

Earth, Life & Social Sciences

Van Mourik Broekmanweg 6

2628 XE Delft

Postbus 49

2600 AA Delft

www.tno.nl

T +31 88 866 30 00

TNO-rapport**TNO 2016 R10230****Effectmeting milieuzone personen- en
bestelverkeer in Utrecht**

Datum	25 maart 2016
Auteur(s)	Arjan Eijk Marita Voogt
Exemplaarnummer	2016-TL-RAP-0100295493
Aantal pagina's	85 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	9
Opdrachtgever	Gemeente Utrecht
Projectnaam	Effectmeting milieuzones personen- en bestelverkeer in Utrecht
Projectnummer	060.09509

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2016 TNO

Samenvatting

Achtergrond en doelstelling

Luchtverontreiniging heeft, met name in de stedelijke omgeving, een belangrijke invloed op de gezondheid van de bevolking. In de jaren '90 van de vorige eeuw heeft de Europese commissie daarom grenswaarden voor concentraties van o.a. deeltjes (PM₁₀) en NO₂ vastgesteld, als een eerste stap in het terugdringen van de luchtvervuiling. In 2009 voldeed Nederland nog niet aan deze eisen en heeft de EU Nederland uitstel verleend om de grenswaarden te halen. Sinds 2011 moet voldaan worden voldaan aan de eisen voor PM₁₀, vanaf 2015 aan die voor NO₂. Aangezien het wegverkeer in belangrijke mate bijdraagt aan de (lokale) luchtverontreiniging, hebben veel steden daarom maatregelen geïntroduceerd om deze verkeersemisies versneld terug te dringen.

De luchtkwaliteit in de gemeente Utrecht is, mede door het Actieplan Luchtkwaliteit Utrecht, de afgelopen jaren duidelijk verbeterd. Toch is onzeker of op alle locaties in de stad op tijd aan de Europese luchtkwaliteitsnormen kan worden voldaan. In 2012/2013 is daarom onderzocht welke aanvullende maatregelen getroffen konden worden om de luchtkwaliteit en daarmee de gezondheid van de inwoners verder te verbeteren. Uiteindelijk heeft dit geresulteerd in een aanvullend maatregelenpakket waarvan de milieuzone voor personen- en bestelverkeer een onderdeel vormt. Vanaf 1 januari 2015 wordt het meest vervuilende (oudere) deel van het personen- en bestelverkeer uit de milieuzone geweerd om zo versneld de uitstoot van NO_x en met name fijnstof terug te dringen. Diesel personen- en diesel bestelvoertuigen (categorie N1) met een datum eerste toelating (DET) van vóór 1 januari 2001 worden niet meer in deze zone toegelaten.

De gemeente Utrecht heeft TNO opdracht gegeven het effect van de maatregel milieuzone personen- en bestelverkeer te onderzoeken. Dit rapport beschrijft de aanpak, de resultaten en de conclusies van het uitgevoerde onderzoek.

Aanpak

TNO heeft voor de bepaling van de effectiviteit van de milieuzone personen- en bestelverkeer de volgende aanpak gehanteerd:

- 1) Een onderzoek naar de samenstelling van het wagenpark:
Met behulp van kentekencamera's is op een drietal locaties 7 dagen lang ieder passerend voertuig geregistreerd. Uit het verschil in wagenparksamenstelling vóór (2014 scan) en ná invoering (2015 scan) van de milieuzone is de invloed van de milieuzone afgeleid.
- 2) Metingen van de concentratie van elementair koolstof (EC), teneinde de verkeersbijdrage aan de EC concentratie te bepalen. Gekozen is voor Elementair koolstof omdat dit een geschikte indicator voor verkeersemisies is en bovendien een duidelijke relatie heeft met de gezondheid. Het verschil tussen de in 2014 vóór en 2015 ná invoering van de milieuzone vastgestelde verkeersbijdragen aan de EC concentratie is gebruikt als basis voor een analyse ter bepaling van de effectiviteit van deze milieuzone.

De wagenparkscan levert inzicht in het effect van de maatregel op de samenstelling van het verkeer binnen de milieuzone. Deze informatie is in combinatie met detail

emissiefactoren gebruikt om de verandering in de gemiddelde uitstoot van het wagenpark en zo het effect van de milieuzone op verkeersemissies te bepalen. Vervolgens is op basis hiervan het effect op de luchtkwaliteit via een berekening ingeschat.

De metingen van EC zijn bedoeld om de berekende effecten in de praktijk te verifiëren.

Wagenparkscan

De kentekenscan is zowel vóór invoering van de milieuzone voor personen- en bestelverkeer, in juni 2014, als ná invoering van de milieuzone voor personen- en bestelverkeer, in juni 2015, uitgevoerd. Door de scan in vergelijkbare weken uit te voeren zijn seizoensinvloeden op de samenstelling van het verkeer zoveel mogelijk voorkomen. Het wagenpark vernieuwt ook zonder een milieuzone maatregel. Dit noemen we de autonome vernieuwing. Om het effect van het pakket milieuzone personen- en bestelverkeer en de sloop subsidie regeling op de wagenparksamenstelling te bepalen, dient gecorrigeerd te worden voor deze autonome vernieuwing. Om het effect van de autonome vernieuwing van het wagenpark in te schatten is een prognose voor de samenstelling van het wagenpark in 2015 gemaakt op basis van de wagenparkscan uit 2014. In de praktijk betekent dit een verschuiving in bouwjaar van één jaar voor het wagenpark dat in 2014 in Utrecht vastgesteld is op de drie scan locaties. Door de prognose voor de samenstelling van het lichte wagenpark (personen- en bestelverkeer) voor 2015 te vergelijken met de daadwerkelijke in 2015 gemeten samenstelling van het lichte wagenpark, is het effect van de milieuzone personen- en bestelwagens op de samenstelling van het lichte wagenpark vastgesteld.

Berekend effect van de milieuzone op de wagenparksamenstelling

Na invoering van de milieuzone voor diesel personen- en diesel bestelwagens met een datum eerste toelating (DET) vóór 1 januari 2001 is het aandeel diesel personen- en diesel bestelwagens met een DET vóór 1 januari 2001 sterker afgenomen dan mag worden verwacht op basis van de ingeschatte autonome ontwikkeling. Ten gevolge van de milieuzone is

- het aandeel *diesel* personenwagens met een DET vóór 1 januari 2001 binnen de categorie diesel personenwagens afgenomen van ca. 2.8% (prognose 2015) naar ca. 0.5% (meting 2015), een afname van ca. 80%.
- Het aandeel diesel bestelwagens (categorie N1) met een DET vóór 1 januari 2001 binnen de categorie diesel bestelwagens (categorie N1) nam af van ca. 6.5% (prognose 2015) naar ca. 1.8% (meting 2015), een afname van ca. 70%.

In Utrecht is al vóór de start van de wagenparkscan (juni 2014) een aan de milieuzone gelieerde regeling gestart om voertuigeigenaren te stimuleren over te stappen naar een nieuwer voertuig. Het effect van deze stimuleringsregeling op de wagenparksamenstelling vond dus al gedeeltelijk plaats vóór de wagenparkscan in 2014. Dit deel van het effect wordt dus niet in de metingen meegenomen.

Berekende effecten van de milieuzone op de verkeersemissies

Op basis van de in 2015 gemeten samenstelling (mèt milieuzone) en de voor 2015 geprognosticeerde samenstelling van het wagenpark (op basis van de 2014 wagenparkscan, zonder milieuzone) kan de gemiddelde uitstoot van het wagenpark mèt en zonder milieuzone bepaald worden. Het verschil tussen deze situaties is het verschoningseffect ten gevolge van de milieuzone.

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de gemiddelde emissiefactoren van het lichte wagenpark (totaal van personen- en bestelvoertuigen) in de milieuzone. Deze emissiefactoren zijn bepaald op basis van de op drie locaties gemeten samenstelling van het lichte verkeer in het jaar 2014, op basis van de geprognosticeerde samenstelling van het lichte wagenpark voor 2015 en voor de samenstelling van het lichte wagenpark zoals op dezelfde locaties gemeten in 2015.

Tabel 1: Gemiddelde emissiefactoren voor de gemeten samenstelling van het lichte wagenpark in 2014, de prognose voor 2015 en voor de gemeten samenstelling in 2015 voor de drie meetlocaties in de milieuzone tezamen.

