



**GGD**  
**Amsterdam**

Versie  
juni 2017

# Luchtverontreiniging Amsterdam 2016

**In opdracht van:**

Gemeente Amsterdam  
Postbus 202  
1000 AE AMSTERDAM

Amsterdam, 15 juni 2017

**Auteur(s)** S.C. van der Zee en H.J.P. Helmink

GGD Amsterdam  
Afdeling Leefomgeving teams Milieu & Gezondheid en Luchtkwaliteit  
Postbus 2200  
1000 CE AMSTERDAM

auteur  
projectnr

S.C van der Zee  15-06-2017  
42 blz

doc 17-1130

beoordeeld  
goedgekeurd

J.H. Visser  15-06-2017  
F. Woudenberg 15-06-2017

**Aan de totstandkoming van deze rapportage werkten mee:**

Dave de Jonge (datavalidatie)  
Jorrit van der Laan(kwaliteitsborging)  
Peter Koopman (bemonstering)  
Mariska Hoonhout (bemonstering)  
Saskia van der Zee (beoordeling meetlocaties)

© GGD, Amsterdam, Nederland. Alle rechten voorbehouden.

GGD Amsterdam en/of de met haar gelieerde maatschappijen zijn niet aansprakelijk voor enige directe indirecte, bijkomstige of gevolgschade ontstaan door of bij het gebruik van de informatie of gegevens uit dit document, of door de onmogelijkheid die informatie of gegevens te gebruiken. De inhoud van dit rapport mag aan derden niet anders dan als één geheel worden ontsloten, voorzien van bovengenoemde aanduidingen met betrekking tot auteursrechten en aansprakelijkheid.

# Inhoud

<b>samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>8</b>
1.1 Achtergrond	8
1.2 Accreditatie	8
1.3 Wettelijk kader	9
1.4 Luchtkwaliteit en gezondheid	9
1.5 Componenten	9
1.6 Meetlocaties	11
1.7 Gezondheidskundige advieswaarden (WHO)	15
1.8 Luchtkwaliteitsindex	16
<b>2 Meethoden</b>	<b>17</b>
2.1 Meetmethoden	17
2.2 Validatie	18
2.3 Trendanalyse	18
<b>3 Resultaten</b>	<b>20</b>
3.1 Meteorologie	20
3.2 PM <sub>10</sub> en PM <sub>2.5</sub>	20
3.3 Roet	25
3.4 Stikstofdioxide (NO <sub>2</sub> )	27
3.5 Ozon	30
3.6 SO <sub>2</sub> , CO, benzeen	31
<b>4 Variatie in de tijd en invloed van het weer</b>	<b>32</b>

## samenvatting

### *Inleiding*

Deze rapportage beschrijft de meetresultaten over het jaar 2016 van het Amsterdamse luchtmeetnet. De rapportage bestaat uit twee delen: een hoofdrapport en een Bijlage rapport waarin alle achtergrondinformatie is te vinden.

Wettelijke toetsing van de luchtkwaliteit gebeurt in Nederland, dus ook in Amsterdam, op basis van berekeningen. Deze berekeningen worden jaarlijks uitgevoerd door het RIVM met de Monitoringstool. De wettelijke toetsing van de luchtkwaliteit over het jaar 2016 zal naar verwachting eind 2017 beschikbaar komen.

In Amsterdam wordt de luchtkwaliteit ook uitgebreid gemeten: het luchtmeetnet van de gemeente Amsterdam is begin jaren '70 opgezet en is het grootste lokale luchtmeetnet in Nederland. Het automatisch luchtmeetnet voldoet aan alle eisen die vanuit de EU worden gesteld en is geaccrediteerd volgens NEN EN ISO/IEC 17025:2005.

Het Amsterdamse luchtmeetnet is primair gericht op het meten van componenten die voor de gezondheid belangrijk zijn. Daarom wordt fijn stof uitgebreid gemeten, niet alleen als PM<sub>10</sub> (deeltjes met een diameter < 10 micrometer) en PM<sub>2.5</sub> (deeltjes met een diameter < 2,5 micrometer) maar ook als 'Black Carbon' (roet). Roetdeeltjes zitten voor het grootste deel in de ultrafijne fractie van het fijn stof (< 0,1 micrometer). Metingen van gasvormige verbindingen, waaronder stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>), geven inzicht in de bijdrage van lokale bronnen zoals wegverkeer. Hoewel vrijwel overal in Nederland – ook vrijwel overal in Amsterdam – aan de wettelijke grenswaarden wordt voldaan, is blootstelling aan luchtverontreiniging verantwoordelijk voor 4,5% van de totale ziektelast. Dat is minder dan de ziektelast door roken (13,1%), vergelijkbaar met de ziektelast door overgewicht (5%) en meer dan de ziektelast die het gevolg is van te weinig bewegen (3,5%) en overmatig alcoholgebruik (2,8%). De wettelijke grenswaarden beschermen dus niet tegen het optreden van schade aan de gezondheid. Daarom is het belangrijk dat de luchtkwaliteit verder verbetert, ook onder de norm.

Het Amsterdamse luchtmeetnet ([www.luchtmeetnet.nl](http://www.luchtmeetnet.nl)) bestond in 2016 uit 11 automatische meetstations waar diverse stofvormige en gasvormige componenten op uurgemiddelde basis worden gemeten. Daarnaast zijn er twee meetstations in het Westelijk Havengebied. Van de 11 Amsterdamse meetstations waren er 4 gelegen langs drukke binnenstedelijke wegen, 1 langs de A10-West en 6 op relatief rustige locaties op afstand van lokale bronnen (zogenaamde stadsachtergrondstations).

In aanvulling op de automatische meetstations wordt op 110 locaties verspreid over de stad de jaargemiddelde stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) concentratie gemeten met een eenvoudige, passieve meetmethode. Dit zogenaamde Palmes meetnet geeft meer inzicht in de ruimtelijke variatie in de NO<sub>2</sub> concentratie. Ook worden de gemeten NO<sub>2</sub> concentraties regelmatig vergeleken met de NO<sub>2</sub> concentraties zoals die met de Monitoringstool berekend worden. Deze meet-rekenvergelijking wordt in opdracht van de gemeente Amsterdam uitgevoerd (niet door de GGD) en valt buiten het bestek van de GGD rapportages.

### *Methode*

De in 2016 gemeten concentraties fijn stof en gasvormige verbindingen worden dit jaar voor het eerst vergeleken met de gezondheidskundige advieswaarden zoals die door de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) zijn vastgesteld. Daarbij moet worden opgemerkt dat de gezondheidskundige advieswaarden voor fijn stof, met name voor PM<sub>2.5</sub>, een stuk strenger zijn dan de wettelijke grenswaarden en in grote delen van Nederland worden overschreden.

Omdat de luchtkwaliteit van jaar tot jaar mede varieert door verschillen in weersomstandigheden is voor een goed inzicht in de ontwikkeling van de luchtkwaliteit (trendanalyse) een langjarige meetreeks nodig. Daarom is een trendanalyse uitgevoerd voor de periode 2008-2016. Tevens wordt aandacht besteed aan de invloed van het weer op de luchtkwaliteit en op de variatie binnen de dag, de week en het jaar.

### *Resultaten*

In 2016 was er ten opzichte van het langjarig gemiddelde en vooral ten opzichte van 2015 meer oostenwind, minder westenwind en een lagere windsnelheid. In 2016 waren de stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) concentraties gemiddeld iets hoger dan in 2015, de fijn stof en roetconcentratie was nagenoeg gelijk. Dit hangt vermoedelijk samen met de bovengenoemde subtiele verschillen in het weer. Gemiddeld over een langere periode is er nog steeds sprake van een verbetering van de luchtkwaliteit.

De WHO heeft voor **PM<sub>10</sub>** gezondheidskundige advieswaarden opgesteld voor lange termijn blootstelling (20 µg/m<sup>3</sup> als jaargemiddelde) en voor korte termijn blootstelling (maximaal 3 dagen met een daggemiddelde PM<sub>10</sub> concentratie hoger dan 50 µg/m<sup>3</sup>).

De PM<sub>10</sub> concentratie was in 2016 gemiddeld 19,3 µg/m<sup>3</sup> op achtergrondstations, 21,9 µg/m<sup>3</sup> op binnenstedelijke straatstations, en 23,4 µg/m<sup>3</sup> langs de A10-West. Alleen op achtergrondstation Vondelpark werd, met een jaargemiddelde concentratie van 17,0 µg/m<sup>3</sup>, voldaan aan de WHO grenswaarde van 20 µg/m<sup>3</sup> als jaargemiddelde. Op beide achtergrondstations (Vondelpark en Westerpark) werd voldaan aan de WHO grenswaarde voor het daggemiddelde. Op alle straatstations werd zowel de grenswaarde voor het jaargemiddelde als voor het daggemiddelde overschreden. Gemiddeld over de periode 2008-2016 nemen de PM<sub>10</sub> concentraties af met 0,8 µg/m<sup>3</sup> per jaar op achtergrondstations en 0,9 µg/m<sup>3</sup> op binnenstedelijke straatstations en de A10-West. Als de PM<sub>10</sub> concentraties in dit tempo blijven afnemen zou binnen een paar jaar aan de huidige WHO grenswaarden worden voldaan. De WHO is echter bezig met een herziening van de gezondheidskundige advieswaarden voor fijn stof en de verwachting is dat deze rond 2020 aangepast zullen worden.

Ook voor **PM<sub>2.5</sub>** heeft de WHO gezondheidskundige advieswaarden opgesteld voor lange termijn blootstelling (10 µg/m<sup>3</sup> als jaargemiddelde) en voor korte termijn blootstelling (maximaal 3 dagen met een daggemiddelde PM<sub>2.5</sub> concentratie hoger dan 25 µg/m<sup>3</sup>).

De PM<sub>2.5</sub> concentratie was in 2016 gemiddeld 13,2 µg/m<sup>3</sup> op achtergrondstations, 14,1 µg/m<sup>3</sup> op binnenstedelijke straatstations en 14,3 µg/m<sup>3</sup> langs de A10-West. Op geen van de meetstations werd voldaan aan de gezondheidskundige advieswaarde van 10 µg/m<sup>3</sup> als jaargemiddelde. Ook werd de gezondheidskundige advieswaarde van de WHO voor het daggemiddelde op alle meetstations ruim overschreden.

De trend in de PM<sub>2.5</sub> concentratie kan om meettechnische redenen alleen voor de periode vanaf 2010 worden geanalyseerd. Gemiddeld over de periode 2010-2016 nemen de PM<sub>2.5</sub> concentraties af met gemiddeld 0,9 µg/m<sup>3</sup> per jaar op binnenstedelijke straatstations, 1,1 µg/m<sup>3</sup> per jaar langs de A10-West en 1,0 µg/m<sup>3</sup> per jaar op achtergrondstations (n.b. voor PM<sub>10</sub> is de afname in de periode 2010-2016 iets groter dan in de periode 2008-2016). De afname in de PM<sub>10</sub> concentratie wordt dus voor het grootste deel bepaald door een afname in de (fijnere) PM<sub>2.5</sub> fractie.

Voor **Black Carbon (roet)** heeft de WHO geen gezondheidskundige advieswaarden opgesteld. De reden is dat er verschillende meetmethoden gebruikt worden om 'roet' te meten die niet exact met elkaar vergelijkbaar zijn. De WHO heeft wel een uitgebreide beschrijving gegeven van de gezondheidseffecten van roet en geeft aan dat het belangrijk is om de blootstelling aan roet zoveel mogelijk terug te dringen (WHO, 2012). De Black Carbon (roet) concentratie op achtergrondstations was in 2016 gemiddeld 0,9

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Op binnenstedelijke straatstations was de roetconcentratie gemiddeld  $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , langs de A10-West werd een jaargemiddelde concentratie van  $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gemeten. Het contrast in roetconcentratie tussen verkeersbelaste – en achtergrondstations is veel groter dan voor fijn stof gedefinieerd als PM<sub>10</sub> of PM<sub>2.5</sub>. Dat komt doordat roetdeeltjes voor het grootste deel in de ultrafijne fractie ( $< 0,1$  micrometer) zitten en dus maar heel weinig wegen. Daarom dragen deze deeltjes maar weinig bij aan de massaconcentratie PM<sub>10</sub> of PM<sub>2.5</sub>.

Vanaf 2012 wordt de roetconcentratie in het Amsterdamse meetnet gemeten als "Black Carbon". De eerste jaren op 5 meetstations, in 2015 is daar nog een straatstation (Jan van Galenstraat) aan toegevoegd. De meetreeks van 5 jaar die nu beschikbaar is, is te kort om een betrouwbare trendanalyse uit te voeren. De roetconcentratie in 2016 was echter op alle meetstations lager dan in het startjaar 2012.

De WHO heeft voor **stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>)** alleen een gezondheidskundige advieswaarde opgesteld voor lange termijn blootstelling ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als jaargemiddelde). De WHO geeft daarbij aan dat voor NO<sub>2</sub> als indicator voor wegverkeer eigenlijk een lagere waarde zou moeten gelden, maar niet hoeveel lager die zou moeten zijn. De WHO is bezig met een herziening van de gezondheidskundige advieswaarden voor NO<sub>2</sub> en de verwachting is dat deze rond 2020 aangepast zullen worden.

De NO<sub>2</sub> concentratie werd in 2016 (inclusief het Palmes meetnet) gemeten op 65 straatlocaties en 48 achtergrondlocaties. De NO<sub>2</sub> concentratie op straatlocaties was gemiddeld  $41,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , met een spreiding van  $27,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  tot  $55,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Op 35 van de 65 straatlocaties (54%) werd de WHO grenswaarde van  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als jaargemiddelde overschreden. Op achtergrondlocaties was de NO<sub>2</sub> concentratie gemiddeld  $27,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; met een spreiding van  $21,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  tot  $41,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De WHO grenswaarde werd op slechts één (2%) achtergrondlocatie overschreden.

In de periode 2008-2016 nemen de NO<sub>2</sub> concentratie op achtergrondlocaties af met gemiddeld  $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per jaar. Op straatlocaties nemen de NO<sub>2</sub> concentraties af met gemiddeld  $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per jaar.

Dat de gezondheidskundige advieswaarden van de WHO voor PM<sub>2.5</sub> worden overschreden op alle meetstations, voor PM<sub>10</sub> op bijna alle meetstations en voor NO<sub>2</sub> op een deel van de meetstations onderstreept het gezondheidskundig belang van verdergaande verbetering van de luchtkwaliteit in Amsterdam. Overigens werden de WHO advieswaarden in voorgaande jaren ook, en op meer meetstations, overschreden: de trendanalyse laat immers zien dat de luchtkwaliteit verbetert.

#### *Factoren die de luchtkwaliteit beïnvloeden*

De luchtkwaliteit varieert binnen een dag, van dag tot dag en van maand tot maand door verschillen in uitstoot en weer. De laagste NO<sub>2</sub> en roetconcentraties op straatstations worden gemeten tussen 3 en 5 uur 's nachts, de hoogste concentraties tijdens de ochtendspits (8-9 uur). Overigens treedt dit patroon alleen op werkdagen op, in het weekend zijn de concentraties lager en is er minder variatie over de dag. De laagste NO<sub>2</sub> en roetconcentraties worden gemeten op zondag, de hoogste op dinsdag. De verschillen tussen werkdagen zijn echter klein (enkele tientallen procenten) ten opzichte van de verschillen die binnen een werkdag optreden (tot een factor 2 of meer). Op achtergrondstations zijn de verschillen binnen de dag en binnen de week (uiteraard) veel kleiner dan op straatstations, omdat deze metingen op afstand van lokaal verkeer plaatsvinden. Ook voor PM<sub>10</sub> en PM<sub>2.5</sub> is de variatie binnen dag en week beperkt op zowel straat- als achtergrondstations, omdat de lokale bijdrage van het wegverkeer aan de PM<sub>10</sub> en PM<sub>2.5</sub> concentraties beperkt is.

De NO<sub>2</sub> en roetconcentraties zijn het laagst in de zomermaanden en het hoogste in de wintermaanden. Het verschil in concentratie in de maand met de hoogste concentratie (december 2016) en laagste concentratie (juli 2016) loopt op tot bijna een factor 2. Ook voor PM<sub>10</sub> en PM<sub>2.5</sub> geldt dat de concentraties in de winter hoger zijn dan in de zomer maar het contrast is minder groot dan voor NO<sub>2</sub> en roet.

