



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

# Trends in PM<sub>10</sub> en NO<sub>2</sub>

Trends in PM<sub>10</sub> en NO<sub>2</sub> concentraties in Nederland tot en met 2010

# concentratie

*Gezamenlijke trendanalyse van RIVM, DCMR, GGD Amsterdam*

# in Nederland



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Trends in PM<sub>10</sub>- en NO<sub>2</sub>-concentraties in Nederland tot en met 2010**

Gezamenlijke trendanalyse van RIVM, DCMR, GGD  
Amsterdam

RIVM Rapport 680704017/2012



GGD Amsterdam



## Colofon

© RIVM 2012

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'.

R.Hoogerbrugge, RIVM  
P.L.Nguyen, RIVM  
J.P.Wesseling, RIVM  
A.Snijder, DCMR  
Y.Stokkermans, DCMR  
S. van der Zee, GGD Amsterdam  
J.Visser, GGD Amsterdam

Contact:  
R.Hoogerbrugge  
Centrum voor Milieumonitoring  
R.Hoogerbrugge@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu, in het kader van Project Rapportage Luchtkwaliteit

## Rapport in het kort

### **Trends in PM<sub>10</sub>- en NO<sub>2</sub>-concentraties in Nederland tot en met 2010**

Gezamenlijke trendanalyse van RIVM, DCMR, GGD Amsterdam

De concentraties fijn stof (PM<sub>10</sub>) en stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) in de lucht in Nederland zijn tussen 1993 en 2010 gemiddeld gestaag gedaald. Dit blijkt uit de eerste gezamenlijke trendanalyse van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit en de meetnetten van de GGD Amsterdam en de DCMR Milieudienst Rijnmond. Hiervoor zijn de gemeten concentraties van de drie meetnetten gecombineerd en geanalyseerd gedurende drie perioden: van 1993 tot en met 2010, van 1999 tot en met 2010 en van 2004 tot en met 2010.

#### **Fijn stof**

Voor PM<sub>10</sub> daalt de concentratie sinds 1993 met gemiddeld 0,7 microgram per kubieke meter per jaar. In 2010 is op geen van de meetlocaties de grenswaarde voor het jaar- en daggemiddelde overschreden. Volgens deze trend is de verwachting dat in de toekomst op de *meetlocaties* wordt voldaan aan de Europese grenswaarden. Uitzonderingen zijn jaren waarin zich ongunstige weersomstandigheden voordoen voor de fijnstofconcentraties in de lucht. Dat er geen gemeten overschrijdingen zijn, betekent echter niet automatisch dat lokaal overal in Nederland aan de grenswaarden zal worden voldaan. Met behulp van berekeningen, zoals die worden uitgevoerd in het kader van het NSL (Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit), wordt op veel meer locaties dan het beperkte aantal meetlocaties een toetsing aan de grenswaarde uitgevoerd.

#### **Stikstofdioxide**

Ook voor de concentratie stikstofdioxide is in de gehele onderzochte periode een gestage daling zichtbaar. Stikstofdioxide is een deel van de concentratie stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>), die bestaat uit de som van NO en NO<sub>2</sub>. Deze concentratie stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) is minder afgenomen dan de gemeten concentratie stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>). Waarschijnlijk komt dit doordat de fractie NO<sub>2</sub> in de uitstoot van het wegverkeer is toegenomen. Als de trend in de gemeten concentraties met dezelfde snelheid doorgaat, is niet zeker of in 2015 op alle plaatsen aan de grenswaarde voor stikstofdioxide wordt voldaan. Daarvoor is een sterkere afname nodig dan tot nog toe is opgetreden.

Trefwoorden: luchtkwaliteit, meetnet, fijn stof, PM<sub>10</sub>, stikstofdioxide, NO<sub>2</sub>, monitoring



## Abstract

### **Analyses of trends in PM<sub>10</sub> and NO<sub>2</sub> concentrations in The Netherlands up to 2010**

The average concentrations of particulate matter (PM<sub>10</sub>) and nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) found in the Netherlands decreased steadily between 1993 and 2010. This was shown by the first combined trend analysis made by the networks of the Dutch National Air Quality Monitoring Network, the Municipal Public Health Services (GGD) Amsterdam and the DCMR Milieudienst Rijnmond. For this analysis, measurements from these three networks were combined and analyzed over three periods: from 1993 up to and including 2010, from 1999 up to and including 2010 and from 2004 up to and including 2010.

#### **Particulate matter**

Concentrations of PM<sub>10</sub> have shown on average a decreasing trend of 0.7 microgram per cubic meter per year since 1993. In 2010, the limit values were not exceeded, in any of the measurement locations, both for the annual and the daily averages. According to the analysis of the measurements, from now onwards it is not expected that the European limit values will be exceeded at any monitoring station in the Netherlands. The exception to this is very unfavourable metrological conditions for particulate matter, such as too little rainfall. The fact that no exceedances are observed at measuring locations does not guarantee that locally the limit value is met everywhere. In the National Air Quality Policy Plan model calculations are applied, for compliance testing, at many more locations than the limited number of measuring locations.

#### **Nitrogen dioxide**

Also levels of nitrogen dioxide have shown a steady decrease since 1993. Nitrogen dioxide is a fraction of the concentration of nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>), which consist of NO and NO<sub>2</sub>. The decrease in NO<sub>2</sub> is smaller than the decrease in the measured concentration of NO<sub>x</sub>. This is probably due to the fact that the fraction of directly emitted NO<sub>2</sub> by road traffic has increased. If this trend in measured NO<sub>2</sub> concentrations continues, then compliance with the limit value for 2015 cannot be guaranteed in some locations. To guarantee such compliance would require a larger reduction than thus far observed.

Keywords: air quality, air quality monitoring network, particulate matter, PM<sub>10</sub>, nitrogen dioxide, NO<sub>2</sub>, monitoring



## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding—9</b>
<b>2</b>	<b>Meetgegevens en de analysemethode van de trends—11</b>
2.1	Meetmethoden en meetonzekerheden—11
2.2	Data-analyse—13
2.3	Correcties voor meteorologische condities—16
<b>3</b>	<b>Trends in NO<sub>2</sub>-concentraties en NO<sub>x</sub>-concentraties—19</b>
3.1	Trends in NO <sub>2</sub> -concentraties—19
3.2	Zijn verschillen in gemeten trends significant?—25
3.3	Trends in NO <sub>x</sub> -concentraties—27
3.4	NO <sub>x</sub> en gezondheid—29
<b>4</b>	<b>Vergelijking van metingen van NO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> en emissieberekening—31</b>
<b>5</b>	<b>Trends in PM<sub>10</sub>-concentraties—35</b>
<b>6</b>	<b>Conclusies—37</b>
<b>7</b>	<b>Literatuur—39</b>
<b>Bijlage 1 Analyse van systematische afwijking tussen oude en nieuwe monitoren—41</b>	
<b>Bijlage 2 Foto's van verschillende meetstationstypes—43</b>	
<b>Bijlage 3 Betrouwbaarheidsintervallen van lineaire regressie—47</b>	
<b>Bijlage 4 Trends in NO<sub>2</sub>—49</b>	
<b>Bijlage 5 Significantietoets van het verschil tussen gemeten trends—53</b>	
<b>Bijlage 6 De fractie door wegverkeer uitgestoten NO<sub>2</sub>—59</b>	
<b>Bijlage 7 Trends in PM<sub>10</sub>-concentratie—61</b>	





## 1 Inleiding

De verbetering van de luchtkwaliteit, die in de jaren 60 van de vorige eeuw is ingezet, lijkt rond de eeuwwisseling gestagneerd te zijn. Dat is de boodschap die de GGD Amsterdam al diverse malen heeft uitgedragen op basis van trendanalyse van de sinds 1999 in Amsterdam gemeten  $PM_{10}$ - en  $NO_2$ -concentraties (Van der Zee et al., 2006; Woudenberg et al., 2008). Ook de DCMR heeft gerapporteerd dat er sinds 2004 geen daling meer is te zien in de  $NO_2$ -concentratie op verkeersbelaste stations. DCMR ziet echter wel een daling van de  $PM_{10}$ -concentraties (DCMR, 2009). Het RIVM rapporteerde in 2008 dat op verkeersbelaste stations  $PM_{10}$ - noch  $NO_2$ -concentraties significant daalden in de periode 2000-2007 (Wesseling et al., 2008).

Ook in andere Europese landen, waaronder het Verenigd Koninkrijk, (Fuller and Green, 2006; Harrison et al., 2008), Duitsland (Umwelt Bundes Amt, 2009) en Zwitserland (Barnpadimos et al., 2011) is sinds de eeuwwisseling een stagnering van de dalende trend in  $PM_{10}$  waargenomen. Een stagnerende dalende trend in  $NO_2$ -concentraties is beschreven in Duitsland (Umwelt Bundes Amt, 2009), Nederland (Keuken, 2006) en het Verenigd Koninkrijk (Carslaw et al., 2005). Eén van de oorzaken daarvan is de veranderende samenstelling van de  $NO_x$ -emissie van het wegverkeer. Het aandeel dieselloertuigen in het wagenpark, met een hogere directe emissie van  $NO_2$  dan voertuigen met een benzinemotor, is in de afgelopen jaren gestaag toegenomen. Daarnaast worden steeds meer dieselloertuigen uitgerust met een oxidatiekatalysator, waardoor het aandeel  $NO_2$  dat rechtstreeks wordt uitgestoten nog meer toeneemt.

Tegelijkertijd is de totale uitstoot van  $NO_x$  en  $PM_{10}$  in Nederland en de ons omringende landen sinds begin jaren 90 continu gedaald, al is de daling sinds 2000 iets minder sterk (EEA<sup>1</sup>, 2008). In 2010 verscheen een rapport over fijn stof, in het kader van een beleidsgericht onderzoeksprogramma (BOP) met een uitgebreide analyse van de trend in  $PM_{10}$ -concentraties op stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (RIVM) in de periode 1993-2007. De conclusie was dat de  $PM_{10}$ -concentraties sinds de eeuwwisseling weliswaar minder sterk dalen dan in de jaren daarvoor, maar dat de trend in concentraties niet significant afwijkt van de trend in de berekende uitstoot van primair en secundair antropogeen<sup>2</sup>  $PM_{10}$ .

Een interessante vraag die in het kader van het BOP (dat immers alleen op fijn stof was gericht) niet is onderzocht, is of dit ook opgaat voor de trend in de gemeten  $NO_2/NO_x$ -concentratie versus de trend in de berekende  $NO_2/NO_x$ -uitstoot.

<sup>1</sup> European Environment Agency

<sup>2</sup> door mensen gevormd

In 2010 is een samenwerkingsovereenkomst gesloten tussen de geautomatiseerde luchtmeetnetten van RIVM, GGD Amsterdam en DCMR. Samen hebben de meetinstanties het beheer over 50 locaties waar de NO<sub>2</sub>-concentratie wordt gemeten en 43 locaties waar de PM<sub>10</sub>-concentratie wordt gemeten. Dit rapport beschrijft de resultaten van een gezamenlijke analyse van de langjarige trend in PM<sub>10</sub>- en NO<sub>2</sub>-concentraties. Deze analyse is uitgevoerd voor drie perioden: 1993-2010, 1999-2010 en 2004-2010. Door de meetgegevens van RIVM, DCMR en GGD op uniforme wijze en voor dezelfde jaren te analyseren, neemt de zeggingskracht van de trendanalyse sterk toe. Een korte samenvatting van de trendanalyse is reeds gepubliceerd in het tijdschrift *Lucht* van april 2011 (Hoogerbrugge et al., 2011).

Het doel van het in dit rapport beschreven onderzoek is om:

- de langjarige trend in PM<sub>10</sub>- en NO<sub>2</sub>-concentraties in Nederland op uniforme wijze te analyseren;
- na te gaan of er sprake is van een verschil in trends tussen verschillende typen stations (verkeersbelast, stadsachtergrond, regionale achtergrond) en tussen regio's (Noord, Midden, Zuid);
- na te gaan in hoeverre de trend in gemeten NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>-concentraties in de onderzochte perioden overeenkomt met de trend in NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>-emissies.

De trend in PM<sub>10</sub>-concentraties zal worden gecorrigeerd voor weersinvloeden met behulp van een door het RIVM ontwikkeld model. Voor NO<sub>2</sub> is een dergelijk model nog niet beschikbaar, de trendanalyse voor NO<sub>2</sub> is daarom zonder correctie voor weersinvloeden uitgevoerd. Een model om meetreeksen NO<sub>2</sub> voor weersinvloeden te corrigeren zal in het komende jaar worden ontwikkeld. Vanwege de beschikbare tijd is ervoor gekozen om in deze eerste gezamenlijke trendanalyse alleen de trend in PM<sub>10</sub> en NO<sub>x</sub> te analyseren. Het is de bedoeling om in de komende jaren ook de trend in andere gezondheidsrelevante fijnstofparameters als PM<sub>2,5</sub> en zwarte rook (roet) te analyseren.

## 2 Meetgegevens en de analysemethode van de trends

Het uitvoeren van een gezamenlijke trendanalyse vereist vergelijkbare meetmethoden tussen de meetnetten. In dit hoofdstuk zijn deze meetmethoden beschreven.

In Bijlage 2 zijn foto's van typische regionale, stedelijke achtergrond en verkeersbelaste meetstations weergegeven.

### 2.1 Meetmethoden en meetonzekerheden

#### 2.1.1 *Beschrijving NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub> meetmethoden in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML)*

##### **NO<sub>x</sub>-metingen**

NO<sub>x</sub>-metingen van het LML zijn volgens de door Europa voorgeschreven methoden uitgevoerd. Voor het trendonderzoek wordt gebruikgemaakt van data vanaf 1993. In de eerste periode is gemeten met een monitor zonder permeatiedroger. Deze monitoren waren van het type Thermo 42w. In 2006 is een begin gemaakt met het vervangen van deze monitoren. Oude monitoren werden vervangen door monitoren met permeatiedroger van het type Teledyne M200E (een permeatiedroger wordt gebruikt om vocht uit de lucht te onttrekken). Medio 2008 zijn alle oude monitoren vervangen. Vergelijkingen tussen oude en nieuwe monitoren geven geen aanleiding om een significant systematisch verschil tussen de monitoren te veronderstellen (zie ook Bijlage 1). De NO<sub>x</sub>-concentratie wordt, zoals gebruikelijk, uitgedrukt als µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>.

##### **PM<sub>10</sub>-metingen**

Voor het trendonderzoek wordt gebruikt gemaakt van automatische metingen van PM<sub>10</sub> in het LML vanaf 1993. Deze metingen zijn gebaseerd op β-absorptie principe en zijn equivalent gemaakt aan de referentiemethode (Beijk et al., 2006). In 2003 is een deel van de oude monitoren (FAG FH62 I-N) vervangen door nieuwe monitoren (EMS FH62 I-R). Medio 2008 zijn andere oude monitoren vervangen. Voor de periode tot en met 2003 zijn de PM<sub>10</sub>-meetdata op regionale LML stations gecorrigeerd met -5%. Dit systematische verschil is veel kleiner dan de meetonzekerheid voor PM<sub>10</sub> (typisch 15-25%). Op de stedelijke LML stations is geen aanleiding om een systematisch verschil te veronderstellen. Voor meer informatie wordt verwezen naar Bijlage 1.

#### 2.1.2 *Beschrijving NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub> meetmethoden GGD Amsterdam*

##### **NO<sub>x</sub>-metingen**

Voor het trendonderzoek wordt gebruikgemaakt van Amsterdamse data vanaf 1999 tot en met 2010. In de eerste periode is gebruikgemaakt van monitoren zonder permeatiedroger. Deze monitoren waren van het type Thermo 42w of Eco Physics. In de periode tussen augustus 2007 en november 2009 is

overgegaan op monitoren met permeatiedroger van het type Thermo 42i of Teledyne M200E. Deze monitoren kunnen onderling worden uitgewisseld, omdat is aangetoond dat deze typen onderling volledig vergelijkbaar zijn.

### **PM<sub>10</sub>-metingen**

Vanaf 1999 wordt PM<sub>10</sub> in het Amsterdamse meetnet met behulp van TEOM 50°C gemeten. De met TEOM 50°C gemeten concentraties zijn voor de gehele periode steeds met dezelfde factor gecorrigeerd. Hoewel de methode niet equivalent is met de referentiemethode komt het gecorrigeerde jaargemiddelde wel goed overeen met andere equivalente methoden. Ten behoeve van de trendanalyse worden daarom met TEOM 50°C gemeten PM<sub>10</sub>-concentraties gebruikt. Dit ondanks het feit dat alle stations intussen ook zijn uitgerust met een equivalente methode (Metone BAM 1020).

Op station Overtoom hebben apparaten van de typen TEOM 50°C en TEOM 30°C / FDMS naast elkaar gedraaid. Op de stations Einsteinweg en Stadhouderskade zijn de TEOM 50°C-metingen in de periode juli 2008 tot en met 15 februari 2009 buiten bedrijf geweest. In die periode is de TEOM 30°C / FDMS gebruikt, die equivalent was en derhalve voor deze periode is toegepast zonder correctiefactor.

#### *2.1.3 Beschrijving NO<sub>x</sub>- en PM<sub>10</sub>-meetmethoden Milieudienst Rijnmond DCMR*

### **NO<sub>x</sub>-metingen**

Voor het trendonderzoek wordt gebruikgemaakt van data vanaf 1993. Tot en met oktober 2007 is uitsluitend gebruikgemaakt van NO<sub>x</sub>-monitoren (Thermo 42c) zonder permeatiedroger. In de periode vanaf oktober 2007 tot oktober 2010 zijn nagenoeg alle NO<sub>x</sub>-monitoren vervangen door exemplaren voorzien van een permeatiedroger. Gedurende deze periode zijn meetstations die al voorzien waren van een NO<sub>x</sub>-monitor met permeatiedroger vervangen door een NO<sub>x</sub>-monitor zonder permeatiedroger (dit wegens een tekort aan monitoren voorzien van permeatiedroger). Per 1 januari 2011 zijn alle meetstations, op meetstation Schiedam na, voorzien van NO<sub>x</sub>-monitoren met permeatiedroger. Dit zijn de Thermo 42i en Teledyne M200E. Deze monitoren zijn volledig met elkaar vergelijkbaar<sup>3</sup> en worden ook met elkaar uitgewisseld.

