



Rapport 680705010/2009

D. Mooibroek | J.P. Wesseling

De ontwikkeling van de fractie door wegverkeer uitgestoten NO₂ in Nederland

RIVM-rapport 680705010/2009

De ontwikkeling van de fractie door wegverkeer uitgestoten NO₂ in Nederland

D. Mooibroek
J.P. Wesseling

Contact:
J.P. Wesseling
Centrum voor MilieuMonitoring
Joost.Wesseling@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van VROM, in het kader van Beleidsadvisering Stedelijke luchtkwaliteit, project M/680705/07.

© RIVM 2009

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Rapport in het kort

De ontwikkeling van de fractie door wegverkeer uitgestoten NO₂ in Nederland

Tussen 2000 en 2007 is in Nederland de gemiddelde fractie stikstofdioxide (NO₂) die wegverkeer direct uitstoot verdubbeld. In 2007 bestond gemiddeld 14 procent van de stikstofoxiden (NO_x) die voertuigen uitstoten uit stikstofdioxide. In 2000 bedroeg deze fractie grofweg 7 procent. De nu gemeten uitstoot van stikstofdioxide komt redelijk goed overeen met de waarde die het ministerie van VROM ter beschikking stelt voor luchtkwaliteitsberekeningen. Dit blijkt uit onderzoek van het RIVM in opdracht van het ministerie van VROM. Hiervoor zijn meetgegevens van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) gebruikt.

Twee belangrijke oorzaken van deze toename zijn het gestegen percentage dieselmotoren in het wegverkeer, die meer directe stikstofdioxide uitstoten dan benzinemotoren, en het toenemende gebruik van oxidatiekatalysatoren bij dieselmotoren. Locaties waar gemiddeld veel nieuwere voertuigen rijden, zoals op snelwegen, laten hierdoor een hogere uitstoot zien dan locaties waar veel oudere voertuigen rijden, zoals in stedelijke gebieden.

De verkeersbijdrage aan de uitstoot van stikstofdioxide bestaat grofweg uit twee delen: directe emissies door voertuigen en emissies die door chemische reacties worden omgezet in stikstofdioxide. De relatieve bijdrage van direct uitgestoten stikstofdioxide is in de onderzochte periode groter geworden.

Trefwoorden: stikstofdioxide, primaire emissie, fractie, verkeer

Abstract

The development of the fraction NO₂ emitted by road traffic in the Netherlands

In the Netherlands, the percentage of nitrogen oxides (NO_x) emitted from road traffic as primary nitrogen dioxide (NO₂) has doubled between 2000 and 2007, increasing from 7% to approximately 14% during this period. These values compare relatively well with those provided by the Netherlands Ministry for Housing, Spatial Planning and the Environment (VROM). These are the conclusions of a study carried out by the RIVM by order of the VROM using measurements from the National Air Quality Monitoring Network.

An increase in the percentage of diesel engines in road traffic, which emit higher levels of primary nitrogen dioxide than gasoline engines, and the use of oxidation catalytic converters are the two most important causal factors for this increase. Locations frequented by relatively younger vehicles, such as freeways, are therefore characterized by a stronger increase in emissions than those where older vehicles are more common, such as the inner city areas.

The contribution of traffic to the emissions of nitrogen dioxide consists mainly of primary emissions from vehicles and emissions transformed by chemical reactions into nitrogen dioxide. The relative contribution of primary emitted nitrogen dioxide has increased during the study period.

Key words: nitrogen dioxide, primary emissions, fraction, traffic

Inhoud

Samenvatting	6
1 Inleiding	7
2 Bepaling van de fractie NO₂ uit meetdata	8
2.1 Bepalingsmethode	8
2.2 Toepassing op LML-data	10
2.2.1 Corrigeren voor achtergrondconcentratie	12
2.2.2 Van regionale naar representatieve stedelijke achtergrond	13
3 Resultaten	16
3.1.1 Breukelen-Snelweg	17
3.1.2 Vlaardingen-Floreslaan	18
3.1.3 Utrecht-Kardinaal de Jongweg	19
3.1.4 Eindhoven-Genovevalaan	20
3.1.5 Utrecht-Constant Erzeijstraat	21
3.1.6 Amsterdam-Prins Bernhardplein	23
3.1.7 Groningen-Europaweg	24
3.1.8 Haarlem-Amsterdamsevaart	25
4 Vergelijking met emissiefactoren en literatuur	27
4.1 Berekende fractie NO ₂ uit emissiefactoren	27
4.2 Vergelijking van berekende en gemeten fracties	27
4.3 Vergelijking met literatuur	29
5 Conclusies	31
Literatuur	32
Bijlage A: Overzicht van de analyse van de windrichting	33
Bijlage B: Overzicht fNO₂ voor de diverse LML-locaties voor de periode 2001-2007	38

Samenvatting

Het RIVM heeft aan de hand van meetgegevens van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit voor meerdere jaren onderzoek gedaan naar de fractie direct uitgestoten stikstofdioxide (NO_2) door het wegverkeer op enkele verkeersbelaste stations. De in dit rapport gevolgde methode laat een goede overeenkomst zien tussen de gemodelleerde fractie NO_2 en de fractie NO_2 die uit de metingen is bepaald. Op diverse locaties is echter sprake van een kleine onderschatting van relatief 10-15%, welke deels veroorzaakt wordt door het feit dat de berekende fracties op de emissiecijfers van het gemiddelde wagenpark in Nederland zijn gebaseerd. Op locaties waar voornamelijk bijdrage is van een lagere gemiddelde leeftijd van het wegverkeer is de fractie direct uitgestoten NO_2 , bepaald aan de hand van de meetgegevens, hoger dan op locaties met een hogere gemiddelde leeftijd. De gemiddelde fractie direct uitgestoten NO_2 varieert van circa 7% in 2000 tot circa 14% in 2007 met een 95% betrouwbaarheidsinterval, afhankelijk van de locatie, van 2-4%.

Daarnaast is er nog een vergelijking gemaakt met een recente literatuurstudie (Grice et al., 2009) waarbij er gekeken is naar de fractie NO_2 in meerdere Europese landen, waaronder Nederland. De resultaten van de huidige studie liggen enkele procenten lager dan de bevindingen van Grice *et al.* (2009). Wanneer er echter rekening gehouden wordt met de onzekerheidsmarge zijn de resultaten compatibel. Vergeleken met de andere landen liggen de fracties direct uitgestoten NO_2 in Nederland min of meer 'gemiddeld'. Opvallend is wel dat de fracties in Duitsland en Engeland 30-40% hoger liggen dan in Nederland, iets wat mogelijk verklaard kan worden door een afwijkende verhouding tussen benzine- en dieselmotoren in deze landen.

1 Inleiding

Al verschillende jaren is er geen trend waarneembaar in de op verkeersbelaste stations van het LML gemeten stikstofdioxide- (NO_2) concentraties (Wesseling en Beijk, 2008). Volgens modelberekeningen is dat voor een groot deel het gevolg van een toename van de hoeveelheid door wegverkeer direct uitgestoten NO_2 .

Een oorzaak voor de toename van de hoeveelheid direct uitgestoten NO_2 is de veranderende samenstelling van het wagenpark. Zo neemt het aandeel voertuigen met een dieselmotor toe; deze hebben een hogere directe emissie van NO_2 dan voertuigen met een benzinemotor. Ook omdat er steeds meer dieselmotoren met een oxidatiekatalysator worden uitgerust neemt het percentage NO_2 dat direct uit de uitlaat van deze voertuigen komt de laatste jaren nog meer toe. Voor een toelichting bij de recente emissiecijfers wordt verwezen naar Geilenkirchen et al. (2009) op de site van het ministerie van VROM en de daarin genoemde referenties.

Voor een enkele locatie heeft het RIVM al voor enkele jaren schattingen gemaakt van de fracties direct uitgestoten NO_2 (Wesseling en Beijk, 2008). Het is echter zeer wenselijk om meer inzicht in de grootte en historie van de fractie direct uitgestoten NO_2 te verkrijgen.

2 Bepaling van de fractie NO₂ uit meetdata

2.1 Bepalingsmethode

Wegverkeer stoot zowel stikstofmonoxide (NO) als stikstofdioxide (NO₂) uit. De emissie NO₂ wordt gewoonlijk uitgedrukt als een fractie (f) van de emissie NO_x (NO_x¹ := NO + NO₂). Een deel van de NO wordt met behulp van in de atmosfeer beschikbare ozon (O₃) omgezet in NO₂. Bij deze omzetting blijft de som van O₃ en NO₂ gelijk. Immers, er verhuist alleen een zuurstofatoom tussen de respectievelijke moleculen. De hoeveelheid oxidant (O_x := O₃ + NO₂) is dus invariant bij de chemische omzetting. Evenzo verandert de hoeveelheid NO_x niet bij omzetting van een NO-molecuul in een NO₂-molecuul.

De NO_x- en NO₂-concentratiebijdragen van verkeer in een straat zijn uiteraard direct evenredig met de emissies van het verkeer. Dit kan als volgt worden geschreven:²

$$\Delta C_{\text{NO}_x} = \alpha Q_{\text{NO}_x} \quad (1)$$

$$\Delta C_{\text{NO}_2} = \Delta C_{\text{direct}} + \Delta C_{\text{conversie}} = \alpha Q_{\text{NO}_2} + \alpha h(\dots)Q_{\text{NO}} \quad (2)$$

$$\Delta C_{\text{NO}_2} = \alpha f Q_{\text{NO}_x} + \alpha (1-f) h(\dots)Q_{\text{NO}_x} \quad (3)$$

Hierbij zijn C_{NO} en C_{NO₂} de betreffende concentratiebijdragen, Q_{NO} en Q_{NO₂} de voertuigemissies voor de stoffen en α is een factor die aangeeft hoe de emissies worden verdund tussen het emissiepunt en het meetpunt. De functie h(…) geeft weer dat een deel van de uitgestoten NO wordt omgezet in NO₂. Deze functie is afhankelijk van veel omstandigheden. De verandering in de hoeveelheid oxidant is opgebouwd uit twee delen, de veranderingen in NO₂ en in O₃, hierbij is de verandering in O₃ even groot maar tegengesteld aan de verandering in NO₂ ten gevolge van omzetting van NO.

