Earth, Life & Social Sciences
Van Mourik Broekmanweg 6
2628 XE Delft
Postbus 49
2600 AA Delft

www.tno.nl

T +31 88 866 30 00

TNO-rapport

TNO 2016 R10938

Monitoring van plug-in hybride voertuigen (PHEVs) april 2012 t/m maart 2016

Datum	22 augustus 2016
Auteur(s)	Norbert E. Ligterink Richard T.M. Smokers
Exemplaarnummer	2016-TL-RAP-0100298303
Aantal pagina's	39 (incl. bijlagen)
Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Milieu Postbus 20901 2500 EX DEN HAAG
Projectnaam	I&M monitoring PHEVs en GD ZES
Projectnummer	060.09021

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2016 TNO

Samenvatting

Dit rapport presenteert resultaten tot en met kwartaal 1 van 2016 van de monitoring ten behoeve van het “Plan van Aanpak verbeteren gebruik Plug-In hybride auto’s”, dat in 2013 is opgesteld om het aandeel elektrisch gereden kilometers door zakelijke rijders van plug-in hybride elektrische voertuigen (PHEVs[1]) te verhogen. Hiertoe zijn de volgende indicatoren en doelen (per eind 2016) gedefinieerd:

1. Beschikbaarheid laadinfrastructuur: tenminste 90% van de PHEVs heeft tenminste 1 laadpunt op kantoor of thuis beschikbaar;
2. Gebruik laadinfrastructuur: tenminste 75% van de PHEV-berijders laadt gemiddeld 1x per dag op;
3. Aandeel elektrische kilometers: de beste 50% van de PHEVs behaalt gemiddeld het percentage elektrische kilometers zoals gebruikt in de typekeuring van de PHEVs;
4. Resulterende uitstoot van CO_2: de afwijking van de werkelijke CO_2-uitstoot per kilometer ten opzichte van de normwaarde (typekeuring) is gehalveerd ten opzichte van de TNO meting per 2013.

Het aandeel elektrisch gereden kilometers en de CO_2-uitstoot in de praktijk (onderdelen 3 en 4) worden gemonitord op basis van tankpasdata. Daarnaast bevat dit rapport een eerste analyse van beschikbare laadpasdata.

1) Beschikbaarheid van laadinfrastructuur

Er zijn geen gegevens beschikbaar voor monitoring van het in het plan van aanpak gestelde doel met betrekking tot de beschikbaarheid van laadinfrastructuur.

2) Beschikbaarheid en gebruik van laadinfrastructuur

Een eerste analyse van beschikbare laadpasdata laat zien dat het aandeel PHEVs, dat tenminste één keer per dag[2] geladen wordt, niet meer is dan een kwart van de totale vloot en dat dit aandeel in de loop de tijd langzaam is afgenomen.

Gebruik infrastructuur: % PHEVs dat tenminste gemiddeld 1x per dag oplaadt

	Nulmeting	Realisatie												Doel
		Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	
	2013/2014	2013	2013	2013	2014	2014	2014	2014	2015	2015	2015	2015	2016	1-4-2016
jaargemiddelden	niet beschikbaar	25%	24%	24%	24%	24%	23%	23%	23%	22%	21%	21%	19%	75%

De beschikbare laadpasdata geven geen inzicht in hoe vaak PHEVs worden geladen bij niet bemeterde laadpunten. Uit een inschatting op basis van de laadpasdata van het elektriciteitvebruik per kilometer bij rijden op de elektromotor kan echter geconcludeerd worden dat het zeer waarschijnlijk is dat de gemonitorde PHEVs hun elektriciteit geheel of nagenoeg geheel betrekken van laadpunten waarvoor een laadpas gebruikt moet worden.

[1] Plug-in Hybrid Electric Vehicles. Hierin zijn ook Extended Range Electric Vehicles (EREVs) begrepen.
[2] Op basis van 12 x 30 = 360 dagen per jaar.

3) Aandeel elektrisch gereden kilometers

De volgende tabel geeft per model het gemiddelde aandeel elektrisch gereden kilometers voor de gehele PHEV-populatie en voor de 50% PHEV-rijders die van het totale bestand PHEV-rijders voor dat model het meest elektrisch rijdt. Deze indicatoren laten per model kleine schommelingen zien, maar geven overall een redelijk constant beeld. Voor alle modellen behalve de BMW i3 is het aandeel elektrisch gereden kilometers voor de 50% PHEV-rijders significant lager dan de waarde op de typekeuringstest, die als doelstelling is geformuleerd.

Aandeel elektrische kilometers: % van de totale PHEV-kilometers dat door de gehele PHEV-populatie (100%) en de beste 50% PHEV-rijders elektrisch wordt afgelegd, in vergelijking met het % elektrische kilometers in de typekeuringstest

		Aandeel elektrisch gereden kilometers (voortschrijdend jaargemiddelde)							
		2013		2014		2015		Q1 2016	
Gemiddelden op basis van weging over voertuigen	type-keuring	100%	50% beste	100%	50% beste	100%	50% beste	100%	50% beste
Opel Ampera	77%	48%	62%	49%	64%	46%	63%	46%	61%
Chevrolet Volt	77%	47%	62%	48%	64%	46%	63%	48%	63%
Toyota Prius Plug-in	50%	17%	28%	18%	29%	17%	29%	18%	30%
Volvo V60 PHEV	67%	*26%*	*39%*	25%	39%	24%	38%	27%	41%
Mitsubishi Outlander PHEV	68%	*29%*	*39%*	34%	48%	31%	47%	33%	49%
Audi e-tron	67%					*31%*	*47%*	31%	47%
VW Golf GTE	66%					28%	45%	30%	46%
Ford C-Max plug-in hybride	64%					*34%*	*47%*	28%	41%
Mercedes-Benz C350 e	55%					*23%*	*34%*	25%	40%
VW Passat GTE	67%					*29%*	*42%*	30%	46%
BMW i3	86%			*89%*	*91%*	*87%*	*92%*	*84%*	*90%*
gemiddelde	*typekeuring*	*68%*		*67%*		*67%*		*66%*	
	praktijk	35%	48%	33%	47%	30%	45%	31%	46%

N.B.:

- De resultaten voor 2013 t/m 2015 zijn voor het 4e kwartaal van die jaren. De monitorings-resultaten per kwartaal zijn voortschrijdende jaargemiddelden (om seizoensvariaties uit te middelen - zie paragraaf 3.3) zodat het resultaat voor Q4 als gemiddelde voor het hele kalenderjaar kan worden beschouwd.
- De resultaten zijn gebaseerd op voortschrijdende jaargemiddelden: gemiddelde over 12 maanden voor einde van kwartaal waarvoor resultaat wordt weergegeven. Dat is nodig om de effecten in seizoensvariaties in brandstofverbruik uit te middelen.
- Voor de kwartalen waarvan resultaten in zwart zijn weergegeven is er tenminste één jaar data beschikbaar voorafgaand aan het einde van dat kwartaal.
- Resultaten in *grijs / italic* zijn indicatieve gemiddelden voor kwartalen waarin een model al wel op markt is, maar er nog niet voor een heel jaar data beschikbaar is.
- De resultaten voor de BMW i3 met range extender zijn in *blauw / italic* weergegeven om aan te geven dat de resultaten minder nauwkeurig zijn als gevolg van het geringe aantal voertuigen en het feit dat de toepaste analysemethode minder geschikt is voor dit type aandrijving.
- “Gemiddeld (jaargemiddelden)” is de middeling van kwartaalresultaten die gebaseerd zijn op data voor een vol jaar voorafgaand aan het einde van dat kwartaal.
- “Gemiddeld (alle data)” is de middeling van alle kwartaalresultaten door ook de modellen in de middeling mee te nemen waarvoor nog geen heel jaar data beschikbaar is.

Over alle modellen gemiddeld lag het aandeel elektrische kilometers van de 50% beste PHEV-rijders in 2014 en 2015 redelijk constant rond de 46%. Alleen in 2013, toen de vloot nog werd gedomineerd door de Opel Ampera en Chevrolet Volt, lag het aandeel elektrische kilometers van de 50% beste PHEV-rijders hoger.

Ook over alle PHEV-rijders gemiddeld zijn per model de aandelen elektrisch gereden kilometers door de tijd heen nagenoeg constant gebleven. Het gemiddelde over de hele vloot is gedaald van 44% in Q2 2013 naar rond de 30% in 2015 en Q1 2016. Het aandeel elektrisch gereden kilometers voor de beste 50% PHEV-rijders is dus ongeveer anderhalf keer zo hoog is als het gemiddelde voor alle met PHEVs gereden kilometers.

4) CO_2-uitstoot in de praktijk vergeleken met de typekeuring

Voor monitoring van de CO_2-uitstoot in de praktijk wordt alleen gekeken naar de directe CO_2-uitstoot uit de uitlaat. De emissies die vrijkomen bij elektriciteits-opwekking of de productie van brandstoffen zijn buiten beschouwing gelaten.

Per model is de CO_2-emissie per kilometer in de praktijk door de tijd heen nagenoeg constant gebleven. Dit is consistent met de hierboven beschreven trends in het aandeel elektrisch gereden kilometers, en laat zien dat per model het rij- en laadgedrag van de bestuurders in de tijd constant is. Als gevolg van de grootschalige introductie van modellen met een kleinere elektrische actieradius en een hoger brandstofverbruik bij rijden op de verbrandingsmotor is het gemiddelde over de hele vloot gestegen van 88 g/km in Q2 2013 tot 119 g/km in Q1 2015. De laatste vijf kwartalen is het gemiddelde nagenoeg constant.

Gemiddelde CO_2-uitstoot per kilometer in de praktijk per model en de relatieve afwijking tussen praktijk en typekeuringswaarde (0% betekent gelijk aan normwaarde)

			CO_2-emissie [g/km], praktijk vs. typekeuring en relatieve afwijking							
			2013		2014		2015		Q1 2016	
Gemiddelden op basis van weging over kilometers		type-keuring	praktijk	relatieve afwijking	praktijk	relatieve afwijking	praktijk	relatieve afwijking	praktijk	relatieve afwijking
Opel Ampera	100%	27	84	213%	85	214%	88	225%	88	225%
	50% beste		62	129%	58	115%	61	126%	62	128%
Chevrolet Volt	100%	27	92	241%	89	228%	94	247%	91	236%
	50% beste		64	138%	59	119%	64	135%	63	133%
Toyota Prius Plug-in	100%	49	101	107%	100	104%	102	108%	101	106%
	50% beste		88	80%	87	77%	88	79%	86	76%
Volvo V60 PHEV	100%	48	*128*	*167%*	127	164%	129	168%	125	161%
	50% beste		*104*	*117%*	104	116%	106	122%	101	111%
Mitsubishi Outlander PHEV	100%	44	*155*	*252%*	135	207%	139	217%	135	208%
	50% beste		*121*	*175%*	106	141%	108	146%	103	134%
Audi e-tron	100%	37-39					*118*	*209%*	117	207%
	50% beste						*92*	*141%*	91	140%
VW Golf GTE	100%	35-37					122	238%	118	228%
	50% beste						94	162%	91	152%
Ford C-Max plug-in hybride	100%	46					*114*	*147%*	119	159%
	50% beste						*86*	*86%*	97	112%
Mercedes-Benz C350 e	100%	48-55					*149*	*197%*	143	186%
	50% beste						*126*	*151%*	114	129%
VW Passat GTE	100%	37-39					*127*	*235%*	121	219%
	50% beste						*100*	*162%*	95	149%
BMW i3	100%	13			*21*	*63%*	*27*	*111%*	*28*	*118%*
	50% beste				*14*	*5%*	*14*	*8%*	*16*	*22%*
gemiddelde	*typekeuring*	n.v.t.	*38*		*41*		*42*		*42*	
	100%		96	177%	115	181%	124	196%	123	193%
	50% beste		74	113%	91	118%	98	132%	95	127%

N.B. Zie noten bij voorgaande tabel.

Deze trends vertalen zich in veranderingen in het absolute en relatieve verschil tussen praktijk en typekeuring zoals weergegeven in bovenstaande tabel. Gemiddeld over de hele PHEV-vloot is de relatieve afwijking tussen praktijkemissies en normwaarden tussen 2013 en 2015 gestegen. Het doel, halvering van de relatieve afwijking “ten opzichte van de TNO meting per 2013”, komt daarmee niet dichterbij.

De 50% beste PHEV-rijders rijden bijna de helft van hun kilometers elektrisch en stoten gemiddeld zo’n 25 g/km minder CO_2 uit dan de gehele populatie. Het verschil tussen norm en praktijk is daarmee voor deze groep ongeveer een derde kleiner. In Q1 2016 is het gemiddeld aandeel elektrisch gereden kilometers door 25% slechtste PHEV-rijders daarentegen slechts 7%, resulterend in een gemiddelde CO_2-emissie van 161 g/km.

De CO_2 uitstoot van alle onderzochte voertuigen is op de typekeuring laag: op of onder de 50 g/km, wat overeenkomt met een typisch brandstofverbruik tussen de 1 en 2 liter per 100 kilometer. Zelfs met een gemiddelde relatieve afwijking van het praktijkverbruik van 175 - 200% ten opzichte van de typekeuringswaarden zijn deze voertuigen in de praktijk nog steeds relatief zuinig vergeleken met veel conventionele auto’s. Maar het verschil tussen de gemiddelde praktijkemissies van PHEVs en die van de conventionele voertuigen is de afgelopen jaren wel afgenomen van ruim 60 g/km in 2013 naar zo’n 20 tot 30 g/km in per eind 2015. Voor de 50% beste PHEV-rijders lag het emissievoordeel ten opzichte van conventionele voertuigen in 2015 rond de 50 – 55 g/km. In 2015 was de gemiddelde CO_2-emissie van nieuwe conventionele voertuigen in de praktijk in Nederland zo’n 152 g/km. Voor de zakelijke markt lag dit gemiddelde nog wat lager op 143 g/km. Deze waarden liggen ongeveer 50 g/km boven de typekeurings-waarden (“de norm”).

Conclusies

Per model zijn resultaten met betrekking tot het aandeel elektrisch rijden en het verschil tussen CO_2-emissies in de praktijk en op de typekeuringstest door de tijd nagenoeg constant. Dit betekent dat het gedrag van de PHEV-bestuurders niet wezenlijk verandert in de tijd. Trends in de resultaten die gemiddeld zijn over alle modellen zijn met name het gevolg van veranderingen in de vlootsamenstelling, in het bijzonder de toevoeging van voertuigen met kleinere elektrische actieradius en/of een hoger brandstofverbruik bij rijden op de verbrandingsmotor.

De waargenomen afwijking van de norm, in combinatie met het aandeel elektrisch rijden dat door de beste 50% PHEV-rijders wordt gerealiseerd en de daarmee samenhangende lagere CO_2-praktijkemissie, geeft ook aan dat er potentieel is voor significante verbetering. Het gemiddeld aandeel van de totale in Q1 2016 door PHEVs elektrisch afgelegde kilometers zou stijgen van 30% naar 40% indien de 25% slechtste PHEV-rijders het gemiddeld laadgedrag van de 50% beste PHEV-rijders zouden adopteren. De gemiddelde CO_2-emissie van de hele PHEV-vloot zou in dat geval dalen van 123 g/km naar 109 g/km.