### **PM<sub>10</sub>-metingen**

Vanaf 2004 wordt gebruikgemaakt van de TEOM-SES 30°C stofmonitor van het merk Thermo Fisher Scientific. De met TEOM-SES 30°C gemeten concentraties zijn net als bij de GGD Amsterdam gecorrigeerd met dezelfde factor voor de hele periode<sup>4</sup>. Hoewel deze methode niet equivalent is met de referentiemethode,

<sup>3</sup> de concentraties zijn terug te leiden zijn naar een standaard van het Nederlandse meetinstituut VSL

<sup>4</sup> met uitzondering van 2010. Over 2010 is voor TEOM-SES-metingen een correctiefactor van 1.53 i.p.v. 1.3 toegepast; dit geeft een betere overeenkomst met de metingen van de referentiemethode over 2010.

leidt het gebruik van deze correctiefactor tot een goede overeenkomst met de referentiemethode (de Jonge et al., 2005). Voor trendanalyse wordt daarom gebruikgemaakt van de TEOM-SES 30°C monitor. Vanaf 2011 worden PM<sub>10</sub>-metingen met een nieuwe equivalente methode (Metone BAM 1020) uitgevoerd.

## 2.2 Data-analyse

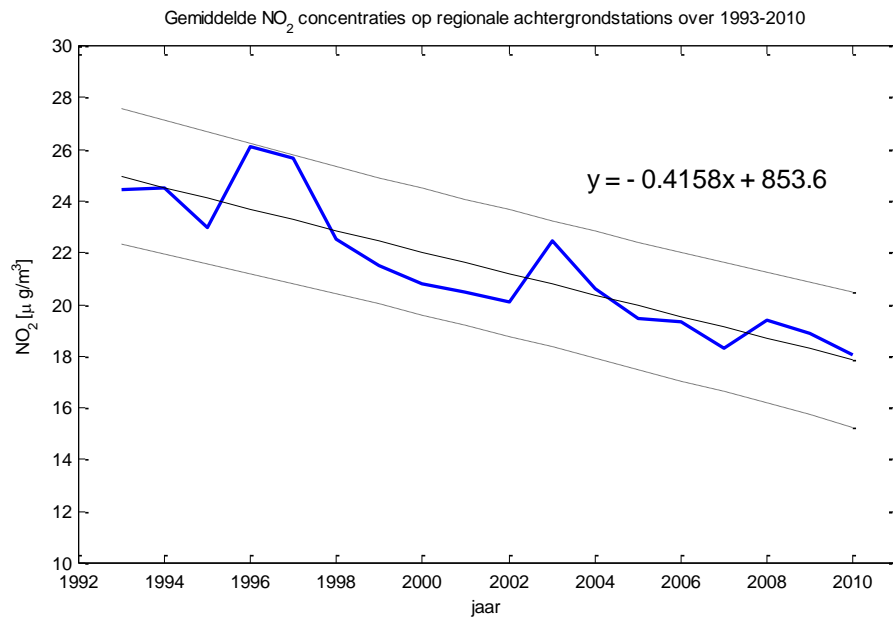
Trendanalyse kan gehinderd worden door het ontbreken van data; daarom is een ondergrens aan databeschikbaarheid gesteld. Om optimaal gebruik te kunnen maken van de beschikbare meetinformatie is gekozen voor een databeschikbaarheid van 75% in plaats van het officiële criterium uit de EU-richtlijn (90%). Uiteraard heeft elke gekozen databeschikbaarheid invloed op de resultaten. Echter, naarmate het aantal stations toeneemt, wordt de analyse robuuster en zijn de resultaten minder afhankelijk van de gekozen databeschikbaarheid. Dat is ook de kracht van dit onderzoek waarin data van drie meetnetten gebruikt wordt. Een oorzaak van het ontbreken van data kunnen technische problemen zijn. Ook kunnen data worden verworpen omdat ze niet representatief zijn, bijvoorbeeld omdat er wegwerkzaamheden waren of omdat het meetstation in de onderzochte periode is verplaatst.

In deze analyse wordt de trend met behulp van lineaire regressie  $y=a+bx$  bepaald, waarbij  $y$  het jaargemiddelde van een stof en  $x$  het jaartal is. Indien de trend van PM<sub>10</sub> met een tweede orde regressie ( $y=a+bx+cx^2$ ) wordt bepaald, blijkt de tweede orde term niet significant te zijn (Hoogerbrugge et al., 2010).

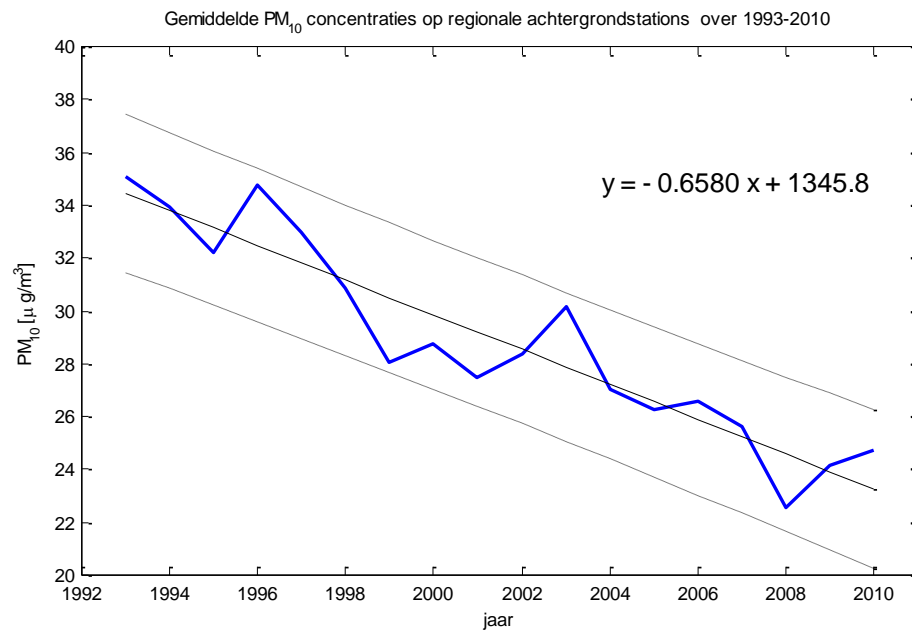
Een voorbeeld van de trend is geïllustreerd in Figuur 1 en 2. De figuren tonen de meetreeksen van de jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-en PM<sub>10</sub>-concentraties op regionale LML-stations over de periode 1993-2010. De helling van de lijn is de trend. De gestippelde lijnen boven en onder de doorgetrokken lijn geven de onzekerheid aan (als 95%-betrouwbaarheidsinterval). Deze analyse is per component voor alle stations voor alle meetreeksen uitgevoerd. Voor NO<sub>2</sub> zijn de gegevens van 50 stations en voor PM<sub>10</sub> van 43 stations geanalyseerd. Tabel 1 toont de verdeling van de stations over de stationstypen en de meetinstanties. Bijlage 3 geeft de berekening van de trend en de bijbehorende 95%-betrouwbaarheidsintervallen weer.

Tabel 1: Aantal stations waarvoor de trend in NO<sub>x</sub>- en PM<sub>10</sub>-concentratie is vastgesteld.

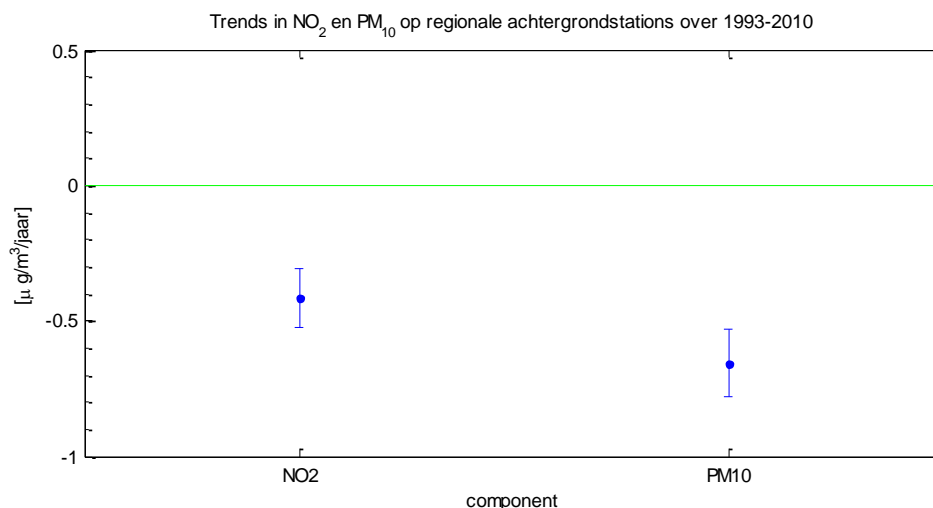
Type station	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>
Regionale achtergrond	22 (allen LML)	17 (allen LML)
Stadsachtergrond	11 (6 LML, 2 GGD, 3 DCMR)	10 (6 LML, 1GGD, 3 DCMR)
Straat	17 (10 LML, 4 GGD, 3 DCMR)	16 (12 LML, 2 GGD, 2DCMR)
Totaal	50	43



Figuur 1: Verloop van gemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties op regionale achtergrondlocatie. De doorgetrokken zwarte lijnen zijn de trendlijnen. De helling van de trendlijn is de trend ( $-0,4 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$  /jaar met een 95%-betrouwbaarheidsinterval van  $-0,5$  tot  $-0,3 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$  /jaar).



Figuur 2: Verloop van gemiddelde PM<sub>10</sub>-concentraties op regionale achtergrondlocatie. De doorgetrokken zwarte lijnen zijn de trendlijnen. De helling van de trendlijn is de trend ( $-0,7 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$  /jaar met een 95%-betrouwbaarheidsinterval van  $-0,8$  tot  $-0,6 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$  /jaar).



*Figuur 3: Trends in NO<sub>2</sub>- en PM<sub>10</sub>-concentraties op regionale achtergrondstations over 1993-2010 en de 95%-betrouwbaarheidsintervallen*

De hellingen van de gefitte lijnen vormen de bases van alle figuren en tabellen. Deze geven aan wat de verandering is in concentratie in µg/m<sup>3</sup> per jaar. De 'gefitte' hellingen hebben een onzekerheid. Deze zijn weergegeven in Figuur 3. Een trend is significant dalend wanneer het hele betrouwbaarheidsinterval negatief is. Bijvoorbeeld: een geschatte trend van  $-1,0 \pm 0,5$  betekent dat de afname met 95% zekerheid tussen  $-1,5$  en  $-0,5$  µg/m<sup>3</sup> per jaar ligt. In beide gevallen is de waarde negatief en dus is de trend significant dalend. Als de trend  $-1,0 \pm 1,2$  is, dan is de daling niet significant want een daling van  $0,0$  µg/m<sup>3</sup> per jaar ligt ook binnen dit interval.

Voor elk station in Tabel 1 is de trend berekend. Ook worden de trends over heel Nederland en per luchtkwaliteitszone/agglomeratie berekend. Voor de trendanalyse is per zone het jaargemiddelde gebruikt. Ontbrekende data van een individueel station worden in deze analyse vooralsnog niet aangevuld<sup>5</sup>. Indien dit station normaal veel hogere concentraties heeft dan andere stations in de zone, leidt het ontbreken van data tot verlaging van het jaargemiddelde van de zone en andersom. Dit beïnvloedt de berekende trend. De gevoeligheid wordt wel minder naarmate het aantal voor de analyse beschikbare stations toeneemt.

Om optimaal gebruik te kunnen maken van de beschikbare meetinformatie is de trendanalyse uitgevoerd voor drie verschillende perioden, namelijk 1993-2010, 1999-2010 en 2004-2010. In het beginjaar van de periode vonden uitbreidingen en/of herinrichtingen van de diverse meetnetten plaats. Dit biedt bovendien ook

<sup>5</sup> Er zijn verschillende methoden denkbaar om het ontbrekende getal aan te vullen. Onderzoek naar de mogelijkheden voor een acceptabele methode is gewenst.



de mogelijkheid om na te gaan of de trend anders is over verschillende perioden. Het is te verwachten dat de onzekerheid in de trend klein is bij lange perioden en steeds groter wordt bij kortere perioden (Hoogerbrugge et al., 2010).

### **2.3 Correcties voor meteorologische condities**

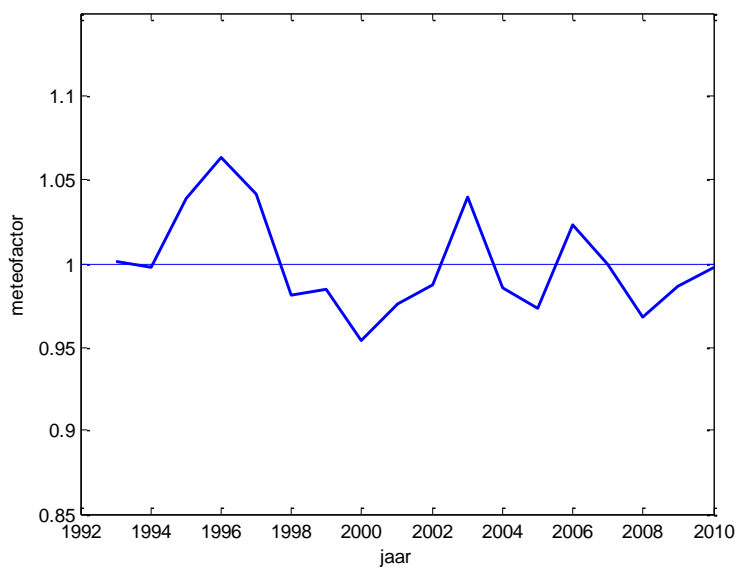
Naast emissies beïnvloeden ook de meteorologische condities de luchtkwaliteit. De trend kan nauwkeuriger worden vastgesteld als de concentraties voor weersinvloeden worden gecorrigeerd. Voor  $PM_{10}$  is het Multi Variabelen Regressie-model van het RIVM gebruikt (Hoogerbrugge et al., 2010). Met dit model is de onzekerheid in de berekende trend met 30% gereduceerd. De indicatoren van dit model zijn:

- windrichting;
- temperatuur;
- relatieve vochtigheid;
- daggemiddelde hoeveelheid neerslag;
- lengte van droge periode.

Hoewel windsnelheid in het algemeen effect heeft op de verspreiding van lokale bronnen (bijvoorbeeld het verkeer) blijkt de windsnelheid in dit meteomodel geen relevante parameter. De verklaring hiervoor is de geringe bijdrage van het verkeer aan de totale  $PM_{10}$ -concentratie, terwijl factoren zoals neerslaghoeveelheid en droge perioden de totale concentratie van  $PM_{10}$  beïnvloeden.

Een nat jaar geeft lagere  $PM_{10}$ -concentraties. Een extreem koude winter (1996-1997 met de laatste Elfstedentocht) of een hete droge zomer (2003) leiden tot hogere  $PM_{10}$ -concentraties. Hoge of lage temperatuur in Nederland gaat over het algemeen gepaard met oostenwind en weinig neerslag. Dit is nadelig voor de  $PM_{10}$ -concentraties. In Figuur 4 is te zien dat deze ongunstige meteorologische condities in 1996 tot verhoging van  $PM_{10}$ -concentraties met ongeveer 6% hebben geleid. Op een jaargemiddelde van  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  is dit ongeveer  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Er is nog geen vergelijkbaar model voor  $NO_2$ . De trends in  $NO_2$  zijn daarom bepaald zonder correctie voor weersinvloeden. Uitgaande van de ervaringen met  $PM_{10}$  is te verwachten dat een meteocorrectie voor  $NO_2$  niet noodzakelijk de trend zal veranderen, maar wel de statistische onzekerheid zal verkleinen.



