

TNO-rapport**TNO 2022 R10397v2****Aanpak van hoge NO_x-emissies van oudere benzineauto's****Traffic & Transport**Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
Postbus 96800
2509 JE Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

Datum	22 april 2022
Auteur(s)	Norbert E. Ligterink, Mitch Elstgeest, Thomas Frateur, Jessica M. de Ruiter, Pierre Paschinger
Exemplaarnummer	2022-STL-RAP-100343871
Aantal pagina's	19 (incl. bijlagen)
Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat Postbus 20901 2500 EX DEN HAAG
Projectnaam	MaVe
Projectnummer	060.39406

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.

© 2022 TNO

Samenvatting

Uit praktijktesten in een eerdere TNO-studie blijkt dat een kleine groep (6%) benzinevoertuigen, met een niet goed werkende driewegkatalysator, in het verkeer zorgt voor een groot aandeel (36%) van de NO_x-emissies. De huidige testen in de algemene periodieke keuring (APK) slagen er niet in om defecten in het emissienabehandelingssysteem van benzinevoertuigen effectief op te sporen. Hierdoor blijven voertuigen met een niet goed werkende driewegkatalysator vaak rondrijden, met als gevolg een hoge uitstoot. De NO_x-emissies in voertuigen met een defect emissienabehandelingssysteem kunnen een factor 10 of meer toenemen.

Dit probleem blijft bestaan omdat hiervoor geen aanpassingen zijn voorzien in wet- en regelgeving. In 2030 wordt de totale extra NO_x-emissie door defecte benzinepersonenauto's geschat op 3 kton, of zo'n 22% van de totale NO_x-uitstoot door personenauto's.

Het opsporen van niet goed werkende driewegkatalysatoren bij benzinevoertuigen is lastiger dan het opsporen van defecte roetfilters bij dieselauto's. De uitstoot van benzinemotoren vertoont bij normaal gebruik grote variaties, waardoor er geen eenvoudige limiet te stellen is voor goed werkende systemen. De hoge NO_x-emissies lijken samen te hangen met de regeling van de katalysator en de lambdasonde. De huidige APK-test, waarbij de lambdawaarde maximaal 1,03 mag zijn, is te ruim om deze problemen op te kunnen sporen. Dit wordt bevestigd door een eerdere TNO-studie waarbij meerdere voertuigen met hoge tot zeer hoge emissies niet tot afkeur leidden in de APK. Het probleem wordt bovendien versterkt doordat er geen emissiemetingen meer worden uitgevoerd in de APK indien de Europese on-board diagnostic (EOBD) procedure succesvol wordt doorlopen en geen emissie-gerelateerde fouten worden geconstateerd. Omdat er aanwijzingen zijn dat EOBD-systemen van auto's voorbij 100.000 kilometer (gedeeltelijk) worden afgeschakeld, is het de vraag of dit een betrouwbaar onderdeel is voor de APK bij oudere voertuigen.

Enkele nieuwe testen om niet goed werkende driewegkatalysatoren te detecteren worden hier besproken. Een mogelijkheid is de aanscherping van de limiet van de lambdawaarde van de APK emissietest. Een extra test van de gemonteerde lambdasensor kan ook problemen opsporen die gerelateerd zijn aan de regeling van de driewegkatalysator. Voor beide opties is minimale ontwikkeling nodig. Een extra koudestarttest tijdens de APK is ook een optie om defecte katalysatoren op te sporen. Een goede katalysator brengt de emissies binnen 20 seconden sterk omlaag. Voor een doelgerichte koude-start-test in de APK zijn wel verdere ontwikkelingen nodig.

Om grote defecten bij oudere voertuigen op te sporen, is mogelijk een eenmalige uitgebreide controle van een voertuig met meer dan 160.000 km een goede optie. Dit hangt samen met het eindigen van de Europese duurzaamheidseisen. Dit is de periode waarbinnen de fabrikant moet zorgen dat een goed onderhouden en in originele staat verkerend voertuig goed moet blijven functioneren. Ook markttoezicht op de werking van de EOBD en de kwaliteit van vervangingsonderdelen kan hierbij helpen.

Om statistische data te kunnen gebruiken om defecten op te sporen, zal APK- en andere testresultaten verzameld moeten worden in een gecentraliseerde database. Het aantonen van de haalbaarheid en het exacte besparingspotentieel van deze oplossingen vraagt een vervolgonderzoek.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding	5
2	Milieu-impact van onopgemerkte defecten.....	6
2.1	Hogere NO _x -emissies van benzineauto's tot 2030 en verder	6
3	Eisen aan voertuigen	7
3.1	Europese typegoedkeuringseisen (prototypetesten).....	7
3.2	Conformity of Production eisen (kwaliteitscontrole)	8
3.3	In-Service Conformity eisen (in normaal gebruik)	8
3.4	Markttoezichteisen	8
3.5	APK-eisen.....	8
3.6	Wegkantinspecties.....	9
3.7	Ontwikkelingen van Europese wetgeving.....	9
4	Aanpakken voor opsporen voertuigen met defecten	10
4.1	Uitvoeren emissietest in de APK	10
4.2	Remote sensing metingen	10
4.3	Wegkantinspecties.....	11
4.4	Registratie van probleemgevallen	12
4.5	Inferieure vervangingsonderdelen	12
5	Nadere uitwerking testen van benzineauto's	13
5.1	EOBD uitlezen én een emissietest.....	14
5.2	Aanscherpen van de lambdawaarde	14
5.3	Controle van de lambdasensor.....	15
5.4	Koude start test.....	15
5.5	De tweede leven of 160.000-kilometertest	16
5.6	Markttoezicht op OBD	16
5.7	Markttoezicht op vervangingsonderdelen.....	16
5.8	Conclusies	17
6	Conclusies.....	18
7	Ondertekening	19

1 Inleiding

Naar aanleiding van metingen aan oudere benzineauto's, waarbij een kleine groep auto's met een niet goed werkende driewegkatalysator verantwoordelijk is voor een groot deel van de NO_x-emissies,^{1,2} heeft het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat aan TNO gevraagd om in kaart te brengen wat de mogelijkheden zijn om dit probleem aan te pakken. TNO is daarbij specifiek gevraagd na te gaan wat eventuele praktische oplossingen zijn. *“Om vast te stellen welke aanpak effectief is voor het opsporen en aanpakken van dit probleem is verder onderzoek vereist naar hoe een mogelijke test eruit zou kunnen zien en tegen welke kosten en wanneer deze uitgevoerd zou kunnen worden. Ik laat dit de komende tijd in kaart brengen en zal uw Kamer vervolgens over de uitkomsten hiervan informeren.”*³

