

Stieltjesweg 1  
Postbus 155  
2600 AD Delft

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T +31 15 269 20 00  
F +31 15 269 21 11  
[info-lenT@tno.nl](mailto:info-lenT@tno.nl)

**TNO-rapport**

**MON-RPT-2010-01178**

**Onderhoudskosten en emissies van aardgas  
personenwagens**

Datum	13 juli 2010
Auteur(s)	Ing. G. Kadijk
Opdrachtgever	Provincie Zuid-Holland T.a.v. de heer ing. H.A. Kruyt Postbus 90602 2509 LP Den Haag
Projectnummer	033.23921/01.01
Aantal pagina's	25 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	1

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke 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 onderzoeksopdrachten 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.

© 2010 TNO

## Samenvatting

### Inleiding, doelstelling en aanpak

De Provincie Zuid Holland stimuleert de inzet van aardgasvoertuigen en wil haar beleid onderbouwen met gedegen informatie. Met name wil de Provincie beter inzicht verkrijgen in de financiële- en milieuaspecten van aardgasvoertuigen over de gehele levensduur. Deze informatie stelt wagenparkbeheerders beter in staat om onderbouwde besluiten te nemen voor de aanschaf van aardgasvoertuigen. Hiervoor heeft de Provincie aan TNO Industrie en Techniek opdracht gegeven voor een onderzoek naar de onderhoud- en reparatiekosten en emissies van aardgasvoertuigen die affabriek zijn voorzien van een aardgas brandstofsysteem. Het betreft hier personenauto's en/of kleinere bestelwagens. Specifiek is gekeken naar:

- Het kwantificeren van onderhoud- en reparatiekosten van affabriek aardgasvoertuigen in vergelijking met benzine of diesel voertuigen.
- Het vaststellen van het emissiegedrag van drie affabriek aardgasvoertuigen met een kilometerstand van meer dan 100.000 km.

### Conclusies:

Het verrichte onderzoek heeft geleid tot de volgende conclusies:

#### *Onderhouds- en reparatiekosten:*

- De kosten voor onderhoud en reparatie blijken voor aardgasvoertuigen gelijk of iets lager te zijn dan voor dieselveertuigen. In het gunstigste geval zijn de gemiddelde kosten per kilometer voor een aardgasvoertuig € 0,008 (19%) lager dan voor een dieselveertuig.
- De wegtransportbrandstof aardgas blijkt gemiddeld geen meerkosten voor onderhoud en reparatie met zich mee te brengen die gerelateerd zijn aan de brandstof aardgas.

#### *Uitlaatgasemissies (op basis van in totaal 6 voertuigen):*

- Aardgasvoertuigen presteren goed op het gebied van uitlaatgasemissies. Gedurende de wettelijke levensduureis van 100.000 km is er geen sprake van overschrijding van de limietwaarden.
- Aardgasvoertuigen die 160.000 – 260.000 km hebben gereden vertonen slechts een beperkt verouderingsgedrag van emissies.
- In een meer praktijkgerichte testcyclus blijken aardgasvoertuigen gemiddeld goed te scoren.

# Inhoudsopgave

	<b>Samenvatting</b> .....	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>4</b>
1.1	Aardgas als motorbrandstof voor voertuigen.....	4
1.2	Doelen.....	4
1.3	Plan van aanpak .....	4
1.4	Leeswijzer.....	4
<b>2</b>	<b>Onderzoekopzet</b> .....	<b>5</b>
2.1	Bepaling van de onderhoud- en reparatiekosten van aardgas- en dieselveertuigen.....	5
2.2	Bepaling emissiegedrag aardgasvoertuigen .....	6
<b>3</b>	<b>Resultaten onderhoudskosten aardgasvoertuigen</b> .....	<b>8</b>
3.1	Wagenpark.....	8
3.2	Resultaten kostenberekeningen.....	8
3.3	Discussie onderhoud- en reparatiekosten aardgasvoertuigen .....	14
3.4	Conclusies onderhoud- en reparatiekosten aardgasvoertuigen .....	14
<b>4</b>	<b>Meetresultaten emissietesten</b> .....	<b>15</b>
4.1	THC emissies.....	15
4.2	NO <sub>x</sub> emissies.....	16
4.3	THC + NO <sub>x</sub> emissies .....	18
4.4	CO emissies .....	19
4.5	CO <sub>2</sub> emissies .....	20
4.6	PM10 emissies .....	20
4.7	Discussie emissiegedrag aardgasvoertuigen .....	20
4.8	Conclusies emissies aardgasvoertuigen .....	21
<b>5</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>22</b>
<b>6</b>	<b>Ondertekening</b> .....	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>Lijst met afkortingen</b> .....	<b>24</b>
	<b>Bijlage(n)</b>	
	A Resultaten emissietesten	

# 1 Inleiding

## 1.1 Aardgas als motorbrandstof voor voertuigen

De Provincie Zuid Holland stimuleert de inzet van aardgasvoertuigen voor verbetering van de luchtkwaliteit en vermindering van broeikasgasemissies. Zij wil haar beleid onderbouwen met gedegen informatie. Met name wil de Provincie beter inzicht verkrijgen in de financiële en milieu aspecten van aardgasvoertuigen over de gehele levensduur. Hierover is echter maar weinig concrete informatie beschikbaar. Daarom heeft de Provincie aan TNO Industrie en Techniek opdracht gegeven voor een onderzoek naar de onderhoud- en reparatiekosten en emissies van affabriek aardgasvoertuigen.

## 1.2 Doelen

- Het kwantificeren van onderhoud- en reparatiekosten van affabriek aardgasvoertuigen in vergelijking met benzine of diesel voertuigen.
- Het vaststellen van het emissiegedrag van affabriek aardgasvoertuigen (personenauto's en/of kleinere bestelauto's) met een kilometerstand van meer dan 100.000 km.

## 1.3 Plan van aanpak

Diverse eigenaren van aardgasvoertuigen zijn benaderd en gevraagd om hun voertuigen en de administratie van onderhoud- en reparatiekosten ter beschikking te stellen. De gegevens van de onderhoud- en reparatiekosten van aardgas- en dieselveertuigen zijn vergeleken en gekwantificeerd. Daarnaast zijn de emissieniveaus van een drietal aardgasvoertuigen die meer dan 100.000 km hebben gereden d.m.v. rollenbanktesten vastgesteld.

## 1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de toegepaste systematiek toegelicht die is gebruikt voor de bepaling van de onderhoud- en reparatiekosten en het emissiegedrag van aardgasvoertuigen.

In hoofdstuk 3 zijn de resultaten van de onderhoud- en reparatiekosten van de onderzochte voertuigen weergegeven en wordt een vergelijk gemaakt tussen diesel- en aardgasvoertuigen.

In hoofdstuk 4 zijn de resultaten van de emissietesten gerapporteerd en wordt het emissiegedrag beoordeeld en toegelicht.

In hoofdstuk 5 zijn de conclusies van het totale onderzoek weergegeven.

## 2 Onderzoeksopzet

### 2.1 Bepaling van de onderhoud- en reparatiekosten van aardgas- en dieselveertuigen

#### 2.1.1 *Herkomst van de gegevens*

Diverse partijen zijn benaderd met het verzoek om gegevens van onderhoud-reparatiekosten van hun voertuigen ter beschikking te stellen. Over het algemeen blijkt dat alleen bedrijven met zeer grote wagenparken deze kosten per voertuig registreren. Kleinere bedrijven, zoals een lokale taxiondernemer, registreren in de meeste gevallen alleen de totale kosten van hun wagenpark. Gezien de grote hoeveelheid data en het concurrentiegevoelige karakter van de data is besloten de bestanden niet als bijlage in dit rapport op te nemen.

Voor dit onderzoek zijn gegevens gebruikt van de volgende partijen:

- Taxibedrijf, Mercedes E-klasse aardgas
- Installatiebedrijf: Fiat Doblo aardgas
- Leasemaatschappijen aardgas- en dieselveertuigen: Fiat Doblo, Fiat Multipla, Mercedes E-klasse, Opel Zafira

#### 2.1.2 *Methodiek*

Van de aangeleverde bestanden zijn per voertuig de totale kosten per kilometer voor reparatie, onderhoud en banden bepaald. Banden zijn in sommige bestanden niet als aparte post opgenomen en derhalve als stelpost in de kostprijs berekeningen meegenomen. Kosten t.g.v. schade zijn niet meegenomen in de berekeningen. Van sommige typen voertuigen zijn grote aantallen gegevens beschikbaar gesteld. Op deze manier ontstaat een goed beeld van de spreiding in totale kosten die per voertuigtype op kan optreden.