	Lichte* wegverkeer in 2014 [g/km]	Lichte* wegverkeer, prognose 2015 (op basis van de 2014 wagenparkscan) [g/km]	Lichte* wegverkeer in 2015 [g/km]	Vershil prognose versus gemeten 2015 samenstelling lichte wegverkeer
NO _x	0.415	0.378	0.376	< 1 %
NO ₂	0.113	0.107	0.105	ca. 2%
PM ₁₀	0.039	0.037	0.035	ca. 5%
PM _{2,5}	0.018	0.016	0.013	ca. 19%
EC	0.008	0.007	0.005	ca. 29%

* licht wegverkeer bestaat uit alle personen én bestelwagens (N1) zoals gemeten op de drie locaties

De voor de berekeningen gebruikte emissiefactoren worden door TNO afgeleid en in een vastgelegd protocol in samenwerking met RIVM vastgesteld (zie ook de website van het ministerie van I&M). Deze factoren worden voor de nationale emissie inventarisatie en in de NSL-rekentool gebruikt. Uit de verschillen in gemiddelde emissiefactoren volgt dat het lichte wegverkeer, zoals in 2015 gemeten op de drie locaties in de milieuzone, gemiddeld minder uitstoot dan zou worden verwacht op basis van autonome vernieuwing van het lichte wagenpark (prognose 2015): De gemiddelde emissiefactoren voor de drie locaties zijn voor fijnstof (PM₁₀, PM_{2,5}) en vooral voor Elementair Koolstof (EC) door de invoering van de milieuzone duidelijk lager geworden. Hierdoor neemt bij gelijke verkeersintensiteit de bijdrage van het lichte wegverkeer aan de lokale fijnstof- en EC concentratie duidelijk af. De gemiddelde NO_x en NO₂ emissiefactoren van het lichte wegverkeer zijn na de invoering van de milieuzone van dezelfde orde grootte.

Uit bovenstaande volgt dat bij gelijkblijvende intensiteiten het lichte wegverkeer na invoering van de milieuzone ca. 29% minder EC uitstoot dan mag worden verwacht op basis van de prognose voor 2015. Het aandeel diesel personen- en bestelwagens met een DET vóór 2001 in de totale vloot (lichte en zware voertuigen) is na invoering van de milieuzone ca. 1,3% lager dan geprognosticeerd. Deze 1,3% betreft de afname van het aandeel Euro 0-2 diesel personen- (ca. 0,8%) en bestelwagens (ca. 0,5%) in het totale wagenpark.

Berekende effecten op luchtkwaliteit

Met behulp van het TNO model Urban Strategy zijn, gebruikmakend van de gegevens uit de Monitoringstool 2015, de effecten van de milieuzone voor personen- en bestelverkeer op een tiental rekenpunten per weg doorgerekend.

Dit is gedaan door te rekenen met de emissiefactoren voor het *lichte* wegverkeer zoals geprognoseerd voor 2015 en zoals berekend op basis van de wagenparkscan uit 2015. De overige parameters zoals de verkeersintensiteiten etc. zijn gelijk gehouden. Het verschil tussen deze berekeningen geeft een goede indicatie van de effecten van de milieuzone personen- en bestelverkeer op de luchtkwaliteit

Onderstaande tabel toont de gemiddelde berekende relatieve verandering (afname) ten opzichte van de totale verkeersbijdragen. De berekeningen zijn per weg voor een tiental locaties uitgevoerd.

Tabel 2: Geschatte gemiddelde afname van de verkeersbijdrage aan de lokale concentraties als gevolg van de milieuzone personen- en bestelverkeer.

Relatieve effect t.o.v. de verkeersbijdrage	EC	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO ₂
Catharijnesingel	16,9%	4,4%	9,6%	0,4%
Graadt van Roggenweg	12,6%	3,6%	7,3%	0,3%
Van Zijstweg	6,9%	2,6%	4,6%	0,2%

De effecten van de milieuzone voor personen- en bestelverkeer op de verkeersbijdrage aan de concentraties van PM₁₀, PM_{2,5} en EC en NO₂ verschillen per component (EC, PM₁₀ etc.) en per weg en per rekenpunt. Dit wordt onder andere veroorzaakt door verschillen in verkeersintensiteiten op de genoemde wegen en bijvoorbeeld ook door verschillen in samenstelling van het verkeer (verhouding licht, middelzwaar-, zwaar verkeer en bussen).

Uit de wagenparkscan en de aanvullende indicatieve berekeningen van effecten op de verkeersbijdrage aan de lokale concentraties van PM₁₀, PM_{2,5} en EC volgt dat de milieuzone personen- en bestelverkeer de verkeersbijdrage en daarmee de concentraties van de genoemde componenten laat dalen. De gemiddelde bijdrage van het wegverkeer aan de NO₂ concentratie blijft in dezelfde orde grootte.

Metingen van de concentratie van EC

Om het effect van de milieuzone personen- en bestelwagens op de luchtkwaliteit ook via metingen te kunnen vaststellen is op twee locaties in Utrecht een meetopstelling voor het meten van EC concentraties geïnstalleerd:

- De eerste meetlocatie betreft een meetpunt langs een drukke weg in de milieuzone, in dit onderzoek is gekozen voor de Catharijnesingel.
- De tweede meetlocatie is gekozen in een omgeving die zo min mogelijk direct door lokale verkeersemissies wordt beïnvloed (stadsachtergrond). Gekozen is voor het Griffpark.

De gemiddelde gemeten concentraties van EC tijdens de gehele meetperioden zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 3: Gemiddelde EC concentraties gemeten over de *gehele* meetperioden met de MAAP (meetinstrument voor het meten van EC) in µg/m³

Locatie	13 juni - 7 november 2014	8 juni - 28 oktober 2015
Catharijnesingel	1,7	1,4
Griffpark (stadsachtergrond)	1,0	0,9
Verskil (bijdrage verkeer)	0,7	0,5

Noot: In bovenstaande tabel staan gemiddelde getallen die gelden voor de *gehele* meetperioden. Voor de analyse van het effect van de milieuzone personen- en bestelverkeer zijn uren geselecteerd waarop op het meetpunt aan de Catharijnesingel de bijdrage van het verkeer eenduidig gemeten wordt. Dit proces staat beschreven in hoofdstuk 5 in Bijlage F.

Net zoals bij de aanpak voor de wagenparkscan is ook hier op beide locaties vóór en ná invoering van de milieuzone voor personen- en bestelverkeer gemeten. De gemeten concentratie op de verkeersbelaste locatie is de som van een stadsachtergrondconcentratie en een bijdrage veroorzaakt door lokale verkeersemissies. De gemeten concentratie op de achtergrondlocatie bestaat alleen uit de stadsachtergrondconcentratie. Aangenomen wordt dat de meting in het Griftpark van de stadsachtergrond concentratie representatief is voor de EC achtergrondconcentratie op de Catharijnesingel. Het verschil in gemeten concentraties geeft dan inzicht in de lokale verkeersbijdrage op het verkeersbelaste meetpunt.

Door deze verschilconcentratie zowel vóór als na de invoering van de milieuzone vast te stellen wordt inzichtelijk wat de ontwikkeling is van de lokale verkeersbijdrage aan de luchtkwaliteit langs de Catharijnesingel.

Voor de analyse van het effect van de milieuzone personen- en bestelverkeer zijn uren geselecteerd waarop op het meetpunt aan de Catharijnesingel de bijdrage van het verkeer eenduidig gemeten wordt (met name uren overdag en bij bepaalde windcondities). Onder deze condities is het toegepaste correctiemodel geldig. De resultaten van de analyse van de EC metingen laten zien dat de lokale verkeersbijdrage aan de EC concentratie op de Catharijnesingel gemiddeld met 16% is afgenomen. Deze conclusie geldt voor *de geselecteerde uren* in de meetperiode in 2015 ten opzichte van die in 2014. De verkeersbijdrage is gedefinieerd als het verschil tussen de gemeten concentratie op de Catharijnesingel en de gemeten concentratie in het Griftpark.

De vastgestelde afname van de verkeersbijdrage aan de EC concentratie wordt veroorzaakt door een combinatie van factoren, zoals de invoering van de milieuzone, de autonome verschoning van het wagenpark, eventuele veranderingen in de verkeersintensiteit en verschillen in meteorologische omstandigheden (vooral wind). Daarom mag hieruit niet worden geconcludeerd dat de milieuzone personen- en bestelverkeer de lokale verkeersbijdrage aan de EC concentratie met ca. 16% verlaagt.

