



# blauw

**JAARRAPPORTAGE CONCENTRATIEMETINGEN STIKSTOFDIOXIDE EN PM10  
IN ARNHEM 2020**

NO<sub>2</sub>-metingen met de diffusiebuismethode en PM10 metingen met de TEOM

Rapportnummer: BL2021.9839.01-V01  
Juli 2021



Nude 54 – 6702 DN Wageningen  
telefoon 0317 466699 – fax 0317 426111  
email [info@buroblauw.nl](mailto:info@buroblauw.nl) – internet [www.buroblauw.nl](http://www.buroblauw.nl)



---

**INHOUDSOPGAVE**

1	INLEIDING .....	3
2	MEETSTRATEGIE.....	4
2.1.	Meetmethoden.....	4
2.2.	Meetonzekerheid .....	5
2.3.	Meetlocaties .....	6
3	BESPREKING MEETCAMPAGNE.....	10
3.1.	Meetperiodes NO <sub>2</sub> -concentratiemetingen .....	10
3.2.	Afwijkingen en bijzonderheden NO <sub>2</sub> -concentratiemetingen.....	10
3.3.	Vergelijkende referentiemetingen NO <sub>2</sub> -concentratiemetingen .....	10
3.4.	Toetsing meetfout NO <sub>2</sub> -concentratiemetingen .....	12
3.5.	Bespreking meetcampagne fijnstof .....	12
4	RESULTATEN .....	13
4.1	Verwerking analyseresultaten .....	13
4.2	Jaargemiddelden .....	13
4.3	Concentratieverschillen tussen locatietypen per periode .....	16
5.	FIJNSTOF (PM10) CONCENTRATIEMETINGEN.....	20
6.	CONCLUSIES.....	22
7.	LITERATUURLIJST .....	23
	BIJLAGEN .....	24
	Bijlage 1 Wettelijk kader .....	25
	Bijlage 2 Meetmethoden.....	26
	Bijlage 3 Meetlocaties .....	28
	Bijlage 4 Meetcampagne gegevens NO <sub>2</sub> .....	29
	Bijlage 5 Gecorrigeerde periode gemiddelde concentraties.....	31
	Bijlage 6 Meetcampagne gegevens PM10.....	32
	VERANTWOORDING .....	33

## **1 INLEIDING**

Buro Blauw heeft in opdracht van de gemeente Arnhem stikstofdioxide- (NO<sub>2</sub>) en fijnstofconcentratie metingen verspreid over de stad Arnhem uitgevoerd. In dit rapport worden de resultaten van de metingen gepresenteerd die zijn uitgevoerd in 2020. Doel van het onderzoek is het monitoren van de luchtkwaliteit in Arnhem.

De concentratie van NO<sub>2</sub> fungeert als primaire indicator voor de luchtkwaliteit. Deze stof geeft samen met fijnstof relatief veel overschrijdingen in Nederland. Van deze stoffen is bekend dat ze effect hebben op de gezondheid en gerelateerd zijn aan verkeers- en verbrandingsemissies in de stad.

In dit rapport worden de resultaten van het meetprogramma over 2020 gepresenteerd. De meetstrategie wordt beschreven in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 3 wordt het verloop van de meetcampagne besproken. In hoofdstuk 4 worden vervolgens de NO<sub>2</sub>-resultaten gerapporteerd. In hoofdstuk 5 worden de meetresultaten van fijnstof concentratie metingen gerapporteerd. De conclusies van het onderzoek worden tenslotte in hoofdstuk 6 gepresenteerd.

In de bijlages wordt ingegaan op diverse aspecten van het luchtkwaliteitsonderzoek.

## 2 MEETSTRATEGIE

### 2.1. Meetmethoden

De bij het onderzoek te hanteren meetmethoden worden in tabel 2.1 vermeld.

Tabel 2.1 Gehanteerde meetmethoden

Bepaling	Verrichting	Referentie methode	Accreditatie <sup>1</sup>
Bepaling PM10	Het bepalen van de concentratie fijnstof (PM10), oscillatiebalans (TEOM)	Gelijkwaardig aan AS 3580.9.8: 2008	Q
Bepaling fijnstof	Het bepalen van het gehalte aan fijn stof (PM10 en PM2,5); gravimetrie	NEN-EN 12341: 2014	Q
Monsterneming fijnstof	Monsterneming ten behoeve van fijn stof (PM2,5 en PM10) met een LVS	NEN-EN 12341: 2014	Q
Bepaling NO <sub>2</sub>	Het bepalen van de concentratie stikstofdioxide (NO <sub>2</sub> ). Chemoluminescentie	NEN-EN 14211: 2012	-
Omgevingslucht op diffusiebuisjes	Het bepalen van het gehalte aan stikstofdioxide, spectrofotometrie	Gelijkwaardig aan NEN-EN 16339	Q

1: De met Q gemerkte verrichtingen zijn geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie

De opinies/interpretaties vermeld in dit rapport vallen buiten de scope van de accreditatie op basis van de NEN-EN-ISO/IEC 17025.

De Raad voor Accreditatie (RvA) heeft accreditatie verleend aan Buro Blauw voor een aantal verrichtingen en verklaart dat voldaan is aan de accreditatiecriteria gesteld in de norm NEN-EN-ISO/IEC 17025. Wat betreft de NO<sub>2</sub>-metingen is het bepalen van het gehalte aan stikstofdioxide via spectrofotometrie (gelijkwaardig aan NEN-EN 16339) geaccrediteerd. De gehele meetprocedure voor het uitvoeren van NO<sub>2</sub>-concentratieingen in de buitenlucht is opgenomen in het kwaliteitssysteem van Buro Blauw.

#### NO<sub>2</sub>-concentratieingen met een chemoluminiscentiemonitor

Voor het meten van de NO<sub>2</sub>-concentratie is er op één locatie gebruik gemaakt van een chemoluminiscentiemonitor zoals beschreven in de norm NEN-EN 14211. Buro Blauw is voor deze verrichting niet geaccrediteerd voor de bepaling in omgevingslucht. Met deze monitor kunnen continu-metingen verricht worden. Door gebruikt te maken van deze methode, kan getoetst worden aan zowel uurgemiddelde als jaargemiddelde grenswaarden.

#### NO<sub>2</sub>-concentratieingen met Palmes diffusiebuisjes

De NO<sub>2</sub>-concentraties zijn op alle locaties (beschreven in paragraaf 2.3) gemeten met zogenaamde Palmes diffusiebuisjes, ook wel aangeduid als passieve monsternamemethode. In bijlage 2 staat deze meetmethode uitgebreider omschreven. In dit onderzoek is gekozen voor uitvoering van de metingen in tweevoud. Door de metingen in tweevoud uit te voeren wordt de variatie verkleind en is er een controle of de gerealiseerde meetfout niet afwijkt van de voor de methode bepaalde meetfout. Voor de ijking aan de referentiemethode zijn de resultaten van vergelijkende metingen gebruikt, welke Buro Blauw bij diverse RIVM stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) uitvoert.

Aangezien er in Arnhem geen LML station aanwezig is, is gekozen voor correctie van de meetgegevens met een gemiddelde correctiefactor (per periode) berekend met waardes van 2 LML-stations in Nijmegen waar Buro Blauw vergelijkende metingen uitvoert.

#### PM10-concentratiemetingen

Voor het meten van de fijnstofconcentraties in de buitenlucht zijn verschillende meetmethoden mogelijk. De genormaliseerde referentiemethode zoals vastgesteld in NEN-EN 12341 beschrijft voor PM10 een monstername met behulp van een low-volume sampler. Met deze methodiek wordt fijnstof bemonsterd op een filter waarbij na bemonstering gravimetrische analyses worden uitgevoerd. Deze methode is echter arbeidsintensief en levert geen continue meetsignaal op. Voor continue meetsignalen is een aantal meetmethoden ontwikkeld. Buro Blauw beschikt over een zogenaamde TEOM (Tapered Element Oscillating Monitor) PM10-monitor, waarmee de concentratie fijnstof in de buitenlucht continu gemeten wordt. Het filter waarop bemonsterd wordt, bevindt zich op een oscillerende houder. De bepaling van fijnstof volgt uit veranderingen in de oscillatie van het filter, door toename van het filtergewicht. De TEOM is in een Europees meetprogramma (CEN 2001) vergeleken met de referentiemethode. Hierbij is een correctiefactor van 1,3 vastgesteld voor de door de TEOM gemeten stofconcentraties t.o.v. de referentiemethode. Voor de TEOM is vastgesteld dat het een bruikbaar meetinstrument is voor de continue monitoring van fijnstofconcentraties in de buitenlucht.

Voor de periodieke controlemetingen met de referentiemethode is telkens een filter gedurende 24 uur beladen met behulp van een Low volume Sampler (LVS), elke drie maanden, of voorafgaande aan een meetperiode zijn de sensoren van de LVS gecontroleerd. Tijdens de meetperiode zijn de debieten en de sensoren voor temperatuur en druk gecontroleerd. De afkeur voor het debiet bedraagt 2%, de temperatuur mag niet meer dan 2°C afwijken, de druk niet meer dan 20 hPa. Aan alle eisen is tijdens de meetcampagne voldaan.

De monitoren voor fijnstof en NO<sub>2</sub> zijn gedurende het meetjaar periodiek gecontroleerd.

## **2.2. Meetonzekerheid**

#### NO<sub>2</sub>-concentratiemetingen met Palmes diffusiebuisjes

De meetfout (nauwkeurigheid van de meting) van deze meetmethode is afhankelijk van de monsternameduur en het concentratieniveau NO<sub>2</sub>. Bij een gemiddeld concentratieniveau van NO<sub>2</sub> in de buitenlucht en een monsternameduur van 4 weken, bedraagt de theoretische meetfout 30%.

Buro Blauw heeft voor de totale meetprocedure een meetonzekerheid vastgesteld van 14,4% (1). De metingen van Buro Blauw worden uitgevoerd gelijkwaardig aan de norm NEN-EN 16339.

#### NO<sub>2</sub>-concentratiemetingen met chemoluminiscentiemonitor

De metingen zijn conform NEN-EN 14211:2012 uitgevoerd, en daarmee de referentiemethode. IJking is daardoor niet benodigd. De meetonzekerheid is in deze norm

vastgelegd. De relatieve meetonzekerheid is bij 95% betrouwbaarheid kleiner of gelijk aan 15 procent voor een jaargemiddelde waarde van  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  stikstofdioxide.

