



blauw

**RAPPORTAGE STIKSTOFDIOXIDE CONCENTRATIEMETINGEN GREENPEACE
BELGIUM 2018**

Metingen met de diffusiebuis methode in en rondom scholen

Rapportnummer: BL2018.8648.01-V02
13-03-2018



**RAPPORTAGE STIKSTOFDIOXIDE CONCENTRATIEMETINGEN GREENPEACE
BELGIUM 2018**

Metingen met de diffusiebuis methode in en rondom scholen

Rapportnummer: BL2018.8648.01-V02
13-03-2018

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	3
2	GEZONDHEIDSEFFECTEN	4
3	LUCHTKWALITEITSEISEN	6
4	OPZET ONDERZOEK	9
5	BESPREKING MEETCAMPAGNE	11
5.1.	Meetperiode	11
5.2.	Vergelijkende referentiemetingen	11
6	MEETRESULTATEN	13
7	ANALYSE VAN DE RESULTATEN	16
7.1	Stedelijk en niet stedelijk gebied	16
7.2	Street canyon effect	17
7.3	Ventilatie systeem effect	18
7.4	Snelweg	20
8	DISCUSSIE, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	21
8.1	Discussie	21
8.2	Conclusies	22
8.3	Aanbevelingen.....	23
9	LITERATUURLIJST	25
	Verantwoording	27

1 INLEIDING

In opdracht van de Greenpeace Belgium heeft Buro Blauw stikstofdioxide (NO₂) concentratiemetingen uitgevoerd bij circa 250 basisscholen in heel België. Doel van het onderzoek is het verkennen van de luchtkwaliteit in en rondom scholen.

De concentraties van NO₂ functioneert als primaire indicator voor de luchtkwaliteit. Deze stof geeft samen met fijnstof relatief veel overschrijdingen van de Europese grenswaarden voor luchtkwaliteit. Van deze stoffen is bekend dat ze negatieve effecten hebben op de gezondheid en zijn gerelateerd aan verkeers- en verbrandingsemissies in de stad.

In dit rapport worden de resultaten van het onderzoek gepresenteerd. De gezondheidseffecten worden beschreven in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 3 worden de wettelijke luchtkwaliteitseisen gepresenteerd. In hoofdstuk 4 wordt de meetstrategie van het onderzoek besproken. In hoofdstuk 5 wordt het verloop van de meetcampagne besproken. In hoofdstuk 6 worden vervolgens de resultaten gerapporteerd. In hoofdstuk 7 wordt de analyse van de resultaten besproken. De discussie, conclusies en aanbevelingen van het onderzoek worden tenslotte in hoofdstuk 8 gepresenteerd.

De gedetailleerde meetresultaten staan in het bijlagen rapport BL2018.8648.02_V01.

2 GEZONDHEIDSEFFECTEN

Luchtverontreiniging vormt een steeds grotere zorg omdat bijna iedereen hiermee wordt getroffen. In 2012 publiceerde de World Health Organization (WHO) een belangrijke studie (1) die jaarlijkse voortijdige sterfte koppelt aan de luchtkwaliteit. De WHO meldt dat er in 2012, ongeveer 7 miljoen (een op acht van het totale wereldwijde aantal doden) mensen voortijdig stierven als gevolg van luchtverontreiniging. De schatting van de sterfte door buiten- en binnenluchtverontreiniging bedraagt respectievelijk 3 miljoen en 4 miljoen mensen. De lage- en middeninkomenslanden werden het meest getroffen door luchtverontreiniging in huis (2).

Sinds de industriële revolutie is het aantal mensen dat in een stad woont sterk toegenomen. Volgens het Nederlands Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) woonde in 2016 72% van de Europese populatie in stedelijk gebied. Een andere toename als gevolg van de industriële revolutie is het verkeer. Het verkeer is een van de belangrijkste oorzaken van luchtverontreiniging. Uit de jaarlijkse rapportage van de European Environment Agency (EEA) blijkt dat in 2015, het verkeer de grootste emissiebron van NO_x was en de tweede bron van Black Carbon (BC - een indicator van roet) (3). In Europa woont 9% van de populatie in een gebied waarbij de NO₂ concentratie boven de Europese wettelijke grenswaarde van 40 µg/m³ (jaargemiddeld ligt. Voor PM₁₀ en PM_{2.5} bedragen deze percentages van de populatie die wonen in een gebied waarbij de concentratie boven de grenswaarde ligt respectievelijk 19% en 7%.

De concentratie van NO₂, BC en PM_{2.5} neemt af met een toegenomen afstand tot de weg. De concentraties nemen af tot de achtergrondconcentratie binnen een afstand van zo'n 100 à 150 m van de weg (4). In de meeste gevallen is de afstand tussen de school en de weg echter veel kleiner dan 100 m. Mendell and Heath (2005) beweren dat slechte binnenlucht op scholen, waar kinderen meerdere uren per dag besteden, een direct relatie heeft met oplettenheid, geheugen en een indirecte invloed heeft op leren. Een slechte kwaliteit van de binnen luchtkwaliteit verergert het effect van een aantal gezondheidsaandoeningen zoals astma of allergie, resulterend in een verhoogde afwezigheid van leerlingen op school (5) (6). Dit houdt verband met het feit dat (7):

- ze het grootste deel van hun tijd binnen zijn;
- ze geen controle hebben over de omgeving waarin ze zich bevinden;
- ze hogere luchtvolumes inademen in verhouding tot hun lichaamsgewicht;
- hun longen onvolwassen zijn en de weefsels niet volledig ontwikkeld zijn;
- hun weefsel en organen groeien.

De Environmental Protection Agency (EPA) heeft in 2017 een samenvatting gepubliceerd van de meest relevante informatie betreffende NO₂ en het effect van NO₂ op de gezondheid, bij kort- en langdurige blootstelling (8). Uit een aantal onderzoeken is gebleken dat er een relatie is tussen kortdurende NO₂ blootstelling en ademhalingsproblemen, afname van de longfunctie en longontsteking. Het sterkste bewijs van de relatie tussen NO₂ blootstelling en gezondheidseffecten is een toename van de reactiviteit van de luchtwegen bij personen met astma (8).

Experimenteel onderzoek toont aan dat langdurige blootstelling aan hoge NO₂ concentraties invloed heeft op respiratoire gezondheidseffecten en op de astma incidentie. Echter, het moet worden benadrukt dat de NO₂ gezondheidseffecten bij kort- en langdurige blootstelling sterk geassocieerd zijn met andere aan het verkeer gerelateerde verontreinigende stoffen zoals BC.

Een meta-studie uit 2014 met ruim 10.000 cohortonderzoeken (9) naar effecten van langdurige blootstelling aan stikstofdioxide laat een verhoogd aantal gevallen zien van sterfte door hart- en vaataandoeningen en luchtweg- en longaandoeningen en een verhoogd totaal aantal sterfgevallen. De effecten van stikstofdioxide veranderen nauwelijks na correctie voor fijnstof of roet. Een andere cohortonderzoek uit 2015 (10) liet een sterk verband zien tussen de langdurige blootstelling aan stikstofdioxide en sterfte door hart- en vaataandoeningen chronische luchtwegaandoeningen, longkanker en totale sterfte. Dit verband was vrijwel onafhankelijk van fijnstof en ozon. Dit onderzoek wijst op een evenredig verband tussen blootstelling aan stikstofdioxide en sterfte. Dit risico neemt sterk toe bij blootstelling aan stikstofdioxide tussen 0 en 40 µg/m³. Daarboven stijgt het onderzoek minder snel. Er is zeer waarschijnlijk geen drempelwaarde vast te stellen waaronder geen gezondheidseffecten door blootstelling aan stikstofdioxide optreden (11).

Voor blootstelling aan Black Carbon (BC) specifiek zijn reeds in diverse onderzoeken negatieve gezondheidseffecten vastgesteld (12). Uit deze onderzoeken blijkt ook dat de relatie tussen negatieve gezondheidseffecten en blootstelling aan BC aanzienlijk sterker is dan de relatie tussen negatieve gezondheidseffecten en blootstelling aan PM₁₀ of PM_{2.5} (12). Er zijn negatieve effecten aangetoond bij een langdurige (gedurende meerdere jaren) verhoogde blootstelling. Uit een literatuuronderzoek van het RIVM blijkt dat een langdurige verhoging van de blootstelling aan roet met 1 µg/m³ verbonden kan worden aan een verlies in levensjaren van 195 dagen. Echter ook voor kortdurend verhoogde concentraties zijn significante relaties gevonden tussen een toename van de roetconcentratie enerzijds en dagelijkse sterfte of ziekenhuisopnames anderzijds (13).