Windrichting en vooral windsnelheid hebben een grote invloed op de gemeten concentraties. Wind vanuit oostelijke en zuidelijke richting gaat gepaard met hogere concentraties dan wind vanuit het relatief schone westen en noorden. Dat heeft zowel te maken met de aanvoer van verontreiniging van grote afstand als met de (ook met windrichting samenhangende) windsnelheid. Bij hoge windsnelheid wordt de uitstoot van lokale bronnen snel verdund, bij lage windsnelheid blijft deze 'hangen'.

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Het Amsterdamse luchtmeetnet is primair gericht op het meten van componenten die voor de gezondheid belangrijk zijn. Daarom wordt fijn stof uitgebreid gemeten, niet alleen als PM<sub>10</sub> (deeltjes met een diameter < 10 micrometer) en PM<sub>2.5</sub> (deeltjes met een diameter < 2,5 micrometer) maar ook als 'Black Carbon' (roet). Roetdeeltjes zitten voor het grootste deel in de ultrafijne fractie van het fijn stof (< 0,1 micrometer). Metingen van gasvormige verbindingen, waaronder stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>), geven inzicht in de bijdrage van lokale bronnen zoals wegverkeer.

Dit rapport beschrijft de meetresultaten over het jaar 2016 van het geautomatiseerde luchtmeetnet en het Palmes netwerk van Amsterdam. Het geautomatiseerde luchtmeetnet bestaat uit 11 meetstations waar continu (24/7) de luchtkwaliteit wordt gemeten. De meetresultaten zijn online te bekijken via de website [www.luchtmeetnet.nl](http://www.luchtmeetnet.nl). Dit is een gezamenlijke website van RIVM, DCMR en GGD Amsterdam waarop alle automatische meetstations in Nederland zijn weergegeven.

Het Palmes netwerk bestond in 2016 uit 110 meetlocaties waar met behulp van meetbuisjes de jaargemiddelde stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) concentratie wordt gemeten op basis van 13 perioden van 4 weken.

## 1.2 Accreditatie

Op 25 augustus 2005 heeft de Raad voor Accreditatie vastgesteld dat de toenmalige afdeling luchtonderzoek van de GGD Amsterdam voldoet aan accreditatiecriteria voor testlaboratoria zoals vastgelegd in NEN EN ISO/IEC 17025:2005. De accreditatie omvat het kwaliteitssysteem van het laboratorium evenals de specifieke verrichtingen en onderzoeksgebieden. De actuele scope is in te zien via [www.RvA.nl](http://www.RvA.nl) onder certificaatnummer L426.

Naast het de resultaten van het geautomatiseerde luchtmeetnet zijn in deze rapportage de resultaten opgenomen van ruim 100 locaties waarop met behulp van Palmes diffusiebuizen de stikstofdioxideconcentratie wordt gemeten. Deze meetresultaten vallen niet onder de accreditatie van de afdeling Leefomgeving van de GGD Amsterdam. De preparatie en analyse van de Palmes diffusiebuizen is uitgevoerd door Bureau Blauw in Wageningen. De accreditatie van deze organisatie is te vinden op [www.RvA.nl](http://www.RvA.nl) onder certificaatnummer L400.

Verdere interpretaties van de meetresultaten, waaronder de trendanalyses en de interpretaties op basis van Palmes diffusiebuizen, vallen eveneens niet onder de accreditatie van de afdeling Leefomgeving.



### 1.3 Wettelijk kader

Wettelijke toetsing van de luchtkwaliteit vindt in Nederland, dus ook in Amsterdam, plaats op basis van modelberekeningen. Deze berekeningen worden jaarlijks door het RIVM uitgevoerd, op basis van input over o.a. de verkeersintensiteit die door de diverse overheden worden aangeleverd. Meetgegevens van de GGD Amsterdam (en de meetnetten van het RIVM en DCMR) leveren input voor deze modelberekeningen. In de wetgeving is vastgelegd dat de luchtkwaliteit wordt berekend op wettelijke toetspunten, in de praktijk is dit aan de gevel van woningen of andere gebouwen waar mensen langdurig verblijven. Deze wettelijke toetsing met behulp van de Monitoringstool wordt aan het einde van elk jaar uitgevoerd voor het voorgaande kalenderjaar, en is dus nog niet beschikbaar voor het jaar 2016. Uitgebreide informatie over de Monitoringstool is te vinden op <http://www.nsl-monitoring.nl>.

### 1.4 Luchtkwaliteit en gezondheid

Hoewel vrijwel overal in Nederland – ook in Amsterdam – aan de wettelijke grenswaarden wordt voldaan, is blootstelling aan luchtverontreiniging verantwoordelijk voor 4,5% van de totale ziektelast door risicofactoren. Dat is minder dan de ziektelast door roken (13,1%), vergelijkbaar met de ziektelast door overgewicht (5%) en meer dan de ziektelast die het gevolg is van te weinig bewegen (3,5%) en overmatig alcoholgebruik (2,8%). De wettelijke grenswaarden beschermen dus niet tegen het optreden van schade aan de gezondheid. Daarom is het belangrijk dat de luchtkwaliteit verder verbetert, ook onder de norm. In deze jaarrapportage worden de gemeten concentraties voor het eerst vergeleken met de gezondheidkundige advieswaarden zoals die door de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) zijn opgesteld (zie paragraaf 1.7). Uitgebreide informatie over de relatie tussen luchtkwaliteit en gezondheid is te vinden op de website van de GGD Amsterdam (<http://www.ggd.amsterdam.nl/gezond-wonen/milieu-buitenshuis/luchtkwaliteit/>).

### 1.5 Componenten

De volgende gasvormige componenten worden gemeten: stikstofoxiden (NO en NO<sub>2</sub>), koolmonoxide (CO), ozon (O<sub>3</sub>), zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>) en vluchtige koolwaterstoffen (benzeen, toluen en xyleen). Daarnaast wordt fijn stof gemeten als PM<sub>10</sub> (deeltjes met een diameter kleiner dan 10 micrometer) en PM<sub>2.5</sub> (deeltjes met een diameter kleiner dan 2,5 micrometer). Daarnaast wordt de concentratie Black Carbon (roet) gemeten. De roetdeeltjes die door het wegverkeer (vooral dieselverkeer) worden uitgestoten bevinden zich voor een groot deel in de ultrafijne (<0,1 micrometer) fractie en zijn vanuit gezondheidkundig oogpunt relevant.

Hieronder volgt een nadere beschrijving van de componenten.

#### ***Fijn stof (PM<sub>10</sub> en PM<sub>2.5</sub>)***

Fijn stof is een verzamelnaam voor kleine, met het blote oog niet zichtbare, deeltjes die in de lucht zweven. Bijvoorbeeld roetdeeltjes of kleine stukjes autoband (slijtage). Deze deeltjes verschillen in oorsprong, grootte en samenstelling. Fijn stof is het onderdeel van luchtverontreiniging dat voor de

meeste gezondheidseffecten zorgt. Hoe kleiner de deeltjes zijn hoe dieper ze in de longen terecht komen en hoe meer schade ze kunnen aanrichten.

Fijn stof kan gedefinieerd worden als:

- **PM<sub>10</sub>** : Dit zijn deeltjes met een diameter kleiner dan 10 micrometer (0,01 millimeter)

- **PM<sub>2.5</sub>**: Dit zijn deeltjes met een diameter kleiner dan 2,5 micrometer. PM staat voor Particulate Matter.

Fijn stof is voor het grootste deel afkomstig van menselijke activiteiten zoals verkeer en industrie, maar kan ook een natuurlijke oorsprong hebben (bodemstof, zeezout). Voor een deel worden fijn stof deeltjes rechtstreeks uitgestoten (primaire fijn stof), voor een deel worden ze in de atmosfeer gevormd door chemische reacties van gasvormige verbindingen (secundaire fijn stof). De fijn stof deeltjes kunnen over een grote afstand, tot wel duizenden kilometers, getransporteerd worden.

In het algemeen geldt dat fijn stof dat als gevolg van verbrandingsprocessen wordt uitgestoten een (veel) kleinere diameter heeft dan stofdeeltjes die als gevolg van mechanische processen (slijtage, verwaaiing) in de lucht komen. Dit heeft tot gevolg dat het brondeel van verbrandingsprocessen in de PM<sub>2.5</sub> fractie groter is dan in de PM<sub>10</sub> fractie.

De PM<sub>10</sub> en PM<sub>2.5</sub> concentratie wordt uitgedrukt als het gewicht van de deeltjes per kubieke meter (microgram/m<sup>3</sup>).

Uit onderzoek is bekend dat fijn stof ook bij hele lage concentraties schadelijk is voor de gezondheid. Tot op heden is het niet mogelijk gebleken om een 'veilige grenswaarde' vast te stellen waar beneden er geen schade optreedt aan de gezondheid.

### **Roet**

Roetdeeltjes komen vooral vrij bij de verbranding van fossiele brandstoffen en maken deel uit van het PM<sub>10</sub> en PM<sub>2.5</sub> stof. Het wegverkeer (met name dieselmotoren) is een belangrijke bron van roet. Uit onderzoek blijkt dat met name dit dieselroet schadelijke effecten op de gezondheid heeft. Mede hierom is in het luchtkwaliteitsbeleid van de gemeente Amsterdam sterk ingezet op het terugdringen van de uitstoot van dieselmotoren.

Roetdeeltjes hebben een kern van koolstof en zitten voor het grootste deel in de ultrafijne fractie van het fijn stof (kleiner dan 0,1 micrometer), Na inademing kunnen deze deeltjes in de longblaasjes (alveoli) terecht komen, en uiteindelijk ook in de bloedbaan waarna ze in het hele lichaam schade kunnen aanrichten.

Roet is een algemene term, het gehalte roet kan op verschillende manieren worden vastgesteld. De GGD Amsterdam meet het roetgehalte sinds 2012 als 'Black Carbon'. Inmiddels is ook het RIVM overgegaan op het meten van roet als Black Carbon in het landelijk meetnet.

### **Stikstofoxiden (NO en NO<sub>2</sub>)**

Stikstofoxiden (NO en NO<sub>2</sub>) komen vrij bij verbrandingsprocessen en ontstaan door oxidatie van stikstof uit de lucht. Het grootste deel van de stikstofoxiden komt vrij als stikstofmonoxide (NO) maar dit molecuul heeft een korte levensduur en wordt snel omgezet in NO<sub>2</sub>. Overigens is NO in tegenstelling tot NO<sub>2</sub> niet schadelijk voor de gezondheid.

Het verkeer is de belangrijkste bron van NO<sub>2</sub>. NO<sub>2</sub> is schadelijk voor de gezondheid, maar omdat NO<sub>2</sub> in de buitenlucht altijd voorkomt in combinatie met andere door het verkeer uitgestoten componenten, is niet goed duidelijk of dit aan het NO<sub>2</sub> zelf ligt of dat NO<sub>2</sub> vooral een 'indicator' is voor het hele mengsel van schadelijke stoffen.

### ***Ozon (O<sub>3</sub>)***

Ozon (O<sub>3</sub>) wordt niet rechtstreeks door bronnen uitgestoten maar wordt in de atmosfeer gevormd onder invloed van zonlicht, door reacties van stikstofoxiden en vluchtige koolwaterstoffen (zie paragraaf 3.5). Vanwege de invloed van zonlicht zijn de ozonconcentraties in de winter veel lager dan in de zomer. Tijdens smogepisoden in de zomer kunnen kortdurende perioden met hoge ozonconcentraties optreden. In Amsterdam komt dat relatief weinig voor, dit heeft paradoxaal genoeg te maken met de intensiteit van het wegverkeer. Tijdens smogepisoden wordt het reeds gevormde ozon, dat van grote afstand wordt aangevoerd, 'weggevreten' door stikstofmonoxide.

### ***Koolmonoxide (CO)***

Koolmonoxide (CO) komt vrij bij onvolledige verbranding van fossiele brandstoffen. Het verkeer vormt de belangrijkste bron van CO emissie. In de atmosfeer oxideert CO tot CO<sub>2</sub> maar dit proces verloopt vrij langzaam. CO is bij concentraties zoals deze in de buitenlucht voorkomen niet schadelijk, maar is een goede en stabiele indicator voor de uitstoot van het wegverkeer. Benzinemotoren hebben een hogere CO emissie dan dieselmotoren, terwijl dieselmotoren juist meer fijn stof en NO<sub>x</sub> emitteren.

### ***Zwavedioxide (SO<sub>2</sub>)***

Zwavedioxide (SO<sub>2</sub>) komt vrij bij de verbranding van zwavelhoudende brandstoffen. De SO<sub>2</sub> concentraties zijn in de afgelopen decennia sterk gedaald. Dat was in eerste instantie te danken aan de overschakeling van fossiele brandstoffen op aardgas en vervolgens aan de toepassing van emissiebeperkende maatregelen in de industrie.

### ***Benzeen***

Benzeen is een bestanddeel van benzine. Ook de benzeenconcentraties zijn in de afgelopen decennia sterk gedaald, als gevolg van de invoering van de geregelde driewegkatalysator in begin van de jaren negentig, technische verbeteringen aan personenwagens en de verlaging van het benzeengehalte in benzine. Benzeen is echter een kankerverwekkende stof, waarvoor geen 'veilige' grenswaarde bestaat.

## **1.6 Meetlocaties**

### **Automatisch Luchtmeetnet**

Het automatisch Luchtmeetnet Amsterdam bestaat momenteel uit 11 meetstations, waarvan 6 stadsachtergrondstations en 5 straatstations.

Stadsachtergrondstations geven de achtergrondgehalten in Amsterdam weer zoals deze zich in rustige wijken, parken en achtertuinen voordoen. De achtergrondstations zijn ingericht op een afstand van tenminste enkele tientallen meters van een drukke straat. De meetstations Nieuwendammerdijk, Kantershof, Sportpark Ookmeer, Oudeschans, Vondelpark en Westerpark zijn typische achtergrondlocaties.

Straatstations geven een beeld van de gehalten zoals die worden gemeten in drukke straten. Van de vijf straatstations in Amsterdam ligt er één langs een rijksweg (A10-West) en 4 langs drukke binnenstedelijke wegen. De Stadhouderskade en Haarlemmerweg zijn beide eenzijdig bebouwde straten, waarbij het meetstation op de Stadhouderskade aan de onbebouwde kant is gelegen bij een kruispunt (stoplicht) en het meetstation op de Haarlemmerweg aan de bebouwde kant. De meetstations Van Diemenstraat en

Jan van Galenstraat liggen aan een tweezijdig bebouwde weg met aan beide zijden een fietspad en een trottoir. De van Diemenstraat kan worden gekarakteriseerd als een 'street canyon' waar de emissies van het wegverkeer relatief lang blijven hangen.

De meetstations Haarlemmerweg (002), Nieuwendammerdijk (003), van Diemenstraat (012), Vondelpark (014), A10-West (007) en Stadhouderskade (017) zijn al tientallen jaren in bedrijf, Westerpark (016) is eind jaren '90 toegevoegd. In 2005 zijn de meetstations Oudeschans (019), Kantershof (021) en Ookmeerweg (022) toegevoegd om een beter beeld te krijgen van de luchtkwaliteit op achtergrondlocaties, ook buiten de ring. Ook is straatstation Jan van Galenstraat is in 2005 aan het automatisch meetnet toegevoegd.