### PM10-concentratiemetingen

Het meten van de PM10-concentratie gaat met een zekere onnauwkeurigheid gepaard. De EU (EU Richtlijn 1999/30/EC) staat een onzekerheidsmarge van 25% toe. Uit een uitgebreid validatieonderzoek door het RIVM (2) van de monitoren van het landelijk meetnet volgt dat de meetonzekerheden van de toegepaste PM10 monitoren tussen de 16% en 22% liggen en daarmee voldoen aan de Europese eis.

Voor het uitvoeren van de referentiemetingen is gebruik gemaakt van een Low Volume Sampler (LVS), van Sven Leckel SEQ47/50. Buro Blauw heeft in 2010 en in 2015 een uitgebreid validatieonderzoek uitgevoerd (3). Voor de LVS is daarbij een uitgebreide meetonzekerheid vastgesteld van 7,6% bij een concentratie van  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Voor de TEOM is tijdens een studie over de periode van 2006 – 2010 een uitgebreide meetonzekerheid vastgesteld van 17,8%. Uit de validatie van de referentie-metingen in Arnhem met de TEOM-metingen in Arnhem volgt een uitgebreide meetonzekerheid van 13,6%.

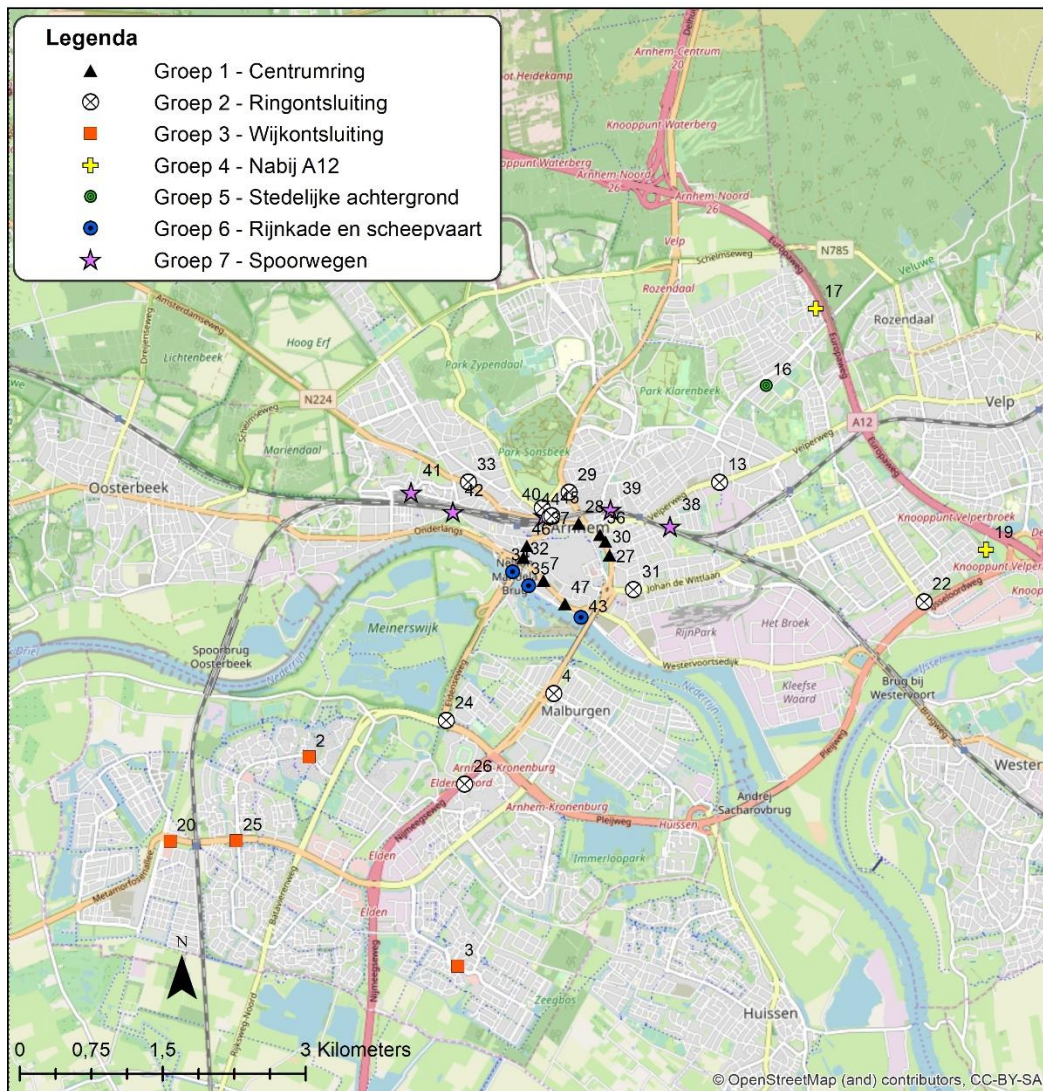
Buro Blauw is lid van de Vereniging Kwaliteit Luchtmetingen. De vereniging zet zich in voor een permanente ontwikkeling en borging van een goede kwaliteit van luchtmetingen en bestaat uit vooraanstaande meet- en inspectie-instanties in Nederland.

### **2.3. Meetlocaties**

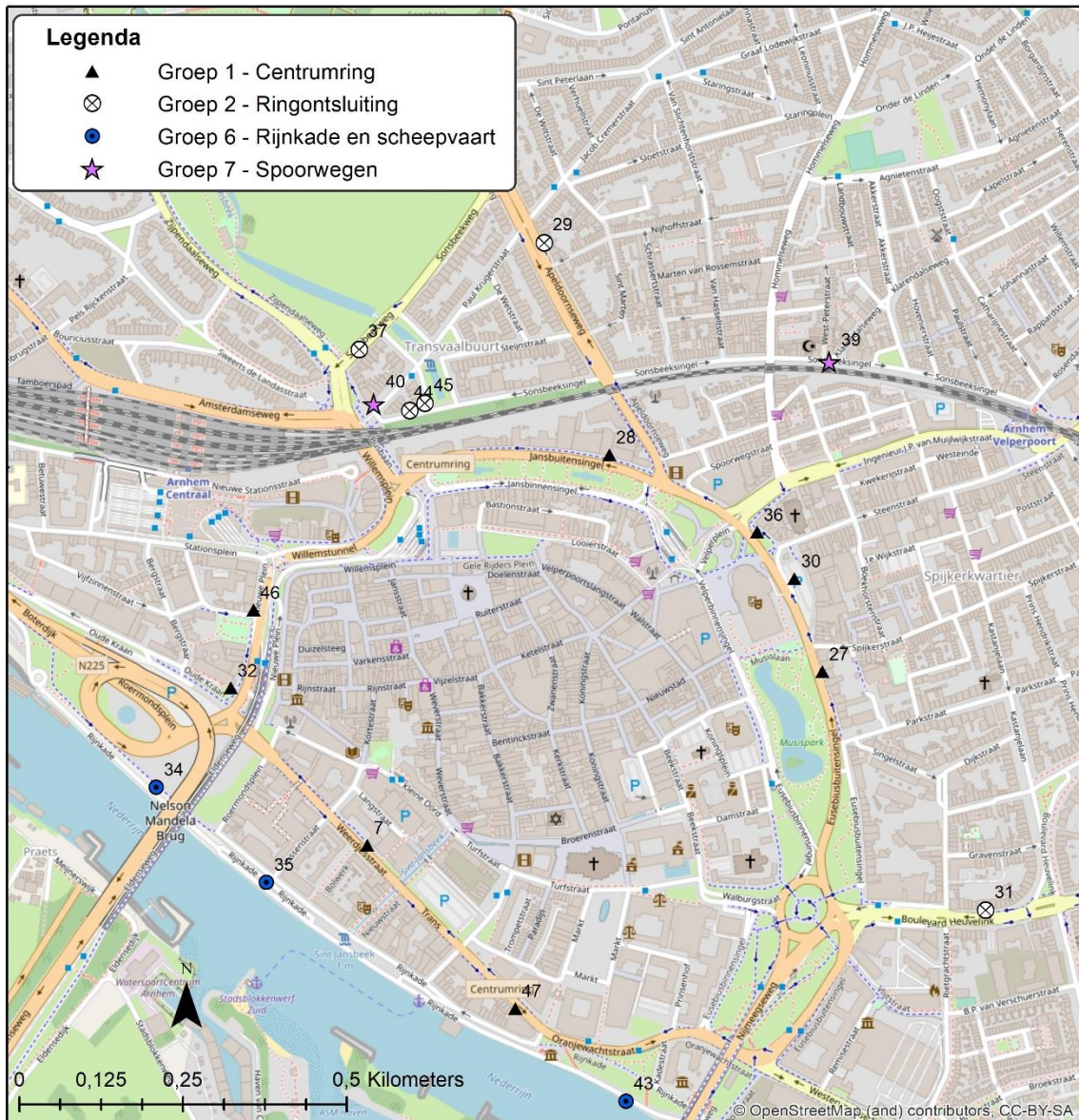
Er is op een totaal van 34 meetlocaties verspreid over Arnhem gemeten. Een groot aantal locaties is gericht op de verkeersintensieve binnenring van het centrum. Daarnaast zijn de ontsluitingen, de snelweg A12, en enkele wijken vertegenwoordigd. In figuur 2.1 zijn de meetlocaties weergegeven, met een uitvergroting van het centrum in figuur 2.2. In tabel 2.2 zijn de meetlocaties nader omschreven.

De meetlocaties voor  $\text{NO}_2$ -concentratie zijn onderverdeeld in zeven groepen. De indeling is gemaakt om inzicht te geven in de luchtkwaliteit per soort locatie in Arnhem. De gebruikte groepen zijn:

- 1.** Centrumring: meetposities langs de centrumring;
- 2.** Ringontsluiting: meetposities langs wegen die aansluiten op de ring;
- 3.** Wijkontsluiting: meetposities langs toegangswegen van woonwijken;
- 4.** Nabij A12: meetposities in woonwijken nabij de autosnelweg;
- 5.** Stedelijke achtergrond: meetpositie langs rustige weg;
- 6.** Rijnkade en scheepvaart: meetposities nabij scheepvaart en verkeer op kade;
- 7.** Spoorwegen: meetposities nabij een spoorweg.