3 LUCHTKWALITEITSEISEN

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.

Met name fijnstof (PM10 en PM2.5) en NO₂ komen in hoge concentraties voor in de buitenlucht. Uit epidemiologische studies blijkt dat het wonen nabij (snel)wegen nadelig is voor de gezondheid (14). Er bestaat een direct gezondheidseffect aan de longen als gevolg van langdurige blootstelling aan te hoge concentraties fijnstof (PM10 en NO₂).

De grenswaarde uit de Europese richtlijn voor NO₂ bedraagt 40 µg/m³ als jaargemiddelde concentratie. De grenswaarde als uurgemiddelde bedraagt 200 µg/m³. Deze uurgemiddelde waarde mag maximaal 18 keer per jaar worden overschreden. De grenswaarde voor PM10 bedraagt eveneens 40 µg/m³ als jaargemiddelde concentratie. De grenswaarde als 24-uurgemiddelde bedraagt 50 µg/m³ en mag 35 keer per jaar worden overschreden. De grenswaarde voor PM2.5 bedraagt 25 µg/m³ als jaargemiddelde concentratie.

De WHO heeft ook grenswaarden voor de luchtkwaliteit vastgesteld die veelal strenger zijn dan de Europese grenswaarden. Tabel 3.1 toont de grenswaarden van PM10, PM2.5 en NO₂ van de Europese richtlijn en de WHO richtwaarden.

Tabel 3.1 Europese luchtkwaliteitsnormen en richtlijnen van WHO

Stof	Soort norm	Europese richtlijnen		WHO richtlijnen
		Concentratie	Status	Concentratie
PM10	Jaargemiddelde	40 µg/m ³	Grenswaarde	20 µg/m ³
	Daggemiddelde	50 µg/m ³	Grenswaarde - Mag max. 35 keer per jaar worden overschreden	50 µg/m ³
PM2.5	Jaargemiddelde	25 µg/m ³	Grenswaarde	10 µg/m ³
	Jaargemiddelde	20 µg/m ³	Indicatieve grenswaarde (vanaf 2020)	
	Daggemiddelde			25 µg/m ³
NO ₂	Jaargemiddelde	40 µg/m ³	Grenswaarde	40 µg/m ³
	Uur gemiddelde	200 µg/m ³	Grenswaarde - Mag max. 18 keer per jaar worden overschreden	200 µg/m ³
	Uur gemiddelde	400 µg/m ³	Alarmprempeel	

De Europese en WHO richtlijn zijn voor NO₂ vrijwel gelijk. Voor PM10 en 2.5 hanteert de WHO strengere richtlijnen.

Studies suggereren dat blootstelling van kinderen aan concentraties lager dan de grenswaarde voor NO₂ van 40 µg/m³ (jaargemiddeld) reeds effecten heeft op de luchtwegen. Deze luchtwegklachten treden op wanneer kinderen binnen worden blootgesteld (binnenluchtkwaliteit) worden aan NO₂.

Volgens de WHO is er onvoldoende bewijs om enkel voor NO₂ een strengere grenswaarde te hanteren, maar NO₂ dient ook als indicatorstof (marker) voor álle verkeer gerelateerde luchtverontreiniging. Indien NO₂ als marker wordt gebruikt, adviseert de WHO een lagere richtwaarde aan te houden. Maatregelen ter verbetering van de luchtkwaliteit dienen dan ook niet gericht te zijn op het verminderen van de concentratie NO₂ alleen, maar op het geheel aan (verkeer gerelateerd) luchtvervuiling. Het gehele complex aan stoffen moet worden aangepakt (15).

In een recent advies stelt de Nederlandse Gezondheidsraad (11) dat – ondanks dat vrijwel overal aan de Europese normen voor luchtkwaliteit voldaan wordt – de concentraties fijnstof, stikstofdioxide en ozon in de lucht naar schatting leiden tot 12.000 vroegtijdige sterfgevallen per jaar en in totaal 130.900 verloren levensjaren. Stikstofdioxide is verantwoordelijk voor 2.600 vroegtijdige sterfgevallen en een verlies van 27.800 levensjaren.

Zelfs bij concentraties onder gezondheidskundige advieswaarden van de WHO kan luchtverontreiniging de gezondheid aantasten en tot vroegtijdige sterfte leiden. Kinderen, ouderen en mensen met luchtwegaandoeningen blijken extra gevoelig voor de effecten van fijnstof, stikstofdioxide en ozon. Om deze hoog gevoelige groepen te beschermen pleit de Gezondheidsraad voor een "gevoeligebestemmingenbeleid": geen voorzieningen voor kinderen en ouderen in de buurt van een hotspot met een hoge mate aan luchtverontreiniging.

De Gezondheidsraad concludeert dat om de concentratie aan ozon in Nederland effectief te verlagen, de uitstoot van stikstofoxiden en methaan in heel Europa en zelfs op de rest van het Noordelijk halfrond verminderd moet worden. De Gezondheidsraad adviseert daarom dat de luchtkwaliteitseisen verlaagd moeten worden tot onder de WHO advieswaarden.






SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Op grond van de in hoofdstuk 2 beschreven gezondheidseffecten en de ontwikkelingen in beleid en beleidsadviezen beschreven in dit hoofdstuk, worden in dit rapport de volgende uitgangspunten gehanteerd bij het beoordelen van de blootstelling van kinderen aan luchtverontreiniging veroorzaakt door het verkeer:

- Stikstofdioxide veroorzaakt nadelige gezondheidseffecten. Er is zeer waarschijnlijk geen drempelwaarde waar beneden er geen nadelige gezondheidseffecten optreden;
- Kinderen, ouderen en mensen met luchtwegaandoeningen zijn extra gevoelig voor blootstelling aan stikstofdioxide;
- Ook als voldaan wordt aan de Europese grenswaarden voor stikstofdioxide treden er nadelige gezondheidseffecten op;
- Stikstofdioxide is een belangrijke precursor voor het ontstaan van ozon en ultrafijnstof. Ook is stikstofdioxide een goede gidsstof voor het beoordelen van de effecten van het verkeer op de luchtkwaliteit. Dit betreft met name PM2.5 en roet.
- De Nederlandse Gezondheidsraad stelt in een advies aan de Nederlandse regering dat de grenswaarden voor luchtkwaliteit verlaagd moeten worden tot onder de WHO advieswaarden.
- Dit impliceert dat de grenswaarden voor PM2.5 en NO₂ minimaal gehalveerd moeten worden.

Deze uitgangspunten resulteren in het onderstaande beoordelingskader voor de luchtkwaliteit in en rond scholen in België in dit onderzoek.

Tabel 3.2 Beoordelingskader voor de luchtkwaliteit in en bij scholen op basis van de gemeten stikstofdioxide concentratie

Jaargemiddelde concentratie NO ₂ [µg/m ³]	Kwalificatie	Codering
> 40	Wettelijk ontoelaatbare luchtkwaliteit	
30-40	Slechte luchtkwaliteit	
20-30	Matige luchtkwaliteit	
10-20	Aanvaardbare luchtkwaliteit	
<10	Goede luchtkwaliteit	

Dit beoordelingskader geldt zowel voor de gemeten concentratie bij de school op straat, op de speelplaats als in de klas. Hierbij moet opgemerkt worden dat de concentratie in de klas bepaald wordt door de concentratie in de buitenlucht. Als een klas goed geventileerd wordt met buitenlucht afkomstig van de straatzijde, kan de stikstofdioxide concentratie in de klas de waarde in de buitenlucht benaderen. Als de waarde buiten hoog is, dan is de waarde binnen ook hoog. Wordt daarentegen de klas slecht geventileerd met buitenlucht, dan is de concentratie in de klas aanzienlijk lager dan in de buitenlucht. Deze lage waarde in de klas is dan een indicatie van een slechte ventilatie in de klas. Een slechte ventilatie veroorzaakt hoge koolzuur- en vochtconcentraties in de klas en deze zijn slecht voor het comfort gevoel en de concentratie van de leraar en de scholieren.