Goed functionerende emissie nabehandelingstechnologie op moderne voertuigen reduceert de uitstoot van schadelijke stoffen met 90% tot meer dan 99%. Defecten aan deze emissiecontrolesystemen leiden daarom tot hoge emissies. Het gevolg is dat een klein aandeel (1% tot 10%) voertuigen met defecten tot een verdubbeling van de totale NO_x-emissies kan leiden. De driewegkatalysator op benzineauto's, zoals vanaf 1992 ingevoerd, het roefilter op dieselauto's zoals vanaf 2009 ingevoerd en een effectieve SCR katalysator op dieselauto's vanaf 2018, zijn dergelijke technologieën, waarvan de goede werking essentieel is voor lage uitstoot van schadelijke stoffen.

De Regeling Voertuigen stipuleert dat bij benzinepersonenauto's vanaf 1992 en bedrijfsauto's op benzine vanaf 1994, die zijn uitgerust met een emissiebestrijdingssysteem dat bestaat uit een katalysator en een lambdasonde, het emissiebestrijdingssysteem goed dient te werken. De goede werking ervan wordt beoordeeld aan de hand van het gehalte koolmonoxide van de uitlaatgassen, alsmede aan de hand van een op grond van de samenstelling van de uitlaatgassen berekende lucht-brandstofverhouding. Bij benzinepersonenauto's met een toegestane maximummassa van niet meer dan 3.500 kg die in gebruik zijn genomen na 31 december 2005 wordt, in plaats van een emissietest aan de uitlaat, het On Board Controle systeem uitgelezen.⁴

De praktijk blijkt, echter, weerbarstig. Geen enkele van de in het TNO onderzoek gevonden benzinevoertuigen met hoge tot zeer hoge NO_x-emissies werd afgekeurd volgens de eisen van de Regeling Voertuigen. Ook een grote beurt bij een garage leidde in de meeste gevallen niet tot een vermindering in uitstoot. Alleen specifieke reparaties, op verzoek van TNO, bleken deels effectief. De testen in de APK, en het alternatief in de vorm van de controle van het On-Board Diagnostic (OBD) systeem, zijn niet effectief. In het kader van de ontwikkeling van nieuwe Europese emissiewetgeving is ook geconcludeerd dat de OBD in Europa beperkt haar doel dient, namelijk het voorkomen en repareren van emissie verhogende defecten.

¹ On road emissions of 38 petrol vehicles with high mileages, TNO rapport 2020 R11883.

² Emissions of twelve petrol vehicles with high mileages, TNO rapport 2018 R11114.

³ Tweede Kamer, Kamerstukken II 2020/2021, 31 209, nr. 227.

⁴ Regeling voertuigen: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0025798/2022-01-01>

2 Milieu-impact van onopgemerkte defecten

De effecten van de veroudering van benzinevoertuigen en de defecten welke daarbij horen, leiden tot een substantiële toename van de NO_x-emissies. De meeste benzineauto's hebben een typische NO_x-emissie van 100 mg/km of minder, afhankelijk van de inzet en leeftijd. Door defecten kan dat toenemen tot 1000 mg/km of meer. Er zijn meerdere voertuigen gemeten waarbij de toename 200 mg/km tot 400 mg/km was. De verwachting is dat deze toenames vooral optreden na 150.000 gereden kilometers bij een leeftijd van 10 jaar of ouder. Dat betreft ruim een derde van alle personenauto's in Nederland.

De onderzoeksresultaten van TNO worden ook bevestigd door onderzoeken met *remote sensing*. De toenames van de gemiddelde emissies van benzineauto's naarmate ze ouder worden zijn typisch een factor twee tot vier.⁵ Een studie in Vlaanderen laat zien dat voor benzineauto's en andere relatief schone voertuigen een substantieel deel van de totale emissies afkomstig is van een kleine groep met veel hogere emissies dan gemiddeld voor deze voertuigen.⁶

2.1 Hogere NO_x-emissies van benzineauto's tot 2030 en verder

Bij inschattingen van toekomstige emissies⁷ is de verwachting dat dit probleem blijft bestaan en waarschijnlijk relatief groter wordt omdat nieuwe voertuigen schoner zijn, voertuigen langer op de weg blijven rijden en voertuigen meer kilometers maken. Was dertig jaar geleden een auto rijp voor de sloop na 10 jaar, nu gaan auto's bijna 20 jaar mee. In het afgelopen jaar zijn de effecten van veroudering van benzineauto's zoals geobserveerd voor Euro-3, Euro-4, en Euro-5 ook toegepast voor het bepalen van de emissiefactoren van Euro-6. Hierdoor zijn voor 2030 de emissiefactoren van Euro-6 benzineauto's aangepast van 43 mg/km in de stad, 20 mg/km op de buitenweg, en 11 mg/km op de snelweg, naar resp. 76, 56 en 44 mg/km in 2021. Dat is ruim 1 kiloton aan extra NO_x-emissies van de nieuwste generatie auto's, boven op de grote bijdrage van ongeveer 2 kton NO_x van oudere benzineauto's (Euro-5 en ouder), waarvan er waarschijnlijk nog enkele miljoenen rondrijden in 2030. Het effect van defecten bij Euro-5 en ouder wordt sinds 2019 meegenomen in de nationale getallen.⁸ De verwachting van de extra NO_x-emissies door onopgemerkte defecten aan benzineauto's is bij elkaar ongeveer 3 kton in 2030. Bij een totale raming voor 2030 van de NO_x-emissies door mobiliteit van 84,3 kton en 13,7 kton uitstoot van personenauto's alleen, heeft deze extra uitstoot een substantieel aandeel in het totaal.⁹

⁵ Study on the durability of European passenger car emission control systems utilizing remote sensing data, IVL rapport 2019 C 387, Zweden.

⁶ Analysis of the 2019 Flemish remote sensing campaign, Vlaams Planbureau voor Omgeving, Brussel, 2020.

⁷ Emissiefactoren wegverkeer: wijzigingen en uitbreidingen 2021, TNO rapport 2021 R11981.

