

# Metingen van luchtkwaliteit in Alkmaar met betrekking tot NO<sub>2</sub> en ultrafijnstof

E.P. Weijers  
G.P.A. Kos

Maart 2017  
ECN-E--17-017



## Verantwoording

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van de gemeente Alkmaar (contactpersoon: Christel Toenink) met als projectnaam 'Metingen van luchtkwaliteit in Alkmaar' (ECN-projectnummer: 5.4462).

Voorafgaande aan de meetcampagnes is het meetplan voorgelegd aan GGD Noord-Holland Noord en bewoners uit de gemeente. Het plan is daarna definitief ingevuld. Na afloop van de werkzaamheden zijn de resultaten gepresenteerd en bediscussieerd met de betrokkenen.

Veel dank is verschuldigd aan het Hoogheemraadschap Noord-Kennemerland, familie Pieterse (Ida Gerhardtstraat), het Zorgcentrum de Kooimeer en AutoCentrum Boots (Vondelstraat) voor het mogelijk maken van de metingen op de verschillende meetpunten.

“Hoewel de informatie in dit rapport afkomstig is van betrouwbare bronnen en de nodige zorgvuldigheid is betracht bij de totstandkoming daarvan kan ECN geen aansprakelijkheid aanvaarden jegens de gebruiker voor fouten, onnauwkeurigheden en/of omissies, ongeacht de oorzaak daarvan, en voor schade als gevolg daarvan. Gebruik van de informatie in het rapport en beslissingen van de gebruiker gebaseerd daarop zijn voor rekening en risico van de gebruiker. In geen enkel geval zijn ECN, zijn bestuurders, directeuren en/of medewerkers aansprakelijk ten aanzien van indirecte, immateriële of gevolgschade met inbegrip van gederfde winst of inkomsten en verlies van contracten of orders.”

# Inhoudsopgave

	<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Uitvoering van de metingen</b>	<b>11</b>
2.1	Meetlocaties	12
2.2	Mobiele metingen	15
2.3	Meetinstrumenten	15
<b>3</b>	<b>Meetresultaten</b>	<b>17</b>
3.1	Meetcampagne Vroonermeer	18
3.2	Meetcampagne Kooimeerplein	20
<b>4</b>	<b>Bespreking meetresultaten</b>	<b>22</b>
4.1	NO <sub>2</sub>	22
4.2	Ultrafijn stof	26
4.3	Effect van windrichting	27
<b>5</b>	<b>Discussie en conclusies</b>	<b>30</b>
	<b>Referenties</b>	<b>33</b>
	<b>Bijlagen</b>	
A.	Meetwaarden Vroonermeer	34
B.	Meetwaarden Kooimeerplein	36
C.	Mobiele meting	38

# Samenvatting

Uit officiële modelberekeningen blijkt dat er voor NO<sub>2</sub> en PM<sub>10</sub> geen knelpunten bestaan in Alkmaar. Dit komt vooral door de lage achtergrondniveaus in dit deel van Nederland. Niettemin bestaat er, rondom drukke wegen, zorg over de blootstelling aan lucht verontreinigd door het wegverkeer. Na overleg tussen betrokkenen (bewoners, GGD Noord-Holland-Noord, ECN en gemeente Alkmaar) is daarom besloten de luchtkwaliteit bij Vroonermeer en het verkeersplein Kooimeer nader te onderzoeken. In twee meetcampagnes is het gedrag van typische ‘verkeersgerelateerde’ componenten bestudeerd: NO<sub>2</sub> (evenals NO) en het aantal fijnstofdeeltjes in de lucht (UF). De volgende onderzoeksvragen zijn hierbij geformuleerd:

- Wat is het effect van het verkeer op de luchtkwaliteit in de woonwijk?
- Zijn de meetresultaten afwijkend van andere locaties in een stedelijke omgeving?
- Hoe verhouden de resultaten zich tot de metingen van de bewoners zelf?

De campagnes vonden plaats in de periode september–november 2016. In totaal is 70 dagen gemeten. Per locatie zijn twee meetpunten gekozen.

- In Vroonermeer:
  - o op een ‘verkeersbelast’ meetpunt vlakbij het kruispunt N245 met de N508 én
  - o op een meetpunt in de nabijgelegen woonwijk.
- Voor de locatie verkeersplein Kooimeer:
  - o ligt het ‘verkeersbelaste’ meetpunt iets ten noorden van het plein en
  - o is eveneens een meetpunt in een woonwijk ingericht.

Voor de precieze ligging zie **Figuur 1** en **Figuur 2** hieronder.



**Figuur 1:** De ligging van de twee meetpunten in Vroonermeer. Links: het verkeersbelaste meetpunt; rechts: in woonwijk



**Figuur 2:** De ligging van de twee meetpunten bij Kooimeerplein. Links: het verkeersbelaste meetpunt; rechts: in woonwijk

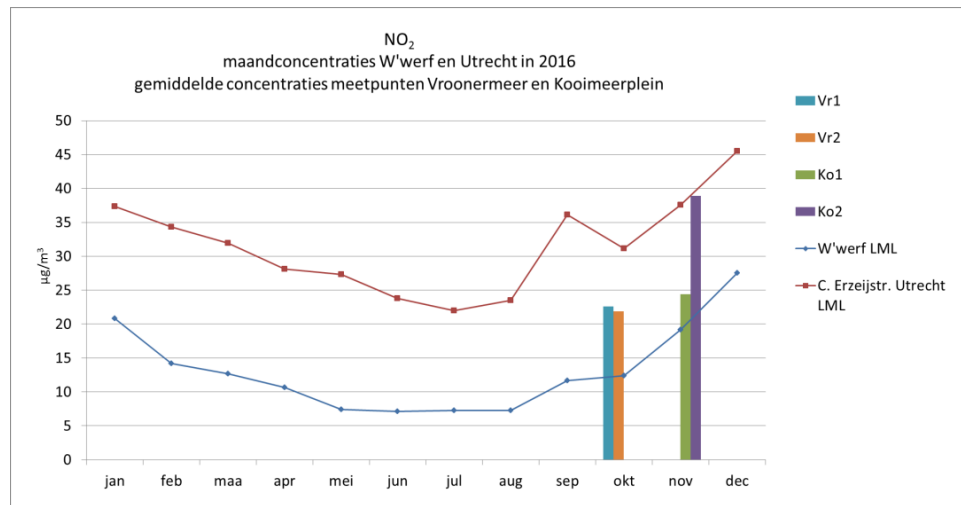
De meetresultaten voor  $\text{NO}_2$  zijn vervolgens vergeleken met *gelijktijdige* metingen op twee stations in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML): in Wieringerwerf en Constant Erzeijstraat in de stad Utrecht (C. Erzeijstraat). Station Wieringerwerf is een zogenaamd 'regionaal achtergrondstation' (weinig invloed van bronnen als verkeer of industrie); het station in de C. Erzeijstraat is 'verkeersbelast' (vanwege de ligging aan een drukke verkeersstraat). De meetresultaten voor UF zijn vergeleken met die verkregen uit andere meetcampagnes.

Het is verder van belang op te merken dat vanwege de beperkte duur van meetcampagnes (ongeveer een *maand*) vergelijking met een *jaargemiddelde grenswaarde* slechts indicatief kan zijn.

De voornaamste conclusies uit deze studie worden hieronder puntsgewijs toegelicht.

- *De  $\text{NO}_2$ -concentraties in Vroonermeer en bij het Kooimeerplein zijn niet afwijkend van datgene wat op vergelijkbare locaties in Nederland wordt gemeten.*  
Het resultaat voor  $\text{NO}_2$  is samengevat in onderstaande **Figuur 3**. Hierin is ook het jaarlijkse verloop afgebeeld zoals door RIVM gemeten op de twee LML-stations. Te zien is dat de concentraties in Vroonermeer en bij het Kooimeerplein hoger zijn dan op station Wieringerwerf; dit is normaal voor een stedelijk gebied. Op drie meetpunten (Vroonermeer en vlakbij het verkeersplein Kooimeer) zijn de concentraties lager dan op het verkeersbelaste LML-station Utrecht. De

concentratie op het tweede meetpunt bij het Kooimeerplein is het hoogst en vergelijkbaar met het niveau gemeten op het station in Utrecht. Redenen hiervoor worden verderop gegeven. De laagste concentraties voor NO<sub>2</sub> worden in de zomer gemeten. De meetcampagnes in Alkmaar vonden (dus) plaats in maanden met relatief hoge NO<sub>2</sub> niveaus (oktober-november).



**Figuur 3:** Vergelijking van de NO<sub>2</sub>-maandconcentraties bij Wieringerwerf en in Utrecht met de gemiddelde concentraties in Vroonermeer en bij Kooimeerplein tijdens de meetcampagnes.

- De verwachting is dat de jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties (in 2016) onder de Europese grenswaarde zullen blijven.*

Bovenstaande figuur laat namelijk ook zien dat de jaargemiddelde concentratie in de C. Erzeijstraat in Utrecht de grenswaarde van 40 µg/m<sup>3</sup> niet zal overschrijden (in 11 van de 12 maanden is de maandconcentratie namelijk lager). De meetcampagnes in Alkmaar resulteerden in lagere niveaus voor de maanden oktober en november. Bekend is dat de jaarlijkse variatie in de luchtkwaliteit overal in Nederland ruwweg hetzelfde patroon laat zien. Dit wordt veroorzaakt door de meteorologie. Het is daarom de verwachting dat op de vier meetpunten in deze studie de NO<sub>2</sub>-grenswaarde in 2016 evenmin overschreden zal worden.
- De gemeten aantallen ultrafijne deeltjes wijken niet af van die in andere steden in Nederland.*

Uit de literatuur is bekend dat deeltjesaantallen op verkeersbelaste locaties in Nederland boven de 30.000 per cm<sup>3</sup> kunnen liggen; (stedelijke) achtergrondconcentraties liggen rond de 10.000 per cm<sup>3</sup>. De gemiddeld gemeten aantallen UF op de vier Alkmaarse meetpunten ligt tussen 11.000 en 18.000 per cm<sup>3</sup>. Tijdens de campagnes zijn de hoogste aantallen dicht bij de weg gemeten. Rondom Kooimeerplein zijn de niveaus hoger dan in Vroonermeer wat veroorzaakt zal worden door meer verkeer in de omgeving.

- *De concentraties voor NO en UF zijn het hoogst dicht bij de weg en nemen af op toenemende afstand in de richting van de woonwijk. De NO<sub>2</sub> concentraties blijven ongeveer gelijk (Vroonermeer) of nemen iets toe bij grotere afstand van de weg (bij Kooimeerplein).*

NO en UF zijn typische verkeerscomponenten, dat wil zeggen ze worden met name geëmitteerd door verkeer. De concentraties zijn dan ook het hoogst dicht bij de verkeersweg en nemen gedurende transport af door verdunning van de lucht. Zo is in de woonwijk in Vroonermeer het NO-niveau ongeveer de helft van datgene wat langs de weg is gemeten: de UF-concentratie is met circa 16% gedaald. Nabij het Kooimeerplein is het verloop vergelijkbaar: hier zijn de NO en UF-concentraties in de woonwijk met circa 33% respectievelijk 6% afgenomen (ten opzichte van dicht bij het verkeersplein).

In het geval van NO<sub>2</sub> is van een dergelijke afname geen sprake. Hier speelt zeer vermoedelijk een chemische reactie een rol. Tijdens de windafwaartse verplaatsing van de lucht (met daarin NO) vindt omzetting van NO naar NO<sub>2</sub> plaats: NO neemt af en NO<sub>2</sub> (dus) toe. Dit verklaart de sterke afname van NO en het vrijwel gelijk blijven van NO<sub>2</sub> in Vroonermeer. In het laatste geval wordt de afname door verdunning gecompenseerd door een toename als gevolg van de chemische reactie.

