

Twee weken meten aan de luchtkwaliteit in 's-Hertogenbosch



Verantwoording

Dit project werd uitgevoerd in opdracht van de Gemeente 's-Hertogenbosch.

Abstract

Air quality measurements in the city centre of 's-Hertogenbosch were carried out in a short measurement campaign in February-March 2006. Aim of the project was to assess if the NO_x and PM levels estimated for the city, using the data from remote locations that are part of the National monitoring network "Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit" (LML), are meaningful. Furthermore the municipality aimed to get a first impression of the NO_x and PM levels at the monitoring locations. The NO_x measurements took place on a balcony in a street canyon "Brugstraat" for which air quality models, run by the municipality, showed a clear exceedance of the annual threshold level for NO_x . The measurements showed that concentrations during the measurement episode were about 4-5 times above the regional background levels and comparable to those observed at other LML street monitoring stations. This suggests that the "Brugstraat" location is indeed likely to have an annual exceedance. The measurement data available from this project cannot be used to quantify this annual level. Particulate matter measurements were carried out on a city-background location "Claraklooster", a garden in a former monastery in the medieval city centre. The time series of these measurements showed a 26% contribution of sources inside or close to 's Hertogenbosch. The chemical composition of PM₁₀ was evaluated with four 24-hour samples. These data showed a composition that was expected for the Netherlands without a remarkable effect of a local source.

Inhoud

Lijst van tabellen	4
Lijst van figuren	4
Samenvatting	5
1. Inleiding	7
2. Meetopzet algemeen	8
3. NO _x Metingen in de Brugstraat	9
4. PM10 metingen bij het Clara klooster	11
5. NO _x en PM10 metingen vergeleken met meteorologische omstandigheden	13
6. Filter metingen bij het Clara klooster	16
7. Conclusies	20
7.1 Stikstofoxiden (NO _x)	20
7.2 Fijn Stof (PM10)	20
Bijlage A Meetapparatuur en calibraties	22
A.1 NO _x monitor	22
A.2 β-stof monitor	22
A.3 High Volume Sampler	22
A.4 Calibratie van de monitoren	22
Bijlage B Resultaten Chemische Analyses	23
Bijlage C Besluit luchtkwaliteit 2005	25
C.1 Paragraaf 2.2 Grenswaarden, plandrempels en alarmdrempel voor stikstofdioxide	25
C.1.1 Artikel 15	25
C.1.2 Artikel 16	25
C.1.3 Artikel 17	25
C.1.4 Artikel 18	26
C.2 Paragraaf 2.3 Grenswaarde voor stikstofoxiden	26
C.2.1 Artikel 19	26
C.3 Paragraaf 2.4 Grenswaarden voor zwevende deeltjes (PM ₁₀)	26
C.3.1 Artikel 20	26

Lijst van tabellen

Tabel 5.1	<i>Overzicht van meetgegevens gemiddeld per dag, data van andere stations en meteo condities</i>	15
Tabel 6.1	<i>Samenstelling PM10 in 's-Hertogenbosch (Bulk elementen).....</i>	16
Tabel B.1	<i>Metingen van de chemische Samenstelling PM10 in 's Hertogenbosch (Sporen Elementen)</i>	23

Lijst van figuren

Figuur 2.1	<i>Meetlocatie Brugstraat (foto in noordoostelijke richting).....</i>	8
Figuur 3.1	<i>Gemeten NO,NO₂ en NO_x concentraties in de Brugstraat. De grijze lijn geeft simultane metingen van een straatstation van het landelijke meetnet luchtkwaliteit Eindhoven op dagen dat die beschikbaar zijn. Er treden pieken op van vergelijkbaar niveau.....</i>	9
Figuur 3.2	<i>Dag-nacht patroon van de concentratie gemiddeld over een aantal dagen</i>	10
Figuur 3.3	<i>Tijdreeks met 10 seconden resolutie van de NO_x concentratie samen met eenvoudige verkeersinformatie</i>	10
Figuur 4.1	<i>PM10 niveaus bij het Clara klooster vergeleken met metingen van het LML station Biest Houtakker(in het zuiden van Brabant) beide 24-uurs glijdend gemiddelde waarden. De waarden in 's Hertogenbosch liggen meestal boven die in Biest. De blauwe lijn geeft aan hoeveel % er in 's-Hertogenbosch meer werd gemeten dan in Biest.</i>	11
Figuur 4.2	<i>PM10 metingen met een middeling tijd van 6 uur</i>	12
Figuur 5.1	<i>Daggemiddelde windsnelheid, NO_x concentratie Brugstraat en het verschil tussen de PM10 concentratie in het Clara klooster en bij Biest Houtakker uitgezet tegen de windrichting</i>	13
Figuur 5.2	<i>Regenval in Eindhoven (bron KNMI) en PM10 gemeten in het Claraklooster</i>	14
Figuur 6.1	<i>Verdeling van PM10 over verschillende materiaalklassen. Vergeleken met de zelfde soort metingen in Amsterdam (Mar Viana pers. com.).....</i>	17
Figuur 6.2	<i>Verdeling van PM10 over verschillende materiaalklassen voor deze meetcampagne vergeleken met (jaargemiddelde voor '98-'99!) waarden bepaald op een aantal, RIVM stations.(Visser et.al 2001)</i>	18
Figuur 6.3	<i>Sporen elementen gemeten op de filters in 's-Hertogenbosch. Vergeleken met de zelfde soort metingen in Amsterdam en Barcelona (Mar Viana pers. comm)</i>	19

Samenvatting

In de periode van 14 februari tot 8 maart 2006 werden luchtkwaliteitsmetingen uitgevoerd in 's-Hertogenbosch. De metingen hadden tot doel:

1. een vergelijking van lokale metingen van NO_x en PM10 met metingen van het landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML),
2. een indruk krijgen van de bijdrage van NO_x door stadsverkeer aan de stadsachtergrond,
3. een eerste indruk krijgen van de chemische samenstelling van PM10.

De NO_x concentraties op de Brugstraat zijn een factor 4-5 hoger vergeleken met regionale LML achtergrondstations en vergelijkbaar met de waarden zoals die op andere LML straatstations gevonden worden. Het verkeer door de Brugstraat zelf is daarvan de belangrijkste oorzaak.

Op momenten dat wel lage waarden worden gemeten in de Brugstraat komen die overeen met de regionale LML stations. Dit geeft aan dat die niveaus voor de meetperiode ook voor omgeving 's-Hertogenbosch representatief waren. De metingen in 's Hertogenbosch lijken daarmee goed aan te sluiten bij de metingen van het LML.

Gemiddeld over de meetperiode waren de PM10 niveaus in 's-Hertogenbosch ongeveer 26% boven de regionale achtergrond waarden. Deze verhoging komt door de bronnen in en om 's Hertogenbosch. De metingen van de chemische samenstelling (24 uur gemiddeld) laten geen onverwachte prominente bron zien.

1. Inleiding

Berekeningen uitgevoerd in de gemeente 's-Hertogenbosch geven aan dat op een aantal locaties in de stad de normen voor stikstofdioxide (NO₂) en fijn stof (PM10) waarschijnlijk worden overschreden. Volgens het Besluit Luchtkwaliteit 2005 (zie bijlage C) geldt voor 2006 een grens van 48 microgram per m³ voor NO₂ en 40 microgram per m³ PM10 als jaargemiddelde concentratie.

Berekeningen van de overschrijdingen zijn een combinatie van de door RIVM gegenereerde achtergrond niveaus met door de gemeente uitgevoerde berekeningen op basis van verkeersstromen. De meetstations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) liggen relatief ver van 's-Hertogenbosch af en de gemeente wil weten in hoeverre de elders gemeten concentratiepatronen representatief zijn voor de omgeving van de eigen stad. Vanuit die achtergrond heeft de gemeente ECN gevraagd om metingen uit te voeren aan NO_x en fijn stof in de binnenstad. In dit rapport wordt de gekozen meetopzet beschreven en worden de resultaten van de metingen gepresenteerd.

Doelen van de metingen zoals uitgevoerd waren:

1. een vergelijking van locale metingen van NO_x en PM10 met metingen van het LML,
2. een indruk krijgen van de bijdrage aan NO_x door stadsverkeer aan stadsachtergrond,
3. een eerste indruk krijgen van de chemische samenstelling van PM10.

2. Meetopzet algemeen

De metingen vonden plaats in de periode van 14 februari tot 8 maart 2006. In de Brugstraat (ten noord oosten van het NS station) werden metingen verricht met een NO_x analyser, in de tuin van het Clara klooster werden PM_{10} metingen verricht met een β -stof monitor (zie bijlage A). Deze meetapparatuur geeft een tijdreeks van NO_x of PM_{10} waardoor het verschil tussen dag, nacht, spits en rustige episoden kan worden geëvalueerd.

In de tuin van het Claraklooster werden ook op vier dagen 24-uurs filters beladen voor chemische analyse van PM_{10} . Simultaan met de metingen in de Brugstraat werden door Bureau Blauw metingen verricht met passieve samplers voor NO_2 . Deze metingen werden op meer plekken in de stad uitgevoerd. Ze geven een waarde die gemiddeld is over een week of langer. De metingen van Bureau Blauw en de resultaten daarvan zullen hier niet worden beschreven.



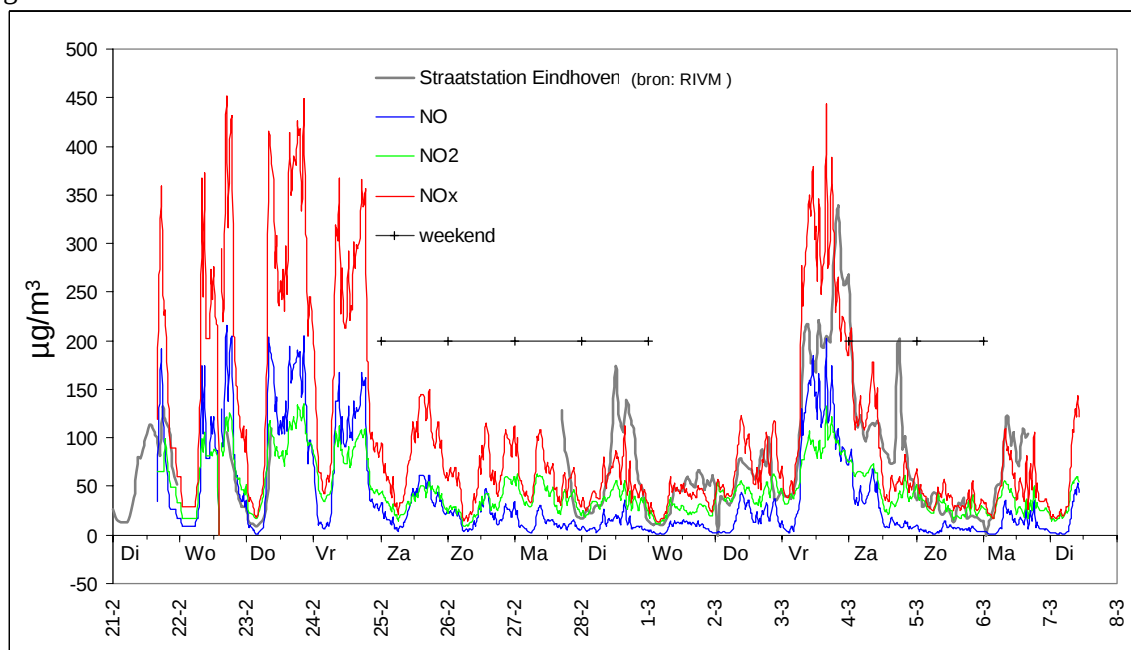
Figuur 2.1 Meetlocatie Brugstraat (foto in noordoostelijke richting)

Extra informatie

De emissie van verkeer vindt grotendeels (70-95%) plaats in de vorm van NO dat in een reactie met Ozon (O_3) wordt omgezet in NO_2 . De verschillen in NO concentratie zijn daarmee enorm voor verschillende plekken binnen de stad en derhalve niet goed bruikbaar in regelgeving. In de metingen zien we ook duidelijk dat 's nachts de concentratie van NO zakt doordat de verkeersintensiteit daalt. NO_2 geeft een veel rustiger beeld. Wel daalt ook NO_2 in die nachtelijke periodes tot een regionaal achtergrondniveau. Voor regelgeving is dus alleen de gemeten NO_2 concentratie van belang. Voor NO is de norm alleen voor een gebied van $100 \times 100 \text{ km}$ gedefinieerd. (zie bijlage C). Het is goed te beseffen, dat het NO dat we vlak bij de bron meten, enkele minuten verderop in de straten van 's Hertogenbosch naar NO_2 omgezet zal worden en daar dus bij zal dragen aan een meer egaal verdeeld niveau van NO_2 in de stad.

3. NO_x Metingen in de Brugstraat

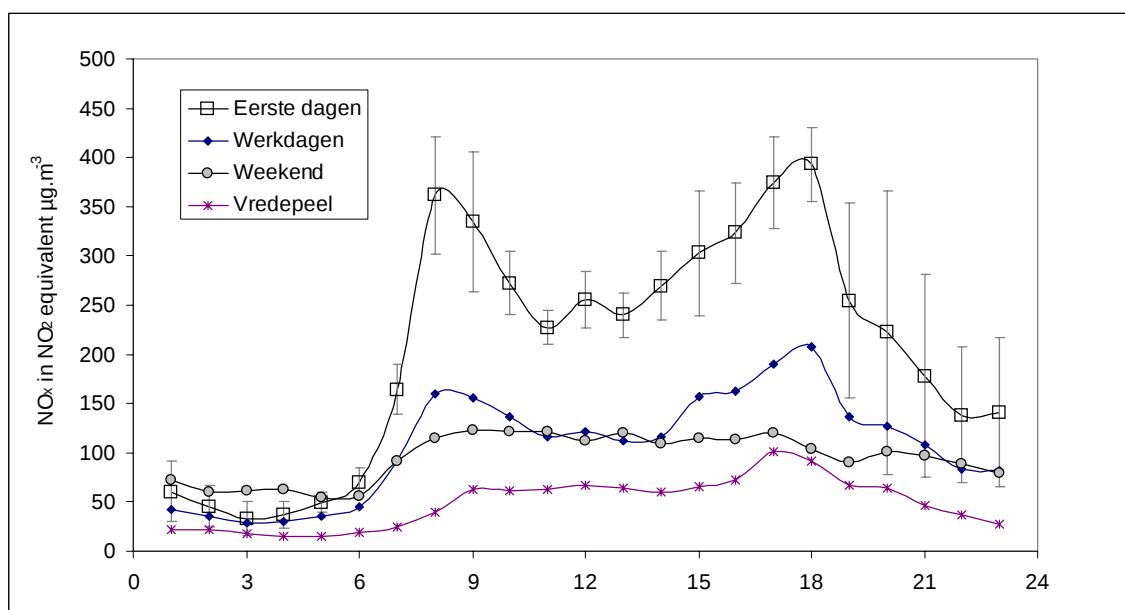
Gedurende 12 dagen werden NO_x-metingen uitgevoerd op een verkeersbelaste locatie. De meetapparatuur werd opgesteld op een balkon in de Brugstraat (zie Figuur 2.1). De metingen beslaan de periode van 21 februari tot 8 maart. In de periode van 14-21 februari is geen data beschikbaar door een storing in de NO_x monitor. De gemeten concentratieniveaus zijn weergegeven in Figuur 3.2. Hogere concentratieniveaus werden waargenomen op 21-24 februari en op 3 maart. De periode van 25-28 februari is overigens de carnaval periode daarna is het carnavals vakantie. De groene lijn in de grafiek geeft de NO₂ concentratie in Brugstraat en omgeving weer. In de periode 21-24 februari zijn duidelijk de ochtend en middagspits in de gemeten concentratieniveaus te herkennen.



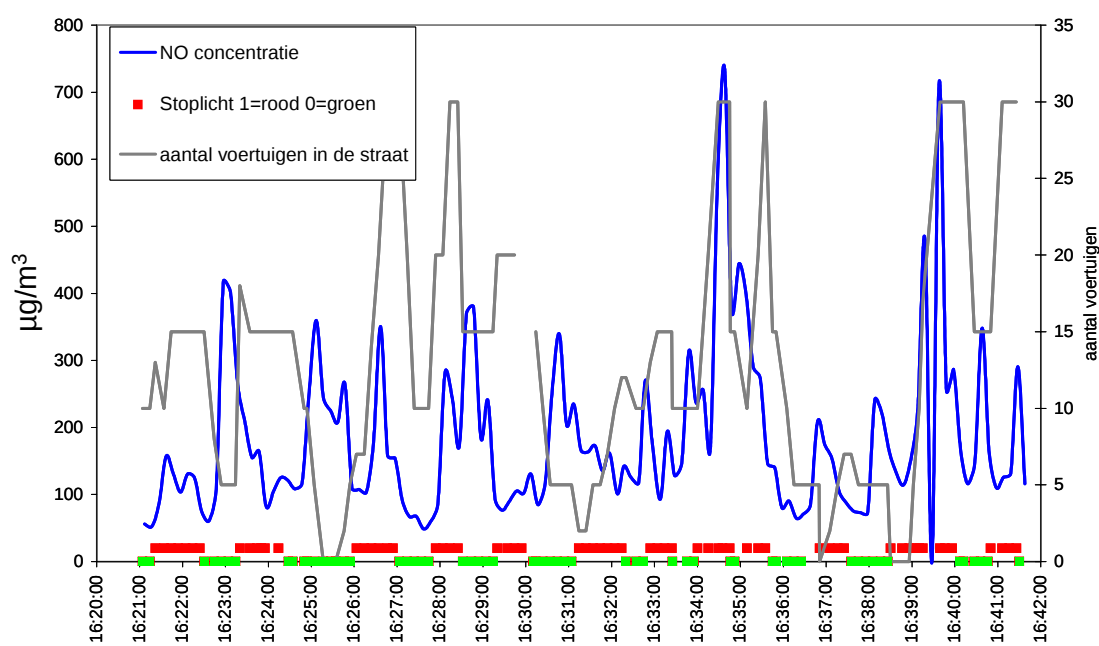
Figuur 3.1 *Gemeten NO, NO₂ en NO_x concentraties in de Brugstraat. De grijze lijn geeft simultane metingen van een straatstation van het landelijke meetnet luchtkwaliteit Eindhoven op dagen dat die beschikbaar zijn. Er treden pieken op van vergelijkbaar niveau*

Het gemiddelde dag-nacht patroon is weergegeven in Figuur 3.2. Hierbij is een gemiddeld patroon berekend voor alle werkdagen, voor alle weekenddagen (inclusief carnaval) en voor de eerste periode van 21-25 februari. Op de werkdagen zijn de verhoogde concentraties in de ochtend- en avondspits duidelijk terug te vinden. Ter vergelijking is een gemiddelde dag-nacht variatie berekend voor het LML station Vredepeel. De concentraties in de Brugstraat zijn 4 tot 5 keer hoger dan het regionale achtergrondniveau. Dit is normaal op straatstations, zoals al te zien was in Figuur 3.2 bij het straatstation in Eindhoven.

In Figuur 3.3 is een tijdvak van 20 minuten gezien waarbij de activiteit van het verkeer en de NO_x concentratie zijn vergeleken. De intensiteit van het verkeer werd geschat in aantallen auto's in de straat. Ook werden de tijden waarop het stoplicht aan de noordkant van de straat op rood of groen sprong genoteerd. De correlatie is beperkt tot de hoogste pieken die samen vallen met optrekkend verkeer onder het balkon waar de meetapparatuur geplaatst is.



Figuur 3.2 *Dag-nacht patroon van de concentratie gemiddeld over een aantal dagen*

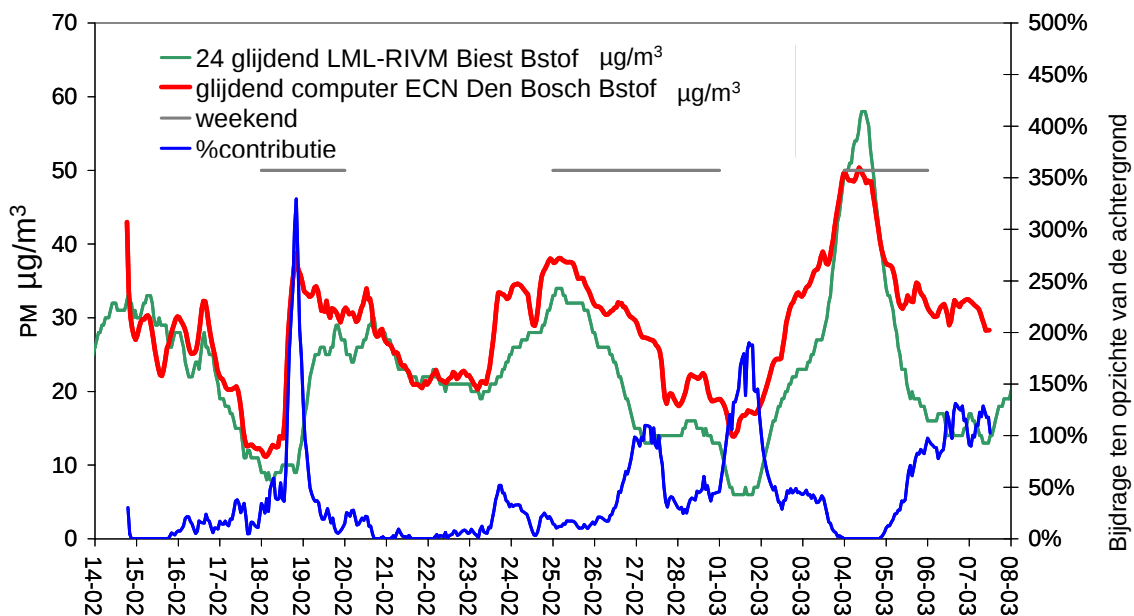


Figuur 3.3 *Tijdreeks met 10 seconden resolutie van de NO_x concentratie samen met eenvoudige verkeersinformatie*

4. PM10 metingen bij het Clara klooster

Fijn stof metingen werden uitgevoerd met een β -stof monitor in de tuin van het Clara klooster, een binnen-stadse achtergrondlocatie, met weinig verkeer in de directe omgeving. Tevens werd er op een viertal dagen gedurende 24 uur buitenlucht door een filter gezogen. Het op het filter verzamelde aerosol werd vervolgens onderzocht op chemische samenstelling.

In Figuur 4.1 zijn de meetresultaten vergeleken met uurlijkse waarnemingen van PM10 van het LML-station Biest Houtakker.(bron: www.lml.rivm.nl)



Figuur 4.1 PM10 niveaus bij het Clara klooster vergeleken met metingen van het LML station Biest Houtakker(in het zuiden van Brabant) beide 24-uurs glijdend gemiddelde waarden. De waarden in 's Hertogenbosch liggen meestal boven die in Biest. De blauwe lijn geeft aan hoeveel % er in 's-Hertogenbosch meer werd gemeten dan in Biest.

De metingen op het LML station Biest en de metingen in 's-Hertogenbosch laten een vergelijkbaar patroon zien. Gemiddeld over de periode 14 februari tot 7 maart komen de RIVM gegevens voor station Biest op een gemiddeld PM10 niveau van $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bij het Clara klooster hebben we gemiddeld een niveau van $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemeten. Het PM10 niveau is bij het Clara Klooster gedurende deze meetcampagne dus 26 % hoger dan in Biest. Dat komt grotendeels door emissies in en om 's Hertogenbosch zelf. Het is daarmee een maat van wat lokale maatregelen maximaal aan reductie van de PM10 niveaus zouden kunnen doen. De waarde geldt echter niet jaargemiddeld maar alleen voor deze meetperiode.

Het verschil tussen de metingen in 's-Hertogenbosch en de waarden in Biest geeft dus een idee van de bijdrage van "locale" bronnen aan het gemeten PM10 niveau. Deze bijdrage kunnen we ook op elk moment uitrekenen als:

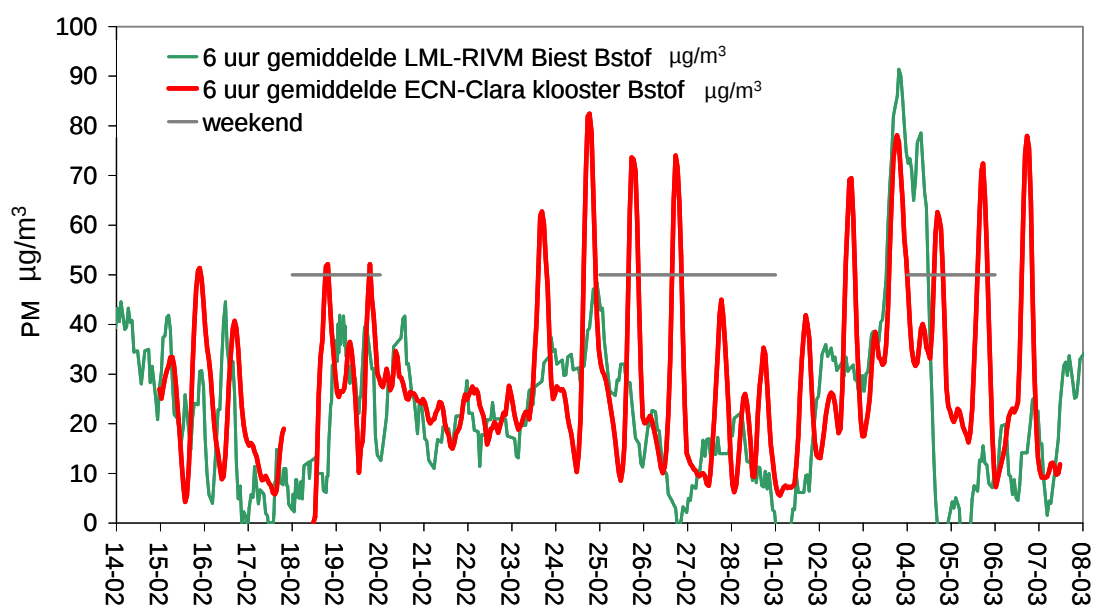
$$(\text{PM10}_{\text{'s Hertogenbosch}} - \text{PM10}_{\text{Biest}}) / \text{PM10}_{\text{Biest}} * 100\%$$

Het resultaat van een dergelijke berekening voor alle momenten waarop gemeten is, is met de blauwe lijn weergegeven in Figuur 4.1.

Op 19 februari is een hoge piek te zien in deze berekende bijdrage. Het is echter duidelijk dat de stijging van de concentratie die we in 's Hertogenbosch meten enkele uren later ook Biest bereikt. Het gaat hier dus niet om een lokaal effect in 's-Hertogenbosch maar om een verandering op synoptische schaal waarbij een luchtmassa met hoge concentraties langs een front over Nederland schuift.

PM10 data worden voor de LML stations weergegeven als 24 uurs glijdend gemiddelde niveaus. Dat is het niveau waarbij voor elk uur (U) het gemiddelde over de periode (U-12) en (U+12) uur wordt berekend. Bij het gebruikte meetprincipe geeft dit gemiddelde signaal een duidelijker beeld dan het 3 uur gemiddelde signaal. Het meetapparaat geeft ruis en die wordt door de middeling op 24 uur basis weggefilterd. Dit gefilterde patroon is tevens het voor het beleid relevante gegeven.

In feite varieert de concentratie van PM10 dus meer dan in Figuur 4.1 te zien is. Er zijn zowel episodes met hogere en met lagere PM10 niveaus over een dag. In Figuur 4.2 zijn deze patronen weergegeven. We zien in Figuur 4.1 dat in de episode rond 25 februari een hogere waarde laat zien. Uit Figuur 4.2 blijkt dat dit het gevolg is van hoge waarden overdag en lagere waarden 's nachts. Dat is waarschijnlijk gerelateerd aan activiteiten in of om 's Hertogenbosch. Terwijl de hogere PM10 niveaus rond 3 maart zowel in Biest als in 's-Hertogenbosch het resultaat zijn van een verhoging in heel Zuid Nederland.



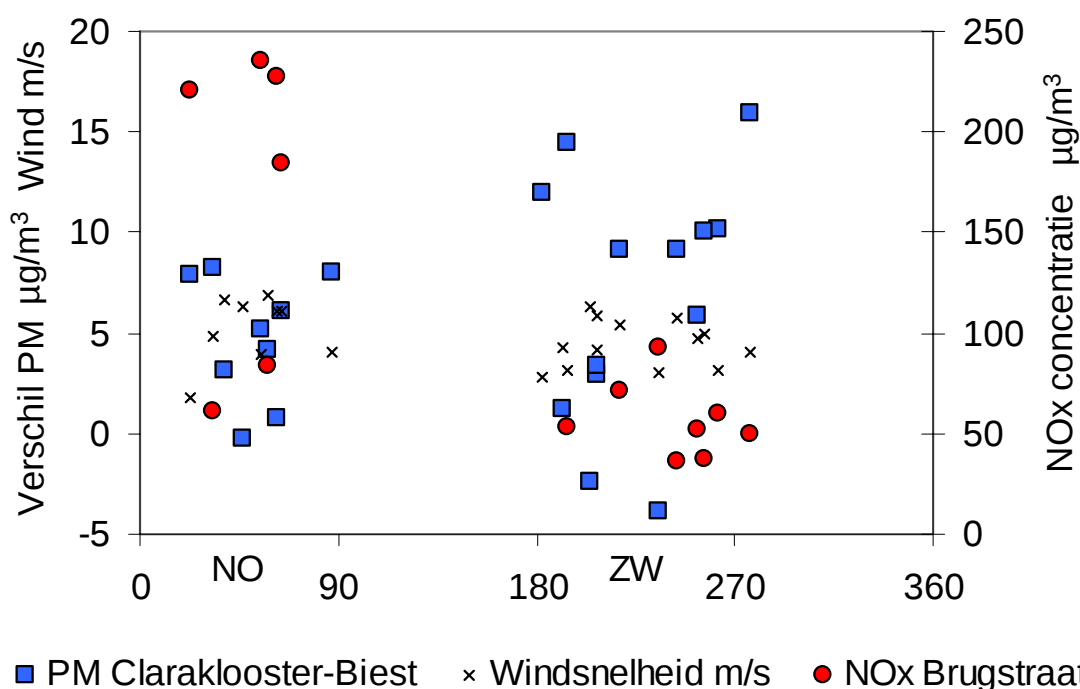
Figuur 4.2 PM10 metingen met een middeling tijd van 6 uur

5. NO_x en PM10 metingen vergeleken met meteorologische omstandigheden

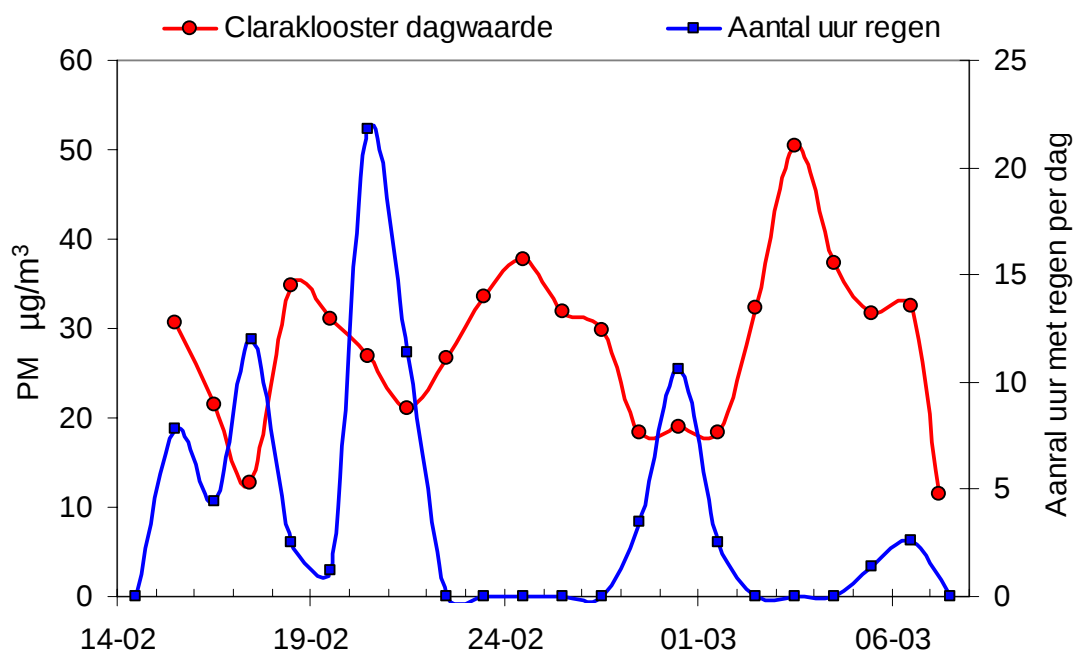
De daggemiddelde data is vergeleken met daggemiddelde meteorologische condities. Die zijn bij KNMI beschikbaar voor het meetstation bij Eindhoven. In Figuur 5.1 zijn de NO_x concentraties in de Brugstraat en het verschil in PM10 tussen het Claraklooster en Biest Houtakker uitgezet tegen de windrichting (0=Noord, 90=Oost, 180=Zuid, 270=West). In de meetperiode is niet voor alle windrichtingen een meetresultaat verkregen, alleen voor de sectoren tussen 30 en 90 graden (noordoostelijke richting) en tussen 180 en 270 graden (zuidwestelijke richting) is meetdata voorhanden.

Voor NO_x in de Brugstraat zien we dat de hoogste pieken optreden als de wind uit noordoostelijke richting komt. Dat is waarschijnlijk een lokaal bepaald effect, gerelateerd aan de rij auto's in die richting die ontstaat als het stoplicht aan de noordoost kant van de Brugstraat op rood staat. Er ontstaat dan een rij auto's die tot op enkele meters van het aanzuigpunt komt. Aan de zuidwest kant staat ook een stoplicht maar dat regelt de verkeersstroom van de andere rijbaan. Bij wind uit de zuidwest richting (245 graden) zijn de NO_x concentraties duidelijk lager.

De PM10 waarden (Claraklooster-Biest) zijn juist hoger bij wind uit zuid westelijke richting. Het Claraklooster ligt aan de zuidkant van de binnenstad van de Bosch, het kan zijn dat bij deze windrichting het effect van emissies van verkeer aan de op de zuidelijke ring om de binnenstad meetbaar is. Eventuele bijdrage van binnenvaart schepen komt uit noordelijke richting, maar die komt uit de metingen niet prominent naar voren.



Figuur 5.1 Daggemiddelde windsnelheid, NO_x concentratie Brugstraat en het verschil tussen de PM10 concentratie in het Clara klooster en bij Biest Houtakker uitgezet tegen de windrichting



Figuur 5.2 Regenval in Eindhoven (bron KNMI) en PM10 gemeten in het Claraklooster

Figuur 5.2 geeft de daggemiddelde PM10 waarden aan samen met het aantal uur regen per dag zoals dat door KNMI op Eindhoven is gemeten. Op de regenachtige dagen dalen de PM10 niveaus of zijn deze laag. Dat is een combinatie van het uitspoelen van materiaal uit de lucht en van een verandering van herkomst van de lucht.

In Tabel 5.1 zijn alle meetresultaten per dag samengevat.

Tabel 5.1 *Overzicht van meetgegevens gemiddeld per dag, data van andere stations en meteo condities*

Tabel B.1 Overzicht van meetgegevens gemiddeld per dag en data van andere stations en meteorologische													
Stikstofoxiden (NO _x in µg/m ³)						PM10 (in µg/m ³)				METEOROLOGIE			
dag	Brugstraat		Eindhoven (RIVM)		Vredepeel (RIVM)		Claraklooster		BIEST (RIVM)		Eindhoven (KNMI)		
	Gemid.	std.	Gemid.	std.	Gemid.	std.	Gemid.	std.	Gemid.	std.	Wind	Wind snelheid	
											richting deg	m/s	
14-2-2006			67		38	27	12	32	6	30	2	192 Z	4.3
15-2-2006			43		18	13	8	27	3	30	2	204 Z	6.3
16-2-2006			58		27	18	8	28	3	25	2	207 Z	4.2
17-2-2006			50		25	13	4	17	4	13	3	208 Z	5.9
18-2-2006			93		90	17	9	21	11	9	1	183 Z	2.8
19-2-2006			32		26	16	7	32	1	24	4	87 O	4.0
20-2-2006			43		45	30	9	30	2	27	2	38 NO	6.6
21-2-2006			57		38	29	9	23	2	23	2	47 NO	6.3
22-2-2006	228	122	18		32	26	7	22	1	21	1	62 NO	6.1
23-2-2006	235	142	69		45	23	6	26	6	21	2	55 NO	3.9
24-2-2006	184	105				26	6	34	3	28	2	64 NO	6.1
25-2-2006	83	36				21	6	36	2	32	2	58 NO	6.9
26-2-2006	61	27				14	4	31	1	23	4	33 NO	4.8
27-2-2006	60	23	19	36	35	9	24	4	14	1	262 W	3.1	
28-2-2006	53	19	72	47	21	6	20	2	15	1	253 W	4.7	
1-3-2006	36	12	42	21	20	10	17	1	7	2	244 W	5.8	
2-3-2006	71	25	57	23	21	6	27	5	18	4	218 ZW	5.4	
3-3-2006	221	115	180	94	45	27	39	5	31	8	23 NO	1.8	
4-3-2006	92	47	117	51	70	40	47	4	50	6	236 ZW	3.0	
5-3-2006	38	10	34	8	25	13	34	2	24	6	256 ZW	4.9	
6-3-2006	50	25	75	35	27	16	31	1	15	1	277 W	4.0	
7-3-2006	54	45	76	42	25	12	30	2	16	2	194 Z	3.1	

KNMI data daggemiddelde meteo voor Eindhoven. std = standaarddeviatie van de metingen gedurende die dag, een maat voor de variatie in het concentratieniveau.

6. Filter metingen bij het Clara klooster

Met een high-volume sampler systeem werden op 4 dagen filters beladen gedurende een 24-uurs interval. PM10 verzameld op deze filters wordt geanalyseerd op chemische samenstelling. Er zijn twee onderdelen in deze analyse. Allereerst de metingen aan de bulkcomponenten die PM10 massa vormen. Hierin herkennen we materiaal van de bodem, antropogeen materiaal, PM10 afkomstig van de zee. Daarnaast zijn er analyses gedaan naar sporenelementen. Het gaat daarbij om voor wat betreft massa heel kleine hoeveelheden materiaal die een idee kunnen geven van de herkomst van de aerosol. De resultaten van de bulk elementen zijn weergegeven in Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Samenstelling PM10 in 's-Hertogenbosch (Bulk elementen)

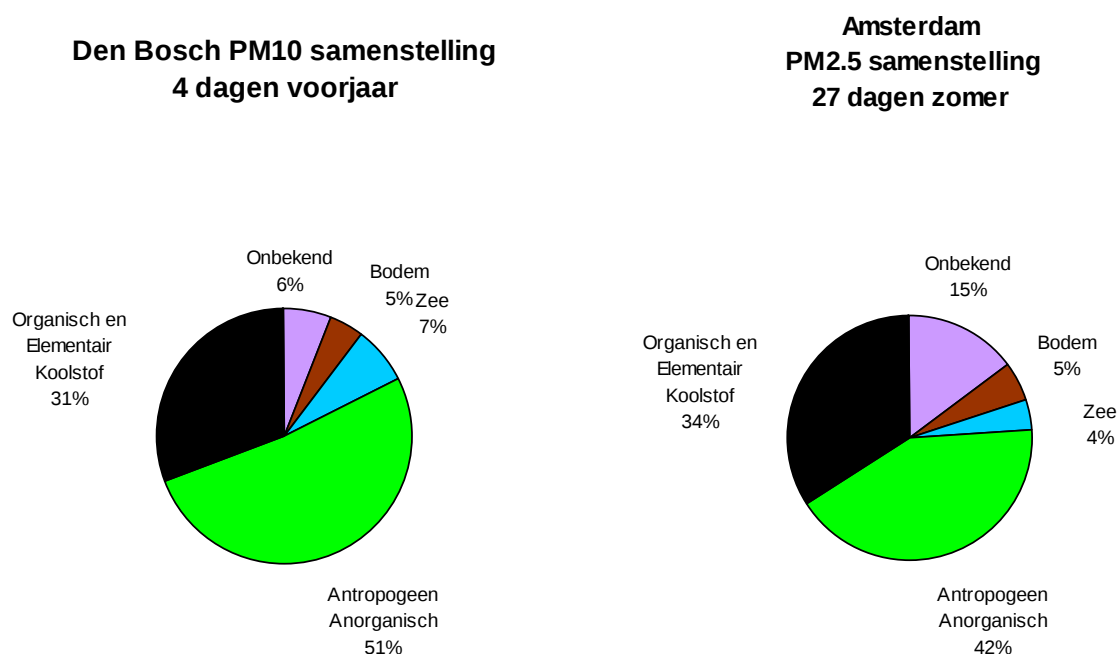
	Route over Europa	EU oost, over Duitsl, Polen	EU Zuid, Duitsl Italie Frank	Atlantisch Noord advection + UK	Atlantisch Noord advection + Schotland
	Datum	22-2-'06	24-2-'06	2-3-'06	6-3-'06
	Locale windrichting	Noord Oost 6.1 m/s	Noord Oost 6.1 m/s	Zuid West 5.4m/s	West 4m/s
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Massa total	PM10	24.1	34.2	32.6	16.8
Tot. carbon	TC	4.7	9.3	7.7	3.0
Org. Mat + Element C	OM+EC	6.6	13.1	10.8	4.2
Org. Mat + Element C	OM+EC	7.6	14.9	12.4	4.8
Carbonaat (Bodem)	CO_3^{2-}	0.18	0.39	0.30	0.25
Siliciumoxyde (Bodem)	SiO_2	0.25	0.82	0.38	0.18
Aluminiumoxyde (Bodem)	Al_2O_3	0.08	0.27	0.13	0.06
Calcium (Bodem)	Ca^{+}	0.12	0.26	0.20	0.16
Kalium (Bodem)	K^{+}	0.07	0.16	0.16	0.10
Natrium (Zee)	Na^{+}	0.21	0.13	0.50	2.0
Magnesium (Zee)	Mg^{+}	0.04	0.03	0.06	0.24
Ijzer (Bodem)	Fe^{+}	0.17	0.23	0.26	0.13
Fosfaat (Bodem)	P_2O_5	0.02	0.05	0.04	0.02
Sulfaat totaal Analyse	SO_4^{2-} I	4.9	5.8	4.0	1.7
Sulfaat (Industrie)	SO_4^{2-} anthrop	4.8	5.7	3.9	1.2
Sulfaat (op basis van natrium) (Zee)	SO_4^{2-} marine	0.05	0.03	0.12	0.51
Nitraat (Verkeer)	NO_3^{-}	8.9	10.7	15.3	3.1
Chloride (Zee)	Cl^{-}	0.39	0.72	1.1	3.2
Ammonium (Landbouw)	NH_4^{+}	3.4	4.1	4.1	0.85
Totaal Analyses		25.3	36.6	37.4	16.2
Totaal PM10 gewicht		24.1	34.2	32.6	16.8
Vergelijking	%	105%	107%	115%	97%
Klassificatie		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Onbekend		-1.2	-2.4	-4.8	0.6
Bodem		0.93	2.2	1.5	1.1
Zee		0.65	0.88	1.7	5.7
Antropogeen Anorganisch		17.1	20.48	23.3	2
Organisch en Elementair Koolstof		7.6	14.9	12.4	4.8

De verschillen in de totaal gemeten hoeveelheden laten ook een duidelijk verschil zien in de chemische samenstelling. Voor de laatste dag in de tabel is duidelijk te zien dat de bijdrage van zeezout (NaCl + MgCl) hoog is ten opzichte van de andere dagen.

Gemiddeld over deze vier dagen was ongeveer 7% van de aerosol afkomstig van zee daar zit ook een deel sulfaat bij. Carbonaten, Calcium, kalium en fosfor zijn afkomstig van de bodem. Samen goed voor ongeveer 5% van het materiaal op deze vier dagen.

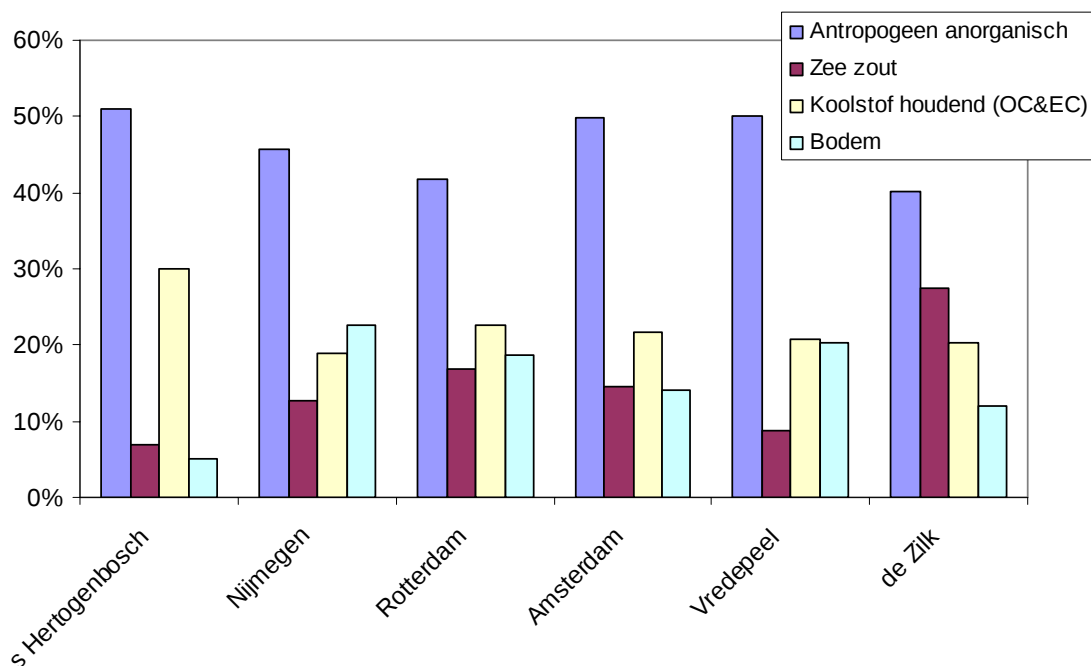
Ongeveer de helft van het PM10 materiaal wordt gevormd door ammonium nitraat, en ammonium sulfaat, aerosol, dat afkomstig is van de combinatie van verkeer, industrie en landbouw. De hoeveelheid nitraat die werd aangetroffen op de filters is hoger dan verwacht maar een goede verklaring hiervoor hebben we niet. De conclusie van deze data is dat het patroon niet veel verschilt van wat er op andere locaties werd gevonden.

Ter vergelijking is in Figuur 6.1 de verdeling weergegeven van de samenstelling van PM10 in 's Hertogenbosch gedurende de 4 meetdagen en PM 2.5 metingen in Amsterdam gemeten nabij de snelweg voor 27 dagen in de zomer. De verschillen die er zijn zeggen niets over een verschil in jaargemiddelde bijdragen. Er zijn in Nederland maar weinig van dit type metingen beschikbaar en daardoor is de mogelijkheid tot vergelijking beperkt. In een campagne in Amsterdam werden vlak bij de snelweg metingen verricht aan PM2.5. De in 's-Hertogenbosch gemeten verdeling is niet significant anders dan werd verwacht en uit de chemische analyse komen dus geen prominente onverwachte bronnen van PM10 te voorschijn.



Figuur 6.1 Verdeling van PM10 over verschillende materiaalklassen. Vergeleken met de zelfde soort metingen in Amsterdam (Mar Viana pers. com.)

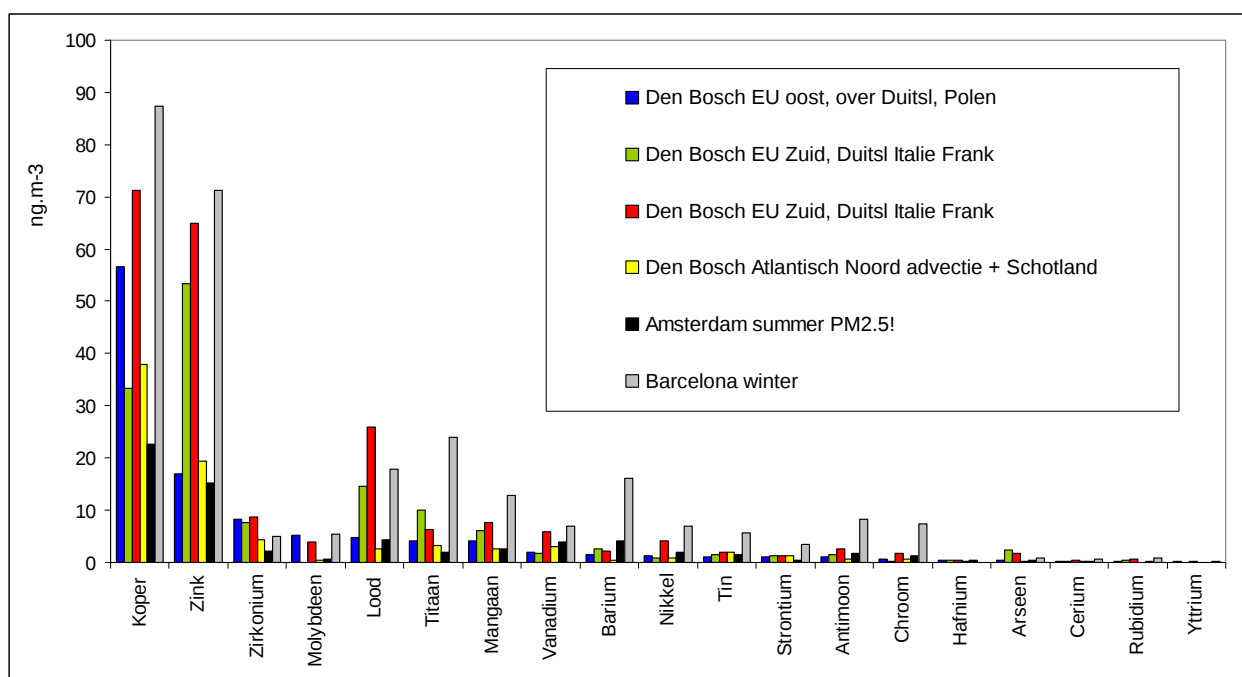
Door RIVM zijn in 1998-1999 filter metingen verricht op 6 verschillende locaties. (Visser, H., E. Buringh, and P.B. Breugel; Composition and Origin of Airborne Particulate Matter in the Netherlands,. **RIVM report 650010029** (2001)) In figuur 6.2 zijn de gerapporteerde jaargemiddelde waarden vergeleken met de PM10 samenstelling die we in 's Hertogenbosch hebben gevonden.



Figuur 6.2 Verdeling van PM10 over verschillende materiaalklassen voor deze meetcampagne vergeleken met (jaargemiddelde voor '98-'99!) waarden bepaald op een aantal, RIVM stations. (Visser et.al 2001)

De verdeling van PM10 over verschillende materiaalklassen geeft informatie over de bronnen die bijdragen aan het totaal niveau. Bij de vergelijking in figuur 6.2 is het van belang is dat we metingen van twee weken in 's Hertogenbosch naast jaargemiddelde niveaus van de RIVM stations leggen. In 's Hertogenbosch is de bijdrage van zeezout vergelijkbaar met Vredepeel en lager ten opzichte van het station de Zilk dat aan de kust ligt. De bijdrage van opwaaiend bodemstof is in de meetperiode in het voorjaar relatief laag in 's Hertogenbosch vergeleken met de jaargemiddelde niveaus op de andere stations. Gezien de tijd van het jaar waarin het de bodem relatief nat is, het groeiseizoen begint en er in de landbouw niet wordt geoogst of geploegd wordt, is dit verschil verklaarbaar. De verhouding tussen antropogeen anorganisch en koolstofhoudend PM10 is 1.7 voor 's Hertogenbosch. Dat is iets lager dan de jaargemiddelde niveaus op de andere stations. Daar ligt deze verhouding in de range 1.8 tot 2.4.

Naast de bulk elementen werd gekeken naar sporenelementen. De chemische samenstelling van PM10 is opgenomen in bijlage b. In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** zijn de metingen van de 20 componenten met de grootste bijdrage weergegeven. Het gaat hier om ng/m^3 materiaal, deze waarden zijn dus een factor 1000 kleiner dan de bulk bijdragen die hierboven werden besproken.



Figuur 6.3 Sporen elementen gemeten op de filters in 's-Hertogenbosch. Vergeleken met de zelfde soort metingen in Amsterdam en Barcelona (Mar Viana pers. comm)

Koper zink en Lood zijn de elementen die we het meest terug vinden op de filters. Zoals te zien is zijn al deze metingen in de zelfde orde als gemeten in Barcelona of Amsterdam. De metingen in Barcelona zijn in de winter uitgevoerd en daarom waarschijnlijk relatief wat hoger. Ook voor deze data geldt dat er geen waarden zijn die duiden op een groot effect van een of andere locale bron.

7. Conclusies

Met de hier gepresenteerde gegevens is het niet zonder meer mogelijk om op te schalen naar jaar gemiddelde of maandgemiddelde gegevens. Ook kunnen de gegevens niet gebruikt worden om te schatten hoeveel overschrijdingsdagen per jaar er zullen optreden.

7.1 Stikstofoxiden (NO_x)

De concentratieniveaus in de Brugstraat voor NO_x zijn zoals verwacht werd hoog. De waarden zijn van dezelfde orde grootte als op andere straatstations van het LML en bijvoorbeeld vergelijkbaar met de waarden die op een straatstation in Eindhoven worden gevonden.

Het is hierbij van belang te beseffen dat de plek van de inlaat van de meetapparatuur sterk bepalend is voor het gemeten concentratieniveau, juist als de concentratie in de straat oploopt. Op andere plekken in dezelfde straat kunnen de concentraties 2 keer zo hoog of 2 keer zo laag zijn. Er werd gemeten bij een punt waar ook de woonhuizen ventilatielucht inlaten. Deze concentratieniveaus zijn daarmee wel degelijk relevant voor de blootstelling.

Op momenten dat de straat leeg is, daalt de concentratie naar de waarden die RIVM ook op de achtergrondstations zoals Vredepeel of Biest meet.

Bij noordoostelijke aanstroming zijn de gemeten NO_x concentraties relatief hoger dan bij zuidwestelijke aanstroming. Dat is waarschijnlijk gekoppeld met het stopzetten van het verkeer tot onder het meetpunt door het stoplicht dat aan de Noordkant van de Brugstraat staat.

Dat de Brugstraat inderdaad met grote waarschijnlijkheid een knelpunt zal zijn is duidelijk. Er is geen reden om aan te nemen dat het gebruik van de achtergrondniveaus zoals die uit de LML gegevens worden afgeleid worden voor 's-Hertogenbosch tot grote overschatting van de concentraties zal leiden.

7.2 Fijn Stof (PM_{10})

De PM_{10} concentratie niveaus gemeten in de tuin van het Claraklooster liggen gemiddeld 26% boven de waarden op het regionaal LML station Biest Houtakker. Deze verhoging is een indicatie van de bijdrage van bronnen in en om 's Hertogenbosch. En geeft daarmee aan in welke mate lokaal beleid de PM_{10} niveaus zou kunnen beïnvloeden. De waarde van 26% geldt voor de periode waarin de metingen werden verricht en is dus geen jaarlijks gemiddelde.

De metingen aan de chemische samenstelling van PM_{10} op vier dagen geven een beeld dat vergelijkbaar is met wat er bijvoorbeeld in Amsterdam is gevonden. Het grootste deel van het PM_{10} signaal wordt op landelijke schaal bepaald en een relatief klein deel wordt toegevoegd door de lokale bronnen.

Bijlage A Meetapparatuur en calibraties

A.1 NO_x monitor

Gebruikte NO_x monitor is een Eco Physics, type CLD 700 AL. Dit instrument meet NO en NO+NO₂. Het NO₂ signaal wordt berekend door deze twee signalen van elkaar af te trekken. Het meetinstrument werd elke 10 seconden uitgelezen en de meetwaarden worden gemiddeld tot halfuurs gemiddelde niveaus. De inlaat van het meetsysteem is een 1.5 meter lange teflon leiding.

A.2 β-stof monitor

Deze monitor heeft een filter waar de lucht doorheen gezogen wordt. PM10 blijft achter op de filter en het filter wordt steeds meer beladen. Dit proces wordt gevolgd en uit de toename van de hoeveelheid stof op de filter wordt per uur een PM10 niveau berekend. Eens per dag wordt de filter automatisch verwisseld. De inlaat van het systeem is zo gemaakt dat alleen deeltjes kleiner dan 10 µm er doorheen komen (de zogenaamde PM10 fractie). De inlaatleiding is verwarmd om te zorgen dat deeltjes niet in condens aan de binnenkant van het inlaatsysteem worden afgevangen en het filter niet wordt beladen met water.

A.3 High Volume Sampler

Met dit instrument wordt een grote hoeveelheid lucht door een rond kwarts filter met een diameter van 20cm gezogen. PM10 wordt zo over een periode van 24 uur verzameld. Door de grote hoeveelheid lucht komt er ook een relatief grote hoeveelheid materiaal op de filter. Door van de filter voor het beladen en na het beladen het gewicht te bepalen kan een gemiddelde PM10 concentratie over de dag worden bepaald. Bovendien kunnen chemische analyses worden uitgevoerd aan het materiaal op de filter. De samenstelling kan informatie opleveren over de bronnen die hebben bijgedragen aan het PM10 niveau.

