

TNO-rapport

06.OR.PT.029.1/RS

**Algemene PM₁₀, NO_x en NO₂ Emissiefactoren
voor Nederlandse Snelwegen**

Datum	5 december 2006
Auteur(s)	Robin Smit Robert van Mieghem Amber Hensema TNO Automotive Environmental Studies & Testing (EST) Delft, The Netherlands
Oprachtgever	Ministerie van Verkeer & Waterstaat – DG Personenvervoer
Projectnummer	033.11608
Onderzoekperiode	
Aantal pagina's	13
Aantal bijlagen	0
Aantal figuren	0
Aantal tabellen	2

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, 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 onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Afbakening	4
3	Methodiek	5
3.1	Kwantificering van de Verkeerssituatie.....	5
3.2	Berekening van Emissiefactoren.....	5
3.3	Weging van Emissiefactoren	6
4	Resultaten	7
5	Verschilanalyse Oude en Nieuwe Emissiefactoren	10
6	Handtekening	12
7	Referenties	13

1 Inleiding

De effecten van wegverkeer op de (lokale) luchtkwaliteit is momenteel een veelbesproken onderwerp. Op veel plaatsen in Nederland, en met name in verstedelijkte verkeersrijke omgevingen, worden luchtkwaliteitsnormen overschreden (Hammingh, 2006). Het correct voorspellen van wegverkeeremissies en de effecten van deze emissies op de lokale luchtkwaliteit (verspreiding) is daarom momenteel een zeer belangrijk issue.

Emissiefactoren voor het wegverkeer in Nederland worden in het algemeen door TNO Automotive gemeten en berekend en vervolgens in bijvoorbeeld de Taakgroep Verkeer & Vervoer vastgesteld¹. Met deze publieke emissiefactoren worden in Nederland veelvuldig nationale inventarisaties verricht. Voor meer lokale berekeningen kan TNO gedetailleerdere emissiefactoren ter beschikking stellen, mits informatie rond wagenparksamenstelling en verkeersafwikkeling voorhanden is.

Voor emissievoorspellingen wordt sinds 2005 een verbeterde methodiek gehanteerd die is gebaseerd op het nieuwe TNO emissiemodel VERSIT+ (Smit, Smokers & Schoen, 2005; Smit *et al.*, 2006a). Met dit empirische model is TNO in staat (anders dan in het verleden) om emissiefactoren nauwkeurig en consistent te voorspellen voor verkeerssituaties die (nog) niet aan wegvoertuigen gemeten zijn. TNO Automotive is daarom door het Ministerie van Verkeer & Waterstaat (Directoraat Generaal Peronenvervoer) verzocht om, op basis van de beschikbare informatie, verdedigbare, bruikbare en consistente PM₁₀, NO_x en NO₂ emissiefactoren te bepalen voor een aantal algemene situaties die voorkomen op Nederlandse snelwegen op basis van de actuele stand van kennis in mei 2006.

¹ Een uitsnede uit de beschikbare factoren wordt via de Taakgroep Verkeer en Vervoer publiekelijk beschikbaar gesteld (MNP, 2006).

2 Afbakening

Voor de berekening van wegverkeersemisies zijn verschillende soorten informatie nodig, te weten:

1. het wegtype²;
2. de wegvaklengte;
3. de verkeerssamenstelling³;
4. de verkeersintensiteit⁴ voor elke voertuigklasse m ; en
5. gewogen gemiddelde emissiefactoren⁵ voor voertuigklasse m voor een bepaalde verkeerssituatie en voor een bepaald basisjaar.

De eerste vier typen betreffen infrastructurele gegevens en verkeersinformatie die geleverd worden met behulp van verkeersmodellen of verkeersmetingen. Dit rapport presenteert het vijfde type informatie dat nodig is om emissiepredicties uit te voeren. Het gaat hierbij specifiek om PM₁₀, NO_x en NO₂ emissiefactoren voor Nederlandse snelwegen die in algemene zin toegepast kunnen worden.