#### 2.1.3 *Onderhoudskosten*

Onderhoudskosten zijn theoretisch gemakkelijk te kwantificeren omdat er sprake is van voorgeschreven activiteiten op gedefinieerde tijdstippen. Dit maakt een vergelijk van onderhoudskosten tussen aardgas- en dieselveertuigen goed mogelijk.

De dagelijkse praktijk wijkt echter vaak af van het theoretische model omdat onderhoudsschema's in gewijzigde vorm worden gevolgd.

In dit onderzoek zijn de totale kosten van reparatie plus onderhoud onderzocht en dit zal leiden tot een vertekend beeld. Het vergelijken van aangeleverde data van onderhoudskosten is derhalve minder zinvol en is in dit onderzoek niet uitgevoerd. De kosten van banden zijn in de praktijk ook sterk variabel omdat bestuurders verschillende rijstijlen praktiseren.

#### 2.1.4 *Reparatiekosten*

Globaal bestaan reparatiekosten uit twee categorieën, dit zijn reparaties ten gevolge van een niet goed ontwikkeld of geproduceerd product en reparaties van aan slijtage onderhevige onderdelen zoals banden en remmen. De laatste categorie kan zeer sterk variëren omdat voertuigen door verschillende soorten gebruikers worden bereden en bestuurders onderling een verschillende rijstijl hanteren. De kosten van schade t.g.v. aanrijdingen zijn niet meegenomen in de berekeningen.

### 2.1.5 *Randvoorwaarden*

Niet alle voertuigen zijn voor een zelfde type vervoer ingezet. Dit betekent dat bij vergelijking van kosten ook het type gebruik van een voertuig in ogenschouw moet worden genomen. Gebruik en inzet van een voertuig zijn van grote invloed op de reparatiekosten.

## 2.2 **Bepaling emissiegedrag aardgasvoertuigen**

### 2.2.1 *Selectie voertuigen*

Voor bepaling van het lange termijn emissiegedrag van aardgasvoertuigen zijn drie voertuigen geselecteerd met een aardgasinstallatie die af-fabriek is gemonteerd en meer dan 100.000 km hebben gereden. In Tabel 1 zijn de gegevens van deze testvoertuigen onder de nummers 1, 2, 3 weergegeven. De Peugeot Partner en de Fiat Doblo zijn als servicewagen gebruikt door een beheerder van een aardgasnet. De Mercedes wordt als taxi ingezet.

Uit een parallel uitgevoerd onderzoek zijn soortgelijke voertuigen getest. Met instemming van alle betrokken partijen zijn deze gegevens gecombineerd gerapporteerd. Deze voertuigen zijn weergegeven onder de nummers 4, 5, 6.

De Volvo V70 is ingezet voor bedrijfsmatig gebruik, de Fiat is eigendom van een particulier en de VW Caddy wordt gebruikt door een koeriersbedrijf.

### 2.2.2 *Voertuiggegevens*

Tabel 1: Testvoertuigen

Nr.	Merk	Type	Bouwjaar	Kilometrage	Emissieklasse
1	Peugeot*	Partner	1998	130.000	Euro 2
2	Fiat	Doblo	2005	104.000	Euro 3
3	Mercedes	E-klasse	2005	257.500	Euro 3
4	Volvo	V70	2007	160.000	Euro 4
5	Fiat	Multipla	2002	106.000	Euro 3
6	VW	Caddy	2008	96.000	Euro 4

\* Achteraf bleek dit voertuig te zijn voorzien van een retrofit aardgas installatie

### 2.2.3 *Meetprocedure en emissielimieten*

Na binnenkomst van de voertuigen vindt registratie en een ingangscntrole plaats. Daarna wordt de testprocedure gestart. Er zijn twee testcycli uitgevoerd, dit zijn:

- MVEG-B testcyclus (of NEDC-test)
- CADC-test

De MVEG-B testcyclus is de typegoedkeuring test en wordt gestart met koude motor. De CADC-test (Common Artemis Driving Cycle) is een meer praktijkgerichte test die in dit geval met warme motor wordt uitgevoerd.

Voor sommige voertuigen is naast een aantal testen op aardgas ook een MVEG-B test op benzine uitgevoerd.

In Tabel 2 zijn de geldende limietwaarden volgens 70/220/EEC voor emissies van benzine- en aardgasvoertuigen van verschillende Euroklassen weergegeven. Deze limieten gelden alleen in de MVEG-B testcyclus. Voor de CADC testcyclus zijn geen wettelijke limieten.

Tabel 2: Europese emissie-eisen benzine en aardgas voertuigen

Euro	CO [g/km]	THC [g/km]	NMHC [g/km]	NOx [g/km]	HC+NOx [g/km]	PM [g/km]
2	3.2	-			1.4	
3	2.30	0.20	-	0.15	-	-
4	1.00	0.10	-	0.08	-	-
5	1.00	0.10	0.07	0.06	-	0.005
6	1.00	0.10	0.07	0.06	-	0.005

In Tabel 3 zijn de levensduureisen voor emissies van benzine, diesel- en aardgasvoertuigen weergegeven. Deze eisen zijn gedefinieerd d.m.v. een bepaald kilometrage en een toegestane verouderingsfactor (DF: deterioration factor) per emissiecomponent. In geval van een Euro 4 aardgasvoertuig betekent dit dat na 100.000 km de CO, THC en NOx emissies met 20% hoger mogen zijn dan de emissieniveaus die tijdens de typegoedkeuring zijn vastgesteld. Gedurende de gestelde levensduur (100.000 km) mogen de emissies de geldende Euro 4 limieten uit Tabel 2 niet overschrijden.

Tabel 3: Levensduureisen benzine en aardgas voertuigen. DF is Deterioration Factor = toegestane verouderingsfactor op limietwaarden van Tabel 2.

Euro	Afstand [km]	Periode [yr]	DF CO	DF THC	DF NOx	DF PM
2	80000	5	1.2	1.2	1.2	-
3	80000	5	1.2	1.2	1.2	-
4	100000	5	1.2	1.2	1.2	-
5	160000	5	1.5	1.3	1.6	1.0
6	160000	5	1.5	1.3	1.6	1.0

#### 2.2.4 Brandstof

Alle emissietesten op aardgas zijn uitgevoerd met Nederlands aardgas. De voertuigen zijn bij verschillende pompstations afgetankt.

De emissietesten op benzine zijn uitgevoerd met handelsbenzine.

### 3 Resultaten onderhoudskosten aardgasvoertuigen

#### 3.1 Wagenpark

In Tabel 4 zijn de aantallen en typen voertuigen gerapporteerd waarvan door verschillende partijen gegevens van onderhoud- en reparatiekosten zijn geleverd. Na analyse van de gegevens zijn sommige voertuigen uit de populatie verwijderd. In tabel 5 zijn de aantallen voertuigen met sluitende onderhoud- en reparatiegegevens vermeld. In de meeste gevallen betreft het een niet volledige registratie van onderhoud- en reparatiekosten.

Tabel 4: Populatie voertuigen voor kostenberekening

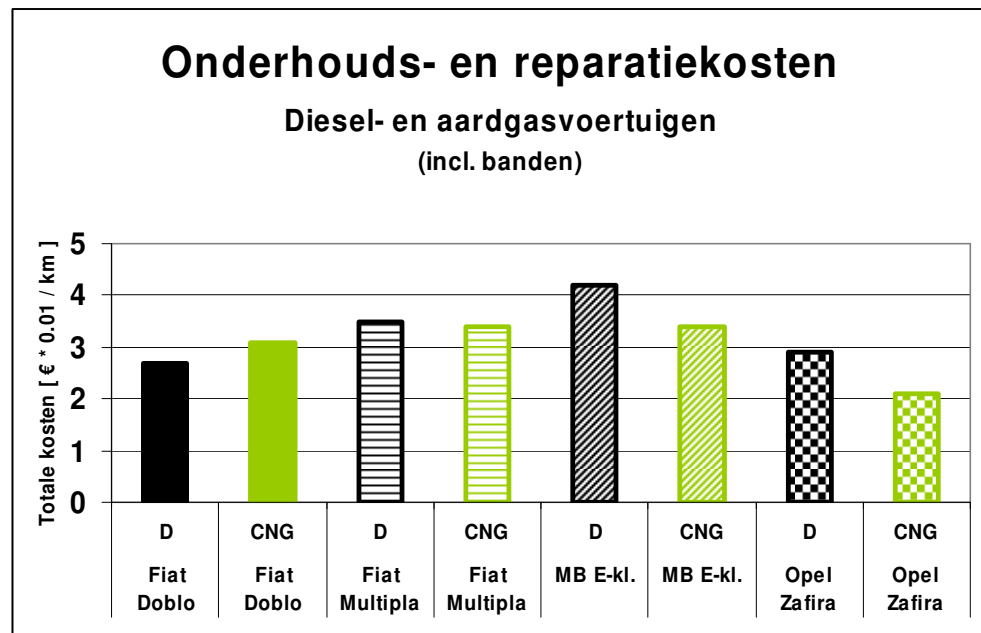
Voertuig	CNG	Diesel
	Aantal	Aantal
Mercedes E-klasse	20	25
Fiat Doblo	13	15
Opel Zafira	13	276
Fiat Multipla	42	2