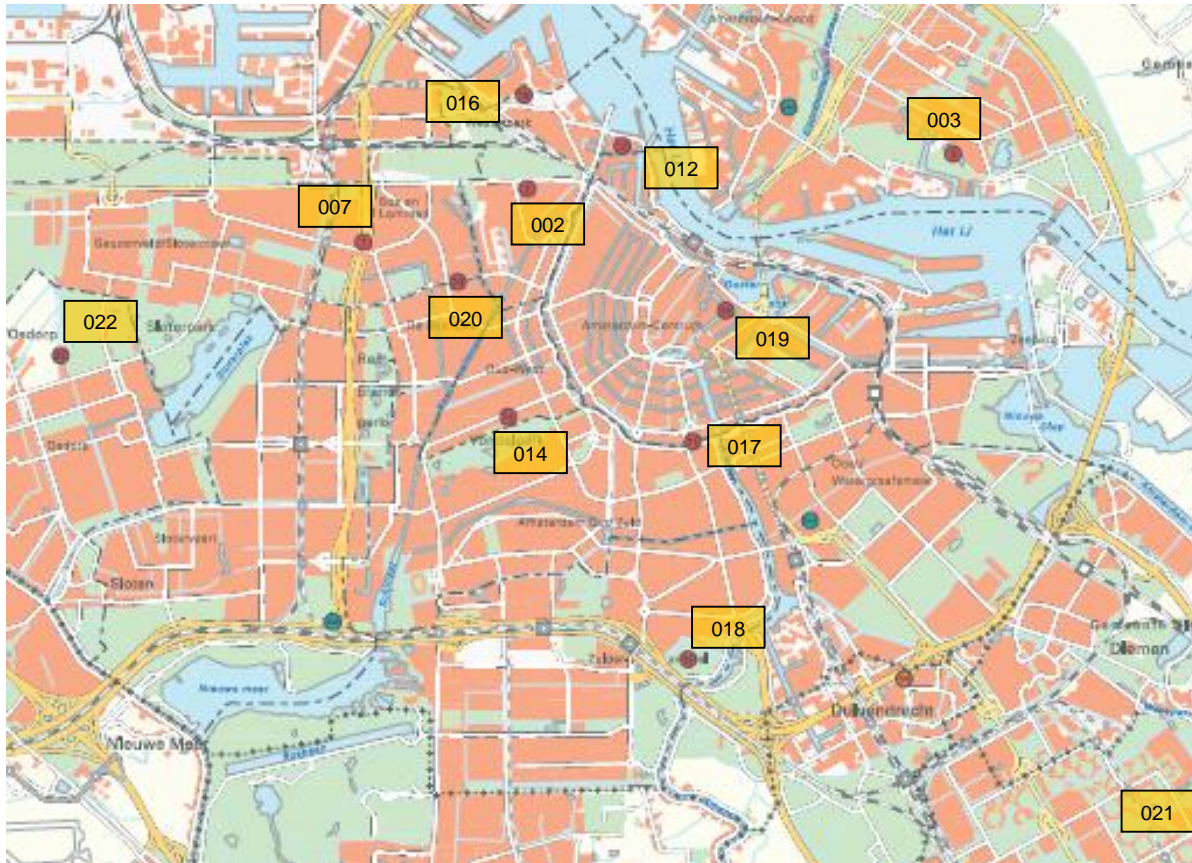
Tabel 1.1. Gemeten componenten per station

Naam station	Type station	NO	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	Black Carbon	Benzeen
2 Haarlemmerweg	Straat	Q	Q							
3 Nieuwendammerdijk	Stadsachtergrond	Q	Q		Q				Q	
7 Einsteinweg A10 west	Straat / Rijksweg	Q	Q	Q			Q	Q	Q	
12 Van Diemenstraat	Straat	Q	Q	Q	Q		Q	Q	Q	
14 Vondelpark	Stadsachtergrond	Q	Q	Q	Q		Q	Q	Q	
16 Westerpark	Stadsachtergrond					Q	Q	Q		
17 Stadhouderskade	Straat	Q	Q				Q	Q	Q	Q
19 Oude Schans	Stadsachtergrond	Q	Q							
20 Jan van Galenstraat	Straat	Q	Q				Q		Q	
21 Kantershof	Stadsachtergrond	Q	Q							
22 Sportpark Ookmeer	Stadsachtergrond	Q	Q							

Opgenomen in meetnet:



De met "Q" gemarkeerde verrichtingen voldoen aan de criteria van de NEN EN ISO/IEC 17025:2005



Copyright 2007 Gemeente Amsterdam Geo en Vastgoedinformatie

*Figuur 1.1. Locatie meetstations Automatisch Luchtmeetnet Amsterdam*

## Palmes meetnet

Om meer inzicht te krijgen in de ruimtelijke variatie in de NO<sub>2</sub> concentratie in de stad voert de GGD Amsterdam sinds 2003 aanvullend NO<sub>2</sub> metingen op een groot aantal locaties verspreid over de stad met behulp van Palmes diffusiebuisjes. Dit is een eenvoudige, goedkope meetmethode die – mits gecorrigeerd aan de referentiemetingen met chemiluminescentie zoals die op de automatische meetstations wordt uitgevoerd – de jaargemiddelde NO<sub>2</sub> concentraties goed in beeld kan brengen. De methode wordt in de Europese regelgeving geadviseerd als aanvullende meetmethode voor NO<sub>2</sub> (EC, 1999), en wordt ook in andere Europese landen op grote schaal gebruikt om de NO<sub>2</sub> concentratie te bepalen. Alleen NO<sub>2</sub> wordt aanvullend gemeten omdat voor de andere componenten nog geen betrouwbare, eenvoudige en goedkope meetmethode bestaat.

Zoals in paragraaf 1.3 beschreven vindt wettelijke toetsing van de luchtkwaliteit in Nederland plaats op basis van modelberekeningen. Vanuit wettelijk oogpunt vormt in Amsterdam alleen overschrijding van de grenswaarde voor de jaargemiddelde NO<sub>2</sub> concentratie nog een probleem. Omdat het belangrijk is om de locaties met (te) hoge NO<sub>2</sub> concentratie goed in beeld te brengen wordt NO<sub>2</sub> in Amsterdam ook op grote schaal gemeten en worden de gemeten NO<sub>2</sub> concentraties regelmatig vergeleken met de berekende NO<sub>2</sub> concentraties.

Omdat vergelijking met wettelijk berekende NO<sub>2</sub> concentraties een belangrijk doel is van het NO<sub>2</sub> Palmes meetnet worden nieuwe meetlocaties geplaatst op wettelijke toetsafstand (aan de gevel). De wettelijke toetsafstand is in het verleden echter enkele malen gewijzigd, en het was (en is) niet altijd mogelijk om exact op wettelijke toetsafstand te meten. Voor een goed beeld van de ontwikkeling van de luchtkwaliteit (trendanalyse) is het belangrijk om metingen langdurig op exact dezelfde plek uit te voeren. Een groot deel van de Palmes metingen wordt daarom niet op wettelijke toetsafstand uitgevoerd, maar dichterbij de weg. In het Bijlage rapport en op de website (zie link onderaan deze paragraaf) worden alle kenmerken van de meetlocaties weergegeven.

De gemeten NO<sub>2</sub> concentraties worden regelmatig vergeleken met de berekende NO<sub>2</sub> concentraties. Deze meet-rekenvergelijking wordt in opdracht van de gemeente Amsterdam uitgevoerd en wordt niet door (maar wel in samenwerking met) de GGD uitgevoerd. De meet-rekenvergelijking over 2016 kan uiteraard pas na het beschikbaar komen van de Monitoringstool (eind 2017) worden uitgevoerd en zal elders worden beschreven. De meet-rekenvergelijking valt buiten het bestek van de GGD rapportages.

In dit GGD meetrapport spelen de wettelijke toetspunten verder geen rol, omdat wordt getoetst aan de gezondheidkundige advieswaarden van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO). Deze gelden overal in de buitenlucht met uitzondering van de werkplek (zoals bedrijfsterreinen).

Het Palmes meetnet is in de loop van de jaren verder uitgebreid en bestond in 2016 uit 110 extra meetlocaties waar de NO<sub>2</sub> concentratie wordt gemeten: 61 straatlocaties, 43 achtergrondlocaties, 3 snelweglocaties en 3 locaties in de buurt van het IJ. Het totale aantal locaties waar NO<sub>2</sub> wordt gemeten met behulp van Palmes buizen komt daarmee op 122 (zie tabel 1.2).

Voor een motivatie van de gekozen locaties verwijzen we naar Wesseling en Van der Zee (2010) en Dijkema e.a. (2016). Ten opzichte van 2015, zijn in 2016 8 meetlocaties toegevoegd langs drukke wegvakken waar beter inzicht in de (gemeten) luchtkwaliteit wenselijk is. Het betreft de Valkenburgerstraat, Anne Frankstraat, Prins Hendrikkade, 1<sup>e</sup> Constantijn Huijgenstraat, Overtoom, Haarlemmerweg, Nassaukade, en Stadhouderskade. Ook zijn 2 meetlocaties aan de gevel toegevoegd

bij de automatische meetstations A10-West en Haarlemmerweg. Wegens aanhoudend vandalisme zijn twee meetpunten op de Spaarndammerdijk opgeheven en vervangen door één nieuw meetpunt in die straat.

*Tabel 1.2 Overzicht meetlocaties in Amsterdam waar de jaargemiddelde NO<sub>2</sub> concentratie is gemeten in 2015 per type.*

	Passief (Palmes)	Actief (automatisch meetnet)	Totaal
Straatlocaties	61	4	65
Achtergrondlocaties	43	5	48
Nabij snelweg	3	1	4
Nabij waterweg	3	-	3
Nabij havengebied	-	2	2
Totaal	110	12	122

Een overzicht van de meetlocaties is te vinden op de website ([www.google.com/maps/d/u/o/edit?mid=zGgp34r-Salw.kRV5qQjhNekM&msa=0&hl=en&ie=UTF8&t=h&vpsrc=0&z=15](http://www.google.com/maps/d/u/o/edit?mid=zGgp34r-Salw.kRV5qQjhNekM&msa=0&hl=en&ie=UTF8&t=h&vpsrc=0&z=15)) waarbij op alle locaties worden ingezoomd.

## 1.7 Gezondheidskundige advieswaarden (WHO)

De WHO heeft voor een aantal componenten gezondheidskundige advieswaarden opgesteld, voor zowel korte termijn als lange termijn blootstelling. Deze zijn in tabel 1.3 weergegeven. Ook voor PM<sub>10</sub> en PM<sub>2.5</sub> heeft de WHO in 2005 gezondheidskundige advieswaarden opgesteld, ondanks het feit dat er geen 'veilige' drempelwaarde bestaat waar beneden geen gezondheidsschade optreedt. De gezondheidskundige advieswaarden voor fijn stof en NO<sub>2</sub> worden momenteel door de WHO herzien en zullen naar verwachting rond 2020 worden aangepast.

Voor roet/Black Carbon heeft de WHO geen grenswaarde opgesteld. De reden is dat er verschillende meetmethoden gebruikt worden om 'roet' te meten die niet exact met elkaar vergelijkbaar zijn. De WHO heeft wel een uitgebreide beschrijving gegeven van de gezondheidseffecten van roet en geeft aan dat het belangrijk is om de blootstelling aan roet zoveel mogelijk terug te dringen (WHO, 2012).

Tabel 1.3      *Overzicht van de gezondheidskundige advieswaarden van de WHO*

	Lange termijn (jaargemiddelde)	Korte termijn
PM <sub>10</sub>	20 µg/m <sup>3</sup>	50 µg/m <sup>3</sup> (daggemiddelde) maximaal 3 overschrijdingen per jaar
PM <sub>2.5</sub>	10 µg/m <sup>3</sup>	25 µg/m <sup>3</sup> (daggemiddelde) maximaal 3 overschrijdingen per jaar
NO <sub>2</sub>	40 µg/m <sup>3</sup>	-
O <sub>3</sub>		100 µg/m <sup>3</sup> als 8-uurs gemiddelde
Roet / Black Carbon*	-	-
SO <sub>2</sub>	-	20 µg/m <sup>3</sup> (daggemiddelde)
Benzeen**	0,17 µg/m <sup>3</sup>	-

\* de WHO geeft aan dat blootstelling aan roet zo laag mogelijk moet zijn

\*\* Omdat er voor kankerverwekkende stoffen geen veilige grenswaarde bestaat, heeft de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) geen veilige grenswaarde voor benzeen vastgesteld (WHO, 2010). De WHO geeft aan dat bij een benzeenconcentratie van 0,17 µg/m<sup>3</sup> de extra kans om leukemie te krijgen overeen komt met het "verwaarloosbaar risiconiveau" : een extra kans van 1 op de miljoen bij levenslange blootstelling. Een benzeenconcentratie van 17 µg/m<sup>3</sup> komt overeen met het "maximaal toelaatbare risiconiveau" : een extra kans op 1 op 10.000 bij levenslange blootstelling).

## 1.8 Luchtkwaliteitsindex

In 2015 hebben GGD Amsterdam, RIVM, DCMR en universiteit Utrecht de zogenaamde luchtkwaliteitsindex ontwikkeld. Dit is een systeem dat aangeeft in hoeverre de lokale luchtkwaliteit op een bepaald moment van de dag van invloed is op de gezondheid. Ook wordt een cijfer en een beoordeling van de luchtkwaliteit gegeven (zeer slecht t/m goed). Deze classificatie is gebaseerd op kennis over de gezondheidseffecten van deze stoffen. De luchtkwaliteitsindex is via de website [www.luchtmeetnet.nl](http://www.luchtmeetnet.nl) te raadplegen, daarnaast is er een App ontwikkeld (Mijn Luchtkwaliteit) die via de Appstore gedownload kan worden. Ook worden gedragsadviezen gegeven om de gezondheidsschade als gevolg van slechte luchtkwaliteit te beperken.

De luchtkwaliteitsindex geeft informatie over de korte termijn variatie in luchtkwaliteit: de variatie van dag tot dag en van uur tot uur. Deze variatie wordt vooral bepaald door het weer. Het jaar 2016 was het eerste volledige kalenderjaar dat de luchtkwaliteitsindex in gebruik was. De App is veel gebruikt en leidde ook tot veel vragen aan de GGD: hoe kan het dat de luchtkwaliteit op mijn woonadres 'goed' is, terwijl ik woon in een straat waar de wettelijke grenswaarde wordt overschreden? – of omgekeerd. Mede daarom wordt in dit jaarverslag ook ingezoomd op de korte termijn variaties (binnen een dag, binnen een week, per maand) zoals die binnen het automatisch luchtmeetnet gemeten zijn. Dit geeft inzicht in de invloed van weer en verkeer op de gemeten concentraties.



## 2 Meethoden

### 2.1 Meetmethoden

De standaardmethoden voor automatische meting zijn onder accreditatie gebracht, zie scope nummer L426, verleend op 25 augustus 2005 door de Raad voor Accreditatie. Alle hier genoemde verrichtingen worden conform de aangegeven normvoorschriften uitgevoerd. Als nauwkeurigheidseis zijn de geldende Europese criteria overgenomen, alleen voor de meting van zwaveldioxide kon hieraan niet worden voldaan. De hoogte van de gemeten concentraties zwaveldioxide liggen echter ver onder de geldende grenswaarden waarmee de grotere meetfout (>15% van de meetwaarde uitgedrukt als 95%BI) voor de toetsing aan normen geen specifiek probleem vormt.

Nadere informatie over de meetonzekerheid van de verrichtingen die onder accreditatie zijn gebracht kan op verzoek worden verkregen bij GGD Amsterdam, afdeling leefomgeving, team luchtkwaliteit. De in dit rapport weergegeven analyseresultaten van metingen die niet binnen de scope van de accreditatie vallen zijn opgenomen in onderstaande tabel 2.1.

Tabel 2.1. Overzicht van de niet-geaccrediteerde verrichtingen

Component	Methode
NO <sub>2</sub> met absorptiebuisen	passieve methode met Palmes diffusiebuisen
EC/OC	NIOSH protocol "off line" Sunset analyse
Ultrafijne deeltjes	Telling van condensatiekernen

#### *Stikstofdioxidemeting met Palmes diffusiebuisen*

Een eenvoudig alternatief voor het meten van de NO<sub>2</sub> concentratie met de referentiemethode is het gebruik van een passieve meetmethode, met behulp van zogenaamde Palmes diffusiebuisjes. Deze methode is in 1976 voor het eerst in de literatuur beschreven (Palmes, 1976) en wordt sindsdien op grote schaal toegepast (Bush e.a, 2001; Stevenson e.a., 2001). Palmes diffusiebuisjes worden gedurende langere tijd (circa 4 weken) in de buitenlucht opgehangen, waarbij de monsterneming plaatsvindt door middel van diffusie van het in de lucht aanwezige NO<sub>2</sub> naar het adsorbens in het Palmes buisje. De buisjes vallen nauwelijks op en kunnen nagenoeg overal worden opgehangen, waardoor het mogelijk is een goed inzicht te krijgen in de ruimtelijke variatie in concentratie. Een beperking van de methode is de langere middelingstijd waarover de concentratie wordt gemeten. Dit is echter geen probleem wanneer het gaat om het bepalen van langdurige gemiddelden, zoals de jaargemiddelde concentratie NO<sub>2</sub>.