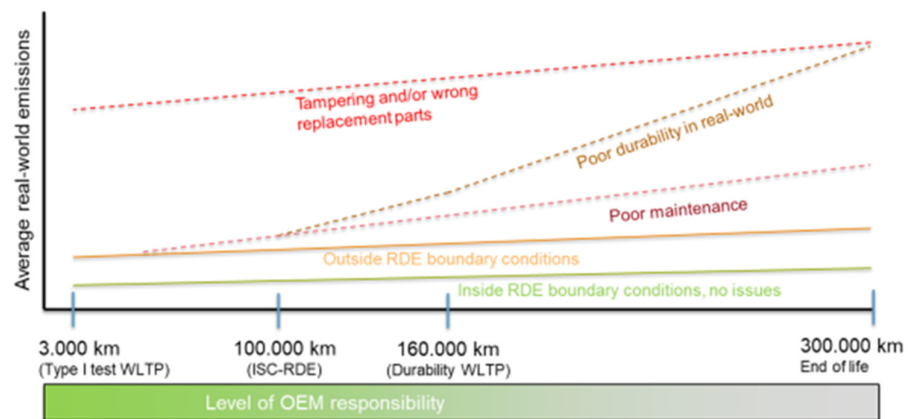
⁸ Emissiefactoren wegverkeer. Actualisatie 2019, TNO rapport 2019 R10825.

⁹ Emissieramingen luchtverontreinigende stoffen. Rapportage bij de Klimaat- en Energieverkenning 2020, PBL 2020 publicatienummer 4211.

3 Eisen aan voertuigen

Een voertuig moet aan meerdere milieueisen voldoen, maar naarmate het voertuig ouder wordt nemen deze eisen af. In 2007 werd met Euro-5/6 wetgeving vijf jaar en 100.000 kilometer genomen als nuttige levensduur waarvoor eisen gelden, terwijl personenauto's in de regel vaak meer dan twee keer zo veel kilometers rijden en dubbel zo lang in gebruik zijn.¹⁰

Voorbij 100.000 kilometer hoeft de fabrikant geen controle meer uit te voeren of voertuigen voldoen in normaal gebruik (*ISC, In-Service Conformity*). Voor emissiecontroletechnologie is er nog een duurzaamheidseis dat componenten effectief 160.000 kilometer mee moeten gaan. Bij het nieuwe markttoezicht vanaf 2020, is daar mogelijk wel enige controle op gekomen. Voorbij de 100.000 kilometer nemen de verantwoordelijkheden van de autofabrikant af en na 160.000 kilometer kan de fabrikant eigenlijk niet meer aangesproken worden op de milieuprestaties van de auto. Ook is er geen controle, door de typekeuringsautoriteit, op de werking van het boorddiagnosesysteem zelf voorbij 100.000 kilometer, alhoewel er wel een vereiste is dat de EOBD over de hele levensduur blijft werken. Hiermee is er beperkte controle of de systemen, waarop de APK grotendeels gebaseerd is, nog wel functioneren bij hoge kilometerstanden.



Figuur 3-1: Een schematische voorstelling van de toename van emissies bij benzineauto's door verschillende oorzaken. (TNO rapport 2019 R10534) De fabrikant (Original Engine Manufacturer, OEM) heeft daarvoor steeds minder verantwoordelijkheid.

3.1 Europese typegoedkeuringseisen (prototypetesten)

Voordat een voertuig in productie wordt genomen, wordt in de typegoedkeuring gecontroleerd of een type voertuig aan de eisen voldoet. De voertuigen die getest worden dienen representatief te zijn voor de voertuigen die later in grotere getallen op de weg komen. Er zijn in de typegoedkeuring een reeks van emissietesten waaraan het voertuig moet voldoen. De WLTP test is maatgevend voor CO₂-emissies en een aantal luchtverontreinigende stoffen zoals, PM (fijnstofmassa), HC (koolwaterstoffen), en CO (koolmonoxide). De RDE test op de weg is maatgevend voor (PN) deeltjesaantallen en NO_x-emissie-eisen.

¹⁰ Nederlandse wagenparksamenstelling 2016, TNO rapport 2016 R11872.

Een aparte WLTP lage temperatuurtest bij -7° C moet er voor zorgen dat er geen grote afwijkingen optreden bij lage temperaturen.¹¹

3.2 Conformity of Production eisen (kwaliteitscontrole)

Voor elk type voertuig moeten er steekproeven uit de geproduceerde voertuigen genomen worden om te controleren of deze voertuigen aan de emissie-eisen en de gedeclareerde CO₂-waarden voldoen. Dit testprogramma bevat veruit het grootste aantal testen die aan voertuigen gedaan worden. Dit gebeurt als de voertuigen de fabriek uit komen, voordat ze gereden hebben. Deze testen moeten garanderen dat voertuigen, als ze voor het eerst op de weg komen, aan de wettelijke eisen voldoen.

3.3 In-Service Conformity eisen (in normaal gebruik)

Een fabrikant moet zeker stellen dat voertuigen, in normaal gebruik, blijven voldoen aan de typegoedkeuringseisen. Dat geldt alleen voor voertuigen die in originele staat zijn, volgens voorschrift van de fabrikant zijn onderhouden en gerepareerd wanneer het boorddiagnosesysteem dat aangeeft en voor een beperkt deel van de daadwerkelijke levensduur. De huidige Europese eisen gelden alleen voor de nuttige levensduur van personenauto's en bestelauto's die is vastgesteld op 100.000 kilometer of vijf jaar, waardoor het toezicht zich dus beperkt tot voertuigen die nog vele jaren, vele kilometers zullen afleggen. De verwachting is dat dit tot 200.000 tot 300.000 kilometer wordt verhoogd met Euro-7 wetgeving. Deze eisen worden gecontroleerd door de typekeuringsautoriteit in overleg met de autofabrikant. Sinds 2019 is de controle van voertuigen in normaal gebruik niet alleen meer een aangelegenheid van de fabrikant. Ook de typekeuringsautoriteiten, markttoezichtautoriteiten en onafhankelijke partijen kunnen voertuigen testen.