#### 3.2 Resultaten kostenberekeningen

In dit project zijn de totale kosten voor onderhoud, reparatie en banden per voertuig bepaald. Door de grote aantallen voertuigen bij sommige modellen ontstaat een goed beeld van de spreiding van deze kosten. In Tabel 5 en Figuur 1 zijn de gemiddelde kosten voor onderhoud, reparatie en banden per voertuigtype weergegeven. Voor de meeste modellen zijn data van grote aantallen voertuigen verzameld en kan er een goed vergelijk worden gemaakt tussen aardgas- en dieselveertuigen. Voordat de resultaten worden besproken dient het volgende te worden opgemerkt: Voor de Fiat Multipla diesel zijn slechts data van 2 voertuigen verzameld. De data van de Opel Zafira op aardgas hebben betrekking op een gemiddeld kilometrage van 61193 km. Voor deze beide voertuigen is een vergelijk met de dieselveertuigen minder geschikt omdat er onvoldoende data beschikbaar zijn.

Tabel 5: Onderhouds- en reparatiekosten diesel- en aardgasvoertuigen

Voertuig	Aantal		Gemiddeld kilometrage	Kosten [ Eurocent / km ]			
				Gem.	St. Dev.	Min.	Max.
			[km]				
Fiat Doblo	15	D	145.822	2.7	0.7	1.9	4.0
Fiat Doblo	13	CNG	107.299	3.1	1.0	1.1	3.8
Fiat Multipla	2	D	139.725	3.5	0.0	3.5	3.6
Fiat Multipla	18	CNG	129.634	3.4	1.2	2.0	6.6
MB E-kl.	24	D	172.787	4.2	1.3	2.2	7.7
MB E-kl.	20	CNG	181.199	3.4	1.6	1.6	6.4
Opel Zafira	274	D	153.923	2.9	1.1	1.2	9.2
Opel Zafira	11	CNG	61.193	2.1	0.3	1.4	2.3



Figuur 1: Gemiddelde onderhoud- en reparatiekosten per model

In Tabel 5 en in Figuur 2 t/m Figuur 9 zijn de resultaten van de kostenberekeningen weergegeven. De gemiddelde kosten voor onderhoud, reparatie en banden zijn voor diesel- en aardgasvoertuigen globaal gelijk. De onderlinge verschillen zijn gering.

*Fiat Doblo:*

Voor de Fiat Doblo zijn de kosten van de aardgasuitvoering EUR 0,031 per kilometer en voor de dieseluuitvoering EUR 0,027 per kilometer. De kosten voor de aardgasuitvoering zijn 15% hoger dan van de dieseluuitvoering.

*Fiat Multipla:*

Voor de Fiat Multipla zijn de kosten van de aardgas- en dieseluuitvoering nagenoeg gelijk, EUR 0,034 en EUR 0,035 per kilometer.

*Mercedes E-klasse:*

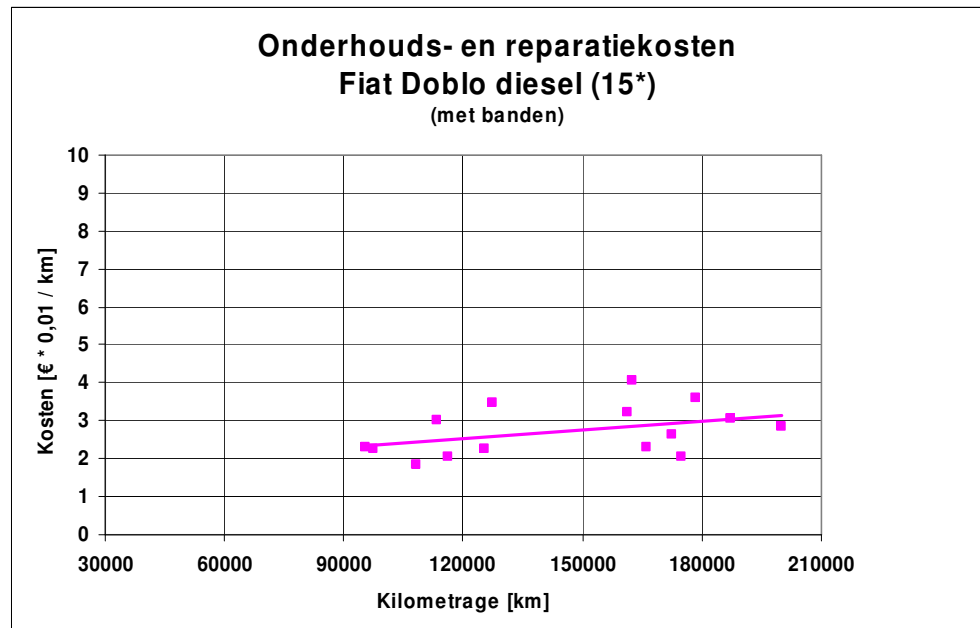
Voor de Mercedes E-klasse zijn de kosten voor de aardgasuitvoering 19% lager dan de dieseluuitvoering. De kosten bij aardgasvoertuigen zijn € 0,034 per kilometer en bij dieseluvoertuigen EUR 0,042 per kilometer. Bij een kilometrage van 200.000 km is dan het totale verschil EUR 1.600,-.

*Opel Zafira:*

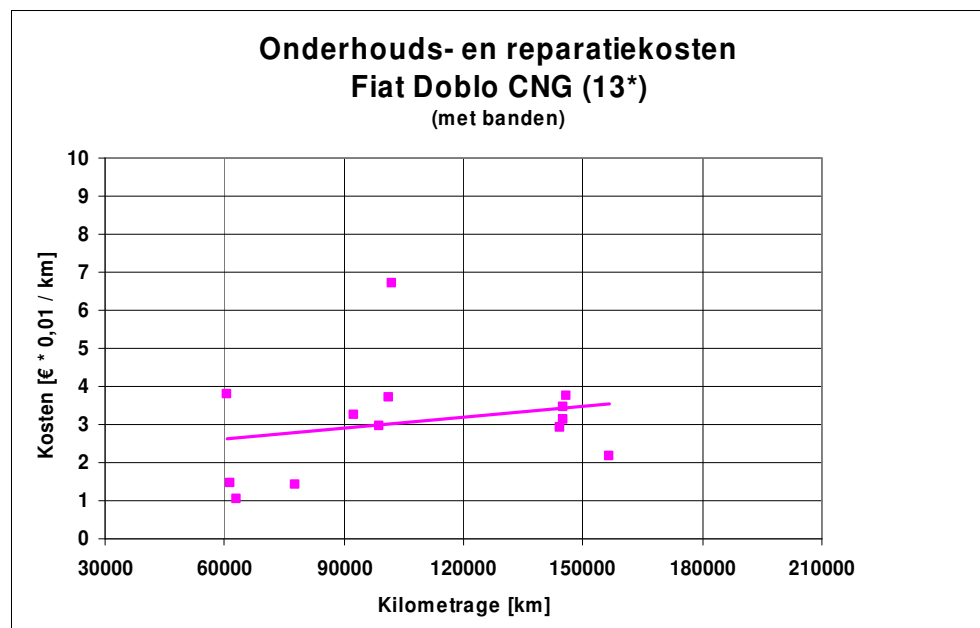
De gegevens van de Opel Zafira op aardgas zijn te beperkt (gemiddeld slechts een registratie over ruim 61.000 km). De kosten per kilometer zullen waarschijnlijk toenemen omdat er bij hogere kilometrages meer reparatiewerkzaamheden uitgevoerd moeten worden. De kosten van EUR 0,021 per kilometer zullen dan waarschijnlijk in de buurt van de kosten van het dieseluvoertuig komen (€ 0,028 per kilometer). Samenvattend kan worden gesteld dat de verschillen in kosten voor onderhoud, reparatie en banden voor aardgas- en dieseluvoertuigen in de zelfde orde grootte liggen.