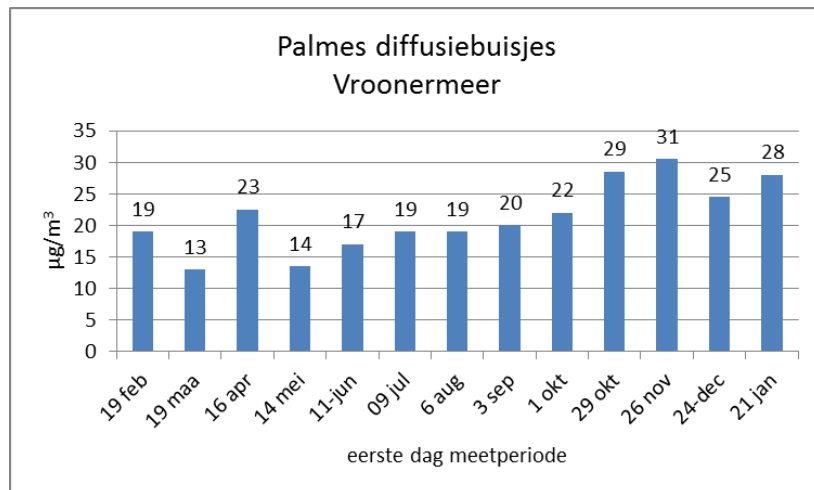
Op het tweede meetpunt bij Kooimeerplein is zelfs sprake van een toename van NO<sub>2</sub> (ten opzichte van het eerste meetpunt). Hiervoor zijn enkele oorzaken aan te geven:

- o er is meer NO in de lucht door een hogere verkeersdichtheid gecombineerd met de beperkte verkeersdoorstroming op het plein (veel 'stop-and-go' verkeer);
- o daarnaast is er (relatief veel) bebouwing, zodat lucht minder snel 'ververst' (en dus meer kans op een chemische reactie).
- o De uitgevoerde windrichtingsanalyse voor dit meetpunt geeft verder aan dat er ook een bijdrage is van verder in Alkmaar gelegen bronnen (verkeerswegen en wellicht andere bronnen zoals verwarming). In Vroonermeer is er, verhoudingsgewijs, minder bebouwing in de woonwijk en in de omgeving.

Gedurende enkele dagen is met een meetwagen rondgereden in de woonwijken in Vroonermeer en bij Kooimeerplein. De windrichting was hierbij van de weg af en naar de woonwijk toe. Deze metingen zijn gedaan op verschillende plaatsen in de woonwijk en duurden 10-15 minuten: het zijn dus momentopnames. Ruwweg worden de resultaten op de vaste meetpunten wel bevestigd: de UF aantallen en NO-concentraties in de woonwijk nemen af. In het geval van Kooimeerplein is er op één dag ook een afname te zien voor NO<sub>2</sub>. Dit geldt dan wel voor punten die verder van de weg afliggen dan het vaste meetpunt in de wijk. Het zou kunnen zijn dat op een dergelijke afstand verdunning belangrijker is geworden dan chemische omzetting van NO naar NO<sub>2</sub>.

- *De NO<sub>2</sub>-concentraties gemeten met de Palmes diffusiebuisjes (door bewoners) komen overeen met de waarden gevonden in deze studie*

De gemiddelde concentraties gemeten met de Palmes diffusiebuisjes zijn berekend over circa 30 dagen (zie **Figuur 4**). De waarden liggen tussen 13 en 31 µg/m<sup>3</sup>. Over de hele periode (februari 2013-februari 2014) bedraagt het gemiddelde 22 µg/m<sup>3</sup>.



**Figuur 4:** Resultaten verkregen met de Palmes diffusiebuisjes in Vroonermeer gedurende de periode februari 2013-februari 2014.

Vergelijking met **Figuur 3** laat zien dat grootte en variatie in concentraties niet opvallend afwijken. (De periode van de metingen met de buisjes is *niet dezelfde* als die in deze studie.)



# 1

## Inleiding

In 2001 is het Besluit Luchtkwaliteit (BLK) in werking getreden (Staatsblad, 2001). Daarin is onder meer bepaald dat gemeenten en provincies de lokale luchtkwaliteit in kaart moeten brengen. Het BLK heeft betrekking op luchtverontreiniging veroorzaakt door (onder andere) stikstofdioxide en zwevende deeltjes. Als blijkt dat grenswaarden uit het Besluit zijn overschreden of naar verwachting worden overschreden, moeten er maatregelen genomen worden. Bij het oplossen van de knelpunten is de aandacht primair gericht op het voldoen aan de grenswaarden in het geval van stikstofdioxide ( $\text{NO}_2$ ) en fijnstof ( $\text{PM}_{10}$ ).

Om een beeld te krijgen van de omvang van luchtverontreiniging in steden worden door de landelijke overheid jaarlijks modelberekeningen uitgevoerd (met behulp van de NSL-Monitoringstool). Uit deze berekeningen blijkt dat er geen knelpunten zijn voor  $\text{NO}_2$  en  $\text{PM}_{10}$  in Alkmaar. Oorzaak is de relatief lage achtergrondniveaus in dit deel van Nederland (met name bij aanlandige winden). Niettemin bestaat er onder burgers zorg over de blootstelling door uitstoot van wegverkeer op sommige locaties. Voorbeelden zijn wijken ter weerszijden van de N245 (een drukke weg die ter plekke kruist met de N508) en het verkeersplein Kooimeer. Naar aanleiding hiervan heeft de gemeente voorgesteld de luchtkwaliteit op dergelijke locaties te meten in aanvulling op de modellering met de Monitoringstool.

De uitvoering van deze metingen en het inzichtelijk maken van de meetresultaten zijn door de gemeente Alkmaar uitbesteed aan het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN, afdeling 'Environmental Assessment'). Voorafgaand is er overleg geweest tussen bewoners, gemeente, GGD Noord-Holland-Noord en leden van het ECN-projectteam (juli 2016). Hierin kwam naar voren dat de metingen vooral de invloed van het verkeer op de luchtkwaliteit in beeld moeten brengen (in plaats van een opzet gericht op toetsing van grenswaarden).

De onderzoeksvragen zijn als volgt geformuleerd:

1. In welke mate beïnvloeden verkeersemissies de luchtkwaliteit benedenwinds?
2. Hoe verhouden de meetresultaten zich tot niveaus elders (in Nederland)?
3. Hoe verhouden de meetresultaten zich tot de uitkomsten van metingen door bewoners?

Er is tevens gekozen om naast de 'verkeersgerelateerde' stikstofoxiden (NO en NO<sub>2</sub>) ook het *aantal* fijnstofdeeltjes in de lucht te meten. Langs drukke wegen wordt deze parameter sterk gedomineerd door de aanwezigheid van de zogenaamde 'ultrafijne' deeltjes (UF). Deze deeltjes zijn kleiner dan 0,1 µm in diameter en dragen door hun geringe massa nauwelijks bij aan PM<sub>10</sub>. De aantallen UF-deeltjes worden vooral bepaald door de verkeersintensiteit ter plaatse.

# 2

## Uitvoering van de metingen

De metingen aan  $\text{NO}_x$  en UF vonden plaats in de periode september–november 2016. In totaal is gedurende 70 dagen gemeten. In samenspraak met de gemeente Alkmaar, GGD Noord-Holland-Noord en bewoners zijn de gebieden Vroonermeer en verkeersplein Kooimeer als locatie vastgesteld. Voor de campagnes zijn in beide gebieden twee meetpunten gekozen op verschillende afstanden van het verkeer. De plaatsing van de meetapparatuur hing verder af van de onderlinge positionering in verband met de meest voorkomende windrichting (zuidwest) alsmede van de stroomvoorziening, bereikbaarheid, veiligheid en het risico op vandalisme.

### Ontstaan van $\text{NO}_2$

*Stikstofoxiden ( $\text{NO}$  en  $\text{NO}_2$ ) ontstaan bij de oxidatie van luchtstikstof ( $\text{N}_2$ ) tijdens verbrandingsprocessen bij hoge temperaturen. In eerste instantie wordt hierbij vooral  $\text{NO}$  (stikstofmonoxide) gevormd.  $\text{NO}$  heeft een korte levensduur in de atmosfeer (enkele minuten). Na een reactie met ozon ( $\text{O}_3$ ) wordt dit omgezet in  $\text{NO}_2$ .  $\text{NO}$ -concentraties laten een grote variatie in de tijd en ruimte zien en zijn, onder andere om deze reden, minder goed bruikbaar in regelgeving.*

*Het  $\text{NO}$  gemeten vlakbij de weg kan bij transport naar de omgeving dus al zijn omgezet naar  $\text{NO}_2$ . Door deze reactie zal de  $\text{NO}$ -concentratie dus afnemen en die van  $\text{NO}_2$  toenemen op toenemende afstand van de weg. De chemische omzetting van  $\text{NO}$  in  $\text{NO}_2$  is vrijwel momentaan, maar het verloop van de reactie is afhankelijk van de inmenging van het aanwezige ozon. Door deze omzetting kent  $\text{NO}_2$  een veel gelijkmatiger beeld over de stad (dan  $\text{NO}$ ).*

## 2.1 Meetlocaties

Vroonermeer is een wijk in het noordoosten van Alkmaar. Als meetpunten in deze wijk zijn gekozen (**Figuur 5**):

- **Vr1**: 'verkeersbelast' meetpunt ten oosten van de aansluiting van de Nollenweg (N508) op de Huiswaarderweg-Schagerweg (N245) op 50 m van de rand van de weg.
- **Vr2**: Ida Gerhardtstraat 21, in het woongebied Vroonermeer-Zuid op circa 120 m afstand ten oosten van Vr1.

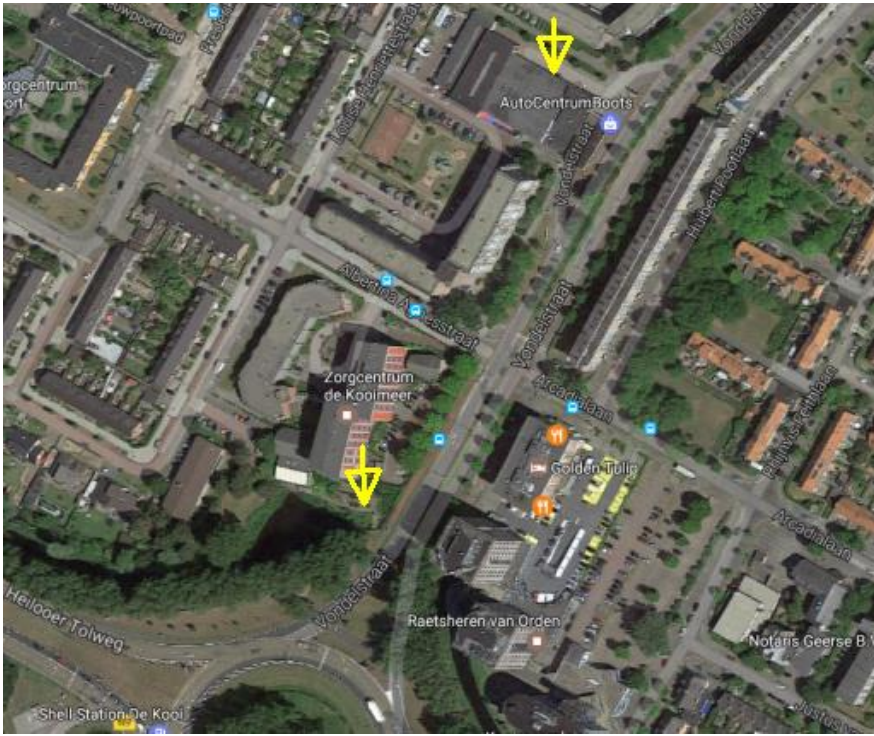


**Figuur 5**: Positie van de twee meetpunten in Vroonermeer. Links: het verkeersbelaste meetpunt (Vr1); rechts: in woonwijk (Vr2)

Het verkeersplein Kooimeer ligt aan de zuidrand van Alkmaar. De tweede campagne is uitgevoerd ten noorden van verkeersplein Kooimeer. De meetpunten hier zijn:

- **Ko1**: 'verkeersbelast' meetpunt in de tuin van Zorgcentrum de Kooimeer (70 m van de rand van het verkeersplein).
- **Ko2**: Vondelstraat 200, in het woongebied op 225 m afstand ten noordoosten van Ko1 (nabij autobedrijf Boots). Vastgesteld is dat de werkzaamheden in dit bedrijf geen effect hebben gehad op de meetwaarden.