“Algemene zin” wordt hierbij gebruikt omdat de berekeningen gebaseerd zijn op het gemiddelde Nederlandse wagenpark op autosnelwegen en algemeen voorkomende verkeerssituaties op autosnelwegen. Het is echter mogelijk dat de algemene emissiefactoren in lokale situaties significant kunnen afwijken. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn doordat de verkeerssamenstelling (bijvoorbeeld het aandeel vrachtverkeer) lokaal significant afwijkt van het landelijk gemiddelde en/of dat er bijvoorbeeld sprake is van een specifieke verkeerssituatie met duidelijk afwijkend verkeersgedrag (bijvoorbeeld bij weefvakken). Mocht het voor specifieke lokale situaties noodzakelijk geacht worden om op de situatie toegespitste emissiefactoren te bepalen, dan wordt geadviseerd om contact op te nemen met TNO Automotive.

De algemene emissiefactoren voor Nederlandse snelwegen zijn bepaald voor:

- vier basisjaren (2005, 2010, 2015 en 2020);
- drie voertuigklassen (lichte, middelzware, zware voertuigen);
- vier snelheidslimieten/handhavingsregimes (80 km/uur met strenge handhaving en 80, 100, 120 km/uur zonder strenge handhaving)
- twee congestieniveau's (file, overig).

De indeling van basisjaren en voertuigklassen komt overeen met de indeling die gebruikt wordt voor de berekening van lokale luchtkwaliteit in Nederland, zoals in het screeningsmodel CAR II (Jonkers & Teuwisse, 2006) en het verspreidingsmodel Pluim Snelweg (Wesseling & Zandveld, 2006). De vier snelheidslimieten/handhavingsregimes komen overeen met op dit moment algemeen voorkomende situaties op de Nederlandse snelwegen. De twee congestieniveau's sluiten tenslotte aan op de manier waarop verkeersgegevens doorgaans worden aangeleverd door Rijkswaterstaat (“congestiekans”, d.w.z. het aandeel van een verkeersstroom dat in file staat).

² Bijvoorbeeld “snelweg”, “stad” of “buitenweg”.

³ Een aantal vooraf gedefinieerde voertuigklassen.

⁴ Het aantal voertuigen dat zich per tijdseenheid over het wegvak voortbeweegt.

⁵ Uitgedrukt in gram luchtverontreinigingscomponent (CO, HC, NO_x, PM₁₀) per afgelegde voertuigkilometer.

3 Methodiek

De gevolgde methodiek bestaat uit een aantal stappen. Deze worden nu achtereenvolgens besproken.

3.1 Kwantificering van de Verkeerssituatie

Het verkeersemissemiddel VERSIT+ vereist als input een zogenaamd ritpatroon, oftewel een snelheids-tijd patroon. Een ritpatroon kwantificeert het rijgedrag in een bepaalde verkeerssituatie. TNO Automotive beschikt over een grote database met ritdata welke in de loop van de tijd in de praktijk in diverse verkeerssituaties op de weg zijn opgenomen. Hoe nauwkeuriger dit ritprofiel de werkelijkheid weerspiegelt, hoe betrouwbaarder de emissiefactoren.

Voor de berekening van de algemene snelwegemissiefactoren is gebruik gemaakt van diverse onderzoeken. Voor lichte voertuigen (personenauto's, bestelauto's) is gebruik gemaakt van gemeten ritcycli in diverse congestiesituaties (11 congestieclassen) op snelwegen met snelheidslimieten van 100 en 120 km/uur (Gense, Wilms & Van de Burgwal, 2001). Voor de specifieke situatie van een 80 km/uur snelheidslimiet in combinatie met strenge handhaving (trajectcontrole) is gebruik gemaakt van ritdata die zijn opgenomen op de snelweg (A13) bij Rotterdam Overschie (Elst & Winkel, 2004).