Figuur 2.1 Overzicht van alle meetlocaties voor de NO<sub>2</sub>-concentraties verspreid over Arnhem. (Kaartmateriaal: OpenStreetMap.org©)



Figuur 2.2. Overzicht meetlocaties voor de NO<sub>2</sub>-concentraties in het centrum van Arnhem. (Kaartmateriaal: OpenStreetMap.org©)



Tabel 2.2. Meetlocaties 2020

Nr.	Locatie	Groep
2	Hollandweg	Wijkontsluiting
3	Klompélaan	Wijkontsluiting
4	Huissensestraat	Ringontsluiting
7	Weerdjesstraat	Centrumring
13	Velperweg-Enka	Ringontsluiting
16	Beatrixweg	Stedelijke achtergrond
17	Varenstraat	Nabij A12
19	Dunoweg	Nabij A12
20	Schuytgraaf	Wijkontsluiting
22	IJsseloord 2	Ringontsluiting
24	Eldenseweg/Bata4en	Ringontsluiting
25	Hollandweg/Metamor	Wijkontsluiting
26	A325	Ringontsluiting
27	Eusebiusbuitensingel	Centrumring
28	Jansbuitensingel	Centrumring
29	Apeldoornseweg	Ringontsluiting
30	Velperbuitensingel	Centrumring
31	Boulevard Heuvelink	Ringontsluiting
32	Oude Kraan	Centrumring
33	Amsterdamseweg	Ringontsluiting
34	Boterdijk	Rijnkade en scheepvaart
35	Rijnkade	Rijnkade en scheepvaart
36	Peperbus	Centrumring
37	Sonsbeek 8	Ringontsluiting
38	Schavenmolenstraat sp.	Spoorwegen
39	West-Peterstraat sp.	Spoorwegen
40	Zypendaalsetunnel sp.	Spoorwegen
41	Noorderparallelweg sp.	Spoorwegen
42	Utrechtseweg sp.	Spoorwegen
43	Rijnkade FiWaDo	Rijnkade en scheepvaart
44	Sonsbeeksingel	Ringontsluiting
45	De La Reijstraat	Ringontsluiting
46	Nieuwe Plein	Centrumring
47	Eusebiusplein 27	Centrumring

### **3 BESPREKING MEETCAMPAGNE**

#### **3.1. Meetperiodes NO<sub>2</sub>-concentratiemetingen**

Binnen de opgestelde luchtkwaliteitseisen is uitgegaan van jaargemiddelde concentraties per kalenderjaar. Daarom is gekozen voor meetcampagnes met diffusiebuisjes welke zoveel mogelijk aansluiten bij het kalenderjaar. Het jaar is onderverdeeld in totaal 13 meetperiodes van 4 weken. Een overzicht van de meetperiodes staat in tabel 4a in bijlage 4. De metingen met de diffusiebuisjes zijn gestart op 3 januari 2020 en beëindigd op 28 december 2020.

#### **3.2. Afwijkingen en bijzonderheden NO<sub>2</sub>-concentratiemetingen**

De bijzonderheden over de metingen zijn in tabel 4b in bijlage 4 samengevat. Hierbij worden ook bijzonderheden vermeld welke tijdens het wisselen (ophangen van de diffusiebuisjes) zijn opgevallen. Het buisje aan de Sonsbeekweg 8, positie 37, is op 13-7-2020 verplaatst van aan de gevel van het pand naar de lantaarnpaal aan de straat, zo'n 7 meter richting de weg. Omdat de coördinaten van het buisje eerder al opgenomen waren vanaf de weg, veranderen deze niet. De opmerkingen geven geen volledig beeld van alle afwijkende omstandigheden, maar kunnen verklarend werken bij het vergelijken van de concentraties per locatie.

De meteorologische omstandigheden hebben invloed op NO<sub>2</sub>-concentratie. 2020 was samen met 2014 het warmste jaar sinds 1706, veroorzaakt door de vele uren zon (400 uur meer dan normaal per jaar). In augustus vond de langste augustushittegolf ooit plaats, deze duurde 13 dagen. In deze tijd was het ook zeer droog, maar aan het eind van het jaar vielen er genoeg buien om plaatselijke neerslagoverschotten te creëren, terwijl op andere plaatsen het neerslagtekort standhield.

Het effect van de hoge temperatuur en vele zonuren op de NO<sub>2</sub>-jaarconcentraties is mogelijk terug te zien als lage gemeten concentraties. De weersextremen hebben mogelijk ook invloed op de correctiefactoren tussen de metingen met de Palmes diffusiebuisjesconcentratie en de referentiemetingen uitgevoerd binnen het LML meetnet. In deze rapportage is daarom extra kritisch gekeken naar de resultaten en conclusies. Ook wordt er verwacht dat er een concentratiedaling te zien zal zijn als gevolg van de verkeersvermindering als gevolg van de pandemie.

#### **3.3. Vergelijkende referentiemetingen NO<sub>2</sub>-concentratiemetingen**

Omdat er in Arnhem geen LML stations zijn, zijn de vergelijkende metingen uitgevoerd bij twee LML stations in Nijmegen: het LML station 741, aan de Graafseweg (centrum – hoogbelast station) en het LML station 742, aan de De Ruyterstraat (verkeersluw – laagbelast station).

In tabel 3.1 zijn de concentraties en correctiefactor per periode van de LML stations opgenomen. De metingen met de diffusiebuisjes zijn uitgevoerd in 4-voud. Omdat in het verleden is gebleken dat ook de metingen met de chemoluminescentiemethode uitgevoerd binnen het LML getroffen kunnen worden door uitval, is ook het percentage uitval per meetperiode aangegeven. Hiermee wordt de betrouwbaarheid van de vergelijking verduidelijkt.

Tabel 3.1 Referentiemethode versus Palmes diffusiebuismethode per periode

Periode	LML station 741 Graafseweg			LML station 742 De Ruyterstraat		
	Concentratie [µg/m <sup>3</sup> ]	Correctiefactor	Uitval RIVM [%]	Concentratie [µg/m <sup>3</sup> ]	Correctiefactor	Uitval RIVM [%]
1	31,3	0,97	0,4	22,0	1,12	0,3
2	25,3	0,90	0,0	15,3	1,09	0,6
3	24,0	0,93	0,0	13,3	1,18	0,9
4	21,8	1,07	0,0	13,5	1,18	0,1
5	23,3	0,96	0,6	11,3	1,23	1,0
6	23,8	0,94	0,3	10,8	1,18	0,7
7	22,5	0,91	0,8	10,3	1,14	4,0
8	21,0	1,15	0,0	9,5	1,33	0,0
9	27,3	0,88	0,0	12,8	1,07	0,0
10	33,3	0,94	0,0	18,5	1,08	0,3
11	22,3	0,92	0,7	13,8	1,04	0,3
12	27,0	0,95	0,0	19,8	1,02	0,0
13	27,0	0,97	0,6	22,0	1,00	0,7
gemiddeld	25,3	<b>0,96</b>		14,8	<b>1,13</b>	

Buro Blauw voert ook bij andere LML stations vergelijkende metingen uit. In tabel 3.2 zijn de vastgestelde gemiddelde correctiefactoren van alle stations opgenomen. De vergelijkende metingen worden uitgevoerd bij een stadsstation (stedelijke achtergrond), en straatstations (drukke straten, hoge belasting). De vergelijkende metingen worden in 3- of 4-voud uitgevoerd. De gemiddelde correctiefactor over alle meetcampagnes (goedgekeurde stations) van Buro Blauw in 2020 bedraagt 1,06.

Tabel 3.2 Correctiefactoren, zoals vastgesteld bij vergelijkende metingen

LML #	Plaats	Naam	Type station	Jaargemiddelde referentiemethode	Correctie
236	Eindhoven	Genovevalaan	Straat	17,4	1,04
237	Eindhoven	Noordbrabantlaan	Straat	19,2	1,12
404	Den Haag	De Constant Rebecquestraat	Stad	18,1	1,07
445	Den Haag	Amsterdamse Veerkade	Straat	25,1	0,96
636	Utrecht	Kardinaal De Jongweg	Straat	15,7	1,29
639	Utrecht	Constant Erzeijstraat	Straat	20,4	1,10
643	Utrecht	Griftpark	Stad	Afgekeurd	Afgekeurd
741	Nijmegen	Graafseweg	Straat	25,3	0,96
742	Nijmegen	De Ruyterstraat	Stad	14,8	1,13

Uit de tabel blijkt dat er voor de verschillende stations kleine verschillen in de correctiefactoren zijn. Deze kleine verschillen zijn het gevolg van het verschil in meetcondities waarbij met name de meteorologische omstandigheden een rol spelen; de verschillen tussen actieve en passieve bemonstering (chemoluminescentie vs Palmes diffusiebuisjes) speelt hierin eveneens mee.

### **3.4. Toetsing meetfout NO<sub>2</sub>-concentratiemetingen**

In de meetcampagne zijn de NO<sub>2</sub>-concentraties in tweevoud gemeten. De toevallige meetfout van deze metingen is gemiddeld 3,3%. De systematische fout die de afwijking tussen de diffusiebuismetingen en de metingen uitgevoerd volgens de referentiemethode weergeeft, bedraagt in dit onderzoek gemiddeld 4,0%. Op basis van deze in duplo uitgevoerde metingen en de vergelijking met de RIVM-stations is de totale meetfout (combinatie van toevallige en systematische fout) gedurende de gehele meetperiode vastgesteld. Deze bedraagt 5,2% en is kleiner dan de vastgestelde meetonzekerheid zoals voor de door Buro Blauw gehanteerde methode van 14,4%. Er is geen reden aan te nemen dat de uitgevoerde campagne afwijkt van eerder uitgevoerde onderzoeken, daarom wordt in deze rapportage als totale meetfout 14,4% aangehouden (4).

### **3.5. Bespreking meetcampagne fijnstof**

De bijzonderheden over de metingen zijn in tabel 6 in bijlage 6 gegeven.

Door de uitvoering met een enkelvoudige monitor zijn de metingen gevoeliger voor uitval t.o.v. in duplo uitgevoerde metingen zoals uitgevoerd met de diffusiebuisjes. Echter, de plaatsing van de meetapparatuur is bestendiger tegen vandalisme, en storingen treden voornamelijk op door stroomuitval of filteroverbelasting. Dit levert niet direct dataverlies op, er wordt slechts een beperkter deel van de periode bemonsterd. Over het gehele monsternamejaar (1 jan 2020 – 31 dec 2020) is er bij de fijnstofmetingen van de TEOM 0,11% uitval geweest.