3.4 Markttoezichteisen

Naast controle van In-Service Conformity in het kader van de typegoedkeuring zijn dezelfde emissietesten onderdeel gemaakt van markttoezicht, waarbij onafhankelijke inspectieautoriteiten voertuigen steekproefsgewijs controleren. Deze controle reikt verder dan de formele eisen van de typegoedkeuring. In deze controles worden ook de eventuele wijzigingen aan voertuigen en mogelijke manipulatiesoftware vanuit de fabrikant meegenomen voor nieuwe voertuigen.

3.5 APK-eisen

Na 100.000 kilometer houden de controles, in normaal gebruik, van de deugdelijkheid van het originele product voor wat betreft de emissies op, en zijn alleen de APK en de boorddiagnose ((E)OBD) de poortwachter van het emissiegedrag van het voertuig. In de APK wordt een voertuig onderworpen aan een controle op de permanente eisen zoals vastgelegd in de Regeling Voertuigen.⁴ Omdat na 100.000 kilometer, of bij een ruime interpretatie van de typegoedkeuring bij 160.000 kilometer, er ook geen controle is op de werking van de OBD, zoals dat gebeurt in het kader van In-Service Conformity, is de vraag of de OBD wel de juiste basis is voor de APK van oudere voertuigen.

¹¹ UNECE WLTP Task Force on Low Temperature Test (LowT TF) (wiki.unece.org)

De APK-eisen volgen uit de minimumeisen die in de Europese richtlijn voor periodieke inspectie 2014/45/EU¹² zijn opgesteld.¹³ In deze aanpassing van de oude richtlijn 2009/40/EG, die niet meer van kracht is sinds mei 2018, is de rol van het boorddiagnosesysteem EOBD groter geworden, destijds onder de aanname dat dat doeltreffender was. De Nederlandse APK-eisen komen overeen met de minimale eisen in de Europese Richtlijn voor benzineauto's. Voor dieselauto's heeft Nederland een effectievere test ingevoerd voor roetfilters dan in de Europese richtlijn beschreven staat. De test van een roetfilter wordt in Nederland uitgevoerd met een deeltjesteller.

3.6 Wegkantinspecties

De wegkantinspecties zijn hoofdzakelijk bedoeld voor zware wegvoertuigen en voor veiligheid. Voor lichte voertuigen beperkt dit zich tot een aantal visuele inspecties vergelijkbaar met de APK. Voor de meeste problemen wordt er toch weer terugverwezen naar de APK. Een voertuig kan dan een WOK status (Wachten op Keuring) krijgen, waarna een technische controle bij een keuringsstation van de RDW vereist is voordat het voertuig weer gebruikt kan worden.

De Europese Richtlijn betreffende de technische controle langs de weg van bedrijfsvoertuigen die in de Unie aan het verkeer deelnemen¹⁴ is van toepassing op zware bedrijfsvoertuigen, maar staat lidstaten toe om ook bestelwagens en personenauto's te controleren.

3.7 Ontwikkelingen van Europese wetgeving

Op dit moment hebben de emissies van voertuigen, die over de hele levensduur van het voertuig worden uitgestoten, de aandacht van Brussel: Ten eerste zal DG-GROW naar verwachting in juli van 2023 voorstellen om de typegoedkeuringseisen aan voertuigen uit te breiden naar een langere nuttige levensduur dan de huidige 100.000 kilometer en vijf jaar. Hierbij is er ook aandacht voor het verschil in beoordeling van voertuigen die aan typegoedkeuringseisen voldoen, en voertuigen die niet in originele staat of in goed onderhoud zijn en toch op de weg mogen rijden. Ten tweede heeft de Europese Commissie bij monde van het departement DG-MOVE aangekondigd¹⁵ dat zij de richtlijn voor periodieke inspectie gaat herzien. Concreet wordt daarin benoemd: *“to ensure the environmental performance of vehicles during their lifetime. [...] to perform meaningful emission tests during vehicle inspections.”* Ten derde, onder UNECE,¹⁶ mede op aandringen van de CITA, de wereldwijd samenwerkende partijen voor periodieke inspecties, wordt er gewerkt aan het verbeteren van emissiegedrag van voertuigen over de hele levensduur (*“whole lifetime”*). Nederland heeft voor dergelijke verbeteringen haar steun uitgesproken.

¹² Richtlijn 2014/45/EU, betreffende de periodieke technische controle van motorvoertuigen en aanhangwagens.

¹³ Beleidsstudie naar het voorkomen en bestrijden van emissiefraude bij wegvoertuigen, TNO & VUB voor Vlaams Planbureau voor de Omgeving, Brussel, 2020.

¹⁴ Richtlijn 2014/47/EU

¹⁵ Revision of the Directives of the Roadworthiness Package, Ares(2021)6015595 - 04/10/2021.

¹⁶ ECE/TRANS/WP.29/2021/148, Proposal for a Framework Document on Vehicle Whole-Life Compliance.

4 Aanpakken voor opsporen voertuigen met defecten

Het opsporen van defecte roetfilters bij dieselauto's is eenvoudiger dan het opsporen van defecte driewegkatalysatoren. Bij een defect roetfilter zijn de fijnstof-emissies altijd verhoogd, ongeacht de omstandigheden en gebruik van het voertuig. Een roetfiltertest bij stationair draaien is maatgevend voor emissies op de weg. Voor benzineauto's variëren emissies sterk, zowel met omstandigheden, als in de loop van de tijd bij dezelfde omstandigheden. Deze variatie maakt het lastig om eventuele defecten in het uitlaatgas nabehandelingssysteem op te sporen. Uit een studie in 2020¹⁸ blijkt dat van de 50 geteste voertuigen met een hoge kilometerstand 6% van de voertuigen voor 36% van de totale NO_x-uitstoot zorgen van deze groep van 50 auto's. Defecte voertuigen hebben dus een grote impact op de gemiddelde NO_x-emissie.

4.1 Uitvoeren emissietest in de APK

En zijn dus meerdere aspecten waar rekening mee gehouden moeten worden bij het opsporen van voertuigen met systematisch hoge emissies. Ten eerste is een test met een stilstaand voertuig, zoals in de garage, niet noodzakelijk maatgevend voor de gemiddelde emissies van het voertuig op de weg. Ten tweede, een korte test, ook op de weg, hoeft niet representatief te zijn voor de gemiddelde emissies van het voertuig, omdat emissies van benzineauto's sterk kunnen fluctueren over de tijd. Ten derde, problemen met hoge emissies van benzineauto's kunnen verschillende oorzaken hebben, en daarmee verschillende karakteristieken hebben qua uitlaatgassamenstelling.