Het Palmes diffusiebuisje is een cilindrisch buisje met een lengte van 7,2 cm en een doorsnede van 1,1 cm. Het buisje wordt aan één kant afgesloten met een kunststof dop waarin zich een met triethanolamine (TEA) gecoat grid bevindt. Via de open kant van de buis diffundeert het NO<sub>2</sub> naar de gesloten kant, waar het door het TEA wordt geabsorbeerd in de vorm van nitrietionen. Om overbelading te voorkomen, worden de buisjes gemiddeld na 4 weken in het veld gewisseld. De beladen buisjes worden in het laboratorium geanalyseerd volgens de door Palmes (1976) beschreven methode. Kort samengevat komt het erop neer dat de nitriet ionen van het grid geresorbeerd worden met behulp van Salzman reagens

(naftyleen diammoniumdichloride), waarna de nitrietconcentratie spectrofotometrisch wordt bepaald. De NO<sub>2</sub> concentratie in de lucht (in µg/m<sup>3</sup>) wordt per Palmes buisje berekend uit de hoeveelheid nitriet in µg absoluut, waarbij per meetperiode een blanco is meegenomen. Voor een uitgebreide beschrijving van de gebruikte meetmethode en –strategie verwijzen we naar een eerdere rapportage (Wesseling en Van der Zee, 2010).

Het grote voordeel van het gebruik van Palmes buisjes is dat de methode goedkoop is en eenvoudig toepasbaar. Palmes buisjes zijn klein en vallen nauwelijks op, waardoor het mogelijk is een goed inzicht te krijgen in de ruimtelijk variatie in NO<sub>2</sub> concentratie. De methode kent echter ook een aantal beperkingen. Ten eerste is het met deze methode niet mogelijk om inzicht te krijgen in kortdurende piekblootstelling omdat geen uurgemiddelde concentraties kunnen worden gemeten. Ten tweede is de methode in zekere mate afhankelijk van de weersomstandigheden. Om een jaargemiddelde nauwkeurig genoeg te kunnen bepalen is het daarom altijd nodig een volledig jaar aaneengesloten te meten, een aandeel metingen in duplo uit te voeren en de Palmes metingen te toetsen met behulp van vergelijkingsmetingen op vaste meetstations waar volgens de referentiemethode (chemiluminescentie) continu wordt gemeten.

## 2.2 Validatie

### *Validatie resultaten van het automatisch meetnet*

Alle meetresultaten van het meetnet zijn gevalideerd volgens vaststaande criteria zoals vastgelegd in de kwaliteitsdocumentatie. Indien hieraan niet is voldaan volgt onmiddellijke afkeuring van het analyseresultaat. Uiteindelijk kan dit leiden tot afkeur van een berekend uur-, dag- of jaargemiddelde. Om te voldoen aan de criteria uit de Europese regelgeving moet 90% van de tijd waarop een gemiddelde is gebaseerd ook daadwerkelijk zijn gemeten. Voor fijn stof PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub> gemeten met automatische apparatuur wordt jaarlijks een kalibratiefactor vastgesteld door middel van vergelijking met de referentiemethode. De gemeten fijn stofconcentraties zijn gecorrigeerd op basis van deze vergelijking met de referentiemethode.

### *Validatie Palmes diffusiebuis metingen*

Om de passieve (Palmes) meetmethode te "ijken" aan de referentiemethode zijn gedurende alle 13 vierweekse meetperioden vergelijkingsmetingen in duplo uitgevoerd op de vaste meetstations van het Luchtmeetnet Amsterdam waar NO<sub>2</sub> wordt gemeten met de door de EU voorgeschreven referentiemethode. Voor elke 4-weekse meetperiode is voor elk meetstation de verhouding tussen de actief (referentiemethode) en passief gemeten NO<sub>2</sub> concentratie berekend. Vervolgens is per meetperiode de gemiddelde verhouding voor alle meetstations bepaald. Met de aldus verkregen gemiddelde correctiefactor zijn de passief gemeten concentraties per meetperiode gecorrigeerd. Gemiddeld over het jaar 2016 bedroeg de correctiefactor 1,01.

## 2.3 Trendanalyse

Voor een trendanalyse is een langjarige meetreeks nodig, omdat de luchtkwaliteit van jaar tot jaar fluctueert als gevolg van variatie in weersomstandigheden. Een te lange meetreeks heeft echter als nadeel dat het toevoegen van nieuwe jaargemiddelden de (lineaire) trend nog maar weinig beïnvloedt. Zo

zal een trendanalyse vanaf begin jaren '70 altijd een (fors) dalende trend laten zien, ongeacht de concentraties in de afgelopen jaren. Voor de prognoses in de nabije toekomst is echter vooral de trend in het recente verleden relevant.

In deze rapportage is de trendanalyse in de periode 2008 t/m 2016 weergegeven. Voor een analyse van de periode daarvoor verwijzen we naar eerdere jaarrapportages.

Met behulp van lineaire regressieanalyse is de trend in de tijd berekend waarbij de jaargemiddelde concentratie de afhankelijke variabele was en het aantal jaren sinds de start van de analyse de onafhankelijke variabele. De resulterende regressiecoëfficiënt geeft de verandering in concentratie per jaar.

Voor PM<sub>10</sub> is in eerdere jaren de trendanalyse uitgevoerd met voor meteorologie gecorrigeerde concentraties. De correctiefactor wordt jaarlijks door het RIVM vastgesteld op basis van de meteorologie op KNMI station de Bilt en geeft de invloed van 'het weer' op de concentraties PM<sub>10</sub> weer in een getal. In 2016 waren de meteorologische verschillen in Nederland echter relatief groot, waardoor de meteo-factor in de Bilt niet representatief is. Daarom zijn de trendanalyses voor PM<sub>10</sub> dit jaar zonder meteo-correctie uitgevoerd. Overigens sluit dat ook beter aan bij de trendanalyses voor de andere componenten, omdat daarvoor geen meteo-correctiefactoren beschikbaar zijn.

## 3 Resultaten

In dit hoofdstuk wordt een samenvatting gegeven van de gemeten concentraties, trends en factoren die de variatie in luchtkwaliteit verklaren. Daarnaast worden de daggemiddelde concentraties per component en meetlocatie samengevat op de website [www.luchtmeetnet.nl/download](http://www.luchtmeetnet.nl/download) (jaarverslagen Amsterdam).

### 3.1 Meteorologie

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de opgetreden meteorologie gemiddeld in 2016 en vergeleken met het langjarig gemiddelde. In deze rapportage is het langjarig gemiddelde gebaseerd op 10 jaar data van KNMI station Schiphol van 2003 tot en met 2012.

*Tabel 3.1. Meteorologie in 2016 en in vergelijking met 2015 en het langjarig gemiddelde (2003-2012). Alle meetgegevens zijn afkomstig van KNMI station Schiphol*

	Meetperiode 2016	Meetperiode 2015	Langjarig gemiddelde 2003-2012
Gemiddelde temperatuur in °C	10,9	11,0	10,7
Totale hoeveelheid neerslag (mm)	863	885	834
Gemiddelde windsnelheid (m/s)	4,7	5,2	4,9
% noordenwind (320-40°)	15,6	14,3	17,6
% oostenwind (50-130°)	21,6	17,5	19,7
% zuidenwind (140-220°)	32,7	34,1	27,9
% westenwind (230-310°)	28,7	32,8	33,3
% windstil/variabel	1,5	1,3	1,6

De meteogegevens over 2016 tonen ten opzichte van het langjarig gemiddelde en vooral ten opzichte van 2015 meer oostenwind, minder westenwind en een lagere windsnelheid. Ten opzichte van het langjarig gemiddelde viel er in 2016 meer neerslag, al was de hoeveelheid neerslag in 2016 lager dan in 2015. Een analyse van de relatie tussen meteorologische kenmerken en de gemeten concentraties is te vinden in hoofdstuk 4.

### 3.2 PM<sub>10</sub> en PM<sub>2.5</sub>

PM<sub>10</sub> wordt gemeten op twee achtergrondstations, drie binnenstedelijke straatstations en langs de A10-West. Op al deze stations wordt ook PM<sub>2.5</sub> gemeten, met uitzondering van de Jan van Galenstraat (i.v.m. ruimtegebrek in het meetstation). De in 2016 gemeten jaargemiddelde concentraties worden weergegeven in tabel 3.2. Ook toont deze tabel het aantal dagen waarop de daggemiddelde PM<sub>10</sub> en

PM<sub>2.5</sub> concentratie hoger was dan 50 µg/m<sup>3</sup> resp. 25 µg/m<sup>3</sup>. Een overzicht van alle daggemiddelde concentraties is te vinden op de website ([www.luchtmeetnet.nl](http://www.luchtmeetnet.nl))

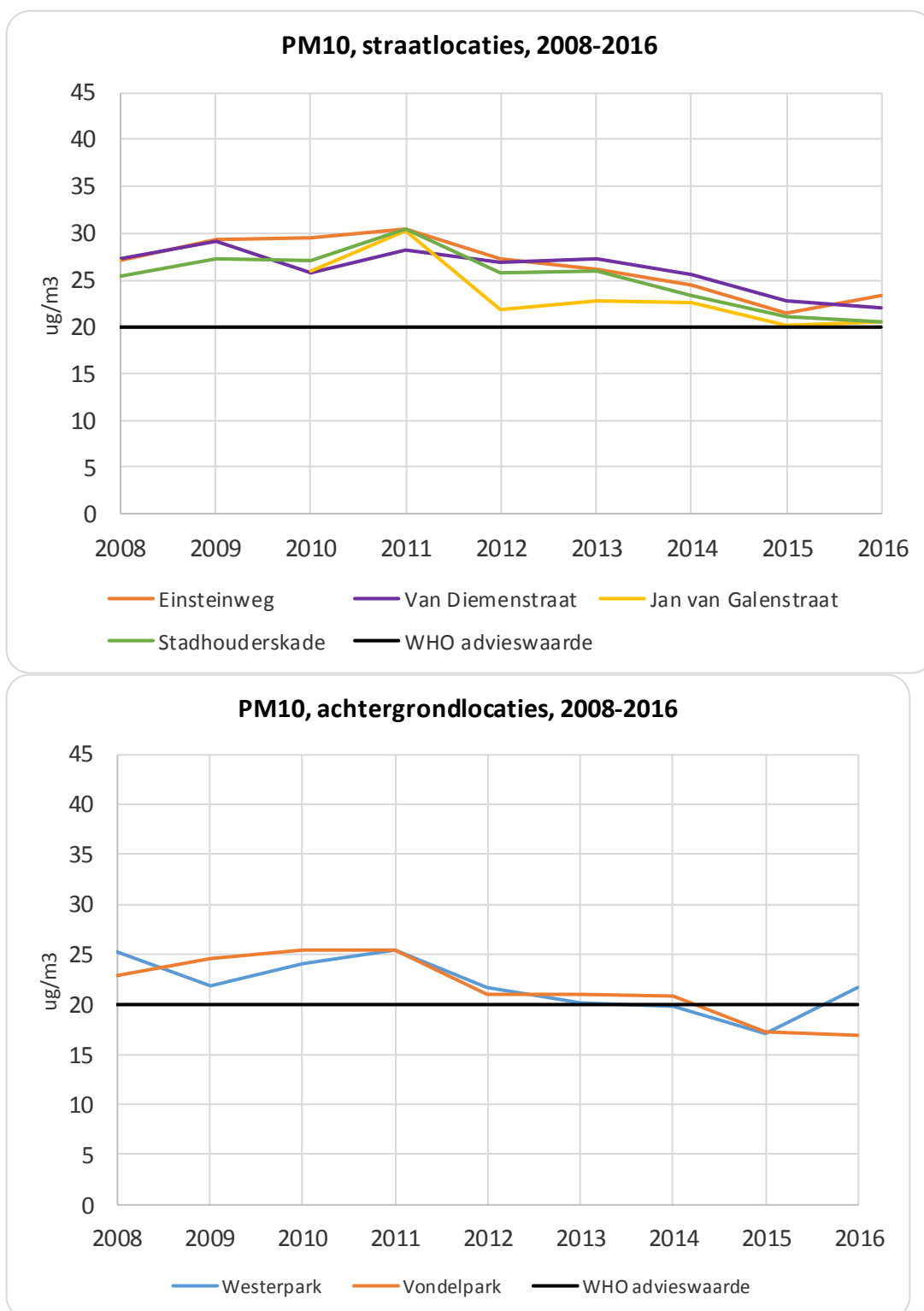
Tabel 3.2. Gemeten PM<sub>10</sub> en PM<sub>2.5</sub> concentraties (µg/m<sup>3</sup>) in 2016 in vergelijking met de gezondheidskundige advieswaarden van de WHO

	PM <sub>10</sub> jaargemiddelde	PM <sub>10</sub> # dagen>50	PM <sub>2.5</sub> jaargemiddelde	PM <sub>2.5</sub> # dagen>25
WHO advieswaarde	20	<=3	10	<=3
<i>Achtergrondstations</i>				
Vondelpark	17,0	2	11,3	27
Westerpark	21,7	3	15,0	46
<i>Straatstations</i>				
Van Diemenstraat	22,0	6	15,4	51
Stadhouderskade	20,6	4	12,7	33
Jan van Galenstraat	23,0	5	-	-
<i>Snelwegstation</i>				
A10-West	23,4	4	14,3	47

De PM<sub>10</sub> concentratie op achtergrondstations was gemiddeld 19,3 µg/m<sup>3</sup>, op binnenstedelijke straatstations 21,9 µg/m<sup>3</sup> en op snelwegstation A10-West 23,4 µg/m<sup>3</sup>. Alleen op meetstation Vondelpark werd voldaan aan de gezondheidskundige advieswaarde van maximaal 20 µg/m<sup>3</sup> als jaargemiddelde PM<sub>10</sub> concentratie. Op beide achtergrondstations werd voldaan aan de WHO advieswaarde voor korte termijn blootstelling van maximaal 3 overschrijdingen van een daggemiddelde PM<sub>10</sub> concentratie van 50 µg/m<sup>3</sup>. Op alle verkeersbelaste stations werd zowel de WHO advieswaarde voor lange termijn- als voor korte termijnblootstelling overschreden.

De PM<sub>2.5</sub> concentratie op achtergrondstations was gemiddeld 13,2 µg/m<sup>3</sup>, op binnenstedelijke straatstations 14,1 µg/m<sup>3</sup> en op snelwegstation A10-West 14,3 µg/m<sup>3</sup>. Op alle meetstations werd de gezondheidskundige advieswaarde van de WHO voor lange termijn blootstelling van maximaal 10 µg/m<sup>3</sup> als jaargemiddelde overschreden. Ook de advieswaarde voor korte termijn blootstelling werd op alle meetstations (ruim) overschreden.

De in de periode 2008 t/m 2016 gemeten PM<sub>10</sub> concentraties staan in figuur 3.1 weergegeven. De resultaten van de statistische trendanalyse zijn in tabel 3.2 weergegeven.



Figuur 3.1 Jaargemiddelde PM<sub>10</sub> concentraties in de periode 2008-2016

De PM<sub>10</sub> concentratie op straatstations was in 2016 ongeveer gelijk aan die in 2015, behalve langs de A10-West en in het Westerpark. Op achtergrondstation Westerpark nam de jaargemiddelde PM<sub>10</sub> concentratie met ruim 4 µg/m<sup>3</sup> toe. Dit is waarschijnlijk toe te schrijven aan de bouwwerkzaamheden in de Houthavens. Analyse van de concentraties naar windrichtingssector laat zien dat bij oostenwind de PM<sub>10</sub> concentraties in 2016 tot een factor twee hoger zijn dan in 2015. (zie Bijlage rapport).

De resultaten van de trendanalyse met behulp van lineaire regressie-analyse over de periode 2008-2016 staan in tabel 3.3.