## 4 RESULTATEN

### 4.1 Verwerking analyseresultaten

In het separaat bijgeleverde technische rapport BL2021.9839.02 zijn de ongecorrigeerde resultaten in certificaatvorm per periode gegeven.

In tabel 5 in bijlage 5 staan de voor alle locaties gemiddelde waarden per periode gerapporteerd, gecorrigeerd met behulp van de in tabel 3.1 berekende correctiefactoren. De correcties zijn per periode uitgevoerd met de correctiefactor behorende bij de vastgestelde belasting. De resultaten worden als afgeronde getallen gepresenteerd. De berekeningen zijn uitgevoerd met niet afgeronde cijfers.

### 4.2 Jaargemiddelden

In tabel 4.1 worden de gecorrigeerde jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties en het berekende 95%-betrouwbaarheidsinterval op basis van een totale meetfout van 14,4% weergegeven. De meetlocaties zijn onderverdeeld in 7 groepen. Omwille van de leesbaarheid en het maken van vergelijkingen zijn de waarden in de volgende tabellen met één cijfer achter de komma gepresenteerd.

Tabel 4.1. Berekening jaargemiddelde gecorrigeerde NO<sub>2</sub>-concentraties in Arnhem met 95%-bovenwaarden en 95%-onderwaarde 2020 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

Meetlocatie	95%-onderwaarde	Gemeten jaargemiddelde	95%-bovenwaarde
<b>Centrumring</b>			
7 Weerdjesstraat	18,1	<b>19,2</b>	20,4
27 Eusebiusbuitensingel	23,0	<b>24,4</b>	25,8
28 Jansbuitensingel	21,8	<b>23,2</b>	24,5
30 Velperbuitensingel	19,9	<b>21,1</b>	22,4
32 Oude Kraan	19,2	<b>20,4</b>	21,7
36 Peperbus	21,2	<b>22,1</b>	23,0
46 Nieuwe Plein	20,1	<b>21,4</b>	22,6
47 Eusebiusplein 27	21,6	<b>22,9</b>	24,3
Gemiddeld		<b>21,8</b>	

Tabel vervolgt op volgende pagina

Vervolg tabel 4.1

Meetlocatie	95%-onderwaarde	Gemeten jaargemiddelde	95%-bovenwaarde
<b>Ringontsluiting</b>			
4 Huissensestraat	19,2	<b>20,4</b>	21,7
13 Velperweg-Enka	15,4	<b>16,4</b>	17,4
22 IJsseloord 2	22,6	<b>24,1</b>	25,5
24 Eldenseweg/Bata4en	19,2	<b>20,4</b>	21,6
26 A325	20,5	<b>21,8</b>	23,0
29 Apeldoornseweg	19,4	<b>20,6</b>	21,8
31 Boulevard Heuvelink	18,4	<b>19,5</b>	20,7
33 Amsterdamseweg	15,2	<b>16,1</b>	17,1
37 Sonsbeek 8	17,8	<b>18,9</b>	20,0
44 Sonsbeeksingel	16,1	<b>17,2</b>	18,2
45 De La Reijstraat	15,0	<b>16,0</b>	16,9
Gemiddeld		<b>19,2</b>	
<b>Wijkontsluiting</b>			
2 Hollandweg	15,8	<b>16,8</b>	17,8
3 Klompélaan	14,7	<b>15,6</b>	16,6
20 Schuytgraaf	14,5	<b>15,4</b>	16,3
25 Hollandweg/Metamor	17,4	<b>18,5</b>	19,6
Gemiddeld		<b>16,6</b>	
<b>Nabij A12</b>			
17 Varenstraat	14,9	<b>15,8</b>	16,8
19 Dunoweg	15,0	<b>15,9</b>	16,9
Gemiddelde		<b>15,9</b>	
<b>Stedelijke achtergrond</b>			
16 Beatrixweg	13,7	<b>14,6</b>	15,4
<b>Rijkade en scheepvaart</b>			
34 Boterdijk	19,9	<b>21,2</b>	22,4
35 Rijkade	17,7	<b>18,9</b>	20,1
43 Rijkade FiWaDo	17,5	<b>18,6</b>	19,7
Gemiddeld		<b>19,6</b>	
<b>Spoorwegen</b>			
38 Schavenmolenstraat sp.	13,3	<b>14,2</b>	15,0
39 West-Peterstraat sp.	16,1	<b>17,1</b>	18,1
40 Zypendaalsetunnel sp.	16,3	<b>17,4</b>	18,4
41 Noorderparallelweg sp.	13,1	<b>13,9</b>	14,7
42 Utrechtseweg sp.	13,7	<b>14,6</b>	15,5
Gemiddeld		<b>15,4</b>	
<b>Totaalgemiddelde</b>		<b>18,7</b>	

Tabel 4.1 geeft inzicht in de variatie van de jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentratie over de stad. De gemeten jaargemiddelde stedelijke achtergrond (16) bedraagt 14,6 µg/m<sup>3</sup>.

Opvallend is dat de laagste concentratie wordt gemeten langs de spoorweg, aan de Noorderparallelweg (41), te weten 13,9 µg/m<sup>3</sup>. Dit is lager dan op de positie waar de stedelijke achtergrond wordt bepaald. De lage concentratie op deze meetpositie kan uitgelegd worden door de relatief grote afstand van de buisjes tot aan de weg. De lokale

belasting is op posities 41 en 38 ( $14,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , eveneens aan het spoor) lager dan de stedelijke achtergrondpositie.

De hoogst gemeten jaargemiddelde concentratie bedraagt  $24,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en is gemeten bij Eusebiusbuitensingel (locatie 27). Dit is een daling t.o.v. 2019, toen de hoogst gemeten concentratie  $29,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bedroeg aan Eusebiusplein 27, locatie 47, en ook 2018, toen de hoogst gemeten concentratie  $33,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bedroeg eveneens aan de Eusebiusbuitensingel. Beide locaties behoren tot de groep centrumring.

Langs de centrumring is de jaargemiddelde concentratie  $21,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , een verhoging van  $7,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ten opzichte van deze stedelijke achtergrond.

Langs de ringontsluiting bedraagt de gemiddelde concentratie  $19,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , wat een verhoging oplevert ten opzichte van de stedelijke achtergrond van  $4,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Echter de concentraties langs de ringontsluiting laten een relatief grote variatie zien: deze variëren tussen de  $16,0$  en  $24,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

In de woonwijken in de nabijheid van de A12 en langs de wijkontsluitingswegen bedragen de gemiddelde concentraties respectievelijk  $15,9$  en  $16,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De gemiddelde concentraties zijn daarmee respectievelijk  $1,3$  en  $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  verhoogd ten opzichte van de stedelijke achtergrond.

Op de locaties langs de Rijnkade is de jaargemiddelde concentratie  $19,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , een verhoging van  $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ten opzichte van de stedelijke achtergrond.

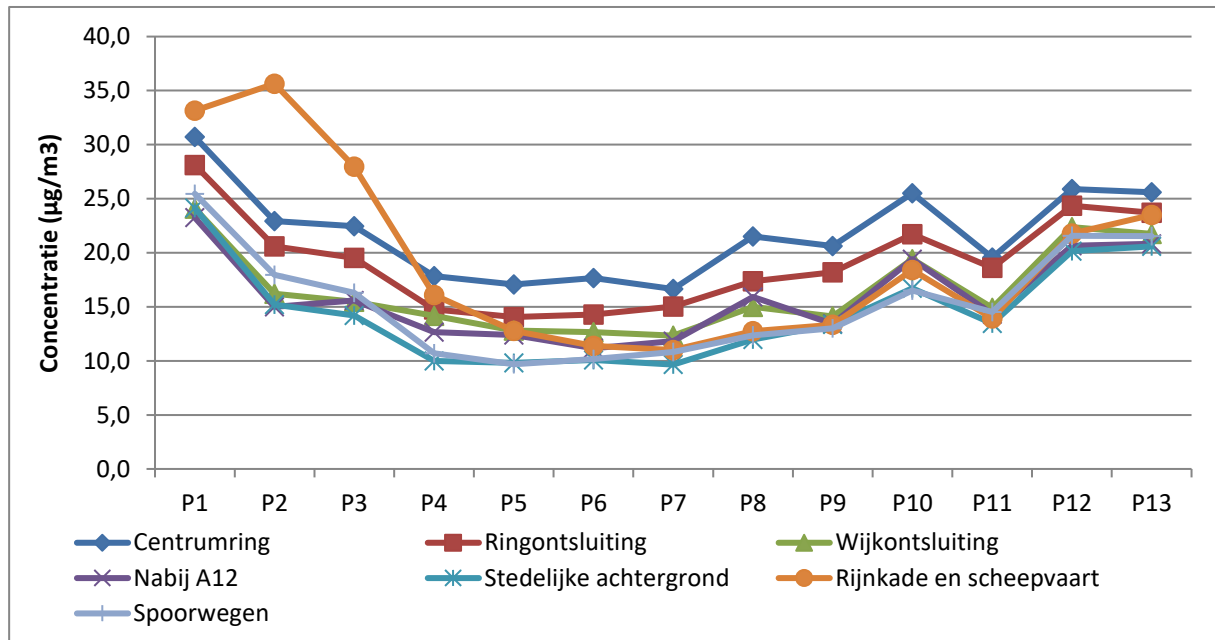
Op de locaties langs het spoor variëren de concentraties tussen de  $13,9$  en  $17,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Het gemiddelde van  $15,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ligt slechts  $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  hoger dan de stedelijke achtergrond.

#### *Toetsing grenswaarde*

Uit de meetresultaten in tabel 4.1 blijkt dat de jaargemiddelde concentratie bij alle locaties lager dan de grenswaarde van  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  is. Ook de 95%- bovenwaarden liggen allemaal onder  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Daarmee is met 95% zekerheid te zeggen dat wordt voldaan aan de grenswaarde. Er wordt dus op alle posities voldaan aan de luchtkwaliteitseisen.