4 OPZET ONDERZOEK

De bij het onderzoek gehanteerde meetmethoden worden in tabel 4.1 vermeld.

Tabel 4.1 Gehanteerde meetmethoden

Bepaling	Verrichting	Referentie methode	Accreditatie ¹
Omgevingslucht op diffusiebuisjes	Het bepalen van het gehalte aan stikstofdioxide (NO ₂); spectrofotometrie	NEN-EN 16339	Q

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

De Nederlandse 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 NO₂-metingen is de gehanteerde analyseprocedure (gelijkwaardig aan NEN-EN 16339) geaccrediteerd. De gehele meetprocedure voor het uitvoeren van NO₂-concentratieingen in de buitenlucht is opgenomen in het kwaliteitssysteem van Buro Blauw.

NO₂-concentratieingen

Voor dit onderzoek zijn door Greenpeace Belgium alle basisscholen in België benaderd om deel te nemen aan dit onderzoeksproject. Uiteindelijk hebben 260 scholen verdeeld over Vlaanderen, Wallonië en Brussel – en verdeeld over stedelijk en niet stedelijk gebied - positief gereageerd op deze oproep. Deze scholen zijn voorzien van 6 Palmes diffusiebuisjes en een handleiding. In deze handleiding staat beschreven dat de diffusiebuisjes op drie verschillende locaties moeten worden opgehangen met 2 buisjes per locatie:

- Op straat bij de ingang van de school – Aan de buitenkant van het raam, een hek of lantaarnpalen;
- Op de speelplaats – opgehangen bij raam aan de buitenkant;
- Binnen, in een klaslokaal – opgehangen bij raam aan de binnenkant.

De buisjes aan de straat en op de speelplaats zijn opgehangen met behulp van "makelaarsborden" met daarop een Greenpeace actietekst. De buisjes zijn opgehangen op een hoogte van ca. 2,5m. De buisjes in de klas zijn opgehangen bij het raam.

Uiteindelijk zijn de buisjes door 222 scholen geparticipeerd in dit onderzoek. De NO₂-concentraties zijn gemeten met zogenaamde Palmes diffusiebuisjes, ook wel aangeduid met passieve monstername methode. In bijlage rapport staat deze meetmethode uitgebreider omschreven.

In figuur 4.1 worden de locaties van scholen op een kaart weergegeven.

In dit onderzoek zijn de metingen uitgevoerd in tweevoud; er zijn op elke positie 2 buisjes naast elkaar geplaatst. Door de metingen in tweevoud uit te voeren wordt de variatie verkleind en is een controle mogelijk of de gerealiseerde meetfout niet afwijkt van de voor de methode bepaalde meetfout. Voor de toetsing aan de referentiemethode zijn de resultaten van vergelijkende metingen gebruikt, welke bij diverse luchtkwaliteit meetstations zijn uitgevoerd. Bij deze stations (van o.a. luchtmeetnetten van Vlaanderen, Brussel en Wallonië) wordt met behulp van de Europese referentiemethode, te weten volgens het chemoluminescentie principe de stikstofdioxide concentratie continu gemeten.



Figuur 4.1 Overzicht meetlocaties bij de gemeten scholen (groene en bruine punten).
Ondergrondkaart gebaseerd op OpenStreetmap (Openstreetmap.org)

5 BESPREKING MEETCAMPAGNE

5.1. Meetperiode

Binnen de opgestelde luchtkwaliteitseisen is uitgegaan van jaargemiddelde concentraties. Gedurende het jaar treedt er variatie op in de NO₂ concentratie door diverse factoren. Deze seizoensinvloed uit zich in licht verhoogde concentraties in de winter en lagere concentraties in de zomerperiode.

In dit onderzoek is gedurende één maand gemeten. De metingen zijn gestart op 13 november 2017 en beëindigd op 22 december 2017. Doordat van de metingen bij de VMM stations bekend is hoe de concentratie zich in meetperiode verhoudt tot de jaargemiddelde concentratie, kan door middel van extrapolatie de jaargemiddelde concentratie van de meetlocaties worden berekend.

5.2. Vergelijkende referentiemetingen

De vergelijkende metingen ten opzichte van de referentiemethode zijn uitgevoerd bij negen meetstations van de luchtmeetnetten van Vlaanderen, Brussel en Wallonië. Het betreft twee verkeer stations (41WOL1 Sint-Lambrechts-Woluwe en 41N043 Voorhaven), drie stedelijk stations (41B011 Sint-Agatha-Berchem, 41MEU1 Neder-Over-Heembeek en 41R001 Sint-Jans-Molenbeek), drie voorstedelijke stations (41R012 Ukkel, 42R010 Sint-Stevens-Woluwe en 44R710 Destelbergen) en een landelijk station (43N063 Corroy-Le-Grand).

In tabel 5.1 zijn de resultaten gegeven van de gemeten concentraties met de Palmes diffusiebuisjes en de continue metingen van de meetstations gedurende de meetperiode. Hieruit is de correctiefactor (Factor 1) berekend voor de Palmes diffusie buisjes t.o.v. de referentiemethode. De metingen met de diffusiebuisjes zijn uitgevoerd in 2-voud. Hiermee wordt de variatie verkleind en de van de vergelijking verbeterd.

Tabel 5.1 Correctiefactoren voor de Palmes diffusiebuisjes t.o.v.. de referentiemethode, zoals vastgesteld bij vergelijkende metingen bij Belgische meetstations voor NO₂

Station	Naam	Type	Start datum	Eind datum	Blauw [µg/m ³]	VMM [µg/m ³]	Factor 1 [-]
41WOL1	Sint-Lambrechts-Woluwe	Verkeer	21-11	12-12	42,0	41,8	1,00
41N043	Voorhaven	Verkeer	17-11	12-12	53,0	43,5	0,82
41B011	Sint-Agatha-Berchem	Stedelijk	22-11	12-12	25,5	26,0	1,02
41MEU1	Neder-Over-Heembeek	Stedelijk	21-11	12-12	32,0	33,0	1,03
41R001	Sint-Jans-Molenbeek	Stedelijk	21-11	12-12	45,0	42,2	0,94
41R012	Ukkel	voorstedelijk	22-11	12-12	26,5	24,8	0,94
42R010	Sint-Stevens-Woluwe	voorstedelijk	17-11	12-12	26,5	32,5	1,23
44R710	Destelbergen	voorstedelijk	17-11	12-12	23,5	29,2	1,24
43N063	Corroy-Le-Grand	Landelijk	18-11	14-12	15,0	16,9	1,13
Gemiddeld:							1,04

Uit tabel 5.1 volgt dat de correctiefactor (Factor 1) tussen de met Palmes buisjes gemeten NO₂ concentratie en de met de referentiemethode gemeten concentratie varieert tussen 0,82 en 1,24. Er is geen systematisch verschil tussen verkeersstations, stedelijke stations, voorstedelijke stations en stations in het landelijke meetstation. De gemiddelde correctiefactor 1 bedraagt 1,04.

In tabel 5.2 worden de bij de meetstations gemeten NO₂ gedurende de meetperiode vergeleken met de gemeten jaargemiddelde concentraties bij deze stations. Hieruit is de correctiefactor (Factor 2) berekend tussen gemeten concentratie tijdens de meetperiode en de jaargemiddelde concentratie van het jaar 2017.

Tabel 5.2 Correctiefactoren voor de meetperiode t.o.v. de jaargemiddelde concentratie, zoals vastgesteld bij vergelijkende diverse Belgische meetstations

Station	Naam	Type	VMM [maandgemiddeld]	VMM [jaargemiddeld]	Factor 2 [-]
41WOL1	Sint-Lambrechts-Woluwe	Verkeer	41,8	35,0	0,84
41N043	Voorhaven	Verkeer	43,5	39,2	0,90
41B011	Sint-Agatha-Berchem	stedelijk	26,0	23,1	0,89
41MEU1	Neder-Over-Heembeek	stedelijk	33,0	27,1	0,82
41R001	Sint-Jans-Molenbeek	stedelijk	42,2	33,4	0,79
41R012	Ukkel	voorstedelijk	24,8	20,3	0,82
42R010	Sint-Stevens-Woluwe	voorstedelijk	32,5	24,9	0,77
44R710	Destelbergen	voorstedelijk	29,2	21,1	0,72
43N063	Corroy-Le-Grand	landelijk	16,9	17,3	1,02
Gemiddeld:					0,84

Uit tabel 5.2 volgt dat de correctiefactor (Factor 2) tussen de bij de meetstations gemeten gemiddelde concentratie gedurende de meetperiode en de jaargemiddelde concentratie varieert tussen 0,79 en 1,02. Er is geen systematisch verschil tussen verkeersstations, stedelijke stations, voorstedelijke stations en stations in het landelijke meetstation. De gemiddelde correctiefactor 1 bedraagt 0,84.