*Per voertuigtype onderling grote verschillen in kosten:*

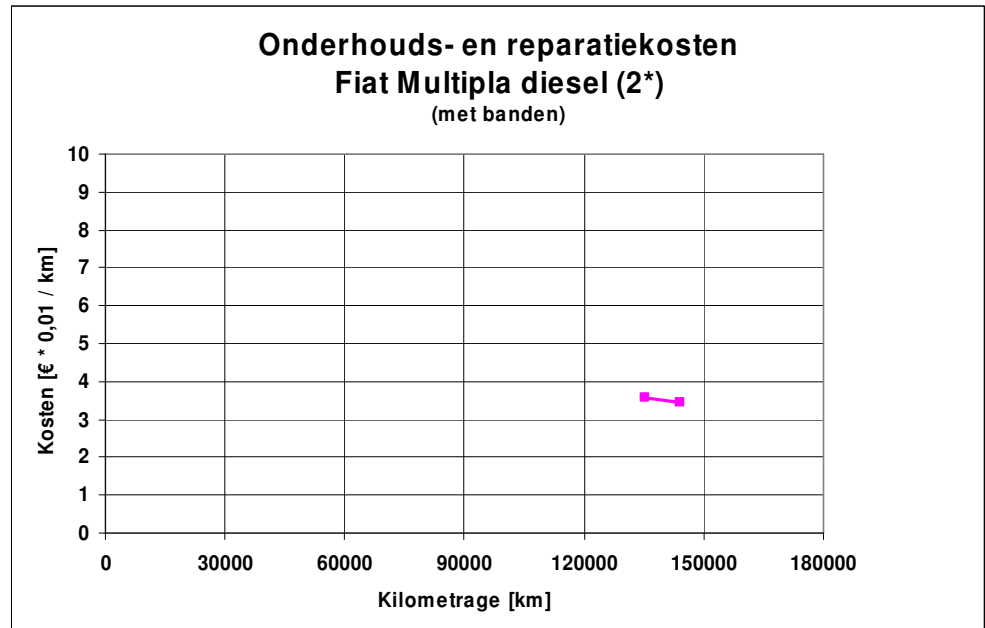
Uit Figuur 2 t/m Figuur 9 blijkt dat per voertuigtype de kosten voor onderhoud, reparatie en banden zeer sterk kunnen verschillen (0,01 – 0,07 EUR per km). Dit geldt zowel voor aardgas- als dieselveertuigen. De belangrijkste redenen voor deze grote verschillen zijn gelegen in de inzet van het voertuig en het rijgedrag van de chauffeur. Dit blijkt uit de frequentie van het vervangen van remblokken, remschijven en banden. De uitschieters naar boven blijken in een aantal gevallen te worden veroorzaakt door motorschades.



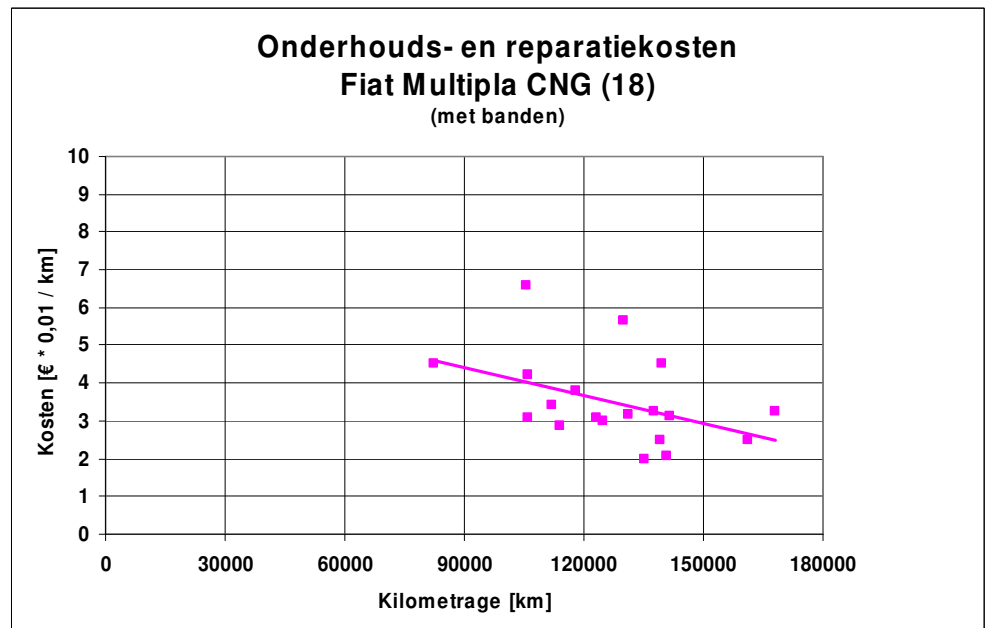
Figuur 2: Onderhoud- en reparatiekosten Fiat Doblo diesel



Figuur 3: Onderhoud- en reparatiekosten Fiat Doblo aardgas

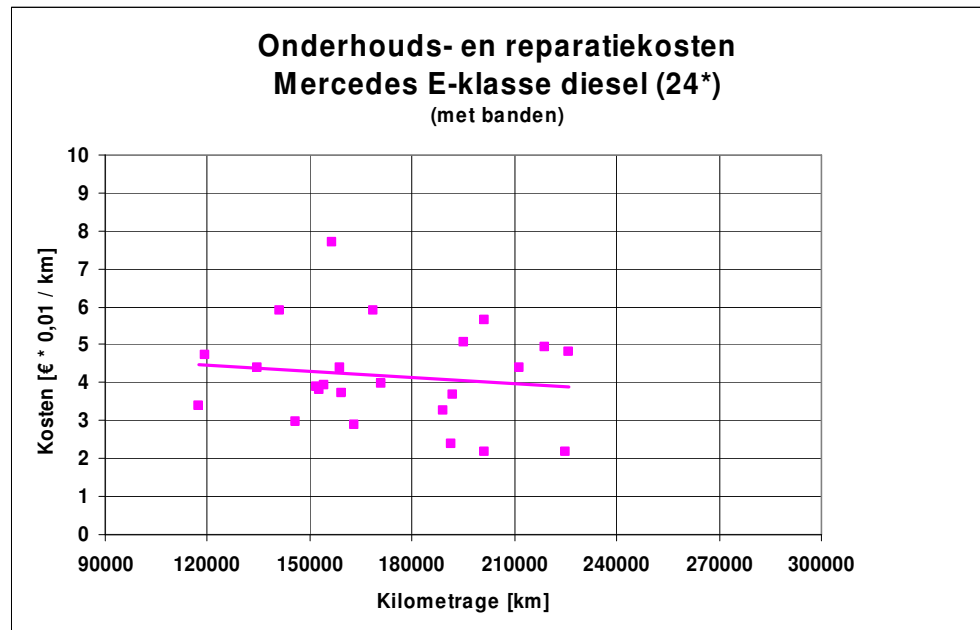


Figuur 4: Onderhoud- en reparatiekosten Fiat Multipla diesel

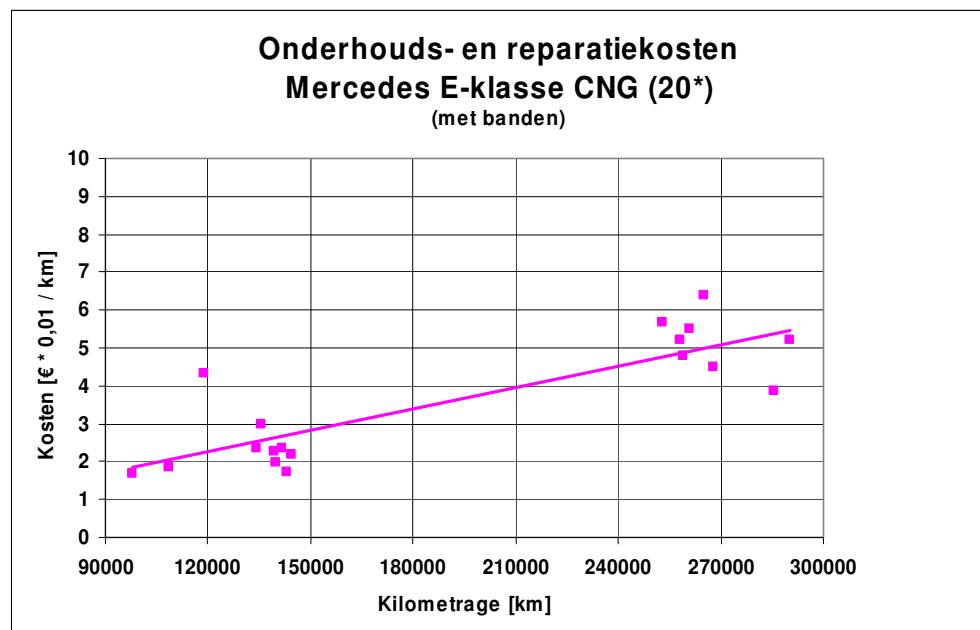


Figuur 5: Onderhoud- en reparatiekosten Fiat Multipla aardgas

Voor de dalende of stijgende kosten per kilometer in figuur 2 tot en met 9, bij toenemend kilometrage, is geen verklaring gevonden.