$$\Delta C_{\text{OX}} = [\Delta C_{\text{NO}_2}] + [\Delta C_{\text{O}_3}] = [\alpha f Q_{\text{NO}_x} + \alpha (1-f) h(\dots)Q_{\text{NO}_x}] - [\alpha (1-f) h(\dots)Q_{\text{NO}_x}] \quad (4)$$

oftewel:

$$\Delta C_{\text{OX}} = \alpha f Q_{\text{NO}_x} \quad (5)$$

Combinatie van (1) en (5) levert:

$$\Delta C_{\text{OX}} = f \Delta C_{\text{NO}_x} \quad (6)$$

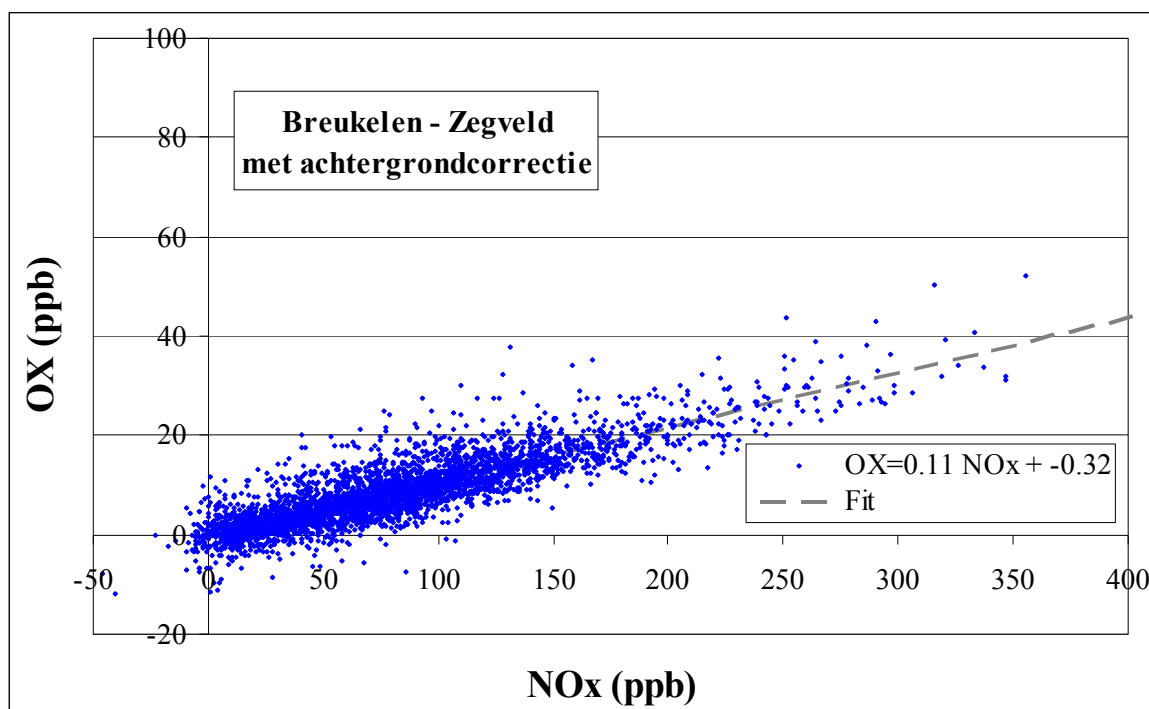
¹ De concentratie NO_x wordt gewoonlijk uitgedrukt in eenheden NO₂.

² Alle concentraties in deeltjesaantallen of ppm.

Oftewel, als de concentratiebijdrage van oxidant, vergelijking (5), wordt geplot als functie van de concentratiebijdrage NO_x , vergelijking (1), is de richtingcoëfficiënt van de figuur gelijk aan de fractie directe uitstoot 'f'. Om op deze wijze de fractie directe uitstoot van verkeer op een weg langs een meetstation te schatten is het dus noodzakelijk dat er ook een achtergrondstation in de omgeving aanwezig is. Door de aldaar gemeten concentraties in mindering te brengen bij die welke langs de weg worden gemeten, kunnen de concentratiebijdragen van het verkeer worden bepaald. Dit is vooral van belang aangezien de hoeveelheid ozon onder invloed van de zon sterk varieert over een dag.

De hoeveelheid O_x zal in de ochtend over het algemeen laag zijn en in de loop van de dag opbouwen. In de loop van de avond neemt de hoeveelheid O_x weer af. Als de hoeveelheid O_x toeneemt terwijl de hoeveelheid NO_x laag is, zal een door de data gefitte lijn vlakker lopen dan wanneer er voor het verloop van de O_x -concentraties kan worden gecorrigeerd.

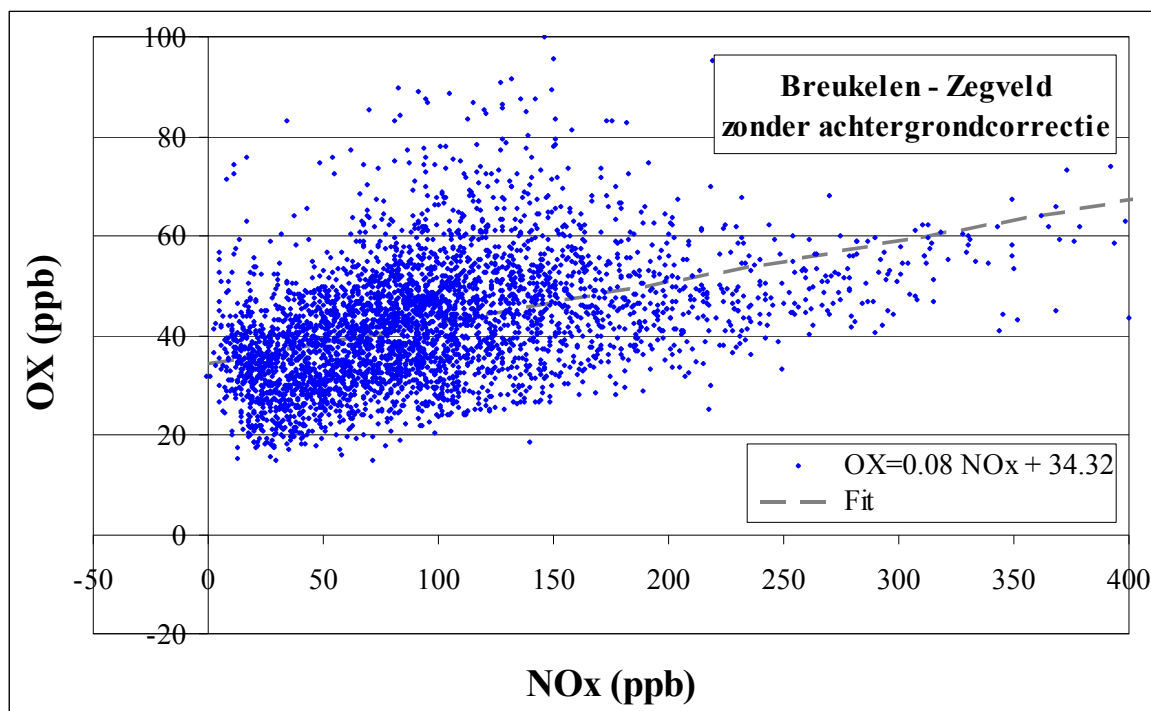
In Figuur 1 staat de in 2003 op locatie LML 641, Breukelen, gemeten O_x uitgezet als functie van de gemeten hoeveel NO_x . Als achtergrond zijn de gemeten concentraties op de locatie LML 633, Zegveld, gebruikt.



Figuur 1 Ter illustratie voor de gekozen methode worden in deze figuur de gemeten O_x - en NO_x -concentraties op het LML-station Breukelen-Snelweg (641) verminderd met de achtergrondconcentraties van Zegveld-Oude Meije in 2003 weergegeven.

In de figuur is ook het resultaat van een orthogonale regressie getoond. De gemiddelde fractie direct uitgestoten NO_2 in 2003 op deze locatie kan bepaald worden uit de berekende helling en is dus gelijk

aan 11%. In Figuur 2 worden de concentraties getoond zonder dat voor de achtergronden is gecorrigeerd. De totale concentraties worden dus getoond.



Figuur 2 Ter illustratie voor de gekozen methode worden in deze figuur de gemeten totale O_x- en NO_x-concentraties op LML-station Breukelen-Snelweg (641) zonder achtergrondcorrectie in 2003 weergegeven.

Door het ontbreken van een achtergrondcorrectie zijn er relatief veel uren met lagere NO_x-concentraties en toch hogere O_x-concentraties. Als gevolg hiervan is de richtingcoëfficiënt van de door de data gefitte lijn met 8% iets lager dan de 11% die in Figuur 1 is gevonden. Het is dus duidelijk van belang om voor de achtergrond te corrigeren. De invloed van het verkeer op de NO_x-concentraties is aanzienlijk groter dan het effect op de O_x-concentraties. Het is dan ook vooral belangrijk om de O_x-bijdrage in de straat goed te bepalen.

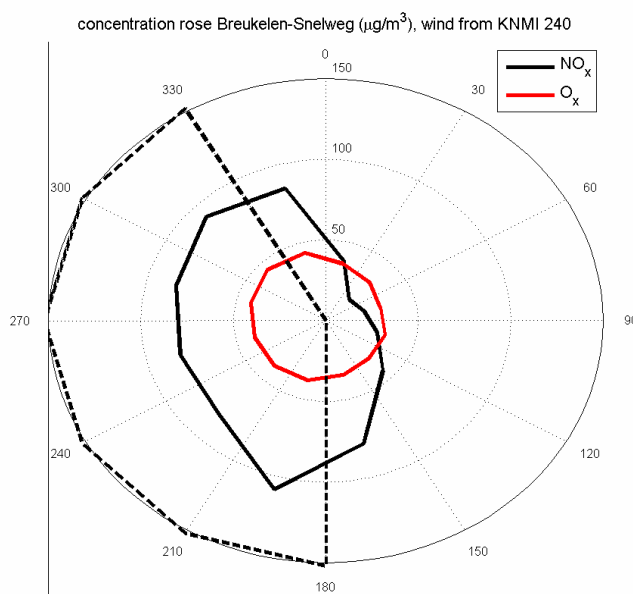
2.2 Toepassing op LML-data

Uit de verhouding tussen O_x (O₃ + NO₂) en NO_x (NO₂ + NO) op verkeersbelaste stations kan, zoals beschreven, bepaald worden wat de door het verkeer uitgestoten fractie NO₂ is op deze locaties. De bijdrage van verkeer varieert tijdens een etmaal, waarbij de hoogste bijdragen plaatsvinden tijdens de ochtend- en/of avondspits. Om specifiek naar de spitsuren te kunnen kijken wordt in dit onderzoek gebruikgemaakt van de uurlijkse waarnemingen van zowel O_x als NO_x.

Van de verkeersbelaste stations in het LML zijn er slechts vier stations met volledige uurreeksen voor O_x- en NO_x-concentraties in de periode 1996-2007. Vijf andere verkeersbelaste stations hebben, vanaf

2000, minimaal drie jaar meetreeksen voor beide componenten. Verkeersbelaste stations met minder dan drie jaar meetreeksen voor zowel O_x als NO_x zijn buiten beschouwing gelaten.

De bijdrage van het verkeer op de verkeersbelaste stations is sterk afhankelijk van de windrichting. Met behulp van meteorologische data kan worden bepaald voor welke windrichting de verkeersbelasting het hoogst is voor elk individueel station. De meteorologische data van zowel KNMI-station 240 (Schiphol) als KNMI-station 370 (Eindhoven) zijn hiervoor gebruikt, afhankelijk van de ligging van de verkeersbelaste stations.



Figuur 3 Uit de analyse van de windrichting blijkt voor het station Breukelen-Snelweg dat de grootste bijdrage van NO_x plaatsvindt wanneer de wind uit een hoek van 180-320 graden komt. De gestippelde lijnen in de grafiek geven de gekozen sectoren aan. Uurlijkse data waarop de windrichting in deze sectoren valt zijn meegenomen in de analyse van de verhouding O_x/NO_x . De overige figuren voor de andere stations worden gepresenteerd in Bijlage A.