De bijbehorende posities zijn afgebeeld in **Figuur 6**.



**Figuur 6:** Positie van de twee meetpunten nabij verkeersplein Kooimeer. Links: het verkeersbelaste meetpunt (Ko1); rechts: in woonwijk (Ko2)

Afbeeldingen van de experimentele opstellingen op de verschillende meetpunten zijn te zien in **Figuur 7**.



---

**Figuur 7:** Apparatuur en opstelling op de vier meetpunten. Boven: Vroonermeer; onder: Kooimeerplein.

## 2.2 Mobiele metingen

In aanvulling op de metingen op de vaste punten is tijdens elke campagne gedurende een dag in de betreffende wijken rondgereden met een meetwagen (**Figuur 8**). Op deze wijze is op verschillende punten in de wijk gedurende korte periodes (circa 10-15 minuten) eveneens  $\text{NO}_2$  en UF gemeten. Omdat de metingen een korte duur hebben, zijn de resultaten alleen als indicatie te gebruiken. De resultaten zijn terug te vinden in **Bijlage C**.



**Figuur 8:** Meetwagen met apparatuur.

## 2.3 Meetinstrumenten

### 2.3.1 Aantallen deeltjes

Het totale aantal deeltjes in de lucht is gemeten met zogenaamde totaaldeeltjestellers (Engelse afkorting: CPC, Condensation Particle Counter). Deze tellers kunnen alle zwevende deeltjes tellen, doordat er in een hoog verzadigde atmosfeer eerst druppeltjes van gemaakt worden. Deze druppeltjes worden apart geteld met een lasertje, een optisch systeem en een lichtgevoelige cel die van iedere lichtflits een spanningspuls maakt. De meetmethode is vrijwel absoluut tot het niveau waarop de deeltjes niet meer apart geteld kunnen worden. In dat geval wordt de totale lichtverstrooiing gemeten en gekoppeld aan een aantal dat (eerder) vastgesteld is met kalibratietechnieken.

### 2.3.2 $\text{NO}_x$

De stikstofoxide en stikstofdioxide wordt gemeten met chemoluminescentie. Bij deze methode reageert NO met ozon ( $\text{O}_3$ ) tot  $\text{NO}_2$ , waarvan een gedeelte zich in een 'aangeslagen toestand' bevindt. Bij terugval naar de 'grondtoestand' zenden deze  $\text{NO}_2$ -moleculen licht uit met een karakteristieke golflengte. De intensiteit van het licht

hangt af van de hoeveelheid NO in het monster en is daar dus een maat voor. De hoeveelheid uitgezonden licht is een maat voor de hoeveelheid NO én NO<sub>2</sub>. NO<sub>2</sub> wordt eerst met een 'converter' omgevormd tot NO om het te kunnen laten reageren met ozon. Die ozon wordt binnen de monitor gegenereerd en gemengd met de NO. Om beide gassen tegelijk te kunnen meten – NO en NO<sub>2</sub> – wordt gebruik gemaakt van twee reactiekamers.

### 2.3.3 Kwaliteitsbewaking

In dit onderzoek gaat het om vergelijkingsmetingen. Preciezer geformuleerd, het gaat om het verschil in concentraties op twee meetpunten die niet ver uit elkaar liggen. Om de kwaliteit van de verkregen meetdata te bewaken, is het daarom essentieel dat de hier gebruikte instrumenten voor het meten van NO<sub>x</sub> respectievelijk UF hetzelfde aangeven als ze naast elkaar gelijktijdig meten. Deze 'precisie'-meting is vooraf uitgevoerd.

Beide NO<sub>2</sub>-instrumenten zijn vooraf gekalibreerd met een ijkgas om de juistheid van absolute waarde te garanderen. Voorafgaande aan de metingen zijn de NO<sub>x</sub>-monitoren en een drietal deeltjestellers gekalibreerd. De NO<sub>x</sub>-monitoren zijn gekalibreerd door kalibratiegas aan te bieden van NO en NO<sub>2</sub>. De monitoren zijn tijdens de kalibratie vergeleken met een NO<sub>x</sub>-monitor die bij het RIVM gekalibreerd is. Zodoende zijn correctiefactoren verkregen voor het gelijktrekken van de meetwaarden bij gelijktijdig aanbod van het ijkgas. Deze factoren zijn verwerkt om tot vergelijkbare resultaten te komen met de waarden zoals door RIVM worden gemeten.

De deeltjestellers behoeven slechts correcte instellingen te hebben en te behouden voor goede meetresultaten. Met name het luchtdebiet is van belang. De vitale functies in het apparaat zoals debiet en temperatuur en aanwezigheid van vloeistof worden bijgehouden. Bij afwijkingen worden de data 'gevlagd' en achteraf gediscrimineerd. Er kunnen kleine verschillen optreden tussen deeltjestellers onderling als gevolg van enigszins andere ondergrenzen. Vooraf is dat vastgesteld en ook hiervoor zijn correctiefactoren vastgesteld en in de data verwerkt, waarbij uitgegaan is dat de nieuwste teller die door de leverancier geijkt is, de juiste concentraties aangeeft.

De gebruikte instrumenten zijn technisch gezien van de hoogst mogelijke kwaliteit en gelijk aan die in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (in het geval van NO<sub>2</sub>) of aan die gebruikt in speciale meetcampagnes (zoals rondom Schiphol in het geval van ultrafijne deeltjes). Verdere indicatie van de betrouwbaarheid van de NO<sub>2</sub>-metingen volgt uit vergelijking met meetresultaten op stations van het Landelijk Meetnet Luchtverontreiniging (LML, beheerd door het RIVM). Deze metingen vinden doorlopend plaats.



# 3

## Meetresultaten

In dit hoofdstuk worden de meetresultaten grafisch gepresenteerd voor de meetcampagnes Vroonermeer en nabij Kooimeerplein. De bijbehorende meetwaarden (per dag) zijn samengevat in tabellen in **Bijlage A** (Vroonermeer) en **Bijlage B** (Kooimeerplein).

Enkele meettechnische kenmerken met betrekking tot beide campagnes zijn samengevat in **Tabel 1**. Met 'data beschikbaarheid' wordt bedoeld de tijd dat er feitelijk gemeten is (uitgedrukt als percentage van de duur van de gehele campagne).

**Tabel 1:** Detailinformatie over de meetcampagnes uitgevoerd in de periode september-december 2016.

Vroonermeer	start	eind	aantal dagen	componenten	data beschikbaarheid [%]
Vr1	23 sept	11 okt	18	NO <sub>2</sub>	95
	23 sept	22 okt	29	UF	90
Vr2	23 sept	22 okt	29	NO <sub>2</sub>	85
	23 sept	22 okt	29	UF	90
Kooimeerplein					
Ko1	28 okt	4 dec	37	NO <sub>2</sub>	90
	28 okt	4 dec	37	UF	90
Ko2	29 okt	29 nov	32	NO <sub>2</sub>	94
	29 okt	29 nov	32	UF	94

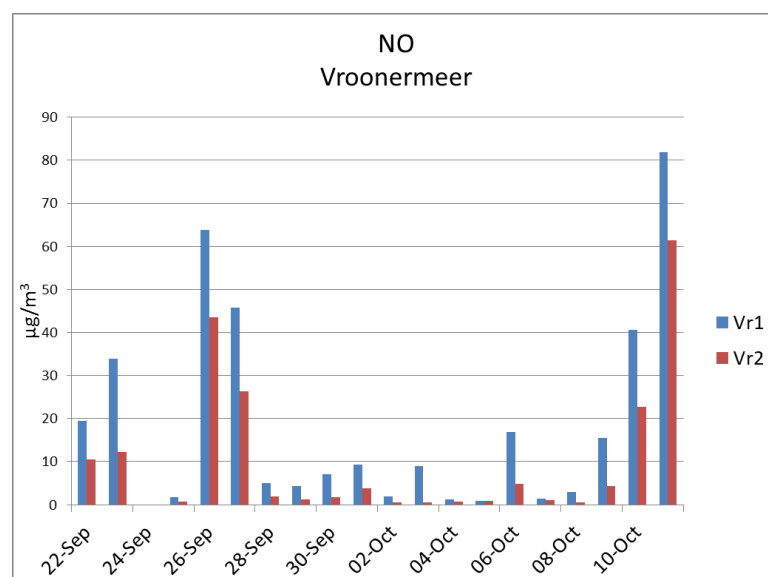
## 3.1 Meetcampagne Vroonermeer

### 3.1.1 NO en NO<sub>2</sub>

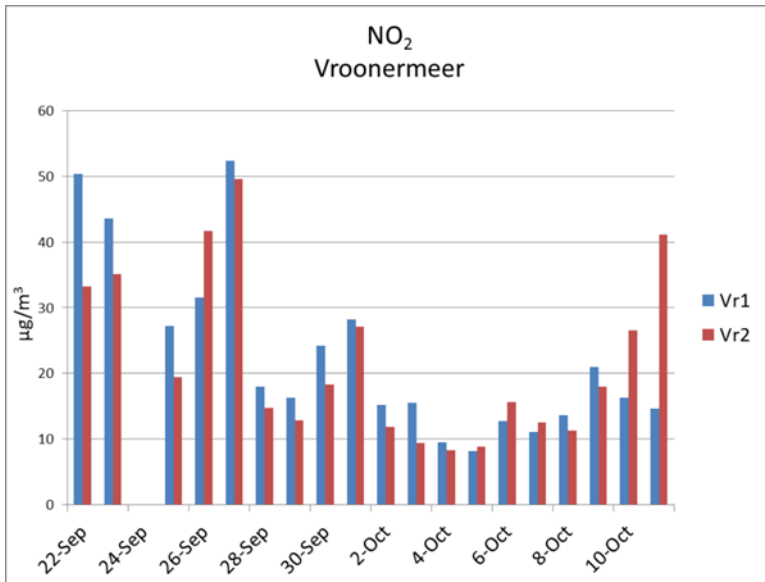
De gemiddelde concentraties voor NO en NO<sub>2</sub> gemeten in Vroonermeer zijn in **Figuur 9** en **Figuur 10** afgebeeld als staafdiagrammen voor die dagen dat op beide meetpunten betrouwbare waarden beschikbaar zijn (19 in totaal).

In **Figuur 9** is te zien dat op vrijwel alle dagen (18 van de 19) de NO-concentratie dicht bij de verkeersweg (Vr1) hoger is dan die in de woonwijk (gemiddeld 19 µg/m<sup>3</sup> tegen respectievelijk 11 µg/m<sup>3</sup>). In het geval van NO<sub>2</sub> is dit gedurende 14 dagen het geval. Langs de weg is er gemiddeld evenveel NO<sub>2</sub> als in de woonwijk: 23 µg/m<sup>3</sup> respectievelijk 22 µg/m<sup>3</sup>. De maximum concentraties voor NO<sub>2</sub> zijn circa 50 µg/m<sup>3</sup>. Het merendeel van de waarden liggen onder 30 µg/m<sup>3</sup>.

Verder is te zien dat als NO-concentraties langs de weg relatief hoog zijn (26 en 27 september en 9 en 10 oktober) de NO<sub>2</sub>-niveaus in de woonwijk op drie van deze dagen hoger zijn dan langs de weg. Op deze dagen stond er weinig wind.



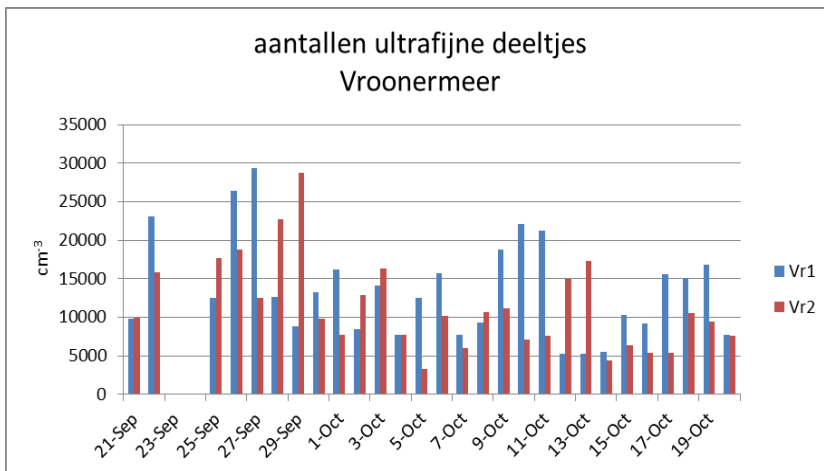
**Figuur 9:** NO-daggemiddelde concentraties (µg/m<sup>3</sup>) in Vroonermeer voor beide meetpunten (Vr1: dicht bij de weg; Vr2: in woonwijk).