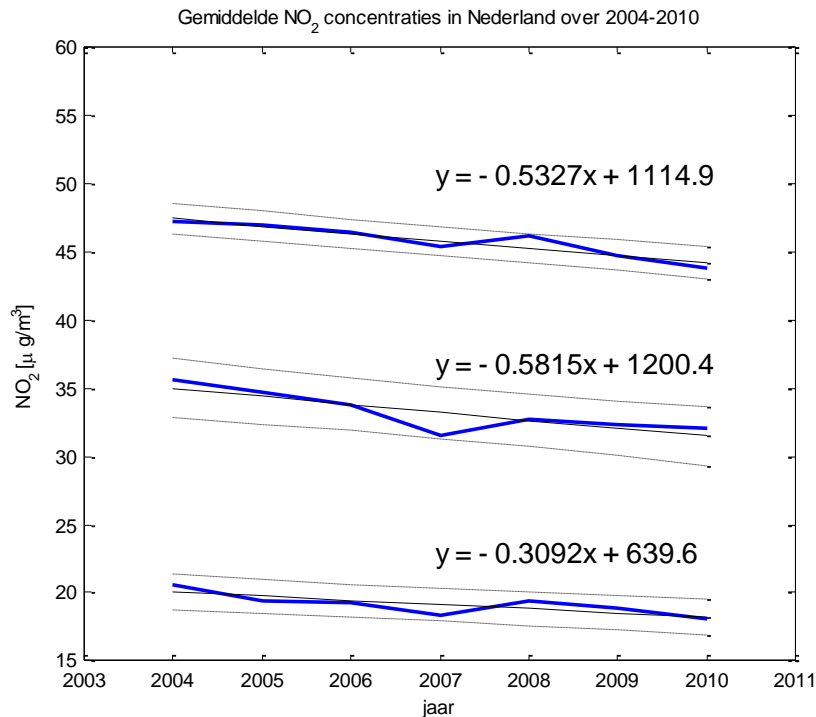
*Figuur 4: Correctiefactor voor jaargemiddelde  $PM_{10}$ -concentratie. Een meteorologisch ongunstig jaar heeft een correctiefactor groter dan 1 (verhoogde  $PM_{10}$ -concentratie ten gevolge van het weer).*



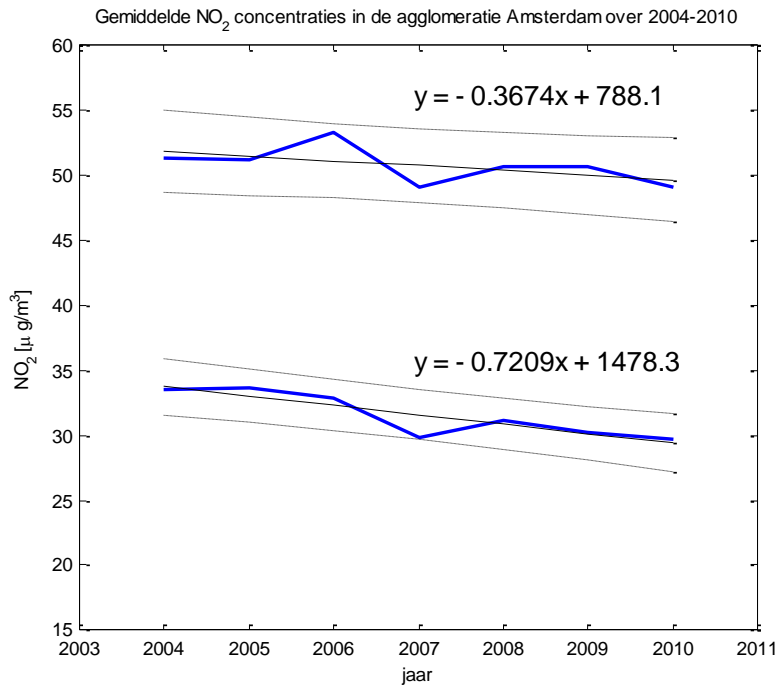
### 3 Trends in NO<sub>2</sub>-concentraties en NO<sub>x</sub>-concentraties

#### 3.1 Trends in NO<sub>2</sub>-concentraties

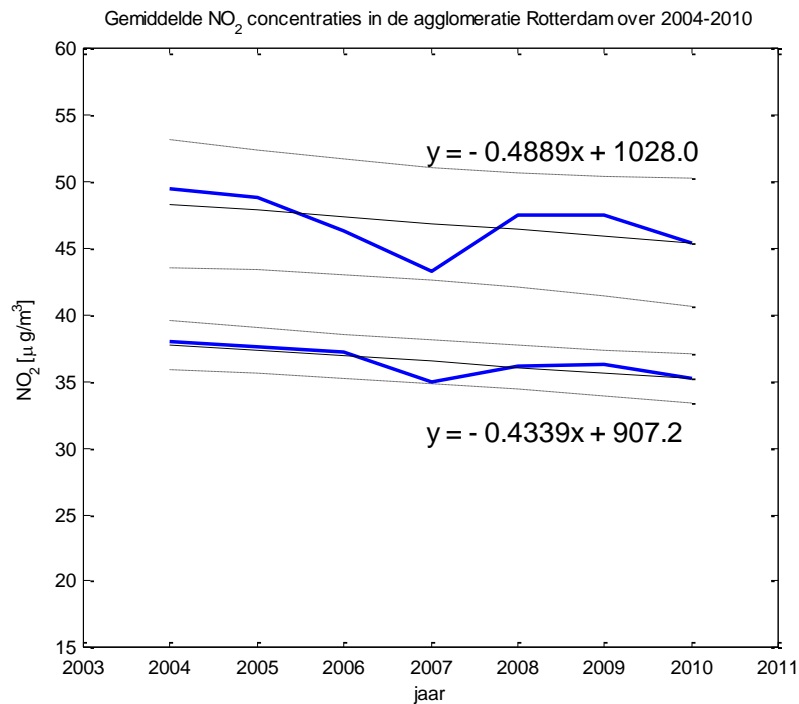
Over de periode vanaf 1993 daalt de NO<sub>2</sub>-concentratie op regionale achtergrondstations met gemiddeld 0,4 µg/m<sup>3</sup> per jaar (figuren 1 en 3). In Figuur 5 is het verloop van de jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties op regionale, stedelijke en verkeersbelaste stations in Nederland vanaf 2004 weergegeven. Op regionale stations daalt de NO<sub>2</sub>-concentratie minder snel dan op stedelijke en verkeersbelaste stations. Het verloop van de jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties in de agglomeraties Amsterdam en Rotterdam is in figuren 6 en 7 weergegeven.



*Figuur 5: Verloop van gemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties op regionale stations (onderste lijn), stedelijke stations (middelste lijn) en op verkeersbelaste stations (bovenste lijn) over de periode 2004-2010.*



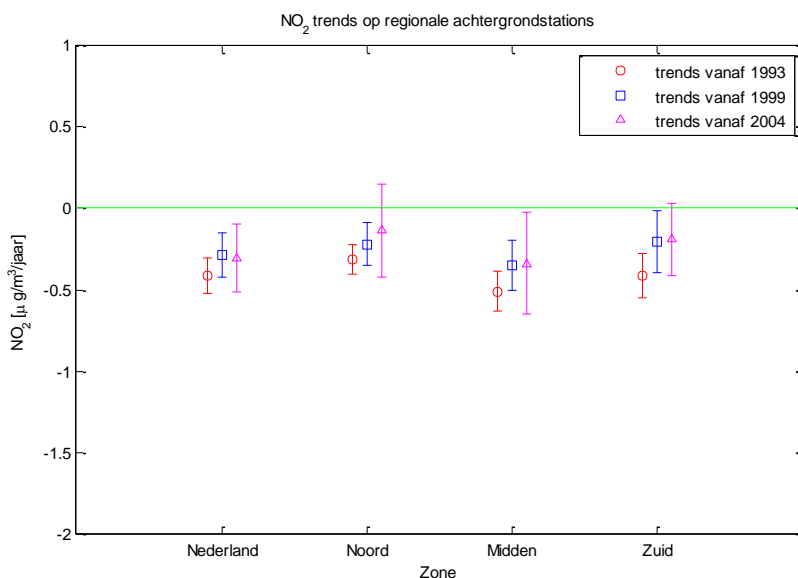
Figuur 6: Verloop van gemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties op stedelijke achtergrondstations (onderste lijn) en op verkeersbelaste stations (bovenste lijn) in de agglomeratie Amsterdam over de periode 2004-2010.



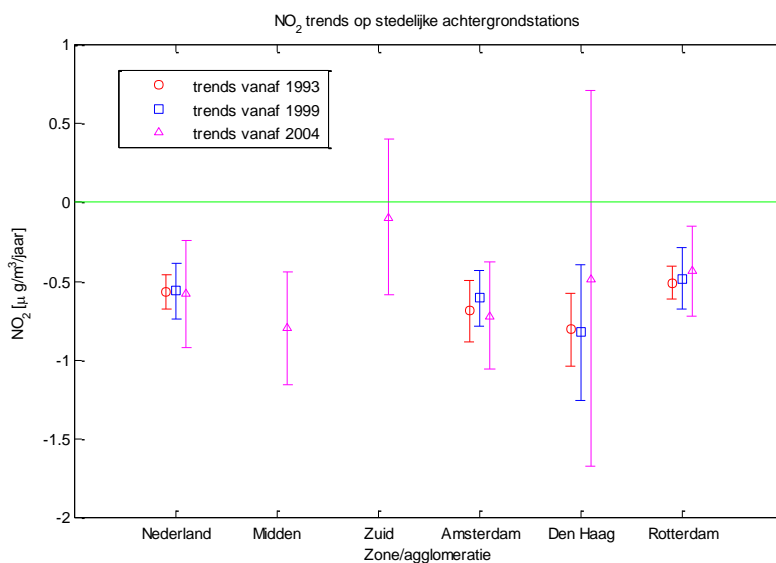
Figuur 7: Verloop van gemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties op stedelijke achtergrondstations (onderste lijn) en op verkeersbelaste stations (bovenste lijn) in de agglomeratie Rotterdam over de periode 2004-2010.

In Figuur 8 is trend voor de *regionale* stations over 3 perioden weergegeven. Er is onderscheid gemaakt tussen de gemiddelde trend van alle stations en in de drie luchtkwaliteitszones in Nederland (Noord, Midden en Zuid). Voor informatie over de indeling van de luchtkwaliteitszones in Nederland wordt verwezen naar Mooibroek et al., 2010.

Voor de langste periode (1993-2010) daalt de NO<sub>2</sub>-concentratie overal statistisch significant. Gemiddeld over Nederland is de trend  $-0,4 \pm 0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per jaar. Voor de periode 1999-2010 is een significante daling waarneembaar van  $-0,3 \pm 0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per jaar.



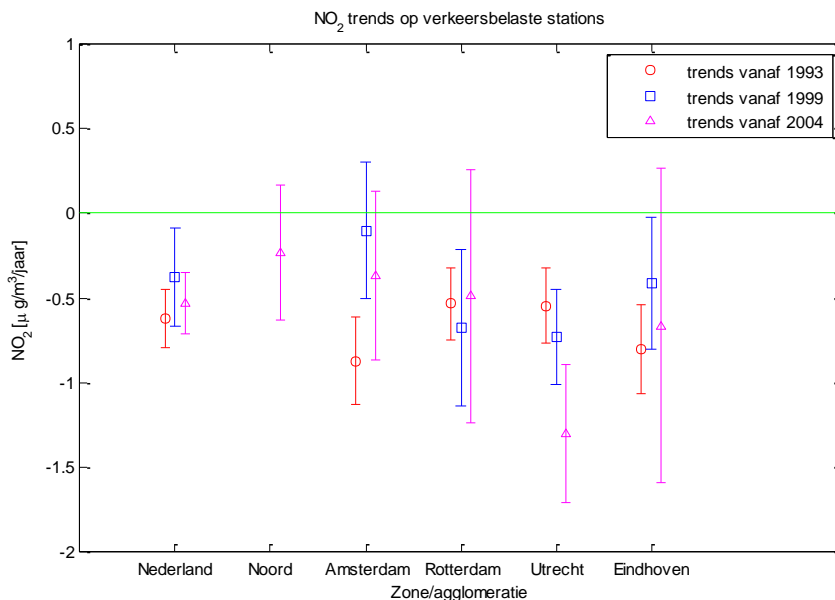
*Figuur 8: Trends in NO<sub>2</sub>-concentraties op regionale locaties: gemiddeld over alle stations in Nederland en per zone/agglomeratie. De trends zijn bepaald over drie perioden: van 1993 tot en met 2010, vanaf 1999 en vanaf 2004. De staven geven de 95%-betrouwbaarheidsintervallen aan. Opmerking: Het cluster "Nederland" bestaat uit de stations in de drie zones, plus station LML411 (Schipluiden, agglomeratie Den Haag-Leiden) en station LML133 (Wijnandsrade, agglomeratie Kerkrade).*



Figuur 9: Trends in NO<sub>2</sub>-concentraties op stedelijke achtergrondlocaties over alle stations in Nederland en per zone/agglomeratie.

Opmerkingen:

- Zowel zone Midden als zone Zuid heeft slechts één station (zone Midden: LML742, Nijmegen-Ruyterstraat; zone Zuid: LML241, Breda-Bastenakenstraat).
- De agglomeraties Eindhoven en Utrecht hebben geen stedelijke achtergrondstations.



Figuur 10: Trends in NO<sub>2</sub>-concentraties op verkeersbelaste locaties.

Opmerking: Zone Noord heeft slechts één station (LML937, Groningen-Europaweg).

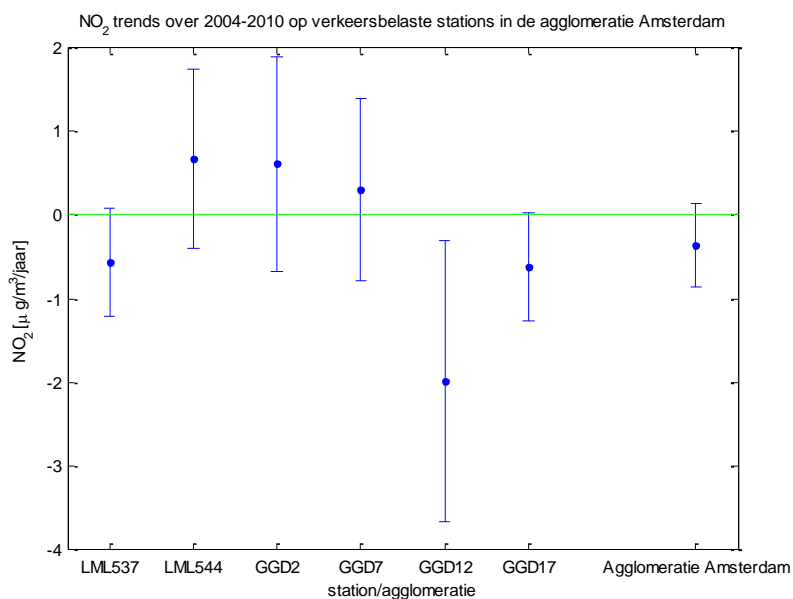
Over de periode 1993-2010 is op stedelijke achtergrondstations gemiddeld over heel Nederland een dalende trend van  $0,6 \pm 0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per jaar zichtbaar. Over

de periode 1999-2010 is de trend  $-0,6 \pm 0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per jaar. Vanaf 2004 is de trend  $-0,6 \pm 0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per jaar. Over deze perioden zijn de trends gelijk maar de onzekerheid over de periode vanaf 2004 is groter. Er lijkt dus niet veel verandering te zijn in de trend over verschillende perioden. De procentuele afname is steeds ongeveer 2% per jaar. Uitgesplitst naar zones en agglomeraties worden de betrouwbaarheidsintervallen vooral voor de korte reeksen steeds groter. In de gemiddelde trends zijn er wel verschillen. Op basis van deze figuren is echter niet vast te stellen of er daadwerkelijke verschillen in de ontwikkeling van de  $\text{NO}_2$ -concentraties zijn of dat de verschillen op toeval berusten.

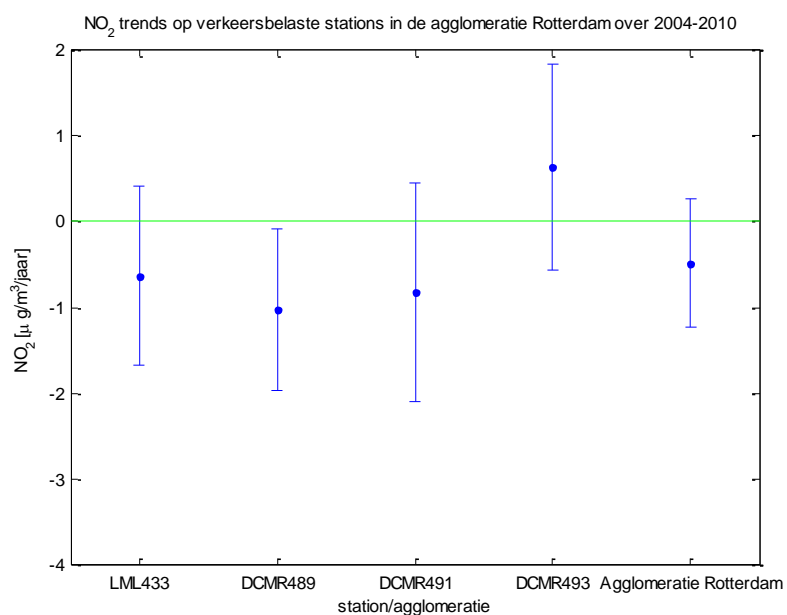
Voor de verkeersbelaste stations geldt grofweg hetzelfde. In de periode 1999-2010 is gemiddeld voor heel Nederland een daling te zien van  $-0,4 \pm 0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per jaar, ofwel ongeveer 1% per jaar. Dit is nog net significant en minder sterk dan de daling van  $-0,6 \pm 0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per jaar die voor de periode 1993-2010 werd gevonden. Vanaf 2004 is op verkeersbelaste stations gemiddeld over heel Nederland een significante daling van  $-0,5 \pm 0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per jaar.

Door combinatie van de LML-, GGD- en DCMR-metstations is voor de agglomeraties Amsterdam en Rotterdam bekeken of er duidelijke lokale verschillen binnen een agglomeratie zijn (figuren 11 en 12). Op het eerste gezicht zijn er forse verschillen, bijvoorbeeld tussen GGD12 (van Diemenstraat) en LML544 (Prins Bernhardplein). Maar ook hier is op basis van deze figuren niet vast te stellen of die verschillen statistisch significant zijn. Daarom is in hoofdstuk 3.2 nog een aanvullende analyse uitgevoerd. De trend op een individueel meetstation wordt vaak duidelijk beïnvloed door (tijdelijke) verschillen in de verkeersaantallen en -afwikkeling. Voor het duiden van deze verschillen zijn goede verkeerstellingen dan ook zeer belangrijk. De gepresenteerde lokale verschillen geven ook aan dat voorzichtigheid geboden is bij generalisatie van het resultaat van een enkel station. Voor  $\text{NO}_2$  staan het ontwikkelen van een meteorocorrectie en nadere interpretaties van de hierboven genoemde lokale verschillen op het programma van de drie meetinstanties. In Figuur 13 is de trend op overige verkeersbelaste stations weergegeven.