In Tabel 1 wordt de ligging van de verkeerswegen ten opzichte van de in deze studie gebruikte LML verkeersbelaste stations weergegeven.

Tabel 1 Locatie van de weg ten opzichte van de diverse verkeersbelaste LML-metstations.

Snr	Naam	Locatie weg t.o.v. meetstation
236	Eindhoven-Genovevalaan	Oost
433	Vlaardingen-Floreslaan	West
447	Leiden-Willem de Zwijgerlaan	Noord
537	Haarlem-Amsterdamsevaart	Oost-Zuid
544	Amsterdam-Prins Bernhardplein	Oost-Zuidwest
636	Utrecht-Kardinaal de Jongweg	Zuid
639	Utrecht-Constant Erzeijstraat	West
641	Breukelen-snelweg	West
937	Groningen-Europaweg	Oost-Zuid

2.2.1 Corrigeren voor achtergrondconcentratie

De concentratie van zowel O_x als NO_x op een verkeersbelast station is opgebouwd uit de lokale bijdrage van het verkeer en een achtergrondconcentratie. Deze achtergrondconcentraties zijn voor de diverse stations niet constant. Voor elk verkeersbelast station zou een achtergrondcorrectie uitgevoerd moeten worden om de lokale verkeersbijdrage te bepalen.

De beste manier om dit te realiseren is door elk verkeersbelast station te koppelen aan een representatief en nabijgelegen stedelijk achtergrondstation. Helaas zijn er voor de meeste verkeersbelaste stations geen stedelijke achtergrondstations met O_x/NO_x -meetwaarden beschikbaar. Voor diverse verkeersbelaste stations kan, in dat geval, gebruikgemaakt worden van de achtergrondconcentraties op nabijgelegen regionale stations. Het probleem is wel dat deze uiteraard lager zijn dan de achtergrondconcentraties op stedelijke locaties. In Tabel 2 worden de aan de verkeersbelaste stations gekoppelde achtergrondstations weergegeven.

Tabel 2 Overzicht van de aan de diverse verkeersbelaste stations gekoppelde achtergrondstations.

Verkeersbelast station	Achtergrondstation
236 Eindhoven-Genovevalaan	227 Budel-Toom*
433 Vlaardingen-Floreslaan	437 Westmaas-Groeneweg*
447 Leiden-Willem de Zwijgerlaan	444 De Zilk-Vogelaarsdreef*
537 Haarlem-Amsterdamsevaart	444 De Zilk-Vogelaarsdreef*
544 Amsterdam-Prins Bernhardplein	520 Amsterdam-Florapark
636 Utrecht-Kardinaal de Jongweg	620 Cabauw-Zijdeweg*
639 Utrecht-Constant Erzeijstraat	620 Cabauw-Zijdeweg*
641 Breukelen-Snelweg	633 Zegveld-Oude Meije
937 Groningen-Europaweg	934 Kollumerwaard-Hooge Zuidwal*

* Bij gebrek aan een stedelijk achtergrondstation waarop zowel concentraties voor NO_x als O_x worden gemeten worden de gegevens van een nabijgelegen regionaal achtergrondstation gebruikt.

2.2.2 Van regionale naar representatieve stedelijke achtergrond

Stedelijke achtergrondniveaus zijn hoger dan de achtergrondniveaus op regionaal niveau. In de meeste gevallen zijn de concentraties op regionale stations niet representatief om als achtergrond te fungeren van een verkeersbelast station. In deze paragraaf wordt een correctiemethode besproken om het niveau van een regionale concentratie te schalen naar een stedelijke concentratie.

Deze methode gebruikt de verhouding van de concentraties van individuele componenten op zowel de regionale als stedelijke locatie. Deze verhouding wordt gebruikt als een individuele schaalfactor die zowel voor de NO_x- als O_x-concentraties bepaald kan worden. De schaalfactoren worden bepaald door gebruik te maken van kaarten van de periode 2001-2007 van de Generieke Concentraties Nederland (GCN). De jaargemiddelde concentraties op de locatie van het verkeersbelaste station worden beschouwd als een maat voor de stedelijke achtergrond. Door de GCN-concentraties te vergelijken met de jaargemiddelde concentraties op de regionale locaties kan een schaalfactor voor elk station per jaar bepaald worden. Een overzicht van de berekende schaalfactoren uit de GCN-kaarten voor zowel NO_x als O_x voor de periode 2001-2007 is te vinden in Tabel 3.

Tabel 3 Overzicht van de berekende schaafactoren voor O_x (eerste overzicht) en NO_x (tweede overzicht) voor de periode 2001-2007.

Verkeersbelaste stations	Regionale achtergrondstations	O _x	O _x	O _x	O _x	O _x	O _x	O _x
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Eindhoven-Genovevalaan	Budel-Toom	1,07	1,04	1,09	1,07	0,99	1,01	1,02
Vlaardingen-Floreslaan	Westmaas-Groeneweg	1,08	1,07	1,07	1,02	1,05	0,98	1,08
Leiden-Willem de Zwijgerlaan	De Zilk-Vogelaarsdreef	1,00	1,01	0,99	1,02	1,01	0,99	1,06
Haarlem-Amsterdamsevaart	De Zilk-Vogelaarsdreef	0,98	1,00	1,00	0,98	0,97	0,97	1,04
Amsterdam-Prins Bernhardplein	Amsterdam-Florapark	1,00	1,00	1,01	1,03	1,01	1,03	1,02
Utrecht-Kardinaal de Jongweg	Cabauw-Zijdeweg	1,02	1,00	1,02	0,94	0,97	0,96	1,05
Utrecht-Constant Erzeijstraat	Cabauw-Zijdeweg	1,03	0,98	1,04	0,95	0,97	0,94	1,06
Breukelen-Snelweg	Zegveld-Oude Meije	1,02	0,98	1,03	0,95	0,96	0,97	1,02
Groningen-Europaweg	Kollumerwaard-Hooge Zuidwal	1,05	1,03	1,05	0,96	0,99	1,00	1,02

Verkeersbelaste stations	Regionale achtergrondstations	NO _x	NO _x	NO _x	NO _x	NO _x	NO _x	NO _x
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Eindhoven-Genovevalaan	Budel-Toom	1,75	1,70	1,59	1,64	1,63	1,67	1,45
Vlaardingen-Floreslaan	Westmaas-Groeneweg	1,58	1,70	1,59	1,49	1,48	1,50	1,45
Leiden-Willem de Zwijgerlaan	De Zilk-Vogelaarsdreef	1,60	1,59	1,54	1,61	1,66	1,63	1,89
Haarlem-Amsterdamsevaart	De Zilk-Vogelaarsdreef	1,71	1,57	1,35	1,43	1,46	1,43	1,64
Amsterdam-Prins Bernhardplein	Amsterdam-Florapark	1,08	1,08	1,14	1,03	1,04	1,02	1,11
Utrecht-Kardinaal de Jongweg	Cabauw-Zijdeweg	2,04	2,00	2,00	1,78	1,91	1,96	1,68
Utrecht-Constant Erzeijstraat	Cabauw-Zijdeweg	2,20	2,18	2,32	1,85	2,01	1,96	1,87
Breukelen-Snelweg	Zegveld-Oude Meije	1,62	1,53	1,42	1,29	1,32	1,31	1,45
Groningen-Europaweg	Kollumerwaard-Hooge Zuidwal	2,67	2,16	2,22	1,89	2,08	2,17	2,37

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de concentratieverschillen op verkeersbelaste en regionale stations voor O_x klein zijn vergeleken met de verschillen in de NO_x-concentratie. De grotere schaafactoren voor NO_x zijn het directe gevolg van de verkeersbijdragen op de stations.

De schaafactoren, berekend uit de gemodelleerde GCN-grids, zijn vergeleken met de schaafactoren op basis van de metingen van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML). Voor de periode 2001-2003 zijn er voor de combinatie Utrecht-Universiteitsbibliotheek (stedelijk belaste achtergrond) en Cabauw-Zijdeweg (regionale achtergrond) zowel de schaafactoren op basis van GCN als de schaafactoren op basis van de LML jaargemiddelde concentraties berekend. Deze schaafactoren worden weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4 Vergelijking schaalfactoren op basis van GCN en meetwaarden van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML).

Stedelijke achtergrondstations	Regionale achtergrondstations	Methode	O _x	O _x	O _x
			2001	2002	2003
Utrecht-Universiteitsbibliotheek	Cabauw-Zijdeweg	GCN	1,01	0,99	1,01
Utrecht-Universiteitsbibliotheek	Cabauw-Zijdeweg	LML	1,07	1,14	1,16

Stedelijke achtergrondstations	Regionale achtergrondstations	Methode	NO _x	NO _x	NO _x
			2001	2002	2003
Utrecht-Universiteitsbibliotheek	Cabauw-Zijdeweg	GCN	2,10	2,05	2,07
Utrecht-Universiteitsbibliotheek	Cabauw-Zijdeweg	LML	1,48	1,33	1,37

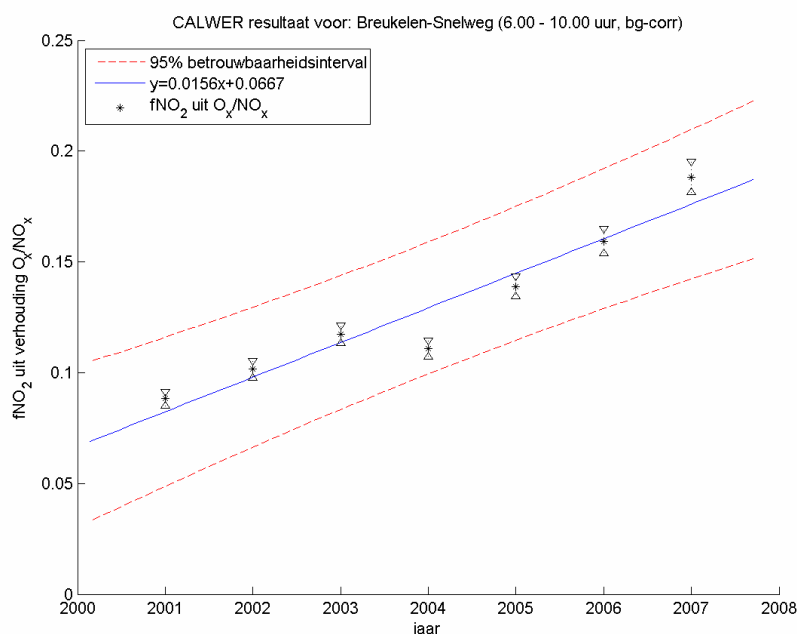
De verhouding in NO_x-concentratie tussen de locaties Utrecht-Universiteitsbibliotheek en Cabauw-Zijdeweg is volgens de GCN-kaarten circa 30% groter dan uit een vergelijking van de meetwaarden van het LML volgt. Voor de hoeveelheid oxidant zijn de schaalfactoren praktisch gelijk. Zoals al eerder opgemerkt is de correctie voor de NO_x-achtergrond van minder belang dan die voor de O_x-achtergrond. Het gevonden verschil in schaalfactoren heeft naar verwachting dan ook maar een betrekkelijk klein effect op de geschatte fractie direct uitgestoten NO₂.