Inhoudsopgave

Samenvatting **2**

1 Inleiding **7**
1.1 Plan van Aanpak verbeteren gebruik Plug-In hybride auto's 7
1.2 Monitoring van effecten 8
1.3 Verschillen tussen praktijk en typekeuring 8

2 Voertuigen en monitoringdata **11**
2.1 Inleiding 11
2.2 De voertuigen 11
2.3 Filtering van bruikbare tankpasdata 14
2.4 Laadpasdata 15

3 Analyse van beschikbare tankpasdata **16**
3.1 Inleiding 16
3.2 Analyse van praktijkverbruik bij rijden op de verbrandingsmotor 16
3.3 Verloop van brandstofverbruik in de tijd 18
3.4 Bepaling van trends in het aandeel elektrisch gereden kilometers: een vlootperspectief 19
3.5 Bepaling van trends in het aandeel elektrisch gereden kilometers: een gebruikersperspectief 23
3.6 CO_2-emissies volgens de norm en in de praktijk 26

4 Analyse van beschikbare laadgegevens **32**
4.1 Inleiding 32
4.2 Beschikbaarheid van laadinfrastructuur 32
4.3 Analyse van de laadfrequentie 32
4.4 Nadere analyses van laaddata 34

5 Conclusies **37**

6 Ondertekening **39**

1 Inleiding

1.1 Plan van Aanpak verbeteren gebruik Plug-In hybride auto's

Plug-in hybride elektrische voertuigen (PHEVs[3]) kunnen zowel op brandstof als op elektriciteit rijden. Eerder onderzoek van TNO in opdracht van het Ministerie van IenM heeft aangetoond dat PHEVs in de praktijk een kleiner aandeel van hun kilometers elektrisch rijden dan het aandeel dat is aangenomen in de typekeuringstest[4]. De testprocedure voor het "normverbruik" geeft voor conventionele voertuigen al een lager normverbruik dan gemiddeld in praktijk gehaald wordt. Daar bovenop leiden voor plug-in hybride voertuigen de bepaling van de elektrische actieradius en de manier waarop deze wordt meegewogen in de bepaling van het normverbruik van dit type voertuigen veelal tot extra meerverbruik (en CO_2-emissies) in de praktijk ten opzichte van de typekeuringswaarde. De test is daarin wellicht onrealistisch, maar geeft wel aan dat er potentie tot verlaging van de CO_2-emissies is voor PHEVs. Bezitters en gebruikers van PHEVs genieten fiscale voordelen die gebaseerd zijn op de CO_2-emissie volgens typekeuring. Het extra meerverbruik van PHEVs ondergraaft de effectiviteit van het fiscale stimuleringsbeleid in termen van gereduceerde CO_2-emissies.

Onder regie van het Formule E-Team is eind oktober 2013 een "Plan van Aanpak verbeteren gebruik Plug-In hybride auto's" ontwikkeld, waarin verschillende betrokken partijen afspraken hebben gemaakt voor activiteiten die er toe moeten leiden dat het aandeel elektrisch gereden kilometers van PHEVs stijgt en het gemiddeld brandstofverbruik in de praktijk, en daarmee ook de uitstoot van CO_2, daalt. Er is onder andere een convenant opgesteld tussen Rai Verenging en VNA om alle nieuwe PHEV-gebruikers over elektrisch gebruik van hun voertuigen in te lichten, en via een PHEV-coalitie met werkgevers wordt getest welke andere maatregelen nog meer helpen.

Op hoofdlijnen omvat het plan van aanpak de volgende elementen:
1. Doelbepaling en monitoring werkelijk gebruik PHEVs
2. Invoering van maatregelen werkgevers - werknemers en marktpartijen
3. Oprichting kopgroep PHEV-gebruik
4. Invoering maatregelen overheid

Om de effecten van de maatregelen te monitoren zijn de volgende indicatoren gedefinieerd:
1. Beschikbaarheid laadinfrastructuur: % PHEVs met tenminste 1 laadpunt thuis of op kantoorlocatie;
2. Gebruik laadinfrastructuur: % PHEVs dat tenminste gemiddeld 1x per dag oplaadt;

---

[3] Hierin zijn ook Extended Range Electric Vehicles (EREVs) begrepen.

[4] Zie o.a.:

Praktijkverbruik van zakelijke personenauto's en plug-in voertuigen, Norbert E. Ligterink en Richard T.M. Smokers, TNO, 2013 (TNO 2013 R10703) http://publications.tno.nl/publication/102594/0EXMQ7/TNO-2013-R10703.pdf,

en

Update analysis of real-world fuel consumption of business passenger cars based on Travelcard Nederland fuelpass data, Norbert E. Ligterink, Arjan R.A. Eijk, TNO 2014 (TNO 2014 R11063), http://publications.tno.nl/publication/34610190/Lp8lA4/TNO-2014-R11063.pdf

3. Aandeel elektrische kilometers: % van de totale PHEV-kilometers dat met elektriciteit wordt afgelegd, in vergelijking met de norm (% elektrische kilometers gebruikt in de typekeuring van de PHEVs);
4. Resulterende uitstoot van CO_2: % afwijking tussen werkelijke CO_2-uitstoot per kilometer en de uitstoot volgens het normverbruik.

Voor een deel van deze indicatoren is een nulmeting beschikbaar, voor de overige indicatoren wordt een doelstelling gebruikt per eind 2016:

1. Beschikbaarheid laadinfrastructuur: tenminste 90% van de PHEVs heeft tenminste 1 laadpunt op kantoor of thuis beschikbaar;
2. Gebruik laadinfrastructuur: tenminste 75% van de PHEV-berijders laadt gemiddeld 1x per dag op;
3. Aandeel elektrische kilometers: de beste 50% van de PHEVs behaalt gemiddeld het % elektrische kilometers zoals gebruikt in de typekeuring van de PHEVs;
4. Resulterende uitstoot van CO_2: de afwijking van de werkelijke CO_2-uitstoot per kilometer ten opzichte van de normwaarde (typekeuring) is gehalveerd ten opzichte van de TNO meting per 2013.

1.2 Monitoring van effecten

Dit rapport is de tweede rapportage over de monitoring van het brandstofverbruik van plug-in voertuigen en het aandeel elektrisch gereden kilometers ten behoeve van het plan van aanpak. Data zijn beschikbaar gesteld door MTC en Travelcard Nederland BV. In de eerste rapportage, gebaseerd op data tot en met het eerste kwartaal van 2015, zijn de methodiek en het startpunt vastgesteld. Voor de analyse in onderhavig rapport zijn nog wijzigingen in de methodiek doorgevoerd, waardoor resultaten over kwartalen tot en met Q1 2015 afwijken van de eerder gerapporteerde resultaten[5].

Het aandeel elektrisch gereden kilometers wordt in dit rapport geschat aan de hand van data met betrekking tot het brandstofverbruik. De beschikbare laadgegevens zijn voor dit doel niet bruikbaar. Wel wordt in deze tweede rapportage op basis van beschikbare laaddata een eerste analyse van het laadgedrag van PHEV-gebruikers gepresenteerd.

Er zijn geen gegevens beschikbaar voor monitoring van het in het plan van aanpak gestelde doel met betrekking tot de beschikbaarheid van laadinfrastructuur.

1.3 Verschillen tussen praktijk en typekeuring

Het verschil tussen brandstofverbruik en CO_2-emissies van benzine- en dieselvoertuigen in de praktijk en de waarden die gemeten worden op de typekeuringstest is de laatste tien jaar sterk toegenomen. Het praktijkverbruik van moderne personenauto’s blijkt zo’n 30% tot 50% hoger dan de opgegeven typekeuringswaarde, oftewel het normverbruik. Gemiddeld stoten nieuwe auto’s nu in de praktijk zo’n 50 g/km meer CO_2 uit dan de typekeuringswaarde, die onder meer wordt gebruikt als basis voor de fiscale behandeling (BPM en bijtelling).
Dat brandstofverbruik en CO_2-emissies in de praktijk hoger zijn dan de testwaarden komt onder meer door verschillen in de inzet van voertuigen, de rijstijl van

[5] Gemiddeld genomen leidt de aangepaste methodiek tot een hoger berekend aandeel elektrisch gereden kilometers. Zie paragraaf 3.4 voor een korte toelichting op de veranderde methodiek en de effecten.

gebruikers en de rijomstandigheden in de praktijk vergeleken met de condities tijdens de test. Ook wordt in de test het energiegebruik voor bijvoorbeeld verlichting en airconditioning niet meegenomen. Het toenemende verschil tussen praktijk en typekeuring komt deels doordat sommige toegepaste technieken, zoals start-stop systemen, op de testcyclus (NEDC) meer voordeel opleveren dan in de praktijk. Daarnaast worden toegestane bandbreedtes (flexibiliteiten) in de testprocedure in toenemende mate door fabrikanten uitgenut om lagere verbruiks- en CO_2-emissiecijfers te realiseren op de typekeuringstest.

Bij rijden op de verbrandingsmotor leiden bovengenoemde oorzaken ook bij plug-in hybride voertuigen tot een vergelijkbaar verschil tussen praktijk- en testverbruik. Bij dit type voertuigen speelt er echter een extra factor, namelijk het aandeel elektrisch gereden kilometers. Op de typekeuringstest is dat aandeel in de regel significant groter dan in de praktijk. Dit leidt tot een groter verschil tussen typekeuring en praktijk dan bij conventionele voertuigen.

1.3.1 Het normverbruik van plug-in voertuigen

Het normverbruik[6] van plug-ins is gebaseerd op een voorgeschreven testprocedure[7], waarbij met een plug-in auto twee verbruikstesten moeten worden uitgevoerd: één startend met een volle accu en één startend met een lege accu.

Bij de eerste test, die start met een volle accu, wordt de verbrandingsmotor niet of nauwelijks gebruikt, zodat er dus geen of bijna geen brandstof wordt verbruikt en CO_2 wordt uitgestoten. Bij de tweede test, die start met een lege accu, wordt nauwelijks of geen elektriciteit uit het net gebruikt en levert de verbrandingsmotor nagenoeg alle benodigde energie met de bijbehorende uitstoot van CO_2. Om tot één testresultaat te komen worden de resultaten van beide tests gecombineerd volgens een formule[8] op basis van de elektrische actieradius van het voertuig (= de maximale afstand die op een volle batterij elektrisch gereden kan worden):

$$E_{TA} = \frac{(D_e \cdot E_1 + D_{av} \cdot E_2)}{(D_e + D_{av})}$$

met:

E_{TA} = CO_2-emissie in g/km op de typekeuringstest in g/km (TA = “type approval”)

E_1 = CO_2-emissie in g/km gemeten op test die begint met een volledig opgeladen batterij

E_2 = CO_2-emissie in g/km gemeten op test die begint met een volledig ontladen batterij

D_e = de elektrische actieradius van het voertuig (gemeten op de NEDC-cyclus)

D_{av} = 25 km

Een zelfde formule wordt gebruikt om de brandstofverbruiken, die bij beide testen worden gemeten, te combineren tot een overall testresultaat.

---

[6] Voor benzinevoertuigen is het verband tussen CO_2 en brandstofverbruik: 23.7 * [liters/100km] = CO_2 [gram/km].

[7] Zoals beschreven in de UNECE R101 testprocedure.

[8] Voor nadere uitleg hierover zie bijlage C van: *Praktijkverbruik van zakelijke personenauto’s en plug-in voertuigen*, Norbert E. Ligterink en Richard T.M. Smokers, TNO, 2013 (TNO 2013 R10703) http://publications.tno.nl/publication/102594/0EXMQ7/TNO-2013-R10703.pdf

Het gewogen eindresultaat van de typekeuringstest voor plug-in voertuigen kan voor de meeste voertuigen[9] in goede benadering worden beschouwd als de gemiddelde CO_2-uitstoot over een rit met een lengte gelijk aan de elektrische actieradius plus 25 kilometer, waarbij wordt gestart met een volle accu en er na het leegrijden van de accu nog 25 kilometer op de verbrandingsmotor wordt gereden. Dit betekent dat een voertuig met een actieradius, eveneens volgens een voorgeschreven procedure gemeten bij de typekeuringstest, van 50 km een aandeel elektrisch gereden kilometers op de test heeft van 66%. Het normverbruik van plug-in voertuigen wordt dus sterk bepaald door de capaciteit van de toegepaste accu.

1.3.2 Het brandstofverbruik van plug-in voertuigen in de praktijk

Het brandstofverbruik van plug-ins in de praktijk wordt allereerst bepaald door het verbruik tijdens rijden op de verbrandingsmotor. Net als bij conventionele voertuigen wordt dit bepaald door de inzet van het voertuig, de rijstijl van de bestuurder en een reeks van andere variabelen. Het aandeel van de gereden kilometers dat elektrisch wordt afgelegd werkt ook door in het gemiddelde brandstofverbruik. Hoe meer elektrisch wordt gereden, hoe lager het gemiddeld brandstofverbruik. Het aandeel elektrisch afgelegde kilometers wordt bepaald door de elektrische actieradius van het voertuig in de praktijk, door de beschikbaarheid van laadpunten en de mate waarin de bestuurder daar gebruik van maakt.

De elektrische actieradius varieert in de praktijk met de gebruiksomstandigheden. Bij lage snelheden is de elektrische actieradius groter, vanwege de lagere rol- en luchtweerstand. De gemiddelde snelheid op de test waarmee de elektrische actieradius wordt bepaald is 33 km/h, maar in praktijk zal dit tussen de 45 en 65 km/h liggen. Voor een elektrische aandrijving werkt dat sterker dan voor een verbrandingsmotor door in het energiegebruik, dat dan 40 tot 70% hoger ligt. Andere factoren, die de actieradius beïnvloeden, zijn bijvoorbeeld gebruik van de verwarming en airco, elektrische accessoires, en de verminderde capaciteit van de accu bij koud weer. Allemaal reduceren ze de elektrische actieradius.

Voor voertuigen met een hoog jaarkilometrage, die in de regel veel lange ritten maken en veel op de snelweg rijden, zal het moeilijker zijn om een groot aandeel elektrisch gereden kilometers te realiseren.

[9] Voertuigen met een elektrische topsnelheid hoger dan 120 km/h, en voldoende elektrisch vermogen om de acceleraties in NEDC testcyclus te volgen, kunnen de test die begint met een volle accu volledig elektrisch rijden. Voor deze voertuigen is genoemde benadering nagenoeg exact.

2 Voertuigen en monitoringdata

2.1 Inleiding

Monitoringdata voor plug-in hybride voertuigen zijn beschikbaar gesteld door Travelcard Nederland BV en MTC. Het gaat om tankpasdata, waarin per tankbeurt datum/tijdstip, kilometerstand en getankte liters zijn vastgelegd, en om laadpasdata met per laadevent datum/tijdstip en geladen kilowatturen. Beide bestanden zijn samengevoegd en geanalyseerd. De data hebben betrekking op de periode van begin 2012 tot het einde van kwartaal 1 van 2016, zodat de analyse tot en met het eerste kwartaal 2016 mogelijk is.

2.2 De voertuigen

Tabel 1 geeft een overzicht van de plug-in hybride modellen waarvoor monitoringdata beschikbaar zijn. De BMW i3 met range extender is wel in deze lijst opgenomen, maar niet in alle analyses in dit rapport, omdat er van dit model nog onvoldoende voertuigen in de database zitten voor het afleiden van betrouwbare resultaten.

Tabel 1: Specificaties van de verschillende modellen PHEVs waarvan in dit rapport het praktijkverbruik en het aandeel elektrisch gereden kilometers wordt gemonitord.

Model	Brandstof	Batterij-capaciteit [kWh]	Elektrische actieradius [km]	Elektrische top-snelheid [km/u]	Brandstof-verbruik [l/100km]	CO_2-emissie [g/km]	Aandeel elektrisch rijden op test*
Opel Ampera	benzine	16	83	160	1,2	27	77%
Chevrolet Volt	benzine	16	83	160	1,2	27	77%
Toyota Prius Plug-in	benzine	4,4	25	90	2,1	49	50%
Volvo V60 PHEV	diesel	11,2	50	125	1,8	48	67%
Mitsubishi Outlander PHEV	benzine	12	52	125	1,9	44	68%
AUDI e-tron	benzine	8,8	50	143	1,7	37-39**	67%
VW Golf GTE	benzine	8,8	48-50**	130	1,6	35-37**	66%
FORD C-Max Plug-in Hybrid	benzine	7,6	44	137	2	46	64%
Mercedes-Benz C 350 e	benzine	6,2	31	128	2,1	48-55**	55%
VW Passat GTE	benzine	9	50	130	1,7	37-39**	67%
BMW i3 range extender	benzine	19	150	150	0,6	13	86%

Bron: Cijfers ontleend aan technische specificaties in brochures en informatie van importeurs.
*) Het aandeel elektrisch rijden op de test is geschat met de in paragraaf 1.3.1 uitgelegde methode.
**) Voor sommige modellen geeft de RDW database verschillende typekeuringsgegevens voor enigszins verschillende varianten.