Bij een negatieve coëfficiënt is er sprake van een dalende trend, bij een positieve van een stijgende trend. Bij iedere regressie is een *p*-waarde berekend, dat wil zeggen de kans dat de gevonden associatie op toeval berust. Algemeen geldt dat wanneer *p* kleiner is dan 5% (0,05), men spreekt van 'statistisch significant' en dus wordt geconcludeerd dat de uitkomst met 95% zekerheid niet aan toeval is toe te schrijven. Af- en toenames die statistisch significant zijn, worden in alle tabellen gemarkeerd met een \*.

Tabel 3.2. Veranderingen in fijn stof (PM<sub>10</sub>) concentraties in 2008-2016

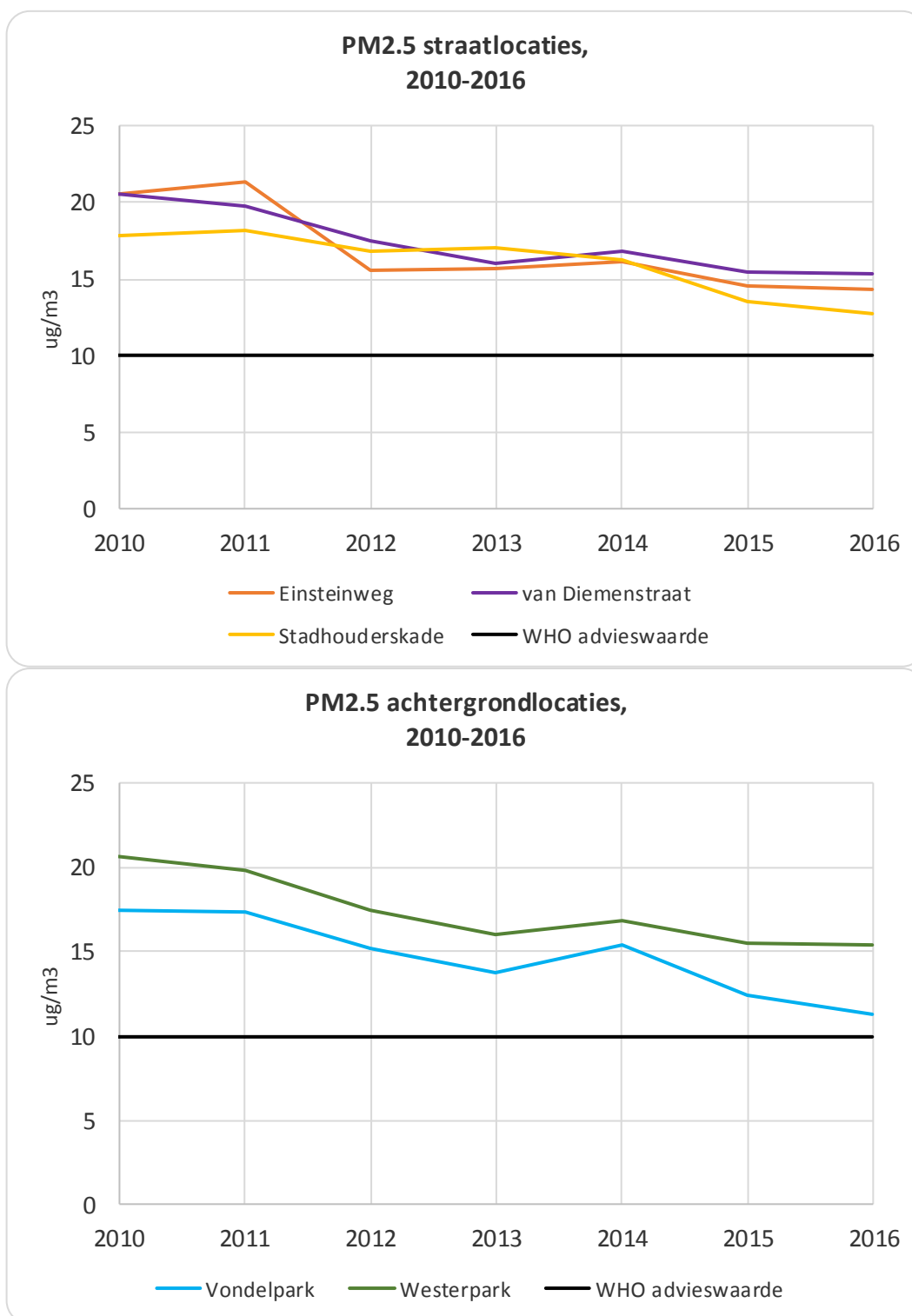
	Verandering PM <sub>10</sub> (in µg/m <sup>3</sup> per jaar)	s.e. (onzekerheid)	<i>p</i> -waarde
A10 West (Einsteinweg)	-0,87*	0,25	0,01
Van Diemenstraat	-0,84*	0,30	0,04
Stadhouderskade	-0,83*	0,30	0,03
Jan van Galenstraat	-1,03*	0,34	0,02
Vondelpark	-0,97*	0,23	<0,01
Westerpark#	-0,70*	0,26	0,03

\* statistisch significante afname

# trend beïnvloed door toename PM<sub>10</sub> in 2016 door bouwwerkzaamheden. Verandering in de periode 2008-2015 was 0,90 µg/m<sup>3</sup> per jaar

De afname in de PM<sub>10</sub> concentratie bedraagt op binnenstedelijke straatstations gemiddeld 0,9 µg/m<sup>3</sup> per jaar, langs de A10-West eveneens 0,9 µg/m<sup>3</sup> per jaar en op achtergrondstations gemiddeld ruim 0,8 µg/m<sup>3</sup> per jaar. De is op alle stations statistisch significant. De trend op achtergrondstation Westerpark is beïnvloed door de bouwwerkzaamheden in de Houthavens, die in 2016 tot een fikse toename in de PM<sub>10</sub> concentratie leidden.

Om meettechnische redenen kan de trend in de PM<sub>2.5</sub> concentratie alleen worden weergegeven voor de periode vanaf 2010 (figuur 3.2).



Figuur 3.2 Jaargemiddelde PM<sub>2.5</sub> concentraties in de periode 2010-2016

De resultaten van de trendanalyse met behulp van lineaire regressie-analyse over de periode 2010-2016 staan in tabel 3.3.



Tabel 3.4 Veranderingen in fijn stof (PM<sub>2.5</sub>) concentraties in 2010-2016

	Verandering PM <sub>2.5</sub> (in µg/m <sup>3</sup> per jaar)	s.e. (onzekerheid)	p-waarde
A10 West (Einsteinweg)	-1,13*	0,30	0,01
Van Diemenstraat	-0,89*	0,16	<0,01
Stadhouderskade	-0,90*	0,17	<0,01
Vondelpark	-1,01*	0,18	<0,01
Westerpark#	-0,90	0,44	0,06

\* statistisch significante afname

Gemiddeld in de periode 2010-2016 nemen de PM<sub>2.5</sub> concentraties op binnenstedelijke straatstations af met 0,9 µg/m<sup>3</sup> per jaar, langs de A10-West met 1,1 µg/m<sup>3</sup> per jaar en met bijna 1,0 µg/m<sup>3</sup> per jaar op achtergrondstations.

De jaarlijkse afname in PM<sub>2.5</sub> concentratie lijkt daarmee groter dan de afname in PM<sub>10</sub> concentratie, maar dat komt doordat de trend in de PM<sub>10</sub> concentratie is onderzocht voor een iets langer periode. Wanneer de trendanalyse voor PM<sub>10</sub> ook voor de periode 2010-2016 wordt uitgevoerd en alleen voor de meetstations waar ook PM<sub>2.5</sub> wordt gemeten (alle stations behalve Jan van Galenstraat) is de jaarlijkse afname iets groter: 1,2 µg/m<sup>3</sup> per jaar op straatstations, 1,4 µg/m<sup>3</sup> per jaar langs de A10-West en 1,2 µg/m<sup>3</sup> per jaar op achtergrondstations.

Dat duidt erop dat de afname in de PM<sub>10</sub> concentratie voor het grootste deel voor rekening komt van een afname in de fijnere PM<sub>2.5</sub> fractie. Vanuit gezondheidskundig oogpunt is dat een gunstige ontwikkeling.

### 3.3 Roet

Roet is een algemene term, het gehalte roet kan op verschillende manieren worden vastgesteld. Tot voor kort werd roet in Amsterdam – en in het landelijk meetnet van het RIVM – gemeten op basis van optische reflectie (Black Smoke). Deze methode, die in 1964 is ontwikkeld, is inmiddels echter gedateerd en de monitoren verouderd. Vanaf 2012 wordt de roetconcentratie in het Amsterdamse meetnet gemeten als "Black Carbon". Bij deze methode wordt een telkens zwarter wordend filter "doorschijnen" met een of meer soorten (laser)licht, hier is de verzwakking van de lichtbundel de maat voor het gehalte roet. Deze methode is momenteel de algemeen toegepaste automatisch werkende techniek in Nederland. Black Carbon wordt sinds 2012 gemeten op twee achtergrondstations, twee binnenstedelijke straatstations en langs de A10-West. In 2015 is daar een extra straatstation (Jan van Galenstraat) aan toegevoegd. De in 2016 gemeten concentraties zijn in tabel 3.5 samengevat.

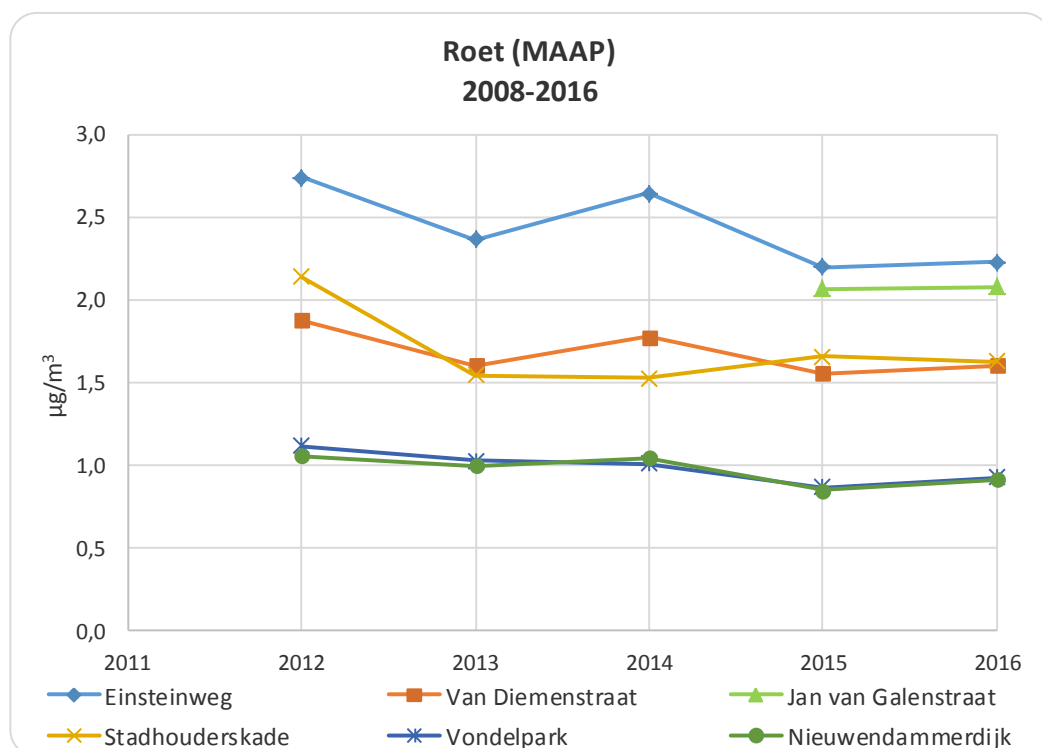
Tabel 3.5 Gemeten Black Carbon (roet) concentraties( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in 2016

	Black Carbon jaargemiddelde
WHO advieswaarde	-*
<i>Achtergrondstations</i>	
Nieuwendammerdijk	0,92
Vondelpark	0,93
<i>Straatstations</i>	
Van Diemenstraat	1,61
Stadhouderskade	1,63
Jan van Galenstraat	2,08
<i>Snelwegstation</i>	
A10-West	2,24

\* Er is (nog) geen WHO advieswaarde opgesteld voor roet, de WHO geeft echter wel roet schadelijk is voor de gezondheid en dat de roetconcentraties zo laag mogelijk moeten zijn (WHO, 2012)

De Black Carbon (roet) concentratie op achtergrondstations was in 2016 gemiddeld  $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Op binnenstedelijke straatstations was de roetconcentratie gemiddeld  $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , langs de A10-West werd een jaargemiddelde concentratie van  $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gemeten. Het contrast in roetconcentratie tussen verkeersbelaste – en achtergrondstations is veel groter dan voor fijn stof gedefinieerd als PM<sub>10</sub> of PM<sub>2.5</sub>. Dat komt doordat roetdeeltjes voor het grootste deel in de ultrafijne fractie (< 0,1 micrometer) zitten en dus maar heel weinig wegen. Daarom dragen deze deeltjes maar weinig bij aan de massaconcentratie PM<sub>10</sub> of PM<sub>2.5</sub>.

De in de periode 2012 t/m 2016 gemeten jaargemiddelde roetconcentraties zijn in figuur 3.3 weergegeven



Figuur 3.3 Jaargemiddelde roet (MAAP meetmethode) concentraties in de periode 2012-2016 op de meetstations

De tijdreeks van 5 jaar die nu beschikbaar is voor de "Black Carbon metingen" is te kort om een trendanalyse uit te voeren. Wel blijkt figuur 3.3 dat de roetconcentraties in 2016 lager zijn dan in het startjaar 2012 en nagenoeg gelijk aan die in 2015, ondanks het feit dat het weer in 2016 iets minder 'gunstig' was dan in 2015.

### 3.4 Stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>)

In het automatisch luchtmeetnet wordt stikstofdioxide gemeten op 5 achtergrondstations, 4 binnenstedelijke straatstations en langs de A10-West. De metingen worden uitgevoerd op basis van chemiluminescentie, de door de EU voorgeschreven referentiemethode omdat met dit meetprincipe ook uurgemiddelde concentraties betrouwbaar kunnen worden gemeten. De jaargemiddelde NO<sub>2</sub> concentraties op deze meetstations worden in tabel 3.6 weergegeven.

*Tabel 3.6 Jaargemiddelde NO<sub>2</sub> concentraties(µg/m<sup>3</sup>) op de stations uit het automatisch luchtmeetnet*

	NO <sub>2</sub> jaargemiddelde
WHO advieswaarde	40
<i>Achtergrondstations</i>	
Nieuwendammerdijk	23,9
Vondelpark	25,1
Oudeschans	30,0
Kantershof	22,0
Ookmeerweg	21,9
<i>Straatstations</i>	
Haarlemmerweg	48,6
Van Diemenstraat	36,7
Stadhouderskade	36,2
Jan van Galenstraat	41,4
<i>Snelwegstation</i>	
A10-West	48,1

Op alle achtergrondstations en op de binnenstedelijke straatstations van Diemenstraat en Stadhouderskade is de NO<sub>2</sub> concentratie lager dan de gezondheidskundige advieswaarde de WHO van 40 µg/m<sup>3</sup> als jaargemiddelde. Op de straatstations Haarlemmerweg en Jan van Galenstraat, en langs de A10-West, wordt de WHO advieswaarde overschreden.