3 Resultaten

De individuele resultaten per verkeersbelast station (zie Tabel 1) met achtergrondcorrectie tijdens de ochtendspits (tussen 6-10 uur 's ochtends) worden hieronder nader besproken. Door de berekende fNO_2 voor de jaren 2001-2007 zal een regressie worden uitgevoerd, waarbij er minimaal vijf jaar aan data aanwezig moet zijn. Voor het uitvoeren van de regressie wordt gebruikgemaakt van het statistische pakket CALWER (Gort en Hoogerbrugge, 1995). Bij minder dan vijf waarnemingen wordt het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de regressielijn niet bepaald. In dit rapport is ervoor gekozen om eerst de verkeersbelaste locaties te bespreken met minimaal vijf jaar aan data. Voor de jaren waarvan er geen uurlijkse data beschikbaar zijn zal door middel van interpolatie de fNO_2 berekend worden, maar zal er geen informatie beschikbaar zijn over het 95% betrouwbaarheidsinterval.

3.1.1 Breukelen-Snelweg

Als achtergrondstation is gebruik gemaakt van Zegveld-Oude Meije. De ligging van Breukelen-Snelweg is landelijk, waardoor de concentraties op het achtergrondstation niet hoeven te worden gecorrigeerd volgens de methode in paragraaf 2.2.3. Gegevens over de windrichting van het KNMI-station 240 Schiphol zijn gebruikt om te bepalen bij welke windrichting de bijdrage van de weg het hoogst is (zie ook paragraaf 2.2 en Bijlage A).

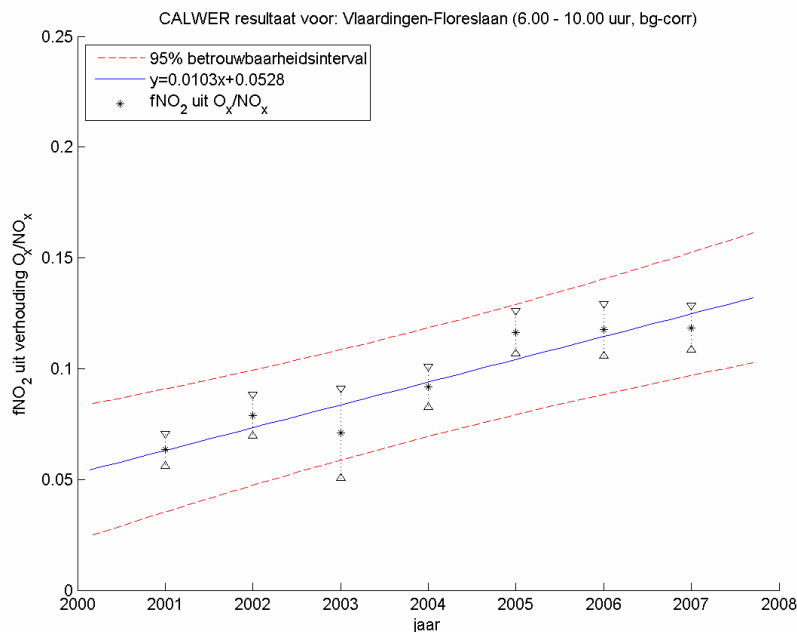


Figuur 4 De resultaten van de lineaire regressie voor de berekende O_3/NO_x -verhouding uit de individuele uurwaarden per jaar voor de locatie Breukelen-Snelweg tijdens de ochtendspits. De blauwe lijn geeft de regressielijn weer, de rode stippellijnen stellen het 95% betrouwbaarheidsinterval voor. Voor de afzonderlijke jaren wordt ook het 95% betrouwbaarheidsinterval weergegeven, gedefinieerd als 2 keer de fout in de berekende fNO_2 .

Door het relatief jonge wagenpark op snelwegen en dus ook op locaties nabij een afrit, is de verwachting dat de fractie NO_2 hoger is op deze locaties. De verwachting is dan ook dat de fractie NO_2 op een binnenstedelijke locatie enkele procenten lager zal zijn.

3.1.2 Vlaardingen-Floreslaan

Als achtergrondstation is gebruik gemaakt van Westmaas-Groeneweg. De bijdragen van dit regionale achtergrondstation zijn gecorrigeerd volgens de methode in paragraaf 2.2.3. Gegevens over de windrichting van het KNMI-station 240 Schiphol zijn gebruikt om te bepalen bij welke windrichting de bijdrage van de weg het hoogst is (zie ook paragraaf 2.2 en Bijlage A).

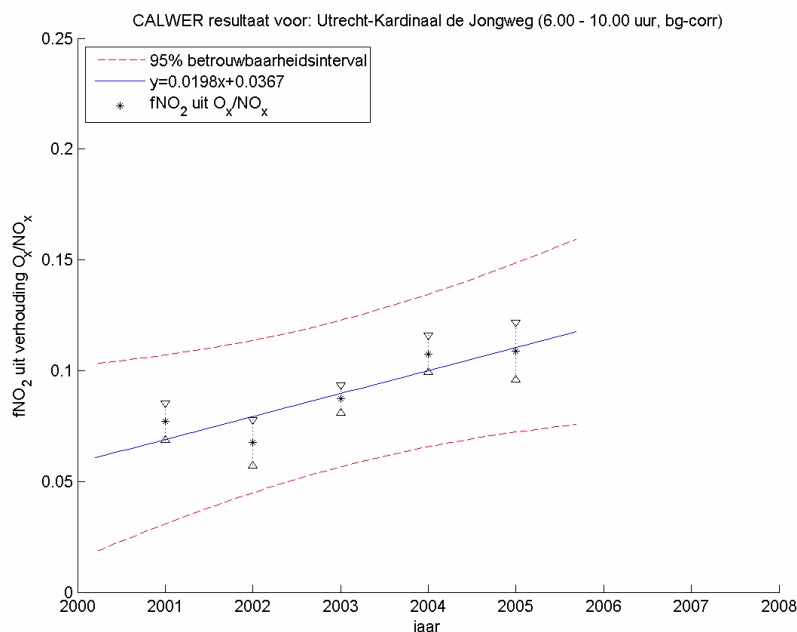


Figuur 5 De resultaten van de lineaire regressie voor de berekende O_3/NO_x -verhouding uit de individuele uurwaarden per jaar voor de locatie Vlaardingen-Floreslaan tijdens de ochtendspits. De blauwe lijn geeft de regressielijn weer, de rode stippellijnen stellen het 95% betrouwbaarheidsinterval voor. Voor de afzonderlijke jaren wordt ook het 95% betrouwbaarheidsinterval weergegeven, gedefinieerd als 2 keer de fout in de berekende fNO_2 .

In vergelijking met Breukelen-Snelweg is er sprake van een lagere fractie NO_2 , welke onder meer veroorzaakt wordt door de samenstelling van het wagenpark op deze locatie.

3.1.3 Utrecht-Kardinaal de Jongweg

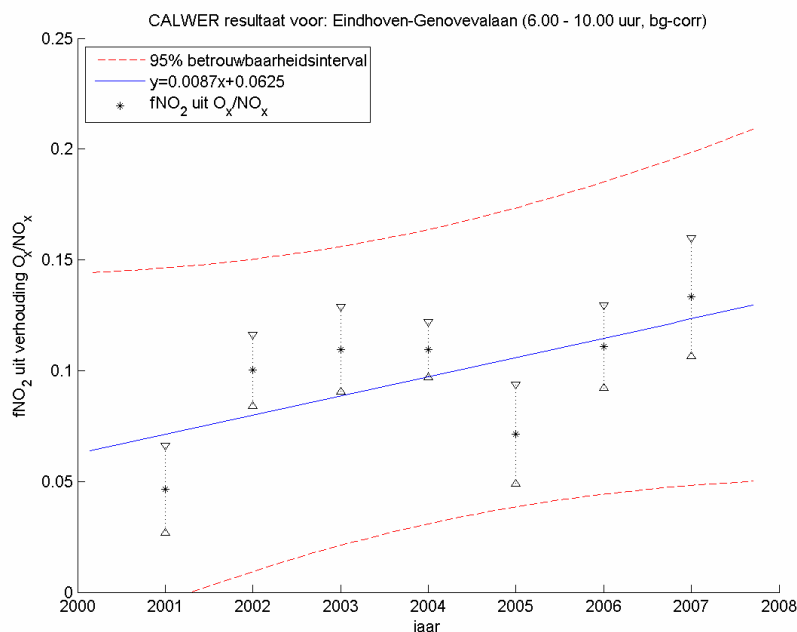
Als achtergrondstation is gebruik gemaakt van Cabauw-Zijdeweg. De bijdragen van dit regionale achtergrondstation zijn gecorrigeerd volgens de methode in paragraaf 2.2.3. Gegevens over de windrichting van het KNMI-station 240 Schiphol zijn gebruikt om te bepalen bij welke windrichting de bijdrage van de weg het hoogst is (zie ook paragraaf 2.2 en Bijlage A).



Figuur 6 De resultaten van de lineaire regressie voor de berekende O_x/NO_x-verhouding uit de individuele uurwaarden per jaar voor de locatie Utrecht-Kardinaal de Jongweg tijdens de ochtendspits. De blauwe lijn geeft de regressielijn weer, de rode stippellijnen stellen het 95% betrouwbaarheidsinterval voor. Voor de afzonderlijke jaren wordt ook het 95% betrouwbaarheidsinterval weergegeven, gedefinieerd als 2 keer de fout in de berekende fNO₂.

3.1.4 Eindhoven-Genovevalaan

Als achtergrondstation is gebruik gemaakt van Budel-Toom. De bijdragen van dit regionale achtergrondstation zijn gecorrigeerd volgens de methode in paragraaf 2.2.3. Gegevens over de windrichting van het KNMI-station 370 Eindhoven zijn gebruikt om te bepalen bij welke windrichting de bijdrage van de weg het hoogst is (zie ook paragraaf 2.2 en Bijlage A).