Uit tabel 5.1 en 5.2 volgt de totale correctiefactor (Factor 3) voor de gemeten NO₂ concentratie gedurende de meetperiode en de jaargemiddelde concentratie tijdens de meetperiode:

$$\text{Factor 3} = \text{Factor 1} * \text{Factor 2} = 1,04 * 0,84 = 0,87.$$

In de meetcampagne zijn de NO₂-concentraties in tweevoud gemeten. Op basis van deze in duplo uitgevoerde metingen is een gemiddelde meetfout gelijk aan ±4%.

6 MEETRESULTATEN

De NO₂ concentratie is gemeten bij 222 scholen in België. De resultaten zijn gegroepeerd naar grootte van de vastgestelde concentratie in de buitenlucht bij de school, waarbij de volgende vijf categorieën zijn gehanteerd (zie tabel 3.2):

- Boven 40 µg/m³ – wettelijk ontoelaatbare luchtkwaliteit;
- Tussen 30 µg/m³ en 40 µg/m³ – slecht luchtkwaliteit;
- Tussen 20 µg/m³ en 30 µg/m³ – matige luchtkwaliteit;
- Tussen 10 µg/m³ en 20 µg/m³ – aanvaardbare luchtkwaliteit;
- Onder 10 µg/m³ – goede luchtkwaliteit.

Deze categorieën zijn opgesteld aan de hand van het WHO advies om voor NO₂ als marker voor verkeersemisseries verlaagde grenswaarden te hanteren. Hierbij is ook meegenomen dat kinderen een verhoogde persoonlijke blootstelling hebben door verhoogde activiteit, en grotere luchtopname dan volwassenen (6).

In tabel 6.1 zijn de aantallen scholen gepresenteerd, ingedeeld in de vijf categorieën. Het betreft de concentratie zoals tijdens de meetperiode vastgesteld, van half november tot half december. De concentraties zijn geïjkt voor de referentiemethode (meting met behulp van chemoluminescentie, landelijk meetnet, Factor 1)

Tabel 6.1 Meetresultaten meetperiode van 1 maand, NO₂ concentratie ingedeeld in 5 categorieën ¹

Scholen met een concentratie:	Straat (#)	Speelplaats (#)	Klas (#)
Boven > 40 µg/m ³	19	3	0
Tussen 30 µg/m ³ en 40 µg/m ³	60	51	1
Tussen 20 µg/m ³ en 30 µg/m ³	99	108	19
Tussen 10 µg/m ³ en 20 µg/m ³	34	52	112
Onder 10 µg/m ³	6	6	89

¹ – Door uitval komen de totalen niet overeen met het totaal aantal scholen (222).

Uit de tabel blijkt dat de NO₂ concentratie, bepaald ter hoogte van de straat gedurende de meetperiode bij 19 scholen boven de 40 µg/m³ ligt. Bij 3 scholen is ook op de speelplaats de NO₂ concentratie boven de 40 µg/m³. De wettelijke grenswaarde is echter gebaseerd op een jaargemiddelde concentratie. De concentratie varieert gedurende het jaar, o.a. door invloed van het seizoen (zon, temperatuur, wind). Om de resultaten op waarde te schatten en een vergelijking met de wettelijke grenswaarde te maken dienen de resultaten dan ook gecorrigeerd te worden naar een jaargemiddelde concentratie. Dit is uitgevoerd in tabel 6.2, met de eerder benoemde factor 2 (zie paragraaf 5.2).

Tabel 6.2 toont het aantal scholen die binnen de 5 categorieën vallen, na correctie van de meetperiode van één maand naar één kalenderjaar.

Tabel 6.2 Aantal scholen met NO₂ concentratie ingedeeld in 5 categorieën ¹

Scholen met een concentratie:	Straat (#)	Speelplaats (#)	Klas (#)
Boven > 40 µg/m ³	5	0	0
Tussen 30 µg/m ³ en 40 µg/m ³	29	19	0
Tussen 20 µg/m ³ en 30 µg/m ³	101	96	9
Tussen 10 µg/m ³ en 20 µg/m ³	76	95	98
Onder 10 µg/m ³	7	10	114

¹ – Door uitval komen de totalen niet overeen met het totaal aantal scholen (222).

Uit de tabel blijkt dat de NO₂ concentratie, bepaald ter hoogte van de straat, bij 5 scholen boven de wettelijke grenswaarde ligt.

Bij 29 scholen ligt de NO₂ concentratie tussen 30 µg/m³ en 40 µg/m³. Deze concentraties zijn lager dan de grenswaarde maar vormen nog een hoge blootstelling van de kinderen. Er is nog steeds sprake van een slechte luchtkwaliteit op school. Dit betreft 13% van het totaal aantal scholen binnen deze steekproef.

Bij 101 scholen ligt de concentratie tussen 20 µg/m³ en 30 µg/m³, waarbij sprake is van een matige luchtkwaliteit. Dit betreft 45% van het aantal scholen binnen deze steekproef.

Bij 76 scholen ligt de NO₂ concentratie tussen 10 µg/m³ en 20 µg/m³ waarbij sprake is van een aanvaardbare luchtkwaliteit. Dit is 34% van het aantal scholen.

Bij 7 scholen (3%) is de NO₂ concentratie lager dan 10 µg/m³. Hierbij is sprake van een goede buitenluchtkwaliteit.

Uit dit onderzoek blijkt dat bij 61% van de scholen binnen deze steekproef de luchtkwaliteit buiten de school matig tot slecht is.

De concentratie bepaald ter hoogte van de speelplaats ligt bij 19 scholen (9%) tussen 30 µg/m³ en 40 µg/m³. Deze concentraties zijn voor een speelplaats te hoog omdat de kinderen, juist tijdens het spelen, actiever zijn dus intensiever ademen.

Er zijn 9 scholen met een concentratie gemeten binnen de school tussen 20 µg/m³ en 30 µg/m³ en 98 scholen met een concentratie tussen 10 µg/m³ en 20 µg/m³. Bij 114 scholen is concentratie gemeten lager dan 10 µg/m³.

De kinderen zijn meestal van 8:30 tot 16:00 op school. Tijdens deze tijd zijn ze binnen de klas of buiten aan spelen. Om een duidelijker beeld te krijgen van de NO₂ concentratie waaraan ze blootgesteld worden, wordt naar de jaargemiddelde NO₂ concentratie van alle 68 meetstations in België gekeken, en is een 4^e factor bepaald. In tabel 6.3 worden deze cijfers gepresenteerd.

De jaargemiddelde concentratie van het jaar 2017, wordt berekend uit alle NO₂ uurgemiddelde concentraties. Daarna wordt de gemiddelde concentratie van maandag t/m vrijdag tussen 8:00 tot 18:00 vergeleken met de gemiddelde concentratie van de resterende uren (18:00 tot 7:00) samen met de weekenduren. Uit deze vergelijking blijkt dat de concentratie tijdens de schooltijd 13% hoger is (Factor 4). De tabel is gebaseerd op een correctie van concentratie tijdens verblijftijd in en rond de school, berekend vanaf de jaargemiddelde concentratie.

Tabel 6.3 Aantal scholen met NO₂ concentratie tijdens schooltijd ingedeeld in 5 categorieën

Scholen met een concentratie:	Straat (#)	Speelplaats (#)	Klas (#)
Boven > 40 µg/m ³	13	1	0
Tussen 30 µg/m ³ en 40 µg/m ³	51	43	0
Tussen 20 µg/m ³ en 30 µg/m ³	103	105	16
Tussen 10 µg/m ³ en 20 µg/m ³	44	64	104
Onder 10 µg/m ³	7	7	101

¹ – Door uitval komen de totalen niet overeen met het totaal aantal scholen (222).