### 4.3 Concentratieverschillen tussen locatietypen per periode

In figuur 4.1 wordt het verloop van de NO<sub>2</sub>-concentratie in Arnhem van 7 groepen locaties grafisch weergegeven. Per periode zijn de gemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties per groep weergegeven.



Figuur 4.1. Verloop concentraties voor de verschillende groepen locaties gedurende het jaar

De locatietypen vertonen vergelijkbare schommelingen over de meetperioden, welke worden veroorzaakt door seizoens- en weersinvloeden; bijvoorbeeld belasting van buiten de stad (regionale achtergrond), verkeersintensiteit, verkeersgedrag, temperatuur, wind en neerslag. In de zomermaanden liggen de concentraties gemiddeld het laagst.

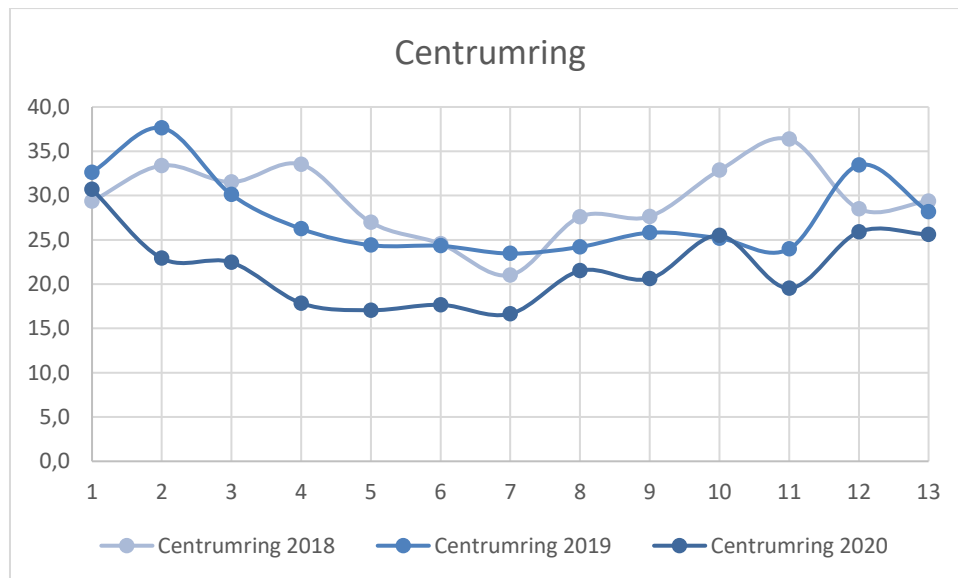
Verder blijkt dat de gemiddelde concentratie langs de centrumring (donkerblauwe lijn) veelal hoger ligt dan de concentratie bij drukke wegen (zoals de ringontsluiting, rode lijn). Het verkeer geeft door de hoge verkeersintensiteit in het centrum stagnatie en de ongunstige verspreidingscondities daar veroorzaken een hoge belasting van de luchtkwaliteit. Variaties op microniveau (zoals het gebruik van c.v. ketels, kachels in de winter) zijn in de figuur niet waarneembaar: de verhoging t.o.v. de achtergrond varieert licht.

Er wordt opgemerkt dat de gemiddelde concentraties op de Rijnkade en scheepvaart (oranje lijn) een erg grillig beeld geven, vooral vergeleken met de andere groepen. Dit is niet uitzonderlijk vergeleken met andere jaren. De rijnkade en scheepvaart (oranje lijn) staan naast wegverkeer ook onder (directe) invloed van schepen. In het begin van het jaar waren de concentraties veel hoger dan de overige locaties, vanaf periode 4 lijken de concentraties te zijn genormaliseerd en meer overeenkomstig met de overige (vooral door wegverkeer belaste) locaties.

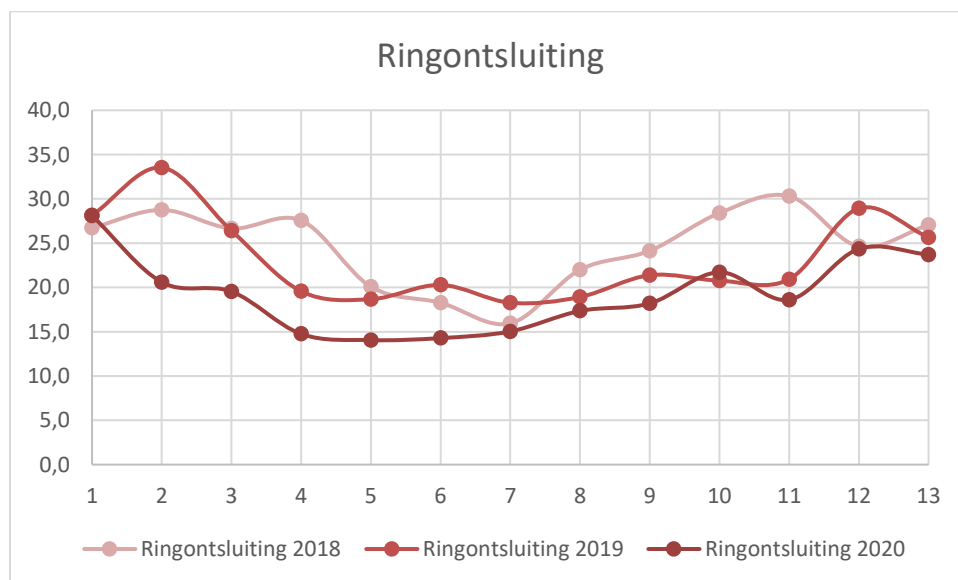
Ook wordt er opgemerkt dat per 1 januari 2019 een milieuzone is ingevoerd voor het centrum van Arnhem. Vooruitlopend op het van kracht worden van deze milieuzone zijn



mogelijk al oudere dieselveertuigen vervangen. In figuren 4.2 en 4.3 zijn de verschillen voor de twee centrumgerelateerde groepen centrumring en ringontsluiting gevisualiseerd voor de afgelopen jaren.



Figuur 4.2 Vergelijking van de concentraties voor de centrumring 2018 – 2020.



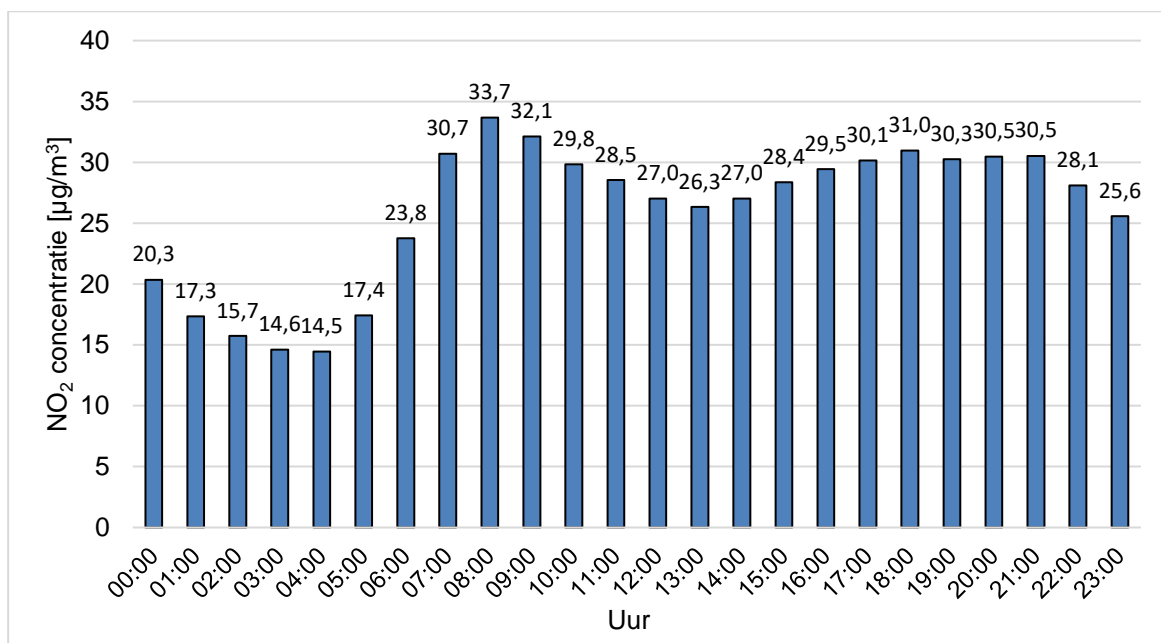
Figuur 4.3. Vergelijking van de concentraties voor de ringontsluiting 2018 - 2020.

Er is grotendeels te zien dat de concentraties in 2019 afgenomen zijn t.o.v. dezelfde groep het jaar er voor. Het jaargemiddelde van de centrumring is  $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  afgenomen, dat van de ringontsluiting  $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Deze afname heeft zich in het jaar 2020 doorgezet, met een afname van  $5,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  voor de groep centrumring en  $4,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  voor de ringontsluiting. Ook hier heeft de algemene lagere verkeersintensiteit i.v.m. de intelligente lockdown waarschijnlijk invloed gehad.