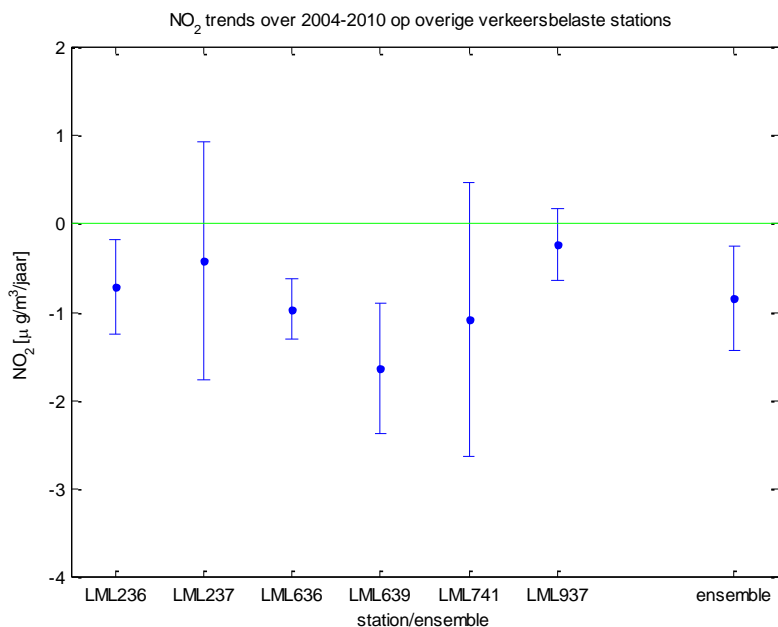




Figuur 11: Trends in NO<sub>2</sub>-concentraties gemeten op verkeersbelaste stations: trend per station en gemiddelde trend in de agglomeratie Amsterdam.



Figuur 12: Trends in NO<sub>2</sub>-concentraties gemeten op verkeersbelaste stations: trend per station en gemiddelde trend in de agglomeratie Rotterdam.



*Figuur 13: Trends in NO<sub>2</sub>-concentraties gemeten op overige verkeersbelaste stations: trend per station en gemiddelde trend in overige steden.*

Bij voortzetting van een op nationale schaal gemiddelde dalende trend in NO<sub>2</sub>-concentratie van circa 0,4 µg/m<sup>3</sup> (Figuur 10) per jaar op verkeersbelaste stations is de verwachte daling tussen nu (2011) en eind 2015 circa 2 µg/m<sup>3</sup>. Op 7 van de 15 verkeersbelaste stations waarvoor valide data voor 2010 beschikbaar is, is een jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentratie boven de 45 µg/m<sup>3</sup> gemeten met een maximum van 59 µg/m<sup>3</sup>. Indien op die locaties de gemeten generieke trend doorzet, is de kans dat in 2015 aan de grenswaarde van 40 µg/m<sup>3</sup> als jaargemiddelde wordt voldaan kleiner dan 50%. In het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) zijn voor dit soort locaties extra maatregelen afgesproken. Het volgende hoofdstuk geeft de prognose voor de gemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties in de straten in de periode 2010-2015 weer die aan de hand van de verwachte ontwikkeling in de emissiefactoren voor verkeer zijn gemaakt.

### 3.2 Zijn verschillen in gemeten trends significant?

Een vraag die bij dit onderzoek ook opkomt, is of de trends tussen verschillende regio's of tussen verschillende perioden statistisch significant van elkaar verschillen. In de eenvoudigste situatie waarbij we slechts twee regio's of perioden met elkaar vergelijken is deze vraag te vertalen in de hypothese of het verschil tussen beide trends groter is dan het betrouwbaarheidsinterval van het verschil. We doen een aantal aannames:

- De onzekerheid van beide trends zijn gelijk (in de praktijk is de onzekerheid van beide trends niet gelijk. Bij benadering nemen we hiervoor het gemiddelde van beide onzekerheden);

- De onzekerheden in beide trends zijn onafhankelijk van elkaar.

Het betrouwbaarheidsinterval van het verschil wordt dan  $\sqrt{2} = 1,4$  maal het gemiddelde van de betrouwbaarheidsintervallen van de individuele trends. Dit betekent dat de verwachtingswaarde van de ene trend ruim 40 % buiten het betrouwbaarheidsinterval van de andere trend moet zijn voordat ze significant verschillen (zie ook Bijlage 5 voor een gedetailleerde uitwerking)

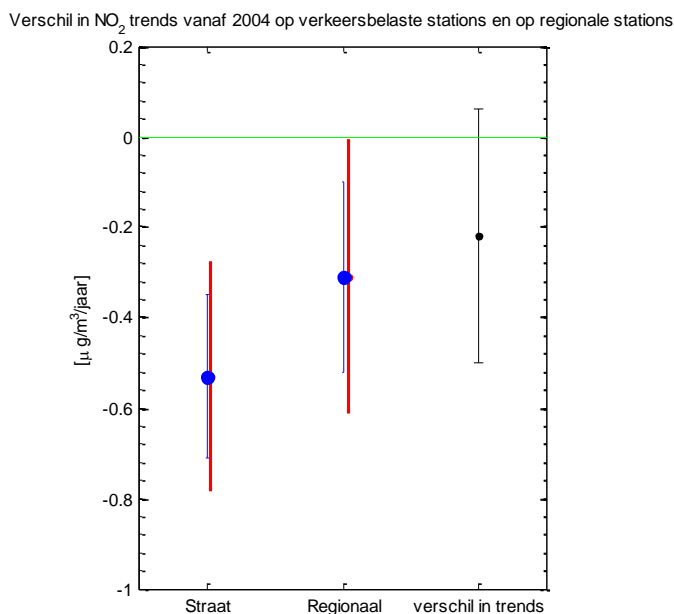
Als voorbeeld onderzoeken we of het verschil tussen de gemeten trend voor de NO<sub>2</sub>-concentratie op verkeersbelaste stations en op regionale stations vanaf 2004, significant is.

Op verkeersbelaste stations is de trend in NO<sub>2</sub>-concentraties:  $-0,53 \pm 0,18$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per jaar<sup>6</sup>

Op regionale stations is de trend in NO<sub>2</sub>-concentraties:  $-0,31 \pm 0,21$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per jaar

Het betrouwbaarheidsinterval van het verschil is dan:  $1,4 \cdot (0,18 + 0,21) / 2 = 0,28$  en het verschil tussen de trends is:  $-0,22 \pm 0,28$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per jaar. We kunnen dus niet met 95% zekerheid zeggen dat het verschil tussen beide trends significant is.

In Figuur 14 is dit voorbeeld geïllustreerd.



*Figuur 14: Significantie van het verschil tussen de trends op verkeersbelaste stations en op regionale stations vanaf 2004.*

<sup>6</sup> Om de berekening te illustreren zijn deze getallen met 2 cijfers achter de komma weergegeven

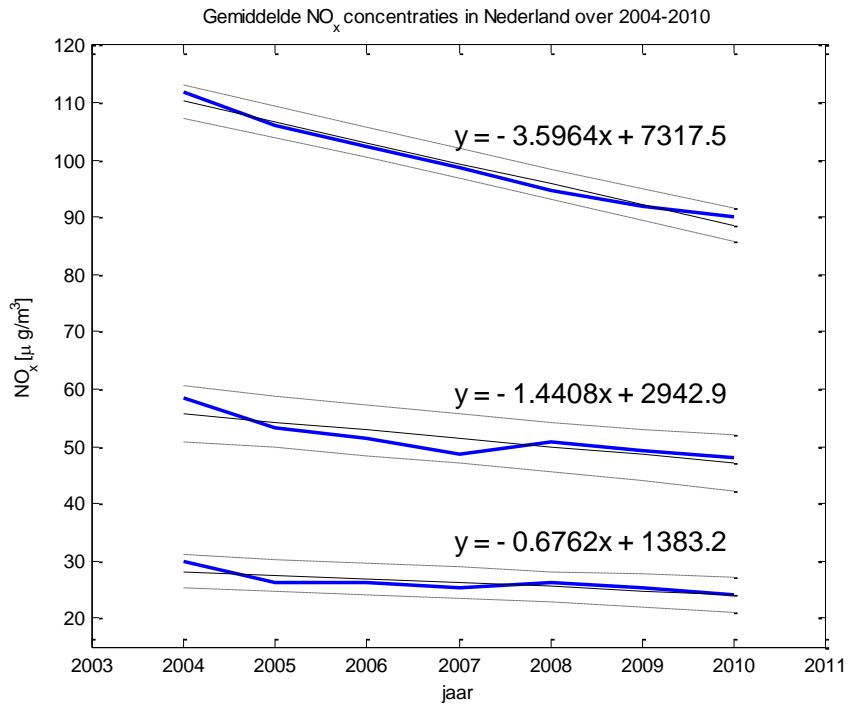
In Figuur 14 zijn de 95% betrouwbaarheidsintervallen in blauw weergegeven. De rode staven geven de trends weer waarbij de betrouwbaarheidsintervallen met een factor 1,4 zijn vermenigvuldigd. Omdat de verwachtingswaarde van de ene trend (blauwe bollen) niet buiten de rode staaf van de andere trend ligt is het verschil tussen de trends niet significant. Geheel rechts in de figuur zijn de betrouwbaarheidsintervallen van het verschil tussen de trends weergegeven. De waarde 0 (geen verschil) ligt binnen deze intervallen.

Als we meerdere regio's met elkaar vergelijken moeten we er rekening mee houden dat we niet één enkele maar diverse vergelijkingen aan het maken zijn waarbij de kans op een toevallig verschil snel toeneemt. Als we drie regio's hebben, maken we eigenlijk drie vergelijkingen (1 met 2, 1 met 3 en 2 met 3). Om de kans op een toevallig verschil op 5% te houden moet de kans per vergelijking op een toevallig verschil kleiner zijn dan  $5\%/3 = 1,7\%$ . Het betrouwbaarheidsinterval van een significant verschil wordt dan 1,8 (wortel van 3) maal het betrouwbaarheidsinterval van de individuele trends. Volgens dezelfde systematiek is bij 4 groepen het verschil pas significant bij 2 maal het betrouwbaarheidsinterval per trend. Een andere interpretatie is dat bij 4 of meer groepen de beide betrouwbaarheidsintervallen in het plaatje los van elkaar moeten zijn voordat het verschil significant is. In de figuren van Bijlage 5 worden steeds 3 of meer groepen met elkaar vergeleken waarbij grafisch eenvoudig te controleren is of het betrouwbaarheidsinterval van de laagste en de hoogste los van elkaar zijn. In geen van de figuren is dit het geval.

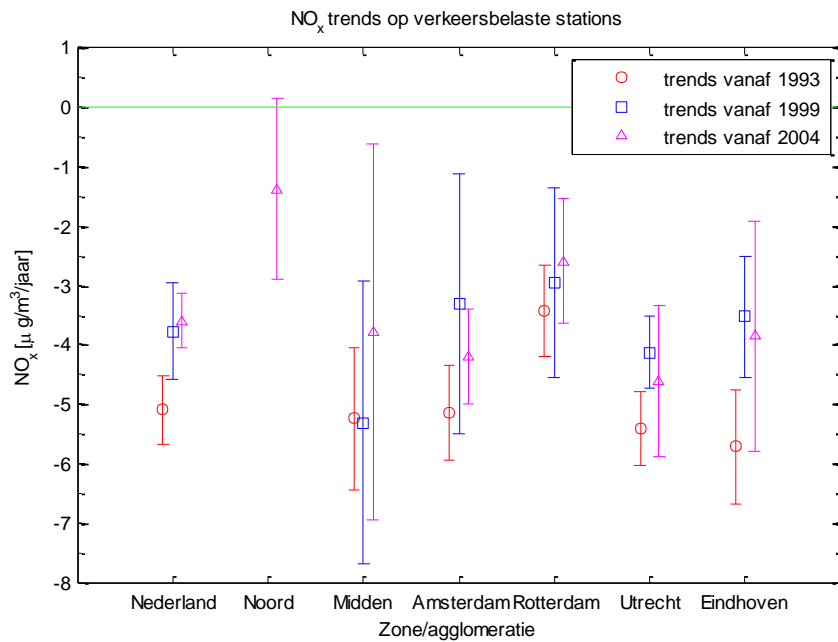
Uit de bovenstaande analyse kan worden geconcludeerd dat bij geen van de onderzochte groepsindelingen een statistisch significant verschil in de ontwikkeling in de concentratie  $\text{NO}_2$  kan worden vastgesteld.

### 3.3 Trends in $\text{NO}_x$ -concentraties

Figuur 15 laat de ontwikkeling in de  $\text{NO}_x$ - (is  $\text{NO} + \text{NO}_2$ , uitgedrukt als  $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ ) concentraties over de periode 2004-2010 zien. In Figuur 16 zijn de trends in  $\text{NO}_x$  op verkeersbelaste stations weergegeven. De daling is 3-5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per jaar, maar lijkt de afgelopen jaren minder sterk dan in eerdere jaren. De daling is zowel absoluut als ook relatief (4-6% per jaar) duidelijk sterker dan voor  $\text{NO}_2$  (1-2% per jaar). Voor de in Nederland uitgevoerde berekeningen van de toekomstige luchtkwaliteit is effectief een gemiddelde daling van 6% per jaar gehanteerd. Deze daling ligt voor de afgelopen 10 jaar in de 'range' van de gemeten dalingen. In hoeverre de daling in de  $\text{NO}_x$ -concentraties op deze wijze lineair doorzet is onduidelijk. Een meer gedetailleerde analyse wordt in hoofdstuk 4 besproken. Het verschil in ontwikkeling tussen  $\text{NO}_2$  en  $\text{NO}_x$  wordt veroorzaakt door de toenemende hoeveelheid  $\text{NO}_2$  die direct wordt uitgestoten (Wesseling et al., 2008).



Figuur 15: Verloop van gemiddelde NO<sub>x</sub>-concentraties op regionale stations (onderste lijn), stedelijke stations (middelste lijn) en op verkeersbelaste stations (bovenste lijn) over de periode 2004-2010.



Figuur 16: Trends in NO<sub>x</sub>-concentraties op verkeersbelaste stations.

### 3.4 NO<sub>x</sub> en gezondheid

De verkeersbijdrage aan de uitstoot van NO<sub>2</sub> bestaat uit twee delen: directe uitstoot van NO<sub>2</sub> door voertuigen en emissies die door chemische reacties worden omgezet in NO<sub>2</sub> (de omzetting van NO in NO<sub>2</sub>).

De door de WHO vastgestelde gezondheidkundige grenswaarde voor NO<sub>2</sub> bedraagt 40 µg/m<sup>3</sup> als jaargemiddelde. Er is geen gezondheidkundige grenswaarde voor NO. NO is een zeer reactief gas dat een korte levensduur heeft en in de atmosfeer onder invloed van ozon en andere oxiderende verbindingen wordt omgezet in NO<sub>2</sub>.

NO<sub>2</sub> in de buitenlucht is geassocieerd met diverse negatieve effecten op de gezondheid, maar deze effecten kunnen niet uitsluitend aan NO<sub>2</sub> zelf worden toegeschreven. NO<sub>2</sub> is namelijk een indicator voor het complexe mengsel van luchtverontreiniging dat afkomstig is van uitlaatgassen van het verkeer. Het is dus zeer wel mogelijk dat niet NO<sub>2</sub> zelf de belangrijkste veroorzaker is van de gezondheidseffecten, maar de componenten die met NO<sub>2</sub> – en dus met wegverkeer – samenhangen. Dit zijn vooral roetdeeltjes en andere componenten uit het fijnstofmengsel.

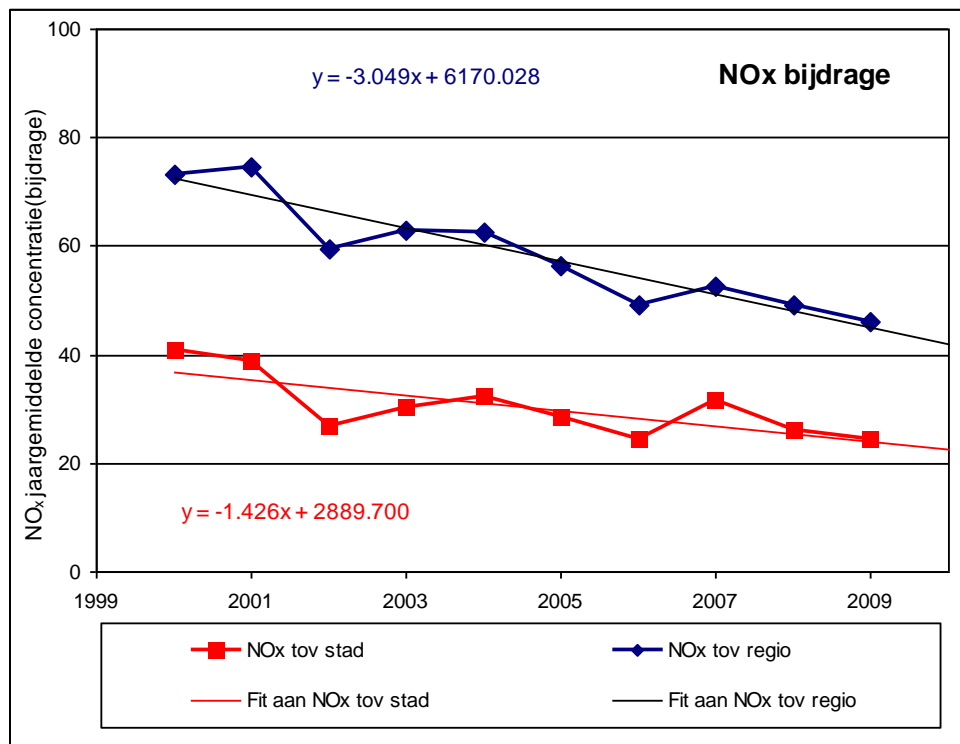
Tussen 2000 en 2007 is in Nederland de gemiddelde fractie NO<sub>2</sub> die wegverkeer direct uitstoot verdubbeld. In 2000 bestond gemiddeld 7 procent van de stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) die voertuigen uitstoten uit NO<sub>2</sub>, in 2007 bedroeg deze fractie grofweg 14 procent (Mooibroek en Wesseling, 2009). De verwachting is dat deze fractie de komende jaren nog verder zal toenemen (Wesseling en Beijck, 2008).