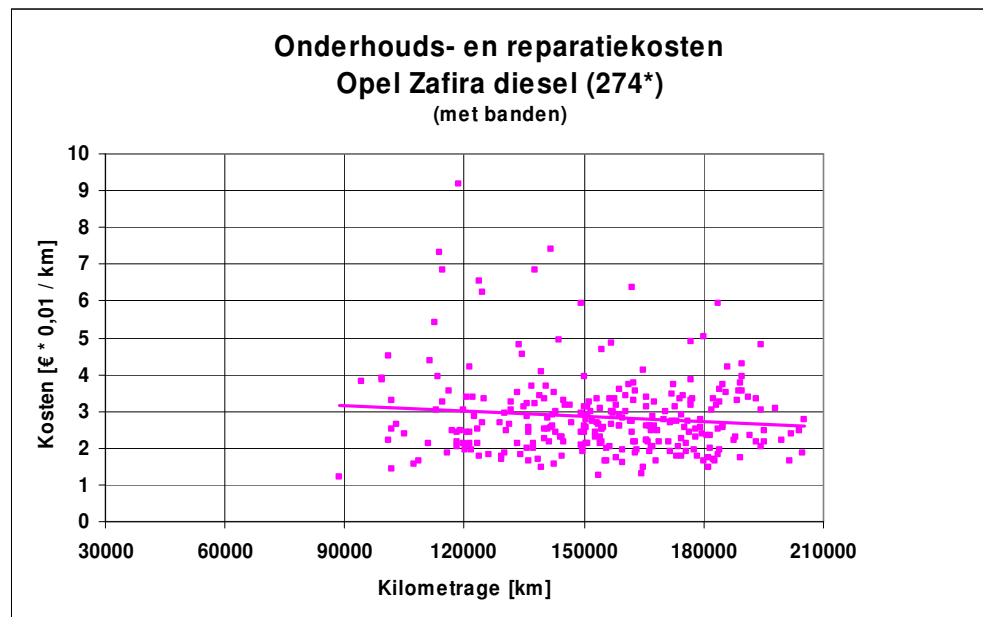


Figuur 6: Onderhoud- en reparatiekosten Mercedes E-klasse diesel

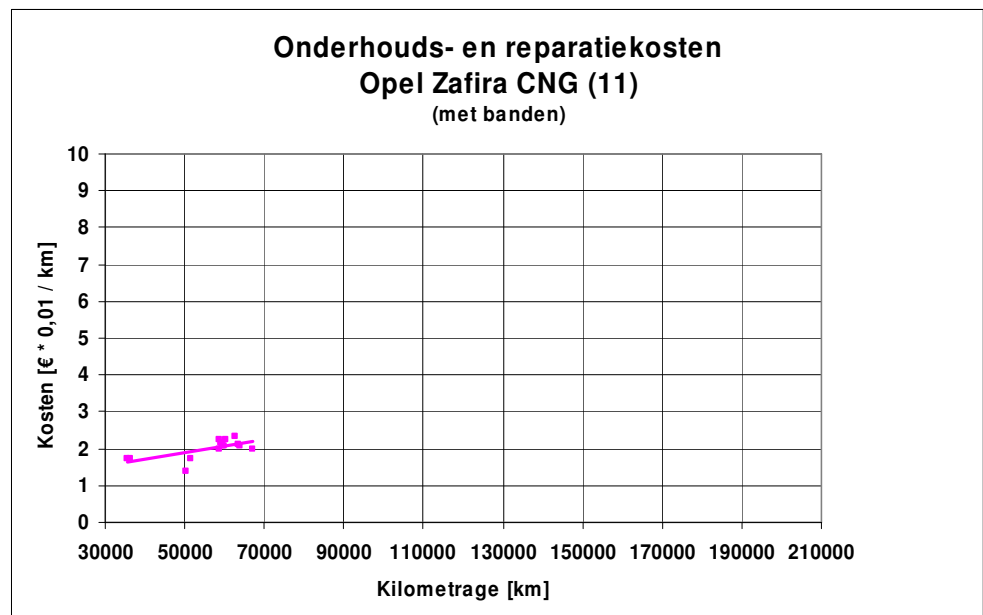


Figuur 7: Onderhoud- en reparatiekosten Mercedes E-klasse aardgas

De dieselveertuigen uit Figuur 6 vertonen een grote verscheidenheid in kosten per kilometer (0,02 – 0,06 EUR per km). Het betreft een vloot van een leasemaatschappij. De aardgasvoertuigen uit Figuur 7 die ongeveer 270.000 km hebben gereden vertonen een vrij gelijkmatig beeld in kosten per kilometer (0,04 – 0,06 EUR per km). Het betreft een taxivloot. Opvallend zijn de zeer lage kosten van 0,02 tot 0,03 EUR per km tot kilometerstanden van ca 150.000 km. Dit is veel lager dan bij de dieselveertuigen (0,03 – 0,06 EUR per km). Bij zeer hoge kilometerstanden neemt het niveau van de onderhoudskosten wel toe, maar niet hoger dan die van dieselveertuigen.



Figuur 8: Onderhoud- en reparatiekosten Opel Zafira diesel



Figuur 9: Onderhoud- en reparatiekosten Opel Zafira aardgas

De dieselveertuigen uit Figuur 8 vertonen een grote verscheidenheid in kosten per kilometer (0,01 – 0,07 EUR per km). Het betreft een vloot van een leasemaatschappij.

De aardgasvoertuigen uit Figuur 9, die ongeveer 60.000 km hebben gereden, vertonen een vrij gelijkmatig beeld in kosten per kilometer (0,02 EUR per km). Het betreft een taxivloot. Vele voertuigen moeten nog groot onderhoud ondergaan dat bij 60.000 km is gepland. Hierdoor zullen de werkelijke kosten hoger uitvallen dan EUR 0,02 per km.

### 3.3 Discussie onderhoud- en reparatiekosten aardgasvoertuigen

*Grote verschillen in kosten in onderlinge voertuigen van één type:*

Uit de beschikbaar gestelde data blijken zeer grote verschillen in kosten te kunnen optreden. Kleine populaties van minder dan 10 voertuigen moeten derhalve met grote voorzichtigheid worden beoordeeld. Verder blijkt dat voertuigen uit een vloot van één bedrijf, in het bijzonder taxiondernemingen, een gelijkmatiger beeld in kosten tonen dan een populatie van leasemaatschappij. Hier is schijnbaar een relatie tussen inzet en kosten van het voertuig zichtbaar.

De grote verschillen in kosten (0,02 – 0,07 EUR per km) per voertuig in vloten van leasemaatschappijen worden deels veroorzaakt door chauffeursgedrag. Uit een nadere globale beoordeling van deze individuele voertuigen blijkt de vervangingsfrequentie van remblokken, remschijven en banden zeer verschillend te zijn.

### 3.4 Conclusies onderhoud- en reparatiekosten aardgasvoertuigen

*Kosten:*

- De kosten voor onderhoud en reparatie van aardgasvoertuigen liggen gemiddeld in dezelfde ordegrrootte als de kosten voor dieselveertuigen.
- Per voertuigtype kunnen grote onderlinge verschillen in totale onderhoud- en reparatiekosten optreden (0,02 – 0,07 EUR per km). De oorzaak van deze grote verschillen is primair te wijten aan het rijgedrag van chauffeurs. Dit rijgedrag heeft grote invloed op de vervangingsfrequentie van banden, remblokken en remschijven. In mindere mate zijn de inzet van het voertuig en het kwaliteitsniveau van het voertuig van invloed op de kosten. Defensief en zuinig rijden heeft naast lagere brandstofkosten ook veel invloed op de kosten voor onderhoud en reparatie.

*Levensduur:*

Aardgasvoertuigen blijken te beschikken over voldoende technische levensduur. In de praktijk zijn er voertuigen die zonder problemen meer dan 250.000 km hebben gereden.