Voor de specifieke situatie van een 80 km/uur snelheidslimiet zonder strenge handhaving (zogenaamde ZSM projecten) is gebruik gemaakt van onlangs speciaal voor deze situatie ontwikkelde ritpatronen (Smit, Gense & Eijk, 2005). Voor middelzware en zware voertuigen (vrachtwagens, bussen, trekkers) is gebruik gemaakt diverse ritpatronen die op Nederlandse en Buitenlandse snelwegen zijn opgenomen in diverse congestiesituaties (Riemersma & Hendriksen, 2001; Hausberger *et al.*, 2003).

3.2 Berekening van Emissiefactoren

De ritpatronen zijn vervolgens gebruikt als input voor het model VERSIT+ (versie 2b), waarmee de emissiefactoren zijn bepaald. Dit model is een door TNO Automotive ontwikkeld state-of-the-art emissiemodel dat vorig jaar operationeel is geworden. Het model bestaat uit twee modules: VERSIT+ LD ("light-duty") en VERSIT+ HD ("heavy-duty").

VERSIT+ LD (Smit, Smokers & Schoen, 2005; Smit *et al.*, 2006a) is een statistisch model, waarbij voertuigemissies worden berekend met behulp van een set regressiefuncties (die zijn bepaald op basis van "glm" en de methode van "maximum likelihood").

Het model is gebaseerd op circa 12000 emissiemetingen die de laatste tientallen jaren zijn uitgevoerd in het TNO Motoren Emissie Laboratorium met ongeveer 700 Euro 1 t/m Euro 4 voertuigen⁶ over in totaal 159 verschillende "real-world" ritcycli. VERSIT+ LD is bij uitstek geschikt om de relatieve en absolute effecten van verschillende

⁶ De Euro 5 emissienormen zijn nog niet definitief vastgesteld en zij zullen van kracht worden in de periode 2008-2010. Meetdata voor Euro 5 voertuigen zijn daarom nog niet beschikbaar en VERSIT+ emissiefactoren zijn nu geschat op basis van verwachte ontwikkelingen op technologisch gebied (bijvoorbeeld Rijkeboer *et al.*, 2003) en metingen aan specifieke voertuigen (bijvoorbeeld Euro 4 diesel personenauto met roetfilter).

verkeerssituaties (vertaald in ritpatronen of snelheids-tijd diagrammen) op emissies te berekenen.

VERSIT+ HD is ook recentelijk ontwikkeld bij TNO (Riemersma, 2005) en is gebaseerd op het PHEM model dat is ontwikkeld aan de TU Graz (Hausberger *et al.*, 2003). Dit model simuleert vrachtwagenemissies op basis van ritpatronen, voertuigparameters (bv. gewicht, vermogen) en gemiddelde emissiekenvelden.

Deze emissiefactoren zijn vervolgens gecorrigeerd voor koude start emissies, veroudering en accessoires conform de methodiek van de Taakgroep Verkeer & Vervoer (Klein *et al.*, 2004). Dit leidt uiteindelijk tot een set gemiddelde PM₁₀ en NO_x emissiefactoren voor een groot aantal specifieke voertuigklassen, welke zijn onderscheiden naar (relevante) combinaties van voertuigtype (personenauto, bestelauto, vrachtauto, bus, trekker), brandstofsoort (benzine, diesel, LPG), euroklasse (0, 1, 2, 3, 4, 5), inspuitstelsel (direct, indirecte injectie), transmissie (automaat, handgeschakeld) en emissiereductietechnologie (roetfilter, etc.).

3.3 Weging van Emissiefactoren

Om tot geaggregeerde emissiefactoren voor de drie gewenste voertuigklassen (licht, middelzwaar, zwaar) te komen, worden de emissiefactoren gewogen naar verkeersprestatie. Onder verkeersprestatie wordt hier verstaan: het aandeel (%) van een bepaalde voertuigcategorie in het totaal aantal voertuigkilometers dat in een bepaald jaar op de Nederlandse autosnelwegen wordt afgelegd. Voor de weging is gebruik gemaakt van informatie van het CBS (Klein *et al.*, 2004) en het MNP (Hoen, Van den Brink & Annema, 2006).