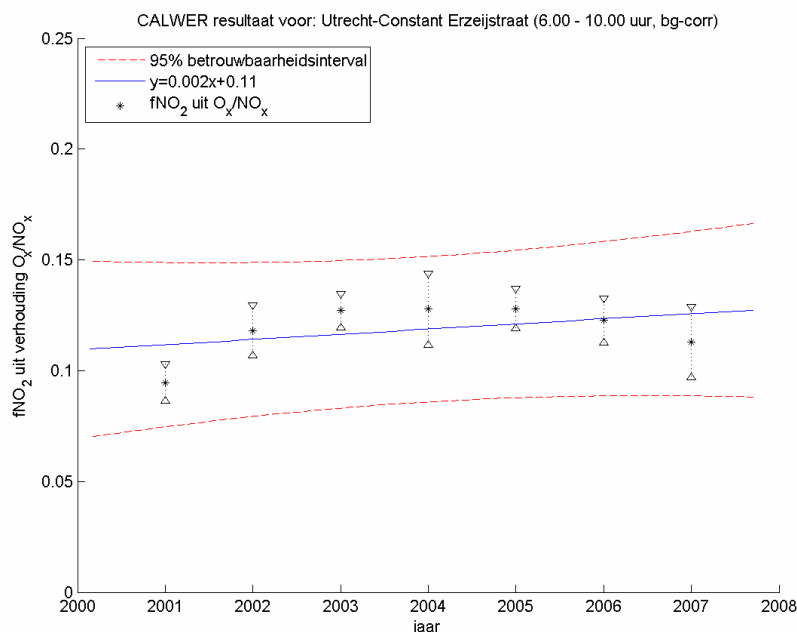


Figuur 7 De resultaten van de lineaire regressie voor de berekende O_X/NO_X -verhouding uit de individuele uurwaarden per jaar voor de locatie Eindhoven-Genovevalaan tijdens de ochtendspits. De blauwe lijn geeft de regressielijn weer, de rode stippellijnen stellen het 95% betrouwbaarheidsinterval voor. Voor de afzonderlijke jaren wordt ook het 95% betrouwbaarheidsinterval weergegeven, gedefinieerd als 2 keer de fout in de berekende fNO_2 .

De variatie tussen de diverse jaren op Eindhoven-Genovevalaan is groter, waardoor het 95% betrouwbaarheidsinterval een factor twee groter wordt. Oorzaak van deze stijging is een slechte correlatie (grote puntenwolk) tussen de verhoudingen O_X/NO_X op deze locatie.

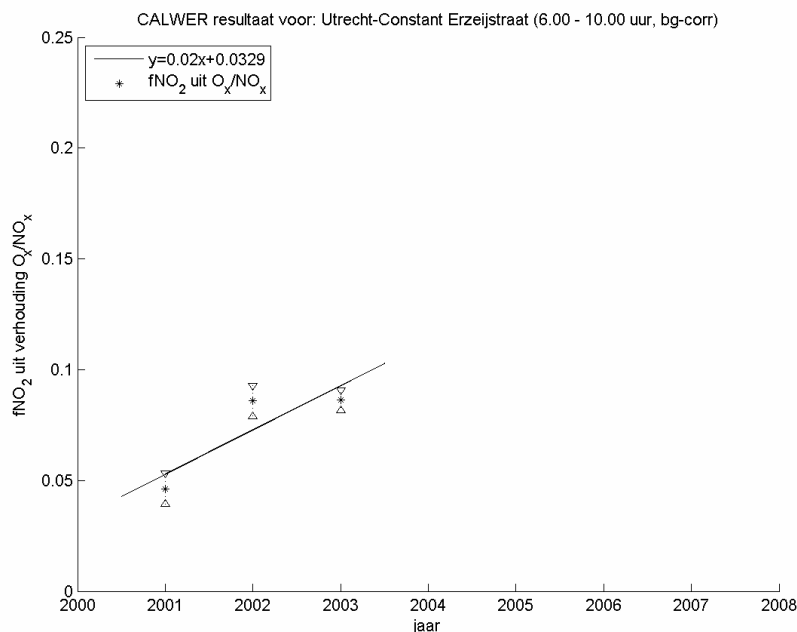
3.1.5 Utrecht-Constant Erzeijstraat

Als achtergrondstation is gebruik gemaakt van Cabauw-Zijdweg. De bijdragen van dit regionale achtergrondstation zijn gecorrigeerd volgens de methode in paragraaf 2.2.3. Gegevens over de windrichting van het KNMI-station 240 Schiphol zijn gebruikt om te bepalen bij welke windrichting de bijdrage van de weg het hoogst is (zie ook paragraaf 2.2 en Bijlage A).



Figuur 8 De resultaten van de lineaire regressie voor de berekende O_3/NO_x -verhouding uit de individuele uurwaarden per jaar voor de locatie Utrecht-Constant Erzeijstraat tijdens de ochtendspits. De blauwe lijn geeft de regressielijn weer, de rode stippellijnen stellen het 95% betrouwbaarheidsinterval voor. Voor de afzonderlijke jaren wordt ook het 95% betrouwbaarheidsinterval weergegeven, gedefinieerd als 2 keer de fout in de berekende fNO_2 .

De in de figuur weergegeven resultaten geven een afwijkend beeld ten opzichte van andere stations. De fractie NO_2 zou in 2002 op Utrecht-Constant Erzeijstraat al ruim 12% bedragen, een waarde die gezien de eerdere resultaten totaal niet realistisch is. Om deze reden is de berekening nogmaals uitgevoerd waarbij als achtergrondstation gebruik gemaakt is van Utrecht-Universiteitsbibliotheek. Dit achtergrondstation wordt als een representatief achtergrondstation beschouwd voor Utrecht-Constant Erzeijstraat waardoor toepassing van de GCN-schaling op de gegevens van dit station niet nodig is.

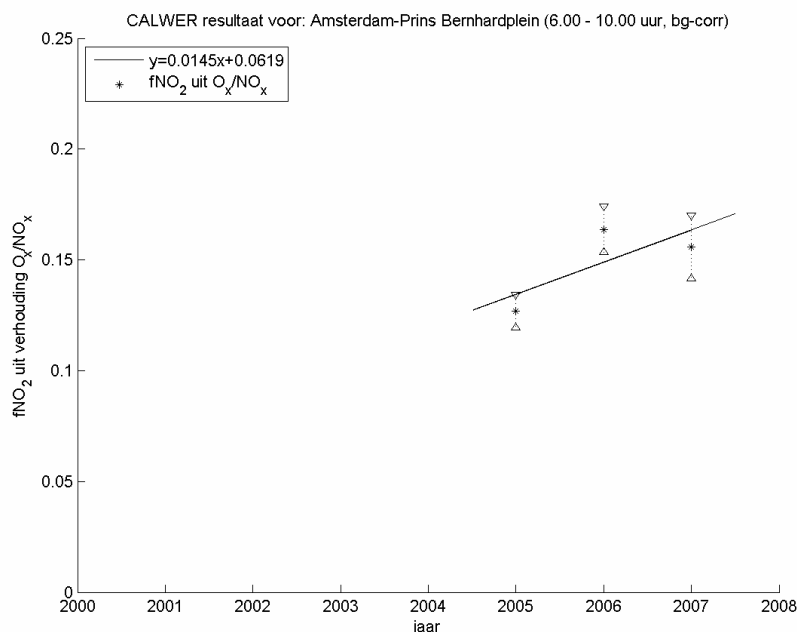


Figuur 9 De resultaten van de lineaire regressie voor de berekende O_x/NO_x-verhouding uit de individuele uurwaarden per jaar voor de locatie Utrecht-Constant Erzeijstraat tijdens de ochtendspits met als achtergrondstation Utrecht-Universiteitsbibliotheek. De lijn geeft de lineaire regressie op de beschikbare jaren weer, het 95% betrouwbaarheidsinterval kon door het geringe aantal punten niet bepaald worden.

De resultaten van deze berekening geven in de periode 2001-2003 een stijging van de fractie NO₂ van 5 tot ongeveer 9%. Deze bijdrage komt overeen met andere binnenstedelijke locaties.

3.1.6 Amsterdam-Prins Bernhardplein

Als achtergrondstation is gebruik gemaakt van Amsterdam-Florapark. De bijdragen van dit regionale achtergrondstation zijn gecorrigeerd volgens de methode in paragraaf 2.2.3. Gegevens over de windrichting van het KNMI-station 240 Schiphol zijn gebruikt om te bepalen bij welke windrichting de bijdrage van de weg het hoogst is (zie ook paragraaf 2.2 en Bijlage A).

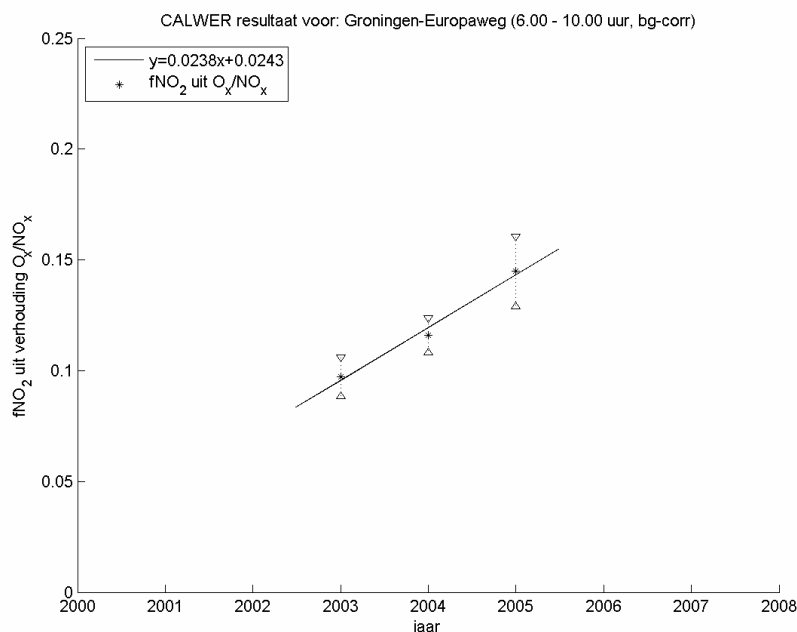


Figuur 10 De resultaten van de lineaire regressie voor de berekende O₃/NO_x-verhouding uit de individuele uurwaarden per jaar voor de locatie Amsterdam-Prins Bernhardplein tijdens de ochtendspits. De lijn geeft de lineaire regressie op de beschikbare jaren weer, het 95% betrouwbaarheidsinterval kon door het geringe aantal punten niet bepaald worden.

De resultaten van deze berekening geven in de periode 2005-2007 een stijging van de fractie NO₂ van 12 tot ongeveer 16%. Deze bijdrage is hoger dan de bijdrage op andere binnenstedelijke locaties. Echter, vanaf het Prins Bernhardplein is een ader rechtstreeks aangesloten op de snelweg A10 en indirect zijn er ook aansluitingen met de snelweg A2. De bijdrage van het snelwegverkeer veroorzaakt de verhoging van de fractie NO₂, waardoor de fractie meer overeenkomt met de fractie berekend op Breukelen-Snelweg.

3.1.7 Groningen-Europaweg

Als achtergrondstation is gebruik gemaakt van Kollumerwaard-Hooge Zuidwal. De bijdragen van dit regionale achtergrondstation zijn gecorrigeerd volgens de methode in paragraaf 2.2.3. Gegevens over de windrichting van het KNMI-station 240 Schiphol zijn gebruikt om te bepalen bij welke windrichting de bijdrage van de weg het hoogst is (zie ook paragraaf 2.2 en Bijlage A).