Twee belangrijke oorzaken van deze toename zijn het gestegen percentage dieselmotoren in het wegverkeer, die meer direct NO<sub>2</sub> uitstoten dan benzinemotoren, en het toenemende gebruik van oxidatiekatalysatoren bij dieselmotoren. Toepassing van een oxidatiekatalysator heeft tot gevolg dat het aandeel direct uitgestoten NO<sub>2</sub> in het NO<sub>x</sub>-mengsel toeneemt. Tegelijkertijd neemt de uitstoot van het gezondheidsschadelijke roet (ook wel EC of elementair koolstof genoemd) af. Het is dus een voor de gezondheid relevante maatregel die niettemin tot gevolg heeft dat de NO<sub>2</sub>-concentratie stijgt. Het bovenstaande heeft tot gevolg dat de waarde van NO<sub>2</sub> als indicator voor de gezondheidsschadelijke fractie van de verkeersuitstoot aan het verschuiven is, en dat het nog lastiger wordt om aan te geven bij welke NO<sub>2</sub>-concentratie in de buitenlucht er geen negatieve effecten op de gezondheid optreden. Mogelijk is de NO<sub>x</sub>-concentratie (som van NO- en NO<sub>2</sub>-concentratie uitgedrukt als NO<sub>2</sub>-equivalenten) een betere indicator voor blootstelling aan het gezondheidsschadelijke verkeersaerosol dan de NO<sub>2</sub>-concentratie. In dit rapport worden daarom ook trends in NO<sub>x</sub>-concentratie geanalyseerd.

Een mogelijk nog betere indicator dan  $\text{NO}_x$  voor verkeeremissies zou de concentratie roet (EC) kunnen zijn, maar deze component wordt nog slechts beperkt gemeten en er zijn geen jarenlange meetreeksen beschikbaar.

#### 4 Vergelijking van metingen van NO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> en emissieberekening

De trends in NO<sub>x</sub>-concentraties in straten zijn veel duidelijker waarneembaar dan die voor NO<sub>2</sub>. Om de trends in NO<sub>x</sub>-concentraties met emissietrends te vergelijken kan het verschil worden genomen tussen de NO<sub>x</sub>-concentraties in de straten en de concentraties op de stedelijke achtergrondlocaties. Als alternatief kan het verschil worden genomen tussen de concentraties in de straten en die op de regiolocaties. Aangezien de stadsachtergrond zelf het gevolg is van alle (meer diffuse) verkeersemissies wordt de trend op deze locaties grotendeels deels ook bepaald door de trend van het verkeer. Voor een zuiver beeld van de ontwikkeling van de NO<sub>x</sub>-emissies is het dus beter om het verschil tussen straatlocaties en regionale locaties te nemen. Evenzo is de stedelijke ozonconcentratie deels het gevolg van de emissies in de straten.



Figuur 17: Gemeten NO<sub>x</sub>-verkeersbijdragen sinds 2000.

In Figuur 17 zijn de NO<sub>x</sub>-bijdragen ten opzichte van regionale en stadsstations weergegeven, gemiddeld over alle relevante LML-stations. Het is duidelijk dat het verschil tussen de concentraties in de straten ten opzichte van de stad (rood) aanzienlijk kleiner is dan tussen straten en regio. Voor de straatbijdragen ten opzichte van de regionale achtergrond is er een afname van circa 3 µg/m<sup>3</sup>,



3,5% per jaar ten opzichte van de waarde in het jaar 2000. Voor de straatbijdragen ten opzichte van de stadsachtergrond is er een afname van circa  $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 4,2% per jaar ten opzichte van de waarde in 2000. Hoewel de gemeten  $\text{NO}_x$ -straatbijdragen op het oog redelijk op een rechte lijn liggen geeft een fit met een afvlakkende macht een iets betere fit aan de data. Binnen de datareeks is het verschil tussen de machtwet en rechte lijn beperkt. In de periode tussen 2010 en 2015 neemt het verschil tussen beide sets toe.

De lineaire trends in de gemeten  $\text{NO}_x$ -bijdragen lijken op de afname van de verkeeremissie zoals die in het Milieucompendium van 2010 is gerapporteerd. Tussen 2000 (emissie = 100%) en 2009 namen de totale  $\text{NO}_x$ -emissies van wegverkeer met circa 3,2% per jaar af. Het CBS geeft op het internet<sup>7</sup> een overzicht van de wegverkeeremissies, daarin bedraagt de relatieve afname circa 3,1% per jaar ten opzichte van 2000 voor binnenstedelijk en snelwegverkeer.

### **Trend in $\text{NO}_2$ -concentraties op de stations : prognose**

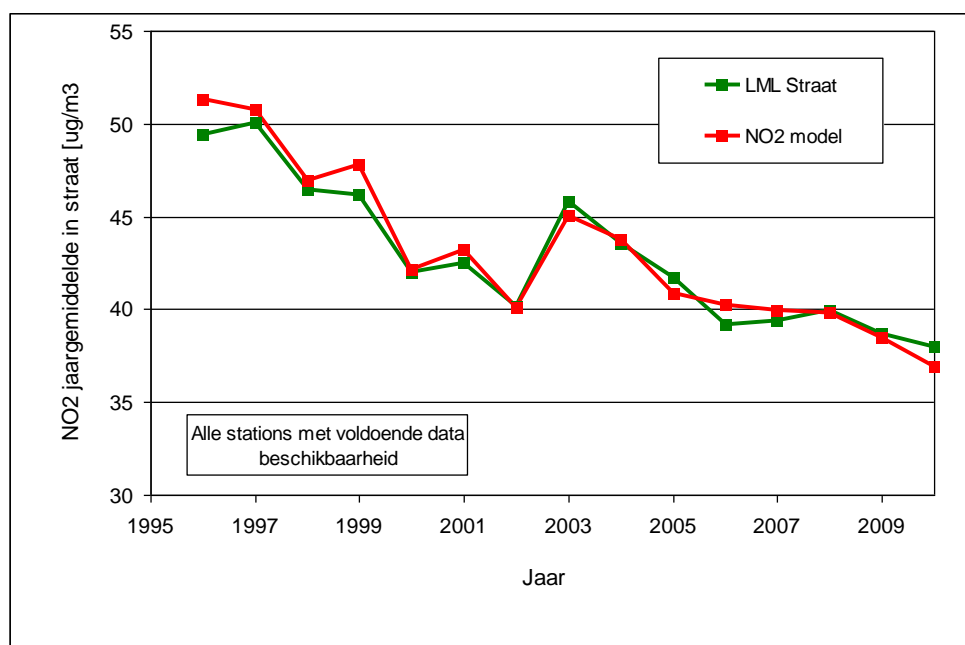
De  $\text{NO}_2$ -concentratie in straten is grotendeels het gevolg van voertuigemissies,  $\text{NO}_2$  zowel als  $\text{NO}$  ( $\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$ ). Een deel van de  $\text{NO}_x$ -emissies wordt als  $\text{NO}_2$  uitgestoten, de rest van de emissies worden onder invloed van ozon deels in  $\text{NO}_2$  omgezet. De fractie direct uitgestoten  $\text{NO}_2$  is in de afgelopen tien jaar aanzienlijk toegenomen. De  $\text{NO}_2$ -concentraties in de stedelijke en regionale achtergrond zijn iets gedaald, hetgeen samengaat met een toename in de voor oxidatie beschikbare ozon. De netto trend in  $\text{NO}_2$ -concentraties op verkeersbelaste locaties is dan ook lastig te beschrijven. Daarom is de  $\text{NO}_2$  in straten tussen 1996 en 2010 gemodelleerd op een manier die sterk aansluit bij de in SRM1 (standaardrekenmethode) en SRM2 gehanteerde methodiek. Hierbij wordt het verschil in  $\text{NO}_x$ -concentratie tussen straten en regio's met behulp van de regionaal beschikbare ozon omgezet in  $\text{NO}_2$ -bijdragen in de straten. De ozonconcentratie vertoont in de tijd een grofweg complementair verloop aan de  $\text{NO}_2$ -concentratie. De regionale waarden zijn sinds 1992 een klein beetje toegenomen, de stedelijke en straatwaarden zijn met 20-25% toegenomen. De afgelopen jaren lijkt er geen sprake van een significante ontwikkeling.

Als (wagenparkgemiddelde) fractie direct uitgestoten  $\text{NO}_2$  zijn de resultaten gebruikt van een studie van het RIVM. Deze getallen variëren op de locaties van het LML van circa 7% in 2000 tot circa 14% in 2007 (Bijlage 6). De waarden zijn iets groter dan de fracties directe uitstoot zoals die over de afgelopen paar jaar voor binnenstedelijk verkeer bekend zijn uit de door VROM beschikbaar gestelde emissiefactoren. Ze zijn echter kleiner dan de emissiefactoren voor snelwegverkeer. De stedelijke LML-meetstations worden naar verwachting belast

<sup>7</sup> <http://statline.cbs.nl/statweb/>

door een mix van ouder puur stedelijk verkeer en een deel forenzenverkeer met meer moderne voertuigen en dus hogere directe  $\text{NO}_2$ -uitstoot.

Bedacht moet worden dat de gevolgde rekenmethode geen doorwrocht model is, de belangrijkste onderbouwing voor de aanpak is de toereikende wijze waarop de  $\text{NO}_2$ -concentraties voor de afgelopen jaren kunnen worden berekend. Er wordt voor de huidige analyse van uitgegaan dat deze aanpak voor de komende jaren net zo goed werkt, hoewel hier geen echt bewijs voor beschikbaar is. In onderstaande figuur wordt een voorbeeld van de overeenstemming tussen als hierboven berekende en gemeten concentraties in de straten weergegeven.

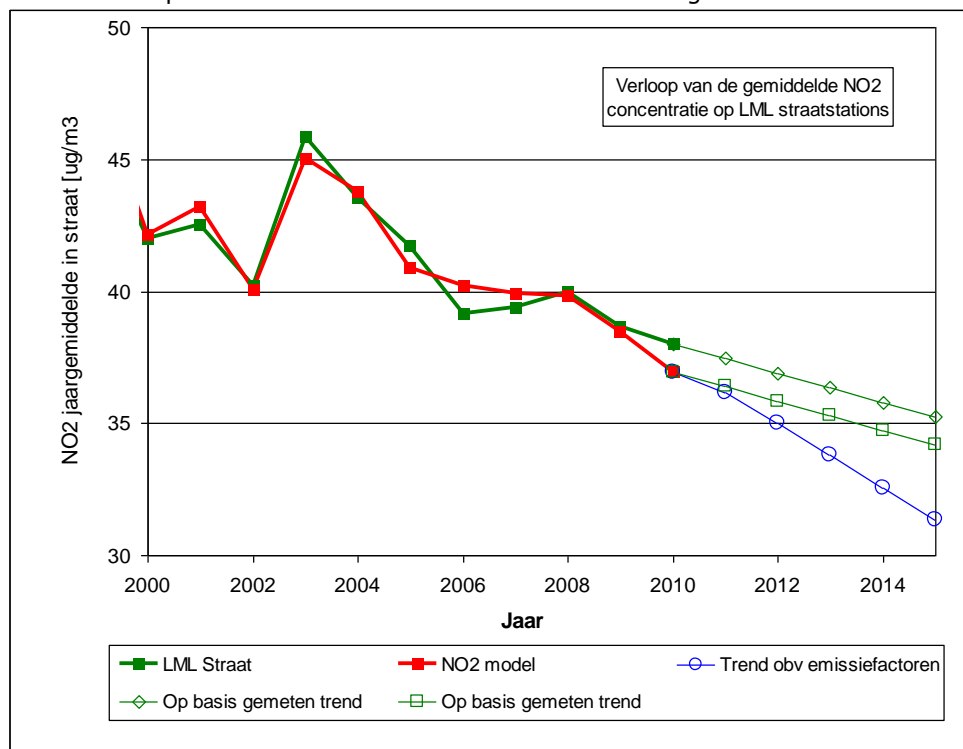


Figuur 18: Gemeten (groen) en berekende (rood)  $\text{NO}_2$ -concentraties sinds 1996.

Om een voorzichtige prognose van de ontwikkeling van de  $\text{NO}_2$ -concentraties in straten op te stellen zijn de volgende aannames gedaan:

- de trendmatige afname in  $\text{NO}_x$ -concentratiebijdragen van verkeer is voor de komende paar jaar verhoudingsgewijs gelijk aan die in de emissiefactoren (stand van zaken 2011);
- de trend in direct uitgestoten  $\text{NO}_2$  is grofweg gelijk aan die in de emissiefactoren, zowel in SRM1 als in SRM2 neemt deze hoeveelheid tussen 2010 en 2015 nauwelijks toe;
- de regionale ozon-,  $\text{NO}_x$ - en  $\text{NO}_2$ -concentraties zijn lineair te bepalen uit de concentraties van de laatste jaren.

Met deze aannames is de prognose voor de gemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties in de straten in de periode 2010 – 2015 als in onderstaande figuur.

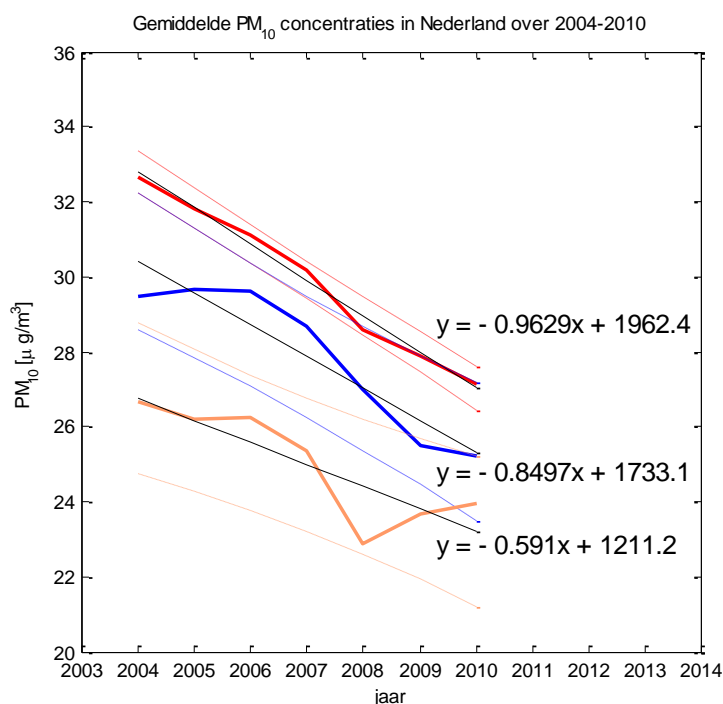


Figuur 19: Gemeten (groen) en berekende (rood) NO<sub>2</sub>-concentraties sinds 2000, inclusief extrapolatie op basis van de emissiefactoren (blauw rond) en een extrapolatie op basis van de gemeten trend.

Uit de figuur is duidelijk dat de NO<sub>2</sub>-concentraties in de straten op basis van de trend in emissiefactoren (blauwe lijn) tussen 2010 en 2015 aanzienlijk gaan afnemen, gemiddeld met 1,1 µg/m<sup>3</sup> per jaar. De gemeten trendmatige ontwikkeling is lager, circa 0,55 µg/m<sup>3</sup> per jaar (zie sectie 3.13.1). Uitgaande van de gemeten LML-concentraties levert extrapolatie van de gemeten trend de lijn met de groene ruiten. Dezelfde trend gekoppeld aan de gemodelleerde LML-concentraties levert de concentratieontwikkeling die is weergegeven met de groene verkanten. Over de periode 2010-2015 bedraagt het verschil tussen de gemiddelde concentratie op basis van de gemeten trend en op basis van de trend in emissiefactoren circa 3 µg/m<sup>3</sup>, waarbij de ontwikkeling op basis van de emissiefactoren lager uitkomt.

## 5 Trends in PM<sub>10</sub>-concentraties

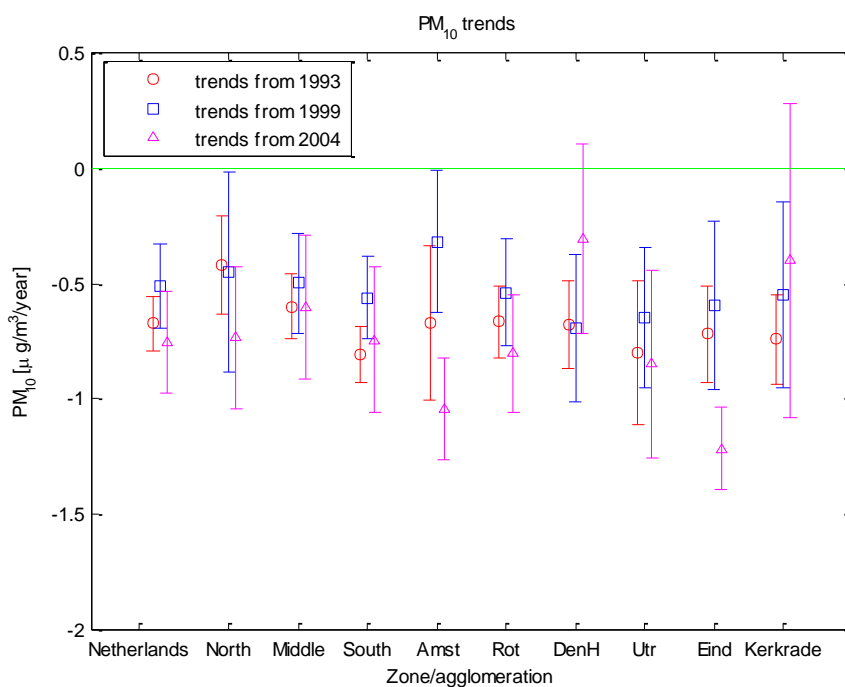
Figuur 20 toont het verloop van de jaargemiddelde PM<sub>10</sub>-concentraties op regionale, stedelijke achtergrond en op verkeersbelaste stations over de periode vanaf 2004. Uit de figuur blijkt dat de verschillen tussen de drie typen stations klein zijn. Het verkeer draagt maar voor een klein deel bij aan de totale PM<sub>10</sub>-concentraties, terwijl bijvoorbeeld ook veehouderijen op regionale achtergrondstations substantiële PM<sub>10</sub>-bronnen kunnen zijn. In dit trendonderzoek wordt daarom voor PM<sub>10</sub> geen onderscheid gemaakt tussen verschillende stationstypen (zie ook bijlage 7 voor alle individuele trends).