Bovendien is voor de congestieklasse “overig” een weging uitgevoerd over twee verkeerssituaties, te weten “free-flow” en “medium interactions”. Dit is noodzakelijk omdat de congestiesituatie “overig” door Rijkswaterstaat zo gedefinieerd⁷ is dat naast situaties waar “smooth free-flow” condities heersen (weinig dynamiek) ook situaties worden meegenomen met relatief veel dynamiek maar nog geen file (“medium interactions”). Het gebruik van pure “free-flow” emissiefactoren kan leiden tot aanzienlijke onder- of overschattingen van emissieniveau's op die locaties waar de verkeerssituatie tegen congestie aan zit.

In de emissiefactoren voor de situatie “overig” zijn de bovenstaande situaties verdisconteerd. De weging is uitgevoerd m.b.v. data inzake voertuigkilometrages voor Nederlandse snelwegen over drie congestieniveau's (free-flow, medium interactions, stop & go) die recentelijk aan TNO geleverd is door Goudappel Coffeng (INWEVA project). Op basis van deze gegevens is de onderlinge verhouding tussen “free-flow” en “medium interactions” geschat op 65% respectievelijk 35%.

⁷ Intensiteit-Capaciteitsverhouding (I/C) tussen 0.0 en 0.8 .

4 Resultaten

De emissiefactoren in tabel 1 presenteren de gemiddelde PM_{10} en NO_x emissiefactoren voor de Nederlandse snelwegen die volgens de meest recente inzichten zijn bepaald. Deze factoren kunnen in algemene zin toegepast worden.

Verder presenteert tabel 2 “directe NO_2 ” emissiefactoren⁸. Deze cijfers zijn noodzakelijk omdat de oude methodiek NO_2 emissies waarschijnlijk substantieel onderschat. Deze oude methodiek ging ervan uit dat 5 massaprocent van de NO_x emissies bestaat uit NO_2 . Deze verhouding is echter gebaseerd op metingen aan relatief oude voertuigen. Recente metingen aan moderne dieselveertuigen laten zien dat de massapercentages NO_2 veel hoger zijn, tot maximaal 70% voor specifieke voertuigklassen. Dit wordt veroorzaakt door het toenemende gebruik van emissiereducerende technieken, zoals oxidatie-katalysatoren en bepaalde typen roetfilters. Deze technieken bewerkstelligen aanzienlijke reducties in bijvoorbeeld HC en PM_{10} emissies, maar veroorzaken dus ook een verschuiving in het aandeel NO_2 in de NO_x emissies.

Omdat er binnen en buiten TNO nog weinig meetdata aanwezig zijn inzake de fractie NO_2 en omdat er nog een aantal meetissues moeten worden opgelost ten aanzien van bepaalde voertuigklassen (bv. voertuigen met SCR de NO_x technologie) moeten de NO_2 emissiefactoren beschouwd worden als voorlopige cijfers met een redelijke mate van onzekerheid.

⁸ Let op: directe NO emissiefactoren kunnen niet berekend worden als het verschil tussen NO_x en direct NO_2 emissiefactoren. Dit komt omdat de NO_x emissiefactoren volgens bestaande protocollen als 100% NO_2 worden berekend (dus met de dichtheid van NO_2). De directe NO_x emissiefactoren zijn dus altijd lager dan de NO_x emissiefactoren in tabel 1.