**Figuur 10:** NO<sub>2</sub>-daggemiddelde concentraties (µg/m<sup>3</sup>) in Vroonermeer voor beide meetpunten (Vr1: dicht bij de weg; Vr2: in woonwijk).

### 3.1.2 Aantallen ultrafijne deeltjes

De daggemiddelde aantallen ultrafijne deeltjes zijn weergegeven in **Figuur 11**. Net als voor NO worden hogere aantallen gevonden bij de verkeersweg (op 18 van de 28 dagen). De gemiddelde niveaus gemeten over de campagne zijn 13.500 per cm<sup>3</sup> (Vr1) en 11.400 per cm<sup>3</sup> (Vr2). De hoogste aantallen deeltjes (gemiddeld over een dag) liggen rond 28.000 per cm<sup>3</sup>.

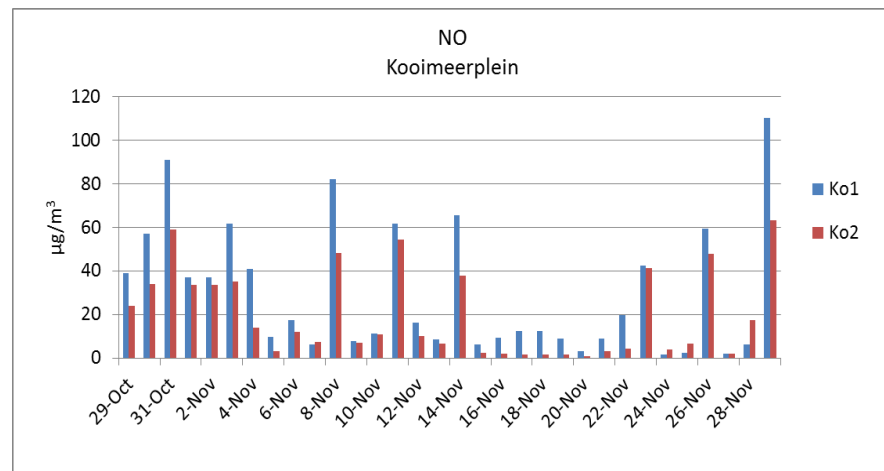


**Figuur 11:** Daggemiddelde aantallen ultrafijne deeltjes (per cm<sup>3</sup>) in Vroonermeer voor beide meetpunten.

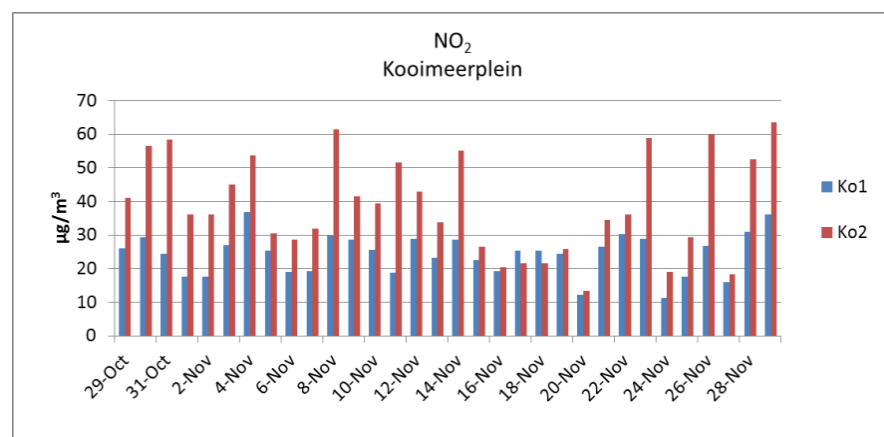
## 3.2 Meetcampagne Kooimeerplein

### 3.2.1 NO en NO<sub>2</sub>

De daggemiddelde concentraties NO en NO<sub>2</sub> gemeten nabij het Kooimeerplein zijn opnieuw in staafdiagrammen gepresenteerd (**Figuur 12** en **Figuur 13**). Op 28 dagen (van de 32) worden hogere NO-niveaus gevonden vlakbij waar de emissies van het verkeer plaatsvinden (meetpunt Ko1). De gemiddelde concentraties bedragen 30 µg/m<sup>3</sup> (Ko1) respectievelijk 20 µg/m<sup>3</sup> (Ko2). NO<sub>2</sub> blijkt op deze locatie systematisch hoger op het tweede meetpunt: 39 µg/m<sup>3</sup>; voor Ko1 is dit 24 µg/m<sup>3</sup>. De maxima voor NO<sub>2</sub> liggen rond 60 µg/m<sup>3</sup>.



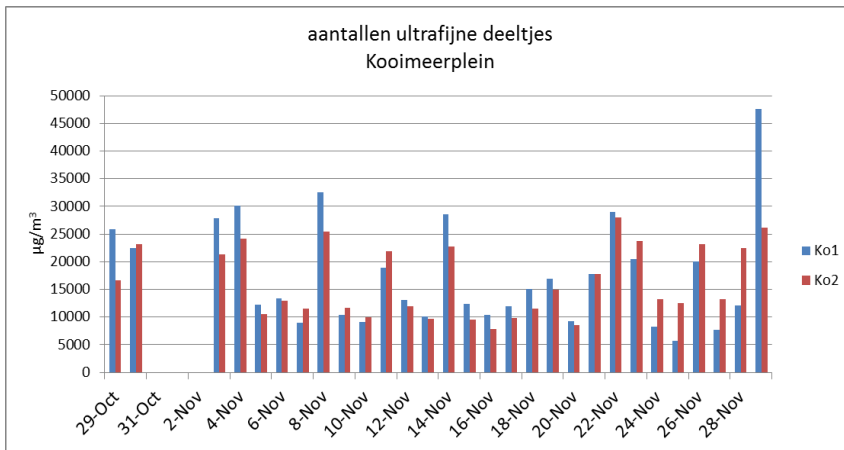
**Figuur 12:** NO-daggemiddelde concentraties (µg/m<sup>3</sup>) bij Kooimeerplein voor beide meetpunten (Ko1: dicht bij de weg; Ko2: in woonwijk).



**Figuur 13:** NO<sub>2</sub>-daggemiddelde concentraties (µg/m<sup>3</sup>) bij Kooimeerplein voor beide meetpunten (Ko1: dicht bij de weg; Ko2: in woonwijk).

### 3.2.2 Aantallen ultrafijne deeltjes

De gemeten aantallen ultrafijne deeltjes voor het Kooimeerplein zijn te zien in **Figuur 14** voor de periode van 29 dagen. De hogere concentraties zijn gemeten (op 15 dagen) nabij het verkeersplein. De gemiddelden over de hele periode zijn 17.500 cm<sup>3</sup> (Ko1) en 16.400 per cm<sup>3</sup> (Ko2).



**Figuur 14:** Daggemiddelde aantallen ultrafijne deeltjes (per cm<sup>3</sup>) bij Kooimeerplein voor beide meetpunten.

# 4

## Discussie

### 4.1 NO<sub>2</sub>

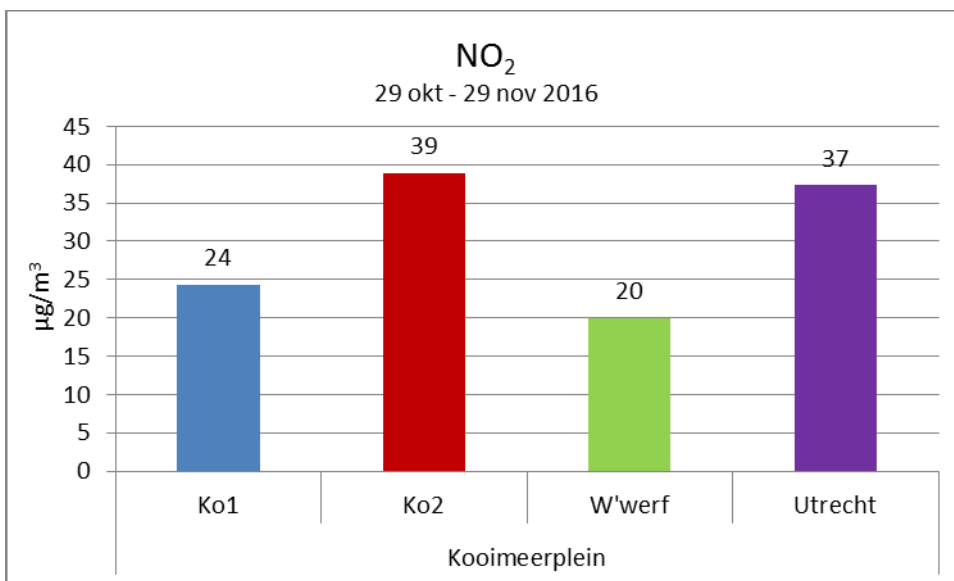
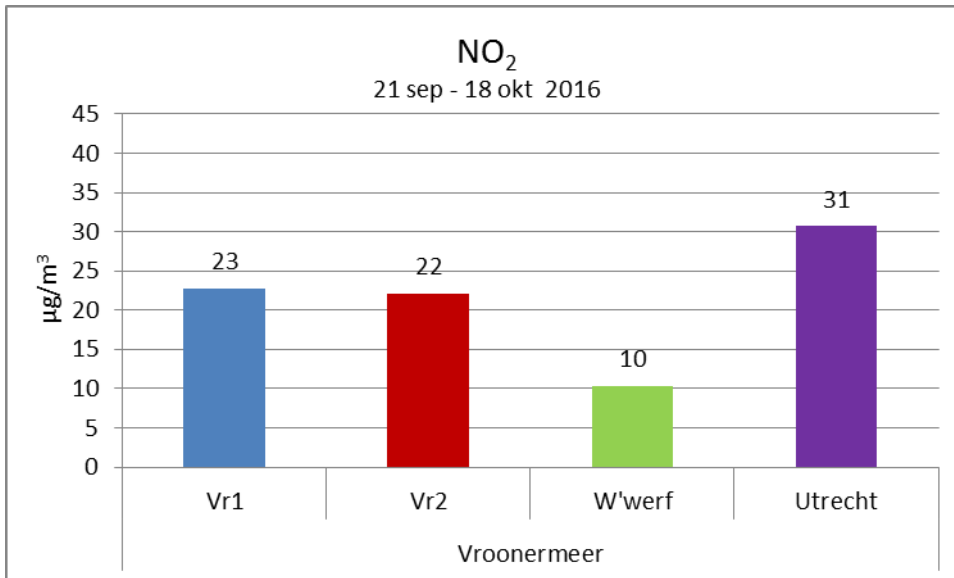
#### **Wettelijke norm voor NO<sub>2</sub>**

*De wettelijke norm voor NO<sub>2</sub> is een jaargemiddelde concentratie van 40 µg/m<sup>3</sup>. Omdat de duur van de meetcampagnes hier beperkt is tot een maand, kunnen deze niet worden getoetst aan een grenswaarde en is vergelijking hiermee louter indicatief. Voor UF bestaan (nog) geen Europese normen.*

