelen  
In miljoen euro



## 9.2. Hoger aandeel salariswagens

We hebben bovenstaande analyse uitgevoerd onder de aanname dat het percentage salariswagens binnen het totaal park aan bedrijfswagens 59 % bedraagt.

Het totaal aantal salariswagens werd door Statbel geschat op basis van enerzijds Belcotax en anderzijds RSZ-gegevens. Omdat deze twee benaderingen niet precies dezelfde cijfers gaven, hebben we een sensitiviteitsanalyse uitgevoerd voor een aandeel van 68 % salariswagens.

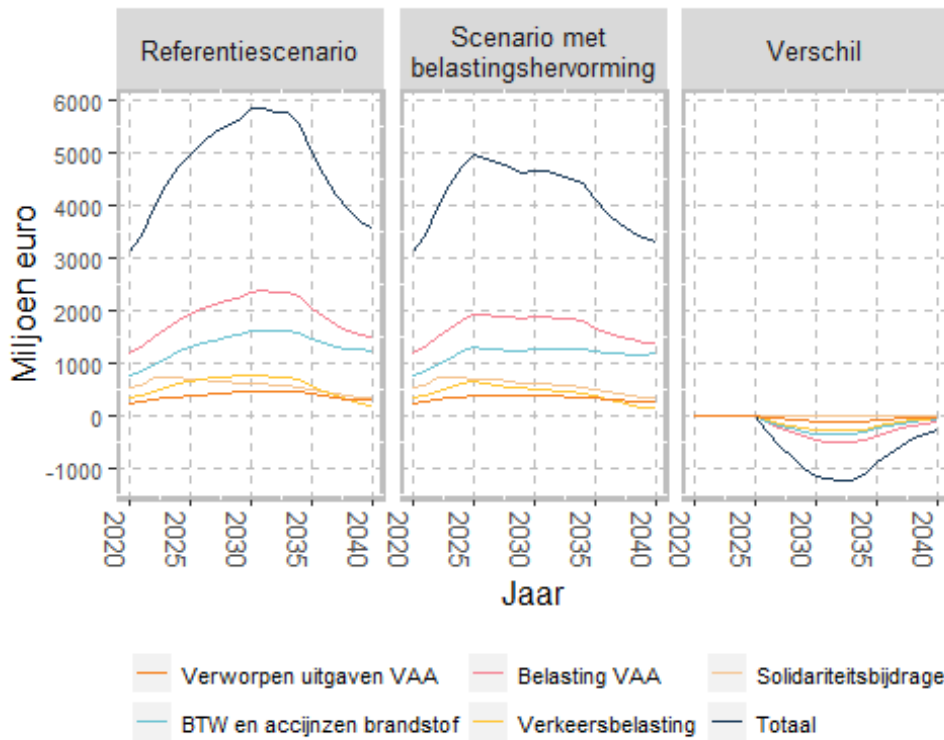
De enige variabelen die direct afhangen van deze aanname zijn de belastingen gelieerd aan het Voordeel Alle Aard en de solidariteitsbijdrage.

In Figuur 40 geven we de impact op de belastingen die afhangen van het bezit en gebruik van wagens. Als we dit vergelijken met Figuur 41, dan stellen we vast dat de inkomsten uit deze belastingen minder dan 10 % hoger liggen in het referentiescenario – precies wat we zouden verwacht hebben.

De afname in inkomsten<sup>22</sup> ten gevolge van de belastinghervorming is ook iets groter.

<sup>22</sup> Uit het bezit en gebruik van wagens.

**Figuur 40** Effect van de belastinghervorming op de inkomsten uit het bezit en gebruik van wagens (hoog aandeel salariswagens)  
*In miljoen euro*



**Figuur 41** Impact op de belastingontvangsten uit het bezit en gebruik van bedrijfswagens: vergelijking met de resultaten met lager aandeel salariswagens  
*In miljoen euro*