Met behulp van modellen is getracht het effect van de milieuzone nader inzichtelijk te maken. Indien de vastgestelde afname van 16% wordt gecorrigeerd voor veranderingen in windsnelheid, verkeersintensiteit, en de autonome verschoning leidt dit tot een niet significant verschil van minder dan 1%. Met andere woorden: via deze analyse kan de vastgestelde afname van de verkeersbijdrage aan de lokale EC concentratie niet worden toegerekend aan de milieuzone personen- en bestelverkeer. De som van de correcties en de onzekerheden daarin heeft een groot effect op het uiteindelijke resultaat.

Dat lijkt verbazingwekkend omdat de gevonden effecten in de wagenparkscan procentueel gezien groot genoeg zijn om ook in de praktijk gemeten te kunnen worden. Bovendien doet de vergelijking met de concentratiemetingen in Amsterdam en Rotterdam vermoeden dat de milieuzone personen- en bestelverkeer in Utrecht voor een meetbare afname in de concentratie heeft gezorgd. Uit een vergelijking met gemeten concentraties op vergelijkbare locaties in Amsterdam en Rotterdam

blijkt dat in deze steden de EC concentratie in veel kleinere mate dan in Utrecht is afgenomen. Ondanks het feit dat in deze studie de omstandigheden in deze steden niet nader onderzocht zijn, is het waarschijnlijk dat de autonome verschoning en variatie in meteorologische omstandigheden in deze steden ongeveer hetzelfde effect zullen hebben gehad. Het is aannemelijk dat de invoering van de milieuzone personen- en bestelverkeer een deel van het verschil in afname van de concentratie van EC tussen Utrecht enerzijds en Amsterdam en Rotterdam anderzijds verklaart.

Conclusies

De wagenparkscan heeft laten zien dat de samenstelling van het lichte wagenpark na invoering van de milieuzone personen- en bestelverkeer sterker is vernieuwd dan op grond van autonome trends mag worden verwacht. Het effect hiervan op de emissies van stikstofoxiden is verwaarloosbaar, maar er is wel een substantieel gunstig effect op de emissies van verschillende fijnstof-componenten, waaronder EC. Op grond hiervan is het zeer aannemelijk dat de milieuzone voor licht verkeer in Utrecht een positief effect heeft op de concentraties van fijnstof en EC.

Het feit dat in de steden Rotterdam en Amsterdam, waar nog geen milieuzone voor personen- en bestelverkeer was ingevoerd, de afname van de gemeten EC concentraties minder groot is dan in Utrecht lijkt deze conclusie te ondersteunen.

De resultaten van de analyse van de EC metingen laten zien dat de lokale verkeersbijdrage aan de EC concentratie op de Catharijnesingel gemiddeld met 16% is afgenomen. Via de in dit onderzoek toegepaste complexe analyse methodiek kan de vastgestelde afname van de verkeersbijdrage aan de lokale EC concentratie echter niet worden toegerekend aan de milieuzone personen- en bestelverkeer.

Aanbevelingen

Voor eventuele vervolgstappen in de monitoring van de milieuzone personen- en bestelverkeer wordt het volgende aanbevolen:

- Voer wagenparkscans uit in combinatie met prognoses voor autonome verschoning om zicht te krijgen op de verdere ontwikkeling van de vernieuwing/verandering van het wagenpark.
- Combineer de uitkomsten van de wagenparkscan met berekeningen van de effecten op voertuigemissies en eventueel concentraties om verdere verschoning te monitoren.
- Voer EC metingen uit over langere perioden op een stadsachtergrondlocatie en een of meerdere verkeersbelaste locaties om gemeten concentratieniveaus te vergelijken met metingen uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit, in Amsterdam en Rotterdam. Daarnaast moeten dan ook de lokale omstandigheden in de andere steden, zoals eventuele veranderingen in verkeersintensiteiten meegenomen worden in deze analyses. Langdurige monitoring geeft inzicht in de algemene ontwikkeling van de concentraties van EC in de stad.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding	10
2	Kentekenonderzoek.....	12
2.1	Wagenparkscan.....	12
2.2	Aandeel Euro klassen in voertuig categorieën	13
2.3	Prognose wagenparksamenstelling 2015.....	15
2.4	Invloed milieuzone op samenstelling personen- en bestelverkeer.....	15
2.5	Berekende effecten op emissies	16
2.6	Berekende effecten op luchtkwaliteit	17
3	Aanpak metingen EC concentraties	18
3.1	EC concentratie metingen	18
3.2	Meetapparaat voor concentratiemetingen EC: MAAP.....	19
3.3	Meetlocaties.....	20
3.4	Data analyse.....	21
4	Samenstelling Utrechtse wagenpark.....	23
4.1	Wagenparkscan 2014.....	23
4.2	Prognose verkeerssamenstelling 2015 zonder milieuzone personen- en bestelverkeer	26
4.3	Wagenparkscan 2015.....	29
4.4	Effect milieuzone op samenstelling wagenpark: prognose versus meting 2015.....	31
4.5	Berekende effect van de milieuzone op de emissies van het lichte wegverkeer	34
4.6	Berekende effecten op luchtkwaliteit	35
5	Resultaten van EC metingen	38
5.1	EC concentraties	38
5.2	Dagprofiel lokale verkeersbijdrage aan de EC concentratie	40
5.3	Effect milieuzone personen- en bestelverkeer	41
6	Conclusies.....	43
6.1	Wagenparkscan.....	43
6.2	Luchtkwaliteitsmetingen	44
6.3	Aanbeveling	45
7	Referenties	47
8	Ondertekening	48
	Bijlage(n)	
	A Locaties wagenparkscan en luchtmetingen	
	B Kwaliteitsborging meetapparatuur EC (MAAP)	
	C Windmetingen	
	D Concentratiemetingen EC (MAAP)	
	E Metingen van de verkeersintensiteit	
	F Data-analyse effect milieuzone	
	G Waargenomen voertuigen	

H Samenstelling wagenpark op drie locaties in Utrecht
I TNO emissiemodel Versit+

1 Inleiding

De luchtkwaliteit in de gemeente Utrecht is, mede door het Actieplan Luchtkwaliteit Utrecht, de afgelopen jaren duidelijk verbeterd. Toch is onzeker of op alle locaties in de stad op tijd aan de Europese luchtkwaliteitsnormen kan worden voldaan. Vanaf 1 januari 2015 wordt daarom, binnen de bestaande milieuzone voor vrachtverkeer het meest vervuilende (oudere) deel van het personen- en bestelverkeer (te weten personen- en bestelvoertuigen van het bouwjaar 2000 of ouder) geweerd om zo versneld de uitstoot van NO_x en fijnstof terug te dringen.

De gemeente Utrecht wilde inzicht in het effect van de milieuzone personen- en bestelverkeer. Hoewel milieuzones voor personen- en bestelverkeer uit eerder onderzoek van TNO en Royal HaskoningDHV als een effectieve maatregel naar voren kwamen, kan de daadwerkelijke effectiviteit alleen worden bepaald door deze in de praktijk vast te stellen. De gemeente Utrecht heeft TNO opdracht gegeven het effect van deze maatregel te onderzoeken. Dit rapport beschrijft de aanpak, de resultaten en de conclusies van het uitgevoerde onderzoek.

TNO heeft in 2014, vóór invoering van de milieuzone, en in 2015, ná de invoering van de milieuzone, de volgende activiteiten uitgevoerd:

- 1) **Een wagenparkscan voor het vaststellen van de wagenparksamenstelling.** Met behulp van kentekencamera's is op een drietal locaties 7 dagen lang ieder passerend voertuig geregistreerd. Uit het verschil in wagenparksamenstelling vóór (2014 scan) en ná invoering (2015 scan) van de milieuzone is de invloed van de milieuzone afgeleid.
- 2) **Metingen van de concentratie van elementair koolstof (EC),** teneinde de verkeersbijdrage aan de EC concentratie te bepalen. Gekozen is voor Elementair koolstof omdat dit een geschikte indicator voor verkeersemissies is en bovendien een duidelijke relatie heeft met de gezondheid. Het verschil tussen de in 2014 vóór en 2015 ná invoering van de milieuzone vastgestelde verkeersbijdragen aan de EC concentratie is gebruikt als basis voor een analyse ter bepaling van de effectiviteit van deze milieuzone.

Leeswijzer:

In dit rapport wordt allereerst de opzet van het kentekenonderzoek (hoofdstuk 2) en het luchtkwaliteitsonderzoek (hoofdstuk 3) toegelicht, in de hoofdstukken 4 en 5 worden de resultaten van de kentekenscan en luchtkwaliteitsmetingen besproken.