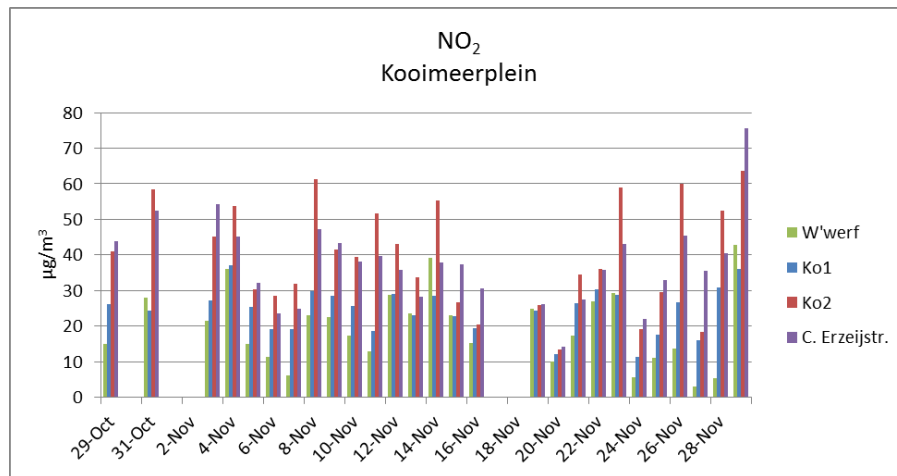
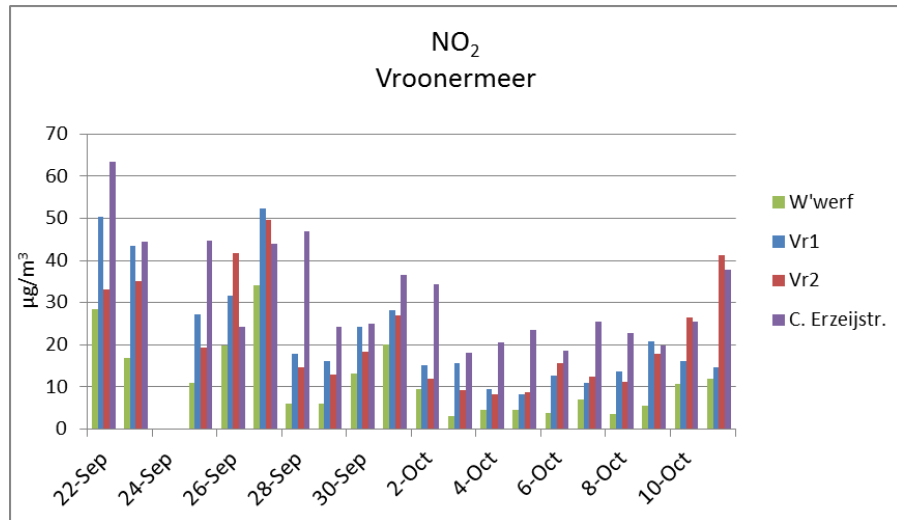
In **Figuur 15** zijn de gemiddelde concentraties voor NO<sub>2</sub> op de verschillende locaties met elkaar vergeleken. De campagne nabij Kooimeerplein is na die van Vroonermeer uitgevoerd. Meteorologische verschillen (in windsnelheid, windrichting, temperatuur) en een ander aantal meetdagen zullen het resultaat deels beïnvloeden.

Ter vergelijking zijn in deze figuur ook resultaten van de LML-stations Medemblikkerweg - Wieringerwerf (NL10538; regionale achtergrond) en van Constant Erzeijstraat – Utrecht ((NL10639; verkeersbelast) opgenomen gedurende de meetperiodes in Alkmaar. De bijbehorende dagwaarden (NO<sub>2</sub>) zijn in **Bijlage A** en **Bijlage B** terug te vinden.

De tijdreeksen van de dagwaarden van NO<sub>2</sub> voor Vroonermeer en bij Kooimeerplein zijn eveneens gegeven (**Figuur 16**) tezamen met het resultaat van de (gelijktijdige) metingen op Wieringerwerf en in de Constant Erzeijstraat.



**Figuur 15:** Gemiddelde concentraties voor NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) op de verschillende locaties (boven: Vroonermeer; beneden: Kooimeer) en, ter vergelijking, de LML-stations in Wieringerwerf en Utrecht voor dezelfde meetperiodes.



**Figuur 16:** Daggemiddelde concentraties in Vroonermeer (boven) en bij Kooimeerplein (onder) in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en die voor de LML-stations Wieringerwerf en Utrecht.

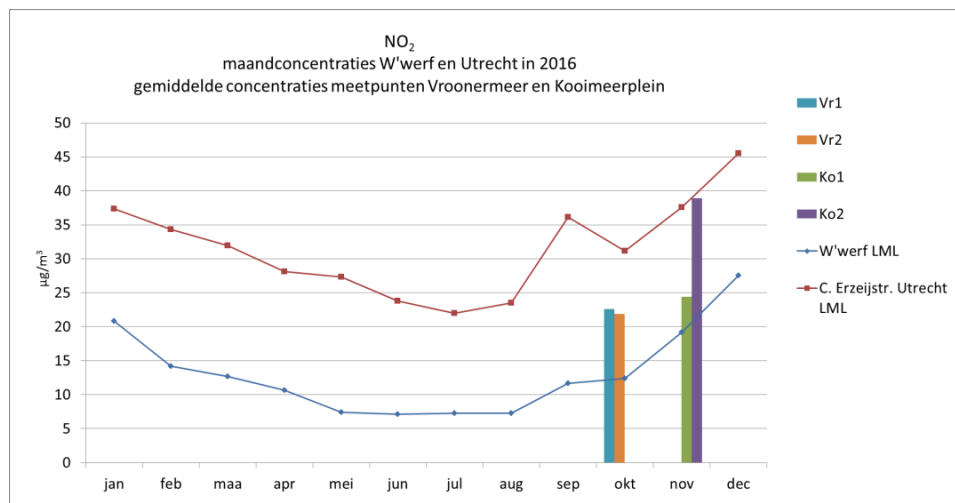


De laagste NO<sub>2</sub>-concentraties in **Figuur 16** zijn, zoals verwacht, gemeten in Wieringerwerf. De oorzaak is de afwezigheid van bronnen als verkeer en industrie in de omgeving. Dit station representeert daarom de regionale achtergrondbijdrage (circa 10 µg/m<sup>3</sup>): datgene dat van 'verder weg' komt. Deze achtergrond varieert in de tijd: als de wind van zee komt is de lucht (aanzienlijk) schoner dan bij oosten en zuidoosten wind. Uiteraard draagt de achtergrond ook in Alkmaar bij aan de metingen. Dit blijkt uit de relatie tussen de tijdreeksen op de meetpunten met die van Wieringerwerf. In het geval van Vroonermeer is deze sterk, met correlatiecoëfficiënten van 0,91 voor Vr1 en 0,84 voor Vr2. Dit betekent dat, als de concentratie in Wieringerwerf hoog of laag is, dit doorgaans ook in Alkmaar (Vroonermeer) het geval zal zijn. Dit gedrag is terug te vinden in **Figuur 20** (boven).

De emissies in de stad komen bovenop deze achtergrondbijdrage. Zo zijn op de twee meetpunten in Vroonermeer de NO<sub>2</sub>-concentraties ruwweg verdubbeld ten opzichte van Wieringerwerf. Dit is het gevolg van de verkeersemisies in de directe omgeving én van (verkeers-)bronnen verder weg. Deze 'stedelijke bijdrage' bedraagt circa 12-13 µg/m<sup>3</sup>. **Figuur 15** laat zien dat de NO<sub>2</sub>-concentratie op het verkeersbelaste station in Utrecht beduidend hoger is tijdens de meetcampagne in Alkmaar voor het Vroonermeer (met circa 8-9 µg/m<sup>3</sup>).

De concentraties op de meetpunten bij het verkeersplein Kooimeer lijken, gemiddeld genomen, hoger dan die in Vroonermeer. Nu is tijdens de meetcampagne voor deze periode wel sprake geweest van een hoger achtergrondniveau: het gemiddelde op Wieringerwerf is namelijk 20 µg/m<sup>3</sup>. Niettemin is op Ko2 het verschil (met Wieringerwerf) aanzienlijk: +19 µg/m<sup>3</sup>. De gemiddelde NO<sub>2</sub>-concentratie blijkt nagenoeg gelijk aan die gemeten op het verkeersbelaste station in Utrecht. De bijdrage van verkeer op deze locatie is hier evident (naast andere lokale factoren zoals bebouwing). Dit verklaart de lagere correlatie tussen de tijdreeksen bij Kooimeerplein en op Wieringerwerf: correlatiecoëfficiënt van 0,73 voor Ko1 en 0,58 voor Ko2 (ten opzichte van de datareeksen van Vroonermeer).

De resultaten op de vier meetpunten in Alkmaar zijn vervolgens vergeleken met de verloop voor NO<sub>2</sub> in 2016 op de twee stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (Wieringerwerf en Constant Erzeijstraat in Utrecht). Deze vergelijking is samengevat in onderstaande **Figuur 17**.



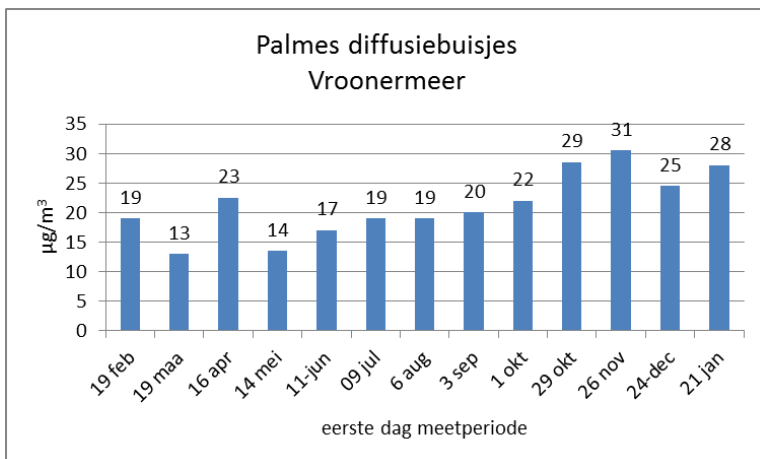
**Figuur 17:** Vergelijking van de NO<sub>2</sub>-maandconcentraties in Wieringerwerf en Utrecht in 2016 met gemiddelde concentraties op de meetpunten in Vroonermeer en bij Kooimeerplein tijdens de meetcampagnes

De 'jaarlijkse gang' demonstreert dat in de winter de NO<sub>2</sub>-concentraties, gemiddeld per maand, hoger zijn dan in de zomer. In de winter beïnvloeden de weersomstandigheden (zwakke wind en het fenomeen van temperatuursinversie) de verspreiding van gassen meer dan in de zomer. De meetcampagnes in Alkmaar vonden plaats in maanden (oktober-november) met relatief hoge NO<sub>2</sub>-niveaus.

Ten tijde van de campagnes liggen de gemiddelde concentraties in Vroonermeer en bij het Kooimeerplein boven de achtergrondniveaus zoals gemeten in Wieringerwerf. Dit is een normaal beeld in stedelijk gebied. Op drie van de vier meetpunten (Vroonermeer en vlakbij het verkeersplein Kooimeer) zijn de niveaus (aanzienlijk) lager dan op het station Constant Erzejstraat in Utrecht. Op het tweede meetpunt nabij het Kooimeerplein (zijstraat Vondelstraat) ligt het niveau net onder dat van het station in Utrecht. Redenen hiervoor zijn de bijdrages van verkeer en andere bronnen in de directe omgeving rondom het meetpunt en verder weg in Alkmaar (ten noorden en noordoosten van het meetpunt), en de aanwezigheid van (veel) bebouwing in de directe omgeving wat de luchtdoorstroming beperkt (zodat er minder aanvoer is van 'schonere' lucht). In Vroonermeer is verhoudingsgewijs minder bebouwing in de wijk en in de omgeving (en is de bijdrage van huishoudens naar verwachting minder).

Uit **Figuur 17** valt ook af te lezen dat de jaargemiddelde concentratie in Utrecht de grenswaarde niet zal overschrijden (alleen de waarde in december ligt boven de 40 µg/m<sup>3</sup>). De twee meetcampagnes (in oktober en november) resulteerden in lagere niveaus voor drie van de vier meetpunten in Alkmaar. Omdat de variatie over een jaar grotendeels gelijk is op de diverse stations (veroorzaakt door de meteorologie), is het aannemelijk dat op deze meetpunten de NO<sub>2</sub>-grenswaarde in 2016 evenmin zal worden overschreden.