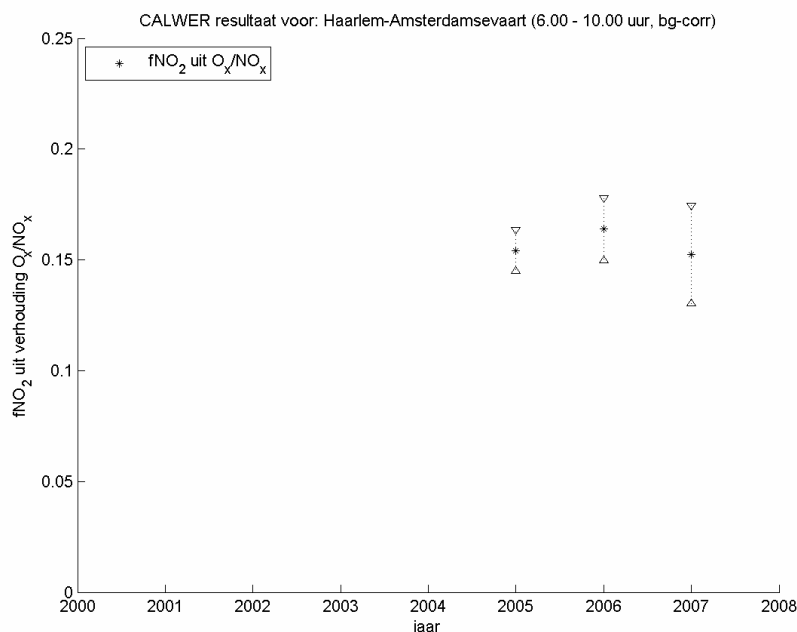


Figuur 11 De resultaten voor de berekende O₃/NO_x-verhouding uit de individuele uurwaarden per jaar voor de locatie Groningen-Europaweg tijdens de ochtendspits. De lijn geeft de lineaire regressie op de beschikbare jaren weer, het 95% betrouwbaarheidsinterval kon door het geringe aantal punten niet bepaald worden.

In de periode 2003-2004 lag de gemiddelde fractie NO₂ op ongeveer 12%. De locatie Groningen-Europaweg krijgt voornamelijk snelwegverkeer vanaf de snelweg A7 te verwerken. Hierdoor zijn de berekende fracties voor de periode 2003-2004 vergelijkbaar met de fracties berekend op Breukelen-Snelweg voor deze periode.

3.1.8 Haarlem-Amsterdamsevaart

Als achtergrondstation is gebruik gemaakt van De Zilk-Vogelaarsdreef. De bijdragen van dit regionale achtergrondstation zijn gecorrigeerd volgens de methode in paragraaf 2.2.3. Gegevens over de windrichting van het KNMI-station 240 Schiphol zijn gebruikt om te bepalen bij welke windrichting de bijdrage van de weg het hoogst is (zie ook paragraaf 2.2 en Bijlage A).

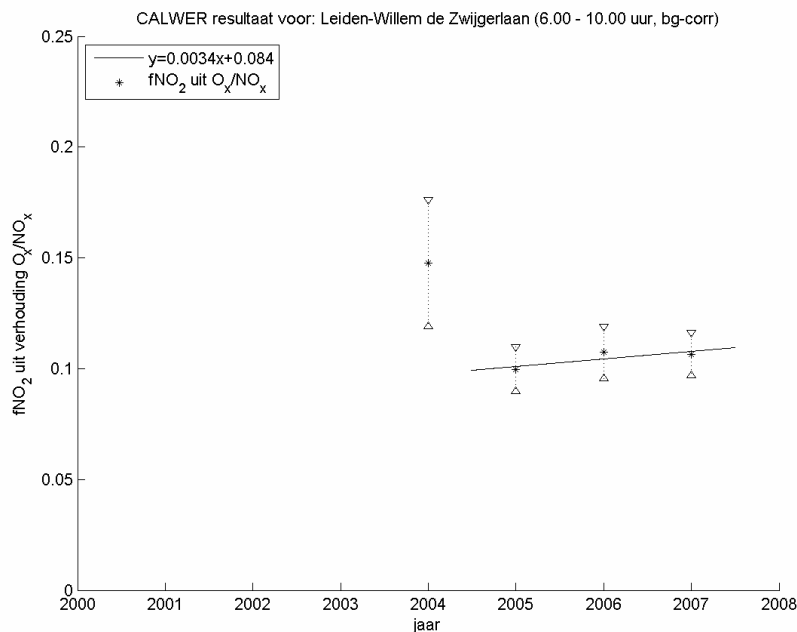


Figuur 12 De resultaten voor de berekende O_x/NO_x-verhouding uit de individuele uurwaarden per jaar voor de locatie Haarlem-Amsterdamsevaart tijdens de ochtendspits.

Voor de locatie Haarlem-Amsterdamsevaart geldt ook dat deze locatie voornamelijk snelwegverkeer vanaf de snelweg A200 en indirect van de A9 krijgt te verwerken. Hierdoor zijn de berekende fracties voor de periode 2005-2007 vergelijkbaar met de fracties berekend op Breukelen-Snelweg voor deze periode. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de berekende fractie in 2007 enigszins aan de lage kant lijkt te zijn. Twee hoge mogelijke uitbijters, waarbij er sprake is van een hoge NO_x-concentratie gecombineerd met een relatief lage concentratie O_x, lijken hiervoor verantwoordelijk te zijn.

3.1.9 Leiden-Willem de Zwijgerlaan

Als achtergrondstation is gebruik gemaakt van De Zilk-Vogelaarsdreef. De bijdragen van dit regionale achtergrondstation zijn gecorrigeerd volgens de methode in paragraaf 2.2.3. Gegevens over de windrichting van het KNMI-station 240 Schiphol zijn gebruikt om te bepalen bij welke windrichting de bijdrage van de weg het hoogst is (zie ook paragraaf 2.2 en Bijlage A).



Figuur 13 De resultaten voor de berekende O₃/NO_x-verhouding uit de individuele uurwaarden per jaar voor de locatie Leiden-Willem de Zwijgerlaan tijdens de ochtendspits. De lijn geeft de lineaire regressie op de beschikbare jaren weer, het 95% betrouwbaarheidsinterval kon door het geringe aantal punten niet bepaald worden. De berekende fNO₂ voor 2004 is in de regressie niet meegenomen.

In de periode 2005-2007 lag de gemiddelde fractie NO₂ op ongeveer 11%, de hogere berekende waarde voor 2004 is minder betrouwbaar. Deze is namelijk gebaseerd op slechts 35 uurlijkse waarnemingen. Door het lage aantal uurlijkse waarnemingen kan de berekende fractie NO₂ niet als representatief worden beschouwd.

4 Vergelijking met emissiefactoren en literatuur

In dit hoofdstuk worden de behaalde resultaten uit de metingen vergeleken met de berekende emissiefactoren van een gemiddelde verkeerssamenstelling in Nederland.

4.1 Berekende fractie NO₂ uit emissiefactoren

Voor een vergelijking met de meetresultaten zijn voor de betreffende locaties op basis van de door VROM gepubliceerde emissiefactoren de fracties direct uitgestoten NO₂ berekend. Hiertoel zijn de fracties direct uitgestoten NO₂ per categorie verkeer vermenigvuldigd met de bekende samenstelling van het verkeer langs de meetpunten van het LML; de verkeerscijfers zijn beschreven in Wesseling (2006).

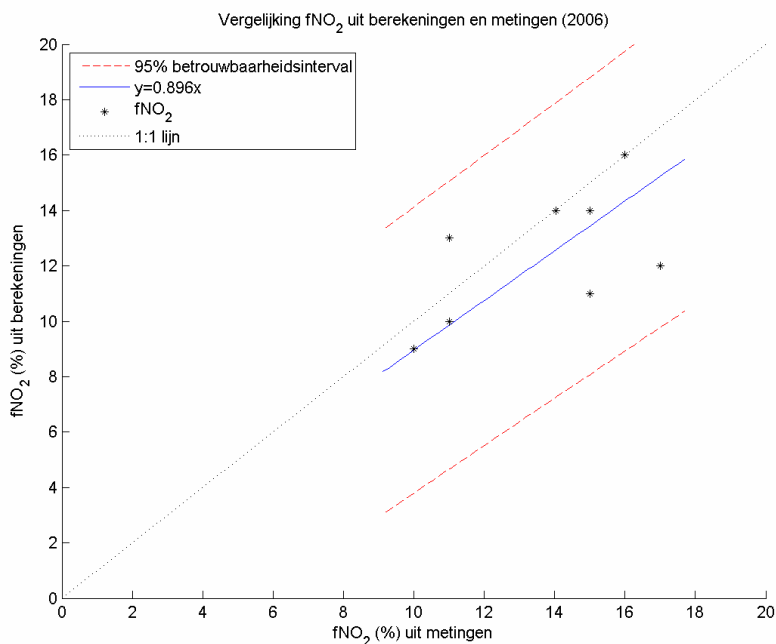
4.2 Vergelijking van berekende en gemeten fracties

De berekende en de gemeten fracties zijn voor de acht locaties met elkaar vergeleken voor de jaren 2006 en 2007.

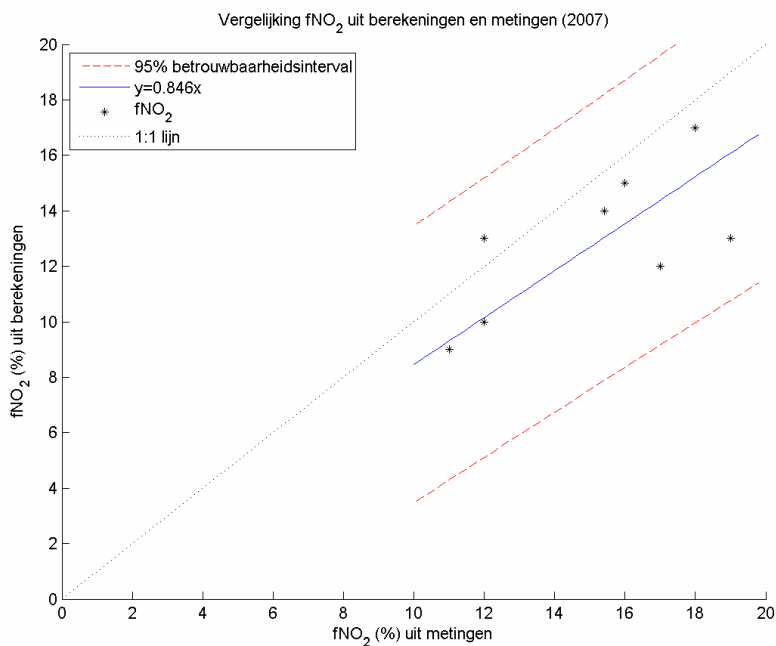
Tabel 5 Een vergelijking tussen de berekende en de gemeten fractie NO₂ voor de jaren 2006 en 2007.

	<i>fNO₂(%) 2006</i>	<i>fNO₂(%) 2006</i>	<i>fNO₂(%) 2007</i>	<i>fNO₂(%) 2007</i>
	<i>metingen</i>	<i>berekeningen</i>	<i>metingen</i>	<i>berekeningen</i>
Breukelen-Snelweg	16	16	18	17
Vlaardingen-Floreslaan	11	10	12	10
Utrecht-Kardinaal de Jongweg	14	14	15	14
Eindhoven-Genovevalaan	11	13	12	13
Leiden-Willem de Zwijgerlaan	10	9	11	9
Groningen-Europaweg	17	12	19	13
Amsterdam-Prins Bernhardplein	15	14	16	15
Utrecht-Constant Erzeijstraat	15	11	17	12

Met behulp van het softwareprogramma CALWER (Gort en Hoogerbrugge, 1995) is de relatie tussen de berekende en gemeten fNO₂ bepaald. In beide gevallen geeft een lineaire relatie een bevredigende beschrijving van de resultaten. De berekende richtingscoëfficiënt b_1 voor 2006 is gelijk aan 0,896 (Figuur 16) en voor 2007 is deze 0,846 (Figuur 17).