De modellen verschillen zowel qua batterij-capaciteit en actieradius als qua aandrijflijnconfiguratie. Alle modellen hebben een vorm van hybride aandrijving waarbij de auto voor de aandrijving zowel energie betrekt uit de brandstoftank (via een verbrandingsmotor) als uit een batterij (via een of meer elektromotoren).

De Opel Ampera en Chevrolet Volt zijn technisch identiek. Ze hebben een relatief grote batterij en actieradius, maar ook een volwaardige verbrandingsmotor. Deze is via een mechanische koppeling verbonden met de generator en een planetair tandwielstelsel en kan op die manier zowel elektriciteit genereren voor het opladen van de accu als de wielen direct aandrijven. De elektromotor is parallel daaraan direct verbonden met het planetair tandwielstelsel, dat dienst doet als traploze transmissie.

De aandrijflijn van de Toyota Prius Plug-in is nagenoeg gelijk aan die van de normale hybride Toyota Prius, maar heeft een grotere batterij die uit het net kan worden opgeladen. De verbrandingsmotor (1,8 liter benzinemotor met Atkinson-cycle), elektromotor en generator zijn aangesloten op een planetair tandwielstelsel, dat ook in dit voertuig als traploze transmissie functioneert. De Toyota Prius Plug-in heeft vergeleken met de andere PHEVs een relatief kleine batterij en elektrische actieradius. Het desalniettemin gunstige normverbruik is mede het gevolg van de hoge efficiëntie bij rijden op de verbrandingsmotor.

Bij de Volvo V60 PHEV worden de voorwielen via een zestraps automaat aangedreven door een 2,4-liter vijfcilinder dieselmotor, terwijl de elektromotor op de achteras is gemonteerd. De elektromotor kan het voertuigen alleen aandrijven of de verbrandingsmotor ondersteunen, bijvoorbeeld bij acceleraties.

De Mitsubishi Outlander PHEV heeft vierwielaandrijving met twee elektromotoren die onafhankelijk de voorwielen en de achterwielen aandrijven. De verbrandingsmotor levert via een generator elektriciteit voor het opladen van de accu of voeding van de elektromotoren maar kan de voorwielen ook direct aandrijven via een automatische koppeling en één vaste, lange overbrenging.

De voorwielaangedreven Audi A3 e-tron heeft een een gemodificeerde 1,4 liter TFSI verbrandingsmotor op benzine met een vermogen van 110 kW. Deze is verbonden met een schijfvormige 75 kW elektromotor die is geïntegreerd in een 6-traps geautomatiseerde dual-clutch versnellingbak. Een interessante feature van deze aandrijving is de vrijloopstand: wanneer de bestuurder het gaspedaal loslaat, schakelen beide motoren zichzelf tijdelijk uit en rolt de auto ontkoppeld verder. Afhankelijk van het rijgedrag is met een dergelijke “coasting” verdere brandstofbesparing mogelijk.

De aandrijving van de VW Golf GTE en Passat GTE zijn identiek en nagenoeg gelijk aan die van de Audi A3 e-tron.

Ford C-Max plug-in hybride heeft een aandrijving die vergelijkbaar is met de Toyota Prius. De 2,0 liter benzinemotor met Atkinson-cycle werkt samen met twee elektrische machines via een elektrische continu variabele transmissie (e-CVT) met planetair tandwielstelsel.

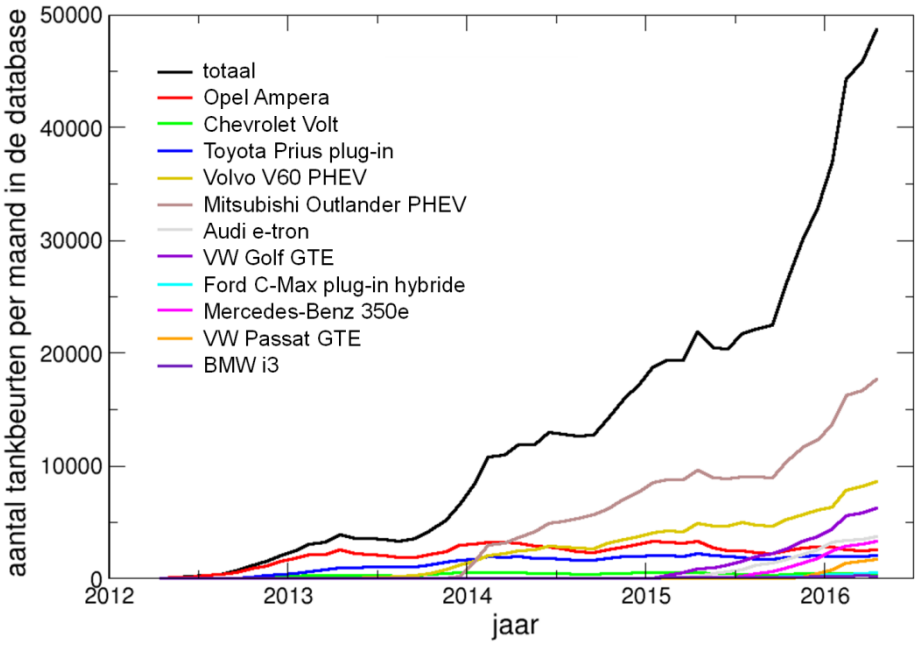
In de Mercedes-Benz C 350e bestaat de hybride aandrijving uit een 2,0 liter direct ingespoten benzinemotor, een 60 kW elektromotor en een zeventraps automatische transmissie.

De BMW i3 met range extender is eigenlijk een batterij-elektrische auto waar een kleine verbrandingsmotor (2 cilinder, 647 cc) aan is toegevoegd, die als

generatorset dienst doet wanneer de accu leeg is (extended range electric vehicle of EREV).

Alle voertuigen kunnen regeneratief remmen, waarbij er wordt geremd op de elektromotor en zo bewegingsenergie wordt teruggewonnen voor opslag in de batterij. De Volvo V60 PHEV heeft een dieselmotor, alle andere modellen rijden op benzine.

Figuur 1 geeft per voertuigmodel het aantal tankbeurten per maand uit de database weer over de afgelopen vier jaar. Duidelijk is dat de introductie van de Mitsubishi Outlander PHEV en Volvo V60 PHEV eind 2013 tot een sterke groei van de PHEV-vloot hebben geleid en dat deze modellen in de periode daarna het grootste deel van de PHEV-vloot uitmaken. Met de introductie van een groot aantal nieuwe modellen treedt halverwege 2015 weer een sterke toename van de PHEV-vloot op.



Figuur 1: Het aantal tankbeurten per maand dat ten grondslag ligt aan de analyse. De introductiedatum en toename van het gebruik van de verschillende modellen is duidelijk zichtbaar.

Tabel 2 geeft per model een overzicht van de aantallen voertuigen in de databases van Travelcard en MTC, die gebruikt zijn voor de analyses in dit rapport, en de totale aantallen van de verschillende modellen in het Nederlandse park. Met de beschikbare data wordt dus ongeveer 15% van de Nederlandse vloot bestreken.

Het effect van de veranderde samenstelling van de gemonitorde vloot, door de introductie van nieuwe modellen, op de gemiddelde elektrische actieradius van de PHEV-vloot is weergegeven in Tabel 3. Deze is gedaald van 65 km, begin 2013, naar 51 km in het eerste kwartaal van 2016.

Tabel 2: Aantal voertuigen per model in de databases van Travelcard en MTC en in de Nederlandse vloot (bron RDW).

	2013		2014		2015	
	NL vloot	Travelcard + MTC	NL vloot	Travelcard + MTC	NL vloot	Travelcard + MTC
Opel Ampera	4790	917	4853	1055	4937	1002
Chevrolet Volt	1049	153	1056	157	1059	153
Toyota Prius Plug-in	3854	534	3989	642	4184	675
Volvo V60 PHEV	6265	468	9688	1193	14448	1898
Mitsubishi Outlander PHEV	7950	476	15635	2244	24315	3590
AUDI e-tron	0	0	80	1	4625	938
VW Golf GTE	0	0	397	27	8724	1376
FORD C-Max	0	0	2	0	1174	150
Mercedes-Benz C350 e	0	0	0	0	4173	719
VW Passat GTE	0	0	0	0	3249	391
BMW i3	42	3	366	55	799	117
totaal	23950	2551	36066	5374	71687	11009

N.B: Aantallen in de Nederlandse vloot zijn cumulatieve inschrijvingen (verkopen) in Nederland op basis van de RDW-database. Eventuele tussentijdse uitval of export is hierin niet meegenomen, maar dit aandeel zal gezien de korte periode beperkt zijn.

Tabel 3: Ontwikkeling van de gemiddelde elektrische actieradius (volgens typekeuring) van alle in de analyse meegenomen voertuigen.

	Vlootgemiddelde elektrische actieradius (km)											
	2013 Q2	2013 Q3	2013 Q4	2014 Q1	2014 Q2	2014 Q3	2014 Q4	2015 Q1	2015 Q2	2015 Q3	2015 Q4	2016 Q1
Gemiddelde	65	63	61	57	56	55	55	55	54	53	52	51

2.3 Filtering van bruikbare tankpasdata

Omdat de kilometerstanden, noodzakelijk om het verbruik te bepalen, met de hand ingevuld worden, bevatten de tankpasdata veel foutieve, onbruikbare gegevens. Deze worden verwijderd in een aantal stappen. De aanpak hiervoor is gebaseerd op de methodiek die in de afgelopen jaren door TNO is ontwikkeld en verfijnd ten behoeve van de analyse van het praktijkverbruik van conventionele voertuigen:

1. Na het verwijderen van gegevens van andere voertuigen dan PHEVs uit de aangeleverde database blijven er van de tankbeurten 3.6412.000 over.
2. De eerste filtering (verwijderen van onbetrouwbare data op basis van lage en “rare” kilometerstanden, twee keer tanken in een uur, verkeerde brandstof, afronden op honderdtallen, etc.) levert 371.000 paren van tankbeurten (waarvan 15.331 paren door samenvoeging van twee tankbeurten, als de kilometerstand van de eerste tankbeurt niet plausibel is maar van de tweede wel).
3. Daarna worden de gemiddelden en standaarddeviatie bepaald per voertuig, en worden tankbeurten verwijderd die meer dan 2 standaarddeviaties afliggen van het gemiddelde gebruik. Dan blijven er 164.000 tankbeurten over.
4. Van de voertuigmodellen waarvoor voldoende data beschikbaar is, blijven er na filtering de volgende aantallen voertuigen over voor de analyse van praktijkverbruik en aandeel elektrisch gereden kilometers: 1.190 Opel Ampera’s, 203 Chevrolet Volts, 906 Toyota Prius Plug-Ins, 2.738 Volvo V60’s, 5.390 Mitsubishi Outlander PHEVs, 229 Ford C-Max, 1.345 Audi e-tron, 2.235

VW Golf GTE, 698 VW Passat GTE, 895 Mercedes-Benz C 350e en 86 BMW i3's. De statistiek van de BMW i3 is beperkt, door het lage aantal voertuigen en de grote spreiding in de kilometers per tankbeurt. Het aantal gegevens van de Chevrolet Volt, Ford C-Max, en VW Passat is net voldoende voor statistisch significante uitspraken.

2.4 Laadpasdata

In de database zitten 2,8 miljoen records van laaddata. Dat betreft 19.000 voertuigen. Dat is een kleinere groep voertuigen dan waarvoor brandstofverbruiks-gegevens beschikbaar zijn. Dat betreft namelijk ruim 26.000 voertuigen. Omdat de data betrokken is van tankpasbedrijven is er ook brandstofdata beschikbaar voor bijna alle auto's waarvoor laaddata beschikbaar is.

3 Analyse van beschikbare tankpasdata

3.1 Inleiding

In principe zijn tankpasdata voldoende om een inschatting te maken van het aandeel door PHEVs elektrisch gereden kilometers. Wanneer van een model bekend is wat het gemiddeld verbruik C_{ICE} bij rijden op de verbrandingsmotor is, kan het gemiddeld aandeel elektrisch rijden $\eta_{elektrisch}$ eenvoudig worden berekend uit het overall gemiddeld brandstofverbruik $C_{overall}$:

$$C_{overall} = (1 - \eta_{elektrisch}) \cdot C_{ICE}$$

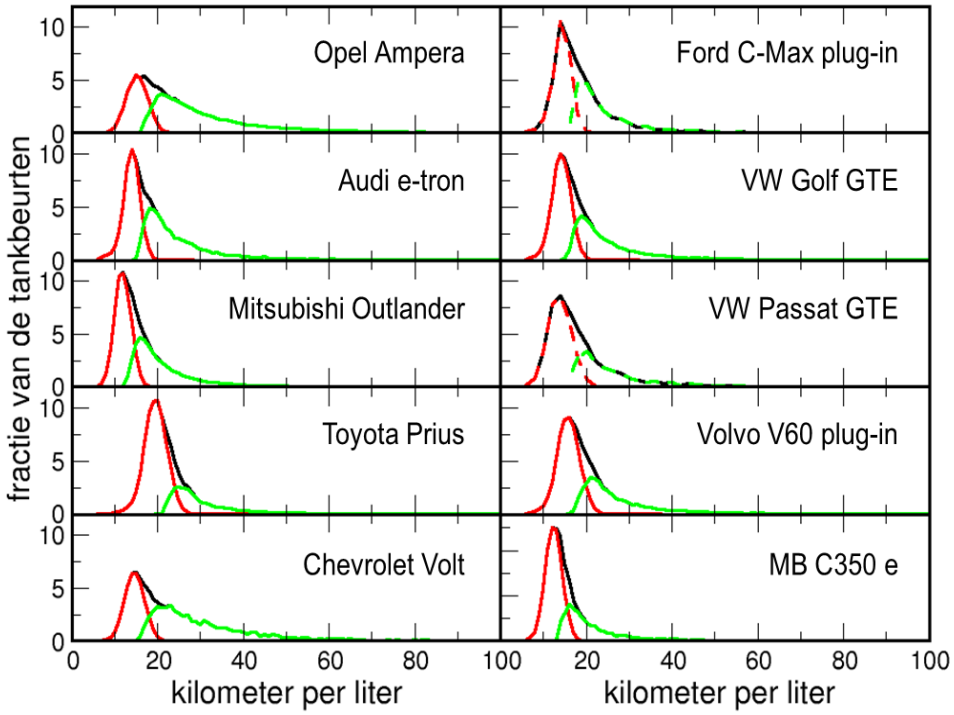
De methode voor bepaling van het gemiddeld verbruik bij rijden op de verbrandingsmotor op basis van de tankpasdata wordt uitgelegd in paragraaf 3.2.

3.2 Analyse van praktijkverbruik bij rijden op de verbrandingsmotor

Van sommige voertuigen is het in principe mogelijk om het brandstofverbruik bij rijden op de verbrandingsmotor te schatten op basis van beschikbare gegevens voor een vergelijkbare conventionele, niet plug-in hybride variant van hetzelfde model, zoals de gewone Toyota Prius zonder stekker. Voor bijvoorbeeld de Mitsubishi Outlander en Volvo V60 is echter de vraag met welke specifieke conventionele variant ze vergeleken moeten worden. Voor de Opel Ampera en Chevrolet Volt is een dergelijke vergelijking per definitie niet mogelijk omdat er geen conventionele variant van bestaat. Om tot een consistente vergelijking te komen is er daarom voor gekozen om voor alle PHEV-modellen het brandstofverbruik bij rijden op de motor te schatten op basis van de spreiding in het gemonitorde brandstofverbruik. Van de tankbeurten met de hoogste verbruikscijfers (liter per 100 km) mag worden verondersteld dat de op die tankbeurt afgelegde kilometers geheel of nagenoeg geheel op brandstof zijn gereden.

Met behulp van het geschatte brandstofverbruik bij rijden op de verbrandingsmotor kan vervolgens het gemiddeld aandeel elektrisch gereden kilometers eenvoudig worden ingeschat uit het totaal gemiddeld verbruik.