Op de locatie Peperbus is gedurende het kalenderjaar 2020 de  $\text{NO}_2$ -concentratie continu gemeten met een chemoluminescentiemonitor. De data van de continu gemeten  $\text{NO}_2$ -

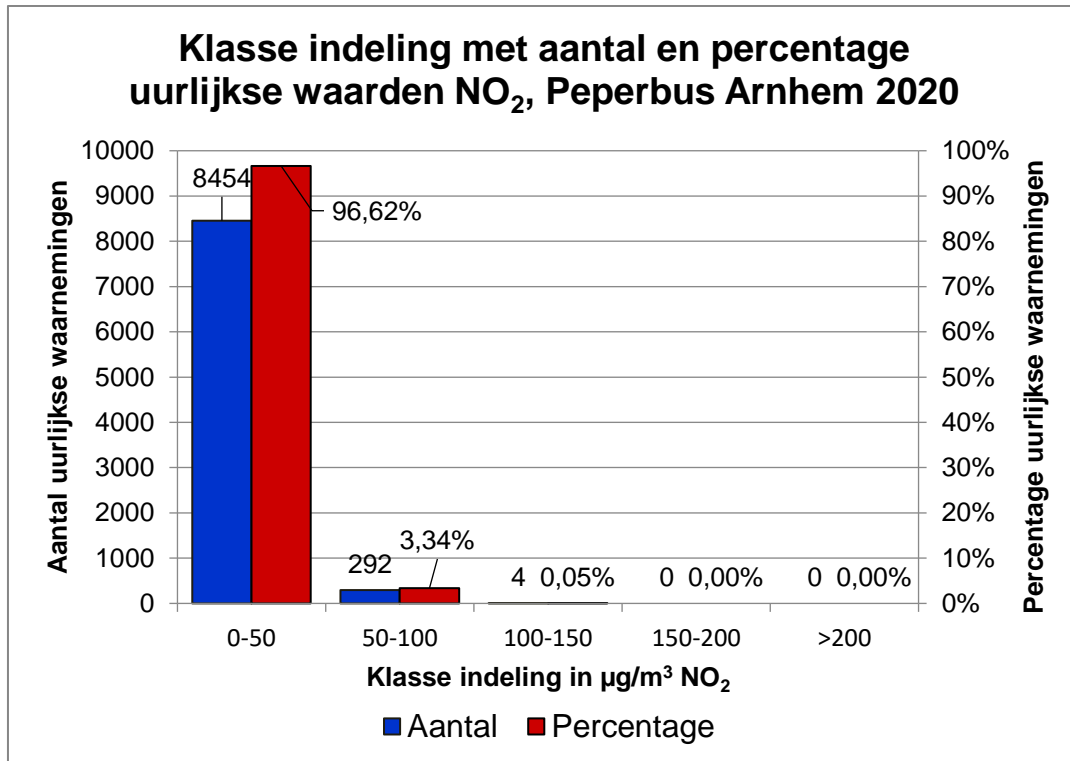
concentratiemetingen is verwerkt tot uurvakken. Voor de werkdagen maandag t/m vrijdag is de gemiddelde NO<sub>2</sub>-concentratie per uurvak berekend. In figuur 4.4 wordt de uurgemiddelde NO<sub>2</sub>-concentratie gegeven per uurvak. Voor deze locatie geldt dat de gemiddelde NO<sub>2</sub>-concentratie onder de jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentratie van 40 µg/m<sup>3</sup> blijft.

In de figuur is zowel de ochtendspits als de avondspits duidelijk te zien. De ochtendspits is om 8:00 op het hoogtepunt met een uurgemiddelde van 33,7 µg/m<sup>3</sup>. De avondspits bereikt om 18:00 het hoogtepunt met een uurgemiddelde van 31,0 µg/m<sup>3</sup>. De gemiddelde NO<sub>2</sub>-concentratie van alle uurgemiddelde waarden, inclusief weekenden, bedraagt 24,2 µg/m<sup>3</sup>.



Figuur 4.4 Gemiddelde NO<sub>2</sub>-concentratie van alle werkdagen (maandag tot en met vrijdag) per uurvak

In figuur 4.5 is de NO<sub>2</sub>-concentratie grafisch ingedeeld in klassen. Daarbij is de dataset onderverdeeld in het aantal malen dat een uurgemiddelde concentratie in een bepaalde klasse voorkomt, en het percentage van de data in de klasse ten opzichte van de totale dataset.



Figuur 4.5 Aantal en percentage uurgemiddelde concentratie NO<sub>2</sub> per klasse

Uit de figuur blijkt dat uren waarbij de concentratie sterk verhoogd is (meer dan 150 µg/m<sup>3</sup>) niet voorkomen. Daaruit kan worden geconcludeerd dat er geen lokale bronnen aanwezig zijn die kortstondig voor hoge concentraties zorgen. Gedurende de meetperiode is ook de uurgemiddelde waarde van 200 µg/m<sup>3</sup> niet overschreden. Dit komt overeen met de verwachtingen: Lokaal verkeer heeft grote invloed, andere lokale bronnen hebben geen significante bijdrage op de uurgemiddelde waarde. Er zijn 18 overschrijdingen van de uurgemiddelde waarde toegestaan per jaar. Aangezien er géén overschrijdingen gemeten zijn, wordt aan deze luchtkwaliteitseis voldaan.

## 5. FIJNSTOF (PM10) CONCENTRATIEMETINGEN

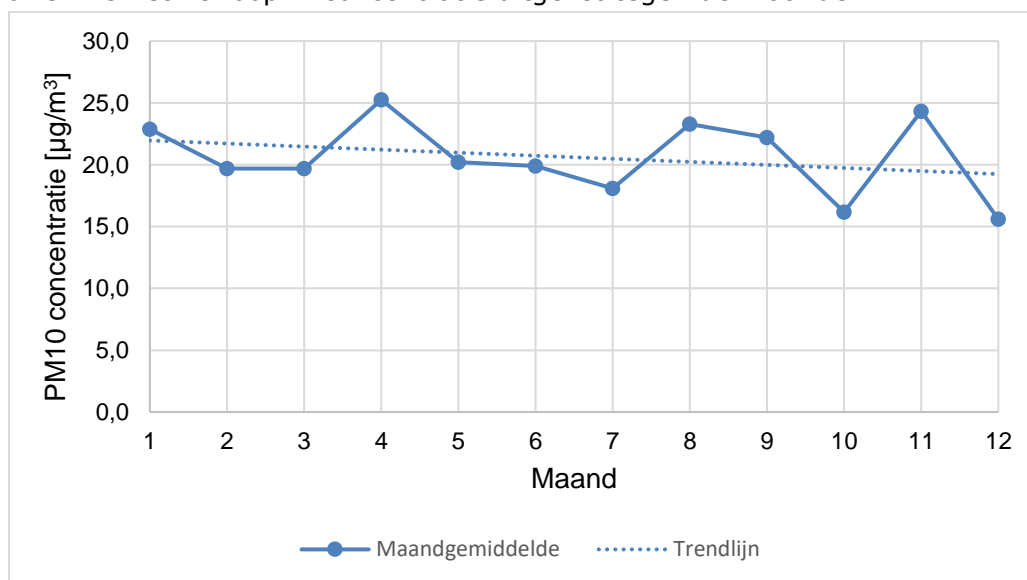
De resultaten van de fijnstofmetingen zijn samengevat in de onderstaande tabel 5.1 en zijn per maand gepresenteerd. De meting is ongeveer op de toetsingsafstand van de weg uitgevoerd (10 meter vanaf de wegrand, op een openbaar toegankelijke locatie).

Over het gehele monsternamejaar was er nagenoeg geen uitval (totaal 0,14%). Het aantal gevalideerde vierentwintig-uurgemiddelde concentraties per kalenderjaar bedraagt daarmee meer dan 90 procent, zoals gesteld in de RBL 2007 (5). De uitval is verspreid over 5 dagen, met een maximum van 4 gemiste uren per dag.

Tabel 5.1. Meetresultaten PM10 concentratiemetingen [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] per maand en gemiddelde over 2020

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Gem
36 Peperbus	23,9	19,7	19,7	25,3	20,2	19,9	18,1	23,3	22,2	16,2	24,3	15,6	20,6

In figuur 5.1 is het verloop in concentratie uitgezet tegen de maanden.



Figuur 5.1. Concentratieverloop PM10 bij de Peperbus in Arnhem

De concentratie PM10 varieerde gedurende het jaar tussen  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en  $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als daggemiddelde waarde. De hoogste daggemiddelde waarde vond plaats op 1 januari 2020, en kan verklaard worden door de mistige omstandigheden gecombineerd met vuurwerk. Het gemiddelde van januari zonder deze waarde is  $20,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De daarna meest hoge dagwaarde was  $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Het verloop van de grafiek laat geen duidelijke relatie zien tussen de concentratie en het verloop van het jaar, maar de trend laat wel een afname zien.

In tabel 5.2 worden de gemiddelde concentratie en het aantal overschrijdingsdagen over de meetperiode gepresenteerd. Daarnaast worden ook de Grootschalige Concentratie Nederland (GCN) data voor 2020 gegeven.

Tabel 5.2. Gemiddelde meetresultaten PM10 concentraties 2020

Locatie	Jaargemiddelde [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]		Maximaal toegestaan jaargemiddelde [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Aantal overschrijdingen 24-uursgemiddelde ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) [#]		Maximaal toegestaan overschrijdingen 24-uursgemiddelde [#]
	Blauw	GCN		Blauw	GCN	
36 Peperbus	20,6	18,8	40	1	7	35

Uit de tabel is af te lezen dat zowel de door Buro Blauw gemeten als de in de GCN berekende fijnstofconcentratie ruim onder de jaargemiddelde grenswaarde van  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  blijven. De GCN berekent op de meetlocatie een concentratie van dezelfde orde grootte, maar wel net als in eerdere jaren een lagere concentratie.

Het aantal gemeten overschrijdingsdagen waarop meer dan  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wordt waargenomen blijft met een aantal van 1 ruim onder de limiet van 35, en is ook lager dan het aantal overschrijdingen geschat door de GCN.

## 6. CONCLUSIES

De NO<sub>2</sub>-concentratie in Arnhem is op 34 posities gemeten, en de PM10-concentratie op 1 locatie. De metingen zijn in 2020 uitgevoerd gedurende 13 perioden. De NO<sub>2</sub>-metingen zijn uitgevoerd met Palmes diffusiebuisjes. Daarnaast is PM10 continu gemeten met behulp van een TEOM. Uit de meetcampagne worden de volgende conclusies getrokken:

1. Er zijn vergelijkende metingen uitgevoerd tussen de Palmes diffusiebuisjesmethode en de referentiemethode. Hierbij is een systematische afwijking vastgesteld van 4,0%. Hiervoor is de meetdata gecorrigeerd. De toevallige meetfout bedroeg gemiddeld 3,3%. Voor de totale meetfout is de door Buro Blauw voor de gehanteerde methode vastgestelde waarde van 14,4% aangehouden.
2. De gemeten jaargemiddelde concentratie van NO<sub>2</sub> in Arnhem varieert tussen 13,9 en 24,4 µg/m<sup>3</sup>. De gemeten jaargemiddelde stadsachtergrondconcentratie bedraagt 14,6 µg/m<sup>3</sup>.
3. In de woonwijken in de nabijheid van de A12 en langs de wijkontsluitingswegen bedragen de gemiddelde concentraties respectievelijk 15,9 en 16,6 µg/m<sup>3</sup>. T.o.v. de stedelijke achtergrondconcentratie is de verhoging respectievelijk 1,3 en 2,0 µg/m<sup>3</sup>.
4. Langs de centrumring is de jaargemiddelde concentratie 21,8 µg/m<sup>3</sup>, een verhoging van 7,3 µg/m<sup>3</sup> ten opzichte van de stedelijke achtergrond. Aan de ringontsluiting bedraagt de jaargemiddelde concentratie 19,2 µg/m<sup>3</sup>, een verhoging ten opzichte van de stedelijke achtergrond van 4,7 µg/m<sup>3</sup>.
5. Op de locaties langs de kade is de jaargemiddelde concentratie 19,6 µg/m<sup>3</sup>, een verhoging van 5,0 µg/m<sup>3</sup> ten opzichte van de stedelijke achtergrond.
6. Als rekening gehouden wordt met een totale meetfout van 14,4% geldt voor alle locaties dat de geldende grenswaarde voor NO<sub>2</sub> van 40 µg/m<sup>3</sup> als jaargemiddelde met 95% zekerheid niet overschreden wordt.
7. De gemiddelde fijnstof (PM10) concentratie die is vastgesteld voor de meetperiode bedraagt 20,6 µg/m<sup>3</sup> en blijft ruim onder de jaargemiddelde grenswaarde. Ook het gemeten aantal overschrijdingsdagen van 1 voldoet aan de gestelde eisen.
8. De fijnstofconcentratie had gedurende het kalenderjaar een grillig verloop, met een afnemende trend.
9. Afgelopen jaren veroorzaakten de bijzondere meteorologische omstandigheden een dalende trend. Ook dit jaar waren deze van toepassing, echter is de waargenomen daling mede te verklaren door de vermindering van de verkeersdrukke dit jaar.

De opinies/interpretaties vermeld in dit rapport vallen buiten de scope van de accreditatie op basis van de NEN-EN-ISO/IEC 17025.

## 7. LITERATUURLIJST

1. **Miranda, Catarina.** *Validatie NO2-diffusie metingen (Interne rapportage).* Wageningen : Buro Blauw, 2017. LLV-02.
2. **Beijk, R, et al.** *PM10: Validatie en equivalentie 2006.* Bilthoven : RIVM, 2007. RIVM rapport 680708001/2007.
3. **Kosters, M.** *Meetonzekerheid fijnstof in de buitenlucht (interne rapportage).* Wageningen : Buro Blauw, 2015. MDM\_07.
4. **Overheid.nl.** *Wettenbank - Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007 - Geldend van 01-10-2019 t/m heden. [Online] 2019.*  
[https://wetten.overheid.nl/BWBR0022817/2019-10-01#Hoofdstuk3\\_Paragraaf3.6](https://wetten.overheid.nl/BWBR0022817/2019-10-01#Hoofdstuk3_Paragraaf3.6).
5. **Jansen, N.A.H., Brunekreef, B., Hoek,G., Keuken, M.** *Verkeersgerelateerde lucht-verontreinigingen gezondheid, een kennisoverzicht.* sl : Institute for Risk Assessment Sciences, Universiteit van Utrecht, 2002.

**BIJLAGEN**



## **Bijlage 1 Wettelijk kader**

De Europese Unie heeft zich ten doel gesteld om voor diverse luchtverontreinigende stoffen voorstellen te formuleren van grenswaarden voor de luchtkwaliteit ter bescherming van mens en milieu. Het beleid richt zich nadrukkelijk op de bescherming van het leefmilieu en het verbeteren van dit leefmilieu. In Nederland is de kaderrichtlijn in de Wet milieubeheer opgenomen (hoofdstuk 5, titel 2 Wm). Aangezien titel 5.2 handelt over luchtkwaliteit staat deze ook wel bekend als de 'Wet luchtkwaliteit'.

Naast de luchtkwaliteitseisen voorziet de wet in de planmatige aanpak voor Nederland om de Europese luchtkwaliteitseisen te halen: het zogenaamde Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL). Het NSL bevat afspraken om op nationaal, provinciaal en regionaal niveau de gestelde eisen te halen. Daarbij is rekening gehouden met gewenste en geplande ruimtelijke ontwikkelingen. De uitvoeringsregels behorend bij de wet zijn vastgelegd in algemene maatregelen van bestuur (AMvB) en ministeriële regelingen (MR) die gelijktijdig met de 'Wet luchtkwaliteit' in werking treden.

Het zijn met name de stoffen PM<sub>10</sub> en NO<sub>2</sub> die in Nederland zorgen voor overschrijdingen van de grenswaarden. Uit epidemiologische studies blijkt dat het wonen nabij (snel)wegen nadelig is voor de gezondheid (5). Er bestaat een direct gezondheidseffect aan de longen als gevolg van langdurige blootstelling aan te hoge concentraties PM<sub>10</sub> en NO<sub>2</sub>.

De grenswaarde voor de jaargemiddelde NO<sub>2</sub> concentratie bedraagt 40 µg/m<sup>3</sup>. De grenswaarde als uurgemiddelde die 18 keer per jaar mag worden overschreden bedraagt 200 µg/m<sup>3</sup>. [Staatsblad 414, Bijlage 2 bij de Wet milieubeheer, voorschrift 2.1, 2.2 en 2.3].

Voor de beoordeling van de luchtkwaliteit is door VROM het document Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007 opgesteld. Hierin wordt o.a. bepaald hoe de luchtkwaliteit berekend en/of gemeten dient te worden ten einde het kwaliteitsniveau te toetsen of deze voldoet aan de grenswaarden. De meetmethode en de plaatsing van de locaties zoals in deze campagne gehanteerd komen zoveel mogelijk overeen met de voorschriften uit deze regeling; De meetmethode met passieve monsternamen wordt gecorrigeerd voor de afwijking met de referentiemethode. De meetlocaties bevinden zich conform artikel 25 lid 1b op niet meer dan 10 meter van de weg, tenzij er infrastructurele beperkingen zijn.

## Bijlage 2 Meetmethoden

### Meetmethode NO<sub>2</sub>

Het meetprincipe bestaat uit de diffusie van NO<sub>2</sub> in de buitenlucht naar een reactief oppervlak waar het NO<sub>2</sub> chemisch wordt gebonden. Na afloop van de monstername wordt de hoeveelheid gebonden NO<sub>2</sub> analytisch bepaald. De NO<sub>2</sub>-concentratie in de buitenlucht wordt berekend uit de monsternameduur, de diffusiesnelheid van NO<sub>2</sub> en de diffusielengte.

De meetposities bestaan uit een monstername koker waarin de Palmes diffusiebuisjes worden geplaatst. Door deze kokers wordt de windsnelheid bij de monsteropening van de buisjes gereduceerd, terwijl de uitwisseling van de monsterlucht ongehinderd plaatsvindt. Een koker wordt met behulp van kabelbinders aan bijvoorbeeld een lantaarnpaal of een verkeersbord bevestigd.

Ter controle zijn binnen elke meetperiode blanco metingen verricht. Bij een blanco meting zijn de buisjes gelijk behandeld en gedurende de monstername periode in het veld geplaatst, echter is de afsluitende dop is hierbij niet verwijderd. Hiermee zijn de blanco buisjes op dezelfde manier behandeld en onder gelijkwaardige meteorologische invloed bewaard als de buisjes waar mee gemeten wordt. Eventuele invloed door zonlicht (UV) en temperatuurverschillen worden op deze manier mede-gecontroleerd. De blanco metingen zijn enkel gebruikt ter controle.

De meetfout (nauwkeurigheid van de meting) van deze meetmethode is afhankelijk van de monsternameduur en de concentratie NO<sub>2</sub> waarin gemeten wordt. Bij een gemiddeld concentratieniveau van NO<sub>2</sub> in de buitenlucht en een monsternameduur van 4 weken, bedraagt de theoretische meetfout 30% (deze meetfout wordt in de literatuur gegeven).

Met deze meetfout en een jaargemiddelde d.m.v. 13 monstername perioden (n=13) kan een meetonzekerheid als 95%-betrouwbaarheidsinterval (bbhi) van 18% worden berekend. Formule A geeft de berekening weer van de meetonzekerheid ( $\chi$ ), waarin  $t$  een statistische (Student)grootte is die afhankelijk is van het aantal waarnemingen ( $n$ ).

$$\chi = \frac{t_{(0,95;n-1)} * 30\%}{\sqrt{n}} \quad [A]$$

Buro Blauw heeft voor de totale meetprocedure een meetonzekerheid vastgesteld van 14,4% (4).

Voor het vaststellen van de absolute meetfout (= systematische fout, verschil tussen werkelijke waarde en gemeten waarde) van de metingen met de Palmes diffusiebuisjes, moet een vergelijkende meting met de genormaliseerde meetmethode (referentiemethode) uitgevoerd worden. Dit betreft continue concentratiemetingen met een chemoluminescentie monitor conform de norm NEN-EN 14211.

Het bepalen van de uurgemiddelde grenswaarde is niet mogelijk met deze methodiek. De praktijk wijst uit dat de uurgemiddelde waarde voor NO<sub>2</sub> alleen wordt overschreden op locaties waar de jaargemiddelde waarde door hoge verkeersintensiteit eveneens (fors) wordt overschreden.