2. Opzet wagenparkscan
3. Opzet luchtkwaliteitsmetingen
4. Kentekenscan resultaten
5. Luchtkwaliteit meetresultaten
6. Conclusies

De samenstelling van het wagenpark kan op zeer veel verschillende manieren in grafieken worden gepresenteerd (naar voertuigtype, emissieklasse etc.).

In dit rapport is alleen een selectie van gemiddelden over de meetlocaties opgenomen. Een aantal andere doorsneden (grafieken en tabellen) zijn te vinden in de Bijlage en op de CD.

2 Kentekenonderzoek

In dit hoofdstuk wordt de aanpak van het kentekenonderzoek nader toegelicht.

2.1 Wagenparkscan

Om de samenstelling van het wagenpark in de milieuzone voor vracht-, personen- en bestelverkeer in de gemeente Utrecht vast te stellen is een kentekenonderzoek uitgevoerd. Bij dit kentekenonderzoek zijn op een aantal locaties kenmerken van alle passerende voertuigen geanalyseerd. De locaties zijn in overleg met de gemeente Utrecht geselecteerd. Door het bedrijf Connection Systems zijn met behulp van camera's de kentekens van de passerende voertuigen gescand op drie locaties¹. Het betreft de volgende locaties:

Tabel 4: Locaties wagenparkscan Utrecht

#	Locatie	Aantal gescande rijrichtingen	Totaal aantal rijstroken	Aantal dagen gescand
1	Graadt van Roggenweg	1	2	7
2	Van Zijstweg	1	1	7
3	Catharijnesingel	2	2 (2*1)	7

Een overzicht van alle locaties wordt weergegeven in Figuur 1 en in Bijlage A.

¹ De exacte locaties zijn te vinden in Bijlage A en in Figuur 1.



Figuur 1: Scanlocaties in de gemeente Utrecht.

De kentekenscan is zowel vóór invoering van de milieuzone voor personen- en bestelverkeer, in juni 2014, als ná invoering van de milieuzone, in juni 2015, uitgevoerd. Door de scan in vergelijkbare weken uit te voeren zijn seizoensinvloeden op de samenstelling van het verkeer zoveel mogelijk voorkomen. Connection Systems specificeert een betrouwbaarheid van minimaal 95%, exclusief de buitenlandse kentekens, voor het scannen van de kentekens.

Vervolgens zijn de kentekens gecontroleerd, zijn fouten uit de database gefilterd en heeft TNO een lijst met unieke kentekens naar de RDW gestuurd. De RDW heeft vervolgens per kenteken technische informatie toegevoegd zoals:

- Voertuigmassa (leeg en maximum toelaatbaar)
- Brandstofsoort
- Eventuele toevoeging aan uitlaatgas-nabehandelingssysteem (roetfilter type)
- Datum eerste toelating²
- Personen / bestel, vracht, bus
- Aantal zitplaatsen

De wagenparkscans hebben geresulteerd in een database met de technische gegevens van alle passerende voertuigen per locatie.

2.2 Aandeel Euro klassen in voertuig categorieën

Voertuigen die in Europa worden verkocht moeten voldoen aan Europese richtlijnen op het gebied van uitlaatgasemissies, vaak ook Euronormen genoemd. De eisen

² Datum waarop het voertuig voor het eerst in gebruik is genomen en een kenteken heeft gekregen in Nederland of waar ook ter wereld.

aan voertuigemissies zijn in Europese regelgeving vastgelegd en in de afgelopen decennia herhaaldelijk aangescherpt. De koppeling van de technische voertuiginformatie van de RDW aan de waargenomen kentekens maakt het mogelijk de voertuigen in diverse categorieën in te delen. De indeling naar voertuigcategorie (personen-, bestel- of bijvoorbeeld vrachtwagen) kan worden gemaakt op grond van gegevens uit de Europese typekeuring waaraan ieder voertuig verkocht in Europa moet voldoen. In deze typekeuring staat omschreven tot welke voertuigcategorie ieder voertuig behoort.

Voertuig categorieën

Voor de verschillende locaties, en ook gemiddeld over alle locaties, zijn de waargenomen voertuigen in vijf voertuig categorieën onderverdeeld:

- Personenauto's
- Bestelauto's (< 3500 kg)
- Bussen
- Lichte en middelzware vrachtwagens (3500kg–20000kg), N2, en gedeeltelijk N3
- Zware vrachtwagens (> 20000 kg), categorie N3

Deze voertuig categorieën zijn in overeenstemming met de door de RDW gehanteerde voertuig categorieën. De buitenlandse- en de niet herkende kentekens zijn niet meegenomen in de analyse.

Euroklassen

De verdere verdeling van voertuigen binnen de specifieke categorieën naar Euro- klassen wordt in eerste instantie gedaan op basis van de bij de RDW bekende Euroklasse indeling van ieder individueel voertuig. Indien deze Euroklasse ontbreekt in de RDW database, is de Euroklasse bepaald op basis van de datum eerste toelating (DET) en de Europese emissiewetgeving.

De wetgeving kent verschillende introductiedatums per Euroklasse per voertuig categorie. Tabel 5 geeft een overzicht voor de introductiedatums van diverse Euronormen voor personenauto's. Voor bestelwagens en vrachtwagens gelden andere introductiedatums. Ook deze zijn alle in de zogenaamde Euronormen vastgelegd.

Tabel 5: Introductiedatums van zogenaamde Euronormen voor **personenwagens**

Euro norm	Introductiedatum*
1	Juli 1992
2	Januari 1996
3	Januari 2000
4	Januari 2005
5	September 2009
6	September 2014

* Vanaf deze datum moeten alle nieuwe voertuigen die een typekeuring krijgen voldoen aan de nieuwe eisen op het gebied van voertuigemissies.

De in Utrecht gescande voertuigen zijn op basis van bovenstaande aanpak onderverdeeld in de diverse emissieklassen (Euro klassen), volgens de Europese emissiestandaarden. De gemiddelde verdeling over alle locaties per voertuigcategorie is weergegeven hoofdstuk 4.

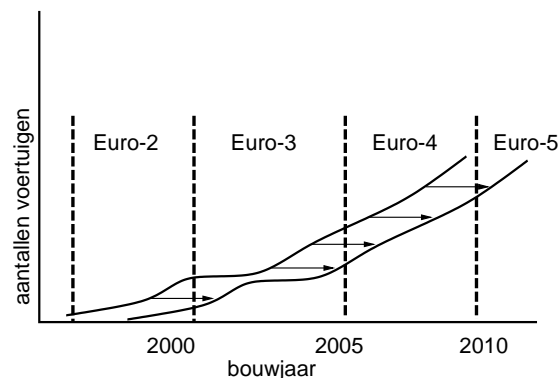
2.3 Prognose wagenparksamenstelling 2015

Door toepassing van bovenstaande analyse op de scanresultaten uit 2014 en 2015 kan het verschil tussen de wagenparksamenstelling in 2014 én 2015 inzichtelijk gemaakt worden. De samenstelling van het wagenpark verandert echter niet alleen door de milieuzone en ondersteunende maatregelen voor personen en bestelverkeer, maar is ook onderhevig aan veranderingen ten gevolge van:

- autonome vernieuwing van het wagenpark: er worden continue nieuwe voertuigen aangeschaft en oudere voertuigen verdwijnen uit het park door export of sloop, en
- eventuele landelijke regelingen, waardoor bijvoorbeeld elektrische of hybride voertuigen versneld marktaandeel winnen,
- Europese regelgeving.

Om de verandering van de samenstelling van het wagenpark op de scan locaties in Utrecht ten gevolge van de milieuzone voor personen- en bestelvoertuigen af te leiden is een prognose gemaakt van de samenstelling van het wagenpark op deze scan locaties in Utrecht voor het jaar 2015.

Deze prognose is tot stand gekomen door aannames te doen voor de autonome vernieuwing van het wagenpark en deze autonome vernieuwing toe te passen op de wagenparksamenstelling zoals gemeten in 2014. In de praktijk betekent dit een verschuiving in bouwjaar van één jaar voor het wagenpark dat in 2014 in Utrecht vastgesteld is op de drie scan locaties.



Figuur 2: Bij de extrapolatie van 2014 naar 2015 blijft de relatieve verdeling van aantallen voertuigen in het wagenpark gelijk, maar wordt het wagenpark 1 jaar in de tijd verschoven zodat oudere voertuigen gedeeltelijk verdwijnen en nieuwe voertuigen toegevoegd worden.