De zwarte lijnen in Figuur 2 geven per model de verdeling weer van alle tankbeurten op basis van het gemiddeld verbruik per tankbeurt uitgedrukt in de afgelegde afstand per liter brandstof. Uit het linker deel van deze verdeling kan het gemiddeld verbruik bij rijden op de verbrandingsmotor worden ingeschat. Bij tankbeurten met een laag aantal kilometers per liter is (nagenoeg) alleen op brandstof gereden. Ook bij rijden op de verbrandingsmotor is er echter variatie in het verbruik, zowel tussen voertuigen / gebruikers als in de tijd door wisselende gebruiksomstandigheden voor hetzelfde voertuig. Deze variatie is symmetrisch verondersteld (rode curves). Trekken we de tankbeurten onder de rode curve af van de totale populatie (zwarte curves) dan blijven tankbeurten over waarbij de tussen twee beurten afgelegde afstand deels elektrisch is afgelegd (groene curves). Hoe lager het gemiddeld verbruik per kilometer, hoe hoger het aandeel elektrisch gereden kilometers. Het op deze manier geschatte brandstofverbruik van plug-ins bij rijden op de verbrandingsmotor is per model weergegeven in Tabel 4.



Figuur 2: Verdeling van alle tankbeurten op basis van het gemiddeld verbruik per tankbeurt uitgedrukt in de afgelegde afstand per liter brandstof en inschatting van het gemiddeld verbruik bij rijden op de verbrandingsmotor (voor uitleg zie tekst). Bij de modellen waarvan de groene en rode curve met een onderbroken lijn zijn weergegeven is het aantal voertuigen nog zo laag dat de nauwkeurigheid van de schatting van het praktijkverbruik op de motor negatief wordt beïnvloed.

Tabel 4: Het geschat gemiddeld brandstofverbruik van plug-ins bij rijden op de verbrandingsmotor.

Zonder laden	Brandstof-efficiëntie [km/l]	Spreiding [km/l]	Brandstof-verbruik [l/100km]	CO_2-emissie [g/km]
Opel Ampera	15,2	2,5	6,6	156
Chevrolet Volt	14,6	2,3	6,8	162
Toyota Prius Plug-in	19,6	2,6	5,1	121
Volvo V60 PHEV (diesel)	15,7	2,6	6,4	168
Mitsubishi Outlander PHEV	11,8	2,0	8,5	200
AUDI e-tron	14,1	1,8	7,1	168
VW Golf GTE	14,2	2,2	7,0	167
FORD C-Max	14,5	1,9	6,9	164
Mercedes-Benz 350 e	12,4	2,0	8,0	190
VW Passat GTE	13,7	2,8	7,3	173

Van de BMW i3 zijn slechts data van 86 voertuigen beschikbaar, wat niet voldoende is om bovengenoemde analyse uit te voeren. Ook is het aantal tankbeurten van deze voertuigen beperkt: rond de 6 tankbeurten per voertuig, met een gemiddeld brandstofverbruik van 1,52 liter per 100 kilometer, ofwel 66 kilometer per liter. Het normverbruik van de i3 is 0,6 liter per 100 km. In tegenstelling tot de andere voertuigen betreft dit een range-extender voertuig (EREV), niet geschikt voor

normaal gebruik op alleen de brandstofmotor. Het geschatte verbruik bij rijden op de verbrandingsmotor is op basis van huidige data 15 km op een liter voor de i3.

Met de gegevens in Tabel 4 kan voor alle tankbeurten onder de groene curve in Figuur 2 het aandeel elektrisch gereden kilometers worden geschat. De extra kilometers per liter worden verondersteld op de batterij gereden te zijn.

3.3 Verloop van brandstofverbruik in de tijd

Voortschrijdende jaargemiddelden
Betrouwbare trends kunnen alleen worden afgeleid op basis van kwartaalcijfers die zijn gebaseerd op een voortschrijdend jaargemiddelde. Data over tenminste een heel jaar zijn nodig om seizoensvariaties in het verbruik uit te kunnen middelen. In de tabellen hieronder is onderscheid gemaakt tussen resultaten voor kwartalen waarvoor, teruggerekend van de einddatum van het kwartaal voor een heel jaar data beschikbaar is en resultaten voor kwartalen waarin dat niet het geval is. Dit laatste is gedaan om ook van modellen die in het afgelopen jaar aan de Nederlandse PHEV-vloot zijn toegevoegd de eerste resultaten te kunnen laten zien. Ten opzichte van de rapportage over de periode tot en met Q1 van 2015 is er een aantal nieuwe voertuigmodellen waarvoor praktijkgegevens beschikbaar zijn. Dit betreft de Audi e-tron, VW Golf GTE, VW Passat GTE, Ford C-Max Plug-in Hybride, en de Mercedes-Benz C350 e.

Gegeven het geschatte verbruik bij rijden op brandstof uit de vorige paragraaf kan er een inschatting gemaakt worden van het aandeel elektrisch rijden in de praktijk. Dat aandeel hangt af van de elektrische actieradius van het voertuig (en dus van de laadcapaciteit van de batterij) en van hoe vaak er geladen wordt. De verwachting is dat met voertuigen met een grote batterij gemiddeld meer elektrisch gereden wordt. Een analyse van trends in het verbruik als functie van de tijd geeft inzicht in de mate waarin het aandeel elektrisch rijden verandert.

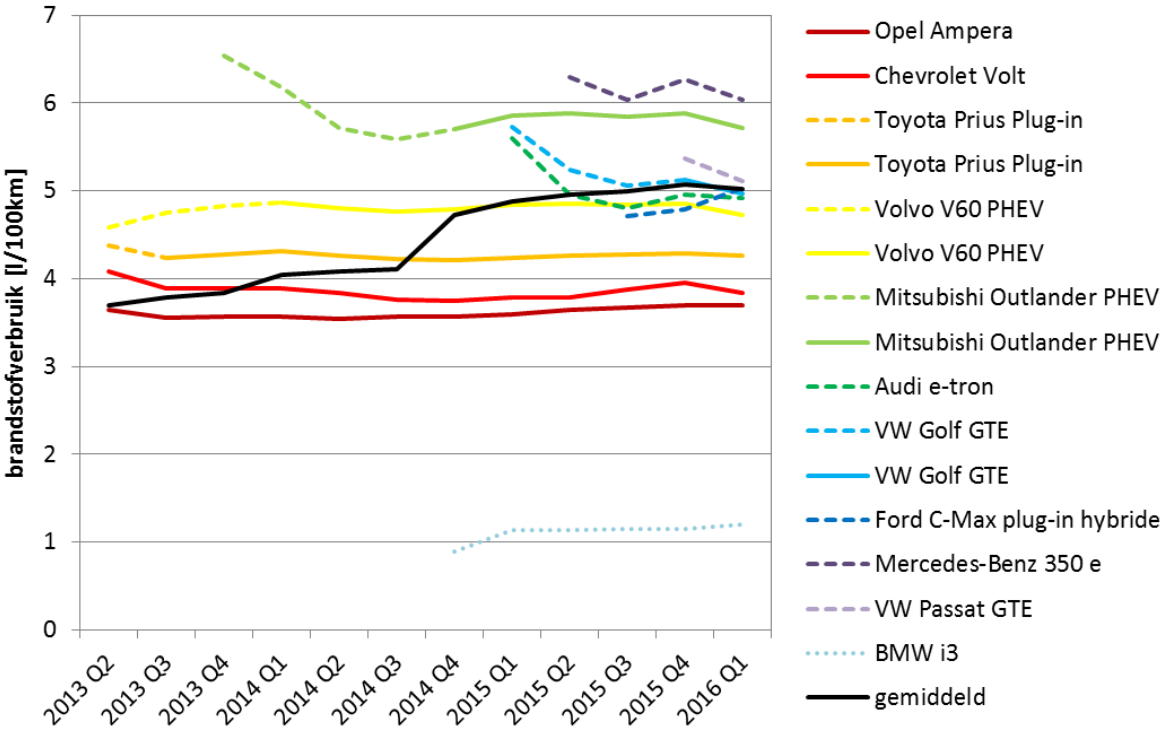
Over het jaar varieert zowel het brandstofverbruik bij rijden op de verbrandingsmotor als het stroomverbruik bij elektrisch rijden met de temperatuur en de situatie op de weg. In de winter is het verbruik hoger dan in de zomer. Een gemiddelde waarde per kwartaal maakt dit niet goed duidelijk, maar op basis van de maand-tot-maand verandering is dit wel goed te zien. Voor conventionele voertuigen is gemiddelde totale seizoensvariatie 6% voor benzine en 4% voor diesel voertuigen[10]. Voor plug-in voertuigen lijken deze seizoenvariaties, weergegeven in Figuur 3 van de rapportage tot en met het eerste kwartaal van 2015 op basis van brandstofefficiëntie (km/liter), een stuk groter[11]. De seizoensvariaties zijn ook zichtbaar in de gemiddelde resultaten over alle PHEVs, zoals weergegeven in Figuur 6 van dit rapport.

Behalve door seizoensvariaties in weers- en verkeerssituaties kunnen de onderliggende data ook beïnvloed zijn door veranderingen in de gemiddelde eigenschappen van de gebruikersgroep. In Figuur 1 (zie paragraaf 2.2) staan de aantallen tankbeurten per maand uitgezet, wat aangeeft dat het aantal gebruikers

[10] Zie *Praktijkverbruik van zakelijke personenauto's en plug-in voertuigen*, TNO 2013 R10703, 31 mei 2013
[11] Zie *Monitoring van plug-in hybride voertuigen (PHEVs) april 2012 t/m maart 2015*, TNO 2015 R10802, 10 juni 2015

groeit met de tijd. Ook is duidelijk dat de samenstelling van de PHEV-vloot sterk verandert.

Per model is het brandstofverbruik in de praktijk door de tijd heen nagenoeg constant gebleven. Het gemiddelde over de hele vloot is tot halverwege 2015 significant gestegen als gevolg van de grootschalige introductie van modellen met een kleinere elektrische actieradius en/of een hoger brandstofverbruik bij rijden op de verbrandingsmotor. De laatste drie kwartalen is het gemiddelde nagenoeg constant.



Figuur 3: Brandstofverbruik (voortschrijdend jaargemiddelde) van PHEVs van 2013 tot begin 2016. De onderbroken lijnen geven de resultaten voor modellen + kwartalen waarvoor nog geen volledig jaar data beschikbaar is om seizoensvariaties uit te kunnen middelen. Het gemiddelde (de zwarte lijn) is bepaald op basis van modellen + kwartalen waarvoor wel een heel jaar data beschikbaar is.

3.4 Bepaling van trends in het aandeel elektrisch gereden kilometers: een vlootperspectief

Aanpassing rekenmodel leidt tot aanpassing van resultaten voor eerder gerapporteerde kwartalen

Onderstaande beschrijving van de methodiek, met een onderscheid naar vlootperspectief (op basis van over kilometers gemiddelde resultaten) en gebruikersperspectief (op basis van over voertuigen / gebruikers gemiddelde resultaten) was reeds beschreven in de rapportage over de monitoring tot en met Q1 van 2015[11]. Review van het rekenmodel toonde echter aan dat deze wijzen van middeling niet consequent waren toegepast. In plaats daarvan werden tussenresultaten gemiddeld op basis van de resultaten per tankbeurt.

Voor onderhavig rapport is het model aangepast en in lijn gebracht met de beschreven methodiek. Dat heeft ertoe geleid dat dit rapport voor kwartalen die reeds in de vorige rapportage geanalyseerd zijn afwijkende resultaten bevat.

Gemiddeld genomen leidt de aangepaste methodiek voor zowel vloot- als gebruikers-perspectief tot een hoger berekend aandeel elektrisch gereden kilometers. Voor individuele voertuigmodellen varieert het effect van 1 tot 15%[12]. Het gemiddelde aandeel elektrisch gereden kilometers over 2014 is met de nieuwe methodiek zo'n 5%[12] hoger dan zoals berekend in de rapportage t/m Q1 2015. Het effect op het gemiddeld aandeel elektrisch gereden kilometers door de 50% beste PHEV-rijders is met 2 tot 4%[12] voor de verschillende voertuigen significant kleiner.

Het brandstofverbruik van plug-in hybride voertuigen, en het daarmee samen-hangende aandeel elektrisch gereden kilometers, kan vanuit twee perspectieven worden geanalyseerd. In deze paragraaf hanteren we een vlootperspectief, waarmee wordt bedoeld dat we:

- het gemiddeld brandstofverbruik en aandeel elektrisch gereden kilometers per voertuig bepalen op basis van totaal getankte brandstof gedeeld door de totaal gereden kilometers;
- het gemiddeld aandeel elektrisch gereden kilometers per model bepalen op basis van een weging van de resultaten per voertuig over het aantal gereden kilometers.
- gemiddeld brandstofverbruik en aandeel elektrisch gereden kilometers over de hele PHEV vloot bepalen op basis van een weging van de resultaten per model over het aantal gereden kilometers.

Dit genereert het volgende type antwoorden:

- Van alle met PHEVs gereden kilometers wordt gemiddeld *x* % elektrisch afgelegd;
- Gemiddeld over alle gereden kilometers verbruiken PHEVs *y* l/100km brandstof (of rijden ze 100/*y* km per liter) en stoten ze *z* g/km CO_2 uit.

Resultaten van deze analyse zijn dus van belang voor inzicht in het netto effect van de inzet van PHEVs op energiegebruik en CO_2-emissies. In een dergelijke analyse weegt het praktijkverbruik van auto's die veel kilometers maken zwaarder mee dan van voertuigen met een laag jaarkilometrage.

In paragraaf 3.5 zullen we m.n. het aandeel elektrisch gereden kilometers vanuit een gebruikersperspectief analyseren. In dit type analyse weegt iedere gebruiker even zwaar mee in het bepalen van het gemiddelde, ongeacht het aantal kilometers dat hij/zij rijdt.

Om veranderingen in het aandeel elektrisch gereden kilometers zichtbaar te maken, wordt gebruik gemaakt van een voortschrijdend jaargemiddelde waarmee de seizoenvariaties worden uitgemiddeld. Door dit "moving average" te combineren met het over langere tijd gemiddelde brandstofverbruik bij rijden op de verbrandingsmotor, zoals bepaald uit Figuur 2, kan per maand of kwartaal een voortschrijdend jaargemiddelde voor het aandeel elektrisch gereden kilometers worden bepaald.

3.4.1 Resultaten voor de gehele PHEV-vloot

Tabel 5 en Figuur 4 geven het resultaat met betrekking tot het aandeel elektrisch gereden kilometers weer voor de verschillende modellen PHEVs alsmede het gemiddelde voor alle PHEVs samen. Het jaargemiddelde is het voortschrijdend

[12] Procentpunt.

gemiddelde over de voorgaande twaalf maanden, waardoor de seizoenvariaties worden uitgemiddeld.

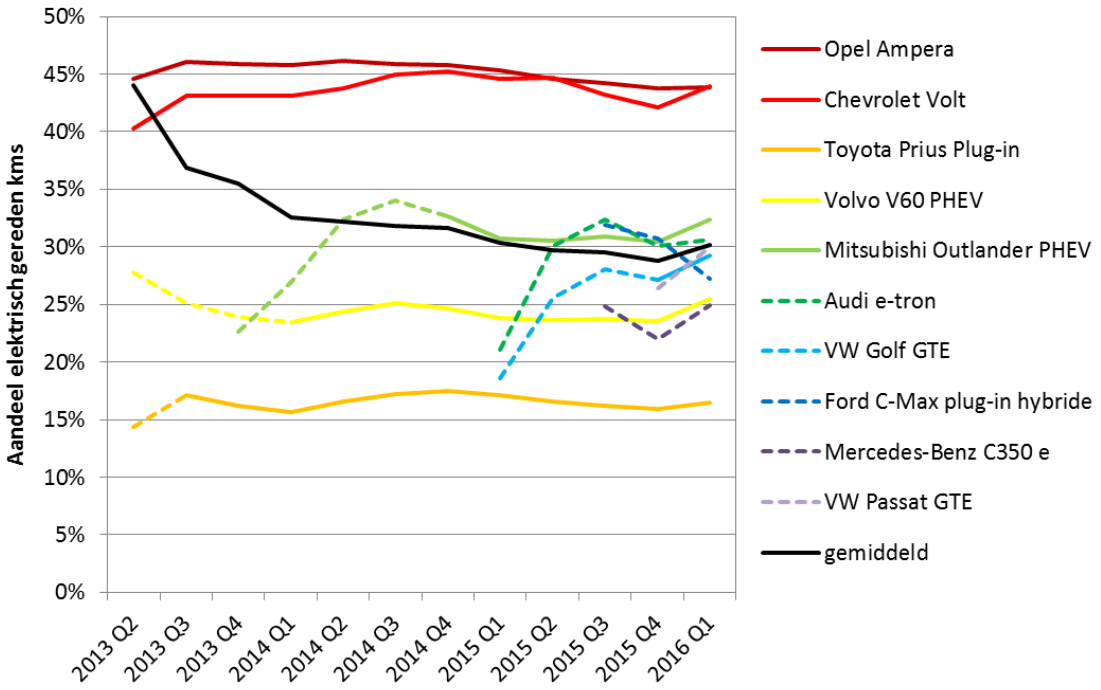
Per model zijn de aandelen elektrisch gereden kilometers door de tijd heen nagenoeg constant gebleven. Dit is consistent met de hierboven beschreven trends in het brandstofverbruik. Het gemiddelde over de hele vloot is eind 2013 significant gedaald als gevolg van de grootschalige introductie van modellen met een kleinere elektrische actieradius. De laatste anderhalf jaar is het gemiddelde ook nagenoeg constant.