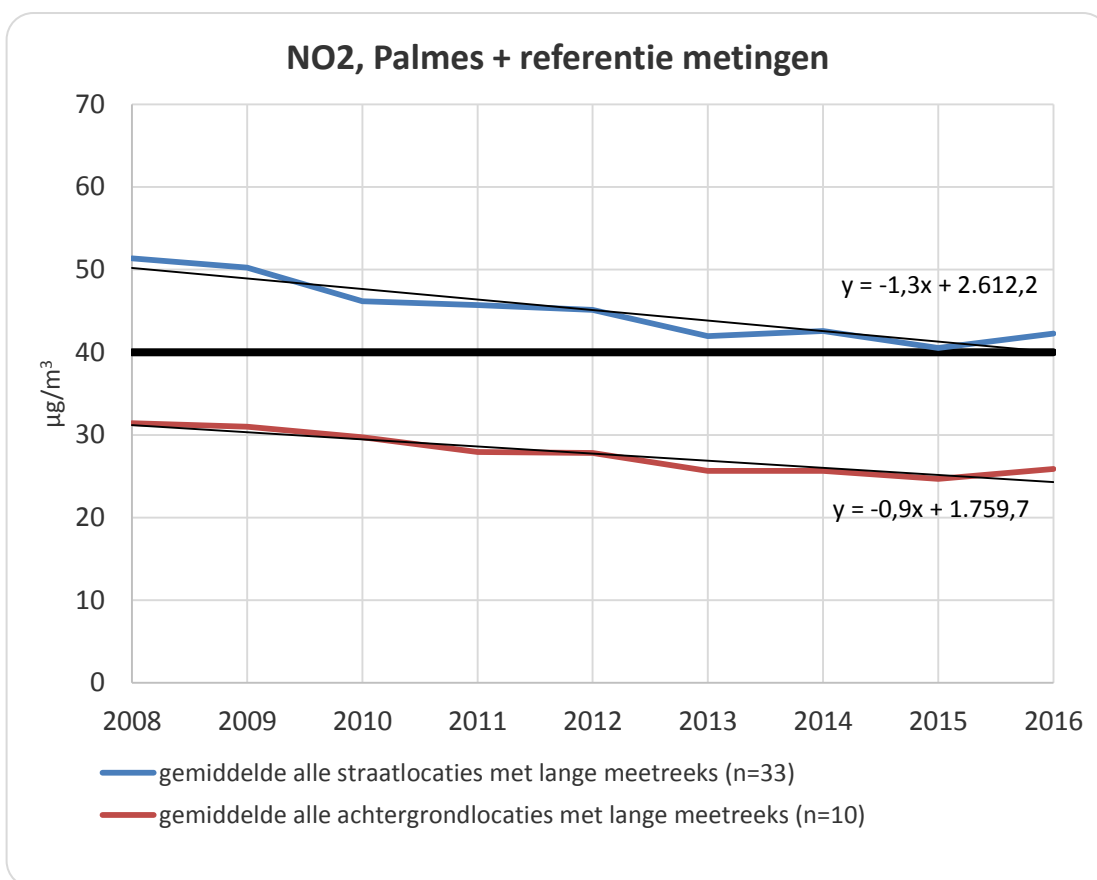
In aanvulling op de meetstations uit het automatisch luchtmeetnet wordt op 110 locaties de jaargemiddelde NO<sub>2</sub> concentratie bepaald met behulp van Palmes buisjes in 13 meetperioden van 4 weken. Tabel 3.6 vat de meetresultaten op binnenstedelijke straatlocaties en achtergrondstations samen. De individuele meetresultaten op alle meetlocaties (inclusief 4-weekse gemiddelde) zijn in het Bijlage rapport te vinden.

*Tabel 3.7 Overzicht jaargemiddelde NO<sub>2</sub> concentraties in µg/m<sup>3</sup> in 2016 op straat- en nabijgelegen achtergrondlocaties, en de hieruit volgende lokale wegbijdrage NO<sub>2</sub>.*

	Straatlocaties	Achtergrondlocaties
Aantal	61	43
Gemiddelde	41,3	27,8
Minimum	27,4	23,0
Maximum	55,5	42,7
Aantal > 40 µg/m <sup>3</sup>	33	1

In 2016 werd op straatlocaties een NO<sub>2</sub> concentratie van 41,3 µg/m<sup>3</sup> gemeten. Op nabijgelegen achtergrondlocaties werd een NO<sub>2</sub> concentratie van gemiddeld 27,8 µg/m<sup>3</sup> gemeten. Op 33 straatlocaties (54%) was de gemeten jaargemiddelde concentratie in 2016 hoger dan de WHO advieswaarde van 40 µg/m<sup>3</sup>.

Om een zo volledig mogelijk beeld te krijgen van de ontwikkeling van de NO<sub>2</sub> concentratie in Amsterdam zijn alle meetpunten (uit het Palmes netwerk en het Automatisch Luchtmeetnet) in de trendanalyse betrokken. Daarmee zijn er meetreeksen 2008-2016 beschikbaar voor in totaal 33 straatlocaties en 10 achtergrondlocaties. Figuur 3.4 geeft de NO<sub>2</sub> trend op alle 33 binnenstedelijke straatlocaties en 10 achtergrondlocaties waarvoor lange meetreeksen beschikbaar zijn.



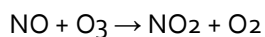
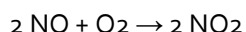
*Figuur 3.4. Trend in NO<sub>2</sub> concentratie op straat- en achtergrondlocaties waarbij alle metingen (Palmes en referentie) met een langjarige meetreeks zijn meegenomen.*

Figuur 3.4 laat zien dat de NO<sub>2</sub> concentraties in 2016 gemiddeld iets hoger waren dan in 2015. Dit hangt vermoedelijk samen met subtiele verschillen in het weer: In 2016 waaide de wind ten opzichte van het langjarig gemiddelde en vooral ten opzichte van 2015 wat minder vaak uit het 'schone' westen (de zee), ook waaide het gemiddeld iets minder hard. Gemiddeld over de hele periode nemen de NO<sub>2</sub> concentraties af met 1,3 µg/m<sup>3</sup> per jaar op straatstations en 0,9 µg/m<sup>3</sup> per jaar op achtergrondstations. In het Bijlage rapport is het verloop van de NO<sub>2</sub> concentratie in de periode 2008-2016 op alle in de trendanalyse betrokken meetlocaties weergegeven.

### 3.5 Ozon

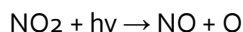
In tegenstelling tot de andere componenten zijn de ozonconcentraties hoger op plekken met *weinig* wegverkeer. De ozonconcentraties zijn op het platteland dan ook hoger dan in steden, en zijn in steden op achtergrondlocaties hoger dan langs drukke wegen. Dit heeft te maken met de hogere NO concentraties waardoor eenmaal gevormd ozon wegreacteert.

:De verhouding NO/NO<sub>2</sub> in de omgevingslucht hangt namelijk nauw samen met het chemisch evenwicht tussen de componenten NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> (zuurstof) en O<sub>3</sub> (ozon). NO oxideert spontaan tot NO<sub>2</sub> bij aanwezigheid van O<sub>2</sub> of O<sub>3</sub>. De reactie met O<sub>2</sub> verloopt snel, de reactie met O<sub>3</sub> nog sneller:

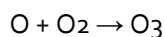


NO verdwijnt dus snel uit de atmosfeer, terwijl NO<sub>2</sub> lang aanwezig blijft. Aangezien NO<sub>2</sub> niet oplost in water wordt het slechts langzaam uit de atmosfeer verwijderd als het regent en kan het ook over grote afstanden verplaatst worden.

NO<sub>2</sub> in de atmosfeer leidt tot het ontstaan van O<sub>3</sub>. De fotolyse van NO<sub>2</sub> (ontbinding onder invloed van zonlicht) ligt aan de basis van de vorming van ozon:



Het vrijgekomen zuurstofatoom en een zuurstofmolecuul vormen samen ozon.



NO<sub>2</sub> wordt dus beschouwd als de voornaamste precursor in de vorming van ozon en heeft ook langs die weg een belangrijke invloed op de luchtkwaliteit. Wanneer er geen vluchtige organische stoffen (VOS) aanwezig zijn, ontstaat een dynamisch evenwicht tussen de vorming en de afbraak van ozon:



Dit evenwicht wordt echter verstoord door de reactieve radicalen afkomstig van VOS die reageren met NO waardoor het niet meer beschikbaar is om het ozon af te breken. Bovendien oxideren de VOS het NO tot NO<sub>2</sub> waardoor er zich opnieuw ozon kan vormen.

In Nederland komen hoge ozonconcentraties vooral voor op warme, zonnige dagen, bij zwakke wind uit oostelijke of zuidelijke richting en een blokkade van de westelijke stroming. Vervuiling blijft dan hangen en ozon kan zich ophopen, mede door aanvoer van vervuiling vanaf het Europese continent. In Amsterdam zijn de ozonconcentraties, ten opzichte van het platteland en andere delen van Nederland, relatief laag. Tijdens warme, zonnige dagen kunnen hoge O<sub>3</sub> concentraties echter wel degelijk schadelijk zijn voor de gezondheid. Hoewel lokale overheden de O<sub>3</sub> concentraties in hun eigen gemeente in feite niet kunnen beïnvloeden is het wel mogelijk om de blootstelling aan hoge ozonconcentraties te beperken. Daarom spelen de O<sub>3</sub> concentraties een belangrijke rol bij de gedragsadviezen zoals die in de

Luchtkwaliteitsindex worden gegeven. Het opvolgen van die adviezen (zoals: niet sporten in de namiddag als de O<sub>3</sub> concentraties het hoogst zijn, of binnen blijven omdat het reactieve O<sub>3</sub> binnenshuis snel wegreageert) kan de gezondheidseffecten van blootstelling aan ozon beperken.

Ozon wordt in Amsterdam gemeten op twee achtergrondlocaties en op één straatstation. Tabel 3.8 geeft de in 2016 gemeten jaargemiddelde O<sub>3</sub> concentraties weer, en het aantal dagen waarop de WHO advieswaarde van 100 µg/m<sup>3</sup> als maximum 8-uursgemiddelde werd overschreden.

*Tabel 3.8 Jaargemiddelde O<sub>3</sub> concentraties (µg/m<sup>3</sup>) op de stations uit het automatisch luchtmeetnet en aantal overschrijdingen van een 8-uursgemiddelde O<sub>3</sub> van 100 µg/m<sup>3</sup>.*

	O <sub>3</sub> jaargemiddelde	O <sub>3</sub> # dagen met maximum 8- uursgemiddelde > 100 µg/m <sup>3</sup>
WHO advieswaarde	-	0
<i>Achtergrondstations</i>		
Nieuwendammerdijk	42,3	21
Vondelpark	42,3	21
<i>Straatstations</i>		
Van Diemenstraat	37,1	12

Om de hierboven beschreven redenen zijn de jaargemiddelde ozonconcentraties op de achtergrondstations hoger dan in de van Diemenstraat. Ook wordt de WHO advieswaarde op de achtergrondstations vaker overschreden.

### 3.6 SO<sub>2</sub>, CO, benzeen

De in 2016 gemeten SO<sub>2</sub>, CO en benzeenconcentraties worden in tabel 3.9 samengevat.

*Tabel 3.7 Jaargemiddelde SO<sub>2</sub>, CO en benzeenconcentratie (µg/m<sup>3</sup>) op de stations uit het automatisch luchtmeetnet en maximum daggemiddelde SO<sub>2</sub> concentratie.*

	SO <sub>2</sub> jaargemiddelde	SO <sub>2</sub> Maximum daggemiddelde	Benzeen jaargemiddelde	CO jaargemiddelde
WHO grenswaarde	-	20	0,17*	-
<i>Achtergrondstations</i>				
Vondelpark	-	-	-	280
Westerpark	0,90	5,3	-	-
<i>Straatstations</i>				
Van Diemenstraat	-	-	-	340
Stadhouderskade	-	-	1,14	-
<i>Snelwegstation</i>				
A10-West	-	-	-	403

Omdat er voor kankerverwekkende stoffen geen veilige grenswaarde bestaat, heeft de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) geen gezondheidkundige advieswaarde voor benzeen vastgesteld (WHO, 2010). De WHO geeft aan dat bij een benzeenconcentratie van  $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de extra kans om leukemie te krijgen overeen komt met het "verwaarloosbaar risiconiveau": een extra kans van 1 op de miljoen bij levenslange blootstelling. Een benzeenconcentratie van  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$  komt overeen met het "maximaal toelaatbare risiconiveau": een extra kans op 1 op 10.000 bij levenslange blootstelling). Tabel 3.7 laat zien dat voor wat betreft  $\text{SO}_2$  ruim wordt voldaan aan de gezondheidkundige advieswaarde van  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als daggemiddelde. Voor CO heeft de WHO geen advieswaarden voor de buitenlucht opgesteld. De jaargemiddelde benzeenconcentratie op de Stadhouderskade is hoger dan het door de WHO vastgestelde 'verwaarloosbaar risiconiveau' van  $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en lager dan het 'maximaal toelaatbare risiconiveau' van  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 4 Variatie in de tijd en invloed van het weer

De luchtkwaliteit varieert binnen een dag, van dag tot dag en van maand tot maand door verschillen in uitstoot en weer.

Het weer heeft een sterke invloed op de luchtkwaliteit. Voor de meeste componenten geldt dan ook dat de gemeten concentraties in meer of mindere mate seizoensafhankelijk zijn. Extreem koud of extreem weer leidt doorgaans tot hoge gehalten verontreinigende stoffen. Dergelijk weer gaat vrijwel altijd gepaard met een krachtig hogedrukgebied, waardoor de inversielaag laag ligt en de verontreiniging dichtbij het aardoppervlak blijft hangen. Bovendien is er meestal sprake van een zwakke oostelijke luchtstroming waardoor luchtverontreiniging vanaf het Europese continent wordt aangevoerd, en vervolgens maar weinig wordt verdund. Daarbij is de uitstoot van luchtverontreiniging tijdens koud weer groter door toegenomen energiebehoefte, en treedt bij zonnig weer meer fotochemische smogvorming (ozon) op.

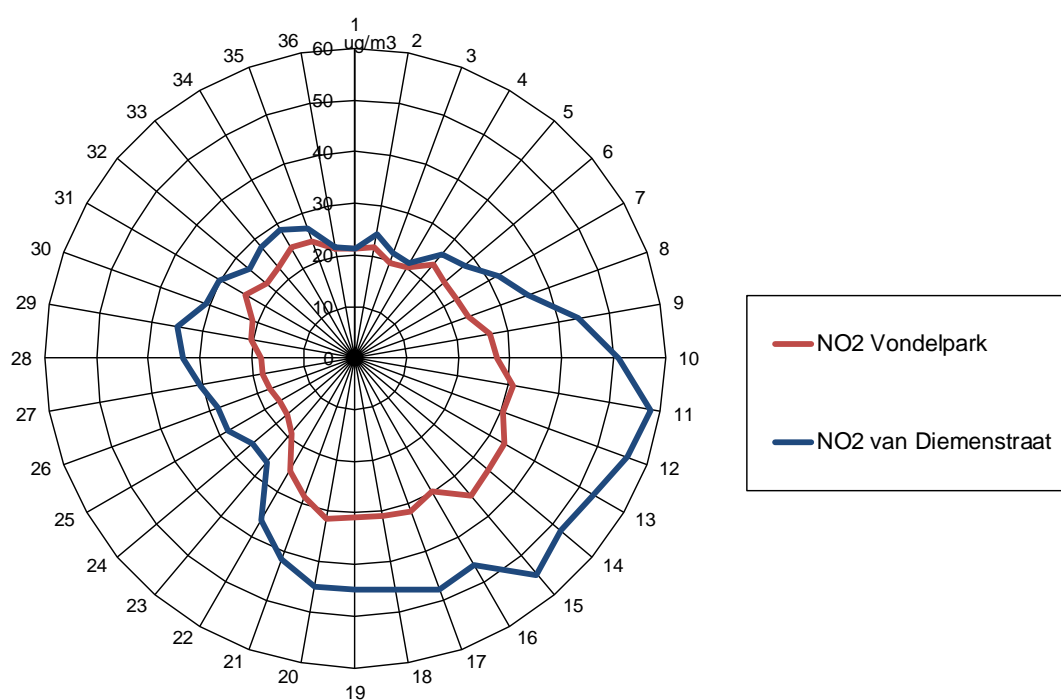
Ook bij minder extreme omstandigheden is er een duidelijke invloed van het weer op de luchtkwaliteit. De achtergrondconcentratie wordt in grote mate bepaald door de overheersende windrichting, waarbij de schoonste lucht wordt aangevoerd bij (zuid)westelijke wind. Bij wind vanuit het (zuid)oosten wordt juist de meeste verontreiniging aangevoerd. Ook de windsnelheid is van belang vanwege de mate van verdunding van de verontreiniging. Bovendien vertonen windrichting en -snelheid onderlinge samenhang. Wind vanuit het zuidwesten gaat vaak gepaard met hoge windsnelheid, waardoor de aanwezige luchtverontreiniging sterk wordt verdund. Bij aanvoer vanuit noordelijke en zuidoostelijke richting is de wind vaak zwak of matig. In de stad wordt de bijdrage van lokale bronnen (zoals het wegverkeer) uiteraard ook beïnvloed door de windrichting. Door de invloed van stedelijke bebouwing is de windrichting in de stad echter meer variabel en wijkt deze vaak af van de windrichting zoals die wordt gemeten op de weerstations van het KNMI. De 'grootschalige' windrichting is echter ook op straatstations van grote invloed op de gemeten concentraties. Neerslag leidt doorgaans tot een verbetering van de luchtkwaliteit vanwege uitwassing.