2.4 Invloed milieuzone op samenstelling personen- en bestelverkeer

Door de prognose voor de samenstelling van het lichte wagenpark (personen- en bestelverkeer) voor 2015 (wanneer er geen milieuzone ingevoerd zou zijn) te vergelijken met de daadwerkelijke in 2015 gemeten samenstelling van het lichte wagenpark, kan het effect van de milieuzone personen- en bestelwagens op de samenstelling van het lichte wagenpark worden ingeschat. Deze vergelijking moet aantonen of de oude diesel personen- en bestelvoertuigen die sinds januari 2015 NIET de zone in mogen rijden daadwerkelijk uit het wagenpark in de milieuzone verdwijnen.

In Utrecht is al vóór de start van de wagenparkscan (juni 2014) een aan de milieuzone gelieerde regeling gestart om voertuigeigenaren te stimuleren over te stappen naar een nieuwer voertuig. Het effect van deze stimuleringsregeling op de wagenparksamenstelling vindt dus al gedeeltelijk plaats vóór de wagenparkscan in 2014. Dit deel van het effect wordt dus niet in de metingen meegenomen.

2.5 Berekende effecten op emissies

Op basis van de wagenparksamenstelling en de emissiefactoren (factoren die de emissies van voertuig categorieën weergeven in grammen per kilometer) kan de gemiddelde uitstoot van iedere voertuigcategorie, waaronder ook het lichte wegverkeer (personen- en bestelverkeer), berekend worden. Emissiefactoren worden door TNO afgeleid en in een vastgelegd protocol in samenwerking met RIVM vastgesteld. (zie ook de website van het ministerie van I&M). Deze factoren worden voor de nationale emissie inventarisatie en in de NSL-rekentool gebruikt. Tot deze factoren behoren onder meer fijnstof (PM_{10}), stikstofoxiden (NO_x en NO_2), maar ook Elementair koolstof (EC)-emissiefactoren. De EC emissiefactoren zijn indicatief, maar zijn wel op basis van de best beschikbare kennis en informatie vastgesteld.

Door de emissiefactoren voor het lichte wegverkeer voor 2015, bepaald op basis van in 2015 gemeten samenstelling van het lichte wegverkeer (personen- en bestelverkeer), te vergelijken met de emissiefactoren, berekend op basis van de voor 2015 geprognoseerde samenstelling van het lichte wegverkeer (situatie wanneer géén milieuzone personen- en bestelverkeer ingevoerd zou zijn), ontstaat inzicht in het effect van de milieuzone voor personen- en bestelverkeer op de gemiddelde verkeersemissies van het lichte wegverkeer.

EC emissie factoren

Al vijftientig jaar meet TNO de fijnstof emissies van voertuigen op dezelfde wijze met een filter. Er is een duidelijke dalende trend in de fijnstof emissies over de jaren. Met de introductie van het roetfilter rond 2007 is er zelf een enorme sprong naar beneden gemaakt, waarbij een moderne dieselauto in goede staat honderd keer minder fijnstof uitstoot dan een gemiddelde dieselauto van voor 2007. Het schadelijke fijnstof uit de uitlaat van een voertuig is niet al zodanig te herkennen in de PM_{10} fijnstofmetingen in de lucht. Daarom is er gezocht naar een alternatieve luchtkwaliteitsmeting die specifiek het schadelijke fijnstof uitgestoten (zoals ook uitgestoten door voertuigen) herkent tussen bijvoorbeeld het gruis, zand, en zout. Dat is de Black Smoke of roet luchtkwaliteitsmeting, die over het algemeen sterk correleert met verkeerstromen, en die Nederland ook internationaal vrijwillig al rapporteert. Dit is het beste gekoppeld aan het zwarte deel van de fijnstof uit de uitlaat: de koolstof of Elemental Carbon (EC). Er is een grote wens geweest van verschillende partijen waaronder ook het RIVM om EC emissiefactoren te gebruiken omdat dat het verband legt tussen de luchtkwaliteitsmeting van Black Smoke en de emissies van voertuigen. TNO heeft voor alle voertuigcategorieën de best mogelijke inschattingen voor EC emissiefactoren bepaald op basis van metingen en literatuur. Door het weren van oudere dieselveertuigen zal een daling in de fijnstof emissies en daarmee ook een grote verandering in de EC emissies geven, want de EC is een onderdeel van de totale fijnstofemissies uit de uitlaat.

2.6 Berekende effecten op luchtkwaliteit

Urban Strategy

De berekeningen van de concentratiebijdragen van het verkeer zijn uitgevoerd met behulp van het model Urban Strategy. Dit is een TNO model, waarin de standaardrekenmethoden (SRM1 voor binnenstedelijk wegverkeer en SRM2 voor buitenstedelijk/hoofdwegennet) voor luchtkwaliteit zijn opgenomen. Als invoer is gebruik gemaakt van de wegvakken zoals die zijn opgenomen in de NSL rekentool (monitoringstool) versie 2015.

De berekende bijdrage van het verkeer aan de concentraties NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} en EC bestaat uit de som van de lokale bijdragen van de SRM1 wegen, de bijdrage van SRM2 wegen en de achtergrondconcentratie.

Met behulp van de beschreven methodiek kunnen effecten van maatregelen als milieuzones of sloopregelingen op de concentraties worden ingeschat.

Rekenen met Urban Strategy levert bij gelijke invoer van het model exact dezelfde resultaten als de monitoringstool. De reden dat in dit onderzoek met Urban Strategy gerekend is, heeft te maken met de grotere flexibiliteit van Urban Strategy om bijvoorbeeld snel emissiefactoren te kunnen aanpassen.

Berekende effecten van de milieuzone op luchtkwaliteit

Met behulp van Urban Strategy zijn, gebruikmakend van de gegevens uit de Monitoringstool 2015, de effecten van de milieuzone voor personen- en bestelverkeer doorgerekend. Dit is gedaan door te rekenen met de emissiefactoren voor het *lichte* wegverkeer zoals omschreven in paragraaf 4.5.

Allereerst is gerekend met de gegevens uit de monitoringstool 2015, waarbij de emissiefactoren voor het *lichte* wegverkeer vervangen zijn door de emissiefactoren voor het lichte wegverkeer, gebaseerd op de daadwerkelijk gemeten samenstelling van het lichte wegverkeer op de drie locaties in de milieuzone in 2015. Vervolgens is dezelfde berekening herhaald maar nu met de emissie factoren gebaseerd op de geprognosticeerde samenstelling van het lichte wegverkeer voor 2015. Alle overige variabelen zoals verkeersintensiteit etc. zijn verder gelijk gehouden. Het verschil tussen deze berekeningen geeft een goede indicatie van de effecten van de milieuzone personen- en bestelverkeer op de luchtkwaliteit

De berekeningen zijn uitgevoerd voor rekenpunten (zoals ook in de Monitoringstool) op de drie wegen waar de wagenparkscan is uitgevoerd. Voor de Catharijnesingel betreft het 28 rekenpunten, op de Graadt van Roggenweg 20 en op de Van Zijstweg 14 rekenpunten.

3 Aanpak metingen EC concentraties

Het doel van de milieuzone personen- en bestelverkeer is om de verkeersemisies te reduceren en zo de schadelijke gevolgen van luchtverontreiniging voor de inwoners van Utrecht terug te dringen. Door de verandering in de wagenparksamenstelling te meten is het effect van de milieuzone op de luchtkwaliteit via berekeningen bepaald. Daarnaast zijn metingen van EC uitgevoerd, bedoeld om de afgeleide effecten op de emissie van roet door het wegverkeer te verifiëren door middel van directe metingen van de roetconcentratie.

3.1 EC concentratie metingen

Om het effect van de milieuzone op de luchtkwaliteit via metingen vast te stellen is op twee locaties in Utrecht een meetopstelling geïnstalleerd.

- De eerste meetlocatie betreft een meetpunt langs een drukke weg in de milieuzone, namelijk de Catharijnesingel;
- De tweede meetlocatie is in een omgeving die zo min mogelijk direct door verkeersemisies wordt beïnvloed. Dit noemen we de meetlocatie voor de stadsachtergrond. Voor deze stadsachtergrond locatie is het Griftpark gekozen.