Tabel 5: Aandeel elektrisch gereden kilometers, gemiddeld over alle gereden kilometers, op basis van de fits in Figuur 3, vergeleken met de waarde die gebruikt is voor de typekeuringstest.

		Voortschrijdend jaargemiddelde (op basis van jaar voorafgaand aan einde kwartaal)											
Gemiddelden op basis van weging over kilometers	Type-keuring	2013 Q2	2013 Q3	2013 Q4	2014 Q1	2014 Q2	2014 Q3	2014 Q4	2015 Q1	2015 Q2	2015 Q3	2015 Q4	2016 Q1
Opel Ampera	77%	45%	46%	46%	46%	46%	46%	46%	45%	45%	44%	44%	44%
Chevrolet Volt	77%	40%	43%	43%	43%	44%	45%	45%	45%	45%	43%	42%	44%
Toyota Prius Plug-in	50%	*14%*	17%	16%	16%	17%	17%	17%	17%	17%	16%	16%	17%
Volvo V60 PHEV	67%	*28%*	*25%*	*24%*	23%	24%	25%	25%	24%	24%	24%	24%	26%
Mitsubishi Outlander PHEV	68%			*23%*	*27%*	*32%*	*34%*	33%	31%	30%	31%	30%	32%
Audi e-tron	67%								*21%*	*30%*	*32%*	*30%*	31%
VW Golf GTE	66%								*19%*	*26%*	*28%*	27%	29%
Ford C-Max plug-in hybride	64%										*32%*	*31%*	*27%*
Mercedes-Benz C350 e	55%										*25%*	*22%*	*25%*
VW Passat GTE	67%											*26%*	*30%*
BMW i3	86%							*87%*	*83%*	*83%*	*83%*	*83%*	*82%*
Gemiddeld (jaargemiddelden)		44%	37%	36%	33%	32%	32%	32%	30%	30%	30%	29%	30%
Gemiddeld (alle data)		*36%*	*36%*	*34%*	*32%*	*32%*	*32%*	*32%*	*30%*	*30%*	*30%*	*29%*	*30%*

N.B.

- De waarden per kwartaal zijn voortschrijdende gemiddelden over het voorgaande jaar, zodat seizoensvariaties worden uitgefilterd.
- Voor de kwartalen waarvan resultaten in zwart zijn weergegeven is er tenminste één jaar data beschikbaar voorafgaand aan het einde van dat kwartaal.
- Resultaten in *grijs / italic* zijn indicatieve gemiddelden voor kwartalen waarin een model al wel op markt was, maar er nog niet voor een heel jaar data beschikbaar was.
- De resultaten voor de BMW i3 met range extender zijn in *blauw / italic* weergegeven om aan te geven dat de resultaten minder nauwkeurig zijn als gevolg van het geringe aantal voertuigen en het feit dat de toepaste analysemethode minder geschikt is voor dit type aandrijving.
- “Gemiddeld (jaargemiddelden)” is de middeling van kwartaalresultaten die gebaseerd zijn op data voor een vol jaar voorafgaand aan het einde van dat kwartaal.
- “Gemiddeld (alle data)” is de middeling van alle kwartaalresultaten door ook de modellen in de middeling mee te nemen waarvoor nog geen heel jaar data beschikbaar is. Bij deze middeling wordt het effect van de ingroei van nieuwe modellen op het gemiddelde minder schoksgewijs zichtbaar.



Figuur 4: Aandeel elektrisch gereden kilometers, gemiddeld over alle gereden kilometers, op basis van de fits in Figuur 3. De waarden per kwartaal zijn voortschrijdende gemiddelden over het voorgaande jaar, zodat seizoensvariaties worden uitgefilterd. De onderbroken lijnen geven de resultaten voor modellen + kwartalen waarvoor nog geen volledig jaar data beschikbaar is om seizoensvariaties uit te kunnen middelen. Het gemiddelde is bepaald op basis van modellen + kwartalen waarvoor wel een heel jaar data beschikbaar is.

3.4.2 Impact van de 25% “slechtste” PHEV-rijders

Om het gemiddeld aandeel elektrisch gereden kilometers te verhogen is het waarschijnlijk effectiever om ervoor te zorgen dat PHEV-rijders die nu niet of nauwelijks laden meer elektrisch gaan rijden dan om het gedrag te verbeteren van PHEV-rijders die nu al wel een significant deel van hun kilometers elektrisch afleggen. Om hier gevoel voor te krijgen geeft Tabel 6 een indicatieve inschatting van de gemiddelde aandelen elektrisch gereden kilometers voor de 25% “slechtste” PHEV-rijders. Resultaten zijn gewogen over de kilometers (in plaats van over de voertuigen zoals in paragraaf 3.5), om een inschatting te kunnen maken van het effect op de emissies van de totale vloot als deze groep rijders meer zou gaan laden. Resultaten zijn indicatief omdat de onnauwkeurigheid van de rekenmethodiek, waarmee het verbruik bij rijden op de verbrandingsmotor wordt ingeschat, voor deze dataset een groter relatief effect heeft dan voor voertuigen die veel elektrisch rijden.

Het is duidelijk dat het aandeel elektrisch gereden kilometers voor de 25% “slechtste” PHEV-rijders veel lager ligt dan voor de gehele populatie. Opvallend is ook de dalende trend, die samenhangt met de introductie van nieuwe modellen. Daar waar de slechtst presterende Ampera’s en Volts altijd nog zo’n 20% van hun kilometers elektrisch afleggen, is dat voor een aantal nieuwere modellen maar enkele procenten.

Tabel 6: Aandeel elektrisch gereden kilometers van de **25% "slechtste" PHEV-rijders**.

		Voortschrijdend jaargemiddelde (op basis van jaar voorafgaand aan einde kwartaal)											
Gemiddelden op basis van weging over kilometers	Type-keuring	2013 Q2	2013 Q3	2013 Q4	2014 Q1	2014 Q2	2014 Q3	2014 Q4	2015 Q1	2015 Q2	2015 Q3	2015 Q4	2016 Q1
Opel Ampera	77%	24%	25%	24%	21%	22%	22%	22%	22%	21%	20%	18%	18%
Chevrolet Volt	77%	16%	19%	19%	19%	19%	19%	19%	18%	15%	11%	12%	20%
Toyota Prius Plug-in	50%	*0%*	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Volvo V60 PHEV	67%	*13%*	*3%*	*2%*	0%	2%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	3%
Mitsubishi Outlander PHEV	68%			*8%*	*5%*	*11%*	*13%*	11%	8%	8%	8%	7%	8%
Audi e-tron	67%								*0%*	*6%*	*8%*	*5%*	6%
VW Golf GTE	66%								*0%*	*1%*	*4%*	3%	4%
Ford C-Max plug-in hybride	64%										*14%*	*9%*	*6%*
Mercedes-Benz C350 e	55%										*4%*	*5%*	*2%*
VW Passat GTE	67%											*6%*	*5%*
BMW i3	86%							*83%*	*72%*	*74%*	*72%*	*75%*	*69%*
Gemiddeld (jaargemiddelden)		22%	17%	15%	11%	11%	11%	10%	9%	8%	7%	6%	7%
Gemiddeld (alle data)		*17%*	*17%*	*14%*	*11%*	*11%*	*11%*	*10%*	*9%*	*8%*	*8%*	*7%*	*7%*

N.B.
- Zie noten bij Tabel 5
- Voor de kwartalen waarvan resultaten in *groen italic* liggen de waarden rond 0%. Door ruis in de meetgegevens en beperkingen aan de nauwkeurigheid van de rekenmethodiek komt een deel van deze resultaten op negatieve waarden uit. Deze zijn daarom op 0% gesteld.

In Q1 2016 is het gemiddeld aandeel elektrisch gereden kilometers door de 25% slechtste PHEV-rijders slechts 7%. Dit leidt tot een gemiddelde CO_2-emissie van 161 g/km. Uit deze resultaten kan worden afgeleid dat het gemiddeld aandeel van de totale in Q1 2016 door PHEVs elektrisch afgelegde kilometers zou stijgen van 30% naar 38% indien de 25% slechtste PHEV-rijders het gemiddeld laadgedrag van de 75% beste PHEV-rijders zouden adopteren. De gemiddelde CO_2-emissie van de hele PHEV-vloot zou in dat geval dalen van 123 g/km (zie paragraaf 3.6) naar 109 g/km.

3.5 Bepaling van trends in het aandeel elektrisch gereden kilometers: een gebruikersperspectief

In deze paragraaf zullen we het aandeel elektrisch gereden kilometers vanuit een gebruikersperspectief analyseren. Dat betekent dat we:

- het gemiddeld brandstofverbruik en aandeel elektrisch gereden kilometers per model bepalen door de resultaten per voertuig te middelen over alle voertuigen van hetzelfde model;
- het gemiddeld brandstofverbruik en aandeel elektrisch gereden kilometers van alle gebruikers bepalen door de resultaten per model te middelen over het totaal aantal voertuigen.

Dit genereert het volgende type antwoorden:

- De gemiddelde gebruiker van een PHEV rijdt xx% van zijn kilometers op uit het elektriciteitsnet geladen elektriciteit;
- De best 50% PHEV-rijders rijden gemiddeld xx% van de kilometers elektrisch.

In dit type analyse weegt iedere gebruiker even zwaar mee in het bepalen van het gemiddelde, ongeacht het aantal kilometers dat hij/zij rijdt.

De over de voertuigen / gebruikers gemiddelde aandelen elektrisch rijden zijn per model weergegeven in Tabel 7. De aandelen zijn marginaal groter dan bij over gereden kilometers gewogen middeling. Dit is verklaarbaar doordat voertuigen die veel kilometers maken gemiddeld een kleiner aandeel elektrische kilometers zullen hebben. Ook vanuit dit perspectief zijn per model de aandelen elektrisch gereden kilometers door de tijd heen nagenoeg constant gebleven. Het gemiddelde over de hele vloot is eind 2013 significant gedaald als gevolg van de grootschalige introductie van modellen met een kleinere elektrische actieradius. De laatste anderhalf jaar is het gemiddelde nagenoeg constant.

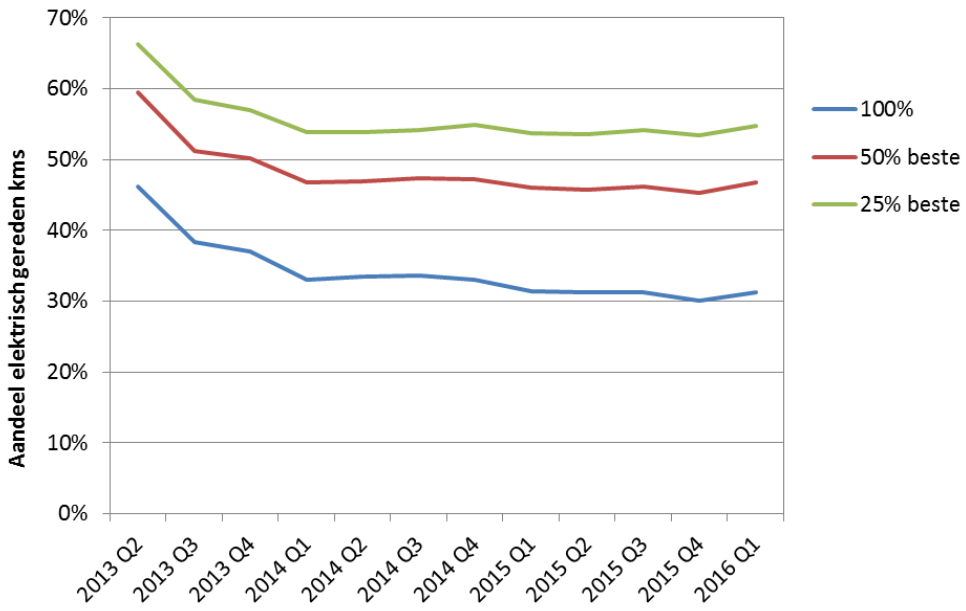
Tabel 7: Aandeel elektrisch gereden kilometers, gemiddeld over alle voertuigen, op basis van de fits in Figuur 3, vergeleken met de waarde die gebruikt is voor de typekeuringstest.

		Voortschrijdend jaargemiddelde (op basis van jaar voorafgaand aan einde kwartaal)											
Gemiddelden op basis van weging over voertuigen	Type-keuring	2013 Q2	2013 Q3	2013 Q4	2014 Q1	2014 Q2	2014 Q3	2014 Q4	2015 Q1	2015 Q2	2015 Q3	2015 Q4	2016 Q1
Opel Ampera	77%	46%	48%	48%	48%	49%	49%	49%	48%	47%	47%	46%	46%
Chevrolet Volt	77%	44%	48%	47%	47%	48%	49%	48%	47%	47%	46%	46%	48%
Toyota Prius Plug-in	50%	*15%*	19%	17%	16%	18%	18%	18%	18%	18%	17%	17%	18%
Volvo V60 PHEV	67%	*30%*	*31%*	*26%*	23%	25%	26%	25%	24%	24%	25%	24%	27%
Mitsubishi Outlander PHEV	68%			*29%*	*28%*	*34%*	*35%*	34%	31%	32%	32%	31%	33%
Audi e-tron	67%								*21%*	*32%*	*34%*	*31%*	31%
VW Golf GTE	66%								*21%*	*27%*	*30%*	28%	30%
Ford C-Max plug-in hybride	64%										*37%*	*34%*	*28%*
Mercedes-Benz 350 e	55%									*40%*	*27%*	*23%*	*25%*
VW Passat GTE	67%											*29%*	*30%*
BMW i3	86%							*89%*	*86%*	*87%*	*86%*	*87%*	*84%*
Gemiddeld (jaargemiddelden)		46%	38%	37%	33%	33%	34%	33%	31%	31%	31%	30%	31%
Gemiddeld (alle data)		*37%*	*38%*	*35%*	*32%*	*34%*	*34%*	*33%*	*32%*	*31%*	*32%*	*30%*	*31%*

N.B. Zie noten bij Tabel 5.

De doelstellingen van de Stuurgroep PHEV van het Formule E-team richten zich vooral op het in kaart brengen van de voortrekkers, het daarmee aantonen van de haalbare reductie van CO_2-emissies, en op maatregelen om een grotere groep gebruikers te verleiden het gedrag van de koplopers te kopiëren. Daarom wordt er als indicator ook gekeken naar trends in het aandeel elektrisch gereden kilometers van de 50% en 25% best presterende PHEV-rijders. Een eerste analyse is weergegeven in Figuur 5. De waarden in deze grafiek zijn bepaald op basis van een analyse over alle voertuigen van verschillende modellen in de database. Aangegeven wordt wat het jaargemiddelde aandeel elektrisch gereden kilometers is voor de 50% en 25% “beste” PHEV-rijders in de gehele PHEV vloot. Met “beste” wordt dan bedoeld de PHEV-rijders met de hoogste aandelen elektrisch gereden kilometers.