In **Figuur 18** zijn de resultaten te zien van metingen door bewoners met Palmes-diffusiebuisjes op een punt in Vroonermeer voor de periode februari 2013-februari 2014. Elke meting duurde ongeveer een maand.

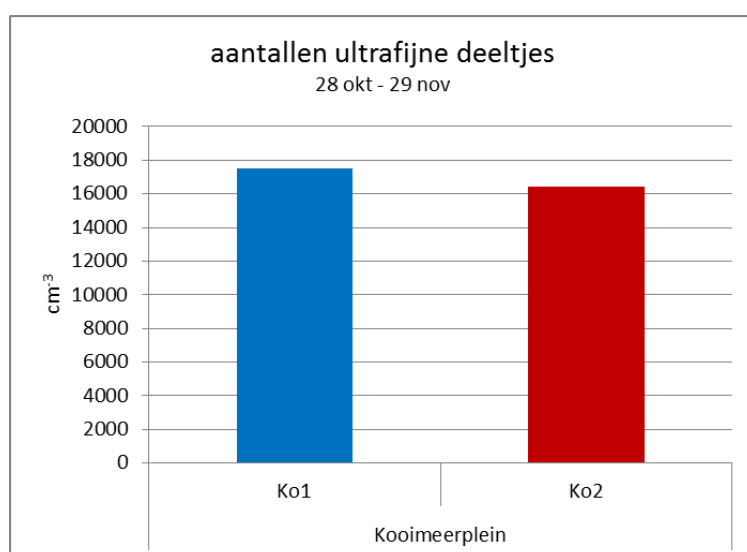
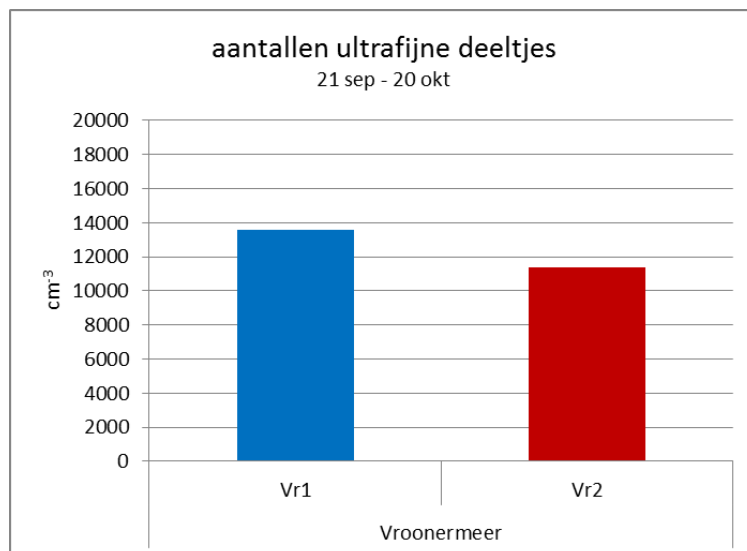


**Figuur 18:** Resultaten verkregen met de Palmes diffusiebuisjes in Vroonermeer gedurende de periode februari 2013-februari 2014.

De waarden liggen tussen 13 en 31  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Over de hele periode bedraagt het gemiddelde 22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . De grootte en variatie in concentraties wijken niet af van de hier gepresenteerde waarden (**Figuur 17**). Helemaal goed vergelijkbaar zijn deze resultaten niet, aangezien de meetperiodes van elkaar afwijken.

## 4.2 Ultrafijn stof

In **Figuur 19** zijn de gemiddelde concentraties voor de aantallen ultrafijne deeltjes op de verschillende meetpunten weergegeven. Ook hier geldt dat meteorologische verschillen tijdens de campagnes het resultaat kunnen beïnvloeden. In het geval van UF bestaan er geen (referentie-)metingen in het LML (waarmee gelijktijdig vergeleken kan worden). Er is daarom vergeleken met waarden gerapporteerd in de literatuur.



**Figuur 19:** Gemiddeld aantallen ultrafijne deeltjes (per cm<sup>3</sup>) op de meetpunten in Vroonermeer en bij Kooimeerplein.

Het beeld verkregen uit de analyse van de eerder beschreven NO-metingen (hoofdstuk 3) wordt hier bevestigd. De hogere aantallen UF worden gemeten op de meetpunten die zich het dichtst bij verkeersemissies bevinden: +18% in Vroonermeer (13.500 per cm<sup>3</sup> respectievelijk 11.400 per cm<sup>3</sup>), en +7% bij het Kooimeerplein (17.500 per cm<sup>3</sup> respectievelijk 16.400 per cm<sup>3</sup>). Verder zijn de gemiddelde niveaus bij Kooimeerplein hoger dan op de meetpunten in Vroonermeer. Vermoedelijk komt dit (net als bij NO<sub>2</sub>) door een hogere achtergrondbijdrage.

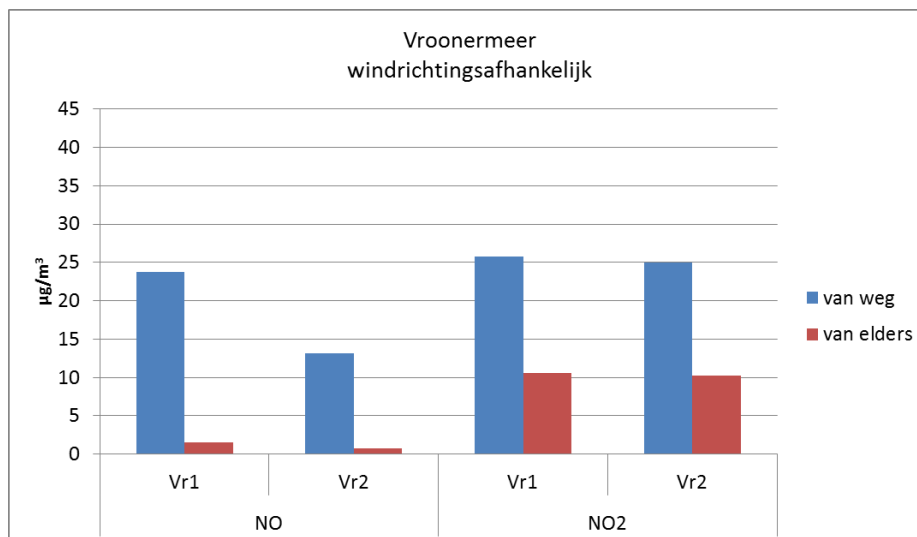
Deze resultaten zijn vergeleken met wat in de literatuur is gerapporteerd. Volgens Kumar et al. (2014) zijn de deeltjesaantallen op verkeersbelaste locaties in Amsterdam en Utrecht respectievelijk 31.000 en 38.600 per cm<sup>3</sup>. Dit ligt rond het Europees gemiddelde van 31.500 per cm<sup>3</sup>. Nederlandse studies geven in Rotterdam (Keuken et al., 2012) en Amsterdam (Hoek et al., 2011) concentraties van circa 40.000 per cm<sup>3</sup>.

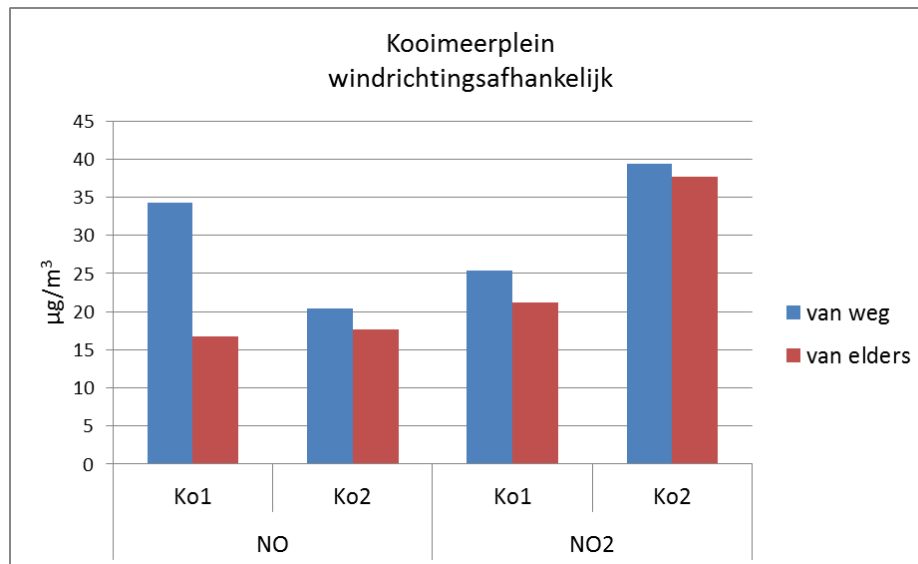
Stedelijke achtergrondconcentraties zijn lager. In Rotterdam ligt de jaargemiddelde ultrafijnstof achtergrondconcentratie rond 8.000 per  $\text{cm}^3$  (Keuken et al., 2012). Recente metingen, uitgevoerd in het kader van het JOAQUIN-project (2015), resulteren voor Amsterdam in een jaargemiddelde stadsachtergrondconcentratie van rond de 9.500 per  $\text{cm}^3$ . Bij metingen rondom Schiphol bleek dat, tijdens onbelaste periodes, het niveau rond de 12.000 per  $\text{cm}^3$  lag (Weijers et al., 2015). Deze waarden zijn nogal afhankelijk van de regio waar gemeten wordt (rijdt er veel of weinig verkeer). De aantallen ultrafijne deeltjes zoals gemeten in Alkmaar zijn niet opvallend afwijkend van datgene wat in de literatuur beschreven is.

### 4.3 Effect van windrichting

Hierboven is het resultaat gegeven over de gehele meetperiode. Naar verwachting treedt een ongunstige situatie met hoge concentraties in de woonwijk vooral op als de windrichting van de weg naar de woonwijk is gericht. Daarom is ook naar invloed van windrichting op de metingen gekeken. Dit is gedaan door dagen, gekenmerkt door een (dominante) windrichting van de weg af en naar de woonwijk toe, apart te beschouwen. In Vroonermeer is dit het geval indien de windrichting tussen  $130^\circ$  en  $330^\circ$  ligt. Bij Kooimeerplein is deze windsector tussen  $90^\circ$  en  $300^\circ$ .

Van de beschikbare meetdagen bij Vroonermeer waren er 14 dagen waarop de (dominante) windrichting van de weg af was, tegenover 5 dagen waar de wind van elders kwam. Bij de metingen bij Kooimeerplein waren er 22 dagen te kenmerken als dagen waarbij de wind overwegend vanuit de richting van de weg kwam, tegenover 9 dagen waar de wind van elders kwam. De resultaten voor beide locaties zijn hieronder afgebeeld voor NO en NO<sub>2</sub> in **Figuur 20** en voor de ultrafijne deeltjes in **Figuur 21**.