**Bijlage 3 Meetlocaties**

Tabel 3 Locatiegegevens

	Locatie	X	Y
2	Hollandweg	188.128	441.708
3	Klompélaan	189.688	439.515
4	Huissensestraat	190.695	442.372
7	Weerdjesstraat	190.587	443.562
13	Velperweg-Enka	192.433	444.587
16	Beatrixweg	192.922	445.605
17	Varenstraat	193.445	446.410
19	Dunoweg	195.230	443.882
20	Schuytgraaf	186.672	440.826
22	IJsseloord 2	194.579	443.333
24	Eldenseweg/Bata4en	189.569	442.090
25	Hollandweg/Metamor	187.366	440.831
26	A325	189.761	441.424
27	Eusebiusbuitensingel	191.282	443.827
28	Jansbuitensingel	190.957	444.158
29	Apeldoornseweg	190.857	444.481
30	Velperbuitensingel	191.239	443.969
31	Boulevard Heuvelink	191.531	443.462
32	Oude Kraan	190.379	443.802
33	Amsterdamseweg	189.800	444.588
34	Boterdijk	190.265	443.650
35	Rijnkade	190.433	443.505
36	Peperbus	191.182	444.040
37	Sonsbeekweg 8	190.575	444.318
38	Schavenmolenstraat sp.	191.916	444.126
39	West-Peterstraat sp.	191.292	444.299
40	Zypendaalsetunnel sp.	190.597	444.235
41	Noorderparallelweg sp.	189.201	444.483
42	Utrechtseweg sp.	189.639	444.278
43	Rijnkade FiWaDo	190.982	443.171
44	Sonsbeeksingel	190.652	444.225
45	De La Reijstraat	190.675	444.236
46	Nieuwe Plein	190.414	443.921
47	Eusebiusplein 27	190.813	443.313

---

**Bijlage 4 Meetcampagne gegevens NO<sub>2</sub>**

Tabel 4a Meetperiodes 2020

---

Periode	Van	Tot
1	3-1-2020	27-1-2020
2	27-1-2020	24-2-2020
3	24-2-2020	25-3-2020
4	25-3-2020	20-4-2020
5	20-4-2020	18-5-2020
6	18-5-2020	15-6-2020
7	15-6-2020	13-7-2020
8	13-7-2020	12-8-2020
9	12-8-2020	7-9-2020
10	7-9-2020	5-10-2020
11	5-10-2020	2-11-2020
12	2-11-2020	4-12-2020
13	4-12-2020	28-12-2020

---

Tabel 4b Bijzonderheden meetcampagne 2020

Datum	Locatie	Bijzonderheid
2-1-2019	32	32 Oude Kraan nieuw
25-2-2019	31	31 Boulevard Heuvelink nieuw
27-3-2019	31	31 Boulevard Heuvelink nieuw
	27	27 Eusebiusbuitensingel
	45	45 De La Reijstraat
	29	29 Apeldoornseweg nieuw
25-4-2019	29	29 Apeldoornseweg nieuw
22-5-2019	29	29 Apeldoornseweg nieuw
17-6-2019	41	41 Noorderparallelweg Spoor
	32	32 Oude Kraan nieuw
	29	29 Apeldoornseweg nieuw
15-7-2019	47	Eusebiusplein 27
	29	29 Apeldoornseweg nieuw
12-8-2019	43	43 Rijnkade / Fiwado
	29	29 Apeldoornseweg nieuw
10-9-2019	29	29 Apeldoornseweg nieuw
7-10-2019	43	43 Rijnkade / Fiwado
	45	45 De La Reijstraat
	29	29 Apeldoornseweg nieuw

 Tabel 4c Uitval meetcampagne methode chemoluminiscentiemonitor NO<sub>2</sub> 2020

Datum	Opmerking
26 februari	1 uur uitval
6 maart t/m 17 maart	Storing, geen metingen
18 maart	13 uur uitval
23 mei t/m 12 juni	Storing, geen metingen
13 juni	6 uur uitval
19 juni	1 uur uitval
25 juli	5 uur uitval
26 juli	5 uur uitval
22 augustus	1 uur uitval
22 november	1 uur uitval

## Bijlage 5 Gecorrigeerde periode gemiddelde concentraties

Tabel 5 Samenvatting meetresultaten NO<sub>2</sub> concentratiemetingen, gecorrigeerd voor de referentiemethode [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

Nr.	Locatiennaam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	Hollandweg	24,4	31,2	22,9	17,6	14,8	16,2	13,1	14,8	16,1	17,0	17,0	26,7	23,1
3	Klompélaan	23,8	28,5	20,8	15,4	12,7	14,7	11,9	14,8	15,5	15,5	17,5	25,7	21,2
4	Huissensestraat	30,7	35,5	30,1	18,1	20,4	23,0	19,9	20,0	23,3	21,5	20,9	30,8	27,9
7	Weerdjesstraat	31,3	33,9	26,5	23,1	21,9	19,9	22,1	21,1	21,2	20,5	18,5	29,7	24,0
13	Velperweg-Enka	24,9	30,6	21,8	17,6	15,3	16,2	14,8	16,5	17,1	18,0	18,9	27,2	23,6
16	Beatrixweg	21,2	28,5	18,7	13,7	11,2	13,1	11,9	13,7	15,0	14,0	14,1	22,7	20,7
17	Varenstraat	21,7	27,4	18,7	18,7	15,3	16,2	17,6	18,2	19,7	17,0	14,6	23,2	20,2
19	Dunoweg	24,4	31,7	21,3	18,1	12,7	14,7	12,5	14,8	15,5	17,0	17,5	25,7	22,6
20	Schuytgraaf	23,8	30,1	20,8	15,4	11,7	14,1	11,9	15,4	16,6	15,5	16,0	26,2	21,2
22	Ijsseloord 2	32,3	39,8	31,7	23,6	25,0	28,3	24,4	28,5	28,0	26,5	28,2	34,8	31,2
24	Eldenseweg/Bata4en	28,1	36,0	29,1	19,2	20,4	22,5	23,3	21,7	22,8	23,5	23,8	32,3	27,4
25	Hollandweg/Metamor	27,0	31,2	23,9	24,7	18,9	19,9	19,9	21,7	21,8	19,5	18,9	29,7	22,6
26	A325	33,9	37,6	32,7	21,4	25,5	26,7	23,3	17,7	27,5	25,0	21,4	27,7	25,5
27	Eusebiusbuitensingel	30,7	38,7	28,6	31,3	27,5	27,2	18,7	27,9	28,5	30,0	28,7	35,3	28,8
28	Jansbuitensingel	36,0	39,2	32,7	31,3	28,5	25,7	26,1	27,4	26,4	26,5	23,8	32,8	28,4
29	Apeldoornseweg	25,4	33,3	24,9	20,9	17,8	19,4	17,0	21,1	25,9	23,0	21,4	29,2	24,5
30	Velperbuitensingel	31,3	36,6	28,6	26,4	20,9	22,5	22,7	23,4	24,4	24,0	22,3	32,3	27,9
31	Boulevard Heuvelink	31,8	33,3	28,6	23,6	21,4	20,4	19,9	20,0	21,8	21,0	19,9	30,3	25,0
32	Oude Kraan	30,2	36,6	28,6	24,2	22,4	23,6	21,6	21,7	23,3	23,5	22,8	32,8	27,9
33	Amsterdamseweg	25,4	31,7	21,8	20,3	16,3	15,7	15,3	13,7	15,5	17,0	17,5	26,7	22,6
34	Boterdijk	43,4	40,9	48,3	23,6	16,8	29,3	15,9	27,4	20,7	21,0	18,9	28,7	26,0
35	Rijnkade	43,4	36,6	29,1	20,9	16,3	16,8	14,8	19,4	17,6	17,0	17,0	27,2	24,0
36	Peperbus	34,7	39,8	32,5	23,9	24,5	25,4	23,6	22,0	25,6	26,0	24,8	34,5	29,6
37	Sonsbeek 8	23,8	30,6	22,3	20,9	15,3	18,9	16,5	17,1	19,7	19,0	21,4	27,2	25,0
38	Schavenmolenstraat sp.	22,3	26,9	19,2	12,1	10,2	12,0	9,1	12,0	13,5	14,0	14,6	22,2	21,2
39	West-Peterstraat sp.	25,4	31,7	23,4	14,3	13,8	16,2	11,9	15,4	16,1	16,5	18,5	26,7	24,5
40	Zypendaalsetunnel sp.	25,4	30,6	24,4	15,4	14,8	17,3	13,6	17,7	17,6	18,0	20,4	27,2	24,5
41	Noorderparallelweg sp.	22,3	27,4	19,2	13,2	11,2	10,5	10,2	12,0	13,0	12,5	14,1	24,2	22,1
42	Utrechtseweg sp.	22,8	28,0	19,7	15,4	12,2	14,1	11,9	16,0	16,6	16,0	16,5	24,2	21,2
43	Rijnkade FiWaDo	50,3	44,1	34,3	22,0	16,8	15,7	13,1		18,1		19,4	29,7	29,8
44	Sonsbeeksingel	28,1	30,6	24,4	14,8	14,8	16,2	14,2	16,5	17,6	18,0	19,9	26,7	25,5
45	De La Reijstraat	24,9	29,6	22,9	14,8	13,3	15,7	12,5	15,4	16,1	16,0	17,0	25,2	24,0
46	Nieuwe Plein	31,3	37,6	29,1	27,4	24,5	24,1	25,0	23,4	24,9	25,0	24,8	33,3	28,8
47	Eusebiusplein 27	35,5	38,7	34,3	22,5	25,0	26,2	27,8	26,8	32,1	26,0	26,2	36,8	29,8

---

**Bijlage 6 Meetcampagne gegevens PM10**

Tabel 6      Uitval meetcampagne PM10 2020

Datum	Opmerking
12 februari	2 uur uitval
23 februari	1 uur uitval
8 april	1 uur uitval
5 juni	1 uur uitval
13 juni	2 uur uitval
19 juni	2 uur uitval
25 juli	5 uur uitval
26 juli	3 uur uitval
20 augustus	1 uur uitval
10 september	2 uur uitval
16 oktober	2 uur uitval
19 november	1 uur uitval
19 november	1 uur uitval

---



**VERANTWOORDING**

Rapporttitel	JAARRAPPORTAGE CONCENTRATIEMETINGEN STIKSTOFDIOXIDE EN PM10 IN ARNHEM 2020
Subtitel	NO <sub>2</sub> -metingen met de diffusiebuismethode en PM10 metingen met de TEOM
Rapportnummer	BL2021.9839.01-V01
	Deze versie vervangt eventueel eerder uitgebrachte versies in zijn geheel
Trefwoorden	Luchtkwaliteit, NO <sub>2</sub> , stikstofdioxide, snelweg, woonwijk, Palmes diffusiebuis, Arnhem, PM10, stikstof, TEOM
Opdrachtgever	Gemeente Arnhem
Adres	Eusebiusbuitensingel 53 6800 HA Arnhem
Contactpersoon	Urban Buitenhuis
Uitvoerder(s)	M.F. Wiegersma, S.M. Geersing-Moorhoff, J.W.M. Peters
Auteur	N.J.T. Scholten, MSc
Functie auteur	Adviseur luchtkwaliteit
Controleur	C. Miranda, MSc
Functie controleur	Adviseur luchtkwaliteit
Datum	Augustus 2021



Nude 54 – 6702 DN Wageningen  
telefoon 0317 466699 – fax 0317 426111  
email [info@buroblauw.nl](mailto:info@buroblauw.nl) – internet [www.buroblauw.nl](http://www.buroblauw.nl)