Voor de hele PHEV-vloot (alle modellen) ligt het gemiddelde over alle bestuurders rond de 30%, in lijn met resultaten van de middeling over alle kilometers in Tabel 5. Voor de 50% beste PHEV-rijders schommelt het aandeel rond de 48%. De 25% beste PHEV-bestuurders halen zelfs een aandeel van rond de 54%. Alle lijnen tonen vergelijkbare trends.



Figuur 5: Het jaargemiddelde aandeel elektrisch gereden kilometers voor alle PHEV-rijders (100%) en de 50% en 25% beste PHEV-rijders in de PHEV vloot. De waarden per kwartaal zijn voortschrijdende gemiddelden over het voorgaande jaar, zodat seizoenvariaties worden uitgefilterd (per kwartaal alleen modellen meegenomen waarvoor een heel jaar data beschikbaar is).

In Tabel 8 en Tabel 9 is dezelfde analyse per model uitgevoerd. Tabel 8 geeft het percentage van de totale PHEV-kilometers dat door de beste 50% PHEV-rijders elektrisch wordt afgelegd, in vergelijking met de waarde in de typekeuringstest. De tabel laat zien dat het aandeel elektrisch gereden kilometers voor de beste 50% PHEV-rijders ongeveer anderhalf keer zo hoog is als het gemiddelde voor alle met PHEVs gereden kilometers. Als in plaats van de 50% beste een kleinere groep van de 25% beste PHEV-rijders wordt genomen (Tabel 9), dan is het maximale potentieel voor het aandeel elektrisch rijden met PHEVs in de praktijk goed zichtbaar.

Zoals aangegeven in paragraaf 3.4.2 heeft de 25% slechtste PHEV-rijders een groot effect op het gemiddelde, en kan verandering van het gedrag van deze groep effectiever zijn voor het halen van de doelen dan verdere verbetering van het gedrag van bijvoorbeeld de 50% of 25% beste PHEV-rijders. Het gemiddeld aandeel van de totale in Q1 2016 door PHEVs elektrisch afgelegde kilometers zou stijgen van 30% naar 38% indien de 25% slechtste PHEV-rijders het gemiddeld laadgedrag van de 75% beste PHEV-rijders zouden adopteren, en naar 40% indien deze groep het gemiddeld laadgedrag van de 50% beste PHEV-rijders zou adopteren.

Tabel 8: Percentage van de totale PHEV-kilometers dat door de **beste 50% PHEV-rijders** elektrisch wordt afgelegd, in vergelijking met de waarde in de typekeuringstest.

		Voortschrijdend jaargemiddelde (op basis van jaar voorafgaand aan einde kwartaal)											
Gemiddelden op basis van weging over voertuigen	Type-keuring	2013 Q2	2013 Q3	2013 Q4	2014 Q1	2014 Q2	2014 Q3	2014 Q4	2015 Q1	2015 Q2	2015 Q3	2015 Q4	2016 Q1
Opel Ampera	77%	60%	62%	62%	63%	64%	64%	64%	63%	63%	63%	63%	61%
Chevrolet Volt	77%	58%	63%	62%	63%	63%	65%	64%	64%	63%	63%	63%	63%
Toyota Prius Plug-in	50%	*26%*	30%	28%	27%	28%	29%	29%	29%	29%	29%	29%	30%
Volvo V60 PHEV	67%	*41%*	*43%*	*39%*	37%	39%	40%	39%	38%	38%	39%	38%	41%
Mitsubishi Outlander PHEV	68%			*39%*	*42%*	*48%*	*50%*	48%	47%	47%	48%	47%	49%
Audi e-tron	67%								*32%*	*46%*	*50%*	*47%*	47%
VW Golf GTE	66%								*37%*	*42%*	*46%*	45%	46%
Ford C-Max plug-in hybride	64%										*50%*	*47%*	*41%*
Mercedes-Benz C350 e	55%										*39%*	*34%*	*40%*
VW Passat GTE	67%											*42%*	*46%*
BMW i3	86%							*91%*	*92%*	*92%*	*91%*	*92%*	*90%*
Gemiddeld (jaargemiddelden)		59%	51%	50%	47%	47%	47%	47%	46%	46%	46%	45%	47%
Gemiddeld (alle data)		*49%*	*51%*	*48%*	*46%*	*47%*	*48%*	*47%*	*46%*	*46%*	*46%*	*45%*	*46%*

N.B. Zie noten bij Tabel 5.

Tabel 9: Percentage van de totale PHEV-kilometers dat door de **beste 25% PHEV-rijders** elektrisch wordt afgelegd, in vergelijking met de waarde in de typekeuringstest.

		Voortschrijdend jaargemiddelde (op basis van jaar voorafgaand aan einde kwartaal)											
Gemiddelden op basis van weging over voertuigen	Type-keuring	2013 Q2	2013 Q3	2013 Q4	2014 Q1	2014 Q2	2014 Q3	2014 Q4	2015 Q1	2015 Q2	2015 Q3	2015 Q4	2016 Q1
Opel Ampera	77%	66%	68%	68%	70%	70%	70%	71%	70%	70%	70%	70%	68%
Chevrolet Volt	77%	65%	70%	70%	71%	71%	72%	72%	70%	71%	71%	70%	72%
Toyota Prius Plug-in	50%	*32%*	38%	35%	34%	36%	36%	36%	36%	36%	36%	37%	38%
Volvo V60 PHEV	67%	*48%*	*51%*	*47%*	45%	46%	48%	47%	46%	45%	46%	46%	49%
Mitsubishi Outlander PHEV	68%			*46%*	*51%*	*56%*	*58%*	56%	55%	55%	56%	56%	57%
Audi e-tron	67%									*54%*	*59%*	*56%*	54%
VW Golf GTE	66%								*48%*	*51%*	*55%*	54%	55%
Ford C-Max plug-in hybride	64%										*61%*	*56%*	*51%*
Mercedes-Benz C350 e	55%										*47%*	*41%*	*49%*
VW Passat GTE	67%											*50%*	*53%*
BMW i3	86%								*94%*	*94%*	*94%*	*94%*	*92%*
Gemiddeld (jaargemiddelden)		66%	58%	57%	54%	54%	54%	55%	54%	53%	54%	53%	55%
Gemiddeld (alle data)		*56%*	*58%*	*55%*	*53%*	*55%*	*56%*	*55%*	*54%*	*54%*	*54%*	*53%*	*54%*

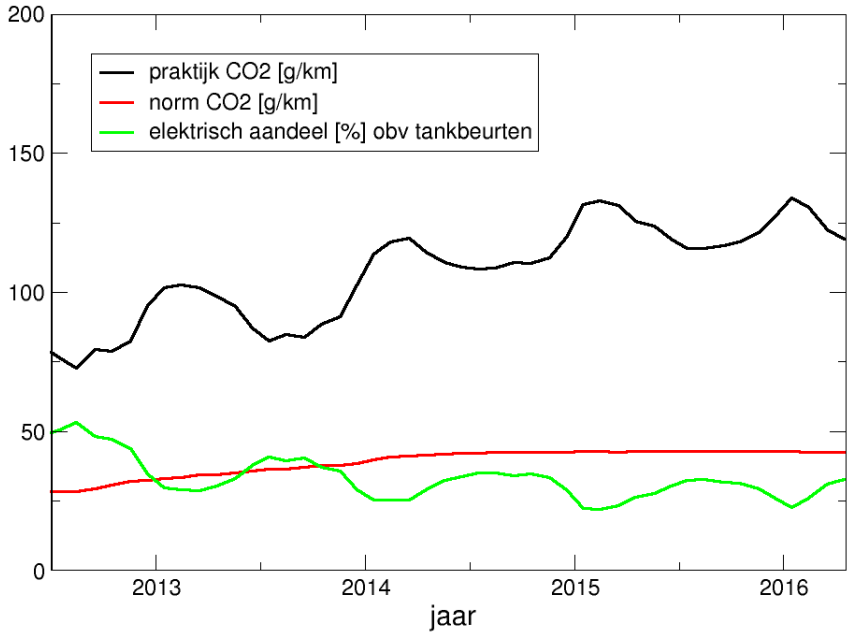
N.B. Zie noten bij Tabel 5.

3.6 CO_2-emissies volgens de norm en in de praktijk

Bij conventionele voertuigen wordt de laatste 10 jaar een groeiend verschil waargenomen tussen het praktijkverbruik en typekeuringswaarden. Als gevolg daarvan vertaalt het, mede onder invloed van Brusselse CO_2-normen, dalende gemiddelde normverbruik zich maar beperkt in een daling van het gemiddelde praktijkverbruik.

Voor de Nederlandse PHEV-vloot is het gemiddelde normverbruik over de laatste jaren juist toegenomen als gevolg van het toenemende aandeel van grotere voertuigen met een kleinere elektrische actieradius. Het gemiddelde verschil tussen

praktijk en typekeuring daalde aanvankelijk licht maar groeit sinds eind 2014 weer, waardoor het gemiddelde praktijkverbruik harder stijgt dan het gemiddelde normverbruik. Dit is weergegeven in Figuur 6. Door alle tankgegevens per maand te middelen is ook de seizoensvariatie duidelijk zichtbaar.



Figuur 6: Ontwikkeling van de gemiddelde CO_2-emissies van de gemonitorde PHEV-vloot volgens de typekeuring (norm-emissies) en in de praktijk. De stijgende lijnen worden deels veroorzaakt door een dalend aandeel elektrisch gereden kilometers en deels door de veranderende samenstelling van het PHEV wagenpark. De grafiek is gebaseerd op gemiddelden per maand waardoor seizoensvariaties zichtbaar zijn.

Onderstaande tabellen geven per model voor de hele PHEV-vloot en voor de 50% beste PHEV-rijders een beeld van de ontwikkeling van de CO_2-emissie die PHEVs in de praktijk per gereden kilometer uitstoten in vergelijking met de waarde die in de typekeuringstest is bepaald. Het gaat daarbij om de directe CO_2-uitstoot uit de uitlaat. De emissies die vrijkomen bij elektriciteitsopwekking of de productie van brandstoffen zijn buiten beschouwing gelaten. De gemiddelde CO_2-emissie per kilometer in de praktijk is per model en gemiddeld over de hele vloot weergegeven in Tabel 10. De absolute en relatieve afwijking van de CO_2-emissies in de praktijk ten opzichte van de typekeuringswaarde is per model weergegeven in Tabel 11. De resultaten zijn gewogen over de voertuigaantallen.

Per model is de CO_2-emissie per kilometer in de praktijk door de tijd heen nagenoeg constant gebleven. Dit is consistent met de hierboven beschreven trends in het aandeel elektrisch gereden kilometers. Het gemiddelde over de hele vloot is tot halverwege 2015 significant gestegen als gevolg van de grootschalige introductie van modellen met een kleinere elektrische actieradius en een hoger brandstofverbruik bij rijden op de verbrandingsmotor. De laatste drie à vier kwartalen is het gemiddelde nagenoeg constant. Voor de 50% beste PHEV-rijders is de praktijkemissie van CO_2 tussen de 15 en 30 g/km lager dan voor de hele vloot.

Tabel 10: De gemiddelde CO_2-uitstoot per kilometer over een heel jaar voorafgaand aan de einddatum van ieder kwartaal, per model en van alle voertuigen samen, voor de gehele vloot (100%) en voor de 50% beste PHEV-rijders.

100%		CO_2-praktijkemissie [g/km] (voortschrijdend jaargemiddelde op basis van jaar voorafgaand aan einde kwartaal)											
Gemiddelden op basis van weging over kilometers	Type-keuring	2013 Q2	2013 Q3	2013 Q4	2014 Q1	2014 Q2	2014 Q3	2014 Q4	2015 Q1	2015 Q2	2015 Q3	2015 Q4	2016 Q1
Opel Ampera	27	86	84	84	85	84	85	85	85	86	87	88	88
Chevrolet Volt	27	97	92	92	92	91	89	89	90	90	92	94	91
Toyota Prius Plug-in	49	*104*	100	101	102	101	100	100	100	101	101	102	101
Volvo V60 PHEV	48	*122*	*126*	*128*	129	127	126	127	128	128	128	129	125
Mitsubishi Outlander PHEV	44			*155*	*146*	*136*	*132*	135	139	139	138	139	135
Audi e-tron	37-39								*133*	*118*	*114*	*118*	117
VW Golf GTE	35-37								*136*	*124*	*120*	122	118
Ford C-Max plug-in hybride	46										*112*	*114*	*119*
Mercedes-Benz C350 e	48-55										*143*	*149*	*143*
VW Passat GTE	37-39											*127*	*121*
BMW i3	13							*21*	*27*	*27*	*27*	*27*	*28*
Gemiddeld (jaargemiddelden)		88	90	91	98	100	101	115	119	121	122	124	122
Gemiddeld (alle data)		*92*	*91*	*96*	*104*	*108*	*111*	*115*	*119*	*121*	*121*	*124*	*123*

50% beste		CO_2-praktijkemissie [g/km] (voortschrijdend jaargemiddelde op basis van jaar voorafgaand aan einde kwartaal)											
Gemiddelden op basis van weging over kilometers	Type-keuring	2013 Q2	2013 Q3	2013 Q4	2014 Q1	2014 Q2	2014 Q3	2014 Q4	2015 Q1	2015 Q2	2015 Q3	2015 Q4	2016 Q1
Opel Ampera	27	65	63	62	60	59	59	58	59	60	60	61	62
Chevrolet Volt	27	66	62	64	63	63	60	59	60	61	61	64	63
Toyota Prius Plug-in	49	*91*	87	88	89	88	87	87	87	87	88	88	86
Volvo V60 PHEV	48	*104*	*98*	*104*	106	104	103	104	105	106	105	106	101
Mitsubishi Outlander PHEV	44			*121*	*118*	*107*	*103*	106	110	109	107	108	103
Audi e-tron	37-39								*117*	*93*	*87*	*92*	91
VW Golf GTE	35-37								*106*	*96*	*93*	94	91
Ford C-Max plug-in hybride	46										*82*	*86*	*97*
Mercedes-Benz C350 e	48-55										*117*	*126*	*114*
VW Passat GTE	37-39											*100*	*95*
BMW i3	13							*14*	*12*	*14*	*14*	*14*	*16*
Gemiddeld (jaargemiddelden)		65	70	71	77	79	80	91	95	96	96	98	95
Gemiddeld (alle data)		*72*	*71*	*74*	*82*	*85*	*87*	*91*	*95*	*96*	*95*	*98*	*95*

N.B. Zie noten bij Tabel 5.

Gemiddeld over de hele PHEV-vloot is de normwaarde voor de CO_2-emissies van de gemonitorde vloot PHEVs in de afgelopen jaren gestegen. Deze trends vertalen zich in veranderingen in het absolute en relatieve verschil tussen praktijk en typekeuring per model zoals weergegeven in Tabel 11. Gemiddeld over de hele PHEV-vloot geeft dat een trend zoals weergegeven in Tabel 12.

Tabel 11: Absolute en relatieve afwijking per model tussen de gemiddelde CO_2-uitstoot per kilometer in de praktijk en de uitstoot volgens de typekeuring (0% betekent gelijk aan normwaarde) voor de gehele PHEV-vloot (100%) en de 50% beste PHEV-rijders.