Tabel 1 – Berekende PM_{10} en NO_x Emissiefactoren in **gram per km** voor Nederlandse Snelwegen voor Vier Combinaties van Snelheidslimiet en Handhavingsregime en Twee Congestiesituaties ("File" en "Overig")

PM ₁₀ "File"	Lichte Voertuigen				Middelzware Voertuigen				Zware Voertuigen				
	Basisjaar \ Snelheidslimiet	80 + SH	80	100	120	80 + SH	80	100	120	80 + SH	80	100	120
2005		0.062				0.698				0.690			
2010		0.041				0.472				0.435			
2015		0.031				0.310				0.278			
2020		0.028				0.248				0.243			

PM ₁₀ "Overig"	Lichte Voertuigen				Middelzware Voertuigen				Zware Voertuigen				
	Basisjaar \ Snelheidslimiet	80 + SH	80	100	120	80 + SH	80	100	120	80 + SH	80	100	120
2005		0.047	0.051	0.054	0.060	0.264	0.270			0.279	0.283		
2010		0.030	0.033	0.035	0.041	0.195	0.198			0.187	0.189		
2015		0.025	0.027	0.029	0.032	0.152	0.153			0.145	0.145		
2020		0.024	0.025	0.027	0.029	0.136	0.136			0.136	0.136		

NO _x "File"	Lichte Voertuigen				Middelzware Voertuigen				Zware Voertuigen				
	Basisjaar \ Snelheidslimiet	80 + SH	80	100	120	80 + SH	80	100	120	80 + SH	80	100	120
2005		0.64				14.70				18.93			
2010		0.50				10.63				11.86			
2015		0.48				7.26				7.30			
2020		0.51				5.83				6.27			

NO _x "Overig"	Lichte Voertuigen				Middelzware Voertuigen				Zware Voertuigen				
	Basisjaar \ Snelheidslimiet	80 + SH	80	100	120	80 + SH	80	100	120	80 + SH	80	100	120
2005		0.36	0.39	0.41	0.46	6.04	6.43			7.59	7.77		
2010		0.14	0.16	0.17	0.21	4.17	4.35			4.70	4.66		
2015		0.11	0.13	0.14	0.17	2.81	2.90			2.93	2.89		
2020		0.11	0.13	0.13	0.16	2.25	2.29			2.52	2.48		

Tabel 2 – Berekende NO₂ Emissiefactoren in **gram per km** voor Nederlandse Snelwegen voor Vier Combinaties van Snelheidslimiet en Handhavingsregime en Twee Congestiesituaties ("File" en "Overig")

NO ₂ "File"												
Basisjaar \ Snelheidslimiet	Lichte Voertuigen				Middelzware Voertuigen				Zware Voertuigen			
	80 + SH	80	100	120	80 + SH	80	100	120	80 + SH	80	100	120
2005	0.11				1.00				1.28			
2010	0.19				0.72				0.80			
2015	0.25				0.49				0.49			
2020	0.28				0.39				0.42			

NO ₂ "Overig"												
Basisjaar \ Snelheidslimiet	Lichte Voertuigen				Middelzware Voertuigen				Zware Voertuigen			
	80 + SH	80	100	120	80 + SH	80	100	120	80 + SH	80	100	120
2005	0.06	0.07	0.07	0.08	0.41	0.44			0.51	0.53		
2010	0.05	0.06	0.06	0.08	0.28	0.29			0.32	0.32		
2015	0.06	0.07	0.07	0.09	0.19	0.20			0.20	0.20		
2020	0.06	0.07	0.07	0.09	0.15	0.15			0.17	0.17		

5 Verschilanalyse Oude en Nieuwe Emissiefactoren

Vergelijking van de emissiefactoren uit dit onderzoek met de tot nu toe gangbare emissiefactoren van 30 maart 2006 (MNP, 2006) laten aanzienlijke verschillen zien. In een apart project heeft TNO voor Rijkswaterstaat (DWW) een gedetailleerde analyse uitgevoerd van de verschillen in de emissiefactoren. De aanleiding, aanpak en resultaten van dit onderzoek zijn opgenomen in een TNO rapportage (Smit *et al.*, 2006b). Het rapport gaat in op de achterliggende oorzaken voor de verschillen.