*Figuur 20: Verloop van PM<sub>10</sub>-concentraties in Nederland op regionale achtergrond stations (onderste lijn), stedelijke achtergrond (middelste lijn) en verkeersbelaste stations (bovenste lijn).*

Figuur 21 laat voor het gemiddelde van Nederland een significante daling van PM<sub>10</sub>-concentraties over alle perioden zien. Gemiddeld over heel Nederland bedraagt de trend vanaf 1999  $-0,5 \pm 0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per jaar. Vanaf 2004 veranderde de PM<sub>10</sub>-concentratie met  $-0,8 \pm 0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per jaar. Voor de meeste individuele zones/agglomeraties zijn de dalingen ook significant. Voor de agglomeraties Kerkrade/Heerlen en Den Haag/Leiden is de dalende trend niet significant, maar hierbij speelt vooral de grootte van het betrouwbaarheidsinterval (mede veroorzaakt door het geringe aantal stations) een rol. In het BOP-rapport (Hoogerbrugge et al., 2010) is de trend in originele

PM<sub>10</sub>-meetwaarden uitvoerig vergeleken met meteorocorrigeerde trends. Hieruit bleek dat de correctie nauwelijks de waarde van de trend zelf veranderde, maar wel het betrouwbaarheidsinterval verkleinde.



Figuur 21: Trends in PM<sub>10</sub>-concentraties: gemiddeld over alle stations in Nederland en per zone/agglomeratie.

In het genoemde BOP-rapport is beschreven dat de trend in de emissie van niet-natuurlijk PM<sub>10</sub>  $-0,6 \pm 0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bedraagt voor de periode 1993-2010 en  $-0,5 \pm 0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  voor de periode 2000-2010 (Hoogerbrugge et al., 2010). Deze schattingen komen goed overeen met de waargenomen gemiddelde trends in de metingen. Voor PM<sub>10</sub> is sinds 1993 een daling van gemiddeld ca  $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per jaar zichtbaar. Over de totale periode van 18 jaar komt dit overeen met bijna  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Deze daling heeft betekend dat de in Nederland vrij algemene overschrijding van de grenswaarde voor PM<sub>10</sub> vrijwel is verdwenen. Sinds 1999 lijkt de daling kleiner dan in de jaren daarvoor. Echter de zorg, die enige tijd geleden ontstond, dat sinds 1999 er helemaal geen sprake meer is van afnemende PM<sub>10</sub>-concentraties bleek niet terecht. Inmiddels is ook sinds 1999 een significante daling zichtbaar. De resultaten van de jaren 1996 en 2003 geven aan dat er af en toe jaren voorkomen met fors hogere PM<sub>10</sub>-niveaus. Ondanks de dalende trend en de nu geringe overschrijdingen kunnen in zo'n jaar ineens aanzienlijke overschrijdingen optreden.

## 6 Conclusies

Het RIVM, de GGD Amsterdam en de DCMR hebben een gezamenlijke trendanalyse op de beschikbare gemeten concentraties van fijn stof (PM<sub>10</sub>) en stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) uitgevoerd voor de perioden 1993-2010, 1999-2010 en 2004-2010. Met betrekking tot de waargenomen trends in de concentraties, en de betekenis ten opzichte van de grenswaarden, zijn de volgende conclusies getrokken:

- Voor de PM<sub>10</sub>-concentraties wordt over de diverse analyseperioden een dalende trend van gemiddeld 0,7 µg/m<sup>3</sup> per jaar waargenomen.
- In 2010 is voor PM<sub>10</sub> op geen van de meetlocaties de grenswaarde voor het jaar- en daggemiddelde overschreden (jaargemiddelde van 40 µg/m<sup>3</sup> en minder dan 35 keer, daggemiddelde van 50 µg/m<sup>3</sup>). Volgens deze trend worden in het vervolg geen overschrijdingen verwacht. Uitzondering zijn jaren met bijzonder ongunstige weersomstandigheden. Dat er geen gemeten overschrijdingen zijn betekent echter niet per definitie dat ook in de berekeningen overal in Nederland aan de grenswaarden zal worden voldaan. Er wordt immers op veel meer locaties gerekend dan gemeten.
- Ook voor de NO<sub>2</sub>-concentraties is sinds 1993 een gestage daling zichtbaar.
- De daling voor de NO<sub>2</sub>-concentraties is veel kleiner dan de daling in de NO<sub>x</sub>-concentraties. Een belangrijke oorzaak hiervoor is waarschijnlijk de toename van de fractie NO<sub>2</sub> in de uitstoot van het wegverkeer.
- Indien de trend in gemeten concentraties wordt voortgezet is het niet zeker dat in 2015 op alle meetlocaties aan de grenswaarde wordt voldaan. Daarvoor is een sterkere afname nodig dan tot nog toe is opgetreden.
- Zowel voor de PM<sub>10</sub>-concentraties als voor NO<sub>2</sub>-concentraties zijn er geen significante verschillen gevonden tussen de trends in de verschillende luchtkwaliteitszones en agglomeraties in Nederland.

Het uitvoeren van deze gezamenlijke trendanalyse heeft ook geleid tot een aantal technische conclusies en aanbevelingen:

- De scherpte van de trendanalyse kan worden verbeterd door een meteonormalisatie die trends sneller detecteerbaar maakt. Voor de PM<sub>10</sub>-concentratie is een methode beschikbaar. Voor de NO<sub>2</sub>-concentratie wordt aanbevolen ook een meteonormalisatie te ontwikkelen.
- Trendanalyses zijn extreem gevoelig voor veranderingen in meetmethoden. Bijvoorbeeld bij de noodzakelijke introductie van nieuwe monitoren is belangrijk om eventuele systematische verschillen nauwkeurig vast te stellen en daar eventueel in de trendanalyse voor te corrigeren.
- Systematische verschillen tussen monitoren worden idealiter door een aantal rechtstreekse vergelijkingen op diverse representatieve meetlocaties en

meetperioden vastgesteld. Dit is een kostbare operatie en niet altijd optimaal uitvoerbaar. Een nuttige aanvulling hierop is de in dit rapport beschreven vergelijkingsmethode waarbij gebruik wordt gemaakt van het feit dat niet alle monitoren tegelijk vervangen zijn en daarmee over en weer als referentie kunnen dienen. De combinatie van meetdata van verschillende meetnetten maakt deze methode extra krachtig. Aanbevolen wordt om bij veranderingen in het meetnet een fasering toe te passen die deze vergelijkingsmethode mogelijk maakt, en dit onderling tussen de drie meetnetten af te stemmen.

- Trendanalyses worden gehinderd door incomplete datasets. In de hier beschreven analyse is het effect van dit probleem beperkt door de sets met onvoldoende beschikbare data te elimineren. Aanbevolen wordt om te bekijken of efficiëntere rekenmethoden zijn om dit probleem op te lossen.

## 7 Literatuur

Barmadimos, I., Hueglin, C., Keller, J., Henne, S., Prévôt, A.S.H. (2011). Influence of meteorology on PM<sub>10</sub>-trends and variability in Switzerland from 1991 to 2008. *Atmospheric Chemistry and Physics* 2011;11:1813-1835.

Beijk, R., Mooibroek, D., Van de Kasstele, J., Hoogerbrugge, R. (2008). PM<sub>10</sub>: Equivalence study 2006. RIVM-rapport 680708002.

Carslaw, D.C. (2005). Evidence of an increasing NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> emissions ratio from road traffic emissions. *Atmospheric Environment* 2005;39:4793-4902.

DCMR (2009). Lucht in cijfers, beschikbaar op:  
[http://www.dcmr.nl/binaries/publicatie/2010/lucht/lucht\\_in\\_cijfers-2009.pdf](http://www.dcmr.nl/binaries/publicatie/2010/lucht/lucht_in_cijfers-2009.pdf)

De Jonge, D., Van der Meulen, A., Van den Elshout, S., van der Laan, J., Kummu, P., Visser, J., Weijers, E., Van Loon, J., Severijnen, M. (2005). Overzicht van onderzoek naar correctiefactoren voor automatische PM<sub>10</sub>-metingen in Nederland. RIVM-rapport 680500002.

EEA (2008). Annual country-reported measurements of ambient air pollutant concentrations (Airbase Data), beschikbaar op:  
<http://dataservice.eea.europa.eu/dataservice/metadetails>

Fuller, G.W., Green, D. (2006). Evidence for increasing concentrations of primary PM<sub>10</sub> in London. *Atmospheric Environment* 2006;40:6134-6145

Harrison, R.M., Stedman, J., Derwent, D. (2008). New directions: why are PM<sub>10</sub> concentrations in Europe not falling? *Atmospheric Environment* 2008;42:603-606.

Hoogerbrugge, R., Denier van der Gon, H.A.C., van Zanten, M.C., Matthijsen, J. (2010). BOP-report. Trends in Particulate Matter. ISSN1875-2322.

Hoogerbrugge, R., Nguyen, L., Wesseling, J. et al. (2011). Trends in PM<sub>10</sub>-en NO<sub>2</sub>-concentraties. *Tijdschrift Lucht* 2011;2:23-27.

Keuken, M. (2006). Individual case study report: Trend analysis of NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> and PM<sub>10</sub> exceedance of daily limit values in Rotterdam, Air4EU-D7.1.1, 2006.

Mooibroek, D., Beijk, R., Hoogerbrugge, R. (2010). Jaaroverzicht Luchtkwaliteit 2009. RIVM-rapport 680704011.

Mooibroek, D., Wesseling, J.P., De ontwikkeling van de fractie door wegverkeer uitgestoten NO<sub>2</sub> in Nederland (2009), RIVM-rapport 680705010.



Moore, David S. en McCabe George P. (2006). Statistiek in de praktijk. Theorieboek (oorspronkelijke titel: Introduction to the Practice of statistics, fifth edition). Sdu Uitgevers, Nederland. ISBN 978-90-395- 2360-5

Umwelt Bundes Amt (2009). Entwicklung der Luftqualität in Deutschland, beschikbaar op: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3760.pdf>

Van der Zee, S., Woudenberg, F. (2006). Stadslucht niet schoner geworden. Tijdschrift Lucht 2006;5,11-17.

Wesseling, J. en Beijk, R. (2008). Korte-termijn trend in NO<sub>2</sub> en PM<sub>10</sub> concentraties op straatstations van het LML. RIVM-briefrapport 680705007.

World Health Organization (WHO). Air Quality Guidelines. Global Update 2005, beschikbaar op: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/78638/E90038.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf)

Woudenberg, F., Van der Zee, S., Dijkema, M. (2008). Trends in concentraties PM<sub>10</sub> en NO<sub>2</sub> in Amsterdam periode 1999-2007.

## Bijlage 1 Analyse van systematische afwijking tussen oude en nieuwe monitoren

Bij deze analyse wordt het onveranderde deel van het meetnet gebruikt als referentie van het veranderde deel. De werkwijze is als volgt:

- Eerst wordt de gemiddelde concentratie van de onderzochte monitor over de periode vóór de wissel berekend<sup>8</sup>.
- Vervolgens wordt het gemiddelde van alle representatieve onveranderde monitoren over dezelfde periode berekend.
- De ratio tussen de concentratie van de onderzochte monitor en die van de referenties wordt berekend (R\_voor).
- Idem voor de periode na de wissel (R\_na).
- Het verschil tussen deze ratio's wordt berekend (R\_voor - R\_na).
- Deze berekening wordt uitgevoerd voor alle stations die veranderd zijn. Dit resulteert in een set van (R\_voor-R\_na) waarden.
- Het gemiddelde, de standaarddeviatie en de standaardfout<sup>9</sup> van deze waarden worden berekend. Indien het gemiddelde meer afwijkt van 0 dan 2 keer van de standaardfout dan kan worden geconcludeerd dat de monitorwissel WEL tot systematische afwijking tussen oude en nieuwe monitoren heeft geleid.

Als voorbeeld zijn in onderstaande tabel de resultaten van NO<sub>2</sub>-metingen op stedelijke achtergrondstations getoond. De berekening is uitgevoerd voor een periode van 90 dagen voor en 90 dagen na de wissel.

Stations	R_voor	R_na	R_voor-R_na	Ref_stations
137	0,984	0,775	0,208	241 418 441 742 938 3 14
241	0,962	0,916	0,046	137 404 520 3 14
404	0,900	0,980	-0,080	241 418 441 742 938 3 14
418	1,161	1,318	-0,156	137 404 520 3 14
441	1,154	1,259	-0,106	137 404 520 938 3 14
520	0,955	1,288	-0,334	241 418 441 742 938 3 14
742	0,948	0,985	-0,037	137 404 520 3 14
938	0,419	0,449	-0,030	137 404 441 520 3
3	1,057	1,005	0,052	137 241 404 418 441 520 742 938 14
14	1,097	1,042	0,054	137 241 404 418 441 520 742 3
	gemiddelde		-0,038	
	standaarddeviatie		0,146	
	2*standaardfout		0,092	

R\_voor-R\_na = -0,04 ± 0,09; er is in dit geval geen systematische afwijking tussen voor en na de wissel.

Dezelfde berekeningen zijn ook uitgevoerd voor andere stationstypen en andere perioden. Een overzicht van deze resultaten zijn in de volgende tabel weergegeven.

<sup>8</sup> In dit onderzoek worden berekeningen uitgevoerd voor 2 perioden: 3 maanden en 1 jaar

<sup>9</sup> standaardfout=standaarddeviatie/sqrt(n) met n is het aantal onderzochte stations

Overzicht van alle R\_voor-R\_na, berekend voor verschillende stationtypen en perioden

	NO <sub>2</sub> 10 dagen <sup>10</sup>	NO <sub>2</sub> 90 dagen	NO <sub>2</sub> 1 jaar	NO 90 dagen	NO 1 jaar
Regionale stations	0,01±0,13	-0,06±0,09	(*)	-0,04±0,17	(*)
Stedelijke achtergrond	-0,10±0,10	-0,04±0,09	0,02±0,09	-0,01±0,18	0,03±0,16
Verkeersbelaste stations	-0,00±0,09	0,01±0,07	-0,03±0,05	0,05±0,10	-0,01±0,08

(\*) geen data, alle stations zijn binnen een jaar gewisseld

Hieruit kan worden geconcludeerd dat er, zowel voor NO<sub>2</sub> als voor NO, geen systematische afwijkingen zijn tussen oude en nieuwe monitoren. Er zijn daarom geen correcties uitgevoerd.

Voor fijn stof is een vergelijkbare analyse uitgevoerd, gebruikmakend van de LML-data. Hieruit is gebleken dat oude monitoren op regionale stations van het LML-meetnet systematisch 5% te hoog gaven. Dit verschil is op zich (net) niet significant omdat 95% betrouwbaarheid ± 0,06% is. Echter om elk risico op een onterecht toegekende daling te vermijden is er toch voor gekozen de LML-data op regionale stations tot en met 2003 met een factor 0,95 te vermenigvuldigen.

<sup>10</sup> aantal dagen voor en na de wissel waarover de berekening is uitgevoerd

## Bijlage 2 Foto's van verschillende meetstationstypes



*Foto 1: Meetstation Zegveld (LML633), een regionaal achtergrondstation.*



*Foto 2: Meetstation Schiedam (DCMR494) aan de Alphons Arienstraat, een stedelijk achtergrondstation.*



Foto 3: Meetstation Rotterdam Bentinckplein (DCMR493) aan de Statenweg, verkeersbelast station.



Foto 4: Meetstation Amsterdam-Stadhouderskade (GGD17), verkeersbelast station.



*Foto 5: Meetstation Amsterdam Einsteinweg (GGD7), verkeersbelast station langs de A10.*



### Bijlage 3 Betrouwbaarheidsintervallen van lineaire regressie

Uitgaande van een lineair verband tussen concentraties (jaargemiddelde  $y_i$  van een component) en de tijd (jaartal  $x_i$ ) is de regressielijn van het verband op basis van een kleinste-kwadratenanalyse:

$$\hat{y}_i = a + b * x_i$$

$\hat{y}_i$ : uit de regressie berekende jaargemiddelde concentratie in het jaar  $x_i$

De fout in een meetpunt is het verschil tussen meetwaarde en geschatte waarde:

$$e_i = y_i - \hat{y}_i$$

Variantie in een meetpunt:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n-2}$$

Standaardfout van de berekende helling:

$$SE_b = \frac{s}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}$$

De 95%-betrouwbaarheidsintervallen van de helling zijn gegeven door  $b \pm 2 * SE_b$

95% van de meetpunten wordt verwacht te liggen binnen de 95% betrouwbaarheidsintervallen van de regressielijn. Deze 95% betrouwbaarheidsintervallen worden als volgt berekend:

$$\hat{y}_i \pm 2 * SE_{\hat{y}_i}$$

met:

$$SE_{\hat{y}_i} = s * \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}$$





Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport

Bijlage 4 Trends in NO<sub>2</sub>

Trends in NO<sub>2</sub>-concentraties per station en per regio op regionale achtergrondlocaties (R), stedelijke achtergrondlocaties (UB) en verkeersbelaste locaties (S). De trend wordt weergegeven met 95%-betrouwbaarheidsintervallen. Getallen in *italic* zijn niet significant .