Het simpelste probleem met de driewegkatalysator is een probleem met het katalysatoroppervlak zelf.¹⁷ Als er geen omzetting meer is in de katalysator van schadelijke naar onschadelijke stoffen, zijn alle emissies permanent verhoogd. Mogelijk kan een CO test dat al opsporen. Hoge NO_x-emissies worden waarschijnlijk veroorzaakt door een probleem met de regeling van de katalysator en de lambdasonde. Deze sensor wordt gebruikt om zeer precies, binnen nauwe marges een optimale luchtbrandstofverhouding (lambda) in de motor van 1.00 te realiseren die nodig is voor een zeer efficiënte werking van de driewegkatalysator. Als de NO_x-emissies verhoogd zijn, zijn de CO en de koolwaterstof emissies waarschijnlijk niet sterk verhoogd. Een CO-test is daarom niet indicatief voor een hoge NO_x-uitstoot. De huidige APK test, waarbij de lambdawaarde maximaal 1.03 mag zijn, is te ruim om dat op te sporen.¹⁸

4.2 Remote sensing metingen

Met *remote sensing* wordt er al decennia geprobeerd om defecten op te sporen die leiden tot verhoogde emissies. In Amerika zijn er staten waarbij meerdere lage meetwaarden bij een wegportaal tot een vrijstelling kan leiden van de APK keuring. Tegelijkertijd worden autobestuurders met hoge emissies gewaarschuwd over mogelijke problemen.

¹⁷ Augmented emission maps are an essential new tool to share and investigate detailed emission data, H2020 project uCARE deliverable report D1.2 (www.project-ucare.eu, GA 815002).

¹⁸On road emissions of 38 petrol vehicles with high mileages, TNO rapport 2020 R11883.

In Europa is er alleen in Zürich een langdurige structurele meetcampagne geweest. De metingen van een vast station zijn gebruikt om te onderzoeken of hoge emissies herhaald worden. Daaruit bleek dat de meeste voertuigen, met hoge meetwaarden op de ene dag, de volgende dag lage emissies hebben. Ook een verband tussen garagebezoek en gemeten emissies bleek erg zwak.

Bij metingen met remote sensing in Vlaanderen bleek er ook beperkte correlatie tussen opeenvolgende meetwaarden aan dezelfde auto.¹⁹ Op de snelweg lijken de rijomstandigheden het meest constant tussen verschillende dagen en meetwaarden. Dit heeft vooral betrekking op dieselveertuigen met een SCR, die warm is en goed functioneert op de snelweg. Dit kan gebruikt worden om SCR fraude en defecten op te sporen. Voor benzineauto's met defecten lijkt dit niet een goede opsporingsmethode.

In Amerika staan de ontwikkelingen niet stil. Op meerdere plekken wordt er met speciale testopstellingen in een tent gewerkt. Voertuigen rijden een tent in en blijven daar even staan met de motor aan. In de tent wordt het uitlaatgas afgezogen en geanalyseerd. In sommige gevallen wordt dat gebruikt voor preventief onderhoud, en in andere gevallen om voertuigen aan een nader onderzoek te onderwerpen.

In Europa werken de meeste partijen op het gebied van remote sensing samen in het Europese Horizon 2020 onderzoeksproject CARES.²⁰ In dat project worden alle toepassingen van remote sensing, ook ter ondersteuning van APK, onderzocht. Er zijn nog in beperkte mate resultaten op deze specifieke onderzoeksvraag of remote sensing gebruikt kan worden om de APK te ondersteunen. De voortgang van het onderzoek wordt gehinderd door de COVID-19 pandemie.

4.3 Wegkantinspecties

Bij wegkantinspecties kunnen voertuigen aan een onverwachte technische controle onderworpen worden. In het Europees kader²¹ is deze controle enkel vereist voor aan het verkeer deelnemende vrachtwagens. Het Europese kader verhindert, echter, niet dat ook voertuigen buiten deze categorie gecontroleerd worden. Vrachtwagens die onderworpen worden aan een controle worden eerst visueel geïnspecteerd. Bij de controle op onregelmatigheden vallen onder andere het uitlaatsysteem en rookdichtheid of concentratie van CO voor resp. diesel- en benzinevoertuigen. Voor voertuigen met een emissiecontrolesysteem mag de CO-meting bij een stationair toerental niet hoger zijn dan 0,5% vol. Bij een toerental van minimaal 2000 toeren per minuut mag dit niet hoger zijn dan 0,3% vol. De lambdawaardemeting, voor benzineauto's, mag niet meer dan 0,03 afwijken van 1,00.

¹⁹ Analysis of the 2019 Flemish remote sensing campaign, Vlaams Planbureau voor Omgeving, Brussel, 2020.

²⁰ <https://cares-project.eu/>

²¹ COM/98/0117

4.4 Registratie van probleemgevallen

Problemen, zoals defecten die leiden tot hoge emissies, kunnen voorkomen bij specifieke voertuigtypes, merken of technieken die gebruikt worden om de uitstoot terug te dringen. Roetfilters van sommige typen auto's gaan bijvoorbeeld eerder defect dan anderen.²² Een ander voorbeeld is het verhoogde risico van bepaalde merken op diefstal van de driewegkatalysator. Het bijhouden en inventariseren van problemen kunnen deze zwakke punten gemakkelijker boven tafel brengen, en onderzoek en beoordeling risico-gestuurd laten zijn. Daarmee wordt de effectiviteit groter en de kosten waarschijnlijk lager. Een mogelijke aanpak hiervoor is het bijhouden van alle APK testresultaten in een gecentraliseerde database zodat de database gebruikt kan worden voor statistische analyse.