Figuur 14 Vergelijking fractie NO₂ uit berekeningen en metingen voor 2006.



Figuur 15 Vergelijking fractie NO₂ uit berekeningen en metingen voor 2007.

Voor de resultaten van beide jaren geldt dat er, gelet op de betrekkelijk grote onzekerheidsmarge, een goede overeenkomst lijkt te bestaan tussen de fractie NO₂ uit berekeningen en de fractie die uit metingen is geschat. Het lijkt er echter wel op dat er mogelijk sprake is van een kleine onderschatting van de fractie NO₂ uit berekeningen. Mede gezien de relatief grote onzekerheden in de gemeten fracties

uitstoot, is het verschil tussen gemeten en berekende fracties direct uitgestoten NO₂ echter niet significant.

4.3 Vergelijking met literatuur

In een recent artikel (Grice et al., 2009) is op basis van gegevens uit Airbase³ voor verschillende landen in Europa een schatting gemaakt van de fractie directe uitstoot door wegverkeer. De schatting is gemaakt met een Engels model voor verkeersemissies (Abbott, 2005). De resultaten zijn vermeld in Tabel 6.

Tabel 6 Overzicht van de door Grice et al. (2009) geschatte fracties directe uitstoot.

Land	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Oostenrijk	5,9–7,2	4,5–8,1	5,8–9,4	5,3–7,9	7,2–12,3	
Tsjechië	4,3–9,1	4–9,9	2,9–8,9	4,9–9,8	1,5–11	
Frankrijk	5,2–8,9	5,8–11,3	7–9,1	6–8,6	9,1–12,4	9,4–13,8
Duitsland	8,5–12,5	10,1–14,6	12,6–17,8	15–19,9	9,9–21,5	13,6–21,3
Italië	4,7–4,7	4–4	5,9–5,9	7–7	17,4–17,4	
Nederland	5–9,4	7,3–9,1	8,5–12,4	8,3–12,5	10,8–13,3	
Spanje	13,2–19,2	6,3–19,5	8,5–17,2	7,9–10,1	14,4–15,6	
Engeland	2,6–18,2	4,6–15,3	8,9–16,7	12,7–19,4	12,3–22,1	12,9–24

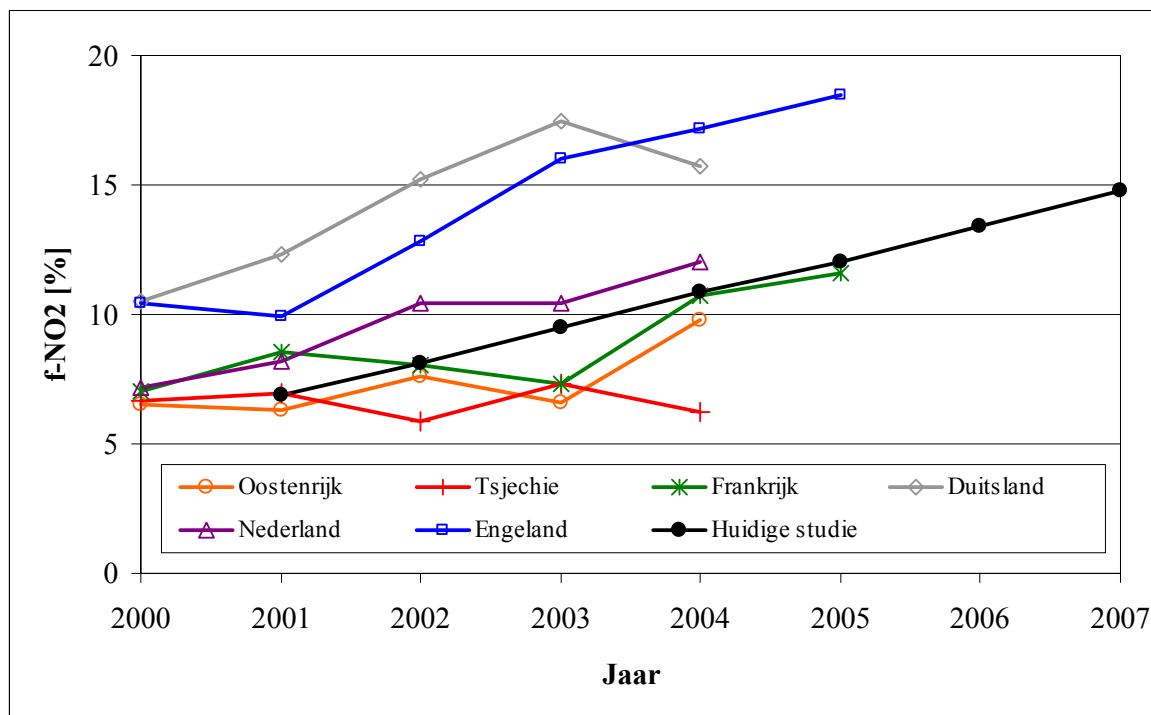
In Tabel 7 worden de resultaten zoals behaald in de huidige studie vergeleken met die van Grice et al. (2009). Hierbij is een gemiddelde genomen van de resultaten van de huidige studie, zowel met als zonder daarin het resultaat voor Breukelen-Snelweg mee te nemen.

Tabel 7 Gemiddelde resultaten van de huidige studie en de door Grice et al. (2009) geschatte fracties (in %) directe uitstoot.

	RIVM excl. 641	RIVM incl. 641	Grice
2001	7	7	7
2002	8	8	8
2003	9	10	10
2004	11	11	10
2005	12	12	12
2006	13	13	
2007	14	15	

De gemiddelde resultaten zoals door Grice et al. gevonden, worden in Figuur 18 zowel onderling als met de in de huidige studie verkregen resultaten vergeleken.

³ <http://air-climate.eionet.europa.eu/databases/airbase/>



Figuur 16 De gemiddelde resultaten zoals door Grice et al. gevonden en de in de huidige studie verkregen resultaten. De weergave van de huidige studie (zwarte lijn) is gebaseerd op de gemiddelde berekende $f\text{NO}_2$ per jaar, exclusief de berekende fracties op Breukelen-Snelweg.

De resultaten van Grice et al. (2009) voor Nederland liggen gemiddeld enkele procenten hoger dan in de huidige studie is bepaald. In de resultaten van de huidige studie zit per jaar een onzekerheid van minstens plus of min één tot twee procentpunten. In de resultaten van Grice et al. zal de onzekerheid minstens zo groot zijn. Rekening houdende met deze onzekerheden zijn de verschillende resultaten onderling compatibel. Aangezien de huidige studie uitgaat van meer gedetailleerde gegevens en ook een grotere detaillering van de lokale situatie wordt ervan uitgegaan dat de resultaten van de studie dichter bij de feitelijke waarden zullen liggen.

Vergeleken met de andere landen liggen de fracties direct uitgestoten NO_2 in Nederland min of meer 'gemiddeld'. Het is opvallend dat de fracties in Duitsland en Engeland 30-40% hoger liggen dan in Nederland. Een mogelijke oorzaak hiervoor zou een afwijkende verhouding tussen benzine- en dieselmotoren kunnen zijn.

5 Conclusies

Op basis van de resultaten van de voorliggende studie kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De gemiddelde fractie direct uitgestoten NO₂ op verkeersbelaste stations varieert van circa 7% in 2000 tot circa 14% in 2007.
- Het 95% betrouwbaarheidsinterval is 2-4%, afhankelijk van de locatie.
- De fractie is afhankelijk van de situatie, dit hangt vermoedelijk samen met de gemiddelde leeftijd van de voertuigen:
 - langs snelwegen en grotere invalswegen van steden is de fractie iets hoger, voor 2007 ongeveer 16-19%;
 - de geschatte fracties voor binnenstedelijk verkeer zijn iets lager, voor 2007 ongeveer 11-14%.
- De fracties directe uitstoot zoals die uit de door het ministerie van VROM beschikbaar gestelde emissiefactoren worden bepaald komen redelijk goed overeen met de gemeten waarden. Er lijkt wel sprake van een kleine onderschatting van de berekende fractie van relatief 10-15%.
- Vergeleken met het buitenland, zijn de in Nederland gemeten fracties grofweg gemiddeld. Het is opvallend dat de fracties in Duitsland en Engeland 30-40% hoger liggen dan in Nederland.

Literatuur

Abbott, J., 2005. Primary nitrogen dioxide emissions from road traffic: analysis of monitoring data. AEA Technology, National Environmental Technology Centre, Report AEAT-1925.
http://www.airquality.co.uk/archive/reports/cat05/0703151041_primno2v3.pdf

Geilenkirchen, G., Lange, R. de, Ligterink, N., 2009. Toelichting SRM1-emissiefactoren en emissiefactoren voor snelwegen 2009.
<http://www.vrom.nl/Docs/milieu/Toelichting%20bij%20emissiefactoren%20voertuigen%202009.pdf>

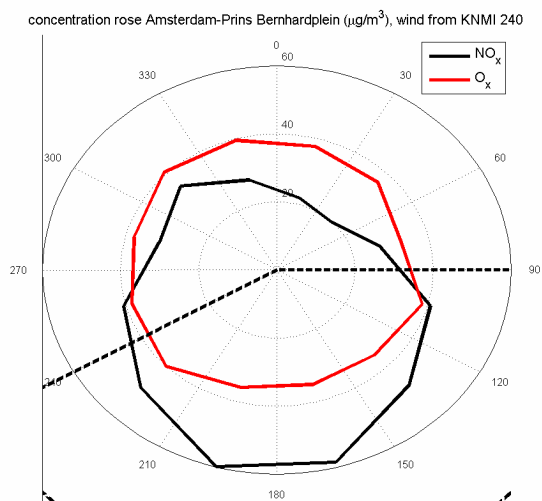
Gort, S.M., Hoogerbrugge R., 1995. A user-friendly spreadsheet program for calibration using weighted regression. Chemometr Intel Lab Syst 28,193-199.

Grice, S., Stedman, J., Kent, A., Hobson, M., Norris, J., Abbott, J., Cooke, S., 2009. Recent trends and projections of primary NO₂ emissions in Europe, Atmospheric Environment, Volume 43, Issue 13, 2154-2167.