Station	Stad/straatsnaam	Zone/Agglomeratie	1993-2010	1999-2010	2004-2010
LML107(R)	Posterholt-Vlodropperweg	Zone Zuid	-0,5 ± 0,1	-0,3 ± 0,2	-0,3 ± 0,3
LML131(R)	Vredepeel-Vredeweg	Zone Zuid	-0,5 ± 0,2	-0,2 ± 0,3	-0,2 ± 0,9
LML133(R)	Wijnandsrade-Opfergeltstraat	Aggl. Kerkrade/Heerlen	-0,6 ± 0,1	-0,5 ± 0,2	-0,7 ± 0,3
LML227(R)	Budel-Toom	Zone Zuid	-0,4 ± 0,2	-0,2 ± 0,2	-0,3 ± 0,4
LML230(R)	Biest Houtakker-Biestsestraat	Zone Zuid	-0,6 ± 0,1	-0,4 ± 0,2	-0,3 ± 0,4
LML235(R)	Huijbergen-Vennekenstraat	Zone Zuid	-0,4 ± 0,2	-0,2 ± 0,2	0,0 ± 0,6
LML301(R)	Zierikzee-Lange Slikweg	Zone Zuid	-0,3 ± 0,2	-0,1 ± 0,3	0,0 ± 0,6
LML318(R)	Philippine-Stelleweg	Zone Zuid	-0,4 ± 0,1	-0,2 ± 0,1	-0,5 ± 0,3
LML411(R)	Schipluiden-Groeneveld	Aggl. Den Haag/Leiden	-0,2 ± 0,2	-0,3 ± 0,3	-0,6 ± 0,9
LML437(R)	Westmaas-Groeneweg	Zone Midden	-0,4 ± 0,2	-0,4 ± 0,3	-0,9 ± 0,6
LML444(R)	De Zilk-Vogelaarsdreef	Zone Midden	-0,6 ± 0,4	-0,3 ± 0,2	-0,4 ± 0,4
LML538(R)	Wieringerwerf-Medemblikkerweg	Zone Midden	-0,4 ± 0,1	-0,2 ± 0,2	0,0 ± 0,4
LML620(R)	Cabauw-Zijdeweg	Zone Midden	-0,5 ± 0,2	-0,3 ± 0,2	-0,3 ± 0,5
LML631(R)	Biddinghuizen-Hoekwantweg	Zone Noord	-0,2 ± 0,1	-0,2 ± 0,2	-0,2 ± 0,7
LML633(R)	Zegveld-Oude Meije	Zone Midden	-0,5 ± 0,1	-0,4 ± 0,2	-0,5 ± 0,2
LML722(R)	Eibergen-Lintveldseweg	Zone Midden	-0,3 ± 0,1	-0,2 ± 0,3	0,3 ± 0,5
LML738(R)	Wekerom-Riemterdijk	Zone Midden	-0,9 ± 0,1	-0,8 ± 0,2	-0,4 ± 0,3
LML807(R)	Hellendoorn-Luttenbergerweg	Zone Noord	-0,4 ± 0,1	-0,2 ± 0,2	-0,1 ± 0,6
LML818(R)	Barsbeek-De Veenen	Zone Noord	-0,4 ± 0,1	-0,2 ± 0,2	0,0 ± 0,5
LML918(R)	Balk-Trophornsterweg	Zone Noord	-0,3 ± 0,1	-0,3 ± 0,2	-0,1 ± 0,3
LML929(R)	Valthermond-Noorderdiep	Zone Noord	-0,4 ± 0,1	-0,3 ± 0,1	-0,2 ± 0,3
LML934(R)	Kollumerwaard-Hooge Zuidwal	Zone Noord	-0,3 ± 0,1	-0,2 ± 0,2	-0,1 ± 0,3
LML241(UB)	Breda-Bastenakenstraat	Zone Zuid			-0,1 ± 0,5

LML404(UB)	Den Haag-Rebecquestraat	Aggl. Den Haag/Leiden	-0,8 ± 0,2	-0,8 ± 0,4	-0,5 ± 1,2
LML418(UB)	Rotterdam-Schiedamsevest	Aggl. Rotterdam/Dordrecht	-0,6 ± 0,2	-0,5 ± 0,4	-0,4 ± 0,8
LML441(UB)	Dordrecht-Frisostraat	Aggl. Rotterdam/Dordrecht	-0,7 ± 0,2	-0,8 ± 0,3	-1,5 ± 0,4
LML520(UB)	Amsterdam-Florapark	Aggl. Amsterdam/Haarlem	-0,7 ± 0,2	-0,9 ± 0,4	-1,5 ± 1,0
LML742(UB)	Nijmegen-Ruyterstraat	Zone Midden			-0,8 ± 0,4
LML236(S)	Eindhoven-Genovevalaan	Aggl. Eindhoven	-1,0 ± 0,3	-0,7 ± 0,4	-0,7 ± 0,5
LML237(S)	Eindhoven-Noordbrabantlaan	Aggl. Eindhoven	-0,6 ± 0,3	0,1 ± 0,6	-0,4 ± 1,4
LML433(S)	Vlaardingen-Floreslaan	Aggl. Rotterdam/Dordrecht	-0,5 ± 0,2	-0,7 ± 0,5	-0,6 ± 1,0
LML537(S)	Haarlem-Amsterdamsevaart	Aggl. Amsterdam/Haarlem	-0,9 ± 0,3	-0,8 ± 0,5	-0,6 ± 0,6
LML544(S)	Amsterdam-Prins Bernhardplein	Aggl. Amsterdam/Haarlem			0,7 ± 1,1
LML636(S)	Utrecht-de Jongweg	Aggl. Utrecht	-0,5 ± 0,2	-0,6 ± 0,2	-1,0 ± 0,3
LML639(S)	Utrecht-Erzejstraat	Aggl. Utrecht	-0,6 ± 0,3	-0,8 ± 0,4	-1,6 ± 0,7
LML641(S)	Breukelen-Snelweg	Zone Midden	0,1 ± 0,4	0,2 ± 0,7	
LML741(S)	Nijmegen-Graafseweg	Zone Midden			-1,1 ± 1,5
LML937(S)	Groningen-Europaweg	Zone Noord			-0,2 ± 0,4
GGD2(S)	Amsterdam-Haarlemmerweg	Aggl. Amsterdam/Haarlem			0,6 ± 1,3
GGD3(UB)	Amsterdam-Nieuwendammerdijk	Aggl. Amsterdam/Haarlem		-0,5 ± 0,2	-0,3 ± 0,5
GGD7(S)	Amsterdam-Einsteinweg (snelweg)	Aggl. Amsterdam/Haarlem		0,9 ± 0,7	0,3 ± 1,1
GGD12(S)	Amsterdam-van Diemenstraat	Aggl. Amsterdam/Haarlem			-2,0 ± 1,7
GGD14(UB)	Amsterdam-Overtoom	Aggl. Amsterdam/Haarlem		-0,4 ± 0,4	-0,4 ± 0,3
GGD17(S)	Amsterdam-Stadhouderskade	Aggl. Amsterdam/Haarlem		-0,6 ± 0,5	-0,6 ± 0,6
DCMR485(UB)	Rotterdam-Leemkuil	Aggl. Rotterdam/Dordrecht	-0,6 ± 0,2	-0,4 ± 0,4	-0,6 ± 0,5
DCMR489(S)	Ridderkerk-Hogeweg	Aggl. Rotterdam/Dordrecht			-1,0 ± 0,9
DCMR491(S)	Rotterdam-Oostsideling	Aggl. Rotterdam/Dordrecht			-0,8 ± 1,3
DCMR493(S)	Rotterdam-Statenvweg	Aggl. Rotterdam/Dordrecht			0,6 ± 1,2
DCMR494(UB)	Schiedam-Alhpons Ariensstraat	Aggl. Rotterdam/Dordrecht	-0,4 ± 0,3	-0,7 ± 0,3	-0,1 ± 0,6
DCMR495(UB)	Maassluis-Kwartellaan	Aggl. Rotterdam/Dordrecht	-0,4 ± 0,3	0,1 ± 0,3	0,4 ± 0,6
Regionale stations (R)		Nederland	-0,4 ± 0,1	-0,3 ± 0,1	-0,3 ± 0,2
		Zone Noord	-0,3 ± 0,1	-0,2 ± 0,1	-0,1 ± 0,3
		Zone Midden	-0,5 ± 0,1	-0,4 ± 0,2	-0,3 ± 0,3

		Zone Zuid	-0,4 ± 0,1	-0,2 ± 0,2	-0,2 ± 0,2
		Aggl.DenHaag/Leiden	-0,2 ± 0,2	-0,3 ± 0,3	-0,6 ± 0,9
		Aggl.Kerkrade/Heerlen	-0,6 ± 0,1	-0,5 ± 0,2	-0,7 ± 0,3
Stedelijke achtergrond stations (UB)		Nederland	-0,6 ± 0,1	-0,6 ± 0,2	-0,6 ± 0,3
		Zone Midden			-0,8 ± 0,4
		Zone Zuid			-0,1 ± 0,5
		Aggl. Amsterdam/Haarlem	-0,7 ± 0,2	-0,6 ± 0,2	-0,7 ± 0,3
		Aggl.Den Haag/Leiden	-0,8 ± 0,2	-0,8 ± 0,4	-0,5 ± 1,2
		Aggl.Rotterdam/Dordrecht	-0,5 ± 0,1	-0,5 ± 0,2	-0,4 ± 0,3
Verkeersbelaste stations (S)		Nederland	-0,6 ± 0,2	-0,4 ± 0,3	-0,5 ± 0,2
		Zone Noord			-0,2 ± 0,4
		Zone Midden	0,1 ± 0,4	0,2 ± 0,7	-1,1 ± 1,5
		Aggl. Amsterdam/Haarlem	-0,9 ± 0,3	-0,1 ± 0,4	-0,4 ± 0,5
		Aggl.Rotterdam/Dordrecht	-0,5 ± 0,2	-0,7 ± 0,5	-0,5 ± 0,7
		Aggl.Utrecht	-0,5 ± 0,2	-0,7 ± 0,3	-1,3 ± 0,4
		Aggl. Eindhoven	-0,8 ± 0,3	-0,4 ± 0,4	-0,7 ± 0,9



## Bijlage 5 Significantietoets van het verschil tussen gemeten trends

**Voorbeeld 1:** we willen de NO<sub>2</sub>-trends op verkeersbelaste locaties vanaf 2004 vergelijken met de trend op regionale stations.

Er zijn twee methoden om deze trends te bepalen:

- methode 1: De trends van individuele stations worden bepaald en de trend van een stationtype is het gemiddelde van de trends van alle stations van dat type.
- methode 2: (als gebruikt in dit rapport): we berekenen per jaar de gemiddelde concentratie op alle stations van een type en berekenen vervolgens de trend.

Als de dataset geen ontbrekende data heeft dan zullen de uitkomsten van de twee methoden gelijk zijn. Omdat we geen complete dataset hebben, hebben we in dit onderzoek voor de tweede methode gekozen.

### Methode 1:

Vanaf 2004 hebben we de trends op 16 verkeersbelaste stations en 22 regionale stations gemeten. Deze individuele trends zijn in de volgende tabel weergegeven.

Trend op verkeersbelaste stations		Trend op regionale stations	
-0,71		-0,29	
-0,42		-0,19	
-0,64		-0,73	
-0,57		-0,30	
0,67		-0,33	
-0,96		0,03	
-1,64		0,02	
-1,09		-0,46	
-0,23		-0,59	
0,61		-0,87	
0,29		-0,39	
-1,98		-0,02	
-0,62		-0,31	
-1,02		-0,24	
-0,82		-0,50	
0,64		0,25	
		-0,41	
		-0,07	
		0,03	
		-0,12	
		-0,25	
		-0,15	
Gemiddelde trend ( $\bar{x}_1$ )	-0,53	Gemiddelde trend ( $\bar{x}_2$ )	-0,27
Aantal stations ( $n_1$ )	16	Aantal stations ( $n_2$ )	22
Standaarddeviatie ( $s_1$ )	0,78	Standaarddeviatie ( $s_2$ )	0,27

We nemen aan dat beide trends dezelfde standaarddeviatie  $\sigma$  hebben. Deze standaarddeviatie is niet bekend maar kan worden geschat met de samengestelde variantie  $s_p^2$  (Engels: pooled estimator of variance) van bovenstaande metingen, dat wil zeggen:

$\sigma = s_p$  met

$$s_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} = 0,30$$

Als beide trends de varianties  $\sigma^2$  hebben, zegt de optelregel voor varianties dat de variantie van  $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$  gelijk is aan de som van de individuele varianties:

$$\frac{\sigma^2}{n_1} + \frac{\sigma^2}{n_2}$$

Omdat we  $\sigma$  met  $s_p$  geschat hebben is de variantie van het verschil gelijk aan:

$$s_p^2 \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)$$

Indien we aannemen dat de onzekerheid in alle trends onafhankelijk van elkaar zijn kunnen we de standaarddeviatie van het verschil tussen de twee gemeten trends berekenen als:

$$s_p \sqrt{\left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)} = 0,10$$

De 95%-betrouwbaarheidsintervallen van het verschil in trends is:

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \pm 2 * s_p \sqrt{\left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)} = \mathbf{-0,26 \pm 0,20 \mu g/m^3}$$

De waarde 0 valt net buiten deze intervallen dus onder aanname van onafhankelijke onzekerheden is het verschil significant.

#### Methode 2 (gebruikt in dit rapport):

We berekenen per jaar de gemiddelde concentraties van alle verkeersbelaste stations en gemiddelde concentraties van alle regionale stations. Het uitmiddelen van onzekerheden wordt dus impliciet gebruikt.

De trend is de helling  $b$  van de lineaire regressie, met onzekerheid  $u_b$  (zie Bijlage 3 voor de berekening van  $b$  en  $u_b$ )<sup>11</sup>.

De 95%-betrouwbaarheidsintervallen van het verschil in trends is:

$$(b_1 - b_2) \pm \sqrt{2} * (u_{b1} + u_{b2}) / 2 = \mathbf{-0,22 \pm 0,28 \mu g/m^3}$$

Omdat de waarde 0 binnen deze intervallen valt is het verschil tussen deze gemeten trends niet significant.

Dit voorbeeld laat zien dat beide methoden vergelijkbare gemiddelde trends opleveren maar de onzekerheid verschillend is. In Methode 1 is de onzekerheid expliciet (onder aanname van onafhankelijkheid) benut en in Methode 2 impliciet door het simpelweg middelen van de concentraties. Het verschil tussen beide resultaten is een indicatie dat de onzekerheden in de trend inderdaad niet geheel onafhankelijk zijn. Dit kan bijvoorbeeld worden veroorzaakt door de weersomstandigheden waarbij in jaren met weinig wind op alle stations hoge concentraties worden gemeten. Om onderschatting van de onzekerheden te voorkomen is in dit rapport voor Methode 2 gekozen om de trends en hun onzekerheid uit te rekenen.

<sup>11</sup> Met deze methode vinden we de volgende 95%-betrouwbaarheidsintervallen:

Op verkeersbelaste stations is de trend in NO<sub>2</sub>-concentraties:  $-0,53 \pm 0,18 \mu g/m^3$  per jaar

Op regionale stations is de trend in NO<sub>2</sub>-concentraties:  $-0,31 \pm 0,21 \mu g/m^3$  per jaar

Hoewel de methoden verschillend zijn, liggen deze trends zeer dicht bij de gemiddelde trends in bovenstaande tabel.



**Voorbeeld 2:** we willen de NO<sub>2</sub>-trends vanaf 2004 op verkeersbelaste stations in 6 regio's met elkaar vergelijken.

In onderstaande tabel zijn de individuele trends weergegeven (deze data zijn terug te vinden in Bijlage 4):

Groep 1 Noord	Groep 2 Midden	Groep 3 Amsterdam	Groep 4 Rotterdam	Groep 5 Utrecht	Groep 6 Eindhoven
-0,23	-1,09	-0,57	-0,64	-0,97	-0,71
		0,67	-1,02	-1,64	-0,42
		0,61	-0,82		
		0,29	0,64		
		-1,98			
		-0,62			

Om te bepalen of er significante verschillen tussen de groepen zijn, passen we de ANOVA1-analyse (één-factor variance-analyse) toe op deze dataset. Onderstaand is het resultaat van de analyse die in Excel is uitgevoerd. Uit deze analyse is te zien dat er geen verschil is tussen de groepen (P-value = 0,71 > 0,05). Figuur 1 van deze bijlage is een grafische weergave van de ANOVA analyse, verkregen met de tool Multcompare van Matlab®. Hieruit blijkt dat er geen verschil is tussen de trends op verkeersbelaste stations van verschillende regio's. De vergelijkingen tussen de perioden en tussen de stationstypen zijn weergegeven in Figuur 2 en Figuur 3 van deze bijlage.