4.5 Inferieure vervangingsonderdelen

In een communicatie met de auteurs heeft de Inspectie Leefomgeving en Transport enkele van haar ervaringen gedeeld. Ze heeft in haar werk gesignaleerd dat er vervangingsonderdelen, in het bijzonder driewegkatalysatoren in omloop zijn, die geen enkele uitstoot reducerende werking hebben. Het monteren van degelijke vervangingsonderdelen zou leiden tot NO_x-emissies van 2000 mg/km, een factor 20 hoger dan het gemiddelde. Dit zijn de uitstootniveaus die horen bij voertuigen met een bouwjaar voor 1987, voordat de driewegkatalysator breed werd geïntroduceerd. De omvang van het probleem is niet bekend, maar als zelfs 1% van de voertuigen met een loze huls in plaats van een goedwerkende katalysator rondrijdt heeft dat significante impact op de totale NO_x-uitstoot. Een emissietest in de APK zal dit probleem ook opsporen, maar pas in een later stadium, als het voertuig met de inferieure katalysator op de weg rijdt en in aanmerking komt voor een APK test.

²² Follow-up research into the PN limit value and the measurement method for checking particulate filters with a particle number counter, TNO rapport 2020 R10006.

5 Nadere uitwerking testen van benzineauto's

De huidige APK testen en controles voor de werking van driewegkatalysatoren van benzineauto's zijn niet effectief om defecten en de daarmee gepaard gaande hoge emissies op te sporen. In de eerste TNO studie in 2018 aan benzineauto's hebben alle voertuigen met hoge NO_x-emissies de APK test succesvol doorstaan. In sommige gevallen beperkte deze APK controle zich tot het uitlezen van het EOBD systeem. In de tweede studie, in 2020, is er ook concreet gecontroleerd met een APK-emissietest, ook als de EOBD geen foutcodes gaf. De testen waren conform de APK test, maar geen voertuig met hoge NO_x-emissies werd afgekeurd op deze test.²³

De wettelijke eisen aangaande Milieu vallen onder de permanente eisen van de Regeling Voertuigen²⁴:

1. *Bij stationair toerental: 0.3% vol. koolmonoxide, indien het voertuig in gebruik is genomen na 30 juni 2002;*
2. *Bij verhoogd toerental: 0.2% vol. koolmonoxide, indien het voertuig in gebruik is genomen na 30 juni 2002, waarbij de lambda-waarde moet liggen tussen 0.97 en 1.03.*

Bij benzinepersonenauto's met een toegestane maximummassa van niet meer dan 3.500 kg, die in gebruik zijn genomen na 31 december 2005, wordt er niet getest tijdens de APK, maar wordt het EOBD systeem uitgelezen. Alleen als het uitlezen niet lukt of als er emissiegerelateerde foutcodes worden geconstateerd, wordt er een emissietest uitgevoerd, zoals beschreven in de Regeling Voertuigen:

In afwijking van de voorgaande leden, is het toegestaan bij voertuigen die voorzien zijn van een emissiegerelateerd diagnostisch boordsysteem (EOBD-systeem), [...] uit te voeren door het uitlezen van het EOBD-systeem met behulp van het uitleesapparaat. De weergave kan de P-code bevatten, een beschrijvende tekst, of een combinatie van beide. Er is voldaan aan artikel 41, indien er sprake is van een foutloos EOBD-systeem. [...] Indien emissiegerelateerde foutcodes worden geconstateerd of de readiness-test niet is afgerond, vindt alsnog een beoordeling plaats overeenkomstig het eerste tot en met achtste lid van dit artikel.

Een voertuig kan, in principe, dus niet worden afgekeurd door middel van alleen een EOBD uitlezing, maar wel worden goedgekeurd.

De test is ontwikkeld bij de invoering van de driewegkatalysator op benzineauto's in 1992. Sindsdien zijn alleen de waarden en de procedures aangescherpt. Destijds waren slecht functionerende katalysatoren en een slecht functionerende lambda-regeling de grootste problemen. Merk op dat er voor deze regeling een uitlaatemissietest bestond. Op basis van een gelijkwaardigheidsbeoordeling is de emissietest destijds vervangen door het uitlezen van de EOBD. Hierbij speelde mede dat de emissietest als te omslachtig werd ervaren.

²³ On road emissions of 38 petrol vehicles with high mileages, TNO rapport 2020 R11883.

²⁴ Regeling voertuigen: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0025798/2022-01-01>

Later werd de emissietest weer ingevoerd voor de situatie waarbij de EOBD controle niet succesvol werd doorlopen of er emissie gerelateerde foutcodes in het EOBD zijn opgeslagen. De Europese APK-richtlijn staat toe om een verbeterde emissietest voor controle van de werking van driewegkatalysatoren in te voeren, indien deze door voortschrijdende inzichten beschikbaar komt.

5.1 EOBD uitlezen én een emissietest

In de huidige APK hoeft er na een visuele inspectie en bij het ontbreken van emissie-gerelateerde foutcodes in de EOBD na het doorlopen van de readiness test geen emissietest meer worden uitgevoerd. De emissietest in de APK verplicht maken, ongeacht de resultaten van de EOBD, is een simpele verbetering van de APK. Dit kan met de huidige apparatuur en zal de kans op het vinden van grote problemen met hoge emissies verbeteren. Dit vraagt geen nieuwe testapparatuur. De detectie van de verminderde werking van de driewegkatalysator kan verder worden vergroot door het beperken van het vooraf 'conditioneren', door met het voertuig rond te rijden totdat de katalysator erg warm is en beter functioneert.

Zes van de 38 voertuigen (16%) in de 2020 studie²³ slaagden in de huidige APK met een verhoogde NO_x-uitstoot, ongeveer vier keer de gemiddelde emissies. Een deel van deze voertuigen zouden met behulp van een emissietest afgekeurd worden.

De testprocedure zelf maakt het mogelijk om vooraf aan de test de motor en driewegkatalysator sterk op te warmen, door bijvoorbeeld hard en dynamisch te rijden, en daarmee de werking van de driewegkatalysator te verbeteren. Een aanpassing van de testprocedure zou dat moeten voorkomen, zodat de normale werking van de katalysator wordt getest.