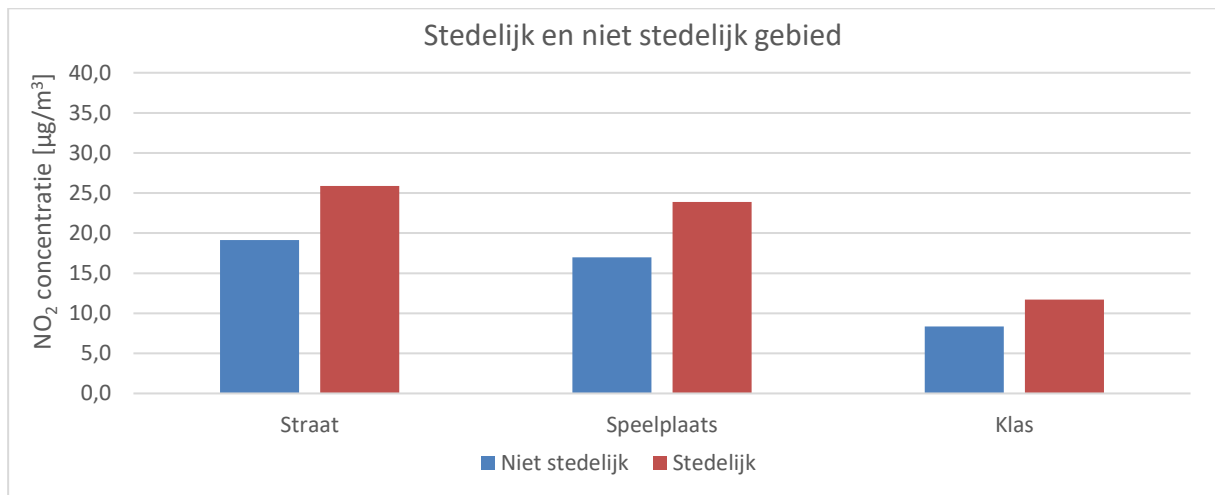
Uit de tabel blijkt dat, indien de verblijfstijd van de kinderen op school in ogenschouw wordt genomen, kinderen aan relatief hoge concentraties worden blootgesteld, doordat de verkeersemisies geconcentreerd optreden juist binnen de uren dat de kinderen op school aanwezig zijn.

7 ANALYSE VAN DE RESULTATEN

Tijdens deze meetcampagne is een enquête ingevuld door de leraren en leerlingen. Aan de hand van deze verkregen informatie en de gemeten NO₂ concentraties is een analyse uitgevoerd. De resultaten zijn hieronder weergegeven. De gestelde vragen van de enquête staan in bijlage rapport. Voor de indeling in de categorieën stedelijk of niet stedelijk is gebruik gemaakt van de methode van Belfius (16). De ligging van de school binnen de gemeente is als criterium gebruikt.

7.1 Stedelijk en niet stedelijk gebied

Van de in totaal 222 scholen zijn er 119 gesitueerd in stedelijke gebied en 103 scholen in niet stedelijk gebied. Figuur 7.1 toont de vergelijking van de NO₂ concentratie tussen stedelijke en niet stedelijke gebieden.



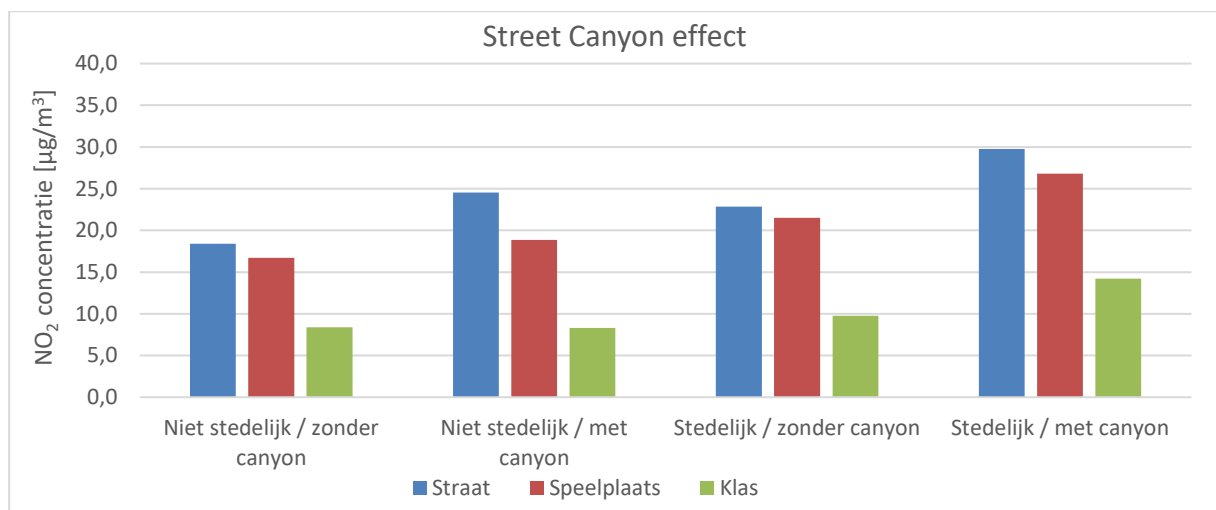
Figuur 7.1 Vergelijking van de NO₂ concentratie tussen stedelijke en niet stedelijke gebieden

Bij vergelijking van de resultaten valt op dat de NO₂ concentratie bij scholen welke gelegen zijn in stedelijk gebied duidelijk verhoogd zijn ten opzicht van scholen in niet stedelijke gebieden. Aan de straatzijde zijn de hogere concentraties overeenkomstig de verwachtingen. Echter, aangezien de NO₂ concentratie snel afneemt naar mate de afstand tot het verkeer toeneemt, wordt op de speelplaats, veelal gelegen aan de achterzijde van de school, gezien vanaf de weg, een veel lagere concentratie verwacht. Ook in de klas, waarbij NO₂ vanaf de weg tot in het klaslokaal een grote tijd/afstand moet overbruggen, blijkt duidelijk dat de concentratie bij klassen in stedelijk gebied hoger ligt dan in niet stedelijk gebied.

7.2 Street canyon effect

Een street canyon is een straat waarbij beide zijden van de weg omsloten zijn door bijvoorbeeld hoge gebouwen. De verversing van de lucht in zo'n canyon wordt bemoeilijkt. De uitlaatgassen blijven hangen en circuleren door de straat. Wind waait over de gebouwen heen en de aangevoerde verse lucht vermengt zich niet of nauwelijks met de lucht in canyon.

Uit de enquête volgt of een school al dan niet aan zo'n besloten straat gelegen is. Ook is voor een groot aantal scholen met behulp van foto materiaal gecontroleerd op de categorie indeling. Figuur 7.2 toont de vergelijking van de NO₂ concentratie bij scholen in stedelijk en niet stedelijk gebied en of die wel of niet aan een street canyon gelegen zijn.



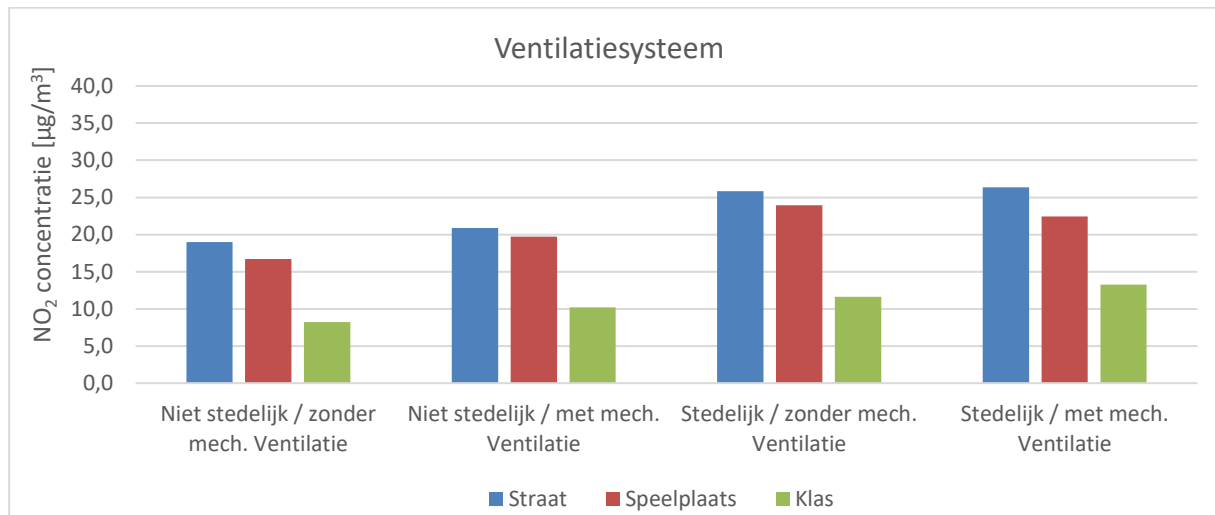
Figuur 7.2 Vergelijking van de NO₂ concentratie in stedelijk en niet stedelijk gebied met of zonder canyon's