Net zoals bij de aanpak voor de wagenparkscan is op beide locaties vóór en na invoering van de milieuzone personen- en bestelverkeer gemeten. De gemeten concentratie op de verkeersbelaste locatie is de som van een stadsachtergrondconcentratie en een bijdrage veroorzaakt door verkeersemisies. De gemeten concentratie op de achtergrondlocatie bestaat alleen uit de stadsachtergrondconcentratie. Aangenomen wordt dat de meting van de stadsachtergrond in het Griftpark representatief is voor de EC achtergrondconcentratie op de Catharijnesingel. Het verschil in gemeten concentraties geeft inzicht in de verkeersbijdrage op het verkeersbelaste meetpunt. Door deze verschilconcentratie zowel vóór als na de invoering van de milieuzone vast te stellen wordt inzichtelijk wat de ontwikkeling is van de verkeersbijdrage aan de luchtkwaliteit langs deze weg.

De concentratie Elementair koolstof (EC) is een maat voor de massa roetdeeltjes in fijnstof en bestaat uit een verzameling van kleine deeltjes afkomstig uit verbrandingsprocessen. EC draagt maar in beperkte mate bij aan de PM_{10} massa. De relatie tussen elementair koolstof en verkeer is echter veel duidelijker vast te stellen dan die tussen PM_{10} en verkeer.

In deze studie is Elementair Koolstof als luchtkwaliteitsindicator gekozen omdat:

- a) *EC in vergelijking met PM_{10} / $PM_{2.5}$*
- De relatie tussen elementair koolstof en verkeer veel duidelijker is vast te stellen dan die tussen PM en verkeer.
 - Het effect van de milieuzone maatregel op de EC concentratiebijdrage relatief groot zal zijn ten opzichte van de verandering in de PM concentraties. Dit komt omdat slechts een beperkt gedeelte van de lokale PM_{10} en/of $PM_{2.5}$ concentratie wordt veroorzaakt door het verkeer.
 - De hoeveelheid PM_{10} afkomstig van het verkeer bestaat uit uitlaatemisies en een aanzienlijk deel slijtagemisies en opwervend wegennstof. De milieuzone heeft geen effect op het slijtage- en opwervelingsdeel. De EC concentratie

wordt alleen door uitlaatemissies bepaald. Ook daardoor zijn voor EC de effecten beter meetbaar dan voor PM₁₀.

- De meetonzekerheid voor de bepaling van EC concentraties veel kleiner is dan voor PM₁₀ / PM_{2.5}. Van de MAAP monitoren voor het meten van EC is uit ervaring bekend dat ze zeer stabiel zijn en onderling weinig verschillen. Ook dit onderzoek laat dat weer zien (onzekerheid tussen monitoren van 4%, zie bijlage B). Fijnstofmetingen mogen volgens de wetgeving een onzekerheid hebben van 25%. De onzekerheid tussen automatische monitoren kan voor fijn stof ook rond de 5% liggen. Echter, gecombineerd met de grotere relatieve bijdrage van verkeer aan de concentratie van EC maakt dit dat verschillen in EC concentraties in de binnenstad makkelijker te meten zijn dan verschillen in PM concentraties.

b) EC in vergelijking met NO₂ / NO_x

- Low-cost meetmethoden voor NO₂ niet geschikt zijn voor het meten van het effect van de maatregel: 1) met passieve monsternemers kan niet op een hoge tijdsresolutie gemeten worden (de variatie in maandgemiddelde concentraties als gevolg van meteorologische omstandigheden is te groot om het effect eruit af te leiden) en 2) commercieel verkrijgbare low-cost NO₂ sensoren zijn onvoldoende betrouwbaar.
- Voor het uitdrukken van het effect op NO₂ de complexiteit in het chemische evenwicht tussen NO_x en ozon een rol speelt. Als er al aan stikstofoxiden gemeten zou worden ligt het voor de hand om NO_x als indicator te kiezen. Echter, de referentiemonitoren zijn gevoelig voor drift. In meetnetten wordt daarom dagelijks nul- en kalibratiegas aangeboden in een automatische set-up. Dat is in de tijdelijke meting in Utrecht niet in de praktijk te brengen.

Naast de geschiktheid van EC voor het aantonen van verkeersgerelateerde effecten op de lokale concentraties is in verschillende nationale en internationale studies aangetoond dat EC geassocieerd is met gezondheidseffecten (Janssen et al., 2011).

3.2 Meetapparaat voor concentratiemetingen EC: MAAP

Elementair koolstof wordt standaard gemeten door middel van een chemische analyse van fijnstof verzameld op een filter. Dit is een arbeidsintensieve meting, die resulteert in een daggemiddelde concentratiewaarde. Het kan ook anders. De zwartheid van het fijnstof is namelijk een goede maat voor de concentratie van EC. De zwartheid van het fijnstof kan worden vastgesteld d.m.v. een optische meting met een automatische monitor.

De op deze manier gemeten EC wordt "black carbon" genoemd. Voor de meting van de concentratie van black carbon is (nog) geen (inter)nationaal meetvoorschrift vastgesteld.

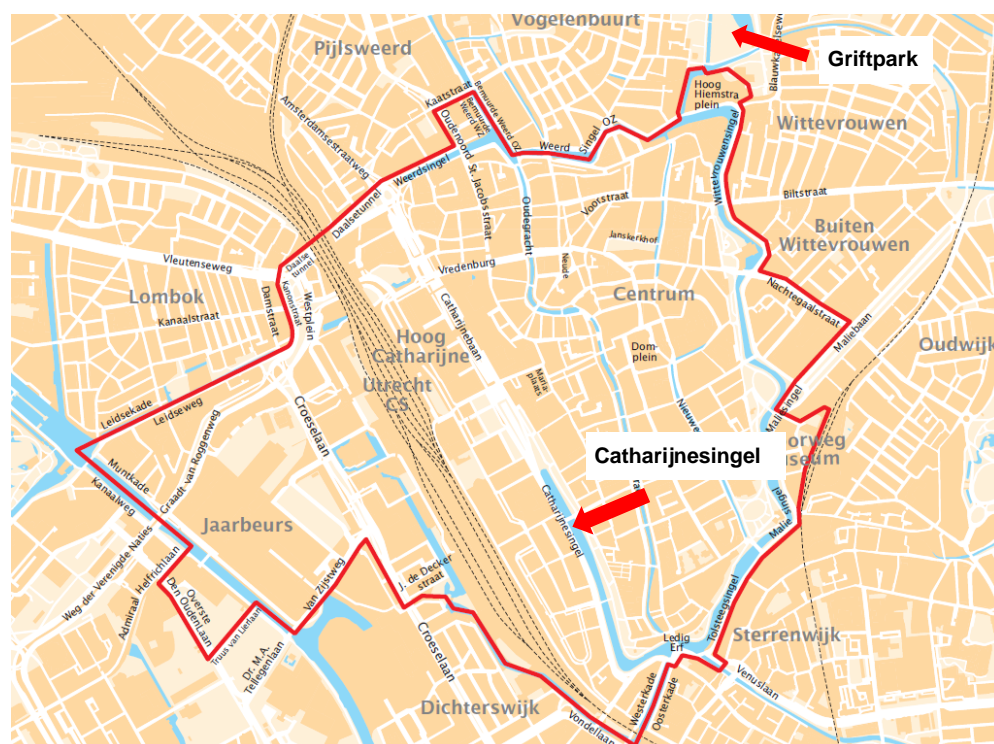
Het meetprincipe van de hier toegepaste MAAP (Multi Angle Absorption Photometer, Thermoscience Model 5012) is gebaseerd op meting van de transmissie en reflectie van licht door verzameld fijnstof. Om de zwartheid door te vertalen naar de concentratie van EC gebruikt de monitor een correctiefactor. Deze is vastgesteld op basis van vergelijkende metingen van EC volgens een protocol waarover inmiddels consensus bestaat dat het de concentratie van EC *overschat*. Echter, omdat er nog geen Europese standaardisatie beschikbaar is voor het meten

van EC, is voorlopig – in overleg met RIVM - besloten om geen kalibratiefactor toe te passen. Daarmee wordt voorkomen dat de in Nederland met de MAAP monitor gemeten concentraties van black carbon (sinds 2015 ook in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit) verschillend gepresenteerd worden.

Kwaliteitsborging vindt plaats door vergelijkende metingen tussen verschillende apparaten uit te voeren, voorafgaan aan, halverwege en na afloop van de meetperioden. Bijlage B geeft de resultaten van de kwaliteitsborging voor deze studie.