### Invloed van windrichting

Om de invloed van windrichting te illustreren is in figuur 4.1 de gemiddelde NO<sub>2</sub> concentratie weergegeven per windrichtingssector op straatstation van Diemenstraat en achtergrondstation Vondelpark. De windroos illustreert dat bij wind vanuit westelijke en noordelijke richting relatief lage NO<sub>2</sub> concentraties worden gemeten, bij wind vanuit oostelijke en zuidelijke richting zijn de NO<sub>2</sub> duidelijk verhoogd.

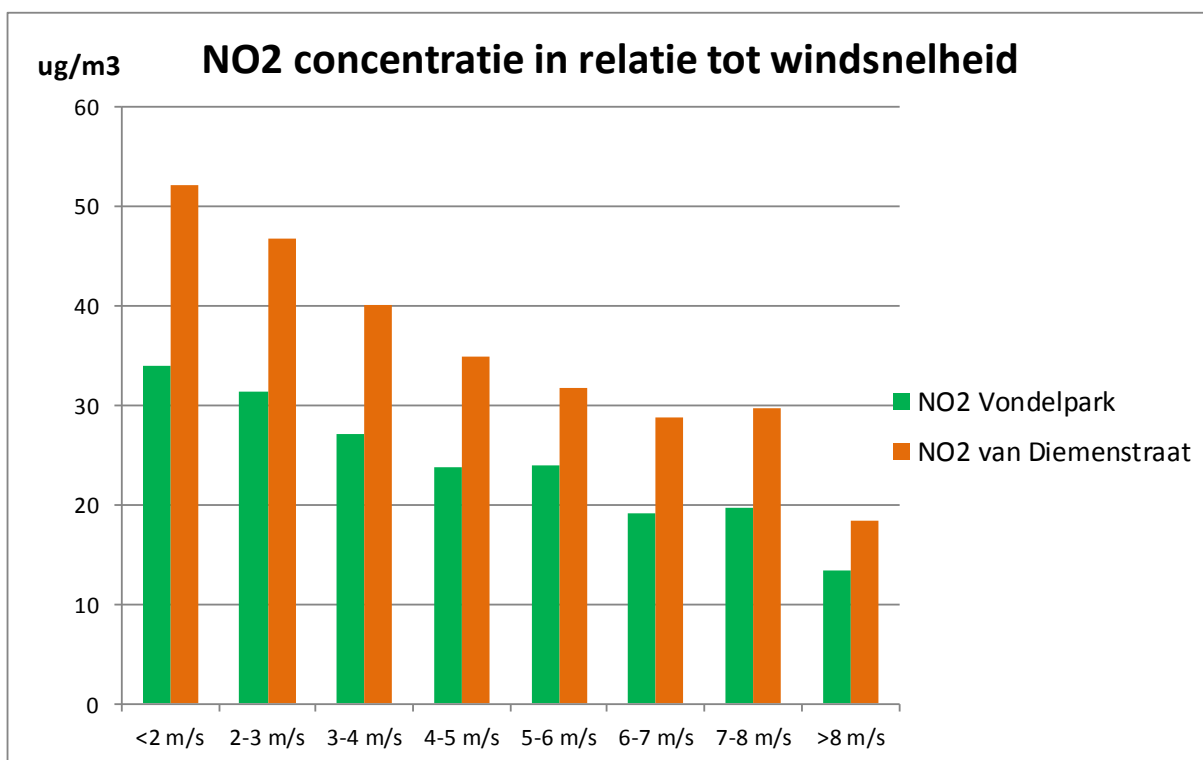
Figuur 4.1 Gemiddelde NO<sub>2</sub> concentratie per windrichtingssector in 10° in 2016



Voor roet wordt een soortgelijke windrichtingsafhankelijk gevonden, voor PM<sub>10</sub> en PM<sub>2.5</sub> ook, maar voor deze component is het contrast minder groot (zie Bijlage rapport).

### Invloed van windsnelheid

Figuur 4.2 illustreert de invloed van windsnelheid op de NO<sub>2</sub> concentratie. In deze figuur is de gemiddelde NO<sub>2</sub> concentratie op achtergrondstation Vondelpark en straatstation van Diemenstraat weergegeven als functie van de daggemiddelde windsnelheid in klassen.



Figuur 4.2 NO<sub>2</sub> concentratie in relatie tot daggemiddelde windsnelheid op straatstation van Diemenstraat en achtergrondstation Vondelpark in 2016

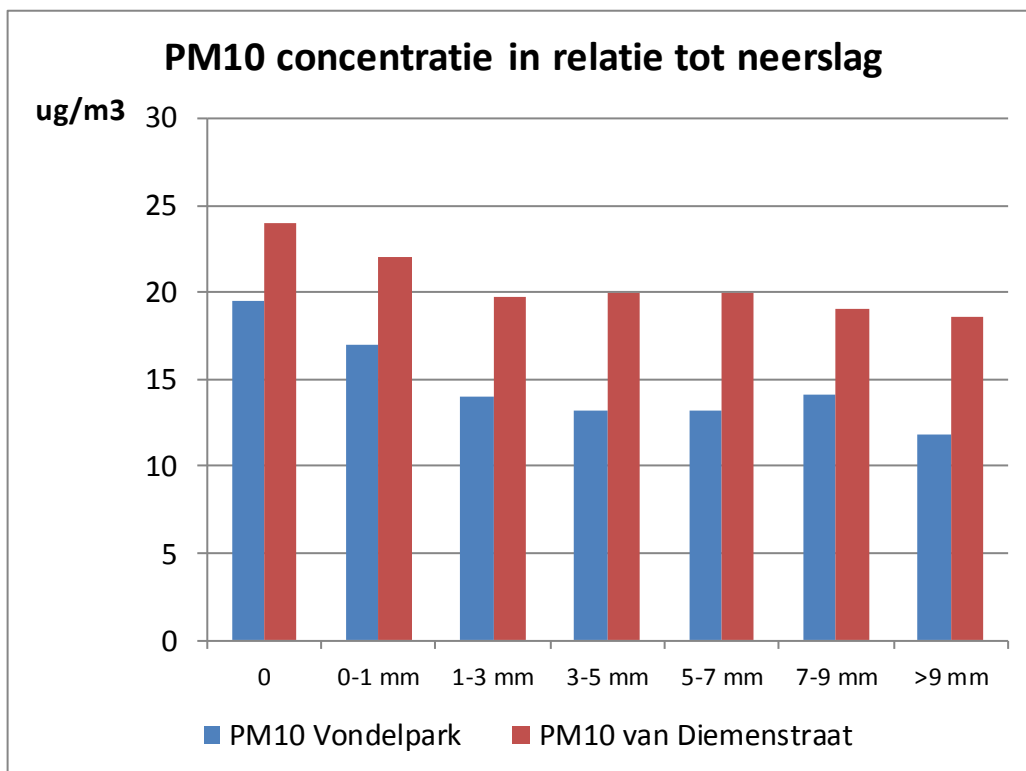
Figuur 4.2 laat zien dat er een bijna lineaire relatie is tussen de daggemiddelde windsnelheid en de NO<sub>2</sub> concentratie. Zoals hierboven bechreven hangen windrichting en windsnelheid met elkaar samen, de hoogste windsnelheden worden gemeten bij (zuid)westelijke wind (zie Bijlage rapport). Een deel van het verband wordt dus verklaard door de aanvoer van relatief schone lucht bij westenwind. Maar een hoge windsnelheid leidt tevens tot snelle verdunning van de lokale uitstoot; omgekeerd blijft de uitstoot bij lage windsnelheid lang 'hangen'. Zowel op straatstations als op achtergrondstations is de NO<sub>2</sub> concentratie op straatstations bij windstil weer (< 2 m/s) ruim twee keer zo hoog zijn als bij harde wind (>8 m/s). Overigens komen zowel dagen met een gemiddelde windsnelheid lager dan 2 m/s als hoger dan 8 m/s relatief weinig voor (in 2016 resp. op 18 dagen en 20 dagen). Gemiddeld over het jaar 2016 was de windsnelheid 4,5 m/s, daggemiddelde windsnelheden tussen de 3 en 5 m/s kwamen het meest voor (zie grafieken in Bijlage rapport).

Voor roet wordt een soortgelijke windrichtingsafhankelijk gevonden, voor PM<sub>10</sub> en PM<sub>2.5</sub> ook, maar voor deze component is het contrast minder groot (zie Bijlage rapport).

#### Neerslag

De invloed van neerslag op de gemeten PM<sub>10</sub> concentratie is voor twee meetstations in figuur 4,3 weergegeven. Er is voor gekozen om PM<sub>10</sub> te laten zien in figuur 4.3 omdat stofdeeltjes door regen 'uit de lucht gewassen' worden; voor een niet-wateroplosbare gas als NO<sub>2</sub> is dat nauwelijks het geval. Figuur 4.4 toont de totale hoeveelheid neerslag per dag in relatie tot de gemiddelde PM<sub>10</sub> concentratie. De verdeling van de hoeveelheid neerslag per dag is 'scheef': de meeste dagen zijn droog (categorie 0 mm, in totaal 180 dagen). Dagen met veel regen zijn relatief schaars (18 dagen tussen de 7 en 9 mm, 27 dagen meer dan 9 mm). Uit figuur 4.4 blijkt niet een heel duidelijk verband tussen daggemiddelde neerslaghoeveelheid en PM<sub>10</sub> concentratie. Wel is de gemiddelde PM<sub>10</sub> concentratie lager op dagen zonder neerslag en de laagste op dagen met de meeste neerslag en is er tendens van lagere concentraties

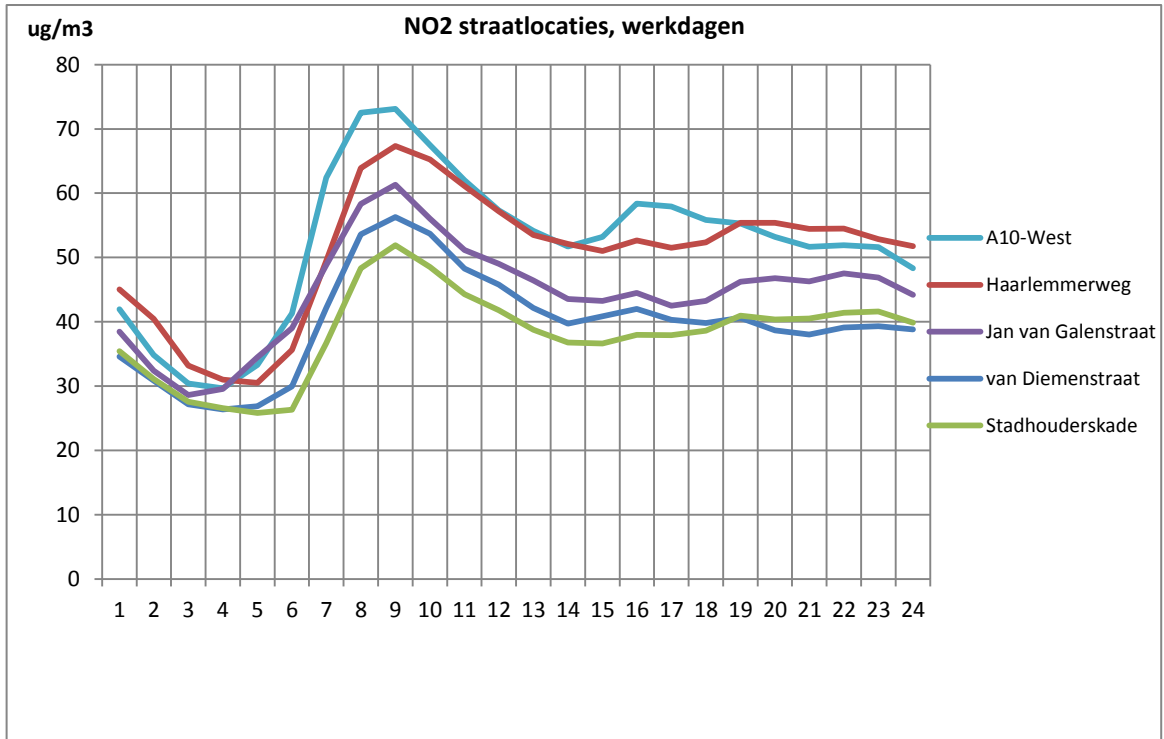
bij meer neerslag. Waarschijnlijk is een periode van langdurige neerslag (meerdere dagen achtereen) en in een groter gebied nodig om de concentratie fijn stof substantieel te verlagen.



Figuur 4.3 Daggemiddelde PM<sub>10</sub> concentratie in relatie tot de totale hoeveelheid neerslag per dag in 2016

#### Variatie binnen een dag

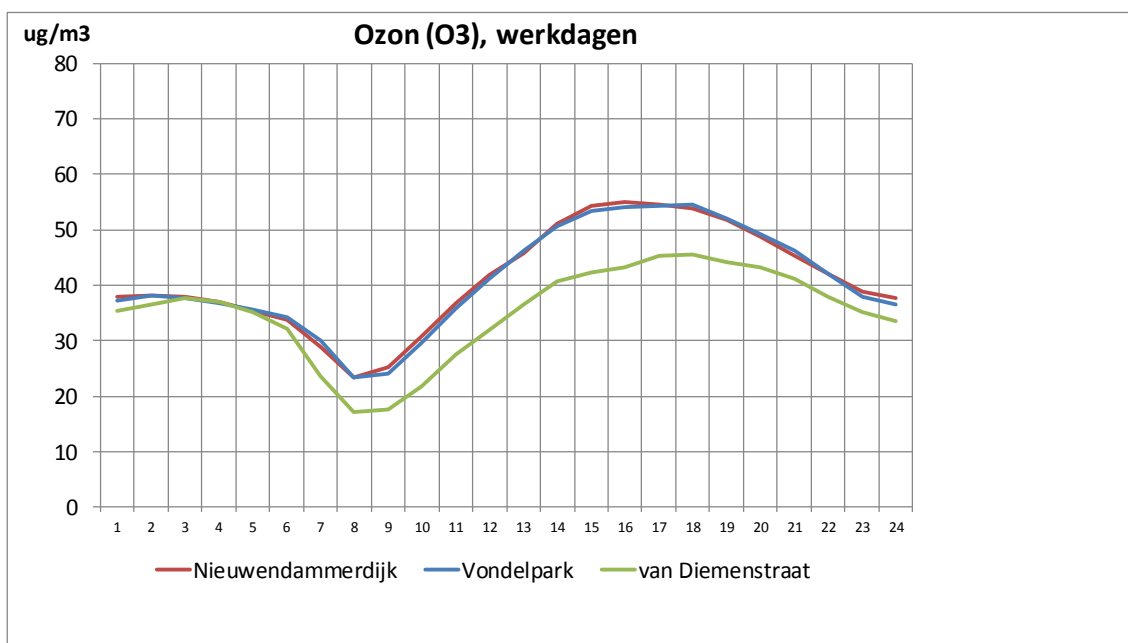
Figuur 4.4 toont het verloop in de uurgemiddelde NO<sub>2</sub> concentratie op straatstations en achtergrondstations.



Figuur 4.4 Dagpatroon in uurgemiddelde NO<sub>2</sub> concentratie op straatstations in 2016

De laagste NO<sub>2</sub> concentraties op straatstations worden gemeten tussen 3 en 5 uur 's nachts, de hoogste concentraties tijdens de ochtendspits (8-9 uur). Het verschil kan oplopen tot meer dan een factor 2. Op achtergrondstations is de variatie van uur tot uur veel kleiner dan op straatstations, de ochtendspits is hier nauwelijks waar te nemen. Voor roet wordt eenzelfde patroon gevonden, voor PM<sub>10</sub> en PM<sub>2.5</sub> is de variatie in de tijd, ook op straatstations, veel kleiner (zie Bijlage rapport).