100%		Voortschrijdend jaargemiddelde (op basis van jaar voorafgaand aan einde kwartaal)											
Gemiddelden op basis van weging over kilometers		2013 Q2	2013 Q3	2013 Q4	2014 Q1	2014 Q2	2014 Q3	2014 Q4	2015 Q1	2015 Q2	2015 Q3	2015 Q4	2016 Q1
Opel Ampera	abs.	59	57	57	58	57	58	58	58	59	60	61	61
	rel.	220%	212%	213%	213%	211%	213%	214%	216%	220%	223%	225%	225%
Chevrolet Volt	abs.	70	65	65	65	64	62	62	63	63	65	67	64
	rel.	258%	241%	241%	241%	237%	230%	228%	232%	232%	241%	247%	236%
Toyota Prius Plug-in	abs.	55	51	52	53	52	51	51	51	52	52	53	52
	rel.	112%	105%	107%	108%	106%	105%	104%	105%	106%	107%	108%	106%
Volvo V60 PHEV	abs.	74	78	80	81	79	78	79	80	80	80	81	77
	rel.	153%	163%	167%	168%	165%	163%	164%	167%	168%	167%	168%	161%
Mitsubishi Outlander PHEV	abs.			111	102	92	88	91	95	95	94	95	91
	rel.			252%	233%	208%	201%	207%	215%	217%	215%	217%	208%
Audi e-tron	abs.								95	80	76	80	79
	rel.								249%	209%	199%	209%	207%
VW Golf GTE	abs.								100	88	84	86	82
	rel.								277%	245%	233%	238%	228%
Ford C-Max plug-in hybride	abs.										66	68	73
	rel.										143%	147%	159%
Mercedes-Benz C350 e	abs.										93	99	93
	rel.										186%	197%	186%
VW Passat GTE	abs.											89	83
	rel.											235%	219%
BMW i3	abs.							8	14	14	14	14	15
	rel.							63%	107%	107%	110%	111%	118%

50% beste		Voortschrijdend jaargemiddelde (op basis van jaar voorafgaand aan einde kwartaal)											
Gemiddelden op basis van weging over kilometers		2013 Q2	2013 Q3	2013 Q4	2014 Q1	2014 Q2	2014 Q3	2014 Q4	2015 Q1	2015 Q2	2015 Q3	2015 Q4	2016 Q1
Opel Ampera	abs.	38	36	35	33	32	32	31	32	33	33	34	35
	rel.	140%	132%	129%	122%	117%	117%	115%	120%	122%	123%	126%	128%
Chevrolet Volt	abs.	39	35	37	36	36	33	32	33	34	34	37	36
	rel.	144%	130%	138%	134%	133%	124%	119%	123%	125%	126%	135%	133%
Toyota Prius Plug-in	abs.	42	38	39	40	39	38	38	38	38	39	39	37
	rel.	85%	78%	80%	81%	79%	77%	77%	77%	78%	79%	79%	76%
Volvo V60 PHEV	abs.	56	50	56	58	56	55	56	57	58	57	58	53
	rel.	117%	104%	117%	121%	118%	114%	116%	119%	120%	118%	122%	111%
Mitsubishi Outlander PHEV	abs.			77	74	63	59	62	66	65	63	64	59
	rel.			175%	169%	142%	134%	141%	149%	148%	144%	146%	134%
Audi e-tron	abs.								79	55	49	54	53
	rel.								209%	146%	128%	141%	140%
VW Golf GTE	abs.								70	60	57	58	55
	rel.								194%	168%	159%	162%	152%
Ford C-Max plug-in hybride	abs.										36	40	51
	rel.										77%	86%	112%
Mercedes-Benz C350 e	abs.										67	76	64
	rel.										135%	151%	129%
VW Passat GTE	abs.											62	57
	rel.											162%	149%
BMW i3	abs.							1	-1	1	1	1	3
	rel.							5%	-4%	6%	7%	8%	22%

N.B. Zie noten bij Tabel 5.

Tabel 12: Gemiddelde relatieve afwijking over alle modellen tussen de gemiddelde CO_2-uitstoot per kilometer in de praktijk en de uitstoot volgens de typekeuring (0% betekent gelijk aan normwaarde) op basis van middeling over kilometers.

Gemiddelden op basis van weging over kilometers	Referentie[a]	Realisatie												Doel[a]
		Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	
	eind 2013	2013	2013	2013	2014	2014	2014	2014	2015	2015	2015	2015	2016	1-4-2016
jaargemiddelden	180%	225%	181%	179%	176%	172%	170%	183%	188%	190%	190%	197%	194%	90%
alle data		*194%*	*180%*	*177%*	*181%*	*178%*	*177%*	*181%*	*188%*	*191%*	*192%*	*196%*	*193%*	

a) Doel is halvering ten opzichte van de TNO meting per eind 2013 (nulmeting)

N.B. Omdat seizoensvariaties moeten worden uitgemiddeld, kunnen betrouwbare trends alleen worden afgeleid op basis van kwartaalcijfers die zijn gebaseerd op een voortschrijdend jaargemiddelde.

- Resultaten die in zwart zijn weergegeven zijn gemiddelden over alle modellen waarvoor er tenminste één jaar data beschikbaar is voorafgaand aan het einde van dat kwartaal.
- Resultaten in *grijs / italic* zijn indicatieve gemiddelden over alle modellen, inclusief die modellen waarvoor er aan het einde van het kwartaal nog niet voor een heel jaar data beschikbaar is.

De relatieve afwijking tussen praktijkemissies en normwaarde daalde tot en met het derde kwartaal van 2014, maar laat sindsdien een licht stijgende trend zien met uitzondering van het eerste kwartaal van 2016. Het doel, halvering van de relatieve afwijking “ten opzichte van de TNO meting per 2013”, komt daarmee niet dichterbij.

Als nulmeting is hier niet uitgegaan van de resultaten van eerdere TNO-analyses, maar van het gemiddelde uit de huidige analyse tot en met het vierde kwartaal van 2013. De reden hiervoor is dat voor de huidige analyse een grotere database met voertuiggegevens is gebruikt dan voor eerdere TNO-rapportages.

Bij resultaten die gemiddeld zijn over alle modellen hebben veranderingen in de vlootsamenstelling, in het bijzonder de toevoeging van voertuigen met een kleiner dan gemiddelde elektrische actieradius of met een hoger brandstofverbruik bij rijden op de verbrandingsmotor, een dominant effect op de mate waarin de doelstelling wordt gehaald.

De CO_2 uitstoot van de onderzochte voertuigen is op de typekeuring laag: allemaal stoten ze onder de 50 g/km uit, wat overeenkomt met een typisch brandstofverbruik tussen de 1 en 2 liter per 100 kilometer. Zelfs met een relatieve afwijking van het praktijkverbruik van 175 - 200% ten opzichte van de typekeuringswaarden zijn deze voertuigen in de praktijk nog steeds relatief zuinig vergeleken met veel conventionele auto’s. Maar het verschil is de afgelopen jaren wel afgenomen, zoals te zien is in Tabel 13. In deze tabel worden de voor de PHEV-vloot gevonden gemiddelde praktijkemissies vergeleken met die van de totale nieuwverkopen in Nederland en die in de zakelijke markt in 2013, 2014 en 2015. De PHEVs zijn voor een groot deel middenklassers, zodat deze vergelijking een redelijke indicatie geeft. Ten opzichte van de zakelijke nieuwverkopen (die een groter aandeel diesels bevatten) is het verschil kleiner dan ten opzichte van de totale nieuwverkopen.

Tabel 13: Vergelijking van de gemiddelde CO_2-emissies van PHEVs in de praktijk met gemiddelde waarden voor de nieuwverkopen in Nederland (bronnen: CLO, RAI).

		2013	2014	2015
typekeuring	gemiddelde nieuwverkopen totaal	109	107	102
	gemiddelde nieuwverkopen zakelijke markt	104	101	93
praktijk	gemiddelde nieuwverkopen totaal	*159*	*157*	*152*
	gemiddelde nieuwverkopen zakelijke markt	*154*	*151*	*143*
praktijk	PHEVs (Q4)	91	115	124

N.B. Voor bepaling van de praktijkemissies van de nieuwverkopen is gebruik gemaakt van de formule: praktijk = 0,95 x typekeuringswaarde + 55 g/km. Deze formule is gebaseerd op analyse van recente Travelcard praktijkdata voor conventionele voertuigen[13].

[13] Zie TNO 2015 R10730 *Potential CO_2 technologies and their costs for Dutch passenger car fleet*, N. Ligterink et al., juni 2015

4 Analyse van beschikbare laadgegevens

4.1 Inleiding

Ten tijde van de vorige rapportage, over de periode tot en met het eerste kwartaal van 2015, waren er nog geen laaddata beschikbaar voor de gemonitorde voertuigen. Gedurende 2015 is het gelukt om laadgegevens te koppelen aan specifieke voertuigen en de bij die voertuigen behorende tankgegevens.

Dit hoofdstuk bevat een eerste analyse van de nu beschikbare laaddata. Belangrijk om daarbij op te merken dat alleen gegevens beschikbaar zijn over laadbeurten die hebben plaatsgevonden bij laadpunten waarvoor een laadpas wordt gebruikt. Laden uit een normaal stopcontact of andere niet bemeterde laadfaciliteit op eigen terrein thuis, op het werk of op andere punten waar dat mogelijk is (bijv. bij restaurants), wordt niet geregistreerd. De resultaten van de hieronder gepresenteerde analyse zijn dus in principe een onderschatting van de frequentie waarmee PHEVs in Nederland uit het elektriciteitsnet worden opgeladen.

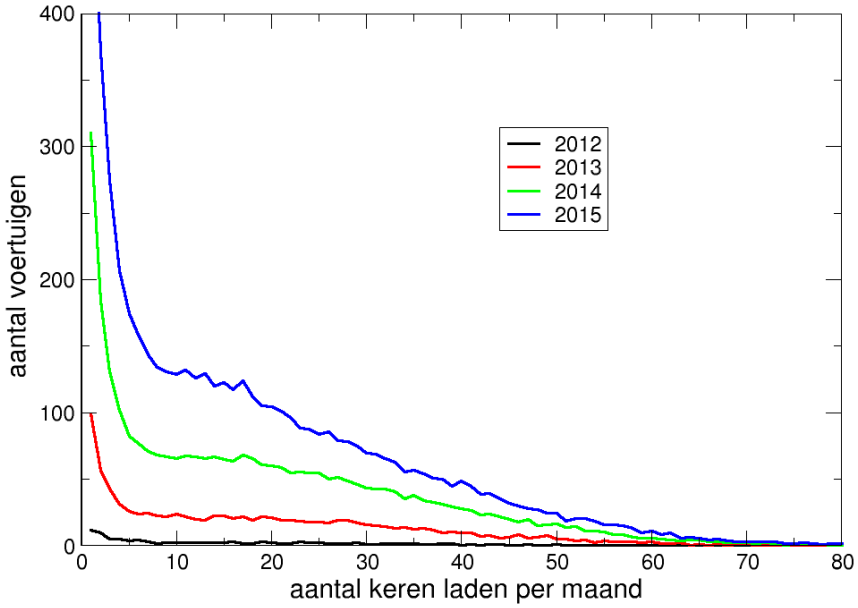
4.2 Beschikbaarheid van laadinfrastructuur

Er zijn geen gegevens beschikbaar voor monitoring van het in het plan van aanpak gestelde doel met betrekking tot de beschikbaarheid van laadinfrastructuur.

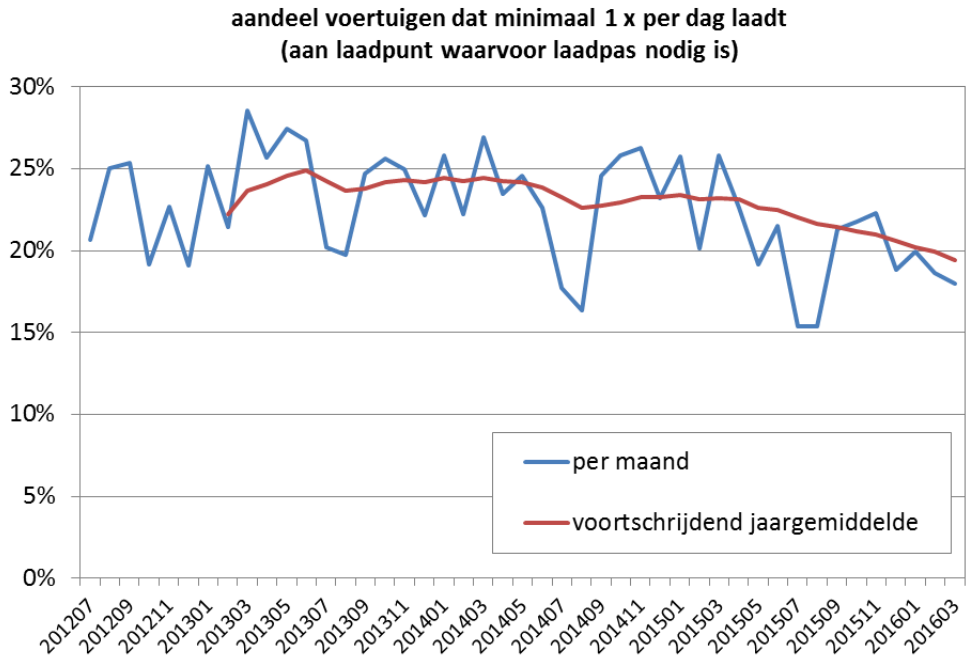
4.3 Analyse van de laadfrequentie

Figuur 7 geeft de verdeling weer van voertuigen waarvoor laadgegevens beschikbaar zijn als functie van het aantal keren dat er per maand elektriciteit wordt geladen aan een laadpunt waarvoor een laadpas gebruikt moet worden. De figuur laat zien dat het aantal voertuigen waarvoor laadgegevens beschikbaar zijn sterk is gegroeid over de laatste jaren. Ook is duidelijk dat de meeste voertuigen minder dan één keer per dag (30x per maand) laden aan een laadpunt waarvoor een laadpas gebruikt moet worden.

Dit wordt bevestigd door Figuur 8, waarin het over alle modellen gemiddelde aandeel van de voertuigen is weergegeven dat gemiddeld 1 keer of meer per dag laadt aan een laadpunt waarvoor een laadpas nodig (gebaseerd op 12 x 30 = 360 dagen per jaar). Gemiddeld ligt dit rond de 23% met een dalende trend vanaf eind 2014.



Figuur 7: Verdeling van voertuigen waarvoor laadgegevens beschikbaar zijn als functie van het aantal keren dat er per maand elektriciteit wordt geladen aan een laadpunt waarvoor een laadpas gebruikt moet worden.



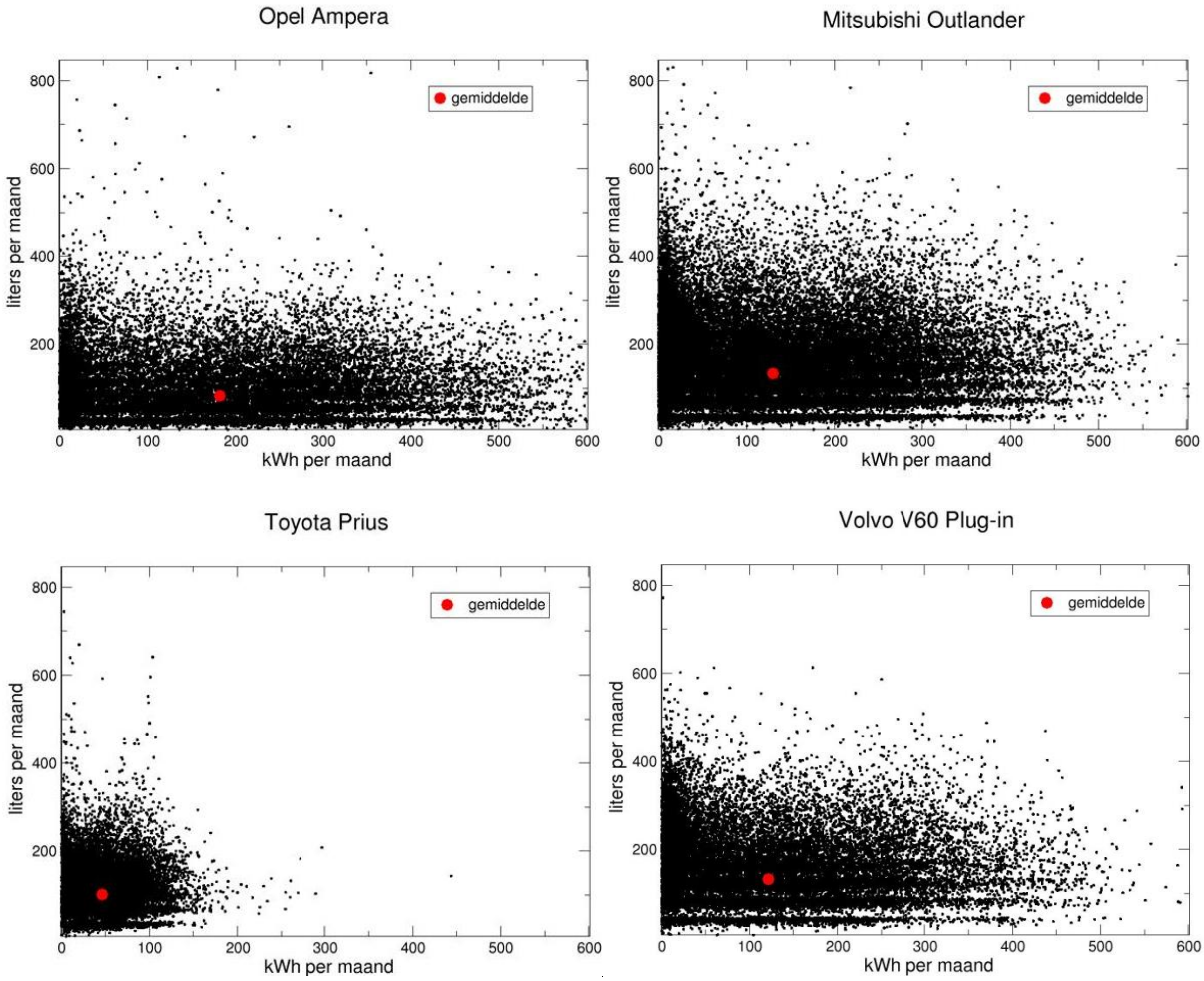
Figuur 8: Aandeel van de voertuigen dat gemiddeld 1 keer of meer per dag laadt aan een laadpunt waarvoor een laadpas nodig is.