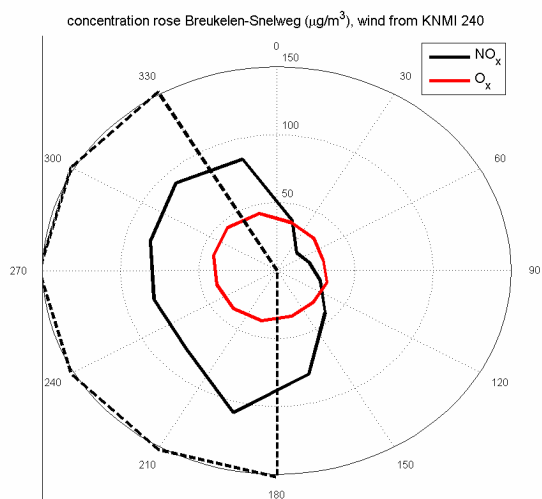
Wesseling J.P., Beijl, R., 2008. Korte-termijn trend in NO₂ en PM₁₀ concentraties op straatstations van het RIVM, RIVM-briefrapport 680705007.

Wesseling, J.P., Sauter, F.J., 2006. Kalibratie van het programma CAR II aan de hand van metingen van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit van het RIVM, RIVM-rapport 680705004.

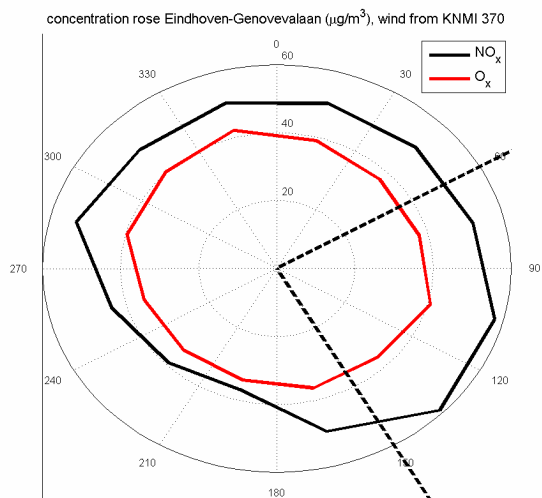
Bijlage A: Overzicht van de analyse van de windrichting



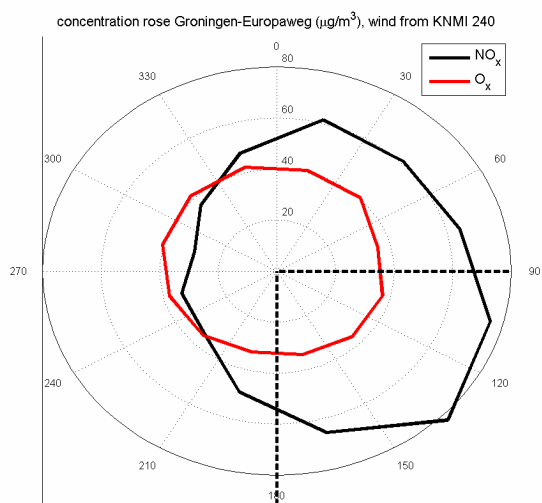
Figuur 17 De analyse van de windrichting voor Amsterdam-Prins Bernhardplein met meteogegevens van KNMI-station 240 Schiphol. De gestippelde lijnen in de grafiek geven de gekozen sectoren aan.



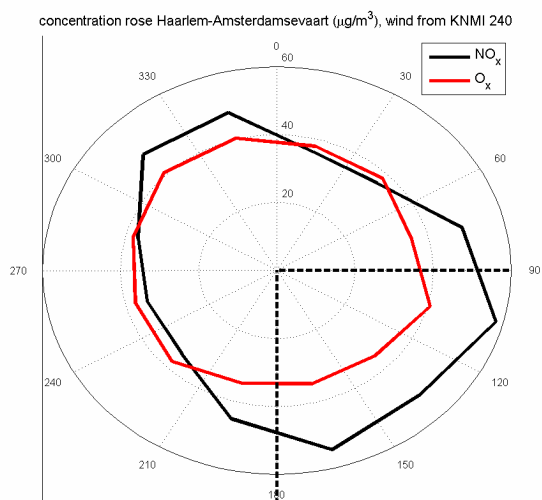
Figuur 18 De analyse van de windrichting voor Breukelen-Snelweg met meteogegevens van KNMI-station 240 Schiphol. De gestippelde lijnen in de grafiek geven de gekozen sectoren aan.



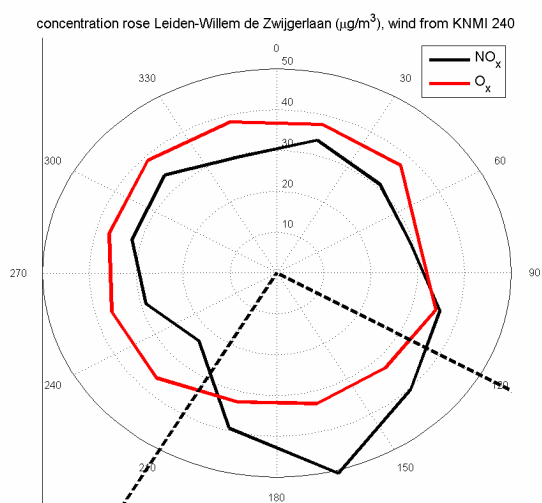
Figuur 19 De analyse van de windrichting voor Eindhoven-Genovevalaan met meteorologische gegevens van KNMI-station 370 Eindhoven. De gestippelde lijnen in de grafiek geven de gekozen sectoren aan.



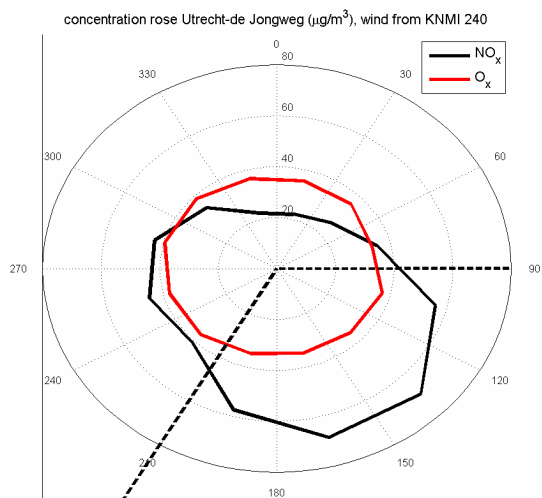
Figuur 20 De analyse van de windrichting voor Groningen-Europaweg met meteorologische gegevens van KNMI-station 240 Schiphol. De gestippelde lijnen in de grafiek geven de gekozen sectoren aan.



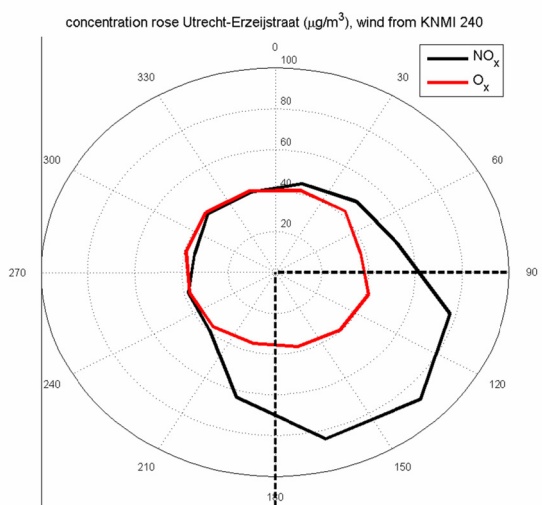
Figuur 21 De analyse van de windrichting voor Haarlem-Amsterdamsevaart met meteogegevens van KNMI-station 240 Schiphol. De gestippelde lijnen in de grafiek geven de gekozen sectoren aan.



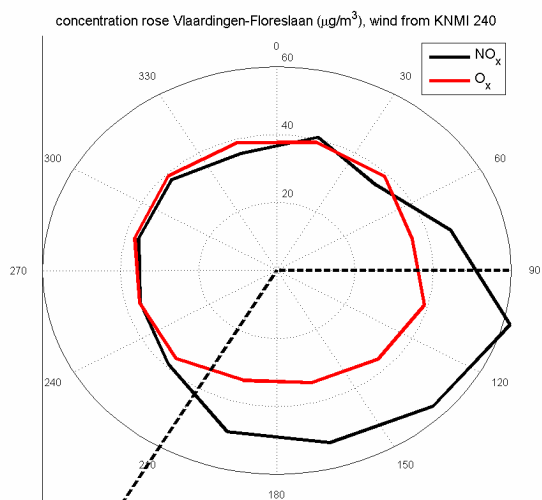
Figuur 22 De analyse van de windrichting voor Leiden-Willem de Zwijgerlaan met meteogegevens van KNMI-station 240 Schiphol. De gestippelde lijnen in de grafiek geven de gekozen sectoren aan.



Figuur 23 De analyse van de windrichting voor Utrecht-Kardinaal de Jongweg met meteorologische gegevens van KNMI-station 240 Schiphol. De gestippelde lijnen in de grafiek geven de gekozen sectoren aan.



Figuur 24 De analyse van de windrichting voor Utrecht-Constant Erzejstraat met meteorologische gegevens van KNMI-station 240 Schiphol. De gestippelde lijnen in de grafiek geven de gekozen sectoren aan.



Figuur 25 De analyse van de windrichting voor Vlaardingen-Floreslaan met meteogegevens van KNMI-station 240 Schiphol. De gestippelde lijnen in de grafiek geven de gekozen sectoren aan.

Bijlage B: Overzicht fNO₂ voor de diverse LML-locaties voor de periode 2001-2007

Voor elke locatie is met behulp van lineaire regressie het verloop van de fNO₂ over de periode 2001-2007 bepaald. De onderstaande tabel geeft de berekende fNO₂ per jaar in procenten weer, zoals bepaald uit de verhoudingen O_x/NO_x. Het weergegeven 95% betrouwbaarheidsinterval (ook in %) is geschat door de onzekerheid in de berekende helling met een factor 2 te vermenigvuldigen.

Tabel 8 De berekende fNO₂ in % op de diverse LML-locaties (236 Eindhoven, 433 Vlaardingen, 447 Leiden, 537 Haarlem, 544 Amsterdam, 636 Utrecht, 639 Utrecht, 641 Breukelen en 937 Groningen). Vanwege het aantal significante cijfers kan het zijn dat het geschatte 95% betrouwbaarheidsinterval 0 procent bedraagt. In deze gevallen moet het interval gelezen worden als '<1%'.

Jaar	236	433	447	537	544	636	639 ⁴	641	937
2001	5 ± 2	6 ± 1				8 ± 1	5 ± 1	9 ± 0	
2002	10 ± 2	8 ± 1				7 ± 1	9 ± 1	10 ± 0	
2003	11 ± 2	7 ± 2				9 ± 1	9 ± 0	12 ± 0	10 ± 1
2004	11 ± 1	9 ± 1	15 ± 3			11 ± 1		11 ± 0	12 ± 1
2005	7 ± 2	12 ± 1	10 ± 1	15 ± 1	13 ± 1	11 ± 1		14 ± 0	14 ± 2
2006	11 ± 2	12 ± 1	11 ± 1	16 ± 1	16 ± 1			16 ± 1	
2007	13 ± 3	12 ± 1	11 ± 1	15 ± 2	16 ± 1			19 ± 1	

⁴ De in deze tabel gepresenteerde resultaten zijn gebaseerd op een achtergrondcorrectie met meetgegevens van Utrecht-Universiteitsbibliotheek.

RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl