

Life+ ATMOSYS snelwegcampagne: Luchtkwaliteit nabij de E40-snelweg in Affligem

DOCUMENTBESCHRIJVING

Titel

Life+ ATMOSYS snelwegcampagne: Luchtkwaliteit nabij de E40-snelweg in Affligem

Samenstellers

Afdeling Lucht, Milieu en Communicatie, VMM
Dienst Lucht

Inhoud

Dit rapport geeft een beeld van hoe de concentraties van fijn stof (PM₁₀ en PM_{2,5}), zwarte koolstof (BC), stikstofdioxide (NO₂), ammoniak (NH₃) en vluchtige organische componenten (VOC) in de omgevingslucht variëren in functie van de afstand tot een snelweg. Hiertoe voerde de Vlaamse Milieumaatschappij metingen uit op 4 verschillende locaties nabij de E40-snelweg in Affligem in de periode van 21 april 2012 tot 7 februari 2013. Deze studie maakt deel uit van het Life+ ATMOSYS project, gefinancierd door de Europese Commissie.

Wijze van refereren

VMM (2013), Life+ ATMOSYS snelwegcampagne: Luchtkwaliteit nabij de E40-snelweg in Affligem

Verantwoordelijke uitgever

Philippe D'Hondt, Afdelingshoofd Lucht, Milieu en Communicatie
Vlaamse Milieumaatschappij

Vragen in verband met dit rapport

Vlaamse Milieumaatschappij
A. Van de Maelestraat 96
9320 Erembodegem
Tel: 053 72 62 10
Fax: 053 71 10 78
info@vmm.be

Depotnummer
D/2013/6871/041

Samenvatting

Het wegverkeer is een bron van tal van luchtverontreinigende stoffen. De Vlaamse Milieumaatschappij onderzocht hoe de concentraties van bepaalde polluenten afnemen in functie van de afstand tot een autosnelweg. Daarom voerde de VMM tussen 21 april 2012 en 7 februari 2013 metingen uit op verschillende afstanden van de E40-snelweg in Affligem. We hebben dit stuk van de snelweg bewust gekozen omdat:

- het een drukke verkeersader is met zowel veel vrachtverkeer als personenwagens;
- deze een gunstige oriëntatie heeft bijna loodrecht op de meest voorkomende ZW-windrichting.

De VMM voerde twee types metingen uit:

- automatische metingen van:
 - zwarte koolstof (BC);
 - fijn stof (PM₁₀ en PM_{2,5});
 - stikstofoxiden (NO_x).
- semiautomatische metingen van:
 - stikstofdioxide (NO₂);
 - ammoniak (NH₃);
 - vluchtige organische componenten (VOC);
 - fijn stof (PM₁₀).

Automatische metingen genereren ieder half uur een meetresultaat. Je kan bijgevolg nagaan in welke mate weerkundige parameters zoals windrichting en windsnelheid een invloed uitoefenen op de gemeten concentraties. Ook kan je voor deze polluenten pollutierozen maken. Een pollutieroos koppelt de luchtconcentraties van een bepaalde stof aan de dan heersende windrichting. Een pollutieroos is nuttig om de richting van de bron aan te duiden.

De meetperiodes van de semiautomatische metingen lopen over een langere tijdspanne: één dag voor PM₁₀, één week voor NO₂ en twee weken voor NH₃ en de VOC. Een koppeling met de meteo en het maken van pollutierozen is hier dus minder zinvol.

De VMM installeerde op verschillende plaatsen nabij de E40-snelweg in Affligem meettoestellen. De meetwagen (L800) stond aan één kant van de snelweg op een afstand van 17 meter van de rand. De locatie van deze meetwagen lag windopwaarts ten opzichte van de meest voorkomende ZW-windrichting. Aan de overzijde stonden drie verschillende mobiele meetinstallaties op een afstand van 6 meter (MW02), 55 meter (MW03) en 96 meter (MW04). Met automatische monitoren hebben we zwarte koolstof (BC) en fijn stof (PM₁₀ en PM_{2,5}) gemeten op elk van deze plaatsen. In meetwagen L800 was ook een automatische monitor voor stikstofoxiden (NO_x) in werking. Verder werden op al deze plaatsen en bijkomend ook op afstanden van 28 meter en 146 meter passieve samplers opgehangen, waarmee we stikstofdioxide (NO₂), ammoniak (NH₃) en vluchtige organische componenten (VOC) hebben gemeten.

Tijdens de volledige meetcampagne kwam de wind hoofdzakelijk uit het zuidwesten. Dit maakt het mogelijk om:

- te evalueren hoe de concentraties afnemen in functie van de afstand tot de snelweg;
- het verschil in concentraties tussen de meetplaatsen het dichtst bij de snelweg te bekijken.

We overlopen hier kort de belangrijkste bevindingen per polluent:

- Voor **zwarte koolstof** (BC) vinden we bij ZW-wind een verschil van 3,9 µg/m³ tussen de twee meetplaatsen het dichtst bij de snelweg (L800 en MW02). De concentratie van zwarte koolstof neemt sterk af met de afstand tot de autosnelweg. Bij ZW-wind daalt de zwartekoolstofconcentratie van MW02 naar MW04 – een afstand van 90 meter – van 4,6 µg/m³ naar 1,6 µg/m³ (bijna een factor 3). De pollutierozen voor BC wijzen sterk in de richting van de snelweg. Het dagverloop van BC vertoont ook een zeer goede overeenkomst met de intensiteit van het verkeer.
- Met passieve samplers voor **stikstofdioxide** (NO₂) vinden we een verschil van 34 µg/m³ tussen de twee meetplaatsen het dichtst bij de snelweg. Er is ook een sterke afname in functie

van de afstand. Zo daalt de NO_2 -concentratie tussen de meetplaatsen op 6 meter en 146 meter met meer dan de helft, van $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ naar $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ook de resultaten afkomstig van de automatische NO_x -monitor op L800 tonen een sterke correlatie met de intensiteiten van de verkeerstellingen. De pollutieroos duidt de snelweg aan als bron van NO_x . Bovendien vinden we een sterke correlatie tussen NO_2 en BC.

- Voor **PM₁₀-fijn stof** vinden we bij ZW-wind een verschil van $8,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tussen de twee meetplaatsen het dichtst bij de snelweg (L800 en MW02). Voor PM_{2,5}-fijn stof bedraagt dit verschil nog $5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bij ZW-wind. Er is een beperkte daling te zien bij ZW-wind van MW02 naar MW04. Voor PM₁₀ is deze daling van $22,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ naar $18,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (factor 1,2x) en voor PM_{2,5} van $13,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ naar $11,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (factor 1,3x). Het dagverloop van de fijnstofconcentraties vertoont een lichte overeenkomst met het verkeer. Op de pollutierozen voor fijn stof komt de snelweg minder tot uiting. Voor fijn stof is de correlatie met het verkeer dus veel minder uitgesproken.
- De **vluchtige organische componenten** (VOC) gaven voor de meeste geanalyseerde pollutanten zeer lage concentraties. Enkel voor benzeen, toluen en de drie xyleen isomeren – die deel uitmaken van de subgroep BTEX – vonden we concentraties die voldoende boven de detectielimiet lagen. Er werd echter geen verband gevonden in functie van de afstand tot de snelweg.
- Bij **ammoniak** (NH_3) vonden we dat er een grote verhoging was bij een meetplaats die suggereert dat er een lokale bron was van mest. Het is niet uitgesloten dat er vanwege deze lokale bron stoffen werden gevormd die een invloed hebben gehad op de fijnstofmetingen nabij mobiele meetinstallatie MW04. Ook hier was er geen onmiddellijk verband met de snelweg.

Uit deze studie volgt dus een sterke correlatie met verkeer voor:

- zwarte koolstof (BC);
- stikstofdioxide en stikstofmonoxide (NO_2 en NO).

Voor fijn stof is dit minder uitgesproken en voor de vluchtige organische componenten en ammoniak helemaal niet.

In 2008 voerde de VMM een gelijkaardige campagne uit aan de E19 nabij Rumst. Als we die resultaten vergelijken met deze uit de huidige studie dan vinden we nu een meer uitgesproken correlatie tussen de afstand van de E40-snelweg en de dalende concentraties van fijn stof en stikstofdioxide. We vermoeden dat de andere oriëntatie van de E40-snelweg ten opzichte van de metingen – loodrecht op de overheersende windrichting – hierin een belangrijke rol speelt. Ook de meetperiode, lokale meteo en de verkeerssamenstelling kunnen de resultaten mee beïnvloeden. Bovendien stonden de meettoestellen nu dichter bij de autosnelweg opgesteld.

In deze studie hebben we de concentraties van een aantal belangrijke pollutanten gemeten. Toch zijn er nog een aantal stoffen die ook een belangrijke link met verkeer kunnen hebben:

- polyaromatische koolwaterstoffen (PAK's);
- zware metalen;
- bepaling van ionen (specifiek ammonium-zouten);
- bepaling van EC/OC.

Daarom heeft de VMM de filters waarop PM₁₀-fijn stof werd bemonsterd met de Leckel SEQ 47/50 ingevroren. We kunnen deze filters gebruiken om in de toekomst verdere analyses te doen.

Deze meetcampagne maakt deel uit van het door de Europese Commissie financieel ondersteunde Life+ ATMOSYS project.

Meer informatie over dit project vindt u op <http://www.atmosys.eu>.



Summary

Road traffic is an important source of various pollutants. The Flemish Environment Agency (VMM) conducted a study to find out how pollutant concentrations decrease with increasing distance from a highway. From the 21st of April 2012 until the 7th of February 2013 air quality measurements were done at varying distances from the E40 highway in Affligem. This highway was chosen deliberately because:

- it is a busy highway with both passenger cars and heavy duty vehicles;
- it is oriented nearly perpendicular to the most dominant SW-wind direction.

The VMM carried out two types of measurements:

- automated measurements of:
 - black carbon (BC);
 - particulate matter (PM₁₀ en PM_{2,5});
 - nitrogen oxides (NO_x).
- semi-automated measurements of:
 - nitrogen dioxide (NO₂);
 - ammonia (NH₃);
 - volatile organic compounds (VOC);
 - particulate matter (PM₁₀).

Automated measurements provide results every half hour and allow to further investigate the influence of meteorological parameters like wind speed and wind direction on the measured concentrations. It also allows making pollution roses which connect the measured concentrations to wind directions. Such a pollution rose is a helpful tool to indicate the direction of sources.

Semi-automated measurements are performed over longer periods varying from one day (PM₁₀), to one week (NO₂) and two weeks (NH₃ and VOC). Due to these longer measurement periods working with averaged meteorological data and according pollution roses is not meaningful.

The VMM installed measurement equipment at various locations near the E40 highway in Affligem. A measuring vehicle (L800) was placed at a distance of 17 meter from the road. On the opposite side of the highway 3 mobile instrument trailers were placed at distances of 6 meters (MW02), 55 meters (MW03) and 96 meters (MW04). With automated monitors we measured black carbon (BC) and particulate matter (PM₁₀ and PM_{2,5}) at each of these sites. In measuring vehicle L800 there was also an automated NO_x-monitor. At each of these locations as well as at 28 meters and 146 meters semi-automated measurements of nitrogen dioxide (NO₂), ammonia (NH₃) and volatile organic compounds (VOC) were carried out. Also, measurements of PM₁₀ particulate matter onto quartz filters was done with low volume samplers placed next to L800, MW02, MW03 and MW04.

During the entire measurement campaign the dominant wind direction was southwest. This allowed us to:

- investigate how pollutant concentrations decrease with distance from the highway;
- examine the differences in concentrations at locations closest to the highway.

The main findings of this study are:

- For **black carbon** (BC) the difference with SW-wind between the two sites closest to the highway (L800 and MW02) is 3,9 µg/m³. The black carbon concentration decreases quickly with increasing distance. We find with SW-wind that the black carbon concentration from MW02 to MW04 – a distance of 90 meters – decreases from 4,6 µg/m³ down to 1,6 µg/m³ (almost a factor 3x). We also saw a strong correlation with traffic in the diurnal pattern as well as the pollution roses pointing strongly in the direction of the highway.
- Measurements with passive samplers of **nitrogen dioxide** (NO₂) showed a difference of 34 µg/m³ between the two locations closest to the highway. There was also a strong decrease as a function of the distance. We found between sites at 6 meters and 146 meters a decrease from 69 µg/m³ to 30 µg/m³ (more than half). From the diurnal pattern measured with the NO_x-

monitor in L800 we also saw a strong correlation with traffic and the pollution rose also points strongly to the highway.

- For **PM₁₀ particulate matter** the difference with SW-wind between the two sites closest to the highway (L800 and MW02) is 8,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ while for PM_{2,5} it is 5,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. There is a slight decrease from MW02 to MW04. For PM₁₀ this decrease is from 22,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ to 18,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (factor 1,2x) en for PM_{2,5} from 13,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ to 11,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (factor 1,3x). The diurnal pattern of particulate matter concentrations shows a slight agreement with traffic. From the pollution roses the highway is weakly visible.
- Most **volatile organic compounds** (VOC) had very low concentrations. Only for benzene, toluene and the three xylene isomers – part of the BTEX subgroup – we found concentrations sufficiently above the detection limit. We did not find a direct link with increasing distances from the highway.
- For **ammonia** (NH₃) we found a big increase near one measuring site which suggests a local source of manure. It is possible that this source leads to the formation of compounds that might influence the measurements of particulate matter near mobile instrument trailer MW04.

We found a strong correlation with traffic for:

- black carbon (BC);
- nitrogen oxides (NO, NO₂ and NO_x).

For particulate matter the correlation was less pronounced and for volatile organic compounds and ammonia no correlation was found.

In 2008 the VMM performed a similar measurement campaign near the E19 highway in Rumst. When comparing those results with this study we now find a clearer correlation between the distance to the E40 highway and decreasing pollutant concentration. We suspect that the orientation of the E40 highway plays an important role as well as the measurement period, local meteorological conditions and traffic. Also the measurement sites in the present study were closer to the highway.

The quartz filters containing PM₁₀ measured with the low volume samplers were stored in a freezer. It is possible to analyze them later for other pollutants known to have an important link with traffic, like:

- polyaromatic hydrocarbons (PAH);
- heavy metals;
- ions (specifically ammonium salts);
- elemental and organic carbon (EC/OC).

This campaign was part of the Life+ ATMOSYS project with financial support from the European Commission. More information about this project can be found at <http://www.atmosys.eu>.



INHOUDSTAFEL

Samenvatting	3
Summary	5
1 Life+ ATMOSYS	11
2 Beschrijving van de snelwegcampagne.....	12
2.1 Meetplaatsen.....	12
2.2 Polluenten en meetmethodes	14
2.2.1 Fijn stof (PM _{2,5})	15
2.2.2 Fijn stof (PM ₁₀)	15
2.2.3 Zwarte koolstof of black carbon (BC).....	16
2.2.4 Stikstofdioxide (NO ₂).....	16
2.2.5 Ammoniak (NH ₃)	17
2.2.6 Vluchtige organische componenten (VOC)	17
2.3 Meteo	18
3 Bespreking resultaten.....	21
3.1 Verkeerstellingen.....	21
3.1.1 Richting Brussel	21
3.1.2 Richting Gent	25
3.2 Beschikbare data.....	29
3.2.1 Monitoren	29
3.2.2 Passieve samplers.....	30
3.3 Zwarte koolstof (BC).....	31
3.3.1 Dagverloop.....	33
3.4 Stikstofdioxide (NO ₂)	34
3.4.1 Vergelijking met passieve samplers.....	35
3.4.2 Verhouding NO ₂ tot NO _x	36
3.4.3 Dagverloop NO en NO ₂	38
3.5 Fijn stof (PM ₁₀ en PM _{2,5}).....	40
3.5.1 Vergelijking monitoren met Leckel.....	44
3.5.2 Dagverloop fijnstofconcentratie.....	48
3.6 Vluchtige organische componenten (VOC).....	50
3.7 Ammoniak (NH ₃)	53
4 Verband zwarte koolstof en stikstofoxiden.....	55
5 Vergelijking met andere meetcampagne	57
6 Modellerings	60
7 Besluit	61
 Bijlage 1: Specificatie parameters	 2

FIGUREN

Figuur 1: Overzicht van de meetplaatsen van de snelwegcampagne	13
Figuur 2: Overzicht van de meetplaatsen nabij de E40-snelweg in Affligem. Van links naar rechts en boven naar onder: mobiele meetinstallatie MW02 en meetplaats AF02; meetplaats AF03; mobiele meetinstallatie MW03 en meetplaats AF04; mobiele meetinstallatie MW04 en meetplaats AF05; meetplaats AF06; meetwagen L800 en meetplaats AF07	14
Figuur 3: TEOM-FDMS fijnstof-monitor gebruikt voor zowel PM ₁₀ - als PM _{2,5} -metingen	15
Figuur 4: Leckel SEQ 47/50, het referentietoestel voor de bemonstering van PM ₁₀ fijn stof	16
Figuur 5: MAAP-monitor gebruikt voor de bepaling van zwarte koolstof (BC)	16
Figuur 6: Passieve sampler voor NO ₂ van het merk IVL (links) en Thermo 42i NO _x -monitor (rechts) .	17
Figuur 7: Voorbeeld van een radiaal- of cilindervormig-type passieve sampler van het merk Radiello	17
Figuur 8: Windsnelheid en windrichting gemeten op L800 tijdens de meetcampagne	18
Figuur 9: Windsnelheid en windrichting gemeten op het vast meetstation M701 (Gent) tijdens de meetcampagne	19
Figuur 10: Gemiddelde dagtemperatuur en hoeveelheid neerslag gemeten op het vast meetstation in Gent (M701)	20
Figuur 11: Weekoverzicht gemiddeld aantal niet-vrachtwagens per dag opgedeeld per baanvak richting Brussel (R=rechter-; M=midden-; L=linker baanvak)	22
Figuur 12: Weekoverzicht gemiddelde snelheid niet-vrachtwagens per dag opgedeeld per baanvak richting Brussel (R=rechter-; M=midden-; L=linker baanvak)	23
Figuur 13: Weekoverzicht gemiddeld aantal voertuigen vrachtverkeer per dag opgedeeld per baanvak richting Brussel (R=rechter-; M=midden-; L=linker baanvak). Opmerking: kleinere schaalverdeling voor het linker baanvak (L)	24
Figuur 14: Weekoverzicht gemiddelde snelheid vrachtverkeer per dag opgedeeld per baanvak richting Brussel (R=rechter-; M=midden-; L=linker baanvak)	25
Figuur 15: Weekoverzicht gemiddeld aantal niet-vrachtwagens per dag opgedeeld per baanvak richting Gent (R=rechter-; M=midden-; L=linker baanvak)	26
Figuur 16: Weekoverzicht gemiddelde snelheid niet-vrachtwagens per dag opgedeeld per baanvak richting Gent (R=rechter-; M=midden-; L=linker baanvak)	27
Figuur 17: Weekoverzicht gemiddeld aantal voertuigen vrachtverkeer per dag opgedeeld per baanvak richting Gent (R=rechter-; M=midden-; L=linker baanvak). Opmerking: kleinere schaalverdeling voor het linker baanvak (L)	28
Figuur 18: Weekoverzicht gemiddelde snelheid vrachtverkeer per dag opgedeeld per baanvak richting Gent (R=rechter-; M=midden-; L=linker baanvak)	29
Figuur 19: Overzicht van het percentage beschikbare meetgegevens per mobiele installatie MW02, MW03 en MW04 en in meetwagen L800 opgedeeld per pollutant	30
Figuur 20: Percentage beschikbare metingen met passieve samplers en Leckels	31
Figuur 21: Verloop van de gemiddelde concentratie zwarte koolstof (BC) in functie van de afstand tot de snelweg	32
Figuur 22: Pollutieroos voor zwarte koolstof (BC) voor de mobiele meetinstallaties MW02 (rood), MW03 (cyaan) en MW04 (oranje) en meetwagen L800 (paars)	33
Figuur 23: Dagverloop van de zwarte koolstof (BC) concentratie	34
Figuur 24: Verloop van de stikstofdioxide (NO ₂) concentratie in functie van de afstand tot de snelweg	35
Figuur 25: Vergelijking weekgemiddelde NO ₂ -concentratie meetplaats AF07 en meetwagen L800. De ideale 1:1 verhouding wordt getoond door de blauwe onderbroken lijn samen met de resultaten van de lineaire regressie	36
Figuur 26: Pollutierozen voor NO en NO ₂ gemeten op de meetwagen L800	37
Figuur 27: Pollutierozen voor NO en NO ₂ gemeten op de verkeersgerichte meetplaats R802 (Antwerpen-Borgerhout) tijdens dezelfde meetperiode als de snelwegcampagne	37
Figuur 28: Verhouding NO ₂ /NO _x gemeten op de meetwagen L800 (Affligem) en op het verkeersgerichte meetstation R802 (Antwerpen-Borgerhout)	38
Figuur 29: Dagverloop van de NO- en NO ₂ -concentratie voor meetwagen L800 vergeleken met meetplaats R802 (Antwerpen-Borgerhout)	39
Figuur 30: Dagverloop van de NO ₂ - tot NO _x -verhouding voor de meetwagen L800 en de verkeersgerichte meetplaats R802	40
Figuur 31: Verloop van de gemiddelde concentratie PM ₁₀ fijn stof in functie van de afstand tot de snelweg	41

Figuur 32: Verloop van de gemiddelde concentratie PM _{2,5} fijn stof in functie van de afstand tot de snelweg.....	42
Figuur 33: Pollutieroos voor PM ₁₀ fijn stof voor de mobiele meetinstallaties MW02 (rood), MW03 (cyaan) en MW04 (oranje) en meetwagen L800 (paars)	43
Figuur 34: Pollutieroos voor PM _{2,5} fijn stof voor de mobiele meetinstallaties MW02 (rood), MW03 (cyaan) en MW04 (oranje) en meetwagen L800 (paars)	44
Figuur 35: Vergelijking van het PM ₁₀ -daggemiddelde gemeten met Leckel en TEOM-FDMS per meetplaats	45
Figuur 36: Lineaire regressie van het PM ₁₀ -daggemiddelde (Leckel en TEOM-FDMS) per meetplaats. De ideale 1:1 verhouding wordt getoond door de blauwe diagonale lijn.....	47
Figuur 37: Dagverloop van de totale fijnstofconcentraties voor PM ₁₀ en PM _{2,5}	49
Figuur 38: Dagverloop van het niet-vluchtige (linker Y-as) en vluchtige (rechter Y-as) aandeel in PM ₁₀	49
Figuur 39: Dagverloop van het niet-vluchtige (linker Y-as) en vluchtige (rechter Y-as) aandeel in PM _{2,5}	50
Figuur 40: Verloop van de benzeenconcentratie in functie van de afstand tot de snelweg	51
Figuur 41: Verloop van de toluleenconcentratie in functie van de afstand tot de snelweg	52
Figuur 42: Verloop van de m- en p-xyleen concentratie in functie van de afstand tot de snelweg	53
Figuur 43: Verloop van de ammoniak (NH ₃) concentratie in functie van de afstand tot de snelweg	54
Figuur 44: Verband tussen zwarte koolstof (BC) en stikstofmonoxide (NO), stikstofoxiden (NO _x) gemeten op meetwagen L800	55
Figuur 45: Verband tussen zwarte koolstof (BC) en stikstofmonoxide (NO), stikstofoxiden (NO _x) gemeten op de verkeersgerichte meetplaats R802 (Antwerpen-Borgerhout) tijdens dezelfde meetperiode als de snelwegcampagne.....	56
Figuur 46: Windsnelheid en windrichting gemeten op L800 tijdens de E19-snelwegcampagne	57
Figuur 47: Vergelijking gemeten NO ₂ -concentraties in de snelwegcampagnes nabij de E19 (Rumst) en de E40 (Affligem).....	58
Figuur 48: Vergelijking gemiddelde PM ₁₀ - en PM _{2,5} -concentraties in de snelwegcampagnes nabij de E19 (Rumst) en de E40 (Affligem)	59

TABELLEN

Tabel 1: Kort overzicht gemeten pollutanten en de belangrijkste eigenschappen per meetmethode ...	12
Tabel 2: Overzicht afstand tot de E40-snelweg en GPS coördinaten per meetplaats.....	13
Tabel 3: Voorkomen van de windrichting (%) en de gemiddelde windsnelheid (m/s) per sector voor de meetwagen L800 en het vaste meetstation M701.	20
Tabel 4: Gemiddelde concentratie (µg/m ³) van zwarte koolstof (BC) met het 95% betrouwbaarheidsinterval op de gemiddelde halfuurconcentratie (µg/m ³).....	31
Tabel 5: Gemiddelde NO ₂ -concentratie (µg/m ³) van de wekelijkse metingen met passieve samplers en het 95% betrouwbaarheidsinterval (µg/m ³)	34
Tabel 6: Gemiddelde concentratie (µg/m ³) van PM ₁₀ en PM _{2,5} fijn stof samen met het 95% betrouwbaarheidsinterval (µg/m ³)	40
Tabel 7: Gemiddelde concentraties (µg/m ³) voor PM ₁₀ en PM _{2,5} en hun fracties samen met het 95% betrouwbaarheidsinterval (µg/m ³)	48
Tabel 8: Overzicht van de gemeten vluchtige organische componenten (VOC).	50

AFKORTINGEN

ppb: *parts per billion* of aantal deeltjes per miljard (10^9)

μm : micrometer of één miljoenste meter (10^{-6} m)

BC: *black carbon* of zwarte koolstof, nauw verwant aan roet en elementaire koolstof

MAAP: *Multiangle Absorption Photometer*

NO: stikstofmonoxide

NO₂: stikstofdioxide

NO_x: stikstofoxiden, de verzamelnaam voor NO en NO₂ samen

PM₁₀: fijn stof met een deeltjesgrootte van 10 μm en kleiner

PM_{2,5}: fijn stof met een deeltjesgrootte van 2,5 μm en kleiner

TEOM-FDMS: *Tapered Element Oscillating Microbalance – Filter Dynamic Measurement System*

TSP: *total suspended particles*, de totale hoeveelheid fijnstofdeeltjes zonder onderscheid in deeltjesgrootte

1 Life+ ATMOSYS

De hier beschreven meetcampagne maakt deel uit van het Life+ ATMOSYS project gefinancierd door de Europese Commissie. De Vlaamse Milieumaatschappij (VMM), de Intergewestelijke Cel voor het Leefmilieu (IRCEL) en de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO) hebben samen hun krachten gebundeld in dit project.

Het doel van het Life+ ATMOSYS project is om een geavanceerde website te ontwikkelen die gebruik maakt van de allernieuwste luchtkwaliteitsmodellen. Zo zal het onder andere mogelijk zijn om via de website voorspellingen van de luchtkwaliteit te bekijken voor de pollutanten ozon, fijn stof, stikstofdioxide en elementaire koolstof of roet.

Binnen het project zorgt de VITO voor de ontwikkeling van de luchtkwaliteitsmodellen en de website. De IRCEL ontwikkelt mee de technologie voor de website en zorgt voor de kwaliteitscontrole van de luchtkwaliteitsmodellen. De VMM ontwikkelt verder zijn emissie inventaris en levert metingen aan om de luchtkwaliteitsmodellen verder te ontwikkelen en te toetsen aan de werkelijkheid. Naast metingen uit het al uitgebreide meetnet van de VMM werden ook specifieke meetcampagnes opgezet. In dit rapport beschrijven we de snelwegcampagne die werd uitgevoerd binnen het project.

De doelgroep van gebruikers van de Life+ ATMOSYS website zijn zowel geïnteresseerde burgers als beleidsmakers en experts in luchtkwaliteitsmodellen. De huidige stand van dit project en de meest recente ontwikkelingen vindt u op <http://www.atmosys.eu>.

2 Beschrijving van de snelwegcampagne

Met deze meetcampagne wilden we nagaan hoe de concentraties van verschillende polluenten afnemen in functie van de afstand tot een snelweg. Hiervoor hebben we fijn stof (PM_{10} en $PM_{2,5}$), zwarte koolstof (BC), stikstofdioxide (NO_2), ammoniak (NH_3) en vluchtige organische componenten (VOC) gemeten nabij de E40-snelweg in Affligem. We hebben dit stuk van de snelweg bewust gekozen omdat:

- het een drukke verkeersader is met zowel veel vrachtverkeer als personenwagens;
- deze een gunstige oriëntatie heeft, bijna loodrecht op de meest voorkomende ZW-windrichting.

We hebben gemeten langs beide kanten van de snelweg met één meetplaats windopwaarts en verschillende meetplaatsen windafwaarts. In dit hoofdstuk zullen we eerst elk van de meetplaatsen in detail beschrijven en op het einde een overzicht geven van de lokale weerkundige parameters gemeten tijdens de meetcampagne.

2.1 Meetplaatsen

Tijdens de snelwegcampagne hebben we metingen uitgevoerd met zowel semiautomatische- als automatische metingen. Tabel 1 toont een overzicht van de gemeten polluenten per meetmethode en de grootste verschillen tussen beide meetmethodes.

Tabel 1: Kort overzicht gemeten polluenten en de belangrijkste eigenschappen per meetmethode

	Semiautomatische metingen	Automatische metingen
<i>gemeten polluenten</i>	stikstofdioxide (NO_2), ammoniak (NH_3), vluchtige organische componenten (VOC) met passieve samplers. fijn stof (PM_{10}) met sequentiële bemonsteraar.	fijn stof (PM_{10} en $PM_{2,5}$), zwarte koolstof (BC) en stikstofoxiden (NO_x)
<i>meetprincipe</i>	eenvoudig: - diffusie (passieve samplers) - bemonstering op kwartsvezelfilter	complex: - fijn stof met oscillerende microbalans - zwarte koolstof met optische absorptie - NO_x met chemiluminescentie
<i>onderhoud</i>	niet nodig	regelmatig nodig, ingewikkeld
<i>gevoeligheid</i>	redelijk gevoelig	zéér gevoelig (ppb niveau)
<i>geeft informatie</i>	gemiddelde over lange meetperiode (weken)	onmiddellijk resultaat van korte periode (half uur)
<i>resultaten beschikbaar</i>	na analyse in labo	onmiddellijk op toestel zelf

De monitoren waren ingebouwd in de mobiele meetinstallaties MW02, MW03, MW04 en de meetwagons L800. De passieve samplers werden geplaatst in een behuizing – ook wel *shelter* genoemd – die ze beschermt tegen inslag van regen. Deze behuizing staat gemonteerd op een 2 meter hoog statief. Naast elke mobiele meetinstallatie en de meetwagons stonden er passieve samplers – AF02, AF04, AF05 en AF07 –, daarnaast waren er nog de twee bijkomende meetplaatsen AF03 en AF06 waar enkel met passieve samplers werd gemeten. Figuur 1 geeft een overzicht van alle meetplaatsen.



Figuur 1: Overzicht van de meetplaatsen van de snelwegcampagne

De coördinaten van iedere meetplaats werden met GPS opgemeten op de locatie van de passieve samplers. De mobiele meetwagens staan zeer dicht bij deze passieve samplers waardoor hun coördinaten zo goed als identiek zijn. In Tabel 2 staat per meetplaats ook de meest nabijgelegen rijrichting, samen met de afstand tot het meest nabije baanvak op de E40-snelweg.

Tabel 2: Overzicht afstand tot de E40-snelweg en GPS coördinaten per meetplaats

Code meetplaats	Afstand tot snelweg (m)	Nabij richting	X (m)	Y (m)	Z (m)
L800 AF07	15	Brussel	133521	175346	16
MW02 AF02	6	Gent	133532	175393	16
AF03	28	Gent	133540	175413	16
MW03 AF04	55	Gent	133551	175439	17
MW04 AF05	96	Gent	133564	175477	17
AF06	146	Gent	133585	175523	18

*: de getoonde afstand is steeds deze tot de rand met het dichtste baanvak in die richting.



Figuur 2: Overzicht van de meetplaatsen nabij de E40-snelweg in Affligem. Van links naar rechts en boven naar onder: mobiele meetinstallatie MW02 en meetplaats AF02; meetplaats AF03; mobiele meetinstallatie MW03 en meetplaats AF04; mobiele meetinstallatie MW04 en meetplaats AF05; meetplaats AF06; meetwagen L800 en meetplaats AF07

2.2 Polluenten en meetmethodes

In de volgende paragrafen beschrijven we elk van de gemeten polluenten en leggen we voornamelijk de nadruk op de rol van het verkeer als bron. Daarnaast beschrijven we de gebruikte meetmethodes en geven we aan op welke meetplaatsen de beschouwde polluent werd gemeten. De accreditatie van deze metingen staat op het einde van dit document beschreven in de bijlage.

2.2.1 Fijn stof ($PM_{2,5}$)

gemeten op L800, MW02, MW03 en MW04

Verkeer zorgt mee voor fijn stof vanwege zowel de directe uitlaat als niet-uitlaat emissies. De uitlaat emissies zijn een gevolg van deeltjes en gassen die vrijkomen bij de verbranding van brandstof, vooral diesel. De niet-uitlaat emissies zijn voornamelijk te wijten aan slijtage van de banden, het wegdek, de remmen en het koetswerk van wagens. Bijkomend zorgt verkeer ook voor het heropwaaien (resuspensie) van mineraal bodemstof.

Deze metingen zijn gebeurd met TEOM-FDMS-monitoren uitgerust met een $PM_{2,5}$ -inlaat die enkel deeltjes met een aerodynamische diameter van $2,5\ \mu m$ en kleiner doorlaat. De TEOM-FDMS-monitoren laten toe om een onderscheid te maken tussen de vluchtige en de niet-vluchtige fractie in $PM_{2,5}$ fijn stof. De vluchtige fracties kunnen afkomstig zijn van organische verbindingen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) maar evengoed van anorganische verbindingen zoals zouten die kunnen sublimeren. De niet-vluchtige fractie zorgt voor de grootste massa van $PM_{2,5}$ en bestaat voornamelijk uit zouten, mineraal stof, elementaire koolstof (roet), ...



Figuur 3: TEOM-FDMS fijnstof-monitor gebruikt voor zowel PM_{10} - als $PM_{2,5}$ -metingen

2.2.2 Fijn stof (PM_{10})

Gemeten op L800, MW02, MW03 en MW04

Voor PM_{10} kunnen we dezelfde bronnen aanhalen zoals eerder beschreven bij $PM_{2,5}$ fijn stof. Weliswaar zullen de niet-uitlaat emissies eerder in de grove $PM_{10-2,5}$ fractie zitten dan in $PM_{2,5}$.

Deze metingen werden uitgevoerd met 2 verschillende toestellen:

- TEOM-FDMS-monitor met een PM_{10} -inlaat (cf. paragraaf 2.2.1);
- Leckel SEQ 47/50 low volume sampler met een (EU) PM_{10} -inlaat.

De Leckel bemonstert gedurende 24 uur een kwartsvezelfilter die we voor en na bemonstering wegen in een speciaal geconditioneerde handschoenkast¹. Voor de bepaling van de totale PM_{10} fijnstofmassa volgt de VMM de strengere EU-standaard die geldt voor $PM_{2,5}$ (EN14907).

Naast de verschillende meetmethodes die beide toestellen gebruiken is er ook nog een andere tijdsresolutie. Zo meten we met een Leckel het PM_{10} -daggemiddelde terwijl dit bij de TEOM-FDMS-monitor op halfuurbasis is.

¹ Voor meer informatie zie bijvoorbeeld VMM (2013), Chemkar PM_{10} , Chemische karakterisering van fijn stof in Vlaanderen, 2011-2012



Figuur 4: Leckel SEQ 47/50, het referentietoestel voor de bemonstering van PM_{10} fijn stof

2.2.3 Zwarte koolstof of black carbon (BC)

Gemeten op L800, MW02, MW03 en MW04

Het is voornamelijk de verbranding van fossiele brandstoffen en dan vooral (diesel)verkeer die verantwoordelijk is voor zwarte koolstof. Deze pollutant is nauw verwant aan elementaire koolstof en heeft dezelfde nadelige effecten. De Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) publiceerde in 2012 nog een rapport² waarin ze de schadelijke effecten voor zowel mens als klimaat benadrukt.



Figuur 5: MAAP-monitor gebruikt voor de bepaling van zwarte koolstof (BC)

Zwarte koolstof hebben we gemeten met een MAAP-monitor uitgerust met een TSP-inlaat die alle fijn stof doorlaat zonder een grootteselectie. De zwarteheid van een filter meten we daarna optisch. De hoeveelheid licht die wordt geabsorbeerd is een maat voor de zwarteheid en concentratie van de zwarte koolstof. Deze monitor geeft informatie op halfuurbasis.

2.2.4 Stikstofdioxide (NO_2)

Gemeten op AF02, AF03, AF04, AF05, AF06 en AF07 (passieve sampler) en L800 (NO_x -monitor)

Deze pollutant ontstaat tijdens verbrandingsprocessen op hoge temperatuur. Het verkeer is de grootste bron van NO_2 gevolgd door de industrie en gebouwenverwarming. Deze pollutant behoort samen met stikstofmonoxide (NO) tot de stikstofoxiden (NO_x). Het is vooral NO_2 dat toxische eigenschappen heeft en schadelijk is voor de mens en ecosystemen.

We hebben NO_2 voornamelijk wekelijks gemeten met passieve samplers van het merk IVL. Deze metingen geven dus een beeld van de gemiddelde NO_2 -concentraties tijdens een week maar geven geen informatie over piekconcentraties die kunnen voorkomen.

² WGO (2012), Health effects of black carbon, <http://www.euro.who.int/en/what-we-publish/abstracts/health-effects-of-black-carbon>



Figuur 6: Passieve sampler voor NO₂ van het merk IVL (links) en Thermo 42i NO_x-monitor (rechts)

Alleen in meetwagen L800 was er ook nog een Thermo 42i NO_x-monitor aanwezig die zowel NO, NO₂ als NO_x mat. Wegens plaatsgebrek binnenin de andere mobiele meetinstallaties MW02, MW03 en MW04 was het niet mogelijk om daar ook daar te meten met een NO_x-monitor.

2.2.5 Ammoniak (NH₃)

Gemeten op AF02, AF03, AF04, AF05, AF06 en AF07

Het is voornamelijk de landbouw – en vooral dan via mest van veeteelt – die verantwoordelijk is voor ammoniak (NH₃). Katalysatoren in auto's kunnen ook ammoniak aanmaken door de omzetting van stikstofgas (N₂) uit de omgevingslucht³. Naast de verzurende eigenschappen van ammoniak – die voornamelijk schadelijk zijn voor vegetatie – is het ook een belangrijke precursor voor de vorming van ammoniumzouten die mee deel uitmaken van fijn stof.

De 2-wekelijkse metingen van NH₃ zijn gebeurd met passieve samplers van het merk Radiello. De analyse is gebeurd in het labo van de VMM met behulp van ionenchromatografie waarbij de concentratie van ammonium (NH₄⁺) werd bepaald. Uit de ammoniumconcentratie is het dan mogelijk om de ammoniakconcentratie te berekenen.



Figuur 7: Voorbeeld van een radiaal- of cilindervormig-type passieve sampler van het merk Radiello

2.2.6 Vluchtige organische componenten (VOC)

Gemeten op AF02, AF03, AF04, AF05, AF06 en AF07

Vluchtige organische componenten (VOC) is de verzamelnaam voor een groep van verbindingen die als gassen voorkomen in de omgevingslucht. Naargelang hun specifieke chemische structuur en eigenschappen delen we ze nog verder op in subklassen. De industrie is de voornaamste bron, maar ook het verkeer en huishoudens hebben een bijdrage. Sommige van de VOC-verbindingen hebben

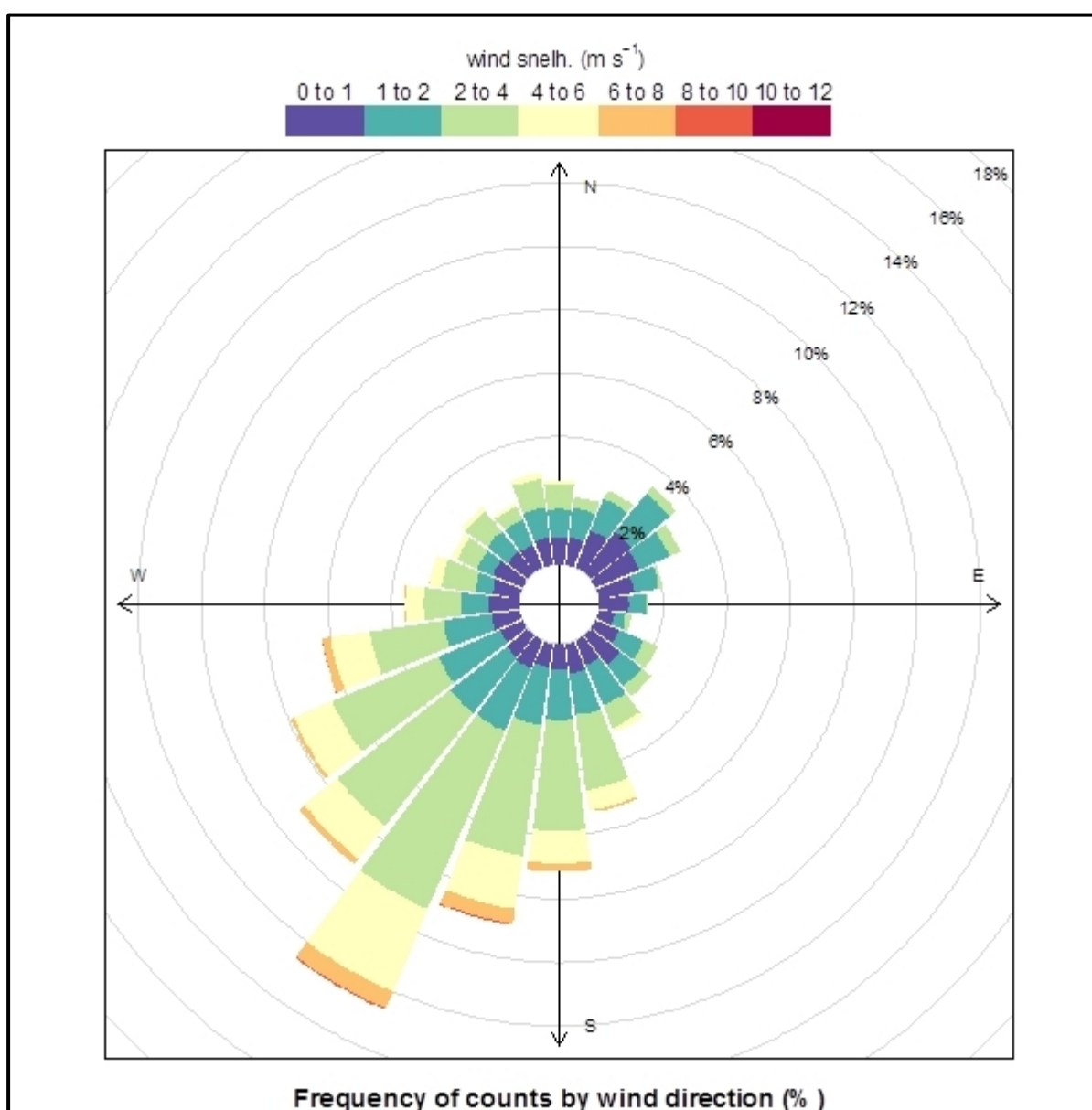
³ Trends in on-road vehicle emissions of ammonia, Kean et al., Atmospheric Environment (2009), Vol 43, Issue 8, p. 1565-1570

schadelijk effecten op de gezondheid, maar ze spelen ook een belangrijke rol bij de vorming van ozon (O_3), het broeikasgas, de aantasting van de ozonlaag en ook de vorming van secundair fijn stof.

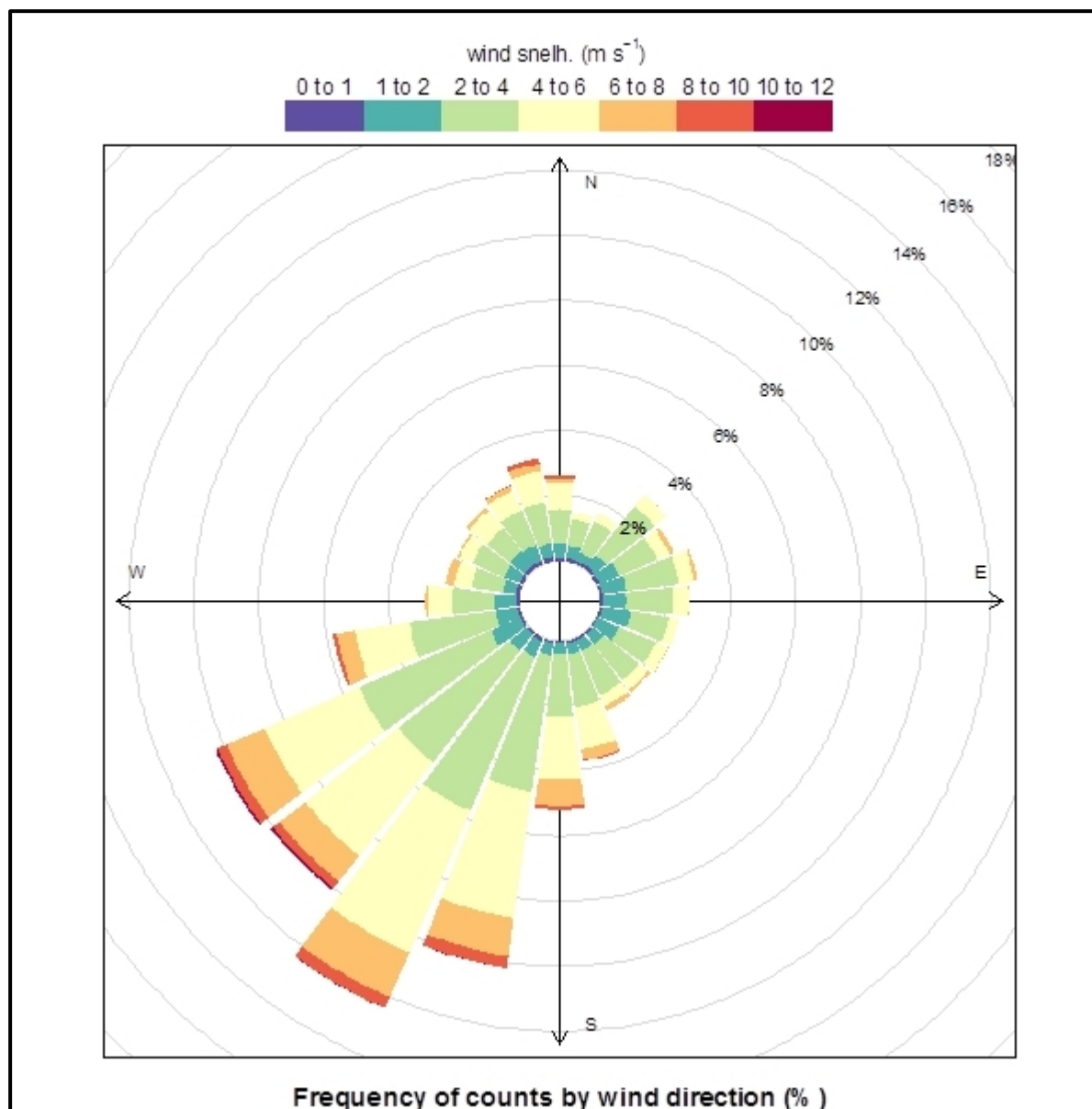
VOC hebben we elke 2 weken gemeten met passieve samplers uitgerust met een special absorbens (Carbotrap 300) in een inox behuizing. De bepaling van de VOC gebeurde later in het VMM-labo door middel van gaschromatografie.

2.3 Meteo

De weerkundige parameters windrichting en windsnelheid kennen, is belangrijk voor zowel de interpretatie van metingen alsook een randvoorwaarde voor betrouwbare modellering. Meetwagen L800 is uitgerust met een meteomast die op 9 meter hoogte zowel de windsnelheid als de windrichting meet. Hierdoor krijgen we een goed beeld van de lokale meteorologische omstandigheden tijdens gans de meetcampagne. De VMM meet ook meteo op 30 meter hoogte in zijn vaste meetnet waarvan het meetstation M701 in Gent het dichtst bij de meetplaatsen in Affligem staat. De verschillen met de lokale meteo zijn het grootst voor de windsnelheid.



Figuur 8: Windsnelheid en windrichting gemeten op L800 tijdens de meetcampagne



Figuur 9: Windsnelheid en windrichting gemeten op het vast meetstation M701 (Gent) tijdens de meetcampagne

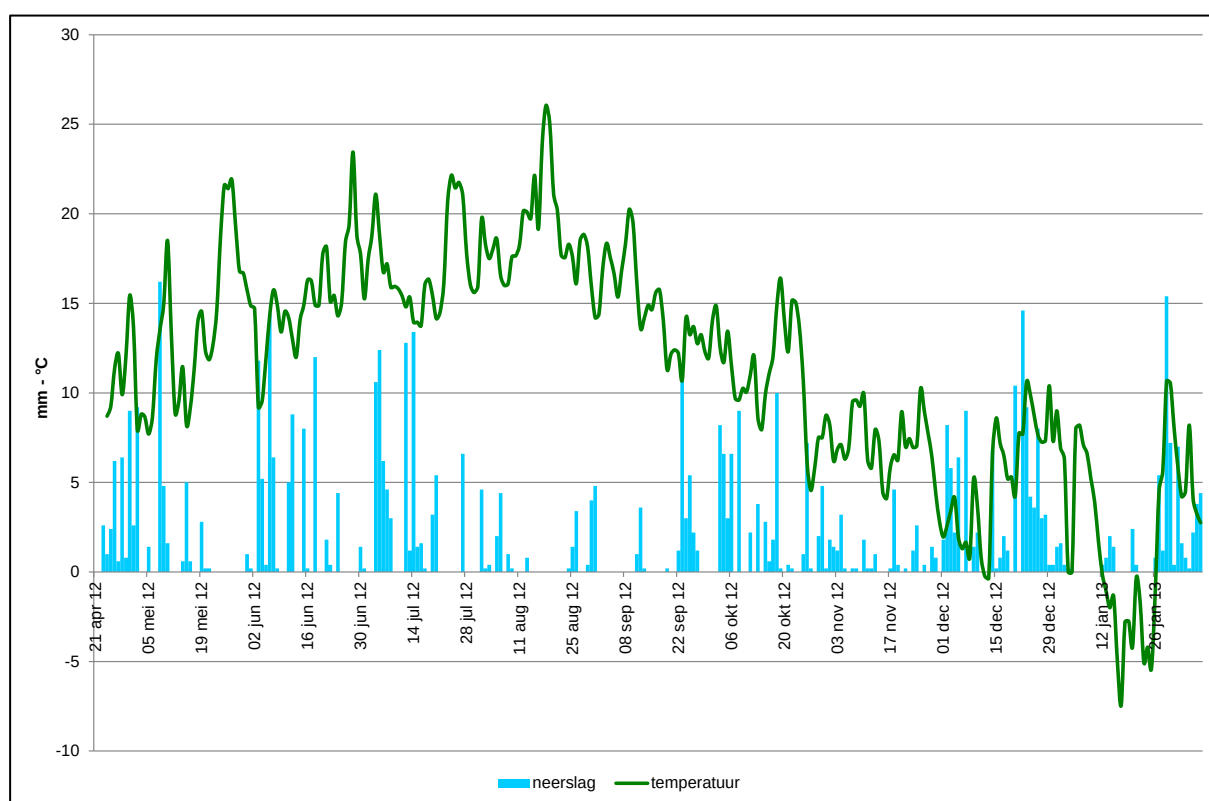
Figuur 8 toont de frequentie van voorkomen van elk van de windrichtingen en windsnelheden gemeten op meetwagen L800 opgedeeld in intervallen van 15 graden. Hierop is duidelijk te zien dat de ZW-windrichting rond de 210° het meeste voorkwam (meer dan 12%). Verder waren het vooral de lage windsnelheden – minder dan 4 m/s – die overheersten.

In Tabel 3 staat het voorkomen (%) en de gemiddelde windsnelheid (m/s) voor ieder van de vier sectoren gemeten op meetwagen L800 en in het vaste meetstation M701. Er is een zeer goede overeenkomst in het voorkomen per sector, voor meer dan de helft van de tijd komt de wind uit de ZW-sector. In het vaste meetstation M701 meten we op grotere hoogte dan op meetwagen L800 waardoor de windsnelheden hoger liggen. Bij ZW-wind ligt de gemiddelde windsnelheid hoger dan bij de andere sectoren, wat mee een invloed kan hebben op de verdunning van de verontreiniging.

Tabel 3: Voorkomen van de windrichting (%) en de gemiddelde windsnelheid (m/s) per sector voor de meetwagen L800 en het vaste meetstation M701.

	NO-sector (0° tot 90°)	ZO-sector (90° tot 180°)	ZW-sector (180° tot 270°)	NO-sector (270° tot 360°)
L800 voorkomen windrichting (%)	15	18	51	16
M701 voorkomen windrichting (%)	15	16	54	15
L800 gemiddelde windsnelheid (m/s)	1,2	1,9	2,9	1,9
M701 gemiddelde windsnelheid (m/s)	3,0	3,3	4,2	3,4

Naast windsnelheid en windrichting zijn ook neerslag en temperatuur factoren die de luchtkwaliteit mee kunnen beïnvloeden. Zo kan neerslag mee zorgen voor verdunning doordat het de vervuiling wegwast. Bij hoge temperaturen, en veel zonlicht, kunnen bepaalde fotochemische reacties meer optreden die ook mee de luchtkwaliteit beïnvloeden. Figuur 10 toont de gemiddelde dagtemperatuur en de totale hoeveelheid neerslag zoals gemeten op vast meetstation M701 (Gent). Gemiddeld genomen was er het meeste neerslag in de maand december (mee door sneeuwval) en waren de temperaturen het hoogst in de maanden juli en augustus.



Figuur 10: Gemiddelde dagtemperatuur en hoeveelheid neerslag gemeten op het vast meetstation in Gent (M701)

3 Bespreking resultaten

Hieronder geven we eerst een overzicht van het verkeer in beide rijrichtingen. Daarna tonen we het beschikbare percentage meetgegevens en vervolgens bespreken we de resultaten per pollutant.

3.1 Verkeerstellingen

Het Vlaams Verkeerscentrum (VVC) heeft een aantal tellussen op de E40-snelweg die gelegen zijn nabij onze meetplaatsen in Affligem. Deze tellussen werken op basis van inductie en kunnen een onderscheid maken tussen het voertuigtype en zijn snelheid. Typisch worden deze **tellingen** gerapporteerd met een tijdsresolutie van **15 minuten**. Hieronder overlopen we de resultaten per rijrichting en onderscheiden we telkens **niet-vrachtwagens** (personenwagens en bestelwagens) en **vrachtverkeer**.

Deze verkeerstellingen geven informatie over zowel:

- de verkeersintensiteiten waaruit de spitsuren volgen (toename gemiddeld aantal voertuigen);
- de gemiddelde snelheid waaruit de files blijken (daling van de gemiddelde snelheid).

Het is wel zo dat er geen eenduidig verband bestaat tussen de spits en de file. Een verhoogde verkeersintensiteit hoeft niet onmiddellijk aanleiding te geven tot het ontstaan van een file. Er is wel een kantelpunt in verkeersintensiteit waarbij file ontstaat, maar deze is mee afhankelijk van verschillende factoren zoals:

- de ligging van de snelweg;
- de verkeersdrukte op nabij gelegen (snel)wegen, opritten en afritten;
- de spreiding van de verkeersintensiteit in de tijd, allemaal ineens tezamen of gespreid.

Ook kan bij druk verkeer het manoeuvre van één enkel voertuig (bijvoorbeeld bruusk remmen) tot een schokgolf leiden die uiteindelijk aanleiding kan geven tot vertraagd en stilstaand verkeer. De dynamiek van het verkeer is dus complex en het is daarom niet altijd eenvoudig om verkeerstellingen te analyseren en interpreteren.

De **verkeerstellingen** staan gerapporteerd in **lokale tijd** maar de **metingen** van de **monitoren** rapporteren we steeds in **universele tijd (UT)**. Om de beide te kunnen vergelijken moeten we de tijden van de verkeerstellingen ook omzetten naar UT door ze tijdens de zomertijd – van 25 maart tot 28 oktober 2012 – te verminderen met 2 uur en in de wintertijd met 1 uur.

Voor de periode van 15 mei tot en met 12 juni 2012 zijn er geen telresultaten beschikbaar wegens onderhoudswerken van het VVC.

We bespreken hieronder het weekoverzicht van de gemiddelde snelheid en het gemiddeld aantal niet-vrachtwagens en vrachtverkeer in beide rijrichtingen – Brussel en Gent – van de E40 en per baanvak.

3.1.1 Richting Brussel

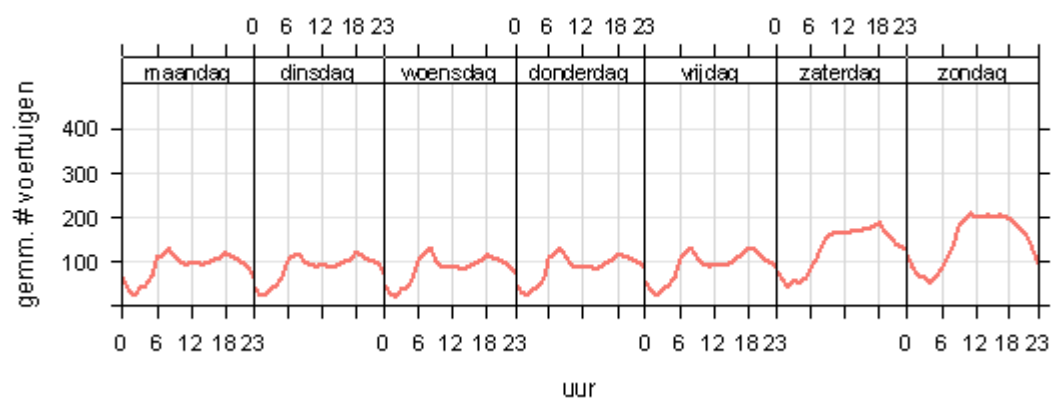
Figuur 11 toont het weekverloop van het gemiddelde aantal niet-vrachtwagens per dag opgedeeld in de drie baanvakken.

De hoogste verkeersintensiteiten vinden we voor het middelste baanvak. Voor alle weekdays zien we 2 verhogingen, namelijk de spitsen iets na 6u en rond 18u lokale tijd. Wanneer we kijken naar de gemiddelde snelheid in Figuur 12 zien we dat deze rond 6u sterk terugvalt van 100 km/u naar 50 km/u voor de weekdays maandag tot donderdag en dit wijst op de ochtendfile. Op vrijdag is deze ochtendfile veel minder uitgesproken, dit blijkt ook uit gedetailleerd onderzoek⁴ van het Vlaams Verkeerscentrum.

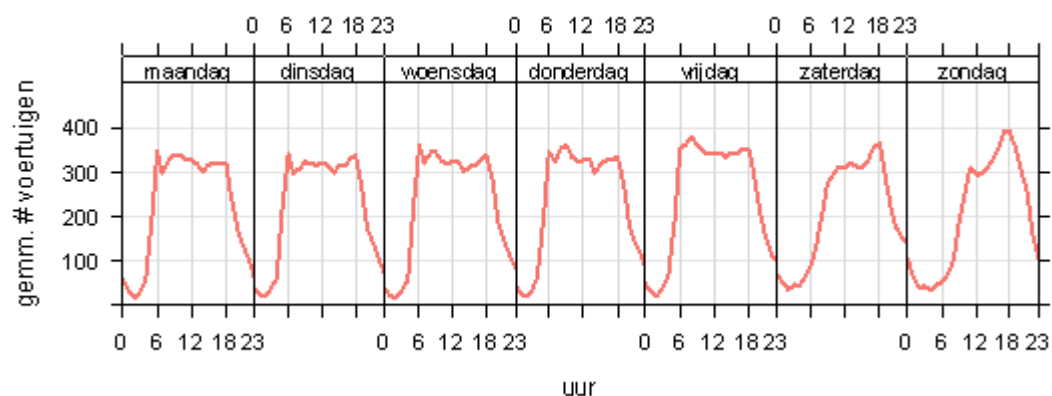
In het weekend zien we geen ochtendspits. Er is dan ook een hogere verkeersintensiteit voor het rechter baanvak dan in de week. De gemiddelde snelheid ligt voor het rechter baanvak rond de 100 km/u en neemt dan licht toe naar linker baanvak.

⁴ Verkeersindicatoren Hoofdwegennet Vlaanderen 2012, Verkeerscentrum Vlaanderen (2013), <http://www.verkeerscentrum.be/verkeersinfo/studies/verkeersindicatoren-2012-130321>

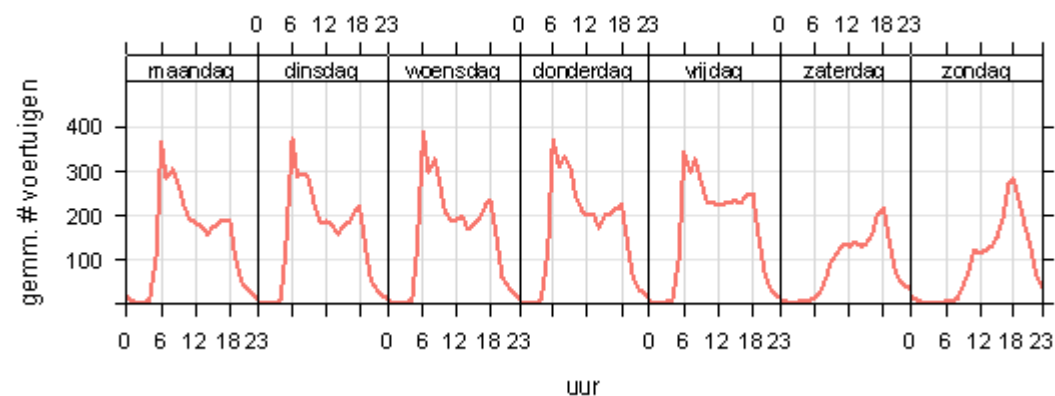
R



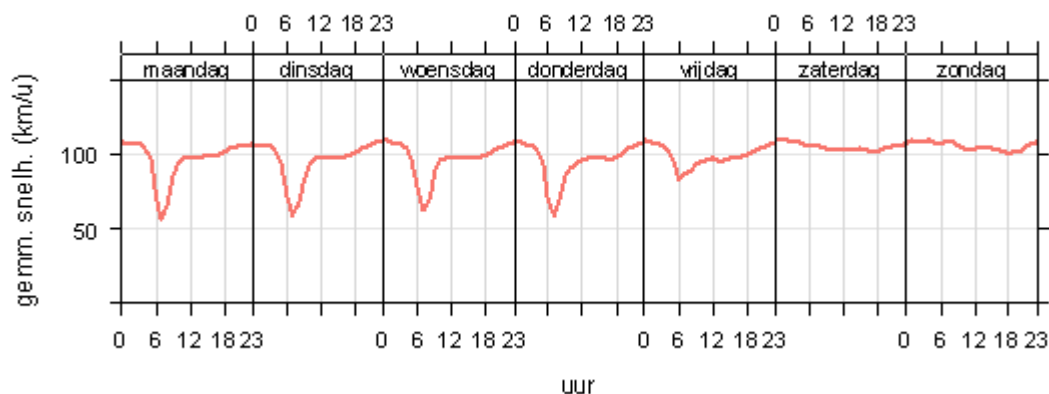
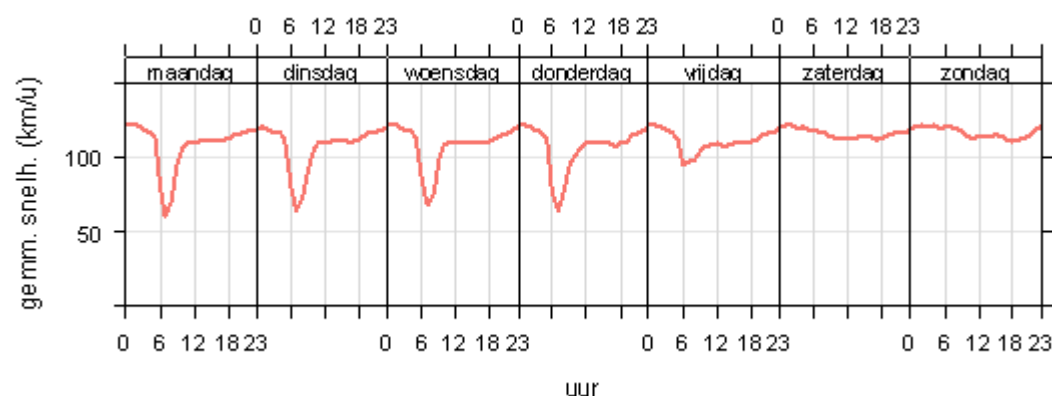
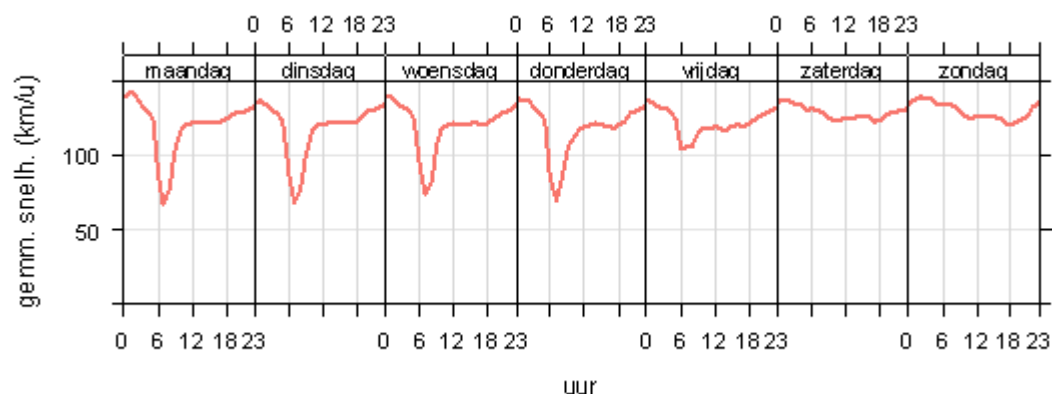
M



L



Figuur 11: Weekoverzicht gemiddeld aantal niet-vrachtwagens per dag opgedeeld per baanvak richting Brussel (R=rechter-; M=midden-; L=linker baanvak)

R**M****L**

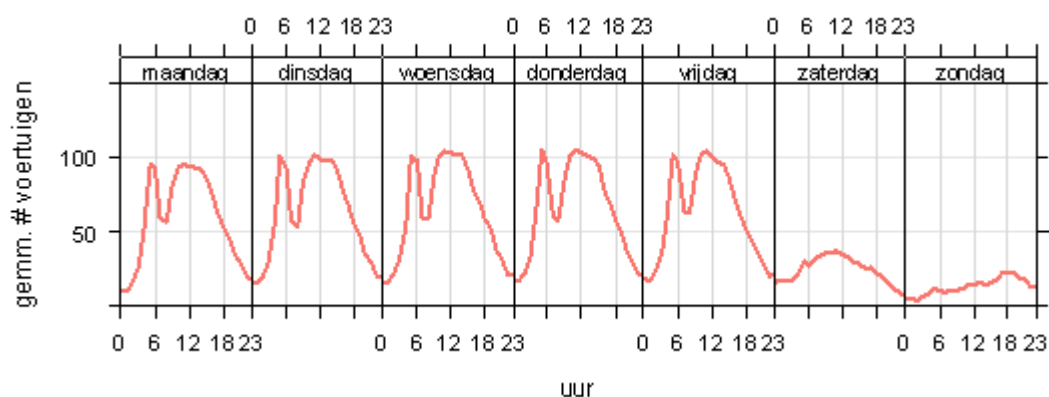
Figuur 12: Weekoverzicht gemiddelde snelheid niet-vrachtwagens per dag opgedeeld per baanvak richting Brussel (R=rechter-; M=midden-; L=linker baanvak)

Voor het vrachtverkeer zien we in Figuur 13 dat bijna al het verkeer zich bevindt op het rechterbaanvak. De piek in verkeersintensiteit begint 's ochtends iets vroeger – juist voor 6u – dan bij het niet-vrachtverkeer. Na 6u is er even een terugval in verkeersintensiteit. Op de andere baanvakken zien we bijna geen vrachtverkeer. In het weekend is de verkeersintensiteit op het rechter baanvak ook heel laag.

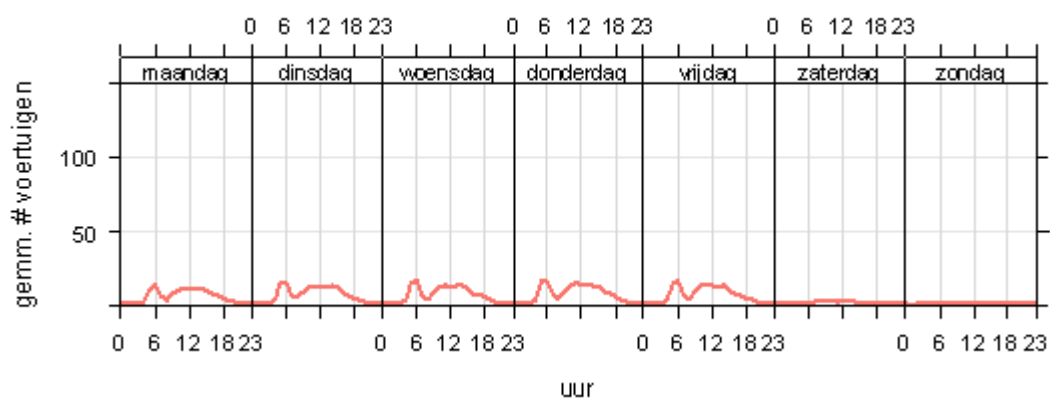
Voor de gemiddelde snelheid zien we in Figuur 14 voor het rechterbaanvak ook een terugval iets na 6u omdat het vrachtverkeer dan mee in de ochtendspits staat met het niet-vrachtverkeer. De gemiddelde snelheid van het vrachtverkeer valt dan terug van 80 km/u naar 50 km/u. Voor het linker

baanvak zien we een zeer sterke terugval in gemiddelde snelheid, maar het betreft hier gemiddeld maar enkele voertuigen.

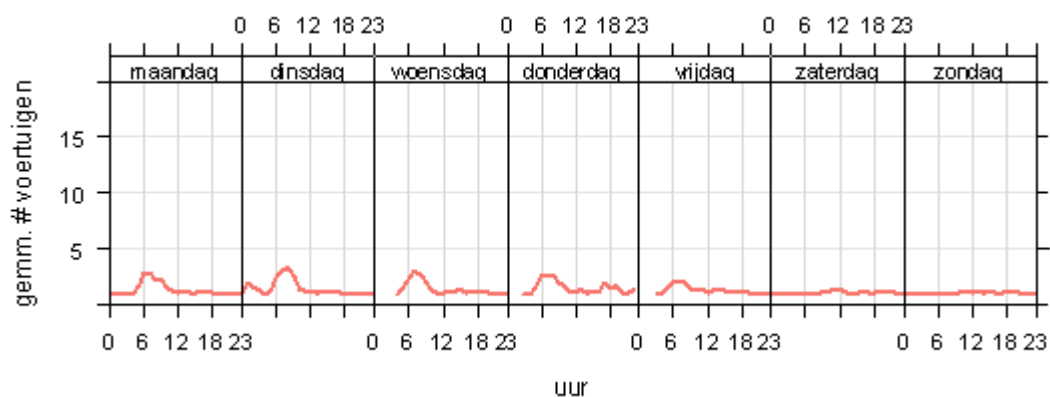
R



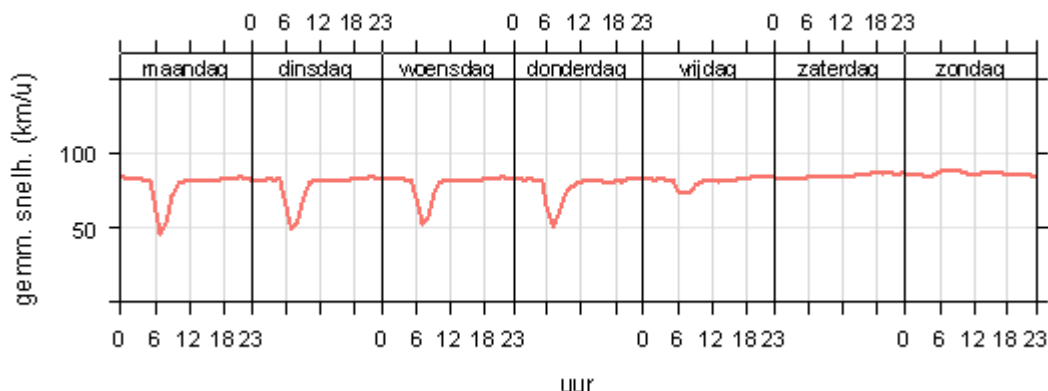
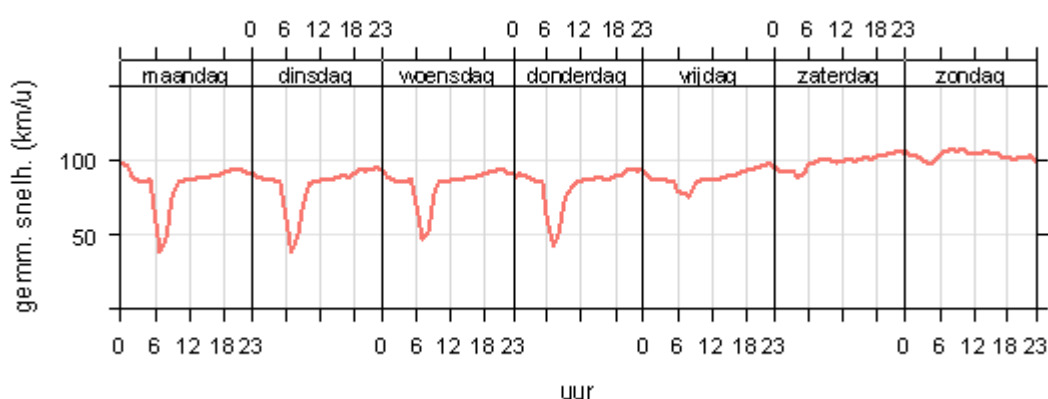
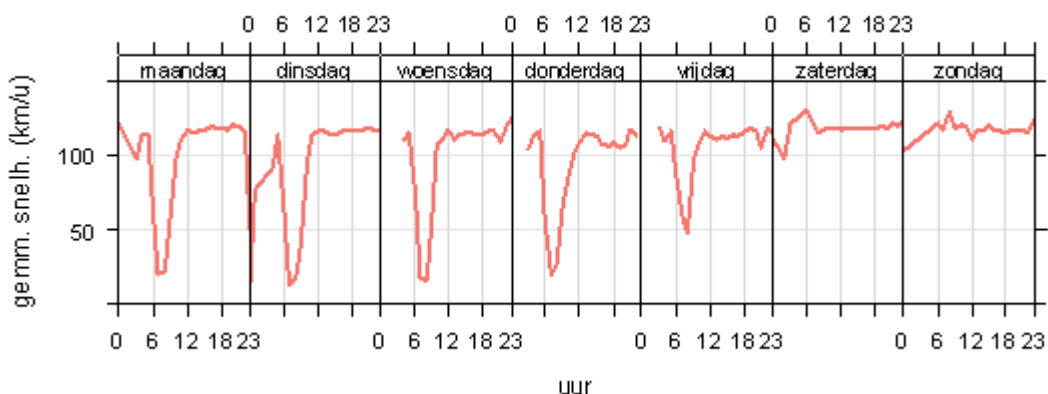
M



L



Figuur 13: Weekoverzicht gemiddeld aantal voertuigen vrachtverkeer per dag opgedeeld per baanvak richting Brussel (R=rechter-; M=midden-; L=linker baanvak). Opmerking: kleinere schaalverdeling voor het linker baanvak (L)

R**M****L**

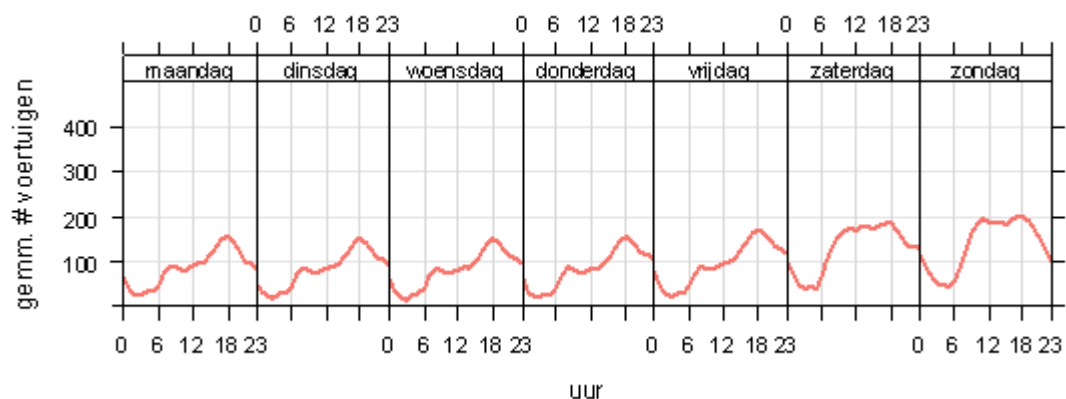
Figuur 14: Weekoverzicht gemiddelde snelheid vrachtverkeer per dag opgedeeld per baanvak richting Brussel (R=rechter-; M=midden-; L=linker baanvak)

3.1.2 Richting Gent

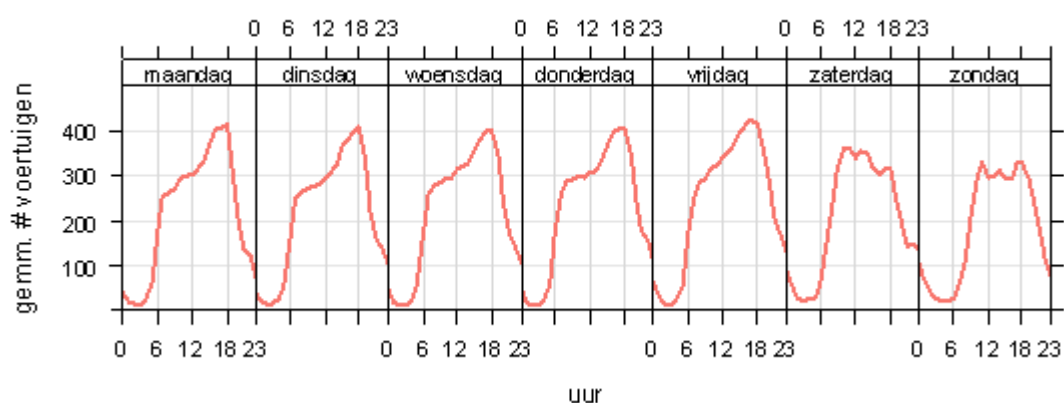
Figuur 15 toont dat voor de richting Gent de verkeersintensiteit op weekdays 's avonds rond 18u altijd het hoogste is voor alle baanvakken. Ook ligt het gemiddelde aantal voertuigen rond dit uur hoger dan in de andere richting Brussel.

Er kan geen belangrijke ochtendspits worden vastgesteld. De gemiddelde snelheid zoals getoond in Figuur 16 is vrij constant rond de 100 km/u wat er op wijst dat er zo goed als geen filevorming is in deze rijrichting op de E40. De gemiddelde snelheid stijgt wel licht naarmate we van het rechter naar het linker baanvak gaan.

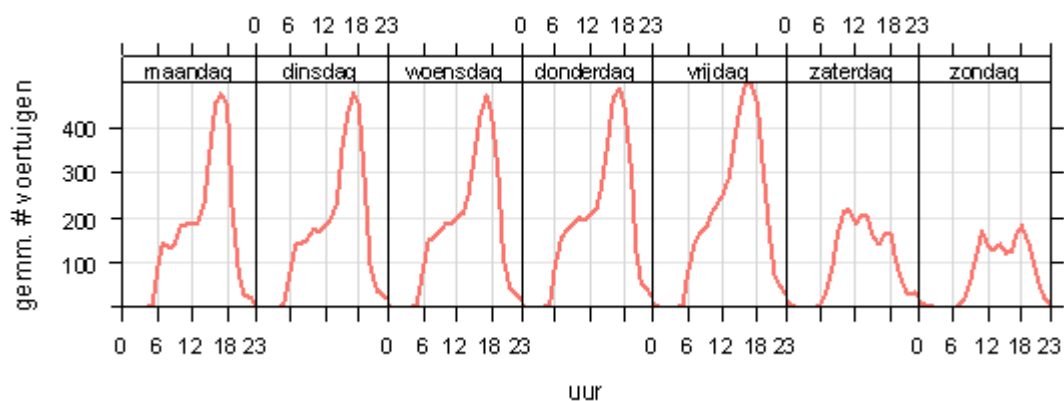
R



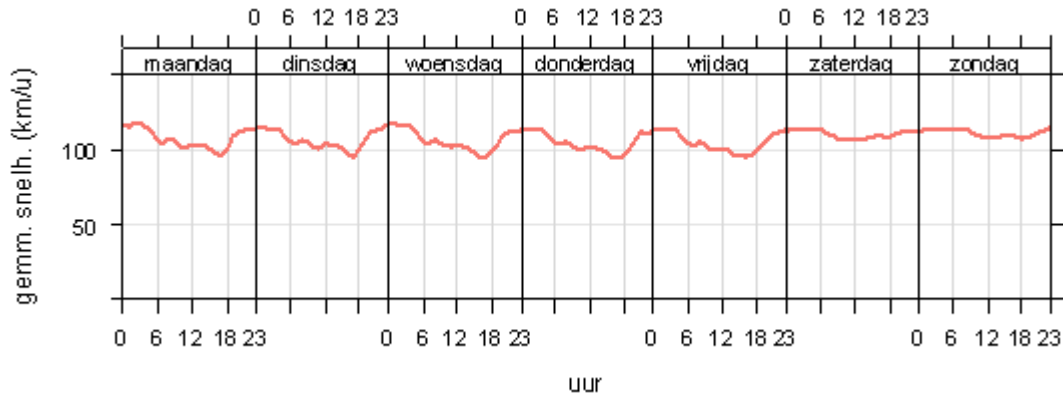
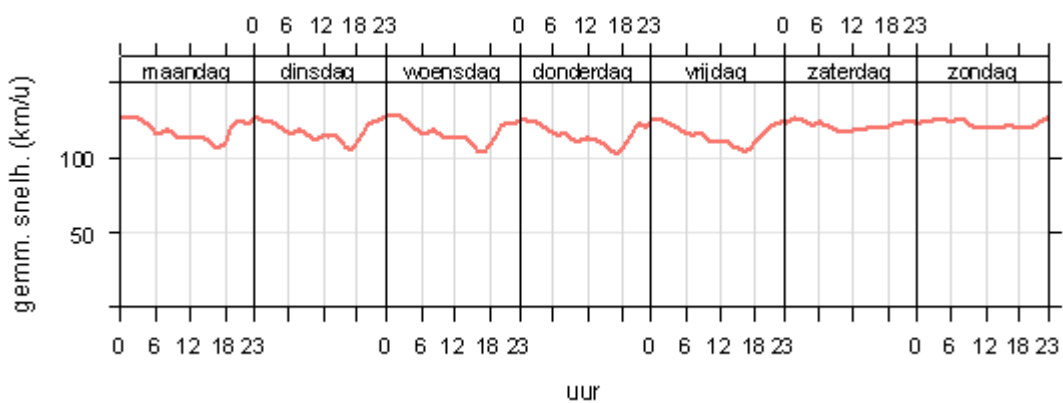
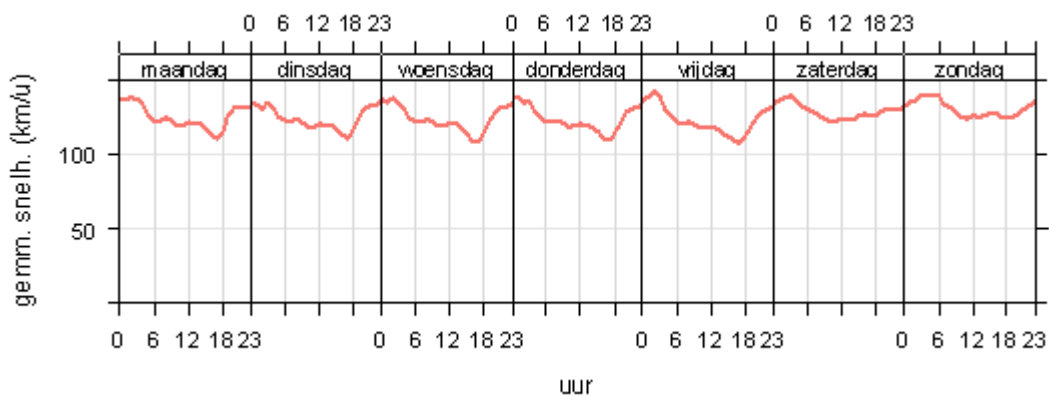
M



L



Figuur 15: Weekoverzicht gemiddeld aantal niet-vrachtwagens per dag opgedeeld per baanvak richting Gent (R=rechter-; M=midden-; L=linker baanvak)

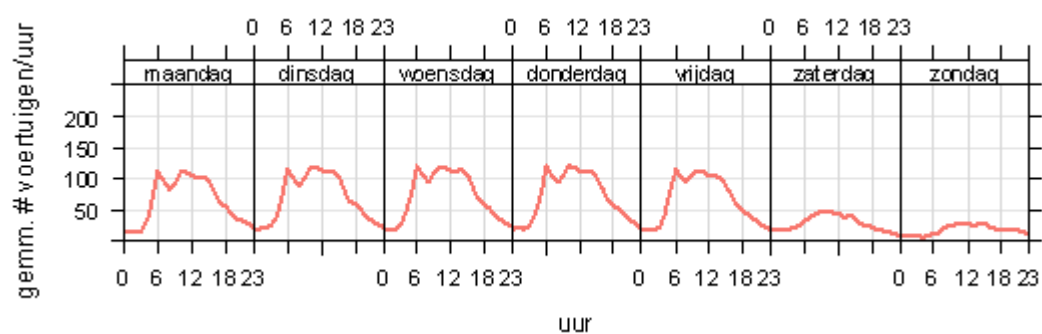
R**M****L**

Figuur 16: Weekoverzicht gemiddelde snelheid niet-vrachtwagens per dag opgedeeld per baanvak richting Gent (R=rechter-; M=midden-; L=linker baanvak)

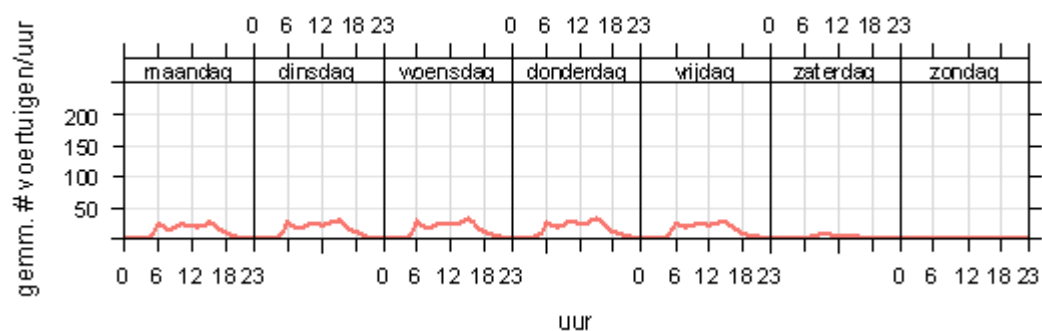
Voor het vrachtverkeer zien we in Figuur 17 dat bijna al het verkeer zich bevindt op het rechterbaanvak. De piek in verkeersintensiteit begint 's ochtends rond 6u maar we zien daarna geen sterke terugval zoals bij de richting Brussel. Op de andere baanvakken zien we bijna geen vrachtverkeer. In het weekend is de verkeersintensiteit op het rechter baanvak veel lager dan tijdens de week.

Voor de gemiddelde snelheid zien we in Figuur 18 voor het rechterbaanvak ook dat gemiddelde snelheid constant blijft rond de 90 km/u omdat er geen file is. De gemiddelde snelheden voor het midden en linker baanvak liggen iets boven de 100 km/u maar het betreft gemiddeld genomen maar een paar voertuigen.

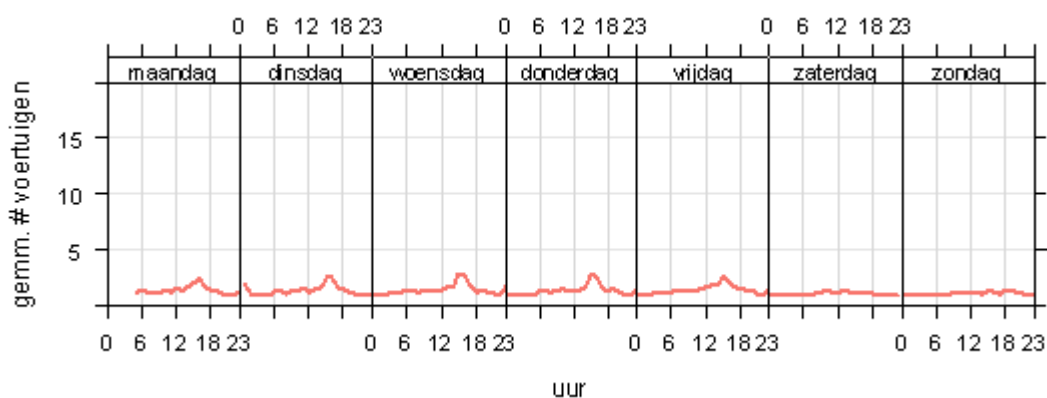
R



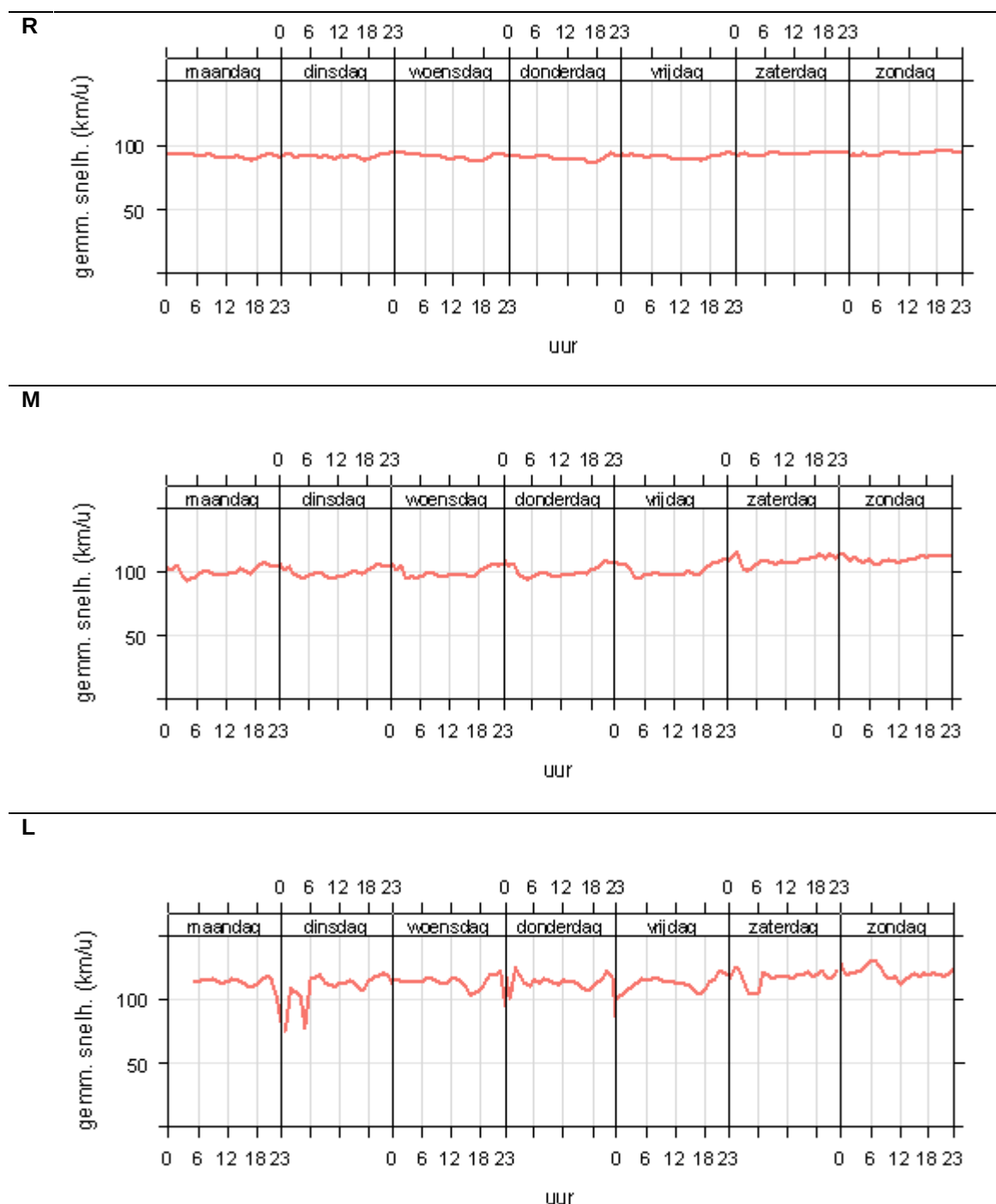
M



L



Figuur 17: Weekoverzicht gemiddeld aantal voertuigen vrachtverkeer per dag opgedeeld per baanvak richting Gent (R=rechter-; M=midden-; L=linker baanvak). Opmerking: kleinere schaalverdeling voor het linker baanvak (L)



Figuur 18: Weekoverzicht gemiddelde snelheid vrachtverkeer per dag opgedeeld per baanvak richting Gent (R=rechter-; M=midden-; L=linker baanvak)

3.2 Beschikbare data

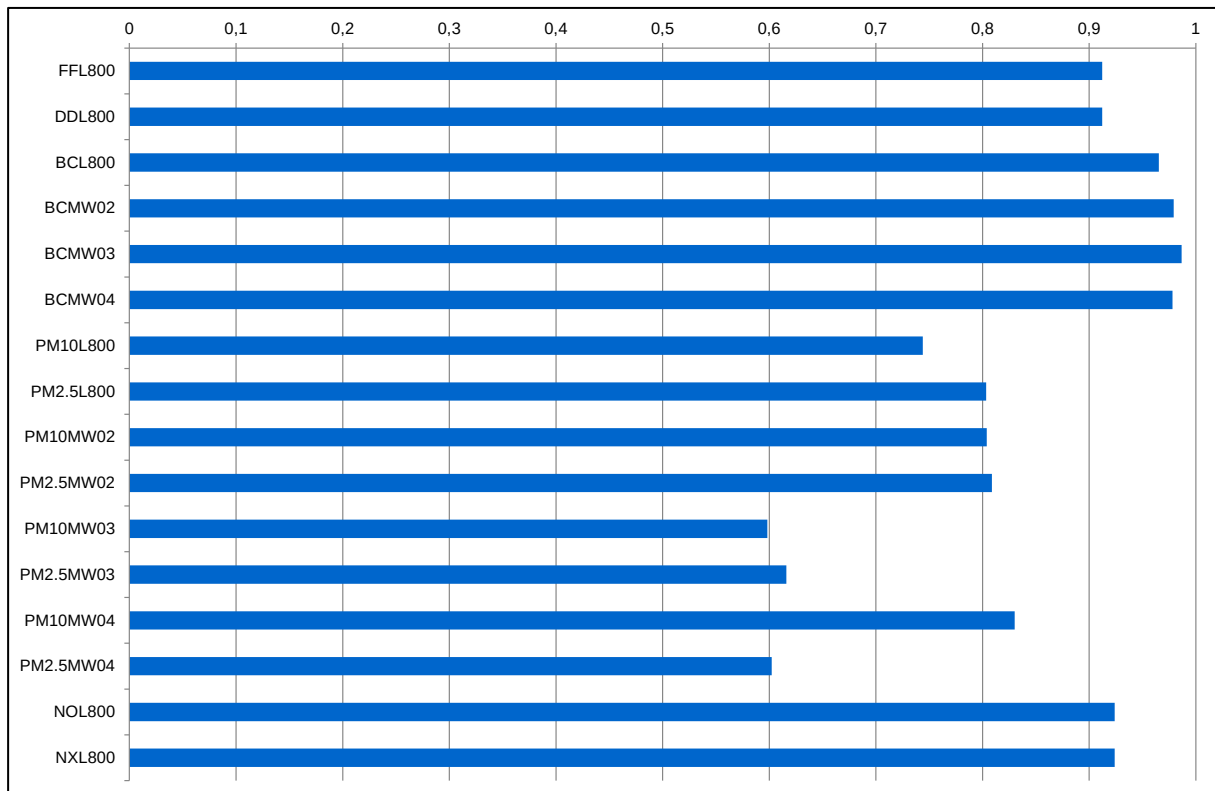
Vooraleer de metingen zelf in detail te bespreken geven we hieronder een overzicht van het percentage beschikbare meetgegevens voor enerzijds de automatische metingen met monitoren en de passieve samplers.

3.2.1 Monitoren

Figuur 19 geeft een overzicht van het gemiddelde van de beschikbare hoeveelheid metingen in de mobiele meetinstallaties en de meetwagen voor gans de meetcampagne van 21 april 2012 tot en met

7 februari 2013. De metingen van fijn stof (PM) werden begin januari 2013 stopgezet, maar de metingen van zwarte koolstof liepen toen nog wel verder. De hevige sneeuwval midden januari 2013 maakte het onmogelijk de mobiele meetinstallaties en meetwagen te transporteren. Daardoor hebben we meer metingen van zwarte koolstof dan oorspronkelijk voorzien was.

De figuur toont dat we voor de metingen van zwarte koolstof (BC), de windsnelheid (FF), de windrichting (DD) en stikstofoxiden (NO en NX) steeds meer dan 90% van de tijd hebben kunnen meten. Bij de fijnstofmetingen (PM) ligt dit percentage lager vanwege technische problemen met de toestellen. Wegens herhaaldelijke problemen met de PM_{2,5} fijnstofmonitor in mobiele meetinstallatie MW03 werd besloten om deze van MW04 daar te plaatsen. Omdat er geen vervangtoestel meer beschikbaar was werden er in MW04 de laatste 2 maanden van de meetcampagne geen PM_{2,5} fijnstofmetingen uitgevoerd.

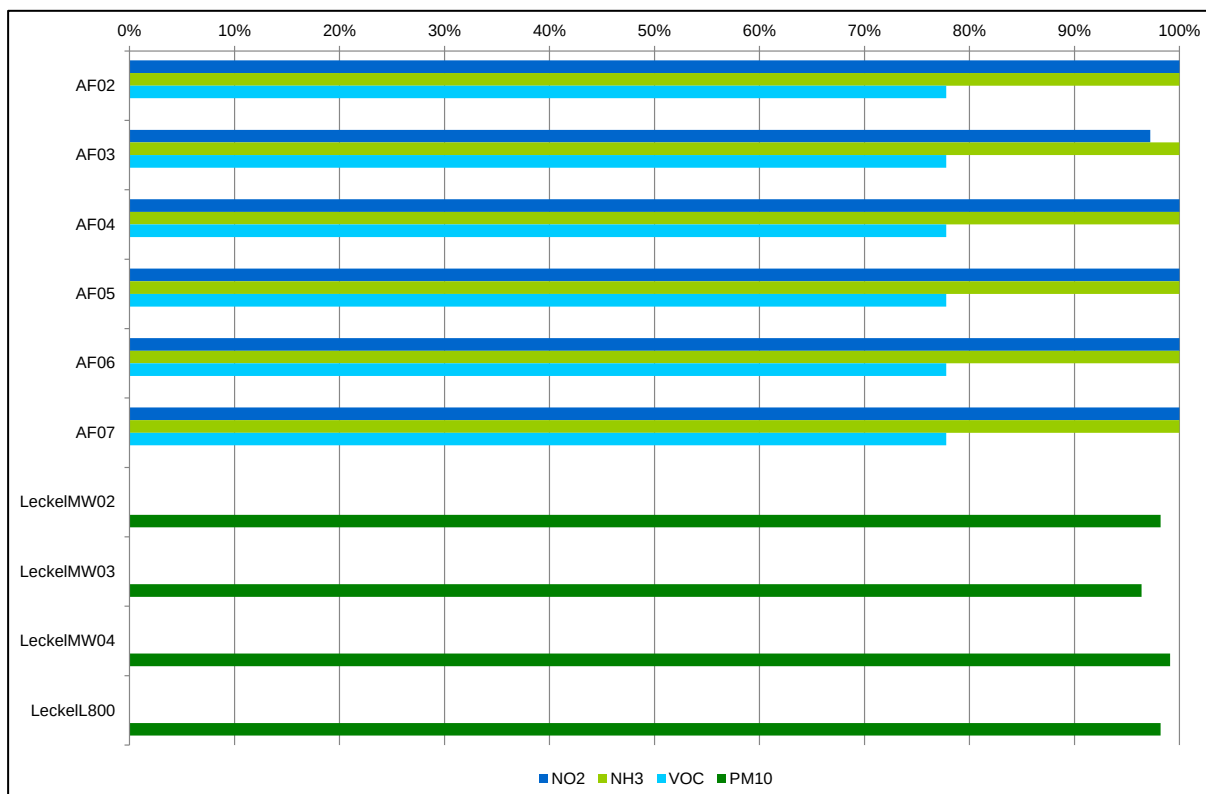


Figuur 19: Overzicht van het percentage beschikbare meetgegevens per mobiele installatie MW02, MW03 en MW04 en in meetwagen L800 opgedeeld per pollutant

3.2.2 Passieve samplers

Voor de metingen met passieve samplers werd stikstofdioxide (NO₂) wekelijks gemeten en ammoniak (NH₃) en de vluchtige organische componenten (VOC) 2-wekelijks. Enkel bij de VOC-metingen waren enkele van de samplers nat door de regen waardoor verdere analyse niet meer mogelijk was. Een overzicht van het beschikbaar percentage gegevens per meetplaats en pollutant staat in Figuur 20.

Ook voor de sequentiële PM₁₀-fijnstofbemonsteraars (Leckels) wordt het percentage beschikbare metingen getoond in Figuur 20.



Figuur 20: Percentage beschikbare metingen met passieve samplers en Leckels

3.3 Zwarte koolstof (BC)

De gemiddelde zwartekoolstofconcentraties op basis van halfuurwaarden en het hierop berekende 95% betrouwbaarheidsinterval voor de meetwagen en de mobiele installaties staan in Tabel 4 en zijn nog verder opgedeeld per windrichting. Omdat NO-wind minder frequent voorkomt – en er dus minder metingen zijn – is het 95% betrouwbaarheidsinterval op die gemiddelden het grootst.

Tabel 4: Gemiddelde concentratie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) van zwarte koolstof (BC) met het 95% betrouwbaarheidsinterval op de gemiddelde halfuurconcentratie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	L800	MW02	MW03	MW04
BC gemiddeld (alle windr.)	$2,65 \pm 0,05$	$4,76 \pm 0,05$	$2,65 \pm 0,03$	$2,21 \pm 0,03$
BC gemiddeld (ZW-wind)	$0,75 \pm 0,03$	$4,62 \pm 0,08$	$2,42 \pm 0,04$	$1,58 \pm 0,04$
BC gemiddeld (NO-wind)	$5,82 \pm 0,19$	$2,80 \pm 0,18$	$2,34 \pm 0,16$	$2,33 \pm 0,16$

Figuur 21 toont hoe de gemiddelde concentratie van zwarte koolstof (BC) afneemt in functie van de afstand tot de snelweg. De resultaten voor meetwagen L800 hebben we links van de X-as gezet en de negatieve afstand verwijst eigenlijk naar de afstand tot het dichtste baanvak in de rijrichting Brussel.

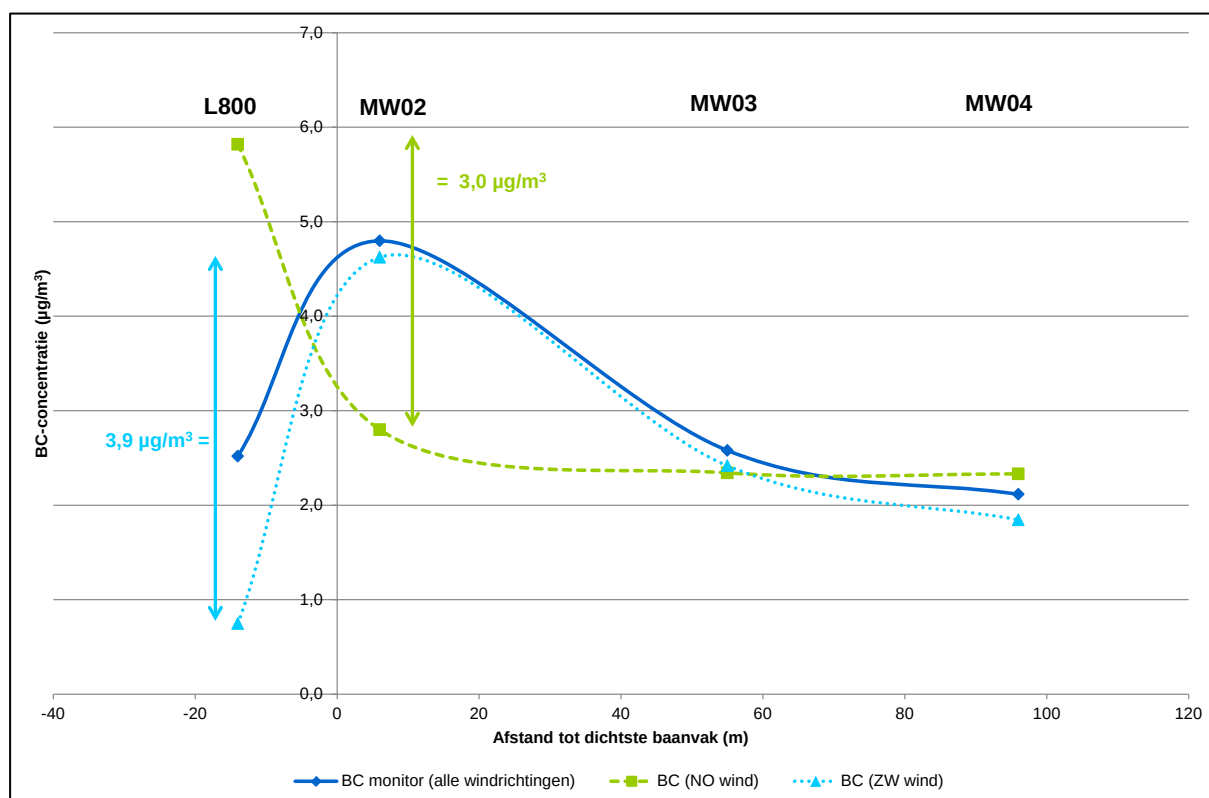
De donkere blauwe lijn toont het resultaat wanneer we alle metingen – en dus alle mogelijke windrichtingen – in beschouwing nemen. Naarmate we verder van de snelweg weggaan zien we een uitgesproken dalende trend in de BC-concentratie, deze daling is het grootst van MW02 naar MW03 en daalt nog lichtjes naar MW04.

We hebben ook de gemiddelde BC-concentratie berekend bij ZW-wind (windrichting $210^\circ \pm 20^\circ$). Bij deze ZW-windrichting wordt de meetwagen L800 niet beïnvloed door de snelweg. We kunnen de metingen op meetwagen L800 daarom beschouwen als achtergrondconcentraties. Na L800 zal de lucht over de snelweg waaien en zo de mobiele meetinstallaties MW02, MW03 en MW04 aan de overkant van de snelweg bereiken. De onderbroken lichtblauwe lijn in Figuur 21 toont het profiel dat we bekomen bij deze omstandigheden. Het **verschil in BC concentratie** gemeten tussen de twee **dichtste meetplaatsen** bij de **snelweg** – mobiele meetinstallatie MW02 en meetwagen L800 – bij deze ZW-wind bedroeg **$3,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$** .

We hebben ook gekeken naar het tegenovergestelde van de hierboven genoemde situatie, namelijk bij NO-wind (windrichting $30^\circ \pm 20^\circ$). Dan is mobiele meetinstallatie MW02 een maat voor de achtergrondconcentratie en het verschil met meetwagen L800 bedraagt dan $3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit verschil is dus lager dan wat we vinden bij ZW-wind.

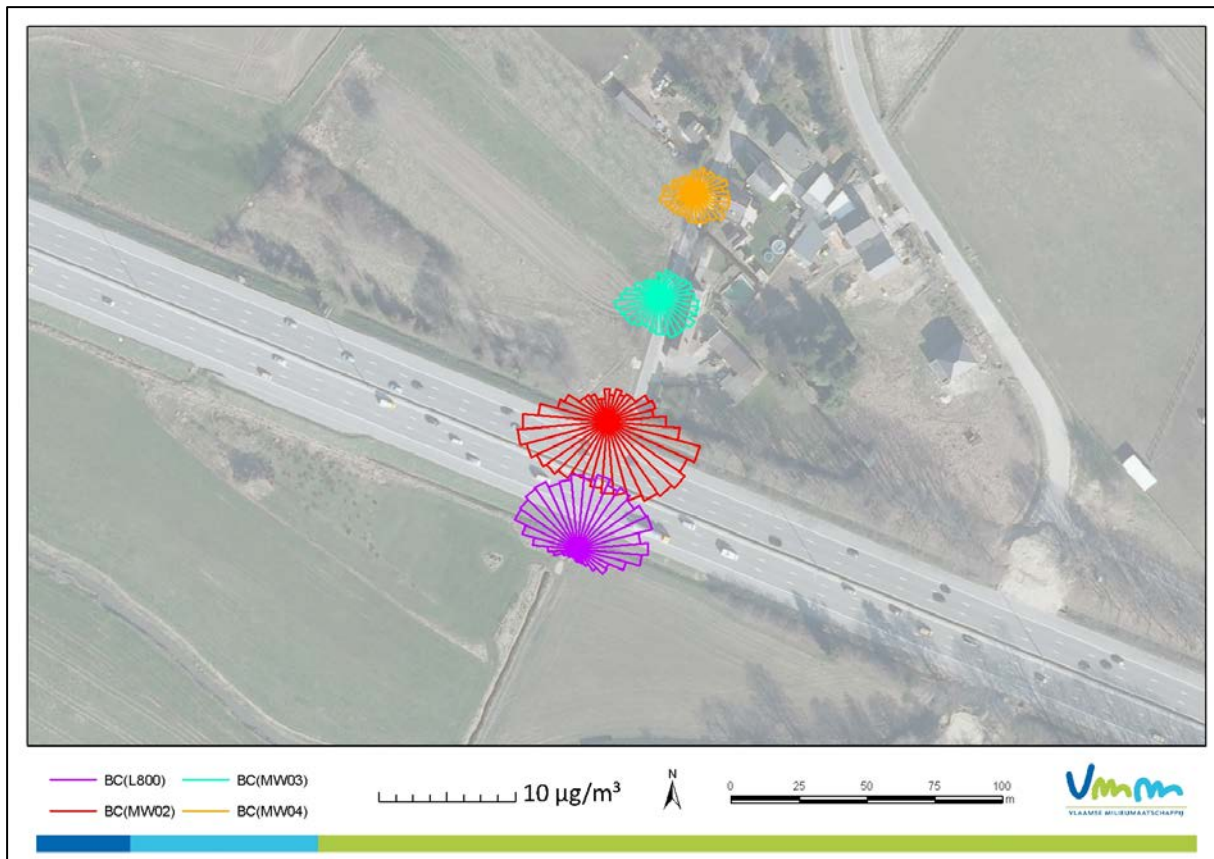
De achtergrondconcentratie die we vinden bij NO-wind ($2,80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ op MW02) ligt meer dan drie maal hoger dan deze bij ZW-wind ($0,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ op L800) waardoor de grafiek bij NO-wind ook meer naar boven ligt. Mogelijke verklaringen voor deze hogere achtergrondconcentratie bij NO-wind zijn:

- een andere oorsprong van de luchtmassa's;
- andere meteo en verdunningseffecten: de gemiddelde windsnelheid bij NO-wind ligt lager dan bij ZW-wind (cfr. Tabel 3);
- een bijdrage van het lokale verkeer in de Lombeekstraat en omliggende straten waardoor de achtergrondconcentratie hoger ligt.



Figuur 21: Verloop van de gemiddelde concentratie zwarte koolstof (BC) in functie van de afstand tot de snelweg

We hebben in Figuur 22 ook de pollutierozen getekend die ons een beeld geven van de gemiddelde zwartekoolstofconcentratie per windrichting. Hierop komt de ligging van de snelweg zeer duidelijk naar voren als een uitgesmeerde band. Voor meetwagen L800 wijst de pollutieroos in de noordelijke richting terwijl ze voor de andere mobiele meetinstallaties naar het zuiden wijst. Voor MW02 is de grootte gelijkaardig aan L800, alleen is de band iets breder. Bij MW03 en MW04 is de invloed van de snelweg al veel minder uitgesproken. De invloed van de afstand tot de snelweg komt hier ook weer sterk naar voren en benadrukt de belangrijke rol van verkeer als bron van zwarte koolstof.



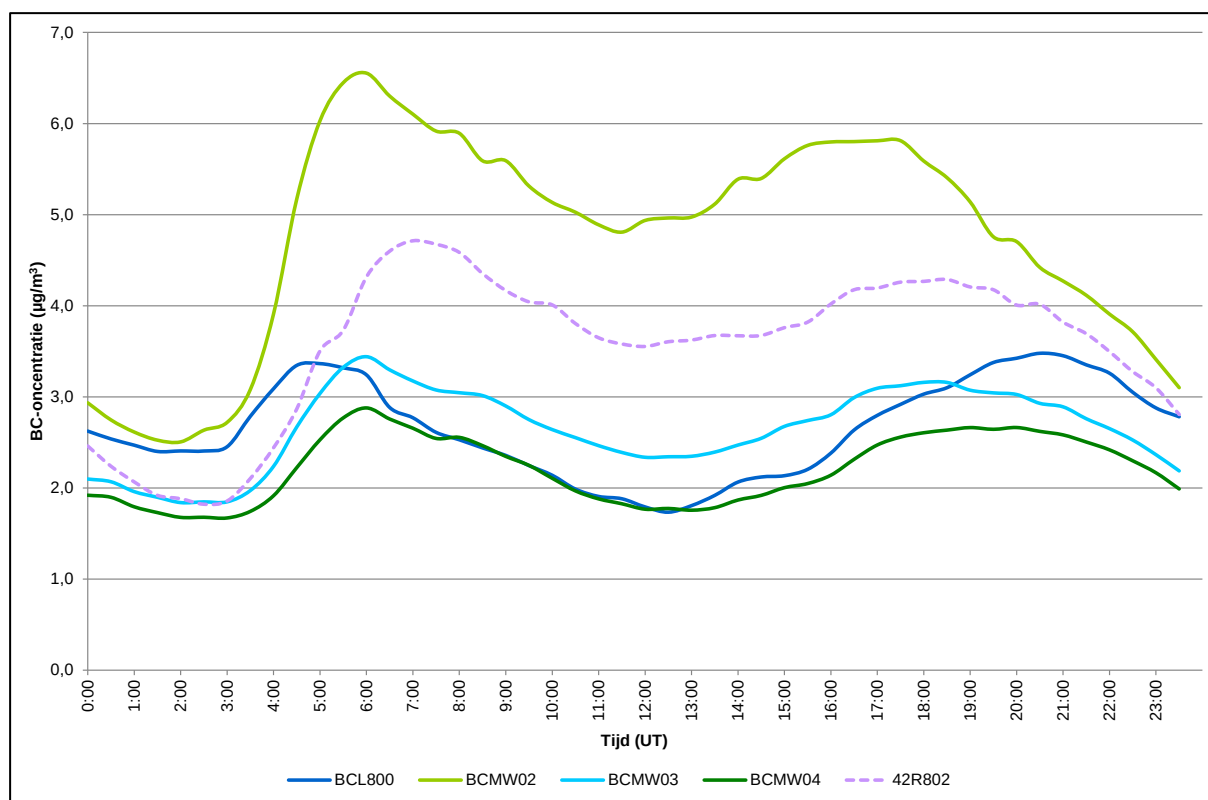
Figuur 22: Pollutieroos voor zwarte koolstof (BC) voor de mobiele meetinstallaties MW02 (rood), MW03 (cyaan) en MW04 (oranje) en meetwagen L800 (paars)

3.3.1 Dagverloop

In Figuur 23 kijken we naar het dagverloop van de gemiddelde BC-concentratie. De X-as toont het **uur** uitgedrukt in **universele tijd** (UT).

Voor de mobiele meetinstallatie MW02 zien we dat het dagverloop het meest uitgesproken is en de hoogste concentraties voorkomen rond de spitsuren 6u00 's morgens ($6,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en 17u30 's avonds ($5,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Tijdens deze spitsuren zijn de gemeten zwartekoolstofconcentraties op MW02 meer dan dubbel zo hoog als op de andere locaties. Het verloop en de gemeten concentraties bij de mobiele meetinstallaties MW03 en MW04 en de meetwagen L800 zijn gelijkaardig. Er is geen onmiddellijke verklaring waarom de maxima op meetwagen L800 op andere tijdstippen (5u30 en 20u30) voorkomen dan bij de mobiele meetinstallaties.

Ter vergelijking hebben we ook de resultaten van het vaste verkeersgerichte meetstation 42R802 (Antwerpen-Borgerhout) er bij gezet. Hier zien we een gelijkaardig profiel zoals bij mobiele meetinstallatie MW02, namelijk dat de hoogste concentraties voorkomen rond de spitsuren 7u00 's morgens ($4,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en 18u30 's avonds ($4,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



Figuur 23: Dagverloop van de zwarte koolstof (BC) concentratie

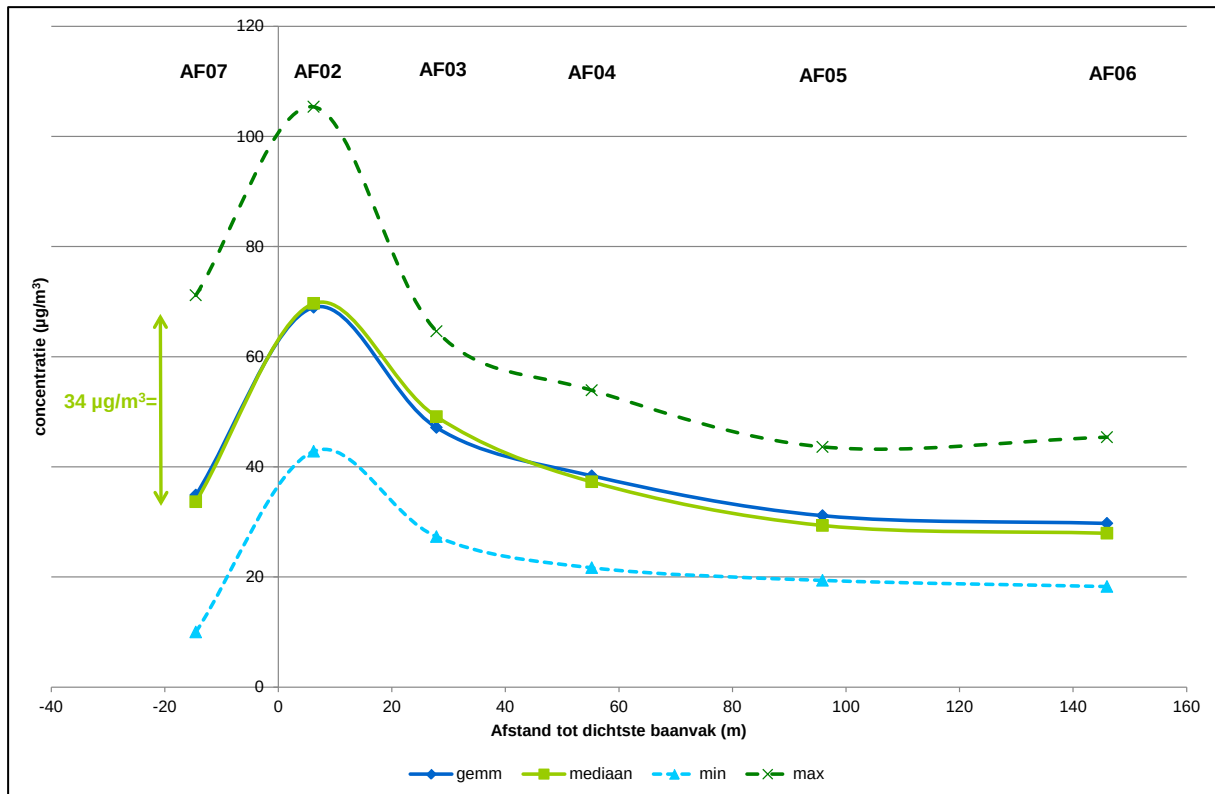
3.4 Stikstofdioxide (NO₂)

NO₂ maten we met passieve samplers die ons weekgemiddelde concentraties gaven. Hierdoor is het niet mogelijk de metingen te bespreken in functie van de windrichting. De gemiddelde weekgemiddelde concentratie samen met het hierop berekende 95% betrouwbaarheidsinterval staat in Tabel 5.

Tabel 5: Gemiddelde NO₂-concentratie (µg/m³) van de wekelijkse metingen met passieve samplers en het 95% betrouwbaarheidsinterval (µg/m³)

	AF07	AF02	AF03	AF04	AF05	AF06
NO ₂ (alle windr.)	35 ± 5	69 ± 4	47 ± 3	38 ± 2	31 ± 2	30 ± 2

In Figuur 24 is heel duidelijk het verloop te zien van het **NO₂-gemiddelde**. Bij meetplaats AF02 meten we een concentratie van 69 µg/m³ en bij meetplaats AF07, aan de overkant van de snelweg, een concentratie van 35 µg/m³. Het verschil in de gemiddelde concentratie bedraagt dus **34 µg/m³**, wat een goede **indicatie** is voor de **bijdrage** die afkomstig is van de **snelweg**. In werkelijkheid zal deze bijdrage nog hoger liggen, want bij de weekgemiddelde concentratie kwam de wind soms ook uit het noordoosten, waardoor we meetplaats AF07 niet 100% kunnen beschouwen als een achtergrondconcentratie (cf. paragraaf 3.3). Vanaf 100 meter (AF05) valt de gemiddelde NO₂-concentratie terug tot 31 µg/m³. Ze bedraagt dan minder dan de helft van de concentratie op meetplaats AF02 en is vergelijkbaar met deze op AF07. Er kan dus gesteld worden dat in deze omgeving en voor NO₂ de invloed van de autosnelweg zeker tot 100 m meetbaar is.



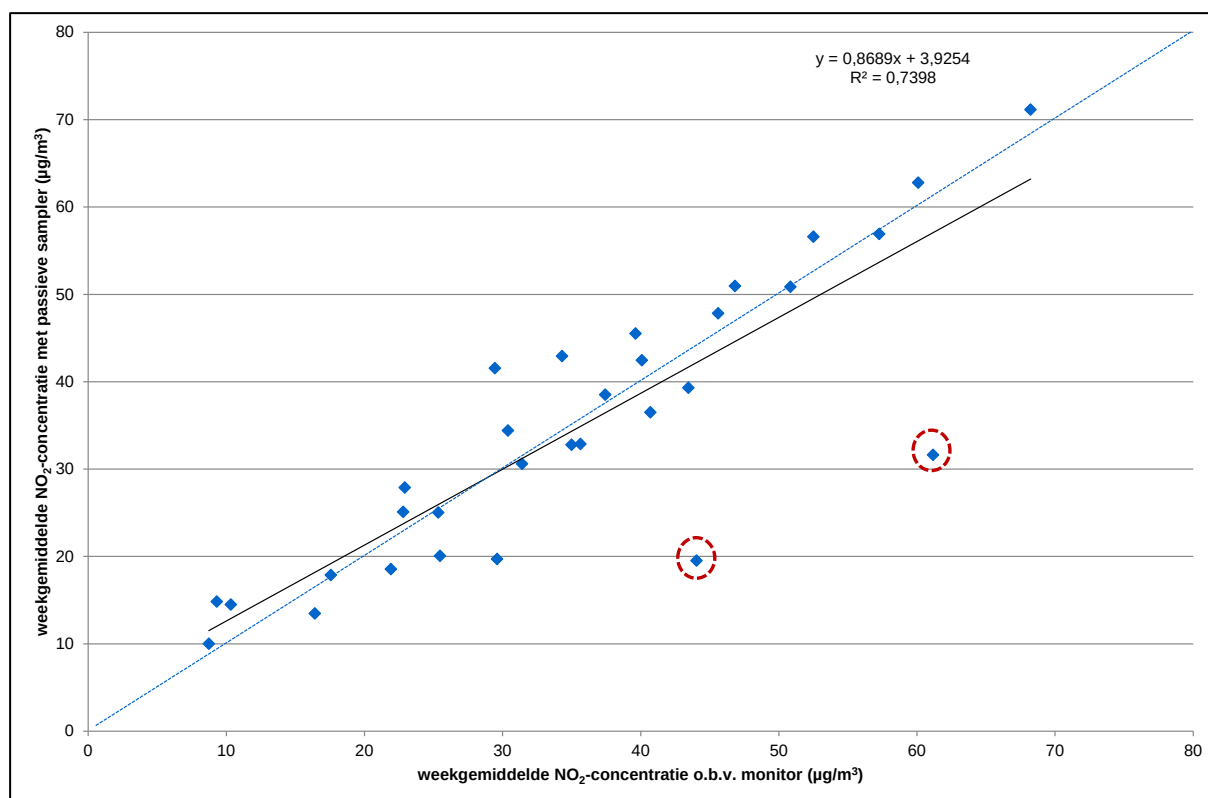
Figuur 24: Verloop van de stikstofdioxide (NO_2) concentratie in functie van de afstand tot de snelweg

3.4.1 Vergelijking met passieve samplers

In meetwagen L800 – die naast meetplaats AF07 stond – was ook een NO_x -monitor aanwezig. Deze monitor geeft halfuurconcentraties van zowel de stikstofdioxide (NO_2), stikstofmonoxide (NO) en de som van beide samen als stikstofoxiden (NO_x)

Het is dus mogelijk om een vergelijking te maken tussen de weekgemiddelde NO_2 -concentraties berekend uit de halfuurwaarden gemeten met de monitor en bekomen met de passieve sampler. We hebben de tijd van de monsterneming van de passieve samplers afgerond naar beneden tot op het halfuur. Enkel wanneer het beschikbare aantal gevalideerde halfuurwaarden voor de monitor meer dan 90% bedroeg, werden ze meegenomen in de vergelijking. Uiteindelijk werden er 27 van de 31 meetperiodes meegenomen in de verdere vergelijking.

Figuur 25 toont de vergelijking tussen de wekelijkse NO_2 -concentratie zoals gemeten met de passieve samplers en berekend uit de halfuurwaarden van de monitor. Hierop is te zien dat we een goede overeenkomst vinden over het ganse concentratiegebied met uitzondering van 2 uitbijters. Deze uitbijters werden in het rood omcirkeld en de gemeten concentratie met de passieve sampler bedraagt hier iets minder dan de helft van de concentratie gemeten met de automatische NO_x -monitor.



Figuur 25: Vergelijking weekgemiddelde NO₂-concentratie meetplaats AF07 en meetwagen L800. De ideale 1:1 verhouding wordt getoond door de blauwe onderbroken lijn samen met de resultaten van de lineaire regressie

3.4.2 Verhouding NO₂ tot NO_x

Figuur 26 en Figuur 27 tonen de pollutierozen voor NO en NO₂ zoals gemeten in de meetwagen L800 en de verkeersgerichte meetplaats R802 (Antwerpen-Borgerhout). In beide gevallen wijzen deze pollutierozen sterk in de richting van de verkeerswegen. Dit is enerzijds de E40-snelweg ten noorden van de meetwagen L800 en anderzijds de drukke invalsweg Plantin en Moretuslei ten zuidoosten van de verkeersgerichte meetplaats R802.

De grootste bron van stikstofoxiden NO_x (NO en NO₂ samen) is het verkeer. Bij de verbrandingsprocessen wordt voornamelijk NO gevormd, dat snel reageert met zuurstof in de lucht tot NO₂.



Figuur 26: Pollutierozen voor NO en NO₂ gemeten op de meetwagen L800

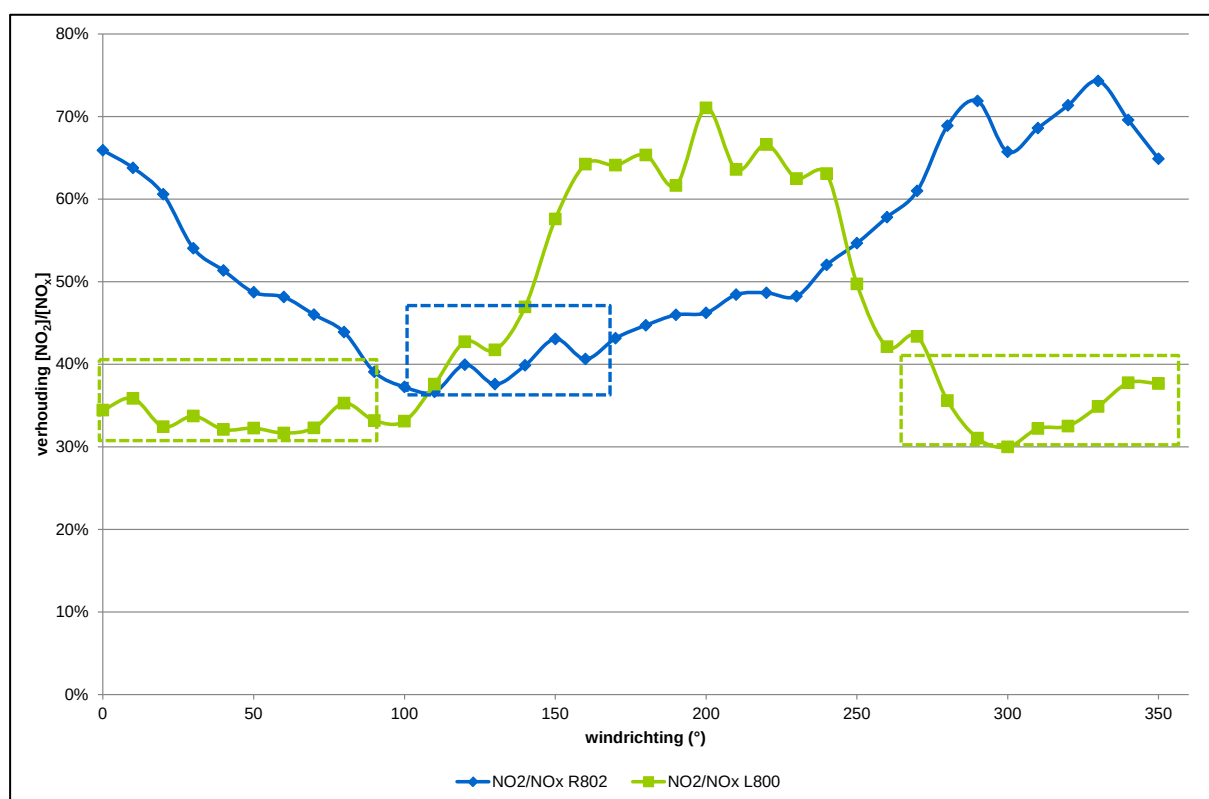


Figuur 27: Pollutierozen voor NO en NO₂ gemeten op de verkeersgerichte meetplaats R802 (Antwerpen-Borgerhout) tijdens dezelfde meetperiode als de snelwegcampagne

We hebben ook gekeken naar het NO_2 -aandeel in NO_x ($\text{NO} + \text{NO}_2$) in functie van de windrichting. De voorbije jaren ziet men – ook in het buitenland – dat deze verhouding voor de emissies van verkeer gestegen is⁵. Enkele van de meest aangehaalde redenen voor deze stijgingen zijn:

- de invoer van katalytische diesellootfilters waardoor er meer NO wordt omgezet tot NO_2 ;
- toename van diesilverkeer.

Voorals in België bestaat het wagenpark voornamelijk uit dieselwagens waardoor we een vrij hoog NO_2 -aandeel in NO_x hebben. Figuur 28 toont dit aandeel in functie van de windrichting voor de meetwagen L800 en ter vergelijking voor het verkeersgerichte meetstation R802 (Antwerpen-Borgerhout). Voor die windrichtingen die overeenkomen met de ligging van snelweg (van 270° tot 70° in Affligem) en de invalsweg (tussen 110° en 160° in Borgerhout) zien we dat het aandeel ligt tussen de 30% en de 40%. Met andere woorden; dichtbij verkeerswegen ligt het aandeel van NO_2 ten opzichte van NO_x tussen 30 en 40%. Door omzetting van NO in NO_2 neemt dit aandeel vervolgens toe.



Figuur 28: Verhouding NO_2/NO_x gemeten op de meetwagen L800 (Affligem) en op het verkeersgerichte meetstation R802 (Antwerpen-Borgerhout)

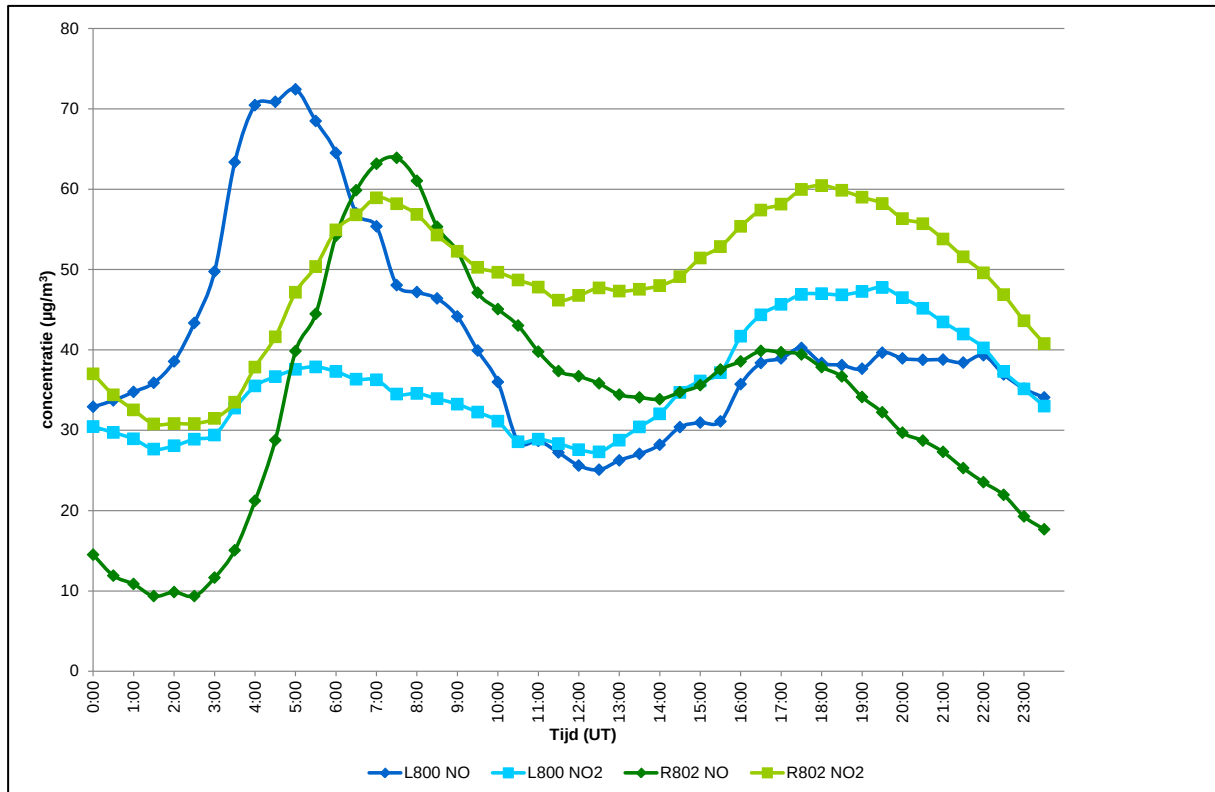
3.4.3 Dagverloop NO en NO_2

Figuur 29 toont het dagverloop van de NO- en NO_2 -concentraties voor de meetwagen L800 en de verkeersgerichte meetplaats R802 (Antwerpen-Borgerhout). We zien vooral grote verschillen in de maxima van de NO-concentratie: voor meetwagen L800 komt die voor om 5u 's morgens (UT) terwijl deze voor meetplaats R802 rond 7u30 's morgens (UT) ligt. Deze twee maxima liggen dus 2,5 uur uit elkaar. Dit komt omdat de spits en het drukke verkeer op de E40-snelweg vroeger start dan op de invalsweg Plantin en Moretuslei. De ligging van het NO-maximum gemeten bij L800 komt verder goed overeen met de resultaten van de verkeerstellingen richting Brussel waarbij we ook een sterke terugval zagen in de gemiddelde snelheid, de ochtendfile, rond 6u 's morgens (lokale tijd). Bij de snelweg zien we ook dat de NO-concentraties veel hoger liggen dan de NO_2 -concentraties tijdens de ochtendfile. Bij R802 zien we tijdens de ochtendspits rond 7u 's morgens maar weinig verschil tussen de NO- en NO_2 -concentratie.

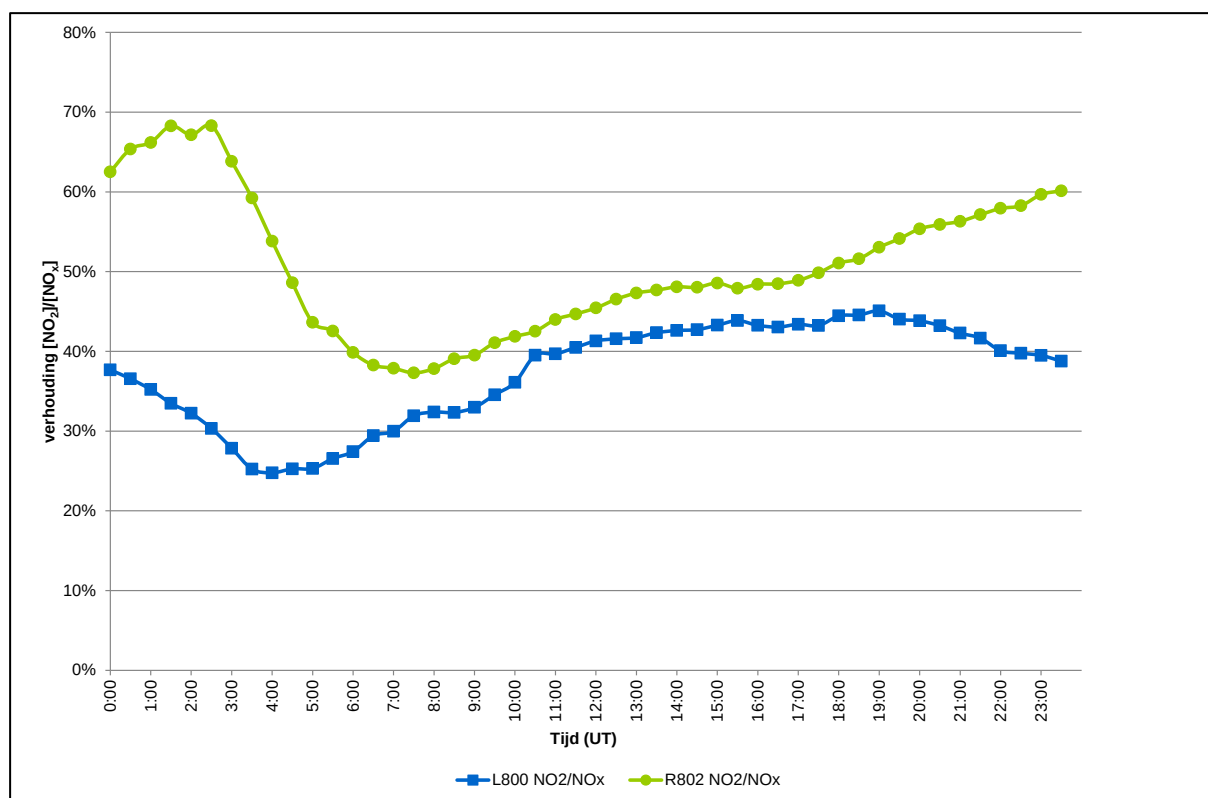
⁵ Evidence of an increasing NO_2/NO_x emissions ratio from road traffic emissions, D. C. Carslaw, Atmospheric Environment (2005), Vol. 39, Issue 26, pp. 4793 - 4802

De minimumconcentraties liggen voor NO en NO₂ op de snelweg ongeveer gelijk op 30 µg/m³ 's middags en rond middernacht (UT). Bij de meetplaats R802 vallen deze minimumconcentraties voor NO en NO₂ minder samen. Ze liggen rond de 15 µg/m³ voor NO en voor NO₂ rond de 40 µg/m³ bij middernacht.

Figuur 30 toont ook het dagverloop van het aandeel van NO₂ tot NO_x voor de meetwagen L800 en de meetplaats R802. De minima hier komen overeen met de eerder gevonden maxima aan NO en duiden dus op veel verkeer en de ochtendspits. Voor R802 zien we meer variatie in het aandeel van NO₂ wat ook mee volgt uit de variatie die we zagen in Figuur 29.



Figuur 29: Dagverloop van de NO- en NO₂-concentratie voor meetwagen L800 vergeleken met meetplaats R802 (Antwerpen-Borgerhout)



Figuur 30: Dagverloop van de NO_2 - tot NO_x -verhouding voor de meetwagen L800 en de verkeersgerichte meetplaats R802

3.5 Fijn stof (PM_{10} en $\text{PM}_{2,5}$)

De gemiddelde PM_{10} - en $\text{PM}_{2,5}$ -concentraties, op basis van halfuurwaarden, en het hierop berekende 95% betrouwbaarheidsinterval voor de meetwagen en de mobiele installaties staan in Tabel 6 en zijn nog verder opgedeeld per windrichting. Omdat NO-wind minder frequent voorkomt – en er dus minder metingen zijn – is het 95% betrouwbaarheidsinterval op die gemiddelden groter.

Tabel 6: Gemiddelde concentratie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) van PM_{10} en $\text{PM}_{2,5}$ fijn stof samen met het 95% betrouwbaarheidsinterval ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	L800	MW02	MW03	MW04
PM_{10} gemiddeld (alle windr.)	19.7 ± 0.3	25.4 ± 0.2	22.6 ± 0.3	22.8 ± 0.2
PM_{10} gemiddeld (ZW-wind)	13.8 ± 0.3	22.5 ± 0.4	18.7 ± 0.4	18.7 ± 0.3
PM_{10} gemiddeld (NO-wind)	28.4 ± 1.1	25.3 ± 1.0	28.0 ± 1.2	26.8 ± 1.0
$\text{PM}_{2,5}$ gemiddeld (alle windr.)	13.0 ± 0.2	16.4 ± 0.2	15.1 ± 0.2	14.7 ± 0.2
$\text{PM}_{2,5}$ gemiddeld (ZW-wind)	7.8 ± 0.3	13.4 ± 0.3	11.8 ± 0.3	11.0 ± 0.3
$\text{PM}_{2,5}$ gemiddeld (NO-wind)	19.8 ± 0.9	17.5 ± 0.8	16.2 ± 0.8	15.3 ± 0.8

Figuur 31 toont hoe de gemiddelde concentratie van PM_{10} fijn stof afneemt in functie van de afstand tot de snelweg. De resultaten voor meetwagen L800 hebben we links gezet van de X-as en de negatieve afstand verwijst eigenlijk naar de afstand tot het dichtste baanvak in de rijrichting Brussel.

De donkerblauwe lijn toont het resultaat wanneer we alle metingen – en dus alle mogelijke windrichtingen – in beschouwing nemen. Naarmate we verder van de snelweg weggaan zien we een eerder licht dalende trend in de PM_{10} -concentratie, deze daling is het grootst van MW02 naar MW03.

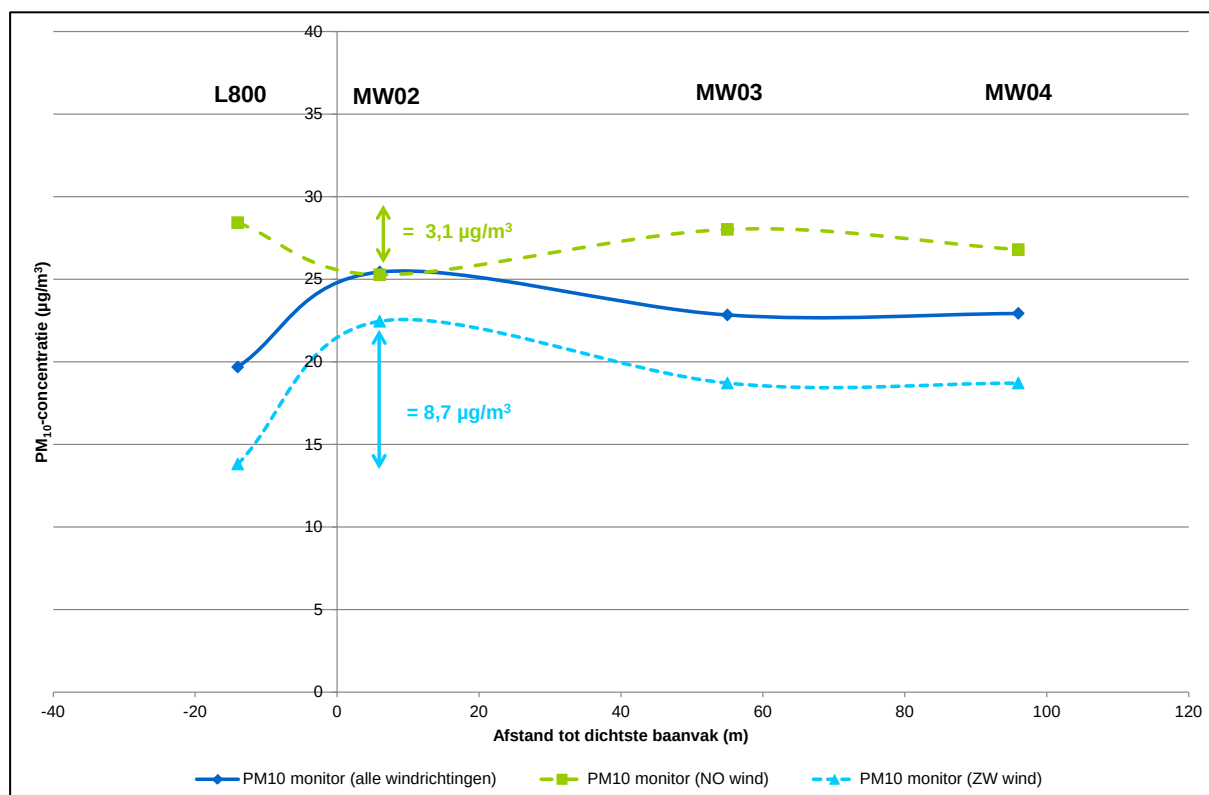
We hebben ook de gemiddelde concentratie aan PM_{10} fijn stof bij ZW-wind (windrichting $210^\circ \pm 20^\circ$) uitgezet. Bij deze ZW-windrichting zal er lucht aangevoerd worden die eerst meetwagen L800 bereikt. Daarna zal deze lucht over de snelweg waaien en zo de mobiele meetinstallaties MW02, MW03 en MW04 aan de overkant van de snelweg bereiken. Bij deze **ZW-windrichting** kunnen we dus zeggen dat L800 windopwaarts ligt en een goede maat is voor de achtergrondconcentratie aan PM_{10} . De onderbroken lichtblauwe lijn in Figuur 31 toont het profiel dat we bekomen bij deze omstandigheden.

Het **verschil in PM_{10} -concentratie** gemeten tussen de twee **dichtste meetplaatsen** bij de **snelweg** – mobiele meetinstallatie MW02 en meetwagen L800 – bij deze ZW-wind bedroeg **$8,7 \mu g/m^3$** . Dit betekent een verhoging van 64% ten opzichte van de achtergrondconcentratie.

We hebben ook gekeken naar het tegenovergestelde van de hierboven genoemde situatie, namelijk bij NO-wind (windrichting $30^\circ \pm 20^\circ$). Dan is MW02 een maat voor de achtergrondconcentratie en het verschil met L800 van **$3,1 \mu g/m^3$** de bijdrage van de snelweg. De bijdrage van de snelweg die we zo vinden, ligt dus veel lager dan wat we bij ZW-wind vinden. Ze ligt ook lager dan de bijdrage die we vonden voor zwarte koolstof van $3,5 \mu g/m^3$ (zie paragraaf 3.3). Nochtans verwachten we de zwarte koolstof volledig terug te vinden in PM_{10} . We zien ook dat de concentratie van MW04 naar MW03 zelfs lichtjes stijgt met $1,2 \mu g/m^3$ en daarna terug daalt naar MW02. Juist zoals we aanhaalden bij zwarte koolstof zijn de mogelijke verklaringen voor deze hogere achtergrondconcentratie bij NO-wind:

- een andere oorsprong van de luchtmassa's;
- andere meteo en verdunningseffecten: de gemiddelde windsnelheid bij NO-wind ligt lager dan bij ZW-wind (cfr. Tabel 3);
- een bijdrage van het lokale verkeer in de Lombeekstraat en omliggende straten waardoor de achtergrondconcentratie hoger ligt.

Toch zien we verder ook een aanwijzing van een bijkomstige lokale PM_{10} -bron rond MW03. In het profiel van zwarte koolstof (BC) hebben we deze verhoging niet gezien, maar bij ammoniak (NH_3) wel, waardoor deze lokale bron waarschijnlijk niet van verkeer afkomstig is maar eerder van de nabijgelegen paardenstal. We vermoeden dat de verhoogde concentratie van NH_3 rond MW03 (en AF05) aanleiding hebben gegeven tot de vorming van secundair PM_{10} onder de vorm van ammoniumzouten (bijvoorbeeld ammoniumnitraat).



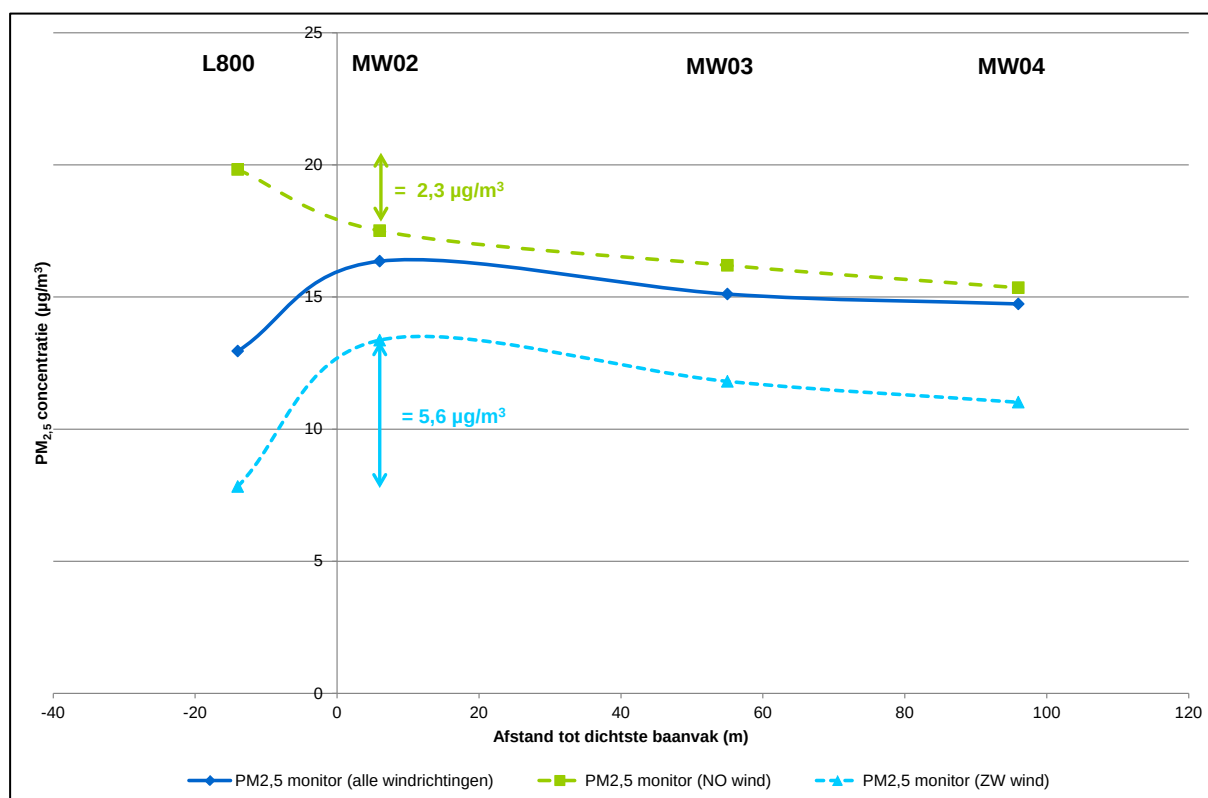
Figuur 31: Verloop van de gemiddelde concentratie PM_{10} fijn stof in functie van de afstand tot de snelweg

Figuur 32 is gelijkaardig aan de vorige figuur maar dan voor $PM_{2,5}$ fijn stof wat volledig vervat zit in PM_{10} fijn stof. Ze geeft ons dus een beeld van hoe de concentratie van deze fijnere fractie van fijn stof varieert met de afstand tot de snelweg.

Op basis van de onderbroken lichtblauwe lijn voor de ZW-windrichting kunnen we stellen dat het **verschil in $PM_{2,5}$ -concentratie**, gemeten tussen de twee **dichtste meetplaatsen** bij de **snelweg**, **$5,6 \mu g/m^3$** bedroeg bij deze windrichting. Als we dit vergelijken met de PM_{10} bijdrage van $8,7 \mu g/m^3$ voor

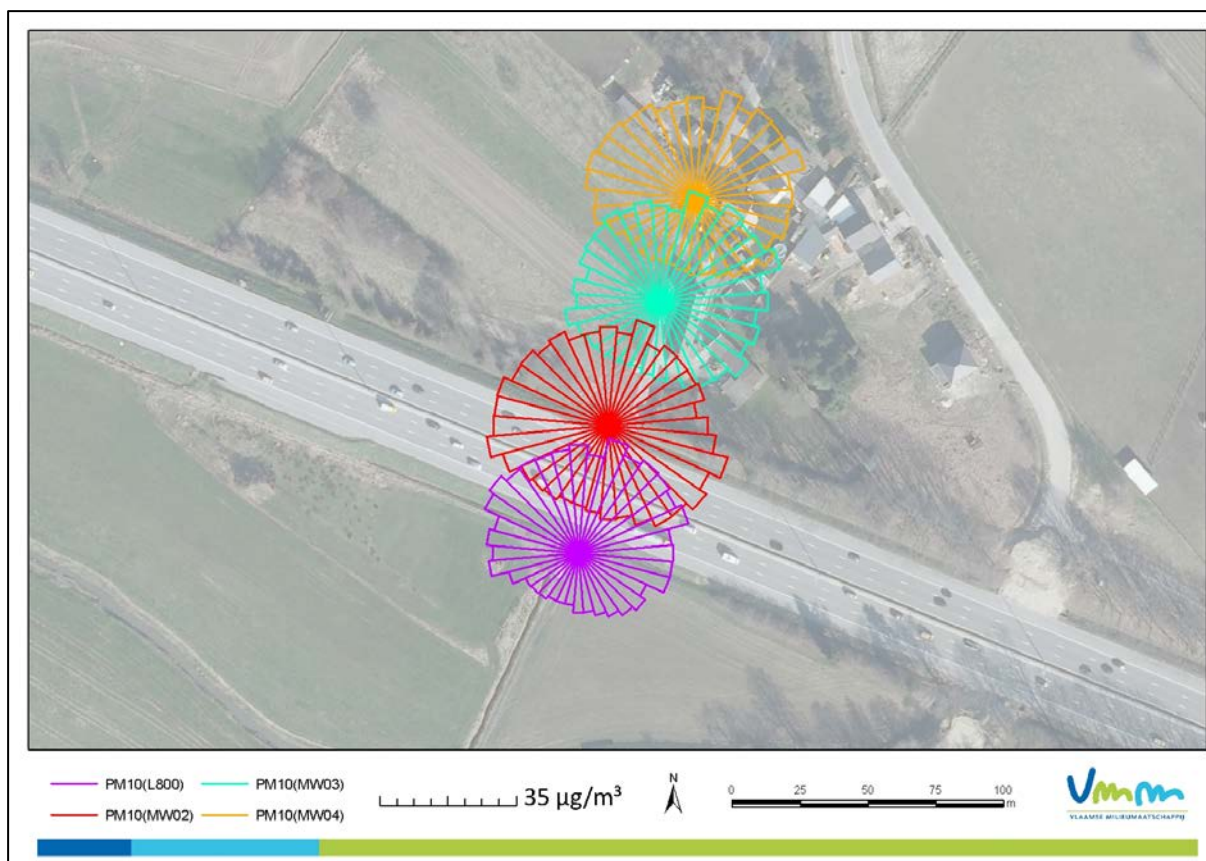
deze windrichting, kunnen we zeggen dat deze dus voor 65% bestaat uit $PM_{2,5}$. Voor deze windrichting was de bijdrage aan zwarte koolstof $3,9 \mu g/m^3$.

Voor de NO-windrichting bedraagt voor $PM_{2,5}$ het verschil tussen MW02 en L800 $2,3 \mu g/m^3$ en dus minder dan bij ZW-windrichting. De stijging die we zien in de $PM_{2,5}$ -concentraties van MW04 tot MW02 is verrassend en hangt mogelijk mee samen met de factoren reeds besproken voor PM_{10} . De bijdrage aan PM_{10} bij deze windrichting bedroeg $3,1 \mu g/m^3$, of anders gezegd ze bestond voor 74% uit $PM_{2,5}$. Bij deze NO-windrichting was de bijdrage aan zwarte koolstof $3,5 \mu g/m^3$, dus hoger dan wat we vinden voor $PM_{2,5}$. Nochtans verwachtten we zwarte koolstof volledig terug te vinden als fractie in $PM_{2,5}$. Ook dit is kan wijzen op een verstorende fijnstofbron in de omgeving van de mobiele meetinstallaties.

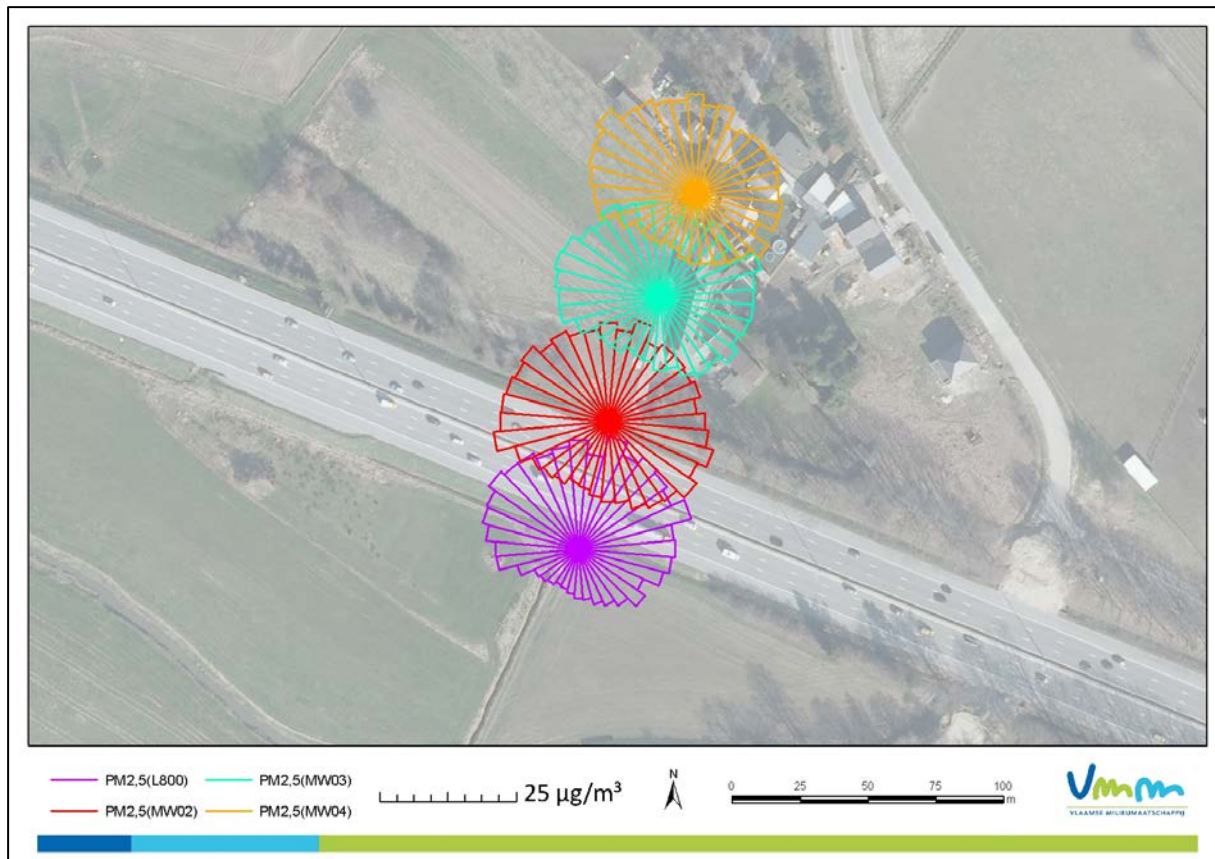


Figuur 32: Verloop van de gemiddelde concentratie $PM_{2,5}$ fijn stof in functie van de afstand tot de snelweg

Figuur 33 en Figuur 34 tonen de pollutierozen voor PM_{10} en $PM_{2,5}$ fijn stof voor elk van de mobiele meetinstallaties en de meetwagen. De vormen van de pollutierozen voor PM_{10} en $PM_{2,5}$ zijn gelijkaardig en vertonen geen uitgesproken pieken. Dit in tegenstelling tot de pollutierozen voor zwarte koolstof (zie Figuur 22) waarin de snelweg duidelijk en sterk naar voren kwam. Het toont aan dat zwarte koolstof (BC) een zeer goede indicator is voor verkeer terwijl er voor fijn stof veel andere bronnen en bijdragen zijn waardoor het snelwegpatroon niet uitgesproken is.



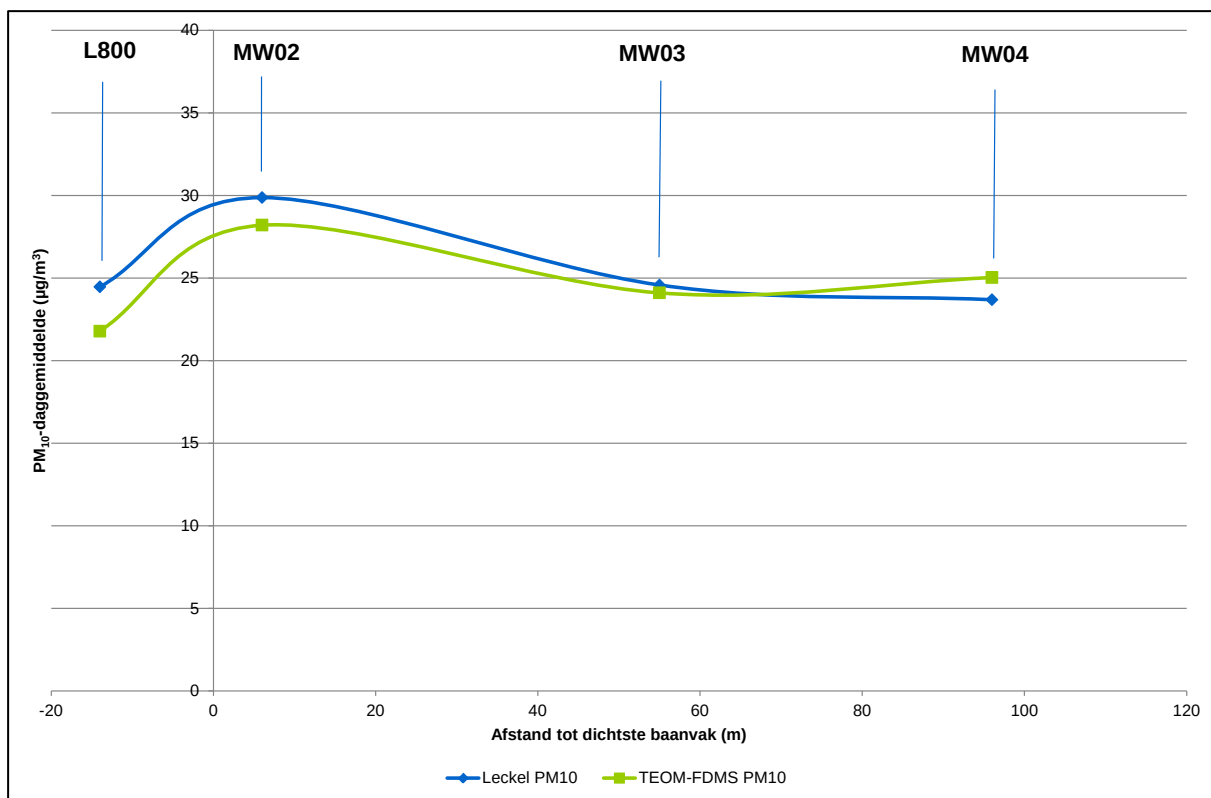
Figuur 33: Pollutieroos voor PM_{10} fijn stof voor de mobiele meetinstallaties MW02 (rood), MW03 (cyaan) en MW04 (oranje) en meetwagen L800 (paars)



Figuur 34: Pollutieroos voor PM_{2,5} fijn stof voor de mobiele meetinstallaties MW02 (rood), MW03 (cyaan) en MW04 (oranje) en meetwagen L800 (paars)

3.5.1 Vergelijking monitoren met Leckel

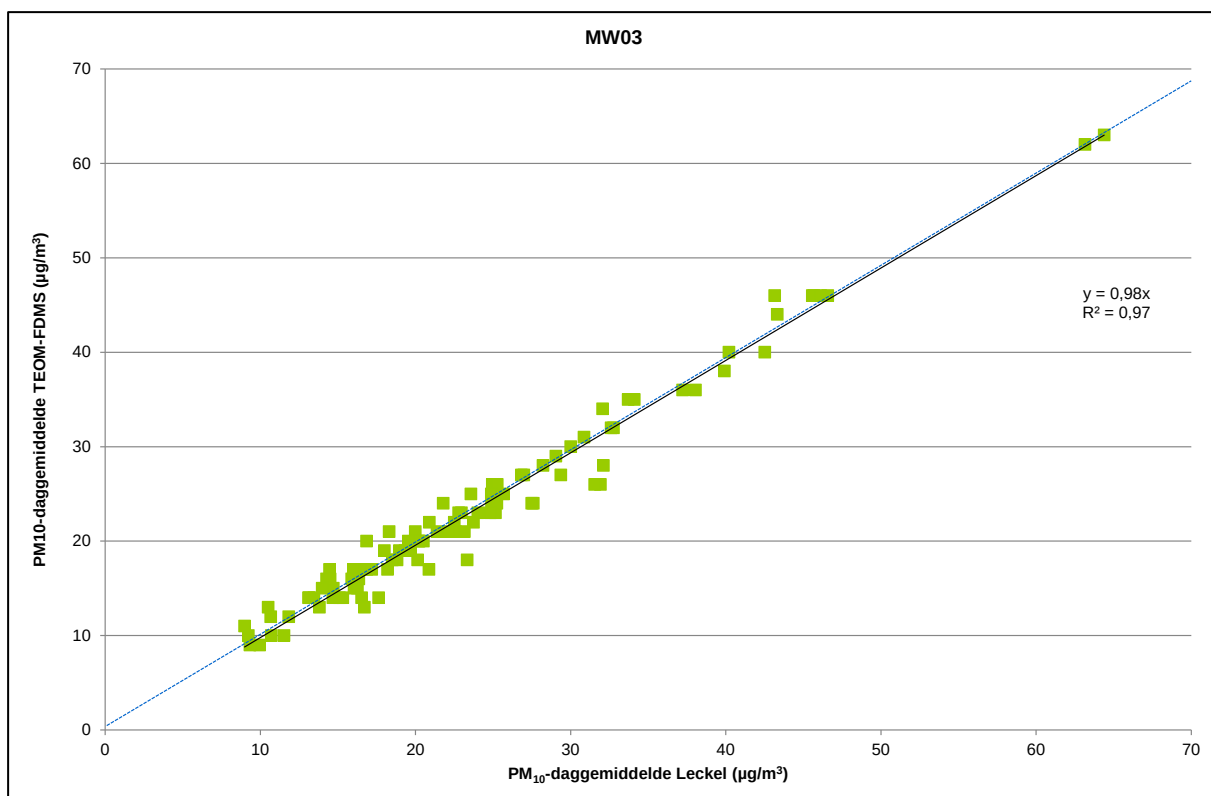
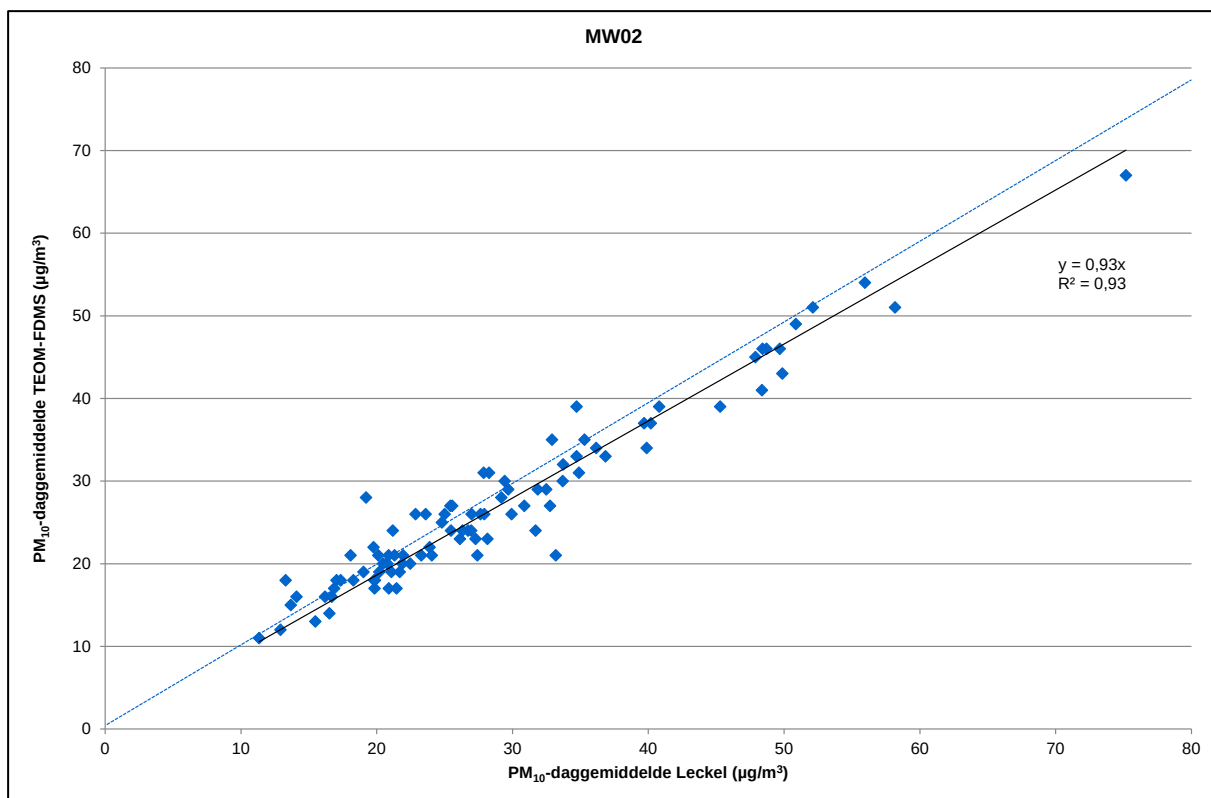
Van 8 september 2012 tot en met 28 december 2012 hebben we ook Leckel SEQ 47/50 toestellen met een PM₁₀-inlaat naast de mobiele meetinstallaties en de meetwagen geplaatst. Deze metingen gelden als Europese referentiemethode voor fijnstofmetingen. Zo krijgen we een idee van het PM₁₀-daggemiddelde met de referentiemethode, vergeleken met het daggemiddelde berekend uit de halfuurwaarden van de TEOM-FDMS-monitoren. Figuur 35 toont de overeenkomst tussen beide meetmethodes. Hierbij valt vooral het verschil bij mobiele meetinstallatie MW04 op waarbij we voor de TEOM-FDMS een lichte verhoging vinden ten opzichte van de Leckel.

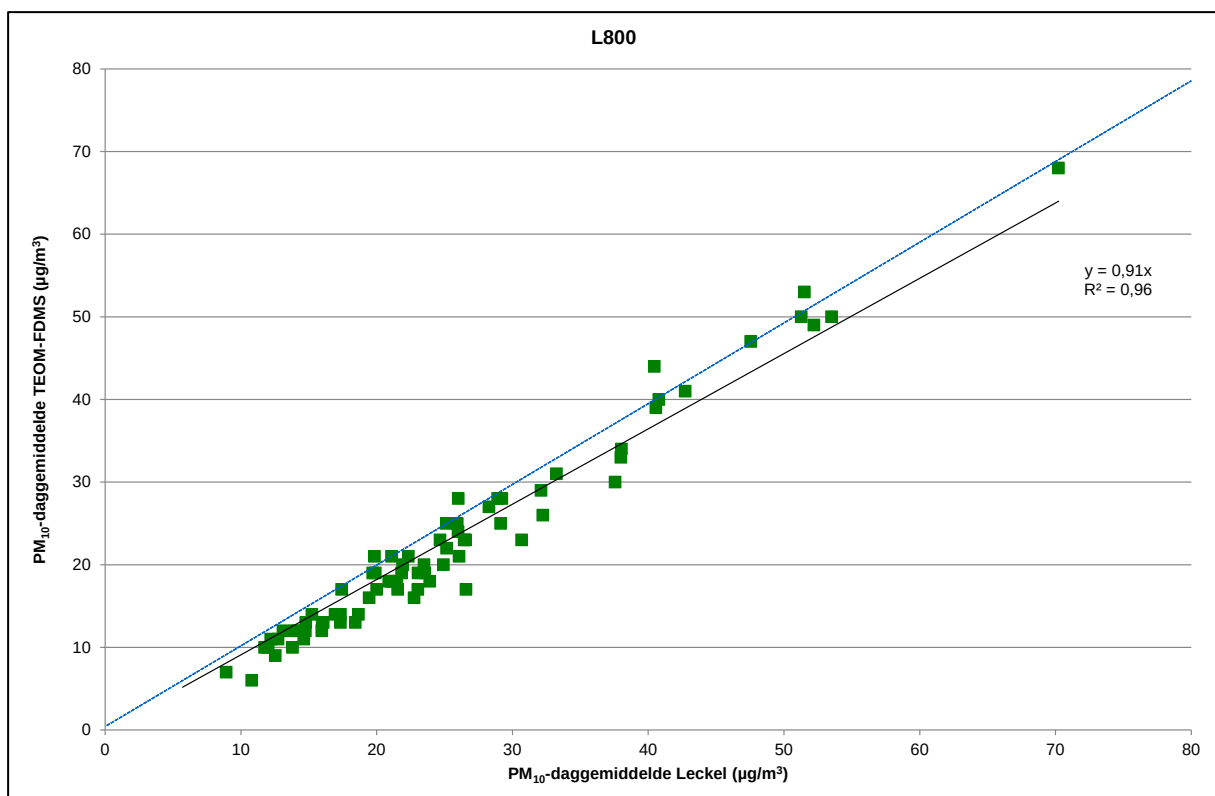
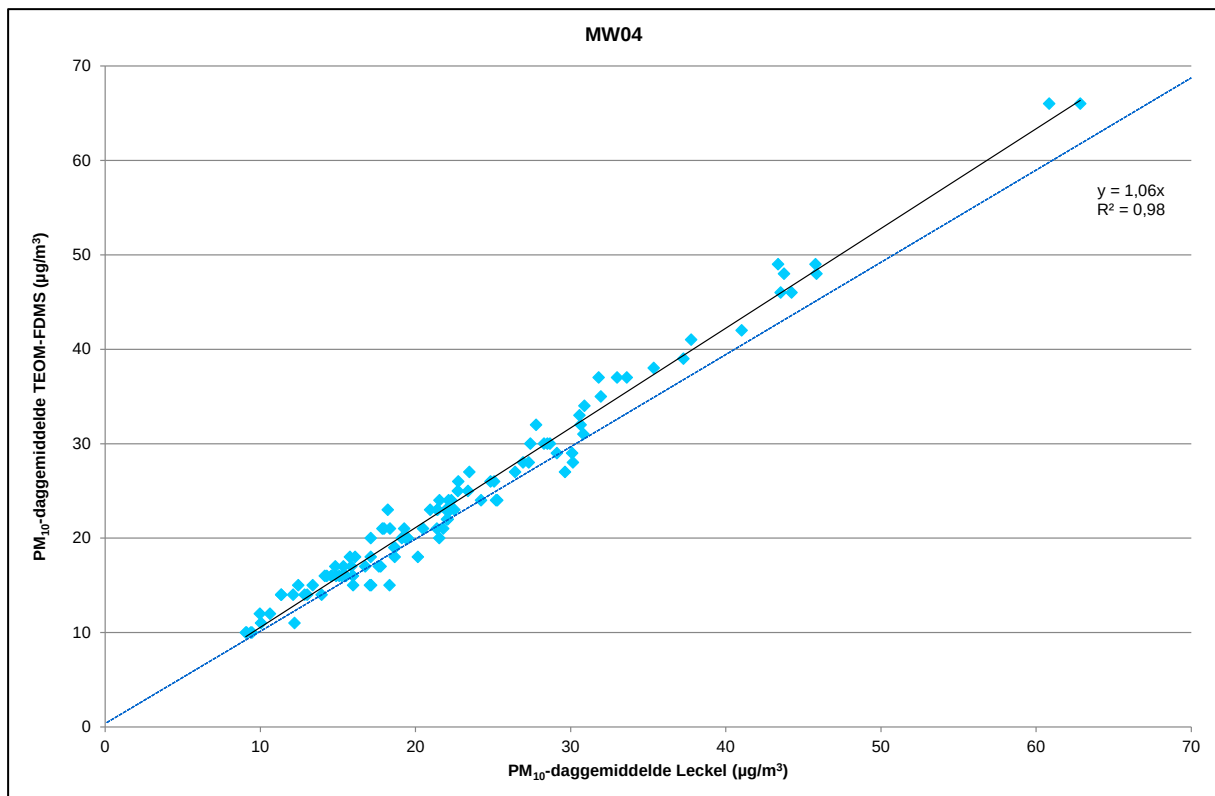


Figuur 35: Vergelijking van het PM_{10} -daggemiddelde gemeten met Leckel en TEOM-FDMS per meetplaats

In Figuur 36 hebben we de individuele daggemiddelden voor beide meetmethodes uitgezet en hierop lineaire regressie toegepast. Om de resultaten van deze regressie makkelijker te kunnen interpreteren, hebben we ze doorgevoerd door de oorsprong. We bespreken de resultaten per mobiele meetinstallatie en meetwagen:

- **MW02:** een vrij goede overeenkomst voor concentraties beneden de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, gemiddeld liggen de TEOM-FDMS metingen 7% lager dan deze van de Leckels.
- **MW03:** een zeer goede overeenkomst, gemiddeld liggen de TEOM-FDMS metingen een 2% lager dan deze van de Leckels.
- **MW04:** een goede overeenkomst maar de TEOM-FDMS metingen liggen gemiddeld 6% hoger dan deze van de Leckels.
- **L800:** een goede overeenkomst maar de TEOM-FDMS metingen liggen gemiddeld wel 9% lager dan de Leckel-metingen.





Figuur 36: Lineaire regressie van het PM₁₀-daggemiddelde (Leckel en TEOM-FDMS) per meetplaats. De ideale 1:1 verhouding wordt getoond door de blauwe diagonale lijn

3.5.2 Dagverloop fijnstofconcentratie

De TEOM-FDMS-monitoren meten de fijnstofconcentraties in 2 aparte cycli van 6 minuten waarbij we een onderscheid kunnen maken tussen de niet-vluchtige en de vluchtige⁶ fractie fijn stof. De totale PM_{10} - of $PM_{2,5}$ -fijnstofconcentratie kan men schrijven als:

$$[\text{totale fijnstofconcentratie}] = [\text{niet-vluchtige concentratie}] + [\text{vluchtige concentratie}]$$

De niet-vluchtige concentratie maakt het grootste deel uit van de totale fijnstofconcentratie en de vluchtige concentratie is typisch veel lager.

De gemiddelde concentraties voor elk van de PM_{10} - en $PM_{2,5}$ -fijnstoffracties op basis van halfuurwaarden en het hierop berekende 95% betrouwbaarheidsinterval voor de meetwagen en de mobiele installaties staan in Tabel 7. Voor mobiele meetinstallatie MW03 en MW04 zien we dat de verschillen in de totale en niet-vluchtige PM_{10} -concentraties en $PM_{2,5}$ -totale concentraties niet statistisch significant zijn. Daarom is in de volgende paragrafen de bespreking van het dagverloop eerder beschrijvend en doen we geen uitspraken over de absolute verschillen in concentraties.

Tabel 7: Gemiddelde concentraties ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) voor PM_{10} en $PM_{2,5}$ en hun fracties samen met het 95% betrouwbaarheidsinterval ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

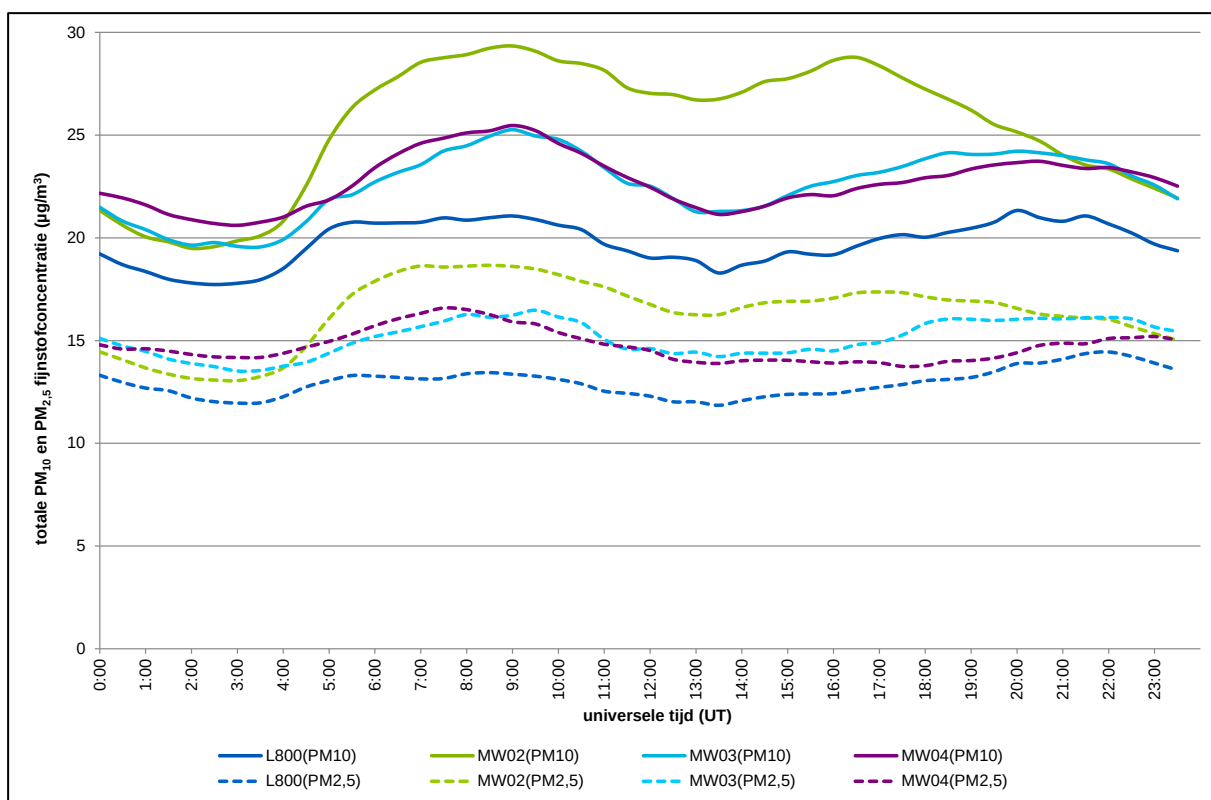
	L800	MW02	MW03	MW04
PM_{10} totale fijnstofconc.	19.7 ± 0.3	25.4 ± 0.2	22.6 ± 0.3	22.8 ± 0.2
PM_{10} niet-vl. fijnstofconc.	17.5 ± 0.2	22.2 ± 0.2	19.2 ± 0.2	19.0 ± 0.2
PM_{10} vl. fijnstofconc.	2.2 ± 0.1	3.2 ± 0.1	3.4 ± 0.1	3.8 ± 0.1
$PM_{2,5}$ totale fijnstofconc.	13.0 ± 0.2	16.4 ± 0.2	15.1 ± 0.2	14.7 ± 0.2
$PM_{2,5}$ niet-vl. fijnstofconc.	10.8 ± 0.2	12.8 ± 0.2	11.7 ± 0.2	11.0 ± 0.2
$PM_{2,5}$ vl. fijnstofconc.	2.2 ± 0.1	3.6 ± 0.1	3.5 ± 0.1	3.8 ± 0.1

Figuur 37 toont het dagverloop van de totale PM_{10} - en $PM_{2,5}$ -concentraties en we vinden voor beide een gelijkaardig patroon. De concentraties op MW02 liggen het hoogst, daaronder die van MW03 en MW04 die bijna gelijk zijn en L800 het laagste. In beide gevallen zien we – toch zeker voor MW02 – de twee brede schouders rond de uren van de ochtend- en avondspits.

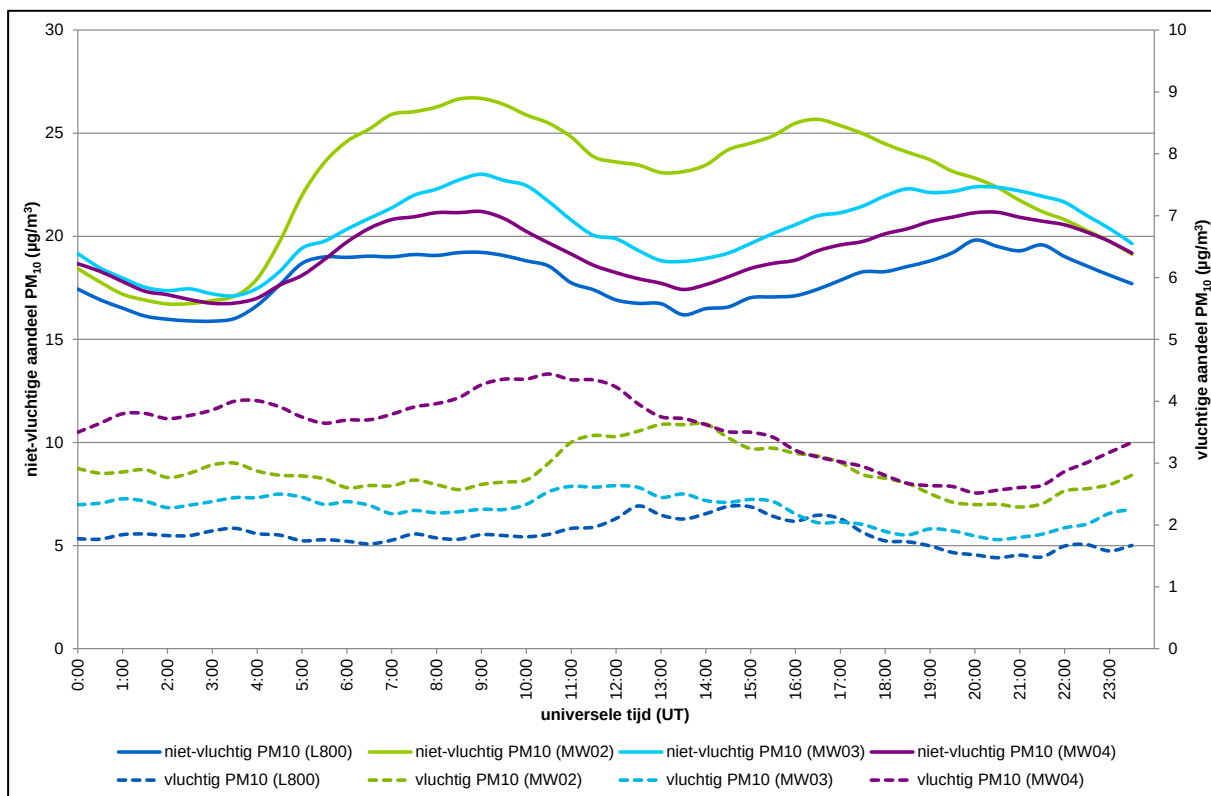
In Figuur 38 staat het dagverloop van het vluchtige en niet-vluchtige aandeel in PM_{10} fijn stof. Het niet-vluchtige aandeel ligt tussen de 17 en 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en maakt tussen de 81 en 93% uit van de totale PM_{10} -fijnstofconcentratie. Het dagverloop van dit niet-vluchtige aandeel is ook zeer gelijkaardig aan dat van de totale PM_{10} -fijnstofconcentratie. Het vluchtige aandeel ligt tussen de 1 en 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en het dagverloop vertoont weinig variatie. Ondanks deze lage vluchtige concentraties zien we toch dat dit bij de mobiele meetinstallatie MW04 in de voormiddag (voor 12u00 UT) hoger ligt dan op de andere plaatsen. Waarschijnlijk is deze verhoging niet afkomstig van de snelweg en hangt ze eerder samen met een potentiële fijnstofbron nabij MW04 (cf. paragraaf 3.5). Na de 12u00 (UT) valt het aandeel van de vluchtige fractie van mobiele meetinstallaties MW02 en MW04 terug samen.

Het dagverloop van het vluchtige en niet-vluchtige aandeel in $PM_{2,5}$ fijn stof staat in Figuur 39. Het niet-vluchtige aandeel ligt tussen de 12 en 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en maakt tussen de 75 en 89% uit van de totale $PM_{2,5}$ -fijnstofconcentratie. Het dagverloop van dit niet-vluchtige aandeel is ook zeer gelijkaardig aan dat van de totale PM_{10} - en $PM_{2,5}$ -fijnstofconcentratie. Het vluchtige aandeel ligt tussen de 2 en 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en het dagverloop vertoont weinig variatie. Tussen 12u00 en 14u00 (UT) vinden op mobiele meetinstallatie MW02 een lichte verhoging ten opzichte van de andere uren.

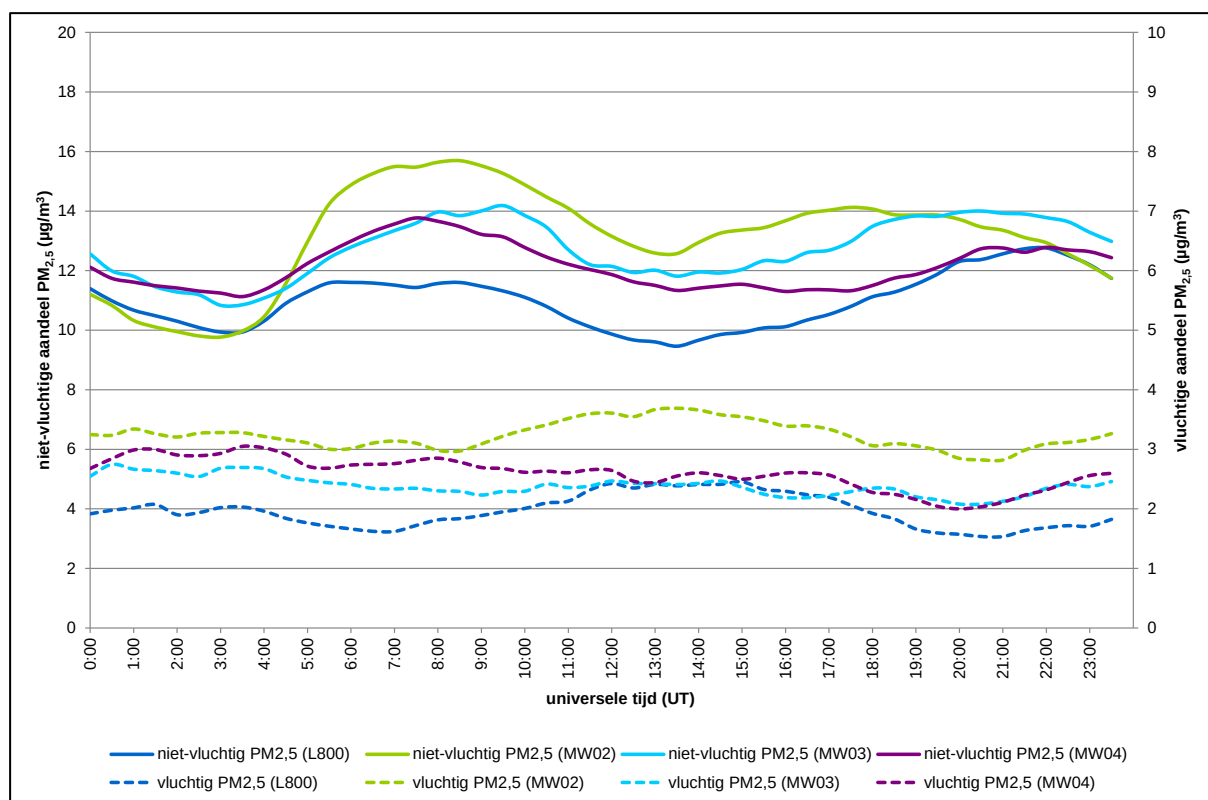
⁶ Met deze vluchtige fractie bedoelen we eigenlijk die fractie bemonsterd PM_{10} fijn stof die tijdens de meting zelf vervluchtigt. Correkter zou zijn om hier te spreken over de semi-vluchtige fractie of vervluchtigde fractie. Gemakshalve spreken we echter over de "vluchtige fractie" als letterlijke vertaling van het Engelse *volatile fraction*.



Figuur 37: Dagverloop van de totale fijnstofconcentraties voor PM_{10} en $PM_{2,5}$



Figuur 38: Dagverloop van het niet-vluchtige (linker Y-as) en vluchtige (rechter Y-as) aandeel in PM_{10}



Figuur 39: Dagverloop van het niet-vluchtige (linker Y-as) en vluchtige (rechter Y-as) aandeel in $PM_{2,5}$

3.6 Vluchtige organische componenten (VOC)

Tabel 8 toont de verschillende vluchtige organische componenten die werden gemeten met passieve samplers. Voor veel van deze componenten lagen de gemeten concentraties zeer dicht bij de detectielimiet. Sommige componenten kunnen we chromatografisch niet volledig van elkaar scheiden waardoor we ze samen vermelden zoals 1-buteen + 1,3-butadien en m- + p-xyleen. Die componenten waarvoor verkeer een belangrijke bron is, zijn aangeduid met een asterisk. Een belangrijke groep van verbindingen binnen de groep van VOC zijn de BTEX, dit zijn:

- benzeen (B);
- toluen (T);
- ethylbenzeen (E);
- meta-, para- en ortho-xyleen (X).

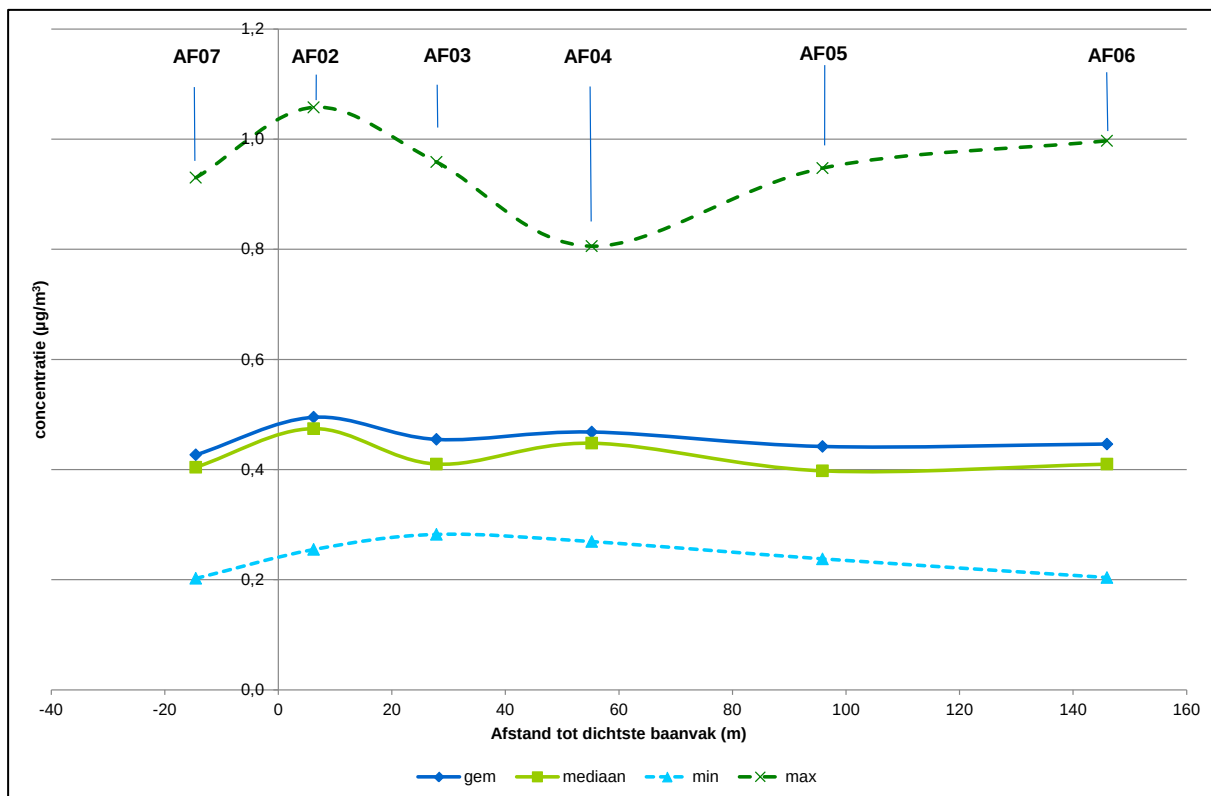
De stoffen binnen de BTEX-groep vallen onder de groep van aromatische verbindingen die gekend zijn voor hun toxische en carcinogene eigenschappen, in het bijzonder dan benzeen en toluen.

Tabel 8: Overzicht van de gemeten vluchtige organische componenten (VOC).

1-buteen + 1,3-butadien*	n-hexaan	m+p-xyleen*	1,3,5-trimethylbenzeen
n-butaan	benzeen*	o-xyleen*	o-ethyltolueen
isopentaaan	tolueen*	n-propylbenzeen	1,2,4-trimethylbenzeen
n-pentaaan	chloorbenzeen	m-ethyltolueen	1,2,3-trimethylbenzeen
2-methylpentaan	ethylbenzeen	p-ethyltolueen	

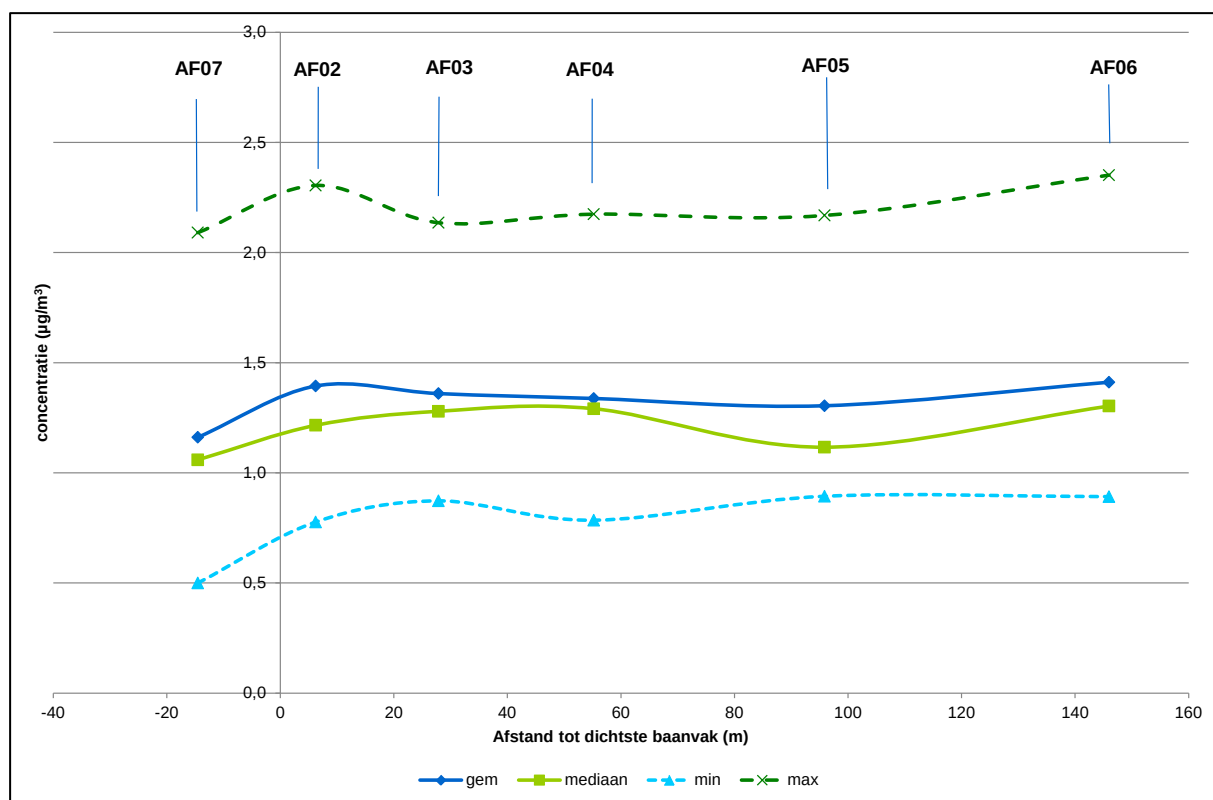
In de volgende grafieken tonen we naast de gemiddelde concentratie ook de mediaan, de minimum en maximum gemeten concentratie. De vermelde minimum en maximum concentratie zijn niet noodzakelijk gemeten binnen eenzelfde tijdsreeks (meetperiode). Ze geven samen met de mediaan een idee van de spreiding op de gemeten concentraties. We bespreken enkel de resultaten voor die componenten met gemiddelde concentraties die minstens drie maal hoger liggen dan de detectielimiet van $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Het verloop van benzeenconcentratie in functie van de afstand tot de snelweg wordt getoond in Figuur 40. Het benzeengemiddelde tijdens de meetcampagne schommelt rond de $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, wat ver onder de gemiddelde jaargrenswaarde voor benzeen van $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ligt. Gegeven de lage concentraties en de meetonzekerheid hierop, blijkt er geen duidelijk profiel in functie van de afstand tot de snelweg. Dit neemt niet weg dat er misschien wel hogere piekconcentraties voorkwamen tijdens de meetperiode van 2 weken.



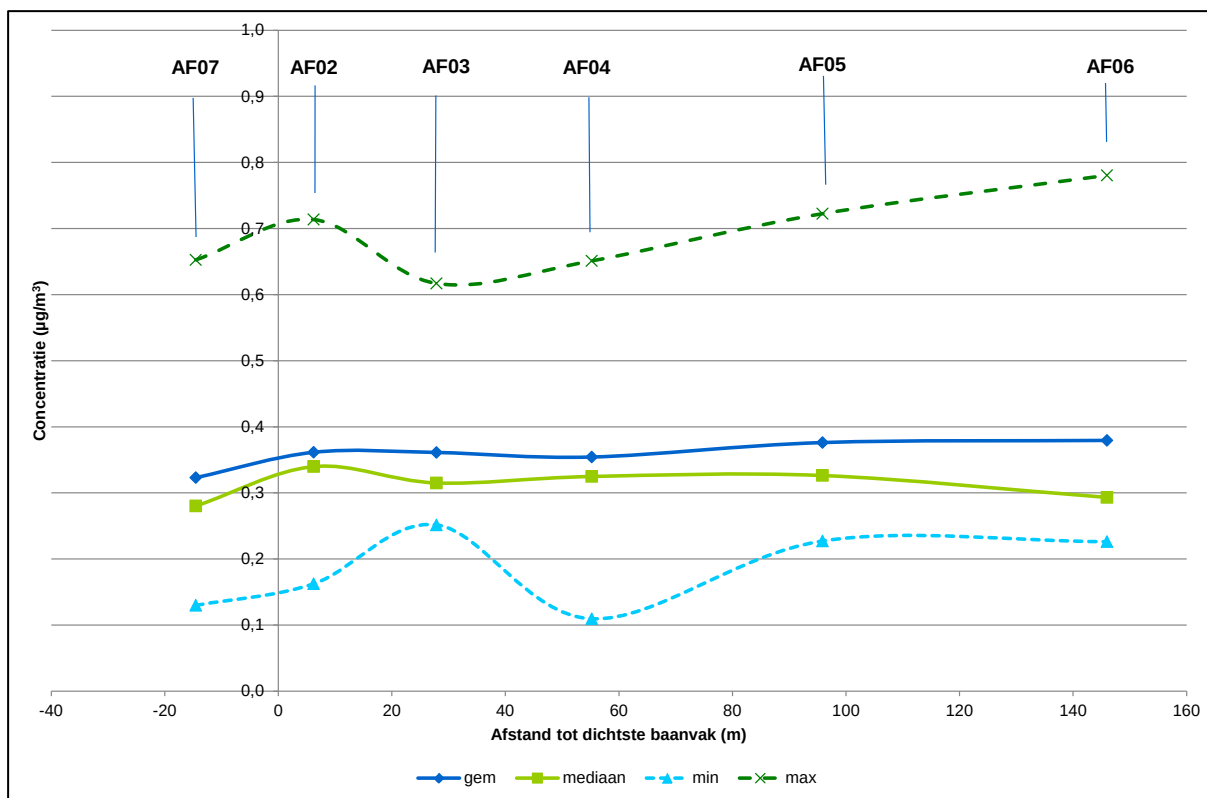
Figuur 40: Verloop van de benzeenconcentratie in functie van de afstand tot de snelweg

De gemiddelde toluëenconcentraties liggen allemaal tussen de $1,0$ en $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ook hier is er geen duidelijk profiel te zien in functie van de afstand tot de snelweg. De hoogste concentraties werden ook allemaal gemeten tijdens de laatste meetperiode net zoals bij benzeen.



Figuur 41: Verloop van de toluleenconcentratie in functie van de afstand tot de snelweg

Voor het verloop van de concentraties van de xylenen tonen we enkel de resultaten voor **m- en p-xyleen**, daar deze van o-xyleen allemaal dicht tegen de detectielimiet lagen. Ook de gemiddelde concentraties van m- en p-xyleen zijn laag waardoor de relatieve onzekerheid op de resultaten vrij hoog is. We kunnen daarom ook besluiten dat er op de gemiddelde **twee wekelijkse concentratie geen uitgesproken verband** is gevonden in functie van de **afstand tot de snelweg**.



Figuur 42: Verloop van de m- en p-xyleen concentratie in functie van de afstand tot de snelweg

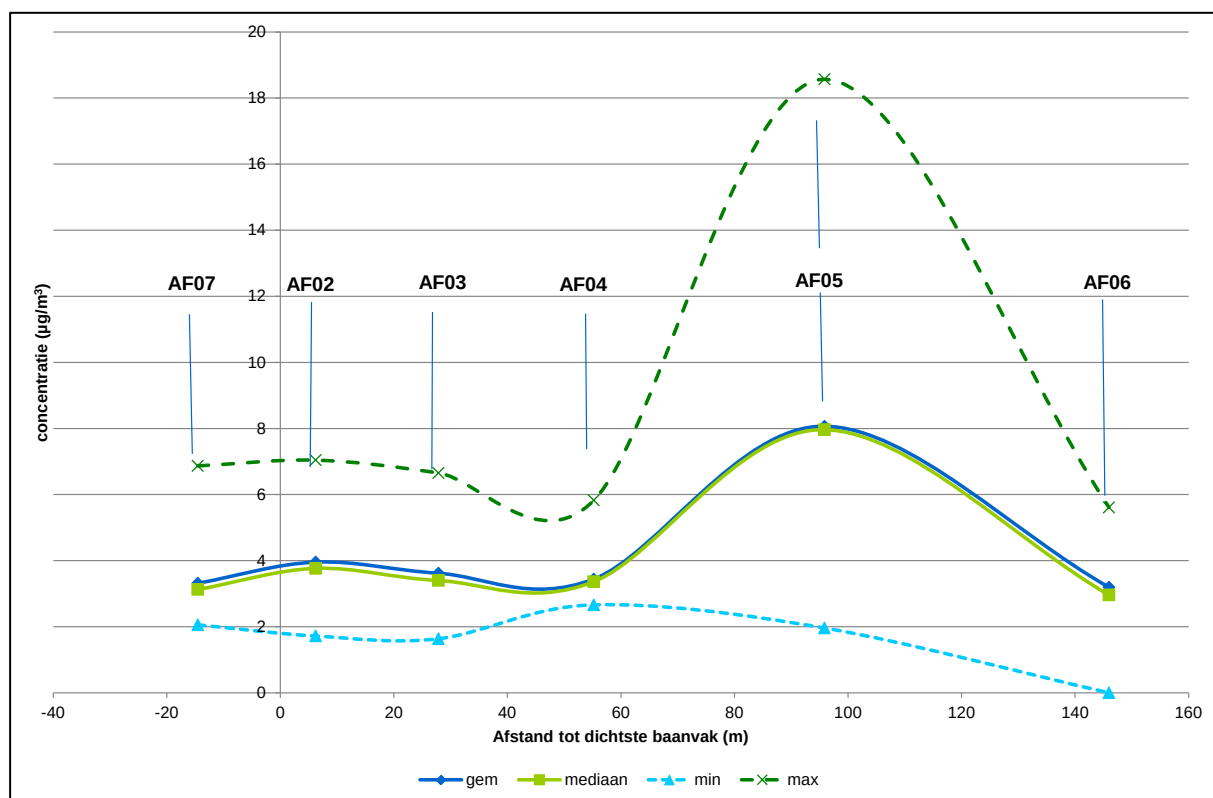
3.7 Ammoniak (NH₃)

In het profiel van ammoniak metingen zoals getoond in Figuur 43, zien we naarmate we verder weggaan van de snelweg een sterke verhoging in concentratie rond meetplaats AF05. De concentratie rond deze meetplaats ligt 2 maal zo hoog (8,0 µg/m³) in vergelijking met de andere meetplaatsen.

Er is een sterke aanwijzing voor een lokale bron in de onmiddellijke omgeving van deze meetplaats. Uit luchtfoto's uit de omgeving van deze meetplaats blijkt dat er een paardenstal gelegen is ten noorden van AF05. Het is zeer waarschijnlijk dat er mest lag nabij deze paardenstal die een grote invloed heeft gehad op de gemeten ammoniak concentraties op voornamelijk meetplaats AF05.

De VMM meet ook in haar vast meetnet verzuring⁷ de ammoniak- (NH₃) en ammonium-concentraties (NH₄⁺). Typisch liggen de gevonden jaargemiddelde concentraties tussen de 1,7 µg/m³ op de achtergrondmeetplaats (Tielt-Wingene) en 8,5 µg/m³ op meetplaatsen met veel landbouwactiviteit (Ichtegem).

⁷ VMM (2013), Verzurende en vermestende luchtverontreiniging in Vlaanderen – jaarrapport 2012



Figuur 43: Verloop van de ammoniak (NH_3) concentratie in functie van de afstand tot de snelweg

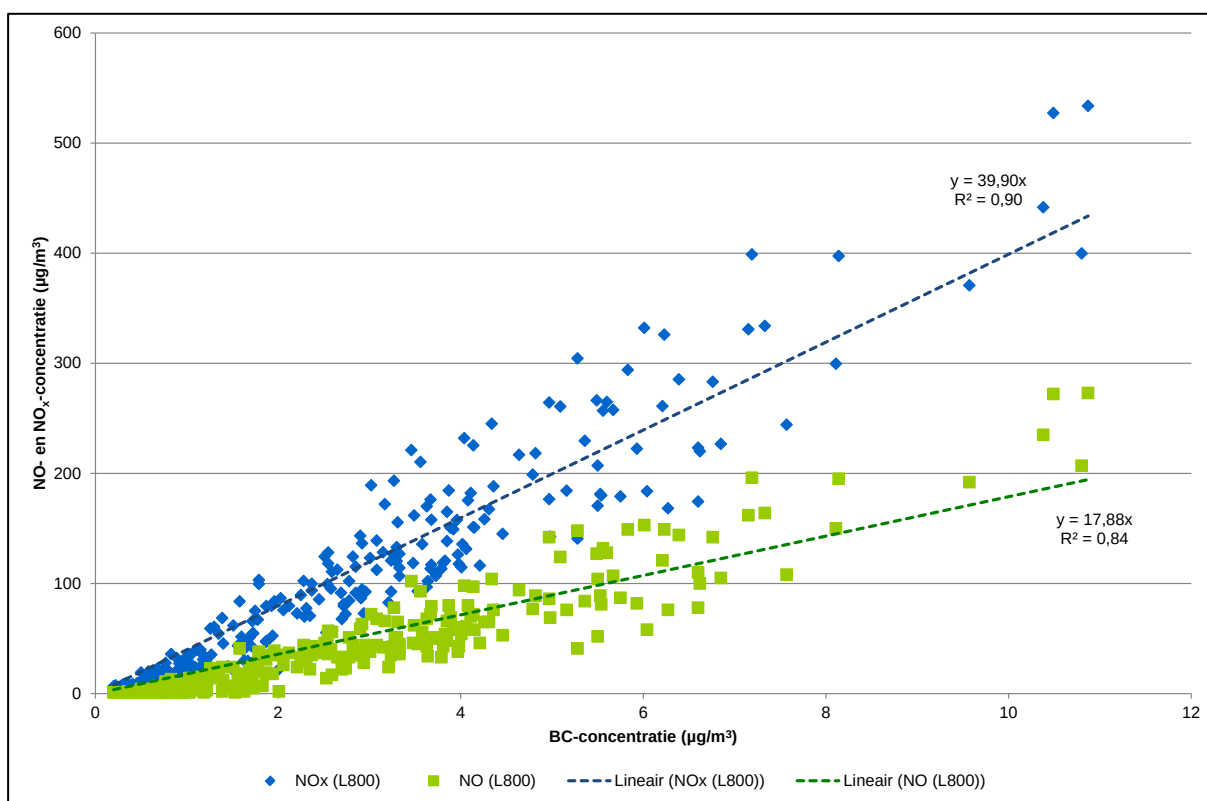
4 Verband zwarte koolstof en stikstofoxiden

We hebben ook gekeken naar de **verhoudingen** van de gemeten **daggemiddelden** tussen **zwarte koolstof** (BC) enerzijds en **stikstofmonoxide** (NO) en **stikstofoxiden** (NO_x) anderzijds. Omdat het verkeer beide pollutanten sterk beïnvloedt, is de onderlinge correlatie voor zowel NO als NO_x met BC uitgesproken.

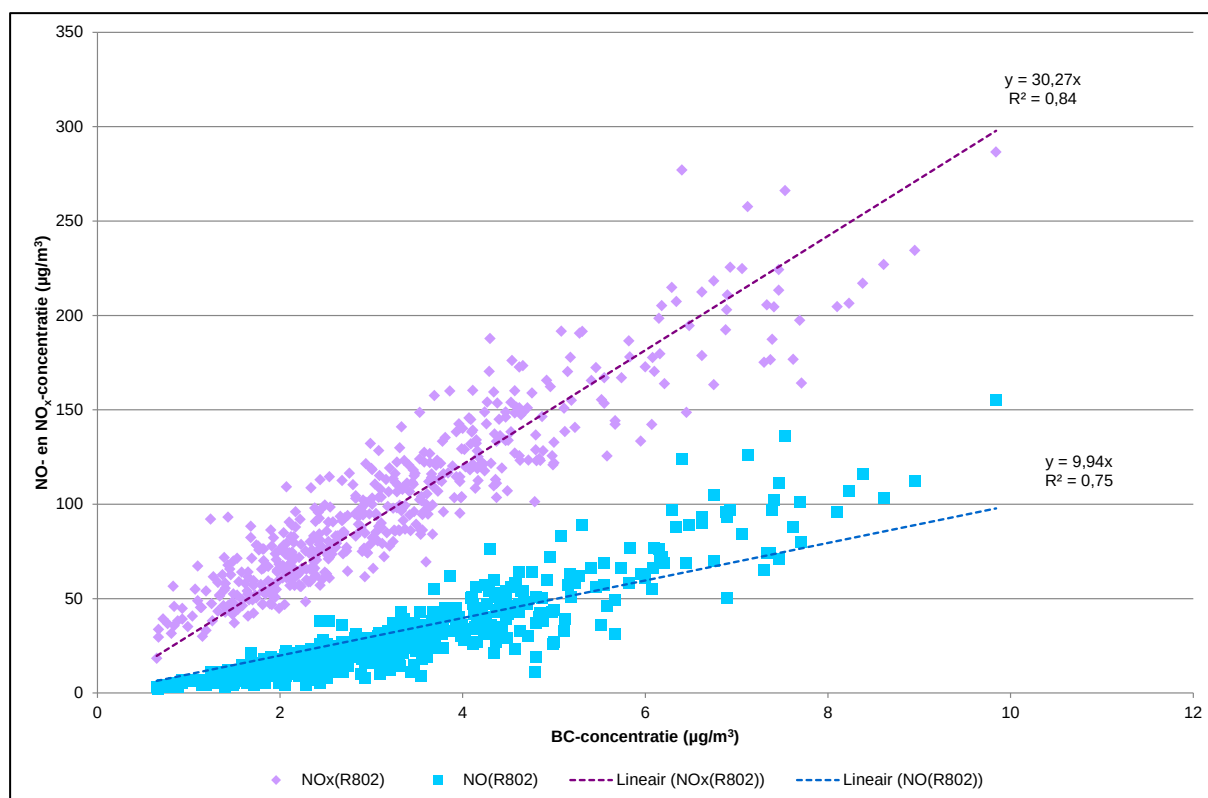
Figuur 44 en Figuur 45 tonen de resultaten van de lineaire regressie door de oorsprong voor de meetwagen L800 en de verkeersgerichte meetplaats R802. Hieruit blijkt dat:

- voor L800 de verhouding van NO_x tot BC ongeveer 40 maal en voor NO ongeveer 18 maal deze van BC is;
- voor R802 de verhouding van NO_x tot BC ongeveer 30 maal en voor NO ongeveer 10 maal deze van BC is.

In beide gevallen vinden we, algemeen genomen, een goede correlatie voor het daggemiddelde tussen de BC enerzijds en NO en NO_x anderzijds. De verhouding – of de helling – hangt wel mee af van de locatie van de meetplaats en ook de samenstelling en intensiteit van het verkeer. Voor halfuurwaarden is de spreiding op de gemeten concentraties veel hoger waardoor deze bij piekconcentraties sterk kunnen afwijken van de gevonden verhoudingen.



Figuur 44: Verband tussen zwarte koolstof (BC) en stikstofmonoxide (NO), stikstofoxiden (NO_x) gemeten op meetwagen L800

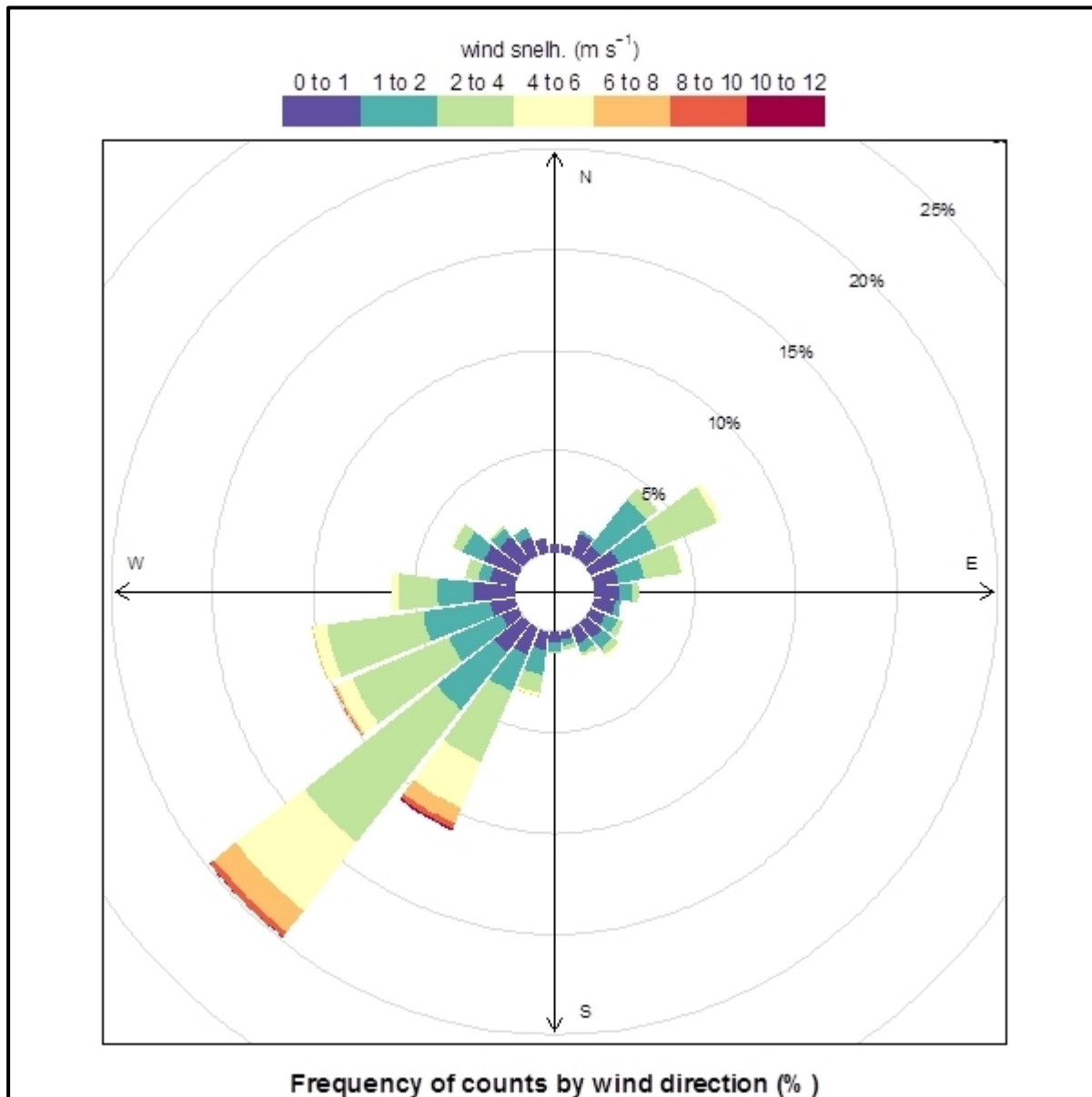


Figuur 45: Verband tussen zwarte koolstof (BC) en stikstofmonoxide (NO), stikstofoxiden (NO_x) gemeten op de verkeersgerichte meetplaats R802 (Antwerpen-Borgerhout) tijdens dezelfde meetperiode als de snelwegcampagne

5 Vergelijking met andere meetcampagne

In de periode september 2008 tot januari 2009 voerde de VMM een snelwegcampagne uit aan de E19 nabij Rumst⁸. Toen werd PM₁₀ en PM_{2,5} met de mobiele meetinstallaties MW02, MW03 en MW04 en de meetwagen L800 gemeten. Verder werd in de meetwagen L800 ook nog NO_x, CO en SO₂ gemeten.

Met passieve samplers hebben we toen stikstofdioxide (NO₂), ammoniak (NH₃) en vluchtige organische componenten (VOC) gemeten.



Figuur 46: Windsnelheid en windrichting gemeten op L800 tijdens de E19-snelwegcampagne

De windroos van de E19-snelwegcampagne in Rumst (zie Figuur 46) geeft aan dat toen de ZW-windrichting rond 220° ook het meeste voorkwam (19% van de tijd). Bij de snelwegcampagne in Affligem kwam de wind uit het noorden en oosten wel meer voor dan in Rumst.

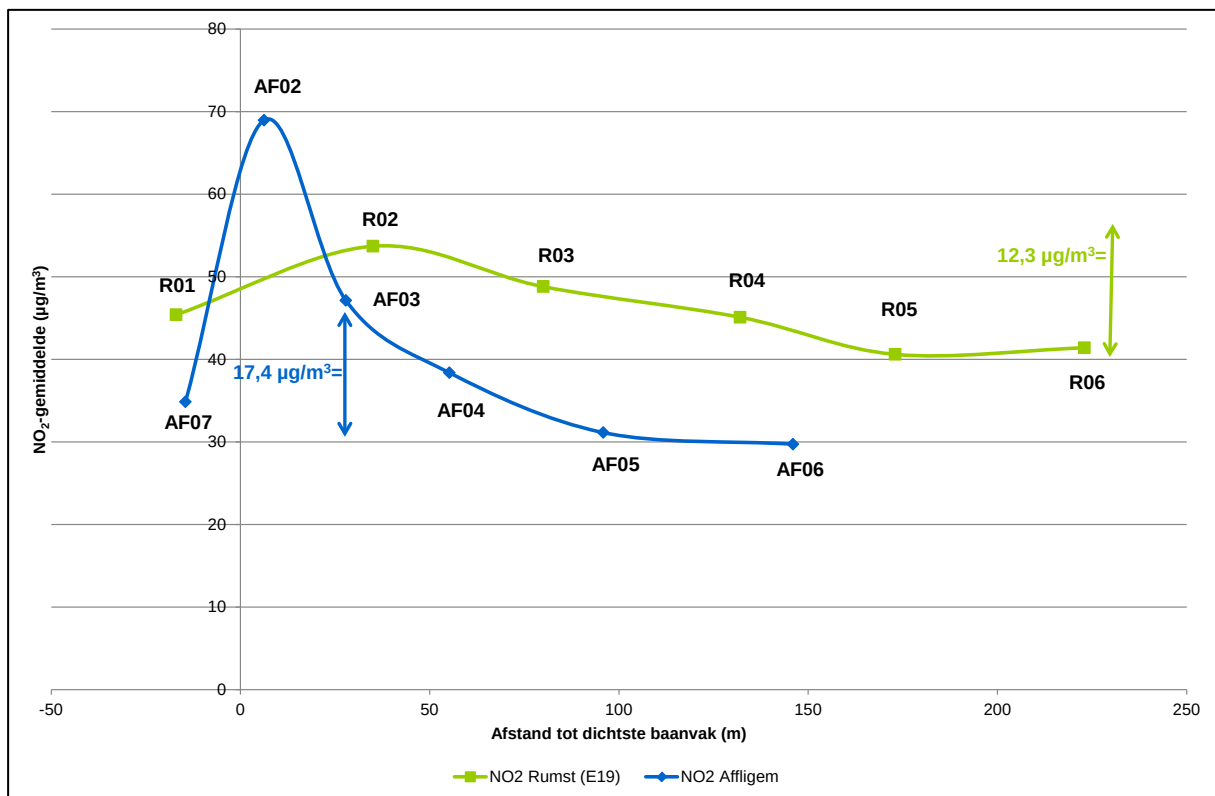
De grootste verschillen tussen de huidige en vorige meetcampagne zijn:

⁸ VMM (2010), Metingen langs de E19 in Rumst, periode 2008 – januari 2009

- andere oriëntatie van de E19 in vergelijking met de E40, de E19 ligt meer volgens de noord-zuidas terwijl de E40 eerder noordwest-zuidoost ligt;
- verschillen in afstanden tot de snelweg;
- andere lokale invloeden zoals plaatselijk verkeer en ook bomen;
- verschillen in vlootsamenstelling en verkeersintensiteit.

Door deze verschillen is het niet mogelijk om uitspraken te doen over de absolute gemeten concentraties tijdens beide snelwegcampagnes. We kunnen wel het verloop van de gemeten profielen vergelijken. Voor deze vergelijking beperken we ons tot fijn stof (PM_{10} en $PM_{2,5}$) en stikstofdioxide (NO_2) aangezien verkeer daarin een belangrijke rol speelt.

Figuur 47 toont dat het gevonden profiel voor de NO_2 -concentraties sterk verschillend is. Dit komt door de reeds aangehaalde verschillen tussen beide snelwegcampagnes, maar zeker ook doordat we in de E40-snelwegcampagne dicht bij de snelweg hebben gemeten – op 6 meter afstand met AF02 – dan tijdens de E19-snelwegcampagne. Door dit dichtste punt is het profiel in ieder geval meer uitgesproken voor de E19-snelwegcampagne. De overige meetplaatsen AF03, AF04 en AF06 komen qua afstand redelijk overeen met R02, R03 en R04 van de E19-snelwegcampagne. Tussen deze uitersten AF03 en AF05 vinden we een daling van $17,4 \mu g/m^3$ voor de E40 en een daling van $12,3 \mu g/m^3$ voor de E19 tussen R02 en R06.



Figuur 47: Vergelijking gemeten NO_2 -concentraties in de snelwegcampagnes nabij de E19 (Rumst) en de E40 (Affligem)

Figuur 48 toont dat het gevonden profiel (bij alle windrichtingen) voor de fijnstofconcentraties ook sterk verschillend is. Deels komt dit weer doordat we in de E40-snelwegcampagne dicht bij de snelweg hebben gemeten – op 6 meter afstand met MW02 – dan tijdens de E19-snelwegcampagne. Door dit dichtste punt is het profiel in ieder geval meer uitgesproken terwijl we bij de E19-snelwegcampagne eigenlijk geen verloop zagen. Verder valt ook op dat bij de E19-snelwegcampagne de fijnstofconcentratie gemeten op de meetwagen L800 niet verschilde van de andere.

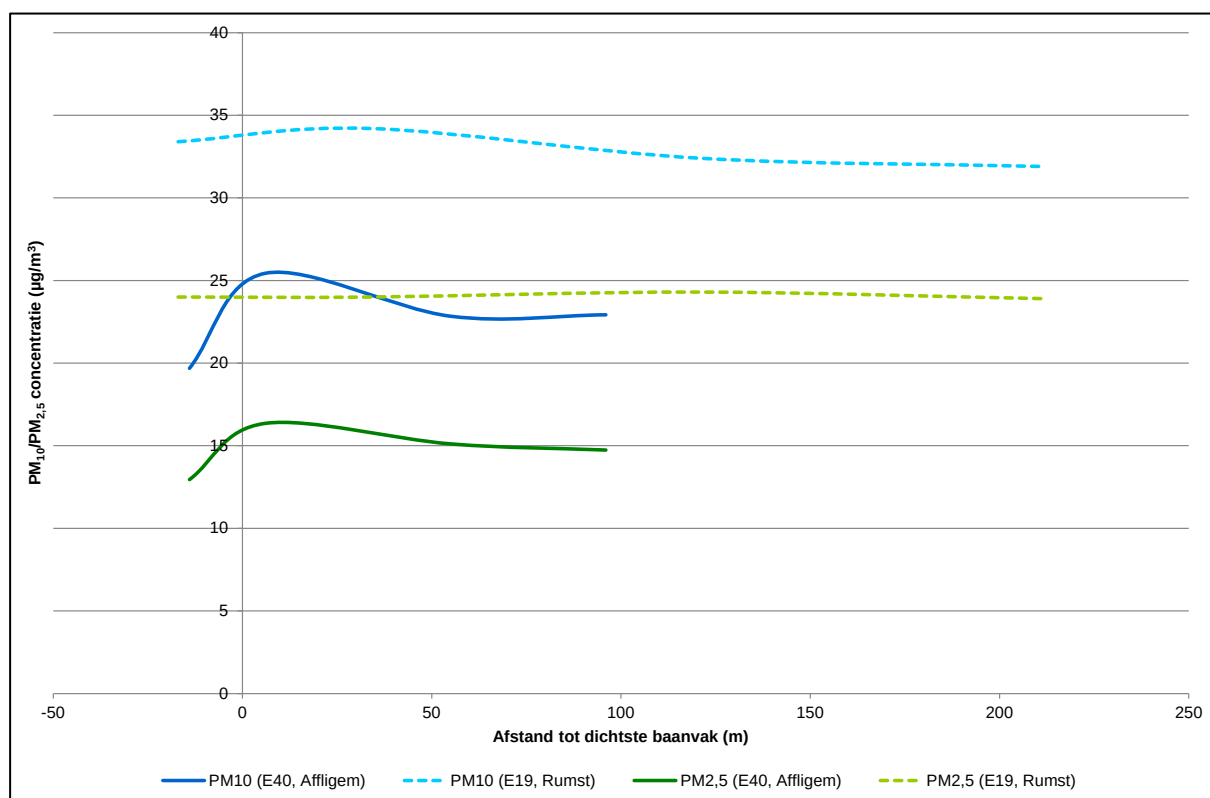
In de E19-snelwegcampagne vonden we voor de vluchtige organische componenten (VOC) benzeen en toluen geen toename tussen de meetplaatsen dichtst bij de snelweg en ook geen uitgesproken profiel in functie van de afstand tot de snelweg. Ook in de E40-snelwegcampagne vinden we geen

toename en ook geen uitgesproken profiel. De gemiddelde concentraties die we vonden voor de meetplaatsen windopwaarts waren:

- voor benzeen $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Rumst en $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Affligem;
- voor toluene $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Rumst en $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Affligem.

Voor ammoniak (NH_3) vonden we in de E19-snelwegcampagne ook geen toename tussen de meetplaatsen dichtst bij de snelweg. We zagen wel een lichte daling met toename van de afstand tot de snelweg, namelijk van $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ op 132 meter naar $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ op 173 meter afstand. In de E40-snelwegcampagne hebben we deze daling niet gezien vanwege de mestbron (paardenstal) die onze metingen verstoorden nabij AF05 en AF06. De gemiddelde NH_3 -concentraties die we vonden voor de meetplaatsen windopwaarts waren $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Rumst en $3,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Affligem.

De andere ligging van de E19-snelweg, de andere afstanden van de meetplaatsen, de andere meetperiode en andere lokale meteo kunnen ook de resultaten mee beïnvloeden waardoor vergelijkingen of uitspraken over hogere/lagere bijdragen afkomstig van de snelwegen moeilijk zijn.



Figuur 48: Vergelijking gemiddelde PM_{10} - en $\text{PM}_{2,5}$ -concentraties in de snelwegcampagnes nabij de E19 (Rumst) en de E40 (Affligem)

6 Modelling

De metingen uit de snelwegcampagne zijn ook van groot belang voor de validatie en verder ontwikkeling van computermodellen voor luchtkwaliteit. Zeker voor een belangrijke pollutant zoals zwarte koolstof zijn deze metingen belangrijk omdat ze een beeld geven van hoe de concentraties afnemen in functie van de afstand. Binnen het Life+ ATMOSYS project heeft de VITO de metingen van deze snelwegcampagne al gebruikt voor de validatie van haar IFDM-model⁹.

⁹ Lefebvre W., Vranckx S. (Eds), 2013. Validation of the IFDM-model for use in urban applications - Study accomplished in the framework of the ATMOSYS-project, 2013/RMA/R/56

7 Besluit

Algemeen

In dit rapport hebben we een overzicht gegeven van de meetcampagne nabij de E40-snelweg in Affligem. We hebben hierbij voornamelijk de variatie van de concentraties van de polluenten in functie van de afstand tot de snelweg geëvalueerd.

Tijdens de hele meetcampagne kwam de ZW-windrichting het meeste voor. Bij deze windrichting staan de mobiele meetinstallaties en meetwagens opgesteld volgens deze as waardoor het mogelijk wordt om uitspraken te doen van de bijdrage afkomstig van de snelweg aan de gemeten concentraties.

Hieronder overlopen we de belangrijkste bevindingen uit dit rapport voor de gemeten polluenten, namelijk fijn stof (PM_{10} en $PM_{2,5}$), zwarte koolstof (BC), stikstofdioxide (NO_2), ammoniak (NH_3) en vluchtige organische componenten (VOC).

De concentratie van **zwarte koolstof** (BC) neemt sterk af met de afstand tot de snelweg. We vinden een verschil van $2,5 \mu g/m^3$ tussen de dichtste mobiele meetinstallatie MW02 (op 6 meter) en de verste MW04 (op 96 meter). Het **verschil** gemeten tussen de twee **dichtste meetplaatsen** bij de **snelweg** – de mobiele meetinstallatie MW02 en de meetwagen L800 – bij ZW-wind bedroeg **$3,9 \mu g/m^3$** . Uit de pollutieprofielen voor BC komt de ligging van de snelweg sterk naar voren. Het dagverloop van BC vertoont ook een zeer goede overeenkomst met de intensiteit van het verkeer. **Zwarte koolstof** (BC) vertoont een **sterke correlatie** met het **verkeer**.

De concentratie van **stikstofdioxide** (NO_2) neemt ook sterk af met de afstand tot de snelweg. Enkel in de meetwagen L800 hebben we gemeten met een NO_x -monitor maar de pollutieprofielen daar wijst ook zeer sterk in de richting van de snelweg. Uit de wekelijkse NO_2 -metingen met de passieve samplers hebben we ook een sterke afname gevonden in functie van de afstand. Het **verschil** gemeten tussen de twee **dichtste meetplaatsen** bij de **snelweg** – meetposten AF07 en AF02 – bedroeg **$34 \mu g/m^3$** . Ook het dagverloop van NO vertoont een zeer goede overeenkomst met de intensiteiten van de verkeerstellingen. De correlatie tussen zwarte koolstof (BC) en stikstofdioxide is ook zeer uitgesproken. **Stikstofdioxide** (NO_2) vertoont ook een **sterke correlatie** met het **verkeer**.

De pollutieprofielen voor fijn stof wijzen veel minder sterk in de richting van de snelweg. De afname in functie van de afstand is kleiner dan deze voor zwarte koolstof en stikstofdioxide. Het **verschil** gemeten tussen de twee **dichtste meetplaatsen** bij de **snelweg** – de mobiele meetinstallatie MW02 en de meetwagen L800 – bij ZW-wind bedroeg voor **PM_{10} $8,7 \mu g/m^3$** en voor **$PM_{2,5}$ $5,6 \mu g/m^3$** . We hebben ook een vergelijking gemaakt tussen het PM_{10} -daggemiddelde gemeten met de Europese referentiemethode en de TEOM-FDMS-monitoren. In het algemeen vonden we een goede overeenkomst tussen beide meetmethodes. Voor **fijn stof** (PM_{10} en $PM_{2,5}$) is de **correlatie** met het **verkeer** veel **minder uitgesproken** dan bij zwarte koolstof (BC) en stikstofdioxide (NO_2).

De meeste **vluchtige organische componenten** (VOC) hadden zeer lage concentraties. Enkel voor **benzeen**, **tolueen** en de drie **xyleen isomeren** – die deel uitmaken van de subgroep BTEX – vonden we concentraties die voldoende boven de detectielimiet lagen. Er werd echter **geen verband** gevonden met de **afstand** tot de **snelweg**.

Bij ammoniak (NH_3) vonden we dat er een grote verhoging was bij een meetplaats (AF05) die suggereert dat er een lokale bron was van mest. Het is niet uitgesloten dat er vanwege deze lokale bron stoffen werden gevormd die een invloed hebben gehad op de fijnstofmetingen in nabij de mobiele meetinstallatie MW04.

Vergelijking met vorige studie

Uit de vergelijking met de vorige meetcampagne nabij de E19-snelweg in Rumst blijkt dat we in deze meetcampagne veel meer uitgesproken concentratieprofielen vinden voor fijn stof en stikstofdioxide. Dit is waarschijnlijk te wijten aan verschillende factoren, maar de oriëntatie van de E40-snelweg ten opzichte van de metingen tijdens deze meetcampagne speelt hierbij vermoedelijk een belangrijke rol.

Verder onderzoek

De filters waarop we PM₁₀ fijn stof hebben gemeten met de Leckel SEQ 47/50 werden ingevroren. We kunnen ze dus gebruiken om in de toekomst verdere analyses te doen van stoffen die ook een belangrijke link met verkeer kunnen hebben, bijvoorbeeld:

- polyaromatische koolwaterstoffen (PAK's);
- zware metalen;
- bepaling van ionen (specifiek ammonium-zouten);
- bepaling van EC/OC.

BIJLAGEN

Bijlage 1: Specificatie parameters

Automatische metingen

parameter	SAROAD-code	eenheid	toesteltype	meetprincipe analyse	volgens norm	meet- onzekerheid	bepaling meet- onzekerheid	onder accreditatie	onder- aanneming	uitbesteding	type approval
PM ₁₀	81102	µg/m ³	TEOM-FDMS	oscillerende microbalans met correctie voor afdamping	-	16% bij daggemiddelde van 50 µg/m ³	Guide to demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods (jan 2010)	ja	nee	nee	nvt
PM _{2,5}	81104	µg/m ³	TEOM-FDMS	oscillerende microbalans met correctie voor afdamping	-	20% bij daggemiddelde van 30 µg/m ³	Guide to demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods (jan 2010)	ja	nee	nee	nvt
NO	42601	µg/m ³	TS 42i	chemiluminescentie	EN14211	-	-	ja	nee	nee	ja
NO ₂	42602	µg/m ³	TS 42i	chemiluminescentie	EN14211	15% bij uurgemiddelde van 200 µg/m ³ ; 15% bij jaargemiddelde van 40 µg/m ³	volgens EN14211	ja	nee	nee	ja
BC	16111	µg/m ³	MAAP 5012	multihoek-absorptie-fotometrie	-	-	-	nee	nee	nee	nvt

Semiautomatische metingen

parameter	SAROAD-code	eenheid	toesteltype bemonstering	meetprincipe analyse	volgens norm	meetonzekerheid	bepaling meet- onzekerheid	onder accreditatie	onderaanneming	uitbesteding
PM ₁₀	81102	µg/m ³	Leckel	gravimetrie	EN12341	7,1% bij jaargemiddelde van 40 µg/m ³ 7,7% bij daggemiddelde van 50 µg/m ³	volgens EN12341	ja	nee	nee
NH ₃	42604	Zeq/ha	Passieve sampler	IC		27.40%	$CV_{\text{tot}} = \sqrt{(CV_R)^2 + \sum (CV_{\text{sup},i})^2}$	ja	nee	nee
NO ₂	42602	Zeq/ha	Passieve sampler	IC		10%		ja	nee	ja
benzeen	45201	µg/m ³	actieve/passieve sampler met Carbotrap 300	GC	EN 14662-1	25%	spike recovery	ja	nee	nee
tolueen	45202	µg/m ³	actieve/passieve sampler met Carbotrap 300	GC	EN 14662-1	40%	spike recovery	ja	nee	nee
ethylbenzeen	45203	µg/m ³	actieve/passieve sampler met Carbotrap 300	GC	EN 14662-1	11%	spike recovery	ja	nee	nee
m+p-xyleen	45109	µg/m ³	actieve/passieve sampler met Carbotrap 300	GC	EN 14662-1	10%	spike recovery	ja	nee	nee
o-xyleen	45204	µg/m ³	actieve/passieve sampler met Carbotrap 300	GC	EN 14662-1	16%	spike recovery	ja	nee	nee

n-propylbenzeen	45209	µg/m ³	actieve/passieve sampler met Carbotrap 300	GC	EN 14662-1	18%	spike recovery	ja	nee	nee
m-ethyltolueen	45212	µg/m ³	actieve/passieve sampler met Carbotrap 300	GC	EN 14662-1	38%	spike recovery	ja	nee	nee
p-ethyltolueen	45213	µg/m ³	actieve/passieve sampler met Carbotrap 300	GC	EN 14662-1	50%	spike recovery	ja	nee	nee
o-ethyltolueen	45211	µg/m ³	actieve/passieve sampler met Carbotrap 300	GC	EN 14662-1	50%	spike recovery	ja	nee	nee
1,3,5- trimethylbenzeen	45207	µg/m ³	actieve/passieve sampler met Carbotrap 300	GC	EN 14662-1	22%	spike recovery	ja	nee	nee
1,2,4- trimethylbenzeen	45208	µg/m ³	actieve/passieve sampler met Carbotrap 300	GC	EN 14662-1	22%	spike recovery	ja	nee	nee
1,2,3- trimethylbenzeen	45225	µg/m ³	actieve/passieve sampler met Carbotrap 300	GC	EN 14662-1	60%	spike recovery	ja	nee	nee
n-butaan	43212	µg/m ³	actieve/passieve sampler met Carbotrap 300	GC	EN 14662-1	50%	spike recovery	ja	nee	nee
n-pentaaan	43220	µg/m ³	actieve/passieve sampler met Carbotrap 300	GC	EN 14662-1	31%	spike recovery	ja	nee	nee
n-hexaan	43231	µg/m ³	actieve/passieve sampler met Carbotrap 300	GC	EN 14662-1	27%	spike recovery	ja	nee	nee
isopentaaan	43221	µg/m ³	actieve/passieve sampler met Carbotrap 300	GC	EN 14662-1	28%	spike recovery	ja	nee	nee

2-methylheptaan	43960	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	actieve/passieve sampler met Carbotrap 300	GC	EN 14662-1	19%	spike recovery	ja	nee	nee
1-buteen+1,3- butadieen		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	actieve/passieve sampler met Carbotrap 300	GC	EN 14662-1	50%	spike recovery	ja	nee	nee
chloorbenzeen	45801	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	actieve/passieve sampler met Carbotrap 300	GC	EN 14662-1	14%	spike recovery	ja	nee	nee