5.2 Aanscherpen van de lambdawaarde

De lambdawaarde van moderne voertuigen varieert tussen 0,99 en 1,01. De grenzen van 0,97 en 1,03 zullen alleen de grootste problemen signaleren. Een aanscherping van de grenswaarden naar 0,99 en 1,01 is mogelijk een simpele aanpassing van de APK test, waardoor een aantal van de problemen kan worden opgespoord. Richtlijn 2014/32/EU schrijft de minimale nauwkeurigheid en resolutie van een uitlaatgastester voor. Nader onderzoek is nodig om te verifiëren dat deze nauwkeurigheden voldoende zijn voor een eventuele aanscherping van de grenswaarden. Een alternatief zou zijn om hiervoor een aparte gecontroleerde lambdasonde te gebruiken. De lambdawaarde moet getoond worden met een minimale resolutie van 0,001²⁵. Twee van de 38 onderzochte voertuigen (5%) zouden hierdoor als hoge voertuigen met een verhoogde uitstoot geïdentificeerd kunnen worden. Deze voertuigen hebben een uitstoot tussen 264 en 1267 mg NO_x/km. Reparatie van deze voertuigen levert een potentiële besparing van 244 tot 1180 mg NO_x/km per voertuig op voor 2,5% van de voertuigen. Hieraan zijn voor de test nauwelijks extra kosten verbonden. Een tussenoplossing is een vervolgtest in de APK als de lambdawaarden niet in een nauwe band liggen.

²⁵ Europese Richtlijn 2014/32/EU

Dit kan bijvoorbeeld een specifieke controle van de lambdasensor zelf zijn. Het exacte besparingspotentieel moet worden aangetoond aan de hand van vervolgmetingen.

5.3 Controle van de lambdasensor

Hoge NO_x-emissies hangen vooral samen met een lambdawaarde die groter is dan 1,00. Dit hangt normaal niet samen met een hoge CO waarde, dus de CO-test zal dit probleem niet signaleren. De aanscherping van de lambdawaarde zal mogelijk niet alle problemen met de lambdaregeling opsporen. Een aparte test van de lambdasensor zelf, als kritisch onderdeel van de werking van de driewegkatalysator, zal mogelijk beter geschikt zijn om specifieke problemen te lokaliseren. Een dergelijke test zou de lambdawaarde die over de OBD poort gecommuniceerd wordt kunnen vergelijken met een lambdameting op de uitlaatgastester. De lambdasensor blijft in het voertuig zitten. De controle van de lambdasensor kan aangeven dat de sensor vervangen moet worden voor een goede werking van de driewegkatalysator. Bij twee van de 38 geteste voertuigen werd een defecte lambdasensor aangetroffen. Als er aanwijzingen zijn voor een defecte lambdasonde, bijvoorbeeld door afwijkende lambdawaarden, is dit een mogelijke vervolgstap, waarmee bepaald kan worden of de lambdasonde vervangen moet worden. Deze test hoeft geen extra kosten met zich mee te brengen. Lambdametingen zijn beschikbaar op bestaande uitlaatgastesters. Er dient enkel naar andere parameters gekeken te worden.

5.4 Koudestarttest

In sommige gevallen functioneert de driewegkatalysator niet meer naar behoren. De werkzaamheid van de katalysatoroppervlakte kan verminderd zijn. Of de originele katalysator kan zijn vervangen door een minder goed of in het geheel niet werkende vervangingskatalysator. De schadelijke stoffen worden dan niet meer omgezet, zelfs als de lambdawaarde nauwkeurig rond de 1,00 fluctueert. De goede werking van de katalysator wordt kritisch getest tijdens de koude start van de motor. Een goede katalysator zal binnen 20 seconden de emissies omlaag brengen. Gebreken aan de katalysator zijn te herkennen aan zowel de tijdsduur voordat katalysator werkzaam wordt, en de concentratieniveaus van de schadelijke stoffen in de loop van de test. Van de 38 geteste voertuigen kon bij 1 voertuig een defecte katalysator herkend worden met deze methode. Na vervanging van de katalysator is een uitstootreductie van 93% mogelijk. Het is mogelijk om de meetapparatuur uit te breiden met een NO_x-meting, en de tijdsafhankelijkheid in kaart te brengen. De huidige APK meetapparatuur kan hiervoor aangepast worden. De extra kosten voor deze test blijven daardoor naar verhouding beperkt. Wat effectieve grenswaarden zijn voor missieniveaus en tijdsduur moet nog onderzocht worden met vervolgmetingen. De emissies tijdens de koude start zijn zeer hoog en een substantieel deel van de totale emissies van schone voertuigen. Het is in het algemeen belang om aandacht te hebben voor koude start emissies vanwege de impact op gezondheid en milieu, ook omdat deze emissies vooral optreden bij woningen.

5.5 De tweede leven of 160.000-kilometer test

Omdat na 160.000 kilometer de verantwoordelijkheid van de fabrikant eindigt, is eenmalig een uitvoerige controle van voertuigen in de eerste APK na de 160.000 kilometer mogelijk een goed startpunt voor de tweede helft van de levensduur van de auto's. Gegeven de duurzaamheidseisen van emissiecontrole technologie tot 160.000 kilometer bestaat de kans dat een deel van de technologie niet meer naar behoren functioneert. Deze defecten eenmalig opsporen en laten vervangen door deugdelijke onderdelen zal voor langere tijd tot verbeteringen leiden. Bij de vier gerepareerde voertuigen uit een eerdere studie was de NO_x-uitstoot na reparatie 37% tot 93% gereduceerd. Dit dient verder onderzocht te worden aan de hand van vervolgmetingen. Een dergelijke, meer uitgebreide test kan bestaan uit de bovenstaande testen, maar mogelijk zouden testen om ondeugdelijke componenten op te sporen te complex, te duur of te ingewikkeld zijn om in de huidige APK uit te voeren. In dat geval is het te overwegen om deze eenmalige test in de volle levensduur van het voertuig in gespecialiseerde APK-erkenninghouders onder te brengen. Mogelijk is het nodig om een rollenbank testopstelling te gebruiken om een goede dekking te krijgen van alle normale rijomstandigheden. Het centraliseren van de 'tweede leven test' beperkt de kosten, waarschijnlijk tot een paar honderd Euro per test.