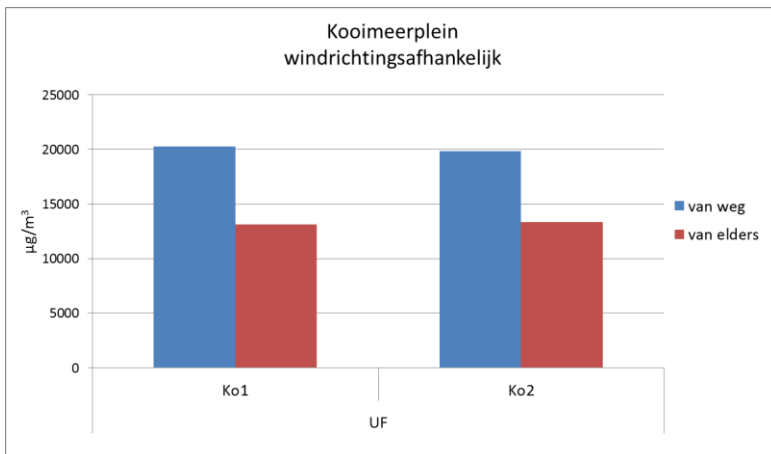
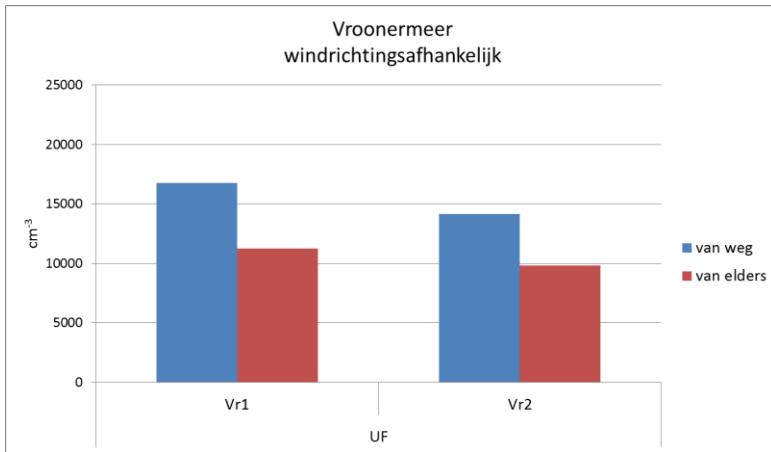




**Figuur 20:** NO- en NO<sub>2</sub>-concentraties gemiddeld indien de windrichting van de weg af is in de richting van de woonwijk ('van weg') en indien deze uit andere richtingen komt ('van elders') voor de meetpunten in Vroonermeer (boven) en bij Kooimeerplein (onder).

In Vroonermeer komt de aanwezigheid van de weg duidelijk naar voren. Indien de wind van de weg af is, zijn de NO- en NO<sub>2</sub>-concentraties beduidend hoger dan wanneer de wind uit een andere richting komt (waar niet of nauwelijks verkeer is). Op het meetpunt in de woonwijk (Vr2) is bij wind van de weg af de NO-concentratie gehalveerd (ten opzichte van Vr1). Deze afname is het gevolg van verdunning en de reactie met ozon waarbij NO wordt omgezet in NO<sub>2</sub> tijdens het transport van lucht van de weg naar dit meetpunt (zie kader Hoofdstuk 3). Dat de NO<sub>2</sub>-concentratie nauwelijks is afgenomen bij Vr2 (vergeleken met Vr1) bij wind van de weg komt vermoedelijk doordat de afname door verdunning gecompenseerd wordt door deze chemische reactie.

In het geval van Kooimeerplein is de NO-concentratie het hoogst als de wind een zuidelijke component heeft en is er (ook) sprake van een (sterke) afname tijdens het transport van Ko1 naar Ko2. Anders dan bij Vroonermeer is de NO-bijdrage bij andere windrichtingen nu wel substantieel. Op Ko2 zijn de NO-niveaus ongeveer gelijk voor de twee sectoren. Kennelijk is hier ook een bijdrage van verkeer (en mogelijk andere bronnen) vanuit de directe omgeving en vanuit de stad (bij noorden- en noordoostenwind). Hetzelfde geldt voor NO<sub>2</sub>: ook hier is sprake van relatief hoge én gelijke niveaus voor de twee windsectoren. Dit verklaart de hoge NO<sub>2</sub>-concentratie op Ko2 (vergeleken met Vroonermeer).



**Figuur 21:** Aantallen ultrafijne deeltjes gemiddeld over dagen dat de windrichting van de weg af is in de richting van de woonwijk ('van weg') en indien deze uit andere richtingen komt ('van elders') voor de meetpunten in Vroonermeer en Kooimeerplein.

Met betrekking tot de ultrafijne deeltjes zijn de aantallen in **Figuur 19** (volgens verwachting) hoger als de wind van de weg komt. Dit is vergelijkbaar met het resultaat voor NO hierboven. In het geval van Vroonermeer zijn de aantallen, indien de wind van elders komt, op het achtergrondniveau (circa 10.000 per cm<sup>3</sup>). Dit komt overeen met het gegeven dat er bovenwinds bij deze windrichtingen weinig (verkeers-)bronnen zijn.

In het geval van Kooimeerplein zijn de gemiddelde niveaus hoger dan in Vroonermeer. Dit is ook het geval indien de wind van elders komt (rond de 12.500 per cm<sup>3</sup>) wat er op duidt dat de metingen ook vanuit andere richtingen (noord en noordoost) beïnvloedt wordt door verkeer.

# 5

## Conclusies

**Stikstofdioxide: de gemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties in Vroonermeer en bij het Kooimeerplein zijn niet afwijkend van datgene wat op vergelijkbare locaties in Nederland wordt gemeten.**

De resultaten voor NO<sub>2</sub> op de vier meetpunten zijn vergeleken met die van gelijktijdige metingen op twee stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit van het RIVM (achtergrondstation; verkeersbelast station). De gemiddelde concentraties liggen boven de achtergrondniveaus, wat normaal is in stedelijk gebied.

Op drie van de vier meetpunten zijn de niveaus (aanzienlijk) lager dan op het verkeersbelaste station. Op het tweede meetpunt nabij het Kooimeerplein ligt het niveau er net onder. Redenen zijn de bijdrages van verkeer en andere bronnen in de directe omgeving en de aanwezigheid van (veel) bebouwing dat de luchtdoorstroming beperkt (zodat er minder aanvoer is van 'schonere' lucht). In Vroonermeer is verhoudingsgewijs minder bebouwing in de wijk en in de omgeving (en is de bijdrage van huishoudens naar verwachting minder).

**Aannemelijk is dat de jaargemiddelde concentraties op de vier meetpunten onder de Europese grenswaarde voor NO<sub>2</sub> (40 µg/m<sup>3</sup>) zal blijven.**

Uit de vergelijking met de 'jaarlijkse gang' voor NO<sub>2</sub> kan worden afgeleid dat de jaargemiddelde concentratie in de Constant Erzeijstraat in Utrecht de grenswaarde niet zal overschrijden (alleen de gemiddelde concentratie in december ligt boven de 40 µg/m<sup>3</sup>). De twee meetcampagnes (in oktober en november) resulteerden in lagere niveaus voor drie van de vier meetpunten in Alkmaar. Omdat de variatie over een jaar grotendeels gelijk is op de diverse stations (veroorzaakt door de meteorologie), mag worden aangenomen dat op deze meetpunten de NO<sub>2</sub>-grenswaarde in 2016 evenmin zal worden overschreden.

**De in Alkmaar gemeten deeltjesconcentraties op de vier meetpunten wijken niet af van die in andere Nederlandse (en Europese) steden. De meeste deeltjes worden langs verkeerswegen gevonden.**

Uit de literatuur is bekend dat deeltjesaantallen op verkeersbelaste locaties in Nederland boven de 30.000 per cm<sup>3</sup> liggen. Stedelijke achtergrondconcentraties liggen



tussen de 8.000 en 12.000 per  $\text{cm}^3$ . De gevonden aantallen in Alkmaar liggen tussen deze waarden.

Tijdens de campagnes in Alkmaar worden de hoogste aantallen het dichtst bij de weg gemeten. De deeltjesaantallen bij Kooimeerplein zijn, net als de  $\text{NO}_2$ -concentratie, hoger dan die gemeten in Vroonermeer.

**De concentraties voor NO en UF in Vroonermeer en bij het Kooimeerplein zijn het hoogst dicht bij de weg en nemen af op toenemende afstand. De  $\text{NO}_2$ -concentraties blijven ongeveer gelijk (Vroonermeer) of nemen toe op grotere afstand van de weg (bij het Kooimeerplein).**

$\text{NO}$  en  $\text{UF}$  zijn typische verkeerscomponenten, dat wil zeggen, ze worden met name geëmitteerd door het verkeer. Dit wordt bevestigd in deze studie. De concentraties nemen af op grotere afstand van de weg door verdunning van de lucht. In de woonwijk in Vroonermeer is het  $\text{NO}$ -niveau ongeveer de helft van datgene wat langs de weg is gemeten: de  $\text{UF}$ -concentratie is hier met circa 16% gedaald. Nabij het Kooimeerplein is het gedrag vergelijkbaar: hier zijn de  $\text{NO}$ - en  $\text{UF}$ -concentraties in de woonwijk met circa 33% en 6% afgenomen (ten opzichte van dicht bij het verkeersplein).

$\text{NO}_2$  wordt maar voor een deel direct door verkeer uitgestoten. In het geval van  $\text{NO}_2$  speelt vooral een chemische reactie een rol: tijdens de verplaatsing van de lucht (met daarin  $\text{NO}$ ) met de wind vindt omzetting van  $\text{NO}$  naar  $\text{NO}_2$  plaats:  $\text{NO}$  neemt dus af en  $\text{NO}_2$  toe. Dit verklaart de flinke afname van  $\text{NO}$  (sterker dan die voor  $\text{UF}$ ) en het vrijwel gelijk blijven van  $\text{NO}_2$  in Vroonermeer. Kennelijk wordt de afname door verdunning gecompenseerd door een toename als gevolg van de chemische reactie.

Op het tweede meetpunt bij Kooimeerplein is sprake van meer  $\text{NO}_2$  vergeleken met het eerste meetpunt. Door de aanwezigheid van (veel) bebouwing neemt de windsnelheid af. Er vindt hierdoor minder 'verversing' van lucht plaats en tevens is er meer tijd voor het vormen van  $\text{NO}_2$ . De windrichtingsanalyse laat zien dat er op het Kooimeerplein ook een bijdrage is van verder in Alkmaar gelegen verkeerswegen en andere bronnen (zoals verwarming van huizen). Verder zijn er bronnen ten zuiden van het meetpunt (A9).

**De concentraties verkregen met de Palmes-diffusiebuisjes in Vroonermeer (metingen door bewoners) liggen tussen de 13 en 31  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Deze waarden lijken niet afwijkend van de in deze studie gepresenteerde waarden.**

De gemiddelde concentratie gemeten met de Palmes-diffusiebuisjes over de hele periode (februari 2013-februari 2014) is 22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . De grootte en variatie in concentraties wijken niet af van de hier gepresenteerde waarden. Bedacht moet worden dat de meetperiodes verschillend zijn.



# Referenties

Hoek, G., et al. (2011): *Land use regression model for ultrafine particles in Amsterdam*. Environ. Sci. Technol. 45, pp. 622–628

JOAQUIN - JOINT AIR QUALITY INITIATIVE (2015): *Monitoring of ultrafine particles and black carbon*, final report ([www.joaquin.eu](http://www.joaquin.eu))

Keuken, M., et al. (2012): *Regional and local contribution to PM2.5 and PM10 at the urban background and a street canyon in Rotterdam*, The Netherlands. Rapport TNO-060-UT-2012-01192, TNO, Apeldoorn.

Kumar, P. et al. (2014): *Ultrafine particles in cities*. Environ Int. 66:1-10. doi: 10.1016/j.envint.2014.01.013.

Staatsblad (2001): *Besluit Luchtkwaliteit*. no. 269 (<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2001-269.html>)

Weijers et al. (2015): *Metingen aan ultrafijn stof rondom Schiphol*, ECN rapport ECN-E--15-038.

# Bijlage A. Meetwaarden Vroonermeer

**Tabel 2:** Daggemiddelde concentraties NO en NO<sub>2</sub> gemeten in Vroonermeer en voor NO<sub>2</sub> op Wieringerwerf en Constant Erzeijstraat in Utrecht (LML). Alle concentraties zijn weergegeven in µg/m<sup>3</sup>.