3.3 Meetlocaties

Om het effect van de milieuzone op de luchtkwaliteit via metingen vast te stellen is op twee locaties in Utrecht een meetopstelling geïnstalleerd.



Figuur 3: Meetlocaties

- De eerste meetlocatie betreft een meetpunt langs een drukke weg in de milieuzone, namelijk de Catharijnesingel. In de voortuin van huisnummer 71 is het meetapparaat geplaatst. Lucht is op een hoogte van 3,5 meter aangezogen. De afstand tot de gevel is 0,65 meter, de afstand tot de wegrand respectievelijk wegas ongeveer 9 meter respectievelijk 12,5 meter.
- De tweede meetlocatie is gesitueerd in een omgeving die zo min mogelijk direct door verkeersemisseries wordt beïnvloed. Dit noemen we de meetlocatie voor de stadsachtergrond. Voor deze stadsachtergrond locatie is het meetstation van het RIVM in het Griffpark gekozen. Het meetapparaat is in overleg met het RIVM op het dak van het meetstation geplaatst.



Figuur 4: Foto's van de meetopstellingen bij de Catharijnesingel (links) en het Griftpark (rechts).

3.4 Data analyse

Het verschil tussen de concentratie gemeten op het door verkeer belaste meetpunt en die gemeten op de stads achtergrondlocatie is een maat voor de bijdrage van het verkeer aan de concentratie van roet. Er wordt verondersteld dat de concentratie gemeten in het Griftpark representatief is voor de achtergrondconcentratie ter plaatse van de Catharijnesingel. Deze aanname wordt onderbouwd door de vergelijking van de gemeten verkeersbijdrage in 2014 met de gemodelleerde. De van alle geselecteerde uren gemiddelde verhouding tussen beide ligt namelijk dicht bij 1 (zie Figuur 30 linksboven in Bijlage F). Dat geeft vertrouwen dat de gebruikte achtergrond representatief is.

Door de gemiddelde verschilconcentratie zowel vóór als na de invoering van de milieuzone vast te stellen wordt inzichtelijk wat de ontwikkeling is van de verkeersbijdrage aan de luchtkwaliteit langs de drukke weg. Deze ontwikkeling is een gevolg van de invoering van de milieuzone personen- en bestelverkeer, autonome ontwikkeling van het wagenpark en eventuele andere veranderingen, zoals in verkeersintensiteit en de meteorologische omstandigheden. Correctie voor de veranderende omstandigheden is nodig om de bijdrage van de milieuzone personen- en bestelverkeer aan de verbetering van de luchtkwaliteit vast te stellen.

Bijlage F gaat in detail in op de analysemethode inclusief de manier waarop voor variatie in andere variabelen is gecorrigeerd. We houden in de data-analyse rekening met variatie in:

- Windsnelheid: de verkeersbijdrage is omgekeerd evenredig met de windsnelheid. Windrichting- en snelheid zijn in de meetperiode in 2014 lokaal op het dak van de woning gemeten.

De meetdata zijn vergeleken met de windmetingen van het KNMI in De Bilt. Deze kwamen voldoende overeen, zodat besloten is om de lokale windmeting in de meetperiode in 2015 achterwege te laten. In de data-analyse is voor beide jaren gebruik gemaakt van de meetdata van het KNMI station De Bilt.

- Verkeersintensiteit en –samenstelling, voor zover de variatie erin *niet* het gevolg is van de invoering van de milieuzone: de verkeersbijdrage aan de concentratie van roet is evenredig met de voertuigemissie. Er is gecorrigeerd met de best mogelijke schatting van de emissie die geldt voor de afzonderlijke uren. Deze is gebaseerd op 1) verkeersintensiteiten afgeleid uit tellussen van het VRI-systeem bij de kruising nabij het meetpunt aan de Catharijnesingel in combinatie met 2) de samenstelling van het wagenpark op basis van de wagenparkscan. Daarbij is voor 2015 ook rekening gehouden met de autonome verschoning van personen- en bestelverkeer ten opzichte van 2014. De samenstelling zoals gemeten met de wagenparkscan wordt verondersteld geldig te zijn voor de gehele meetperiode.

Voor de data-analyse worden uren geselecteerd die voldoen aan de volgende voorwaarden:

- Ur van de dag: alleen de uren overdag (tussen 6:00 en 20:00 uur) worden geselecteerd. Op de andere uren is de bijdrage van het verkeer aan de concentratie van roet te gering.
- Windrichting: alleen de uren met windrichtingen tussen 180 en 300 graden worden geselecteerd. Het meetpunt aan de Catharijnesingel is bij wind uit deze sector belast door verkeer.
- Windsnelheid: alleen uren met windsnelheid groter dan 2 m/s worden in de analyse meegenomen, omdat bij lagere windsnelheden de verspreiding van verkeeremissies naar het meetpunt niet meer eenduidig is (het verloopt niet lineair).
- Beschikbaarheid/representativiteit van tellusgegevens: zowel in 2014 als in 2015 zijn er perioden waarbij geen data beschikbaar zijn of er aanzienlijk lagere intensiteiten zijn gemeten, bijvoorbeeld tijdens evenementen. De Tour de France in juli 2015 is daar een goed voorbeeld van. Deze perioden zijn in de analyse niet meegenomen. Het betreft:
 - 6-23 oktober 2014
 - 4-5 juli 2015
 - 19 juli 2015
 - 6 september 2015
 - 5-8 oktober 2015

De voorwaarden voor de windrichting en windsnelheid zijn belangrijk omdat onder deze condities het toegepaste correctiemodel geldig is.

4 Samenstelling Utrechtse wagenpark

De wagenparkscans in 2014 en 2015 hebben geresulteerd in een database met de technische gegevens van alle passerende voertuigen per locatie. Om een inzicht te geven in de samenstelling van het wagenpark in 2014 en in 2015 in de milieuzone in de gemeente Utrecht zijn verschillende doorsnedes gemaakt. Deze doorsnedes worden besproken in dit hoofdstuk. Daarnaast worden de verschillen in wagenparksamenstelling tussen 2014 en 2015 besproken en effecten van de milieuzone voor personen- en bestelverkeer toegelicht. In de eerste paragraaf wordt ingegaan op de resultaten van de wagenparkscan uit 2014. Het aantal waargenomen voertuigen, de aandelen van de voertuigcategorieën in het gemeten wagenpark en de onderverdeling in de Euro emissieklassen worden besproken. In de tweede paragraaf worden de scanresultaten uit 2015 toegelicht. Vervolgens volgt een analyse en inschatting van het effect van de milieuzone op de verkeersemisies en luchtkwaliteit in de paragrafen 4.3 tot en met 4.6.

4.1 Wagenparkscan 2014

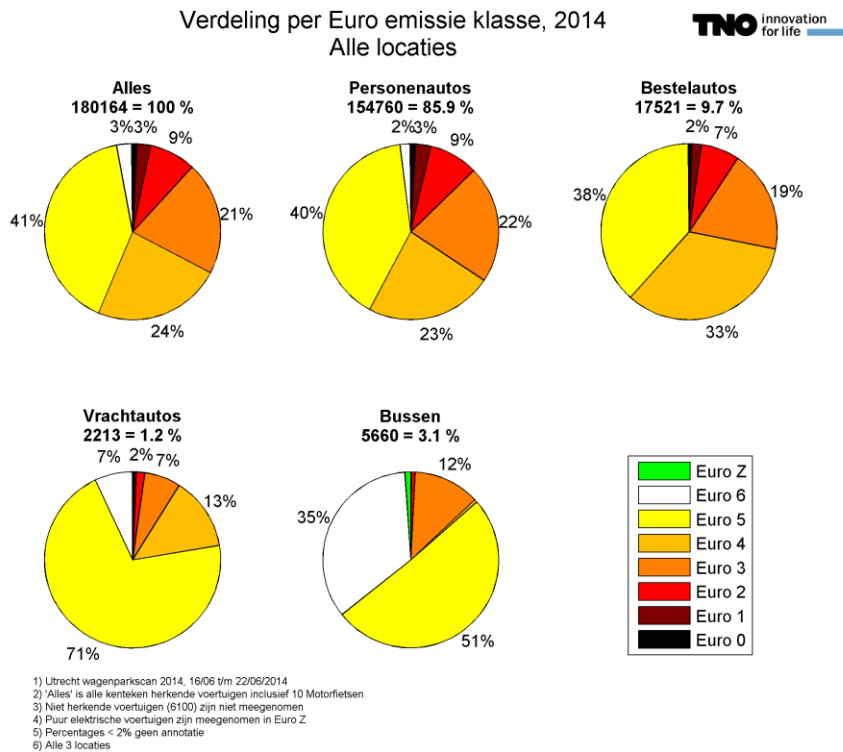
In 2014 is vóór de uitbreiding van de milieuzone vrachtverkeer naar een milieuzone voor vracht-, personen en bestelverkeer een eerste wagenparkscan uitgevoerd. Deze scan werd uitgevoerd tussen 16 juni en 22 juni 2014 op de drie locaties zoals omschreven in hoofdstuk 2. De belangrijkste resultaten worden in onderstaande paragrafen beschreven.