## 4 Meetresultaten emissietesten

In bijlage A en in de hoofdstukken 4.1 t/m 4.6 zijn de meetresultaten van de emissietesten weergegeven.

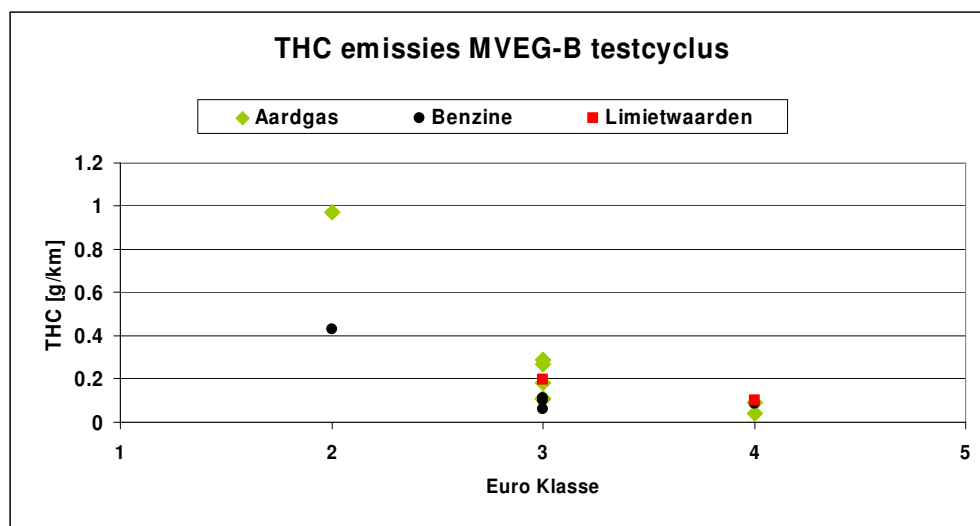
Voor alle voertuigen zijn steeds de volgende testen uitgevoerd:

- MVEG-B: typegoedkeuringstest in duplo (altijd met koude start)
- CADC: meer praktisch gerelateerde testcyclus, in dit geval met warme start

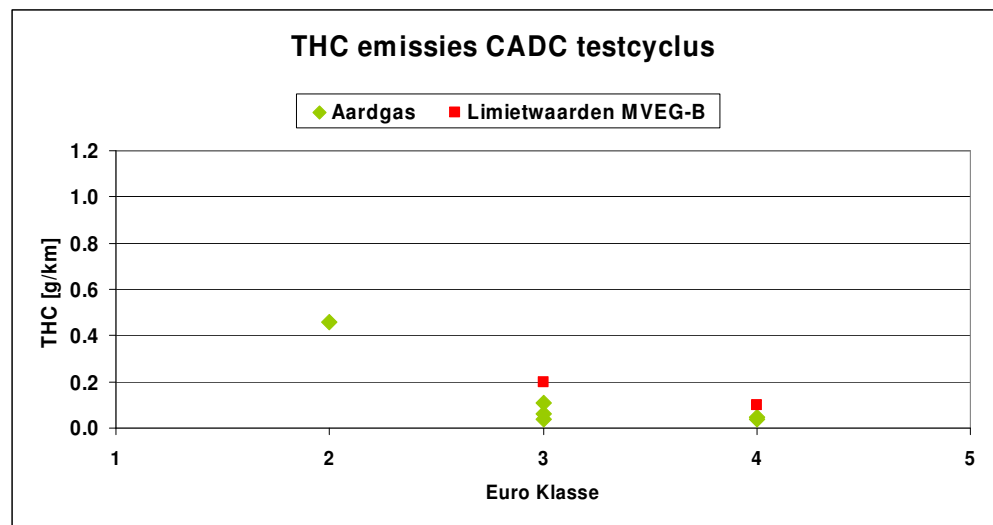
In de grafieken zijn ter vergelijking steeds de limietwaarden gegeven welke gelden voor nieuwe voertuigen van hetzelfde type en voor de MVEG-B cyclus. Vermeld wordt dat de CADC test niet aan deze limietwaarden behoeft te voldoen en dat voor de MVEG-B test de verouderingsfactoren uit Tabel 3 nog toegepast dienen te worden.

### 4.1 THC emissies

In Figuur 10 en Figuur 11 zijn de totale koolwaterstof (THC) emissies weergegeven.



Figuur 10: THC emissies MVEG-B testcyclus



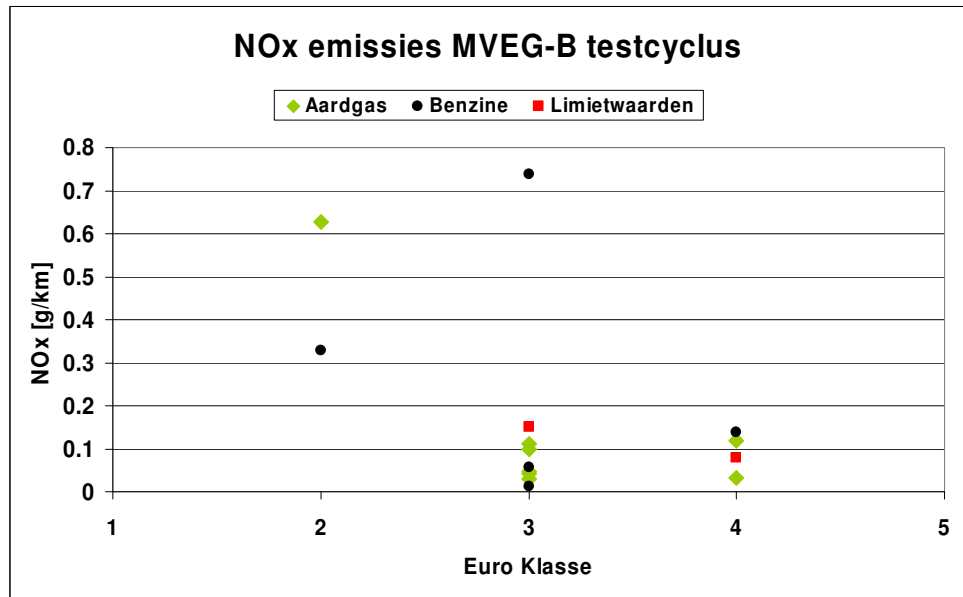
Figuur 11: THC emissies CADC-testcyclus

Bijna alle voertuigen voldoen aan de THC emissie-eisen. Eén voertuig met 257.500 km op de teller overschrijdt de limiet met 40%. Dit is een bekend verschijnsel, er is sprake van veroudering van de katalysator. De temperatuur waarbij de katalysator actief wordt, stijgt naarmate het voertuig meer kilometers heeft gereden. In de MVEG-B emissietest, die aanvangt met een koude motor, wordt de katalysator dus in een later stadium actief. Voor voertuigen die relatief veel koude starts ondergaan is er in de praktijk sprake van verhoogde THC emissies. Het zelfde voertuig blijkt op benzine nog zeer goed te presteren en onderschrijdt de limiet met 69%. Dit resultaat bevestigt de theorie dat de compacte methaan moleculen zich moeilijker laten oxideren dan de langere benzine moleculen. In de CADC-test, die met warme motor en warme katalysator wordt uitgevoerd, wordt dit verschijnsel niet waargenomen. In de praktijk zal een voertuig, dat onafgebroken wordt gebruikt, veel minder last hebben van dit verouderingsverschijnsel.