	NO		NO <sub>2</sub>		W'werf	C. Erzeijstr.
	Vr1	Vr2	Vr1	Vr2		
22-Sep	20	11	50	33	29	63
23-Sep	34	12	44	35	17	44
24-Sep						
25-Sep	2	1	27	19	11	45
26-Sep	64	44	32	42	20	24
27-Sep	46	26	52	50	34	44
28-Sep	5	2	18	15	6	47
29-Sep	4	1	16	13	6	24
30-Sep	7	2	24	18	13	25
01-Oct	9	4	28	27	20	36
02-Oct	2	1	15	12	10	34
03-Oct	9	1	16	9	3	18
04-Oct	1	1	10	8	5	21
05-Oct	1	1	8	9	5	24
06-Oct	17	5	13	16	4	18
07-Oct	2	1	11	13	7	25
08-Oct	3	1	14	11	4	23
09-Oct	16	4	21	18	6	20
10-Oct	41	23	16	27	11	26
11-Oct	82	61	15	41	12	38
12-Oct		1		11		
13-Oct		2		15		
14-Oct		2		15		
15-Oct		1		19		
16-Oct		2		22		
17-Oct		9		16		
18-Oct		1		16		
19-Oct		34		24		
20-Oct		18		18		
21-Oct		11		25		

**Tabel 3:** Daggemiddelde aantallen ultrafijne deeltjes (per cm<sup>3</sup>) op de meetpunten in Vroonermeer.

	UF	
	Vr1	Vr2
21-Sep	9.818	9.919
22-Sep	23.077	15.873
25-Sep	12.480	17.670
26-Sep	26.378	18.747
27-Sep	29.388	12.506
28-Sep	12.682	22.713
29-Sep	8.783	28.730
30-Sep	13.271	9.820
1-Oct	16.212	7.733
2-Oct	8.434	12.847
3-Oct	14.067	16.308
4-Oct	7.722	7.740
5-Oct	12.567	3.248
6-Oct	15.676	10.225
7-Oct	7.687	6.001
8-Oct	9.365	10.662
9-Oct	18.755	11.204
10-Oct	22.122	7.163
11-Oct	21.207	7.612
12-Oct	5.202	15.036
13-Oct	5.258	17.289
14-Oct	5.492	4.365
15-Oct	10.252	6.335
16-Oct	9.217	5.405
17-Oct	15.539	5.374
18-Oct	15.040	10.584
19-Oct	16.857	9.448
20-Oct	7.751	7.610

# Bijlage B. Meetwaarden Kooimeerplein

**Tabel 4:** Daggemiddelde concentraties NO en NO<sub>2</sub> gemeten bij Kooimeerplein en voor NO<sub>2</sub> op Wieringerwerf en Constant Erzeijstraat in Utrecht (LML). Alle concentraties zijn weergegeven in µg/m<sup>3</sup>.

	NO		NO <sub>2</sub>		W'werf	C. Erzeijstr.
	Ko1	Ko2	Ko1	Ko2		
29-Oct	39	24	26	41	15	44
30-Oct	57	34	29	57		
31-Oct	91	59	24	58	28	52
1-Nov	37	34	18	36		
2-Nov	37	34	18	36		
3-Nov	62	35	27	45	21	54
4-Nov	41	14	37	54	36	45
5-Nov	10	3	25	30	15	32
6-Nov	17	12	19	29	11	23
7-Nov	6	7	19	32	6	25
8-Nov	82	48	30	61	23	47
9-Nov	8	7	29	42	23	43
10-Nov	11	11	26	40	17	38
11-Nov	62	54	19	52	13	40
12-Nov	16	10	29	43	29	36
13-Nov	8	7	23	34	23	28
14-Nov	66	38	29	55	39	38
15-Nov	6	2	23	27	23	37
16-Nov	9	2	19	21	15	30
17-Nov	12	1	25	22		
18-Nov	12	1	25	22		
19-Nov	9	2	24	26	25	26
20-Nov	3	1	12	13	10	14
21-Nov	9	3	27	35	17	27
22-Nov	20	4	30	36	27	36
23-Nov	43	41	29	59	29	43
24-Nov	2	4	11	19	6	22
25-Nov	3	7	18	29	11	33
26-Nov	59	48	27	60	14	45
27-Nov	2	2	16	18	3	35
28-Nov	6	18	31	52	5	40
29-Nov	110	63	36	63	43	76

**Tabel 5:** Daggemiddelde aantallen deeltjes per cm<sup>3</sup> op de meetpunten bij Kooimeerplein.

	Kooimeerplein	
	K1	K2
29-Oct	25.916	16.641
30-Oct	22.520	23.156
3-Nov	27.896	21.389
4-Nov	30.062	24.220
5-Nov	12.193	10.574
6-Nov	13.323	12.910
7-Nov	8.902	11.511
8-Nov	32.538	25.399
9-Nov	10.388	11.700
10-Nov	9.073	10.021
11-Nov	18.865	21.866
12-Nov	13.048	12.015
13-Nov	10.133	9.627
14-Nov	28.506	22.690
15-Nov	12.306	9.520
16-Nov	10.427	7.833
17-Nov	11.946	9.809
18-Nov	15.047	11.474
19-Nov	16.933	14.999
20-Nov	9.225	8.483
21-Nov	17.788	17.720
22-Nov	29.002	27.941
23-Nov	20.399	23.747
24-Nov	8.314	13.287
25-Nov	5.659	12.503
26-Nov	20.012	23.205
27-Nov	7.702	13.182
28-Nov	12.056	22.505
29-Nov	47.584	26.158

# Bijlage C. Mobiele meting

## **Vroonermeer**

Op 17 oktober 2016 is in de wijk Vroonermeer gemeten met een mobiel meetsysteem. Daarbij is van plek naar plek gereden, alwaar steeds circa 10 tot 15 minuten gemeten is. Het traject is met behulp van een GPS-tracker gevolgd en samen met de meetgegevens is er een projectie samengesteld (**Figuur 22**, **Figuur 23** en **Figuur 24**). De NO<sub>2</sub>- en NO-concentraties zijn opgedeeld in 5 percentuele klassen. De deeltjesaantallen zijn samengevat in 4 percentuele klassen.

De achtergrondconcentratie tijdens de metingen kan veranderen net als de lokale concentratie, omdat overal de waarden in de wijk variëren met de intensiteit van het lokale verkeer. Toch geeft deze benadering een indruk van hoeveel een gas als NO<sub>2</sub> afneemt naarmate men verder de wijk ingaat. De conclusie is dat dat weinig is. Eerder lijkt de concentratie toe te nemen en dat zal samenhangen met de omzetting van NO naar NO<sub>2</sub> door reactie met ozon.





**Figuur 22:** Resultaat mobiele meting op 17 oktober in Vroonermeer: de concentratie van NO<sub>2</sub> per meetpunt als percentage van de hoogst gemeten concentratie.

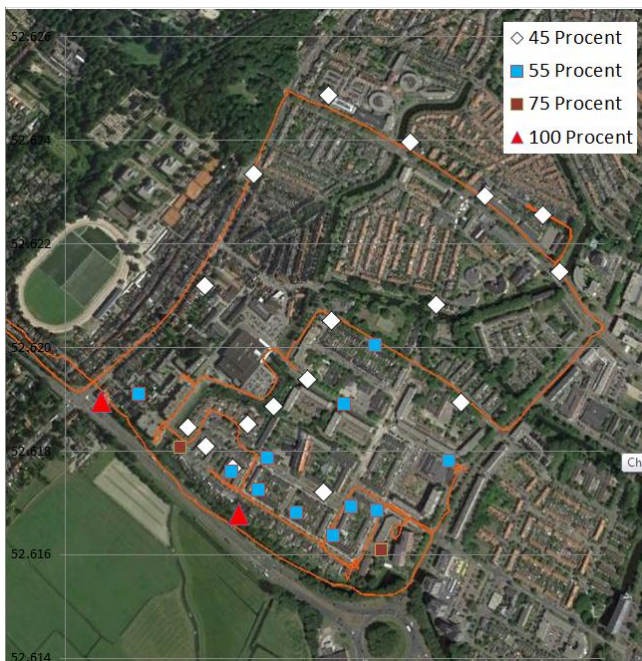


**Figuur 23:** Resultaat mobiele meting op 17 oktober in Vroonermeer: de concentratie van NO per meetpunt als percentage van de hoogst gemeten concentratie.

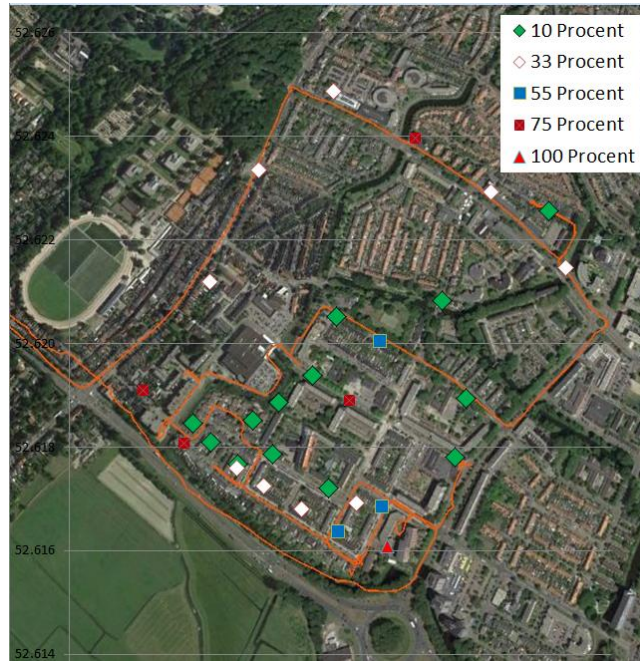


van NO<sub>2</sub> dan bij Vroonermeer, naarmate men verder de wijk ingaat. Hier kan geconcludeerd worden dat er een duidelijk verloop is, gezien van zuid naar noord: de hoogste concentraties zijn op de Tolweg te vinden tussen het verkeer.

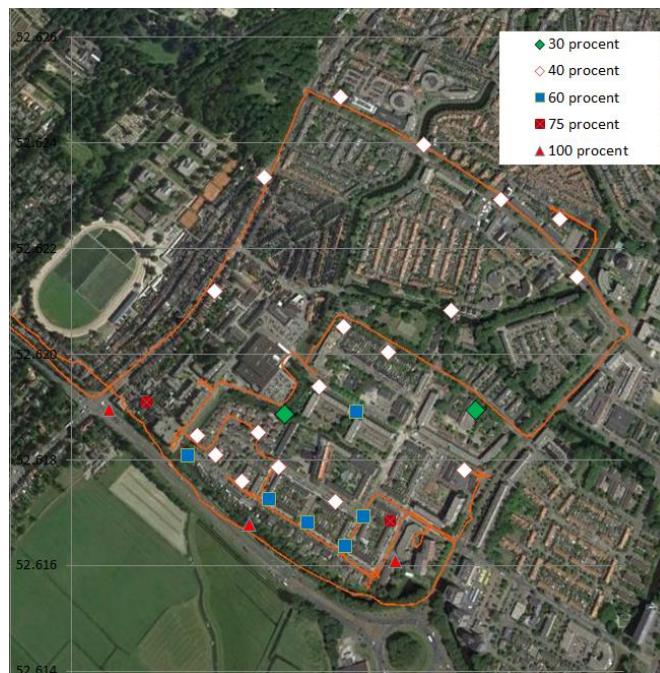
Ook voor NO is er een afname te zien naarmate de meting verder in de wijk plaats vindt. De afname gaat echter veel sneller, wat consistent is met de eerder genoemde omzetting van NO met ozon naar NO<sub>2</sub>. Toevallige passages van dieselloertuigen verstoren het beeld op enkele punten enigszins. De metingen van de deeltjes aantallen laten een tussenliggend beeld zien: ook afname verder de wijk in, minder snel dan NO maar sneller dan NO<sub>2</sub>.



**Figuur 25:** Resultaat mobiele meting van NO<sub>2</sub> in het gebied ten noorden van de ringweg en het verkeersplein Kooimeer op 21 en 22 november 2016 als percentage van de hoogst gemeten concentratie.



**Figuur 26:** Resultaat mobiele meting van NO in het gebied ten noorden van de ringweg en het verkeersplein Kooimeer op 21 en 22 november 2016 als percentage van de hoogst gemeten concentratie.



**Figuur 27:** Resultaat mobiele meting van deeltjes aantallen in het gebied ten noorden van de ringweg en het verkeersplein Kooimeer op 21 en 22 november 2016 als percentage van de hoogst gemeten concentratie.



**ECN**

Westerduinweg 3  
1755 LE Petten

Postbus 1  
1755 ZG Petten

T 088 515 4949  
F 088 515 8338  
info@ecn.nl  
www.ecn.nl