Samenvattend worden de verschillen tussen de emissiefactorensets *hoofdzakelijk* veroorzaakt door de volgende punten:

- Lichte voertuigen (NO_x): het gebruik van extra correctiefactoren voor aggressief rijgedrag en praktijkemissies in de oude methodiek.
- Middelzware en zware voertuigen (NO_x): lagere warme basisemissiefactoren in de nieuwe methodiek.
- Lichte voertuigen (PM₁₀): verschillen in warme basisemissiefactoren.
- Middelzware voertuigen (PM₁₀): hogere slijtage emissiefactoren in de nieuwe methodiek.
- Zware voertuigen tot en met Euroklasse 2 (PM₁₀): verschillen in warme basisemissiefactoren.
- Zware voertuigen vanaf Euroklasse 3 (PM₁₀): hogere slijtage emissiefactoren in de nieuwe methodiek.

Er zijn verder een aantal belangrijke achterliggende redenen voor de verschillen tussen de oude en nieuwe factoren:

1. Ten eerste wordt er in VERSIT+ LD een *fundamenteel andere rekenmethodiek* gehanteerd dan voorheen het geval was. Voorheen werden emissiefactoren geschat op basis van beschikbare meetdata en expert judgement. Met het emissiemodel VERSIT+ LD wordt nu gebruik gemaakt van statistische modellering (“multiple linear regression models – glm”, “method of maximum likelihood”) welke is gebaseerd op een omvangrijke database met emissietesten. Bovendien worden er in VERSIT+ LD berekeningen uitgevoerd voor een veel groter aantal modelklassen (246 in totaal) dan voorheen het geval was. Het VERSIT+ model is uitvoerig geverifieerd. Zo laten tests zien dat gemeten emissies goed berekend worden met correlatiecoëfficiënten doorgaans hoger dan 0.80 (Smit *et al.*, 2006).
2. Ten tweede worden m.b.v. VERSIT+ *verkeerssituaties gedetailleerder beschreven* en gekwantificeerd door expliciet gebruik te maken van ritpatronen in de modellering. Voorheen werd er gebruik gemaakt van slechts één algemene snelwegemissiefactor. De nieuwe emissiefactoren zijn gebaseerd op acht verschillende verkeerssituaties die op snelwegen voorkomen.

3. Ten derde is de huidige versie van VERSIT+ (2b), die gebruikt is in dit onderzoek, enkele maanden geleden opgeleverd. VERSIT+ v.2b is dus gebaseerd op de *meeste recente emissiemeetprogramma's* die zijn uitgevoerd bij TNO. De emissiefactoren van 30 maart bevatten deze informatie echter niet. Zo zijn bijvoorbeeld de oude emissiefactoren gebaseerd op relatief weinig metingen aan Euro 3 en Euro 4 personenauto's, simpelweg omdat deze voertuigen destijds minder voorkwamen.
4. De rekenmodules in VERSIT+ HD zijn onlangs ge-update met nieuwe meetdata uit het buitenland ("emission maps") en aangepast aan de nieuwste inzichten inzake voertuigparameters. Voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar Rexeis *et al.* (2005).

6 Handtekening

Handtekening, 5 december 2006
TNO Science & Technology, BU Automotive

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'G' followed by several horizontal strokes.

Joop Groen
Groepshoofd

A handwritten signature in black ink, featuring a large, circular loop followed by several horizontal strokes.