4.4 Nadere analyses van laaddata

Figuur 9 geeft voor vier modellen een overzicht van de spreiding in de per maand getankte liters brandstof en geladen kilowatturen elektriciteit. De grote spreiding is deels het gevolg van de spreiding in per maand gereden kilometers en deels van de spreiding in het laadgedrag. De “vlakke” (of “rechthoekige”) verdeling bij de Opel Ampera, Mitsubishi Outlander en Volvo V60 plug-in suggereert dat:

- PHEV-rijders die veel laden (gemiddeld) meer kilometers maken dan PHEV-rijders die weinig laden. Het gemiddeld aantal per maand getankte liters lijkt niet te dalen bij een toenemend aantal geladen kilowatturen;
- laden en tanken min of meer onafhankelijk zijn, d.w.z. er wordt (per dag) geladen afhankelijk van de mogelijkheden of ambitie van de bestuurder en daarnaast zo vaak getankt als nodig is voor de gereden kilometers.

Een “driehoekige” verdeling zou suggereren dat bij een hoger kilometrage en/of energiegebruik laden en tanken gelijke tred houden, dan wel dat het brandstofverbruik gemiddeld afneemt als er meer geladen wordt. Een dergelijk verband lijkt alleen in de linkerkant van grafieken zichtbaar.



Figuur 9: Overzicht voor vier modellen van de spreiding in de per maand getankte liters brandstof en geladen kilowatturen elektriciteit.

De maximaal per maand geladen kilowatturen komen voor de verschillende voertuigen overeen met ongeveer 1,5 keer per dag een lege accu vol laden (zie Tabel 1 met voertuiggegevens).

De beschikbare laaddata betreffen geladen elektriciteit bij laadpunten waarvoor een laadpas gebruikt moet worden. In principe kunnen PHEVs echter ook laden op niet bemeterde laadpunten, zoals normale netaansluitingen thuis of gratis laadpunten op werk- en andere locaties. Het is daarmee onduidelijk of op basis van de beschikbare laaddata uitspraken kunnen worden gedaan over het elektriciteits-verbruik per kilometer.

In Tabel 14 is als volgt op basis van beschikbare tank- en laadpasdata een inschatting gemaakt van het elektriciteitsverbruik bij volledig elektrisch rijden:

- Door de totaal getankte brandstof te delen door het gemiddeld praktijkgebruik (berekend op basis van de daarvoor bruikbare tankbeurten zoals beschreven in paragraaf 2.3) kan per model de totaal door alle gemonitorde voertuigen gereden afstand worden geschat.
- De totaal geladen hoeveelheid elektriciteit gedeeld door de totaal gereden afstand levert het gemiddelde elektriciteitsverbruik per kilometer.
- Door dit te delen door het aandeel elektrisch rijden (berekend volgens de methodiek zoals beschreven in paragraaf 3.4) kan het elektriciteitsverbruik bij volledig elektrisch rijden worden geschat.

Dit levert per model over de kilometers gewogen resultaten op.

Tabel 14: Inschatting van het elektriciteitsverbruik bij volledig elektrisch rijden op basis van beschikbare tank- en laadpasdata.

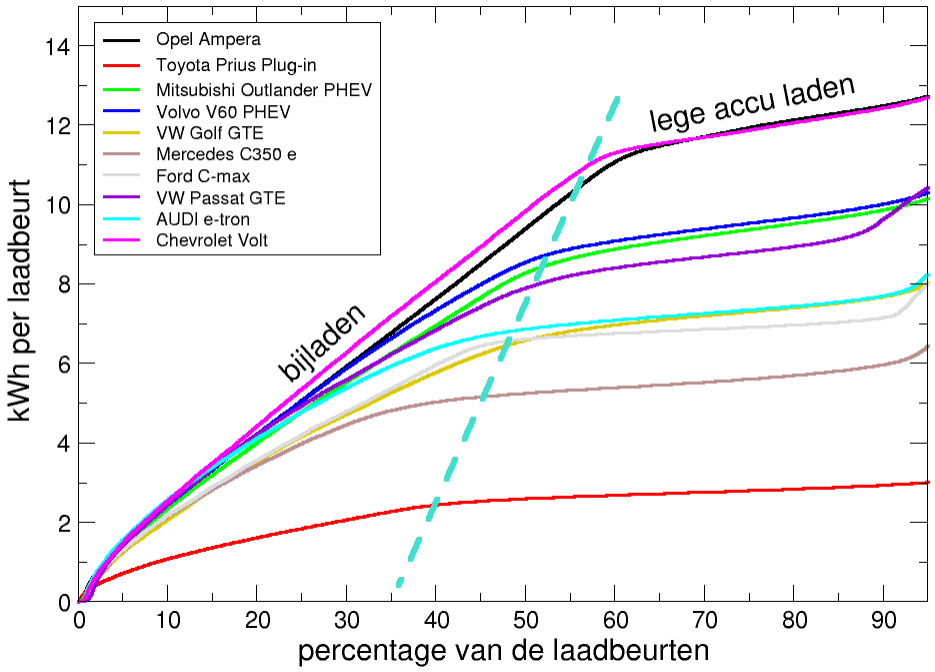
	praktijk-verbruik brandstof [l/km]	totaal getankte brandstof [l]	totaal gereden afstand [km]	geladen elektriciteit [kWh]	praktijk-verbruik elektriciteit [kWh/km]	aandeel elektrisch rijden -	elektriciteits-verbruik bij elektrisch rijden [kWh/km]
Opel Ampera	0,036	2,37E+06	6,55E+07	4,92E+06	0,075	45%	0,166
Chevrolet Volt	0,038	3,42E+05	8,90E+06	5,88E+05	0,066	43%	0,152
Toyota Prius Plug-in	0,043	1,66E+06	3,90E+07	7,00E+05	0,018	16%	0,109
Volvo V60 PHEV	0,048	3,72E+06	7,74E+07	3,15E+06	0,041	25%	0,163
Mitsubishi Outlander PHEV	0,058	6,76E+06	1,17E+08	6,03E+06	0,052	32%	0,163
AUDI e-tron	0,049	8,45E+05	1,72E+07	6,86E+05	0,040	31%	0,130
VW Golf GTE	0,050	1,34E+06	2,67E+07	1,01E+06	0,038	28%	0,136
FORD C-Max	0,050	9,82E+04	1,98E+06	9,70E+04	0,049	28%	0,174
Mercedes-Benz C350 e	0,061	7,21E+05	1,18E+07	3,74E+05	0,032	24%	0,132
VW Passat GTE	0,051	3,25E+05	6,32E+06	3,04E+05	0,048	30%	0,162
BMW i3	0,012	2,23E+04	1,93E+06	2,05E+05	0,106	83%	0,127

De berekende elektriciteitsverbruiken per kilometer lijken iets lager dan de ordegrootte 0,20 kWh/km die typisch is voor volledig elektrische voertuigen. Een alternatieve rekenmethodiek, op basis van een inschatting per individueel voertuig en middeling over alle voertuigen van hetzelfde model, geeft verbruiken die gemiddeld 0,03 kWh/km hoger liggen dan de waarden in Tabel 14. Maar de spreiding, die op basis van deze alternatieve analyse kan worden berekend, is van dezelfde ordegrootte als de berekende gemiddelden. Dat het energiegebruik van PHEVs bij vol elektrisch rijden wat lager is dan van vergelijkbare puur elektrische voertuigen is overigens wel waarschijnlijk omdat de voertuigen wat lichter zijn, de batterij deels wordt opgeladen door de verbrandingsmotor (direct, of indirect via

regeneratief rijden) en (een deel van) de energie voor hulpsystemen (bijvoorbeeld verwarming) niet door de batterij geleverd hoeft te worden.

Overall kan dus geconcludeerd worden dat het zeer waarschijnlijk is dat de gemonitorde PHEVs hun elektriciteit geheel of nagenoeg geheel betrekken van laadpunten waarvoor een laadpas gebruikt moet worden. Dat betekent ook dat nadere analyses van de laaddata representatieve resultaten geven over het laadgedrag van de PHEV-rijders.

Een voorbeeld van dergelijke analyses is weergegeven in Figuur 10. Hierin is een verdeling weergegeven van de geladen elektrische energie per laadbeurt. De geladen hoeveelheden in de rechterhelft van de grafiek (voorbij de lichtblauw gestreepte lijn) komen goed overeen met de accucapaciteiten van de verschillende modellen. Hieruit valt af te lezen dat bij ongeveer de helft van de laadbeurten een geheel ontladen accu wordt volgeladen. In andere gevallen wordt een deels ontladen accu volgeladen of wordt een lege accu maar deels bijgeladen. Het volledig volladen van een lege accu zal vaker voorkomen bij voertuigen die minder dan één keer per dag laden. Bij voertuigen die vaker opgeladen worden, zal een groter deel van de laadbeurten kleinere aantallen kWh's betreffen. Het beeld uit Figuur 10 is dus kwalitatief consistent met de in paragraaf 4.3 uitgevoerde analyse van de laadfrequentie.



Figuur 10: Verdeling per model van de per laadbeurt geladen hoeveelheid elektriciteit (kWh).

Een aantal lijnen in Figuur 10 laat aan het rechter uiteinde een knik naar boven zien. De oorzaak hiervan is onduidelijk, maar het zou te maken kunnen hebben met het gebruik van snellaadstations. Bij snelladen is het netto elektriciteitsverbruik per eenheid in de accu opgeslagen energie hoger dan bij langzaam laden.

5 Conclusies

Om de voortgang te monitoren met betrekking tot de in het “Plan van Aanpak verbeteren gebruik Plug-In hybride auto’s” geformuleerde doelstellingen worden in dit rapport gebruiksdata van plug-in hybride elektrische voertuigen (PHEVs) geanalyseerd. Op basis van tankpasdata kan een goed beeld worden afgeleid van (trends in) het gemiddeld aandeel elektrisch gereden kilometers van de verschillende plug-in hybride voertuigmodellen en de gemiddelde CO_2-emissies in de praktijk. Daarnaast zijn enkele aanvullende analyses gedaan op de beschikbare laadgegevens van PHEVs. Uit deze analyses kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Het gemiddeld aandeel van de totaal gereden kilometers dat elektrisch wordt afgelegd is sterk verschillend voor de verschillende modellen en varieert van 16% tot 46%, op basis van de in dit rapport geanalyseerde data. Het gemiddelde over alle voertuigen ligt rond de 30%. Het geschat aandeel elektrische kilometers voor de BMW i3 met range extender ligt rond de 85%.
- Per model zijn de aandelen elektrisch gereden kilometers door de tijd heen nagenoeg constant gebleven. Het gemiddelde over de hele vloot is eind 2013 significant gedaald als gevolg van de grootschalige introductie van modellen met een kleinere elektrische actieradius. De laatste anderhalf jaar is het gemiddelde ook nagenoeg constant.
- Het gemiddelde aandeel elektrisch gereden kilometers dat wordt gerealiseerd door de 50% PHEV-rijders, die van het totale bestand PHEV-rijders het meest elektrisch rijden, ligt rond de 46%, variërend van 28% tot 64% voor de verschillende modellen. De beste 25% PHEV-rijders realiseren zelfs een gemiddeld aandeel van rond de 54%. Analyses per model laten zien dat de beste 50% en 25% PHEV-rijders per model door de tijd een redelijk constant aandeel elektrisch rijden.
- Over de afgelopen twee en een half jaar stijgt de gemiddelde normwaarde voor de CO_2-emissies van de gemonitorde vloot PHEVs. Dit is het gevolg van veranderingen in de vlootsamenstelling, waarbij nieuwe modellen een lagere elektrische actieradius hebben dan de modellen die aan het begin van de monitoringperiode dominant waren en veelal een hoger brandstofverbruik bij rijden op de verbrandingsmotor. De gemiddelde praktijkemissies stijgen harder als gevolg van een toenemend verschil tussen typekeuring en praktijk, die weer het gevolg is van het dalende aandeel elektrisch gereden kilometers. De relatieve afwijking tussen praktijkemissies en normwaarde daalde tot en met het eerste kwartaal van 2014, maar laat sindsdien een stijgende trend zien.
- Zelfs met een gemiddelde relatieve afwijking van het praktijkverbruik van rond 170 - 200% ten opzichte van de typekeuringswaarden zijn deze voertuigen in de praktijk echter nog steeds relatief zuinig vergeleken met veel conventionele auto’s. Maar het verschil is de afgelopen jaren wel afgenomen van ruim 60 g/km in 2013 naar 20 tot 30 g/km in per eind 2015. Voor de 50% beste PHEV-rijders lag het emissievoordeel in 2015 rond de 50 – 55 g/km. In 2015 was de gemiddelde CO_2-emissie van nieuwe conventionele voertuigen in de praktijk in Nederland zo’n 152 g/km. Voor de zakelijke markt lag dit gemiddelde nog wat

lager op 143 g/km. Deze waarden liggen ongeveer 50 g/km boven de typekeurings-waarden (“de norm”).

- De waargenomen afwijking van de praktijk CO_2-emissies ten opzichte van de norm, in combinatie met het aandeel elektrisch rijden dat door de beste 50% PHEV-rijders wordt gerealiseerd, geeft aan dat er potentieel is voor significante verbetering.
- Het gemiddeld aandeel van de totale in Q1 2016 door PHEVs elektrisch afgelegde kilometers zou stijgen van 30% naar 38% indien de 25% slechtste PHEV-rijders het gemiddeld laadgedrag van de 75% beste PHEV-rijders zouden adopteren. De gemiddelde CO_2-emissie van de hele PHEV-vloot zou in dat geval dalen van 122 g/km naar 109 g/km.
- De meeste voertuigen laden minder dan één keer per dag (30x per maand) aan een laadpunt waarvoor een laadpas gebruikt moet worden. Het aandeel voertuigen dat gemiddeld 1 keer of meer per dag laadt aan een laadpunt waarvoor een laadpas nodig ligt gemiddeld ligt rond de 23% met een dalende trend vanaf eind 2014.
- Uit een inschatting op basis van de laadpasdata van het elektriciteitsverbruik per kilometer bij rijden op de elektromotor kan geconcludeerd worden dat het zeer waarschijnlijk is dat de gemonitorde PHEVs hun elektriciteit geheel of nagenoeg geheel betrekken van laadpunten waarvoor een laadpas gebruikt moet worden.

6 Ondertekening

Delft, 22 augustus 2016

TNO

Sam van Goethem
Projectleider

Norbert E. Ligterink
Auteur