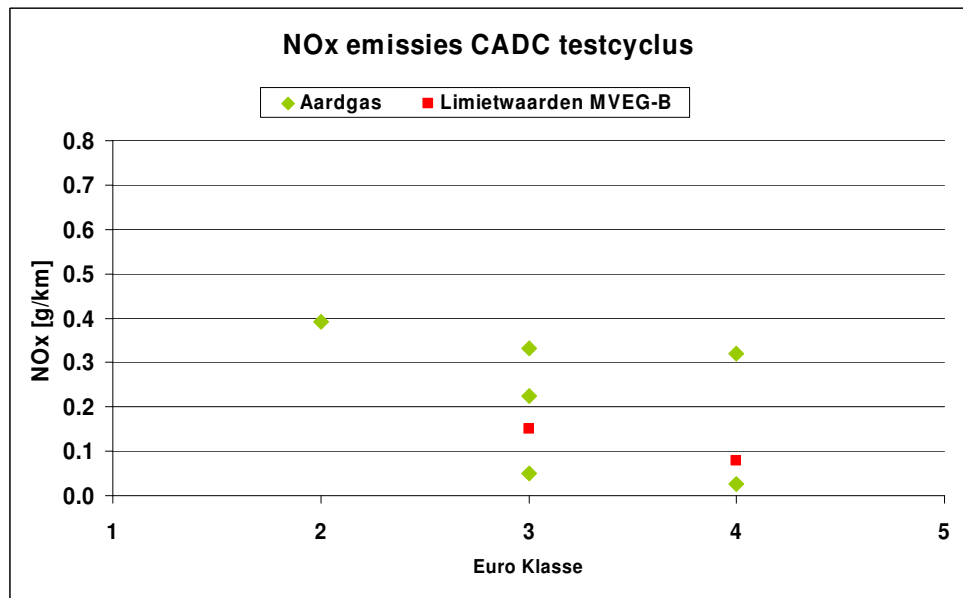
## 4.2 NO<sub>x</sub> emissies

In Figuur 12 en Figuur 13 zijn de NO<sub>x</sub> emissies weergegeven. De meeste voertuigen presteren op aardgas goed. Eén Euro 4 voertuigen op aardgas heeft een NO<sub>x</sub>-emissie van 0,118 g/km in de MVEG-B testcyclus en overschrijdt de limiet met 47%. Ook is er bij dit voertuig op benzine sprake van te hoge NO<sub>x</sub> emissies (73% overschrijding). Mogelijk is er na 160.000 km sprake van een minder goed functionerende lambdasonde. Verder is er in de meer praktijkgerichte CADC testcyclus sprake van nog hogere NO<sub>x</sub> emissies (0,32 g/km) dan in de MVEG-B cyclus.

Het Euro 3 voertuig dat op benzine ruim boven de limiet scoort, bleek achteraf een defecte lambdasonde te hebben. Vermoedelijk zou dit op aardgas ook geresulteerd hebben in verhoogde emissies. De lambdasonde is echter voorafgaand aan de emissietest op aardgas vervangen. Dit 6-jarige voertuig (met 106.000 km) blijkt op aardgas aan alle emissie eisen te voldoen.



Figuur 12: NOx emissies MVEG-B testcyclus



Figuur 13: NOx emissies CADC testcyclus

### 4.3 THC + NOx emissies

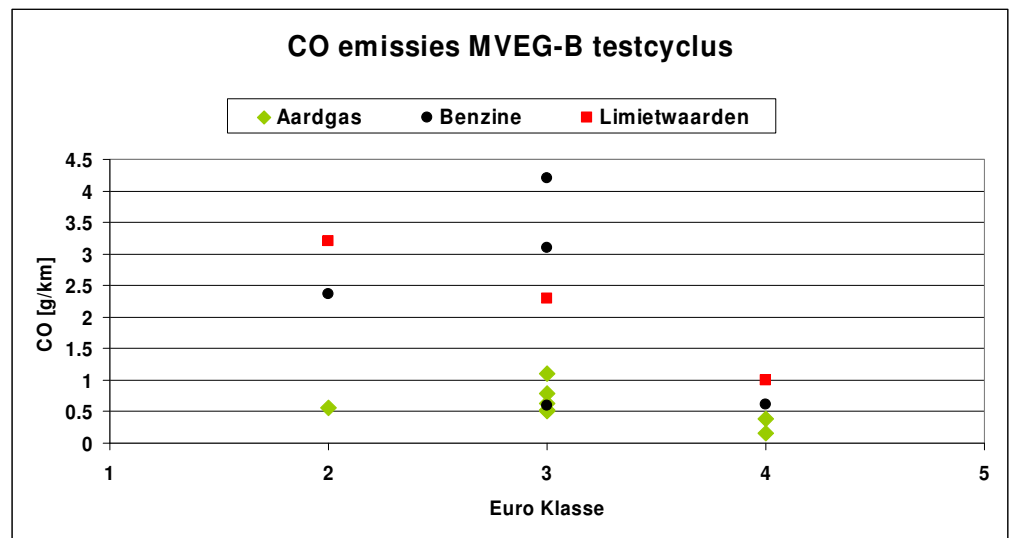
Voor het Euro 2 voertuig gelden geen aparte THC en NOx emissie eisen. De som van THC en NOx is gelimiteerd op 1,4 g/km. Tevens geldt voor een Euro 2 voertuig een afwijkende testprocedure t.o.v. Euro 3 en 4 voertuigen.

Voor een Euro 2 voertuig wordt de motor in koude conditie gestart en na 40 seconden vangt de bemonstering van het uitlaatgas aan (MVEG\_A test). De testcyclus bestaat uit een stadsdeel en een deel buitenweg. Voor een Euro 3 en voertuig wordt dezelfde cyclus gereden. De bemonstering van emissietesten van Euro 3 en 4 voertuigen vangt echter direct aan bij de start van de koude motor. Dit betekent dat de emissies van Euro 2 voertuigen in de eerste 40 seconden niet bijdragen aan het testresultaat. In dit onderzoek is het Euro 2 voertuig per abuis volgens de Euro 3 testprocedure getest, dit zijn ongunstigere condities. Het eindresultaat van de THC + NOx emissies van de MVEG-B test op aardgas is 1,6 g/km. Hoogstwaarschijnlijk zou het resultaat beneden 1,4 g/km zijn uitgekomen indien de juiste testprocedure (MVEG-A) was gevolgd.

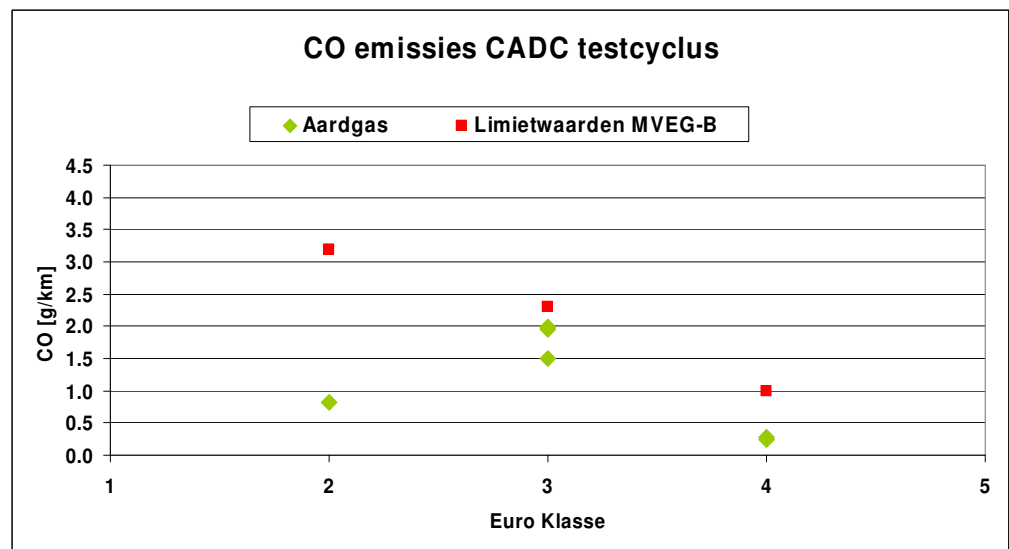
Het Euro 2 voertuig blijkt na ruim 6 jaar en 130.000 km nog aan de emissie eisen te voldoen.

#### 4.4 CO emissies

In Figuur 14 en 15 zijn de CO testresultaten weergegeven. Alle voertuigen voldoen op aardgas aan de gestelde CO emissie eisen. Ook in de meer praktijkgerichte CADC-test overschrijden de voertuigen de voor de MVEG-B test geldende limieten niet. Twee voertuigen blijken op benzine de limieten wel te overschrijden. Eén exemplaar bleek een defecte lambdasensor te hebben. Dit gebrek is verholpen en daarna is een test op aardgas uitgevoerd. Het andere exemplaar is alleen als aardgasvoertuig gehomologeerd en is waarschijnlijk niet geoptimaliseerd voor benzinebedrijf.



Figuur 14: CO emissies MVEG-B testcyclus



Figuur 15: CO-emissies CADC-testcyclus

#### 4.5 CO<sub>2</sub> emissies

De gemeten CO<sub>2</sub> emissies in de MVEG-B testcyclus op aardgas zijn gemiddeld 173 g/km en op benzine 214 g/km. Een aardgasvoertuig stoot 19,5% minder CO<sub>2</sub> uit dan voertuigen met gelijke massa op benzine. In de praktijk zal het verschil kleiner zijn omdat benzinevoertuigen van gelijk type lichter zijn dan aardgasvoertuigen.