Robin Smit
Auteur, Projectleider

7 Referenties

- Elst, D.A.M.M. & Winkel, R.G. (2004) *Ritcycli Deelrapport: Verzamelen en opnemen van Praktijkritdata in Stedelijke Omgeving t.b.v. Evaluatie van Rotterdam Overschie*, TNO Rapport 04.OR.VM.015.1/DE.
- Gense, N.L.J., Wilmlink, I.R. & Van de Burgwal, H.C. (2001) *Emissions and Congestion – Estimation of Emissions on Road Sections and the Dutch Motorway Network*, TNO Report 01.OR.VM.044.1/NG.
- Hammingh, P. (2006) Kabinetsaanpak luchtkwaliteit langs de meetlat, *Milieu*, Vol. 12, No. 1, pp. 38-39.
- Hausberger, S., Engler, D., Ivanisin, M. & Rexeis, M. (2003) *Emission Functions for Heavy-Duty Vehicles*, Report BE-223 of TUG, Vienna, Switzerland, Februari 2003.
- Hoen, A., Van den Brink, R.M.M. & Annema, J.A. (2006) *Verkeer en Vervoer in de Welvaart en Leefomgeving, Achtergronddocument bij Emissieprognoses Verkeer en Vervoer*, MNP Rapportnr. 500076 002, Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven (in voorbereiding).
- Jonkers, S. & Teeuwisse, S. (2006) *Handleiding CAR II*, Versie 5.0, TNO Rapport 2006-A-R0078/B.
- Klein, J., Van den Brink, R., Hoen, A., Hulskotte, J., Duynhoven, N., Van de Burgwal, E. & Broekhuizen, D. (2004) *Methoden voor de Berekening van de Emissies door Mobiele Bronnen in Nederland t.b.v. EmissieMonitor, Jaarcijfers 2001 en Ramingen 2002*, Rapportagereeks MilieuMonitor, No.13.
- MNP (2006) http://www.mnp.nl/mnc/files/nl/Emissiefactoren_MEV060320.xls.
- Rexeis, M., Hausberger, S., Riemersma, I., Tartakovsky, L., Zvirin, Y., Van Poppel, M. & Cornelis, E. (2005) *Heavy Duty Vehicle Emissions*, Final report for ARTEMIS WP400, Report No. I02/2005/Hb20/2000I680.
- Riemersma, I.J. & Hendriksen, P. (2001) *Update en Evaluatie van HD Testcycli*, TNO rapport 00.OR.VM.081.1/IJR.
- Riemersma, I.J. (2005) *VERSIT+ HD User Manual*.
- Rijkeboer, R., Dijkhuizen, A., Gense, R., Van de Burgwal, E. & Smokers, R. (2003) *Future Emissions of Passenger Cars – Expert Judgement on the Long Term Possibilities of Conventional Emission Abatement Technology*, TNO Report 03.OR.VM.018.1/RSM.
- Smit, R., Gense, N.L.J. & Eijk, A. (2005) *Berekening van Emissiefactoren CAR 80 km/h Zonder Streng Handhaving*, TNO Rapport 05.OR.VM.039.1/RS.
- Smit, R., Smokers, R. & Schoen, E. (2005) *VERSIT+ LD: Development of a new emission factor model for passenger cars linking real-world emissions to driving cycle characteristics*, *Proceedings of the 14th Symposium Transport and Air Pollution*, Vol. 1, 1-3 June 2005, Graz, Austria, ISBN 3 902465 16 6, pp. 177-186.
- Smit, R. (2006) *Exhaust PM₁₀ Emission Factors for Petrol and LPG passenger cars (VERSIT+)*, TNO Report 06.OR.PT.022.1/RS.
- Smit, R., Smokers, R., Schoen, E. & Hensema, A. (2006a) *A New Modelling Approach for Road Traffic Emissions – VERSIT+ Light Duty*, TNO Report 06.OR.VM.016.1/RS (in voorbereiding).
- Smit, R., Rabé, E., Van Mieghem, R. & Hensema, A. (2006b) *Verschilanalyse PM₁₀ en NO_x emissiefactoren voor de Nederlandse Snelwegen (VERSIT versus VERSIT+)*, TNO Report 06.OR.PT.044.1/RS.
- Wesseling, J.P. & Zandveld, P.Y.J. (2006) *Pluim Snelweg*, TNO rapport 2006/A/R/00675/A.