5.6 Markttoezicht op OBD

De verplichte systemen in de OBD om defecten op te sporen vallen grotendeels onder de typegoedkeuring en worden in dat kader gecontroleerd. De vraag is of deze systemen na de 100.000 kilometer of 160.000 kilometer nog goed functioneren. In principe is het uitzetten of verminderen van de OBD systemen bij hogere kilometrages, en daarmee defecten met hoge emissies niet signaleren, een vorm van illegale manipulatie waarop gehandhaafd kan worden.²⁶ Sinds 2019 wordt Nederland geacht toezicht te houden op dergelijke zaken.²⁷

5.7 Markttoezicht op vervangingsonderdelen

Als bij reparatie van benzineauto's onderdelen van inferieure kwaliteit worden gemonteerd, kan daardoor de uitstoot hoger zijn. Vervangingsonderdelen moeten aan Europese eisen voldoen, maar er blijkt een markt te zijn voor slechte, niet gecertificeerde onderdelen. De reden is dat een driewegkatalysator edelmetalen bevat die een goede katalysator duur maken. De prijs begint bij ongeveer 300 Euro, terwijl een lege huls, die er van buiten hetzelfde uitziet, een paar tientjes kost. Uit de markt zijn er signalen dat er inferieure onderdelen aangeboden en gemonteerd worden. De impact daarvan is op voertuigniveau groot. Een enkele auto die nog 100.000 kilometer rijdt met een niet-werkende katalysator produceert al snel 0,2 ton aan NO_x. Dus 5.000 voertuigen zonder goedwerkende katalysatoren kunnen in de tweede helft van de levensduur 1 kton aan NO_x uitstoten.

²⁶ Europese Verordening EU/2018/858 betreffende de goedkeuring van en het markttoezicht op motorvoertuigen

²⁷ Verordening EU/2018/858 betreffende de goedkeuring van en het markttoezicht op motorvoertuigen.

5.8 Conclusies

De voorgestelde aanpakken en testen kunnen ook goed samengaan. Een herinvoering van een emissietest voor benzineauto's met driewegkatalysator, in plaats van of naast het uitlezen van de OBD, kan snel gebeuren. Ook aanscherping van de afkeurnorm voor lambda en inperking van de condities waaronder de test mag worden uitgevoerd, kan in beginsel snel worden doorgevoerd. Het uitvoeren van een nieuwe lambdasonde test kan, eventueel in een later stadium, als aanvulling op de originele emissietest worden doorgevoerd. De 'koudestart test' vraagt verdere ontwikkeling, maar maakt de APK wel meer doelgericht voor de impact van voertuigemissies op milieu en gezondheid. De 'tweede leven test' hangt sterk samen met goed onderhoud en kwalitatief goede vervangingsonderdelen. Dat past in een bredere aanpak.

De mogelijke extra kosten van een nieuwe APK-test kunnen afgezet worden tegen de kosten door schade als gevolg van uitstoot. De maatschappelijke schade per kilogram NO_x uitstoot werd door CE Delft vastgesteld op €34,70²⁸, voor de (traditionele) stikstofproblemen. De maatschappelijke schade met betrekking tot het vertraagd raken van bouwprojecten zijn hier evenwel nog niet inbegrepen. Maatregelen met de potentie om een kiloton NO_x uitstoot of meer te besparen mogen dus €35 miljoen kosten, waardoor maatregelen in de APK, om emissies te reduceren al snel kosteneffectief zijn.

²⁸ Handboek Milieuprijzen 2017, CE Delft 2017

6 Conclusies

Benzinevoertuigen met hoge NO_x-emissies opsporen heeft alleen zin als een voertuig getest wordt volgens wettelijke eisen, op grond waarvan reparatie afgedwongen kan worden. Momenteel biedt alleen de APK, waarin de permanente eisen worden gesteld, de enige manier om defecten in de hele levensduur onomstotelijk vast te stellen. De testprocedure in de APK, die de goede werking van de driewegkatalysator met lambdasonde controleert, kan worden verbeterd en aangescherpt. In sommige gevallen kan dat op basis van de huidige regels en meetapparatuur, en andere gevallen vraagt dat nieuwe, en wellicht meer geavanceerde apparatuur in gespecialiseerde erkende APK keuringsbedrijven.

Voertuigen geregistreerd vanaf 1 januari 2006 hoeven nu geen emissietest te ondergaan als de EOBD succesvol is uitgelezen zonder emissie-gerelateerde foutcodes. Herinvoering van de emissietest in de APK, ook voor nieuwere voertuigen, zal de meest ernstige problemen kunnen opsporen. Als daarna de grenswaarden voor de lambdawaarden worden aangescherpt van 0,97 tot 1,03 naar grenswaarden in de buurt van 0,99 tot 1,01, zullen nog een aantal defecte voertuigen opgespoord worden. Mogelijk kunnen ook door inperking van de condities waaronder de emissietest mag worden uitgevoerd, meer defecte voertuigen worden opgespoord.

In een later stadium kunnen problemen met de lambdasonde, van nieuwere voertuigen met EOBD gemakkelijker vastgesteld worden door een controle van de lambdawaarde in de EOBD aan de hand van een meting in de uitlaat. De noodzaak van de vervanging van een lambdasensor wordt hiermee doeltreffend vastgesteld.

Gegeven de hoge emissies van benzineauto's bij de koude start is een doelgerichte koude start test in de APK een manier om breed de problemen met de driewegkatalysator op te sporen, en te herkennen. De testprocedure zal nog ontwikkeld moeten worden, maar vraagt geen nieuw type testapparatuur in de APK, behalve dat het meten van NO_x-concentraties hierbij wellicht toegevoegd moet worden. Dergelijke testapparatuur, de zogenaamde vijf-gastester bestaat al.

Gegeven dat duurzaamheidseisen voor de voertuigfabrikant aan de driewegkatalysator gelden tot 160.000 kilometer, is een aparte uitgebreidere APK test eenmalig na 160.000 kilometer een optie om een voertuig in een goede staat te brengen voor de tweede helft van de levensduur. Daarmee worden onderdelen vervangen die na de 160.000 kilometer niet meer aan de geldende eisen voldoen.

Naast mogelijke aanpassingen in de Nederlandse APK keuring zet Nederland zich in Europees en UNECE verband in op verhogen van de levensduureisen en controle tot 200.000 kilometer en meer. Daarbij moeten de controlemogelijkheden uitgebreid en vereenvoudigd worden. Daarnaast zijn er ontwikkelingen omtrent het Europese kader en UNECE reglementen van de periodieke inspectie. De inzichten vanuit Nederland kunnen richting geven voor een effectieve nieuwe aanpak van de periodieke inspectie en daarmee een goede basis leggen voor een nieuwe APK die resulteert in lage emissies over de hele levensduur van een voertuig.

7 Ondertekening

Den Haag, 22 april 202

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'GH'.

Geoff Holmes
Project manager

TNO

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'NEL'.

Norbert E. Ligterink
Auteur