Zowel in stedelijke als in niet stedelijke omgeving is het verslechterende effect van street canyon's op de luchtkwaliteit zichtbaar. Zelfs in niet stedelijk gebied, waarbij er voor bebouwing meer ruimte is, komen regelmatig canyon's voor; De scholen liggen vaak midden in het dorp binnen nauwe straten met hoge bebouwing. Dit is aan de straatzijde en op de speelplaats zichtbaar in een duidelijke verhoging. De concentraties aan de straat bij street canyon's zijn in landelijk gebied zelfs hoger dan in stedelijk gebied zonder canyon. In de klas is het effect minder groot.

In stedelijk gebied, waarbij er vrijwel altijd sprake is van beperkte ruimte, is het effect van street canyon's ook duidelijk zichtbaar. De hoogste concentraties worden gemeten rondom scholen waarbij er duidelijk een canyon effect optreedt. Opvallend is dat dit ook effect heeft op de concentraties in de klas. Een street canyon heeft in stedelijk gebied duidelijk effect op de luchtkwaliteit in de klas.

7.3 Ventilatie systeem effect

Een aantal scholen is voorzien van een mechanisch ventilatiesysteem. Bij deze scholen wordt geforceerd geventileerd. De overige schoolgebouwen worden geventileerd met passieve systemen, bijvoorbeeld door het openen van deuren, ramen of roosters. Figuur 7.3 toont de vergelijking van de NO₂ concentratie in stedelijk en niet stedelijk gebied tussen scholen met en zonder mechanisch ventilatiesysteem.



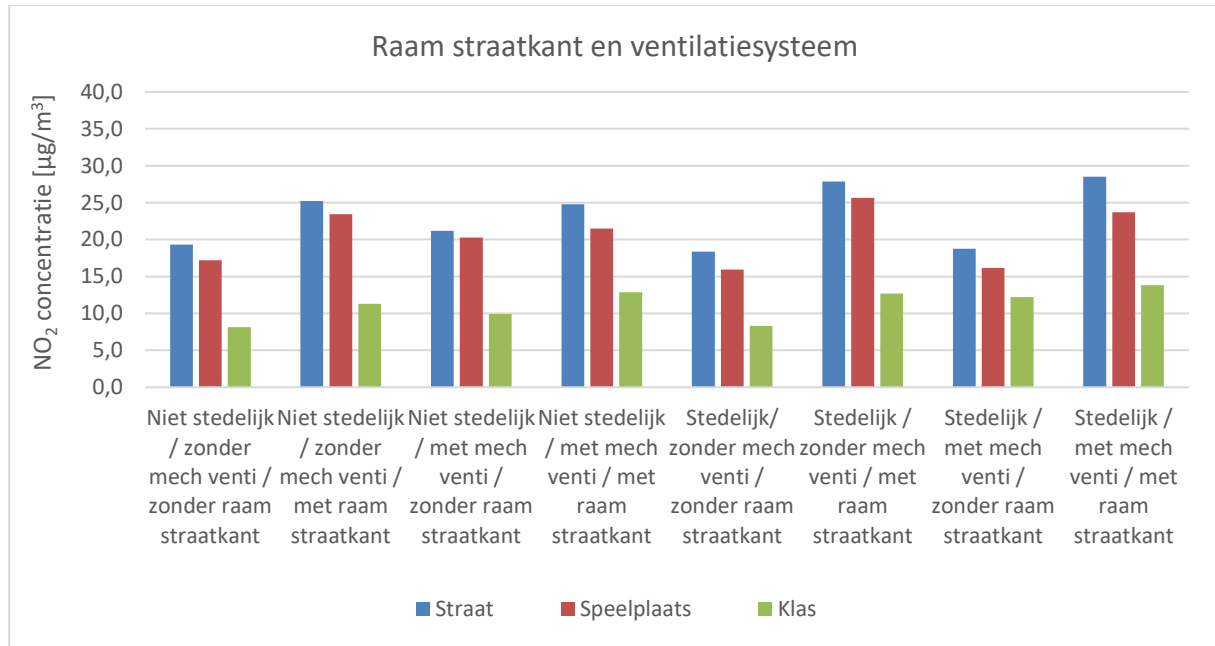
Figuur 7.3 Vergelijking van de NO₂ concentratie in stedelijke en niet stedelijke gebied met of zonder ventilatie systeem

Bij vergelijking van de scholen onderling valt op dat de NO₂ concentratie in de klas over het algemeen hoger is indien mechanische ventilatie wordt toegepast, toename van 2 µg/m³. Dit effect is het meest zichtbaar bij scholen in stedelijke omgeving - daar ligt NO₂ concentratie op straat reeds op een hoger niveau. Mogelijk door de continue verversing met buitenlucht neemt de NO₂ concentratie in de klas daardoor toe.

In de meetperiode in november/december is er bij de andere scholen, zonder mechanische ventilatie, waarschijnlijk door lage buitentemperaturen minder verlucht naar de buitenlucht. Het gesloten houden van ramen heeft hier mogelijk de relatief lagere NO₂ concentratie in de klas veroorzaakt. Het is niet gezegd dat deze verminderde ventilatie daarmee tot een verbetering van de luchtkwaliteit heeft geleid. Ventilatie is van belang om ook CO₂, uitgedemd door leraar en leerlingen, af te voeren. Te hoge CO₂ concentraties leiden o.a. tot concentratie problemen (17).

Er is door Greenpeace bij drie verschillende scholen CO₂ gemeten. De CO₂ concentratie binnen de klas is gemiddeld 1250 ppm waarbij tijdens twee uur de concentratie tussen de 1500 en 1700 ppm ligt. De aanbevolen limiet van CO₂ in de binnen lucht is 1000 ppm. Een CO₂ concentratie boven de 1200 ppm wordt vaak als te hoog beschouwd (18).

Figuur 7.4 toont het effect van wel of geen raam aan de staatkant in combinatie met wel of geen mechanische ventilatie, zowel voor stedelijk als niet stedelijk gebied.



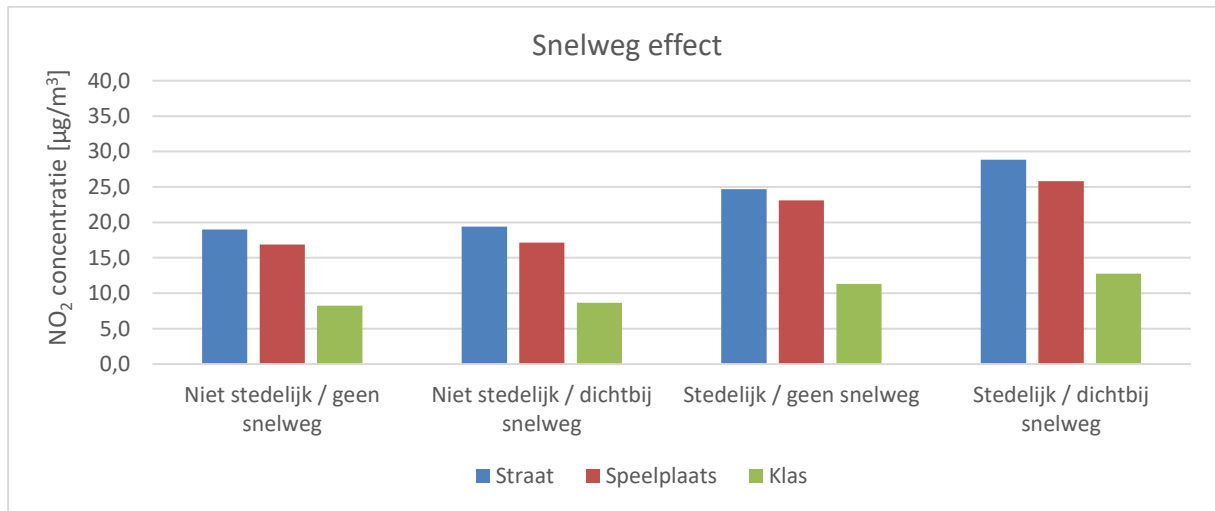
Figuur 7.4 Vergelijking van de NO₂ concentratie in stedelijke en niet stedelijke gebied met of zonder raam bij de straat kant en ventilatie systeem

Bij vergelijking van het ventilatiesysteem en de locatie van het raam onderling valt op dat een lichte toename van de NO₂ concentratie in de klas te zien is in zowel stedelijk en niet stedelijk gebied. De relatie tussen concentratie en raam in straat kant is niet zo duidelijk als de relatie tussen concentratie en het toegepaste ventilatiesysteem gebaseerd op de meetperiode (november/december). Tijdens de metingen was de buitentemperatuur laag (sommige locaties met sneeuw) waardoor de ramen waarschijnlijk weinig open waren.