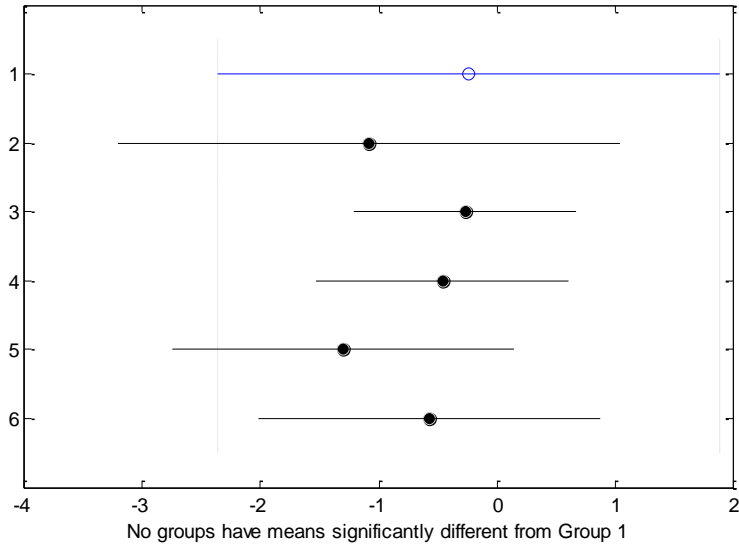
Anova: Single Factor

#### SUMMARY

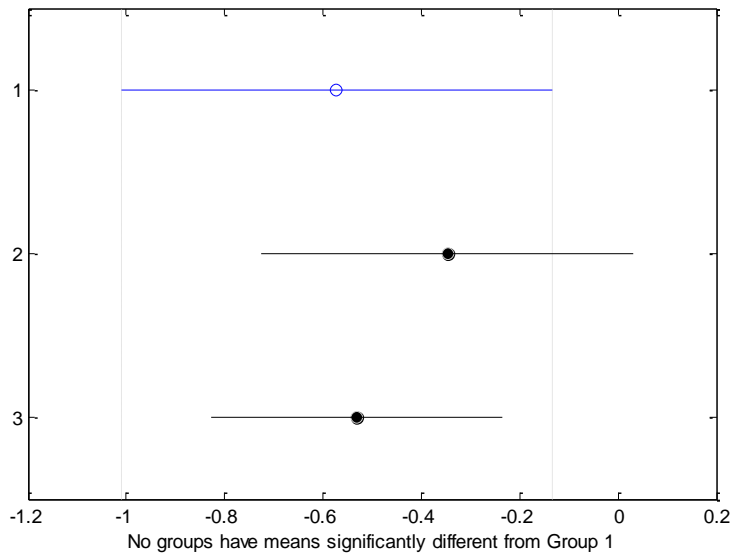
Groups	Count	Sum	Average	Variance
Column 1	1	-0.234805	-0.234805	#DIV/0!
Column 2	1	-1.086991	-1.086991	#DIV/0!
Column 3	6	-1.597083	-0.26618	1.020196
Column 4	4	-1.838	-0.4595	0.557985
Column 5	2	-2.602542	-1.301271	0.226567
Column 6	2	-1.131958	-0.565979	0.042763

#### ANOVA

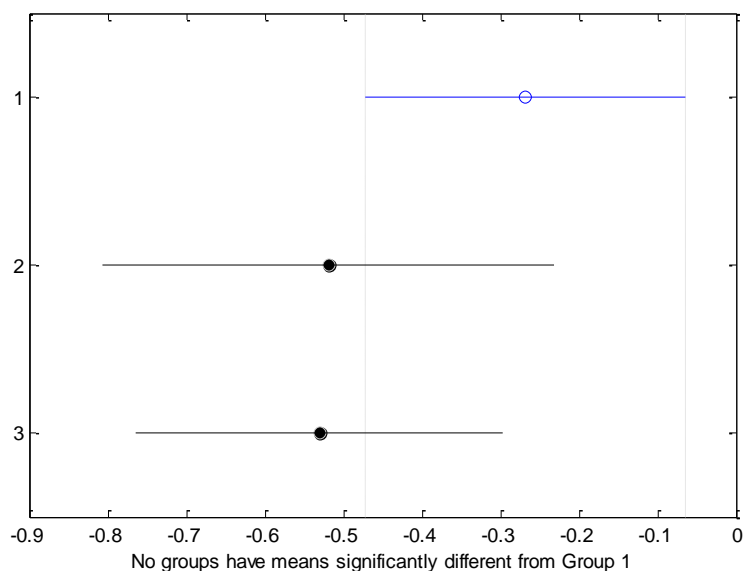
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	2.027162	5	0.405432	0.57555	0.718293	3.325835
Within Groups	7.044264	10	0.704426			
Total	9.071426	15				



Figuur 1 Bijlage 5: Vergelijking tussen de trends op verkeersbelaste stations in verschillende regio's: groep 1: Noord, groep 2: Midden, groep 3: Amsterdam, groep 4: Rotterdam, groep 5: Utrecht en groep 6: Eindhoven. Data vanaf 2004.



Figuur 2 Bijlage 5: Vergelijking tussen de trends op verkeersbelaste stations in Nederland over verschillende perioden: groep 1: data vanaf 1993, groep 2: data vanaf 1999 en groep 3: data vanaf 2004. Het verschil tussen de trends over deze perioden is niet significant.



*Figuur 3 Bijlage 5: Vergelijking tussen de trends vanaf 2004 op verschillende stationstypen in Nederland: groep 1: regionale achtergrondlocaties, groep 2: stedelijke achtergrondlocaties, groep 3: verkeersbelaste locaties. Het verschil tussen de trends op verschillende stationstypen is niet significant.*

Conclusie: ook met deze statistische methoden lukt het niet om significante verschillen tussen de trends in  $\text{NO}_2$ -concentraties van de straatstations van diverse regio's aan te tonen.

## Bijlage 6 De fractie door wegverkeer uitgestoten NO<sub>2</sub>

In 2009 heeft het RIVM de fractie direct door wegverkeer uitgestoten NO<sub>2</sub> geschat (Mooibroek en Wesseling, 2009) uit metingen van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML).

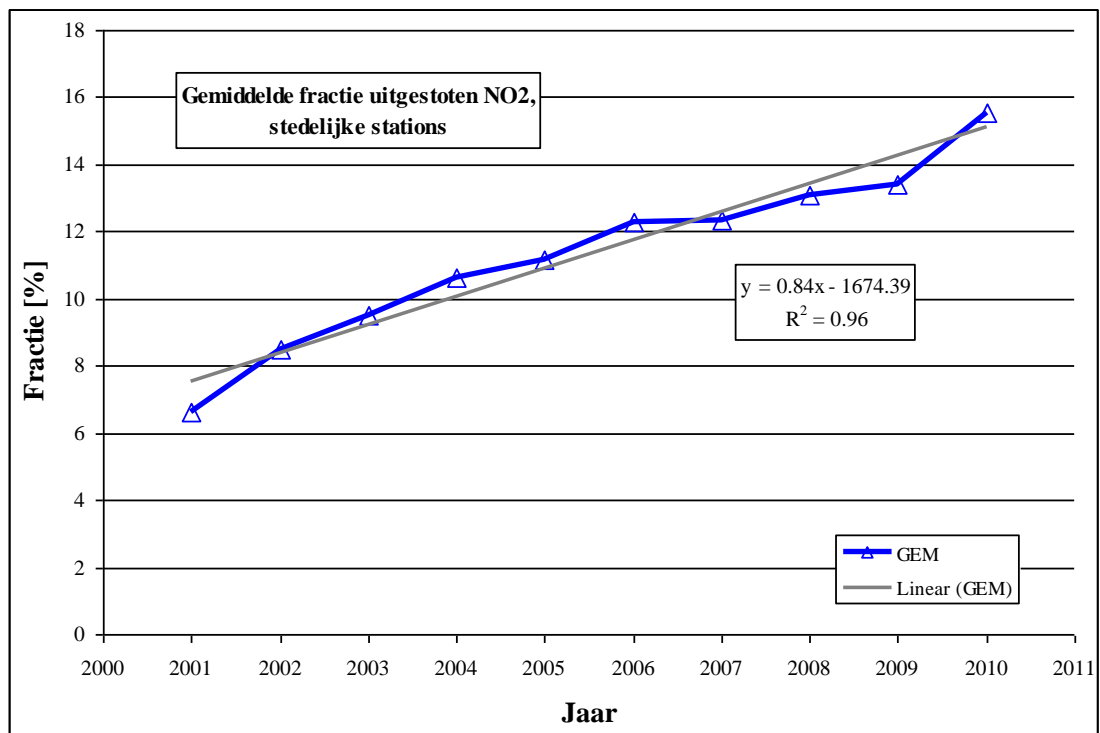
Op basis van de resultaten van de studie werd geconcludeerd dat de gemiddelde fractie direct uitgestoten NO<sub>2</sub> op verkeersbelaste stations varieert van circa 7% in 2000 tot circa 14% in 2007. Het 95%-betrouwbaarheidsinterval van de fractie was 2-4%, afhankelijk van de locatie. De fractie is 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. De geschatte fracties voor binnenstedelijk verkeer zijn iets lager.

De fracties directe uitstoot zoals die uit de door het ministerie van VROM beschikbaar gestelde emissiefactoren waren bepaald, kwamen redelijk goed overeen met de gemeten waarden. Er was wel sprake van een kleine onderschatting van de berekende fractie van (relatief) 10-15%. Vergeleken met het buitenland, waren de in Nederland gemeten fracties grofweg gemiddeld. Het was opvallend dat de fracties in Duitsland en Engeland 30-40% hoger liggen dan in Nederland.

Voor de huidige studie zijn de metingen van het LML gebruikt om de fracties direct uitgestoten NO<sub>2</sub> ook voor de jaren 2008 t/m 2010 te schatten, zie onderstaande tabel. De kolom "GEM" geeft het gemiddelde van de waarden op de stedelijke stations, dus zonder Breukelen.

Jaar / LML	236	433	447	537	544	636	639	641	GEM
2001	4	6				7	9	8	6.6
2002	9	8				6	11	10	8.5
2003	11	6				8	13	11	9.5
2004	11	9				10	12	11	10.6
2005	6	11	10	15	13	11	12	14	11,2
2006	9	11	10	16	16		12	15	12.3
2007	11	12	10	15	16		11	18	12.3
2008	8	14	12	16	17		11	20	13.1
2009	13	11		16	16		11	19	13.4
2010	15	12		16	20		15	20	15.5

In 2008 en 2009 bedroegen de fracties middelzwaar en zwaar vrachtverkeer langs de stedelijke stations van het LML gemiddeld 3,5% en 1,6%. Op basis van de meest recente emissiefactoren voor wegverkeer uit 2011 voor het jaar 2010 (voor eerdere jaren zijn geen emissiefactoren bekend gemaakt) leidt dit tot fracties direct uitgestoten NO<sub>2</sub> van 12,3%, iets lager dan de 13,1-13,4% die uit de analyse volgt. De onzekerheden zijn echter aanzienlijk en ruimschoots groter dan de verschillen. Het verloop van de gemiddelde fractie NO<sub>2</sub> is in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 17 Bijlage 6: Verloop van gemiddelde NO<sub>2</sub> fractie.

Bijlage 7 Trends in PM<sub>10</sub>-concentratie

Trends in PM<sub>10</sub>-concentratie per station en per zone/agglomeratie. Getallen in *italic* zijn niet significant.

Station		Zone/Agglomeratie	1993-2010	1999-2010	2004-2010
LML131(R)	Vredepeel-Vredeweg	Zone Zuid	-0,8 ± 0,2	-0,8 ± 0,3	-0,3 ± 0,3
LML133(R)	Wijnandsrade-Opfergeltstraat	Aggl. Kerkrade/Heerlen	-0,7 ± 0,2	-0,5 ± 0,4	-0,7 ± 1,1
LML230(R)	Biest Houtakker-Biestsestraat	Zone Zuid	-0,6 ± 0,2	-0,2 ± 0,3	-0,3 ± 0,8
LML235(R)	Huijbergen-Vennekenstraat	Zone Zuid			-1,4 ± 0,6
LML318(R)	Philippine-Stelleweg	Zone Zuid	-1,0 ± 0,2	-0,7 ± 0,3	-0,5 ± 0,7
LML437(R)	Westmaas-Groeneweg	Zone Midden	-0,7 ± 0,2	-0,6 ± 0,3	-0,5 ± 0,9
LML444(R)	De Zilk-Vogelaarsdreef	Zone Midden	-0,6 ± 0,2	-0,5 ± 0,3	-1,0 ± 0,5
LML538(R)	Wieringerwerf-Medemblikkerweg	Zone Midden	-0,6 ± 0,3	-0,6 ± 0,4	-0,4 ± 0,6
LML631(R)	Biddinghuizen-Hoekwantweg	Zone Noord			-0,3 ± 0,3
LML633(R)	Zegveld-Oude Meije	Zone Midden			0,1 ± 0,4
LML722(R)	Eibergen-Lintveldseweg	Zone Midden	-0,5 ± 0,2	0,0 ± 0,3	-0,4 ± 0,6
LML738(R)	Wekerom-Riemterdijk	Zone Midden	-0,7 ± 0,2	-0,4 ± 0,4	-0,4 ± 1,0
LML807(R)	Hellendoorn-Luttenbergerweg	Zone Noord			-0,4 ± 0,6
LML818(R)	Barsbeek-De Veenen	Zone Noord			-1,3 ± 0,8
LML918(R)	Balk-Trophornsterweg	Zone Noord			-0,2 ± 0,1
LML929(R)	Valthermond-Noorderdiep	Zone Noord	-0,4 ± 0,2	-0,4 ± 0,4	-0,9 ± 1,0
LML934(R)	Kollumerwaard-Hooge Zuidwal	Zone Noord			-1,1 ± 0,7
LML137(UB)	Heerlen-Deken Nicolayestraat	Aggl. Kerkrade/Heerlen			-1,0 ± 0,8
LML241(UB)	Breda-Bastenakenstraat	Zone Zuid			-1,9 ± 0,7
LML404(UB)	Den Haag-Rebecquestraat	Aggl. Den Haag/Leiden	-0,7 ± 0,2	-0,7 ± 0,3	-0,6 ± 0,6
LML418(UB)	Rotterdam-Schiedamsevest	Aggl. Rotterdam/Dordrecht	-0,7 ± 0,2	-0,8 ± 0,4	-1,5 ± 0,7
LML441(UB)	Dordrecht-Frisostraat	Aggl. Rotterdam/Dordrecht	-0,6 ± 0,2	-0,3 ± 0,4	-0,1 ± 0,9
LML520(UB)	Amsterdam-Florapark	Aggl. Amsterdam/Haarlem	-0,7 ± 0,3	-0,2 ± 0,4	
LML136(S)	Heerlen-Looierstraat	Aggl. Kerkrade/Heerlen			-0,5 ± 0,6

LML236(S)	Eindhoven-Genovevalaan	Aggl. Eindhoven	-0,7 ± 0,2	-0,6 ± 0,4	-1,6 ± 0,2
LML237(S)	Eindhoven-Noordbrabantlaan	Aggl. Eindhoven			-0,8 ± 0,3
LML433(S)	Vlaardingen-Floreslaan	Aggl. Rotterdam/Dordrecht	-0,8 ± 0,2	-0,5 ± 0,3	-0,4 ± 0,5
LML447(S)	Leiden-Willem de Zwijgerlaan	Aggl. Den Haag/Leiden			0,3 ± 0,6
LML537(S)	Haarlem-Amsterdamsevaart	Aggl. Amsterdam/Haarlem			-1,3 ± 0,8
LML544(S)	Amsterdam-Prins Bernhardplein	Aggl. Amsterdam/Haarlem			0,3 ± 0,4
LML636(S)	Utrecht-de Jongweg	Aggl. Utrecht			-0,6 ± 0,5
LML639(S)	Utrecht-Erzejstraat	Aggl. Utrecht	-0,8 ± 0,3	-0,6 ± 0,3	-0,9 ± 0,9
LML641(S)	Breukelen-Snelweg	Zone Midden	-0,6 ± 0,3	-0,4 ± 0,6	
LML741(S)	Nijmegen-Graafseweg	Zone Midden			-1,6 ± 1,1
LML937(S)	Groningen-Europaweg	Zone Noord			-0,9 ± 0,7
GGD7(S)	Amsterdam-Einsteinweg (snelweg)	Aggl. Amsterdam/Haarlem		-0,6 ± 0,3	-1,3 ± 0,5
GGD14(UB)	Amsterdam-Overtoom	Aggl. Amsterdam/Haarlem		-0,2 ± 0,2	-0,6 ± 0,3
GGD17(S)	Amsterdam-Stadhouderskade	Aggl. Amsterdam/Haarlem		-0,3 ± 0,5	-1,6 ± 0,7
DCMR485(UB)	Rotterdam-Leemkuil	Aggl. Rotterdam/Dordrecht			-0,8 ± 0,5
DCMR489(S)	Ridderkerk-Hogeweg	Aggl. Rotterdam/Dordrecht			-0,9 ± 0,9
DCMR491(S)	Rotterdam-Oostsideling	Aggl. Rotterdam/Dordrecht			-0,8 ± 0,2
DCMR494(UB)	Schiedam-Alhpons Ariensstraat	Aggl. Rotterdam/Dordrecht			-0,9 ± 0,4
DCMR495(UB)	Maassluis-Kwartellaan	Aggl. Rotterdam/Dordrecht			-0,9 ± 0,4
		Nederland	-0,7 ± 0,1	-0,5 ± 0,2	-0,8 ± 0,2
		Zone Noord	-0,4 ± 0,2	-0,4 ± 0,4	-0,7 ± 0,3
		Zone Midden	-0,6 ± 0,1	-0,5 ± 0,2	-0,6 ± 0,3
		Zone Zuid	-0,8 ± 0,1	-0,6 ± 0,2	-0,7 ± 0,3
		Aggl. Amsterdam/Haarlem	-0,7 ± 0,3	-0,3 ± 0,3	-1,0 ± 0,2
		Aggl. Rotterdam/Dordrecht	-0,7 ± 0,2	-0,5 ± 0,2	-1,0 ± 0,4
		Aggl. Den Haag/Leiden	-0,7 ± 0,2	-0,7 ± 0,3	-0,3 ± 0,4
		Aggl. Utrecht	-0,8 ± 0,3	-0,6 ± 0,3	-0,8 ± 0,4
		Aggl. Eindhoven	-0,7 ± 0,2	-0,6 ± 0,4	-1,2 ± 0,2
		Aggl. Kerkrade/Heerlen	-0,7 ± 0,2	-0,5 ± 0,4	-0,4 ± 0,7

.....

R. Hoogerbrugge | P.L. Nguyen | J.P. Wesseling | A. Snijder |  
Y. Stokkermans | S. van der Zee | J. Visser

.....

RIVM rapport 680704017/2012

Dit is een uitgave van:



**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

april 2012