#### 4.6 PM10 emissies

In Tabel 6 zijn PM10 emissies gerapporteerd. Voor Euro 2, 3 en 4 voertuigen gelden geen PM10 limietwaarden. Voor Euro 5 voertuigen geldt in de MVEG-B test een limiet van 0,005 g/km. Alle gemeten voertuigen voldoen zelfs aan de Euro 5 emissie eis. In de CADC testcyclus die bij hogere toerentallen en belastingen plaatsvindt dan in de MVEG-B testcyclus is bij 2 van de drie gemeten voertuigen sprake van PM emissies van 0,005 – 0,025 g/km. Waarschijnlijk spelen motorslijtage en een verhoogd oliegebruik hier een rol.

Tabel 6: PM10 emissies

Merk en type	Km-stand	PM MVEG-B	PM MVEG-B	PM CADC
	[km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]
		Benzine	Aardgas	Aardgas
Fiat Multipla	106.000	0.001	0.001	0.005
Volvo V70	160.000	0.002	0.001	0.025
VW Caddy	96.100	-	-	0.001

#### 4.7 Discussie emissiegedrag aardgasvoertuigen

Dit emissieonderzoek betreft slechts een klein aantal voertuigen. Desalniettemin is het beeld, dat de emissies van aardgasvoertuigen ook bij hoge kilometerstanden op een laag niveau blijven. Voor sommige voertuigen is ook een emissietest op benzine uitgevoerd. De levensduureisen m.b.t. uitlaatgasemissies zijn door de wetgever vastgesteld, deze eisen zijn voor de meeste voertuigen geen probleem. Bij voertuigen die ruim meer kilometers hebben gereden dan de wettelijke levensduurnorm (>> 100.000 km) is soms sprake van overschrijding van de wettelijke emissie-eisen. Mogelijke oorzaken kunnen dan zijn een defecte lambdasensor (te hoge NO<sub>x</sub>-emissies) of een verminderde werking van de katalysator (te hoge THC-emissies).

Het ritprofiel van de CADC-test ligt dicht bij praktijkgebruik dan de typegoedkeuringstest (MVEG\_B testcyclus). De meetresultaten van de CADC-test laten vooral een wat hogere NO<sub>x</sub>-emissies zien dan in de MVEG\_B testcyclus. In vergelijking met bijvoorbeeld dieselmotoren is deze verhoging beperkt. In de CADC-test worden lagere THC-emissies gemeten dan in de MVEG-B test omdat de CADC-test geheel met warme motor wordt uitgevoerd. In de MVEG-B test is sprake van een koude start. Deze gemeten verschillen in emissies in de MVEG-B testcyclus en in de CADC-testcyclus zijn herkenbaar, vele voertuigen vertonen deze trend. Voor de componenten CO wordt in de CADC-test geen overschrijding gemeten. De verhoogde PM10 emissies in CADC-test zijn waarschijnlijk te wijten aan motorslijtage (hoger oliegebruik).

## 4.8 Conclusies emissies aardgasvoertuigen

### *Emissies:*

- Aardgasvoertuigen blijken op emissiegebied over de nominale wettelijke levensduur goed te presteren. Drie van de zes voertuigen voldoen na 100.000 km of meer voor alle emissiecomponenten ruimschoots aan de geldende emissie-eisen.
- Drie voertuigen die beduidend meer kilometers hebben gereden dan waarvoor de wettelijke eisen gelden (100.000 km) vertonen iets verhoogde emissies. De niveaus zijn gezien de kilometerstanden van 160.000 – 260.000 km als goed te kwalificeren.

## 5 Conclusies

### *Kosten:*

- De kosten voor onderhoud en reparatie van aardgasvoertuigen liggen gemiddeld in dezelfde ordegrrootte als de kosten voor dieselveertuigen.
- Per voertuigtype kunnen grote onderlinge verschillen in totale onderhoud- en reparatiekosten optreden (0,02 – 0,07 EUR per km). De oorzaak van deze grote verschillen is primair te wijten aan het rijgedrag van chauffeurs. Dit rijgedrag heeft grote invloed op de vervangingsfrequentie van banden, remblokken en remschijven. In mindere mate zijn de inzet van het voertuig en het kwaliteitsniveau van het voertuig van invloed op de kosten. Defensief en zuinig rijden heeft naast lagere brandstofkosten ook een zeer positieve invloed op de kosten voor onderhoud en reparatie.

### *Levensduur:*

- Aardgasvoertuigen blijken te beschikken over voldoende technische levensduur. In de praktijk zijn er voertuigen die zonder problemen meer dan 250.000 km hebben gereden.

### *Emissies:*

- Aardgasvoertuigen blijken op emissiegebied over de nominale wettelijke levensduur goed te presteren. Drie van de zes voertuigen voldoen na 100.000 km of meer voor alle emissiecomponenten ruimschoots aan de geldende emissie-eisen.
- Drie voertuigen die beduidend meer kilometers hebben gereden dan waarvoor de wettelijke eisen gelden (100.000 km) vertonen iets verhoogde emissies. De niveaus zijn gezien de kilometerstanden van 160.000 – 260.000 km als goed te kwalificeren.

## 6 Ondertekening

Delft, 13 juli 2010

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized initials 'B.B.' followed by a long horizontal stroke.

Dr. B. Bos  
Afdelingshoofd

TNO Industrie en Techniek

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized initials 'G.K.' followed by a long horizontal stroke.

Ing. G. Kadijk  
Auteur

## 7 Lijst met afkortingen

CADC	Common Artemis Driving Cycle
CNG	Compressed Natutal Gas
DF	Deterioration Factor (verslechteringsfactor)
NEDC	New European Driving Cycle (MVEG_B)
PM	Particulate Matter
THC	Total Hydro Carbons

## A Resultaten emissietesten

MVEG-B testcyclus													
Aardgas / CNG													
Voertuig	Bouwjaar	KM-stand	Klasse	CO	CO2	THC	NMHC	NOx	PM	CO	THC	NOx	HC+NOx
			Euro	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[%]	[%]	[%]	[%]
Peugeot Partner	Nov-03	130000	2	0.567	141	0.970	0.189	0.628	-	18%	-	-	114%
Fiat Doblo	Dec-05	104000	3	0.530	170	0.111	0.040	0.110	-	23%	56%	73%	-
Fiat Doblo	Dec-05	104000	3	0.504	170	0.107	0.036	0.099	-	22%	54%	66%	-
Mercedes E Klasse	Dec-05	257500	3	0.795	182	0.267	0.057	0.029	-	35%	134%	19%	-
Mercedes E Klasse	Dec-05	257500	3	0.637	180	0.291	0.062	0.042		28%	146%	28%	-
Fiat Multipla	Apr-02	106000	3	1.105	167	0.182	0.092	0.047	0.001	48%	91%	31%	
Volvo V70 BiFuel	Mar-07	160000	4	0.385	203	0.090	0.036	0.118	0.001	39%	90%	148%	
VW Caddy	Jul-08	96100	4	0.150	171	0.041	0.006	0.031	0.000	15%	41%	39%	

MVEG-B testcyclus													
Benzine													
Voertuig	Bouwjaar	KM-stand	Klasse	CO	CO2	THC	NMHC	NOx	PM	CO	THC	NOx	HC+NOx
			Euro	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[%]	[%]	[%]	[%]
Peugeot Partner	Nov-03	130000	2	2.371	180	0.429	0.424	0.328	-	74%	-	-	54%
Fiat Doblo	Dec-05	104000	3	4.208	208	0.113	0.108	0.057	-	183%	57%	38%	
Mercedes E Klasse	Dec-05	257500	3	0.599	227	0.061	0.048	0.012	-	26%	31%	8%	
Fiat Multipla	Apr-02	106000	3	3.092	205	0.100	0.092	0.738	0.001	134%	50%	492%	
Volvo V70 BiFuel	Mar-07	160000	4	0.611	252	0.088	0.084	0.138	0.002	61%	88%	173%	
VW Caddy	Jul-08	96100	4	-	-	-	-	-	-				

CADC testcyclus													
Aardgas / CNG													
Voertuig	Bouwjaar	KM-stand		CO	CO2	THC	NMHC	NOx	PM				
				[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]				
Peugeot Partner	Nov-03	130000	2	0.813	155	0.456		0.391					
Fiat Doblo	Dec-05	104000	3	1.498	179	0.063		0.332	-				
Mercedes E Klasse	Dec-05	257500	3	1.961	151	0.109		0.049					
Fiat Multipla	Apr-02	106000	3	1.982	183	0.038	0.005	0.225	0.005				
Volvo V70 BiFuel	Mar-07	160000	4	0.236	200	0.048	0.021	0.32	0.021				
VW Caddy	Jul-08	96100	4	0.271	170	0.036	0.003	0.026	0.001				