Bij scholen welke enkel met ramen zijn geventileerd, valt op dat de concentratie NO₂ in de klas veel lager is dan de concentratie buiten op straat; er wordt waarschijnlijk slecht geventileerd.

7.4 Snelweg

Er zijn in totaal 66 gemeten scholen gesitueerd dichtbij een snelweg. Een vergelijking tussen scholen dichtbij of met grote afstand van snelweg is uitgevoerd. Figuur 7.5 toont de vergelijking tussen scholen in stedelijk en niet stedelijk gebied die dicht bij of ver weg liggen van een snelweg.



Figuur 7.5 Vergelijking van de NO₂ concentratie in stedelijke en niet stedelijke van scholen dichtbij of op afstand van snelweg

Bij vergelijking van de resultaten valt op dat de NO₂ concentratie bij scholen welke gelegen zijn in niet stedelijk gebied een lichte toename van de concentratie optreedt. De NO₂ concentratie neemt circa met 0,5 µg/m³ toe in de straat, speelplaats en klas. Hier is de invloed van de snelweg niet terug te zien.

Bij stedelijk gebied er is een duidelijk toename van de NO₂ concentratie, onder invloed van de snelweg; bij de straat van 4 µg/m³ en de speelplaats van 3 µg/m³. De verhoging van de concentratie is bij klas niet zo duidelijk, er is een toename van 1,5 µg/m³.

8 DISCUSSIE, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

8.1 Discussie

Een van de opvallende zaken is dat de concentratieverschillen tussen straat en speelplaats relatief klein zijn. Bij scholen in landelijk gebied ligt de speelplaats vaak aan de voorzijde of zijkant van de school, waardoor er geen fysieke scheiding of obstakel is tussen straat en speelplaats. In stedelijk gebied ligt de speelplaats vaker aan de achterzijde van het gebouw. De concentratie NO₂ op de speelplaats neemt echter niet sterk af ten opzichte van de straatkant, terwijl dit, met de aanwezigheid van een fysieke scheiding wel verwacht kan worden. Er is waarschijnlijk sprake van een deken van vervuiling over de hele stad die ook invloed heeft op de concentratie op de speelplaats. In niet stedelijke gebied valt op dat bij de ligging in een street canyon vooral de verhoging aan de straatkant optreedt. Er is geen sprake van een deken over de omgeving, maar aan de speelplaats is deze lager dan aan de straatzijde.

Kijkende naar de NO₂ jaargemiddelde concentratie van meetstation van de meetnetten valt op dat bij 6 meetstations de jaargemiddelde concentratie boven de grenswaarde ligt (hoger dan 40 µg/m³). Tijdens de meetperiode liggen zelfs bij 15 locaties de concentraties boven de grenswaarde. Dit komt overeen met het algemene beeld: De NO₂ concentratie is, vooral in stedelijk gebied vrij hoog.

De scholen waar de metingen boven de grenswaarde uitkomen kunnen worden gezien als knelpunten, maar ook de overige locaties, die net onder de grenswaarde liggen, kan gezondheidswinst worden gehaald door verlaging van de NO₂ concentratie in de buitenlucht ; er is geen veilige grens voor luchtverontreiniging.

Er is een indicatie dat de verversing van de binnen lucht in de klassen achterblijft. De concentratie NO₂ in de klas is relatief laag, ook wanneer straat en speelplaats hoog belast zijn. Dit lijkt te duiden op matige ventilatie, een ongewenst effect mogelijk veroorzaakt door de slechte ligging van de school: Ventilatie door ramen kan door meerdere redenen beperkt worden. Te denken valt aan geluidsoverlast, stank, of andere vormen van ervaren hinder. Gedurende de meetperiode is mogelijk de buiten temperatuur een reden geweest om minder te ventileren.

Gezien de matige buitenluchtkwaliteit kan meer ventileren echter een averechts effect hebben. Er moet worden gekozen tussen twee kwaden: CO₂ vs NO₂. De leerling is uiteindelijk gebaat bij een goede buitenluchtkwaliteit en alleen daarmee is ook een goede binnen luchtkwaliteit te realiseren.

8.2 Conclusies

In opdracht van Greenpeace is de NO₂ concentratie bij 222 scholen in België gemeten. De metingen zijn uitgevoerd met Palmes diffusiebuisjes in de periode november/ december 2017 met een meetperiode van 4 week. Uit dit onderzoek worden de volgende conclusies getrokken:

- Bij scholen in stedelijk gebied is de NO₂ concentratie duidelijk verhoogd ten opzichte van scholen in niet stedelijk gebied. Zowel buiten op straat en op speelplaats, maar ook in de klas. Bij 5 scholen wordt de grenswaarde van 40 µg/m³ jaargemiddeld overschreden.
- Street canyon's hebben een duidelijke invloed in toename van de NO₂ concentratie; zowel in stedelijke als niet stedelijke omgeving. Het effect is in de stad het grootst, daar heeft de ligging aan een street canyon ook invloed op de NO₂ concentratie in de klas. De concentraties aan de straat bij street canyon's zijn in landelijk gebied zelfs hoger dan in stedelijk gebied zonder canyon. In de klas is het effect minder groot.
- Mechanische ventilatie heeft invloed op concentratie in de klas. Als mechanische ventilatie wordt toegepast, wordt in de klas een hogere concentratie NO₂ gemeten. Dit is een indicatie dat de aanvoer van schone lucht beperkt is; er wordt met vervuilde buitenlucht geventileerd, maar ook dat op scholen zonder mechanische ventilatie slecht geventileerd wordt. De CO₂ metingen bevestigen dit vermoeden.
- Bij scholen welke enkel via ramen zijn geventileerd, valt op dat de concentratie NO₂ in de klas veel lager is dan de concentratie buiten op straat; er wordt waarschijnlijk slecht geventileerd.
- De aanwezigheid van een snelweg in de nabije omgeving van de school is slechts beperkt zichtbaar in de resultaten. Het effect van de verkeersemisies van de snelweg is niet zichtbaar bij scholen in niet stedelijk gebied.
- De metingen zijn gedurende 4 weken continu 24 uur per dag en 7 dagen per week uitgevoerd. De leerlingen zijn een beperktere tijd aanwezig op de school. Uit een analyse van de variatie per dag blijkt dat juist tijdens de uren dat piek emissies optreden, de leerlingen op school aanwezig zijn; de concentratie tijdens schooltijd is 13% hoger dan de weekgemiddelde concentratie. Naast de 5 scholen waarbij de grenswaarde wordt overschreden, zal bij de scholen die net onder de grenswaarde blijven dus een overschrijding van de grenswaarde optreden tijdens de verblijftijd van de leerlingen op school.

- Overall kan worden gesteld dat in stedelijke gebied de luchtkwaliteit te wensen overlaat: Er zijn een aantal knelpunten met duidelijke overschrijding van de grenswaarde, maar uit de resultaten blijkt dat er over de gehele stad een deken ligt van vervuiling. Er is een beperkte gradiënt tussen straat en speelplaats, en bij het merendeel van de scholen ligt de NO₂ concentratie boven de 20 µg/m³.