A.4 Calibratie van de monitoren

Gegevens van de β-stof monitor die werden verkregen in Petten werden in maanden voorafgaand aan het onderzoek op een aantal verschillende dagen vergeleken met gegevens zoals die beschikbaar zijn op internet van het LML station bij Wieringen. Daarbij zijn geen grote verschillen geconstateerd. Ook zijn de hier gepresenteerde metingen met die van omliggende stations vergeleken. Op basis daarvan gaan we er vanuit dat de hier gepresenteerde getallen voor PM10 in lijn zijn met de LML getallen. Er is gekozen voor deze methode van vergelijking omdat voor beleid het 24uur glijdend gemiddelden van belang zijn. Een andere optie om gedurende een periode van een paar uur bij een LML station te gaan staan had voor verificatie van deze parameter dus minder zin gehad.

De NO_x monitor is vergeleken met metingen op een station in Amsterdam en een calibratie van het instrument met gas standaarden is verricht bij TNO-MEP met ijkassen van 280 ppb NO en 345 ppb NO₂.

Bijlage B Resultaten Chemische Analyses

Tabel B.1 *Metingen van de chemische Samenstelling PM10 in 's Hertogenbosch (Sporen Elementen)*

	Datum	22-2-2006	24-2-2006	2-3-2006	6-3-2006
	Route over europa	EU oost, over Duitsl, Polen	EU Zuid, Duitsl Italie Frank	Atlantisch Noord advection + UK	Atlantisch Noord advection + Schotland
	Locale meteo	Noord Oost 6.1 m/s	Noord Oost 6.1 m/s	Zuid West 5.4 m/s	West 4 m/s
Sporen elementen	ng/m3				
Koper	Cu	56.57	33.27	71.24	37.85
Zink	Zn	16.98	53.43	64.99	19.43
Zirkonium	Zr	8.32	7.56	8.70	4.29
Molybdeen	Mo	5.27	0.00	3.99	0.52
Lood	Pb	4.69	14.62	25.92	2.54
Titaan	Ti	4.17	10.03	6.43	3.37
Mangaan	Mn	4.08	6.17	7.63	2.54
Vanadium	V	2.01	1.83	5.91	3.00
Barium	Ba	1.63	2.66	2.26	0.48
Nikkel	Ni	1.24	0.94	4.10	0.96
Tin	Sn	1.06	1.63	2.01	2.04
Strontium	Sr	0.99	1.22	1.39	1.39
Antimoon	Sb	0.98	1.59	2.60	0.61
Chroom	Cr	0.65	0.21	1.81	0.62
Hafnium	Hf	0.38	0.35	0.41	0.18
Arseen	As	0.36	2.32	1.79	0.29
Cerium	Ce	0.29	0.28	0.39	0.12
Rubidium	Rb	0.22	0.52	0.58	0.10
Yttrium	Y	0.18	0.06	0.12	0.05
Lanthaan	La	0.13	0.13	0.44	0.08
Wolfraam	W	0.12	0.19	0.29	0.05
Kobalt	Co	0.12	2.80	1.18	0.29
Boor	B	0.11	0.00	0.00	0.00
Neodymium	Nd	0.11	0.10	0.12	0.04
Bismut	Bi	0.10	0.18	0.27	0.04
Cadmium	Cd	0.10	0.31	0.62	0.08
Niobium	Nb	0.10	0.10	0.09	0.05
Lithium	Li	0.09	0.23	0.13	0.08
Gallium	Ga	0.07	0.34	0.08	0.02
Uraan	U	0.07	0.02	0.05	0.01
Thorium	Th	0.05	0.03	0.04	0.01
Seleen	Se	0.04	0.29	0.45	0.28
Gadolinium	Gd	0.03	0.01	0.02	0.01
Dysprosium	Dy	0.03	0.01	0.02	0.01
Praseodymium	Pr	0.03	0.02	0.03	0.01
Samarium	Sm	0.02	0.01	0.02	0.00
Erbium	Er	0.01	0.01	0.01	0.00
Ytterbium	Yb	0.01	0.01	0.01	0.00
Thallium	Tl	0.01	0.12	0.10	0.00

Terbium	Tb	0.01	0.00	0.01	0.00
Europium	Eu	0.01	0.00	0.01	0.00
Holmium	Ho	0.01	0.00	0.00	0.00
Beryllium	Be	0.00	0.00	0.00	0.00
Scandium	Sc	0.00	0.00	0.00	0.00
Germanium	Ge	0.00	0.00	0.00	0.00
Cesium	Cs	0.00	0.06	0.11	0.00

Bijlage C Besluit luchtkwaliteit 2005

C.1 Paragraaf 2.2 Grenswaarden, plandrempels en alarmdrempel voor stikstofdioxide

C.1.1 Artikel 15

1. Voor stikstofdioxide gelden de volgende grenswaarden voor de bescherming van de gezondheid van de mens:
 - a. 200 microgram per m³ als uurgemiddelde concentratie, waarbij geldt dat deze maximaal achttien maal per kalenderjaar mag worden overschreden, en
 - b. 40 microgram per m³ als jaargemiddelde concentratie, uiterlijk op 1 januari 2010.
2. Het eerste lid, onder a, is met ingang van 1 januari 2010 van toepassing bij wegen waarvan ten minste 40.000 motorvoertuigen per etmaal gebruik maken.
3. Tot 1 januari 2010 geldt bij de wegen, bedoeld in het tweede lid, voor stikstofdioxide een grenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens van 290 microgram per m³ als uurgemiddelde concentratie, waarbij geldt dat deze maximaal achttien maal per kalenderjaar mag worden overschreden.
4. Indien ten gevolge van maatregelen die door één of meer bestuursorganen zijn genomen met het oog op het voorkomen of beperken van luchtverontreiniging bij de wegen, bedoeld in het tweede lid, in een kalenderjaar voor het jaar 2010 de grenswaarde wordt bereikt van 200 microgram per m³ als uurgemiddelde concentratie, met maximaal achttien overschrijdingen per kalenderjaar, geldt, in afwijking van het tweede en derde lid, deze grenswaarde met ingang van het jaar volgend op het jaar waarin de grenswaarde, bedoeld in de eerste volzin is bereikt.

C.1.2 Artikel 16

Voor stikstofdioxide gelden de volgende plandrempels voor de bescherming van de gezondheid van de mens, gedefinieerd als jaargemiddelde concentraties:

- a. in 2005, 50 microgram per m³;
- b. in 2006, 48 microgram per m³;
- c. in 2007, 46 microgram per m³;
- d. in 2008, 44 microgram per m³;
- e. in 2009, 42 microgram per m³.

C.1.3 Artikel 17

Voor stikstofdioxide gelden bij de wegen, bedoeld in artikel 15, tweede lid, de volgende plandrempels voor de bescherming van de gezondheid van de mens, gedefinieerd als uurgemiddelde concentraties waarbij geldt dat deze maximaal achttien maal per kalenderjaar mogen worden overschreden:

- a. in 2005, 250 microgram per m³;
- b. in 2006, 240 microgram per m³;
- c. in 2007, 230 microgram per m³;
- d. in 2008, 220 microgram per m³;
- e. in 2009, 210 microgram per m³.

C.1.4 Artikel 18

Voor stikstofdioxide geldt 400 microgram per m³ als uurgemiddelde concentratie gedurende drie achtereenvolgende uren, in gebieden met een oppervlakte van ten minste 100 km², als alarmdrempel.

C.2 Paragraaf 2.3 Grenswaarde voor stikstofoxiden

C.2.1 Artikel 19

Voor stikstofoxiden geldt 30 microgram per m³ als jaargemiddelde concentratie als grenswaarde voor de bescherming van vegetatie, in gebieden met een oppervlakte van ten minste 1000 km² die gelegen zijn op een afstand van ten minste 20 km van agglomeraties of op een afstand van ten minste 5 km van andere gebieden met bebouwing, van inrichtingen of van autosnelwegen, waar de vegetatie naar het oordeel van het bevoegde bestuursorgaan bijzondere bescherming behoeft.

C.3 Paragraaf 2.4 Grenswaarden voor zwevende deeltjes (PM₁₀)

C.3.1 Artikel 20

Voor zwevende deeltjes (PM₁₀) gelden de volgende grenswaarden voor de bescherming van de gezondheid van de mens:

- a. 40 microgram per m³ als jaargemiddelde concentratie;
- b. 50 microgram per m³ als vierentwintig-uurgemiddelde concentratie, waarbij geldt dat deze maximaal vijfendertig maal per kalenderjaar mag worden overschreden.