Figuur 4.5 toont het verloop van de uurgemiddelde ozon concentratie.

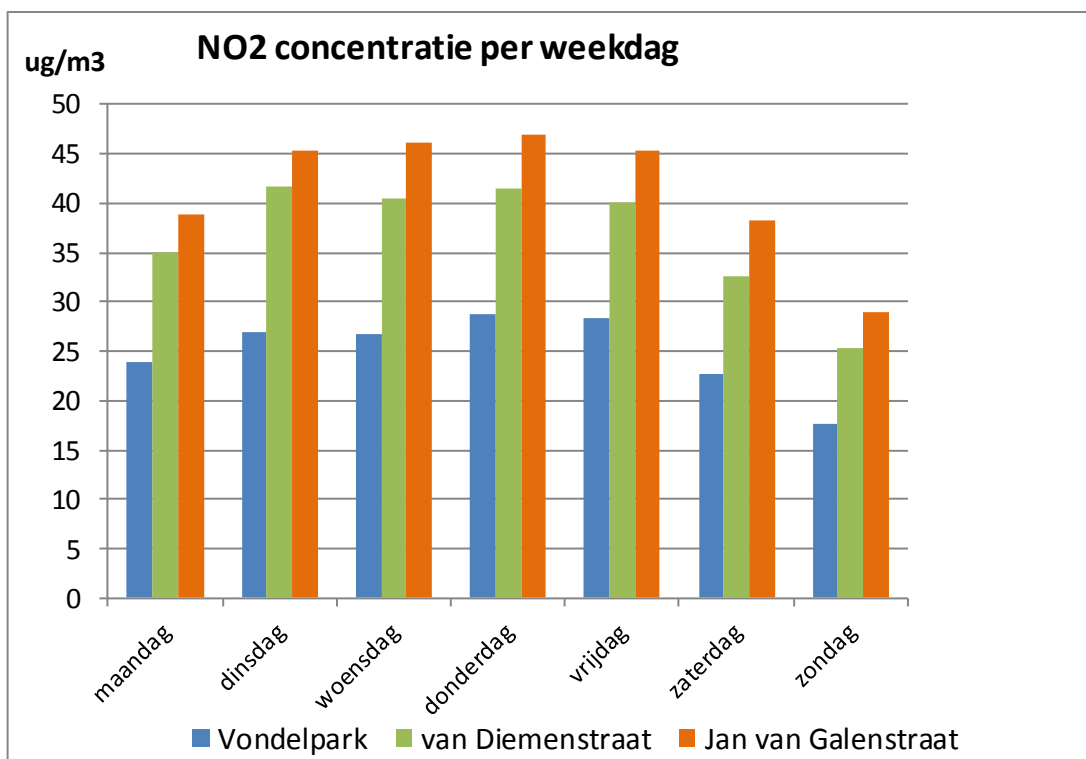


Figuur 4.5 Dagpatroon in uurgemiddelde O<sub>3</sub> concentratie op werkdagen

Zoals in paragraaf 3.5 beschreven treden de hoogste O<sub>3</sub> concentraties op in de namiddag en worden op de achtergrondstations juist *hogere* concentraties gemeten dan in de van Diemenstraat. De ozonconcentraties worden in de loop van de dag opgebouwd onder invloed van zonlicht.

#### Variatie binnen de week

Figuur 4.6 geeft de gemiddelde NO<sub>2</sub> concentratie weer per dag van de week op achtergrondstation Vondelpark en op de straatstations van Diemenstraat en Jan van Galenstraat. De hoogste concentraties worden gemeten op dinsdag, direct gevolgd door donderdag. De laagste concentraties worden gemeten op zondag, gevolgd door zaterdag. Dit heeft (uiteraard) te maken met de hoeveelheid verkeer. Op achtergrondstations wordt eenzelfde patroon gevonden, maar het contrast tussen de dagen is wat minder groot. Voor roet wordt een vergelijkbaar patroon gevonden, voor PM<sub>10</sub> en PM<sub>2.5</sub> zijn de verschillen tussen de dagen van de week nauwelijks zichtbaar (zie Bijlage rapport).



Figuur 4.6 Gemiddelde NO<sub>2</sub> concentratie per dag van de week

#### Variatie binnen het jaar

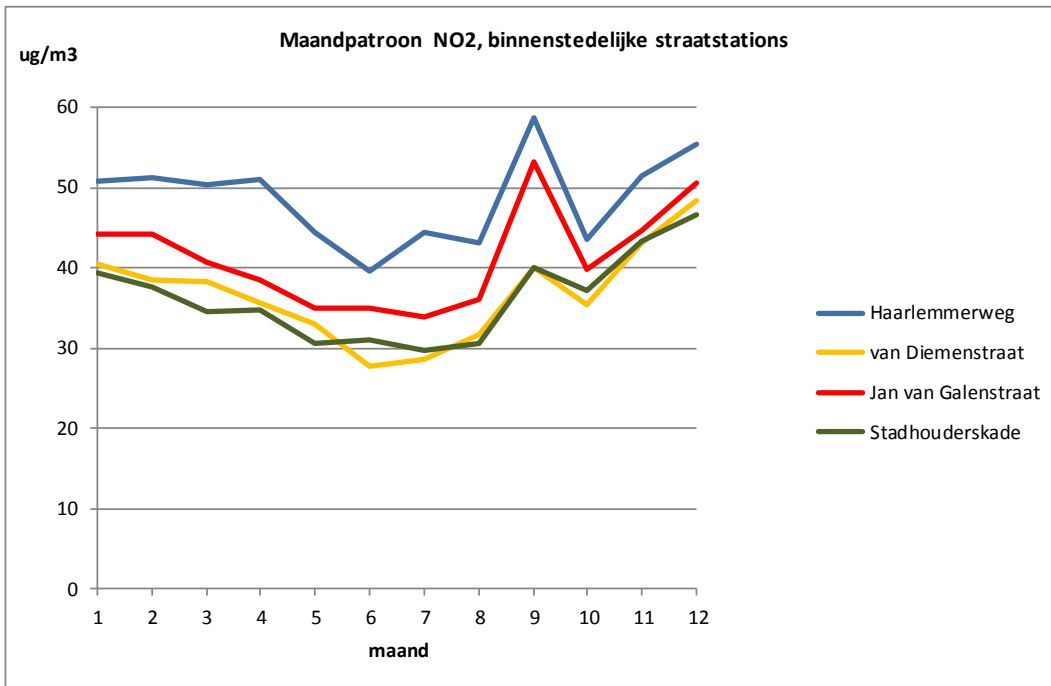
De luchtkwaliteit varieert van maand tot maand: dit heeft te maken met variatie in uitstoot (in de winter doorgaans hoger dan in de zomer) en variatie in weersomstandigheden. Voor NO<sub>2</sub> geldt dat ook de aanwezigheid van ozon in de zomermaanden een rol speelt.

Tabel 4.1 geeft per maand een overzicht van de in 2016 opgetreden temperatuur, neerslag, windrichting en windsnelheid.

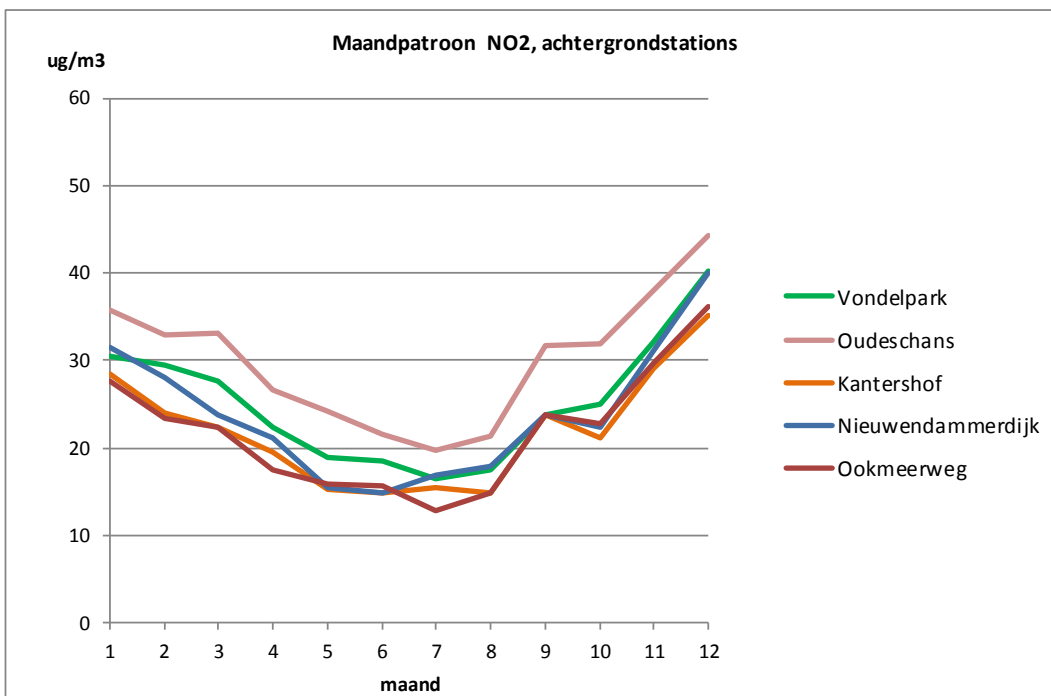
Tabel 4.1 Weerskenmerken in 2016 naar maand, gemeten op KNMI station Schiphol. Temperatuur in °C, neerslag in mm, windsnelheid in m/s

	Gem Temp	Min Temp	Max Temp	Som neerslag	Wind snelheid	% N wind (320- 40°)	%O Wind (50- 130°)	%Z wind (140- 220°)	% W wind (230- 310°)
Jan	5,0	-6,0	13,2	126	6,0	7	19	50	24
Feb	4,7	-4,7	12,0	69	6,2	15	13	30	13
Maart	5,5	-3,5	14,5	62	4,9	24	26	25	26
April	8,8	0,9	18,8	64	4,9	17	17	28	37
Mei	14,5	1,6	25,8	54	4,5	31	32	17	19
Juni	16,5	10,7	26,6	126	3,9	31	8	27	33
Juli	18,3	10,2	32,5	36	4,5	10	7	26	56
Aug	18,1	9,1	30,8	134	4,6	12	19	31	37
Sept	17,9	8,2	30,6	19	3,7	6	30	40	22
Okt	10,4	1,2	19,0	70	3,8	18	42	25	12
Nov	5,9	-5,6	14,0	85	4,5	13	27	43	15
Dec	5,1	-4,5	12,2	18	4,4	5	18	50	25

Figuur 4.7 toont de gemiddelde NO<sub>2</sub> concentraties per maand voor de binnenstedelijke straatstations. Duidelijk is te zien dat het maandpatroon op alle straatstations een duidelijke samenhang vertoont, met een piek in september hogere concentraties in de wintermaanden dan in de zomermaanden. De piek in september wordt waarschijnlijk veroorzaakt door lage gemiddelde windsnelheid (zie bijlage rapport) in combinatie met aantrekkend verkeer en nog relatief hoge ozonconcentraties, waardoor NO snel wordt omgezet in O<sub>3</sub>. Langs de A10-West valt vooral de dip in juli en augustus op, veroorzaakt door minder wegverkeer in de vakantieperiode. Op de achtergrondstations is het seizoenspatroon in de NO<sub>2</sub> concentratie nog duidelijk te zien: lagere concentraties in de zomermaanden en hogere concentraties in de wintermaanden. De lokale wegbijdrage aan de NO<sub>2</sub> concentraties is in de zomer juist wat hoger. Dit heeft te maken met de hogere ozonconcentraties in de zomermaanden; waardoor de ligging van de evenwichtsreactie:  $\text{NO} + \text{O}_3 \leftrightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$  in drukke straten (met relatief veel NO) verschuift naar rechts.

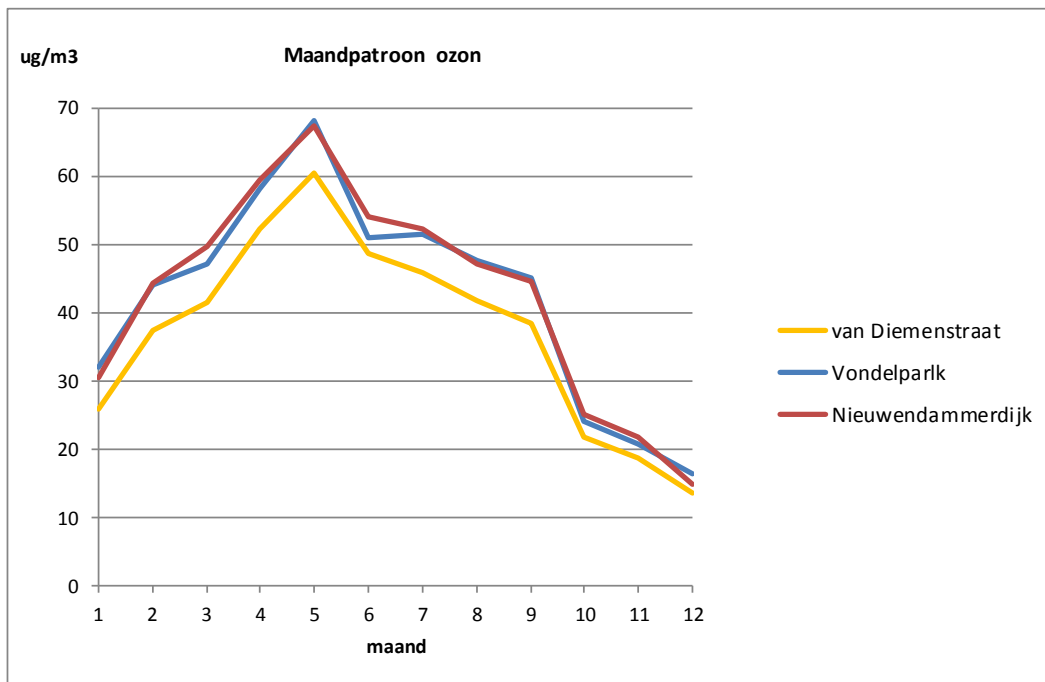


Figuur 4.7 Gemiddelde NO<sub>2</sub> concentratie per maand op straatstations



Figuur 4.8 Gemiddelde NO<sub>2</sub> concentratie per maand op achtergrondstations





*Figuur 4.9 Maandpatroon gemiddelde ozonconcentratie*

Ook voor roet geldt dat de concentraties het laagst zijn in de zomermaanden en het hoogste in de wintermaanden. Het verschil in concentratie in de maand met de hoogste concentratie (december 2016) en laagste concentratie (juli 2016) loopt op tot bijna een factor 2. Ook voor PM<sub>10</sub> en PM<sub>2.5</sub> geldt dat de concentraties in de winter hoger zijn dan in de zomer maar het contrast is minder groot dan voor NO<sub>2</sub> en roet.

Alleen voor ozon is dit precies andersom (figuur 4.9), wat uiteraard samenhangt met het feit dat ozon onder invloed van zonlicht wordt gevormd. In 2016 werden de hoogste concentraties in mei gemeten (een warme maand met veel zonuren). De laagste concentraties worden gemeten in de wintermaanden.

## Referenties

Bush T, S Smith, K Stevenson, S Moorcroft. Validation of nitrogen dioxide diffusion tube methodology in the UK. Atmospheric Environment 2001;35 :289-296.

Dijkema MBA, S.C. van der Zee, HPJ Helmink, Luchtverontreiniging Amsterdam 2015. GGD Amsterdam, 2016. <https://www.luchtmeetnet.nl/download#>

Palmes ED, AF Gunnison, J Dimattio, C Tomezyk. Personal sampler for nitrogen dioxide. American Industrial Hygiene Association 1976;37:570-577.

Stevenson K, T Bush, D Mooney. Five years of nitrogen dioxide measurement with diffusion tube samplers at over 1000 sites in the UK. Atmospheric Environment 2001;35;281-287.

Wesseling JP, S van der Zee, L. Nguyen. Gemeten en berekende NO<sub>2</sub> concentraties in Amsterdam in 2008. RIVM rapport 680705015, 2010.

WHO. 2012. Health effects of black carbon. ISBN 978 92 890 0265 3.  
[http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0004/162535/e96541.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/162535/e96541.pdf)