8.3 Aanbevelingen

Er is veel winst te behalen bij de onderzochte scholen. De ligging van de scholen in druk bevolkte gebieden is inherent aan de functie van het gebouw. In landelijk gebied ligt de NO₂ concentratie vaak lager. Dat is volgens verwachting: De relatief lage achtergrond concentratie en het vaak meer open karakter zorgen voor een potentieel goede luchtkwaliteit. Wel kan worden verwacht dat relatief veel leerlingen met de auto naar school worden gebracht, omdat de afstanden die worden afgelegd groter zijn.

In stedelijke omgeving en in niet stedelijke omgeving waar de school aan een street canyon ligt, is de NO₂ concentratie hoger. In de stedelijke omgeving zijn er veel bronnen, en in street canyon's is er vaak sprake van een beperkte verversing.

Om de luchtkwaliteit te verbeteren voor de leerlingen zijn er maatregelen nodig van verschillende orde grootte: De buitenluchtkwaliteit moet verbeteren maar ook het binnenklimaat in school verdient aandacht.

- De buiten luchtkwaliteit in stedelijke omgeving moet verbeteren; daarbij moet ook groter worden gedacht dan enkel het aanpakken van directe verkeersemisies bij scholen (zoals het afsluiten van verkeer nabij de school).
- Milieuzonering van grotere gebieden zal de stedelijke achtergrond concentratie moeten laten dalen.
- Door meer van fiets en openbaar vervoer gebruik te maken kan de directe belasting in de stad verlaagd worden. Het afsluiten van een schoolstraat voor auto's heeft niet alleen een direct effect op emissie, maar zal ook het gebruik van alternatief vervoer bevorderen.
- Bij nieuw te bouwen scholen moet rekening gehouden worden met de ligging: Street canyon's vermijden, maar ook drukke verkeersaders (snelwegen, N-wegen) zijn te vermijden. Dit is niet alleen van toepassing op scholen in stedelijk gebied, maar óók zeker voor scholen in niet stedelijk gebied: mijdt de street canyon.

Binnenlucht:

Hoewel mechanische ventilatie een negatief effect lijkt te hebben op de luchtkwaliteit (door verhoging van de NO₂ concentratie in de klas) is deze maatregel wel aan te bevelen. Hierbij moet gelet worden op de positie van de luchtinlaat. Deze moet zo gunstig mogelijk gelegen zijn (hoog en zo ver mogelijk van de directe emissie van de straat). Mechanische ventilatie zorgt ook voor voldoende verluchting in situaties waarbij het openen van ramen onwenselijk is wegens andere optredende hinder zoals geluidsoverlast. Mechanische ventilatiesystemen kunnen voorzien worden van filters voor de luchtinlaat, die fijnstof en roet kunnen verwijderen uit de ventilatielucht. NO₂ kan niet eenvoudig uit de lucht verwijderd worden.

Het monitoren van de CO₂ concentratie in de klas is met eenvoudig apparatuur mogelijk. Indien grote investeringen in de verbetering van de ventilatie niet mogelijk zijn, kan met een eenvoudige CO₂ meter wel inzicht verkregen worden in de verversingsgraad van de klassen.

De belangrijkste conclusie is echter: Om de concentratie bij de scholen te verbeteren is het noodzakelijk de luchtkwaliteit in de stad en in streetcanyon's in en buiten de stad te verbeteren.

Gezien de matige buitenluchtkwaliteit heeft meer ventileren op dit moment een averechts effect. Het is kiezen tussen twee kwaden: CO₂ vs NO₂. De leerling is gebaat bij een goede buitenluchtkwaliteit en alleen daarmee is ook een goede binnenluchtkwaliteit te realiseren.

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

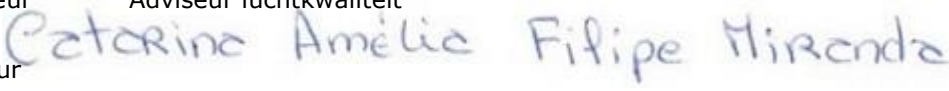

9 LITERATUURLIJST

1. **2014, WHO.** 7 Million premature deaths annually linked to air pollution. [Online] maart 31, 2014. <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>.
2. **WHO.** Burden of disease from Household Air Pollution for 2012. [Online] maart 24, 2014. http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/FINAL_HAP_AAP_BoD_24March2014.pdf.
3. **(EEA), European Environment Agency.** *Air quality in Europe – 2017 report.* Luxembourg : s.n., 2017.
4. **al, Roorda-Knape MC et.** Air pollution from traffic in city districts near major. *Atmospheric Environment.* 32(11):1921–1930, 1998.
5. **M.J., Mendell and G.A., Heath.** Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. 2005.
6. **Leonardo, Trasande and George D., Thurston.** *The role of air pollution in asthma and other pediatric morbidities.* 2005.
7. **Charlene W, Bayer, Sidney A., Crow and Jan, Fisher.** *Causes of indoor air quality problems in schools: Summary of scientific research.* 2000.
8. **(EPA), Environmental Protection Agency.** Review of the Primary National Ambient Air Quality Standards for Oxides of Nitrogen. *Federal register -The Daily Journal of the United States Government.* 07 26, 2017.
9. *Nitrogen dioxide and mortality: review and meta-analysis of long term studies.* **Faustina A, Forastiere F.** 44(3), s.l. : Eur Respir Jour, Vol. 2014. 744-53.
10. *Ambient PM2.5 O3 and NO2 Exposures and Associations with Mortality over 16 Years of Follow-Up in the Canadian Census Health and Environment Cohort (CanCHEC) .* **Crouse DL, Peters PA, Brook JR, van Donkelaars A, Martin RV e.a.** 123 (11), s.l. : Environ Health Perspect, Vol. 2015. 1180-6.
11. **Gezondheidsraad.** *Gezondheidswinst door schonere lucht.* 23 januari 2018. Nr 2018/01.
12. **World Health Organization.** *Health Effects of Black Carbon.* Copenhagen Denmark : World Health Organization, 2012. 978 92 890 0265 3.
13. **Nicole Janssen, Gerard Hoek.** Wetenschappelijk kennis gezondheidseffecten van de roetfractie in fijn stof. [Online] Oktober 5, 2011. http://www.infomil.nl/publish/pages/107503/dms_mp-21249445-v1-presentatie_2_wetenschappelijk.ppt.
14. **Jansen, N.A.H., Brunekreef, B., Hoek,G., Keuken, M.** *Verkeersgerelateerde luchtverontreinigingen gezondheid, een kennisoverzicht.* s.l. : Institute for Risk Assessment Sciences, Universiteit van Utrecht, 2002.
15. **WHO.** *Air Quality Guidelines - Global Update 2005.* 2006.
16. **Be.** Sociaaleconomische typologie van de gemeenten . *Belfius.* [Online] 2007. [Cited: maart 12, 2018.] <https://www.belfius.be/publicsocial/NL/Expertise/Studies/LokaleFinancien/LocalFinance/GemeentenProvincies/Typology/index.aspx?firstWA=no>.

17. **Usha, Satish, et al.** Is CO₂ an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO₂ Concentrations on Human Decision-Making Performance. *Environ Health Perspect.* 2012.

18. **T., Habets et al.** GGD-RICHTLIJN - Beoordelen van ventilatie scholen. 20-12-2006.

VERANTWOORDING

Rapporttitel	RAPPORTAGE STIKSTOFDIOXIDE CONCENTRATIEMETINGEN GREENPEACE BELGIUM 2018
Subtitel	Metingen met de diffusiebuis methode in en rondom scholen
Rapportnummer	BL2018.8648.01-V02
	Deze versie vervangt eventueel eerder uitgebrachte versies in zijn geheel
Trefwoorden	NO ₂ , stikstofdioxide, Palmes, diffusiebuis, Wet luchtkwaliteit, België, Greenpeace, Scholen, Kinderen, Gezondheid
Opdrachtgever	Greenpeace Belgium
Adres	Haachtsesteenweg 159 1030 Brussel
Contactpersoon	J. Thijs
Auteur	Ir F. de Bree; C. Miranda, MSc; J.W.M. Peters
Functie auteur	Adviseur luchtkwaliteit
Paraaf auteur	
Controleur	Ir, F. de Bree
Functie controleur	Senior adviseur luchtkwaliteit
Paraaf controleur	
Datum	13-03-2018



Nude 54 – 6702 DN Wageningen
telefoon 0317 466699 – fax 0317 426111
email info@buroblauw.nl – internet www.buroblauw.nl