4.1.1 *Waargenomen voertuigen in 2014*

In totaal zijn tijdens de “nul meting” in 2014 bijna 190.000 kentekens gescand (186.264, waarvan 180.164 Nederlandse en ca. 6100 buitenlandse kentekens). Van de groep buitenlandse kentekens kan geen technische voertuiginformatie achterhaald worden, deze staan niet bij de RDW geregistreerd. Daarom zijn alleen de Nederlandse kentekens naar de RDW gestuurd. Van de gescande Nederlandse kentekens is van ca. 1% geen informatie verkregen. Deze kentekens zijn verkeerd gelezen, misten bijvoorbeeld één teken of bevatten een vreemd teken (zoals bijvoorbeeld '@') waardoor er geen match is in de RDW database.

4.1.2 *Wagenparksamenstelling gemeten in 2014*

Zoals in hoofdstuk 2 omschreven zijn de waargenomen voertuigen verdeeld in verschillende voertuig categorieën. Binnen deze categorieën is een verdere onderverdeling naar brandstofsoort en Euroklasse gemaakt. In de volgende figuren worden de resultaten van het in 2014 op de drie locaties gescande wagenpark weergegeven.



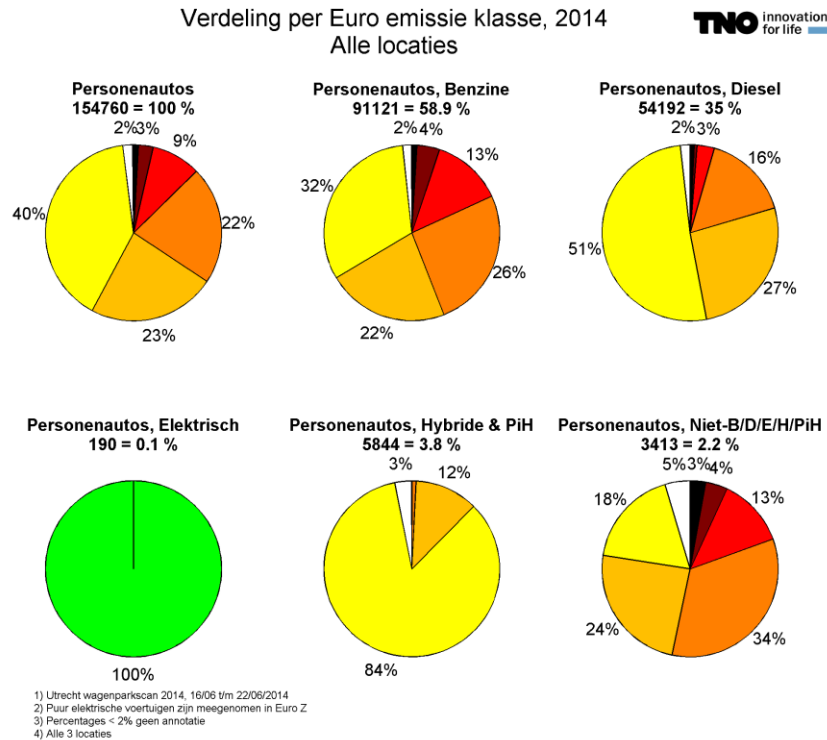
Figuur 5: Aandeel Euroklassen per voertuig categorie in 2014 in de milieuzone in Utrecht, zoals gemeten over de 7 meetdagen en voor alle 3 de locaties gesommeerd.

In deze figuur wordt het wagenpark, zoals waargenomen op de drie meetlocaties in de milieuzone in zijn geheel (links boven) én verdeeld over de categorieën personen-, bestel-, vrachtverkeer en bussen weergegeven. Iedere categorie is bovendien onderverdeeld in de zogenaamde Euroklassen. De klasse Euro Z staat voor zero emission, volledig elektrische voertuigen die geen uitlaatmissies produceren. Uit de figuur volgt bijvoorbeeld dat ca. 86% van het verkeer bestaat uit personenvoertuigen en voor ca. 10% uit bestelwagens. Binnen de categorie personenwagens valt ca. 40% in de Euro klasse Euro 5.

Om te beoordelen of de milieuzone personen- en bestelverkeer zorgt voor een verandering in de samenstelling van het personen- en het bestelwagenpark, worden deze categorieën in meer detail beschouwd.

Samenstelling personenvoertuigen op basis van de meting in 2014

Om meer inzicht in de samenstelling van de personenvoertuigen te verkrijgen is de categorie personenvoertuigen verder uitgesplitst naar brandstofsoort. In onderstaande figuur staan de resultaten voor personenvoertuigen, gebaseerd op de wagenparkscan uit 2014:

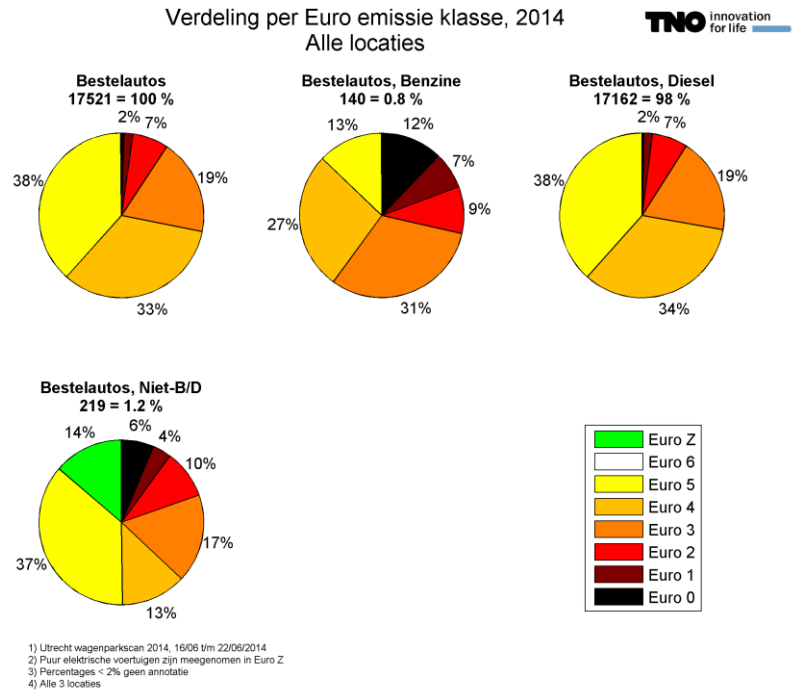


Figuur 6: Personenvoertuigen in 2014 in de milieuzone in Utrecht, zoals gemeten over de 7 dagen en voor alle de 3 locaties gesommeerd.

Uit bovenstaande figuur blijkt dat in 2014 globaal 1/3 van de personenvoertuigen bestaat uit diesel voertuigen; 2/3 van de personenauto's zijn benzine- of overige voertuigen. De groep overige voertuigen bestaat uit voertuigen op LPG, CNG en ook elektrische en hybride voertuigen. De groep hybride voertuigen bestaat overwegend uit Euro 5 en voor een klein deel uit Euro 4 voertuigen.

Samenstelling bestelvoertuigen op basis van de meting in 2014

Om meer inzicht in de samenstelling van de bestelvoertuigen te verkrijgen is de categorie bestelvoertuigen verder uitgesplitst naar brandstofsoort. In onderstaande figuur staan de resultaten voor bestelvoertuigen, gebaseerd op de wagenparkscan uit 2014:



Figuur 7: Bestelvoertuigen in 2014 in de milieuzone in Utrecht, zoals gemeten over de 7 dagen en voor alle de 3 locaties gesommeerd.

De wagenparcscan op de locaties Catharijnesingel, Graadt van Roggenweg en van Zijstweg is ook weergegeven in vergelijkbare figuren. Deze zijn opgenomen in de Appendix. Vergeleken met de Catharijnesingel:

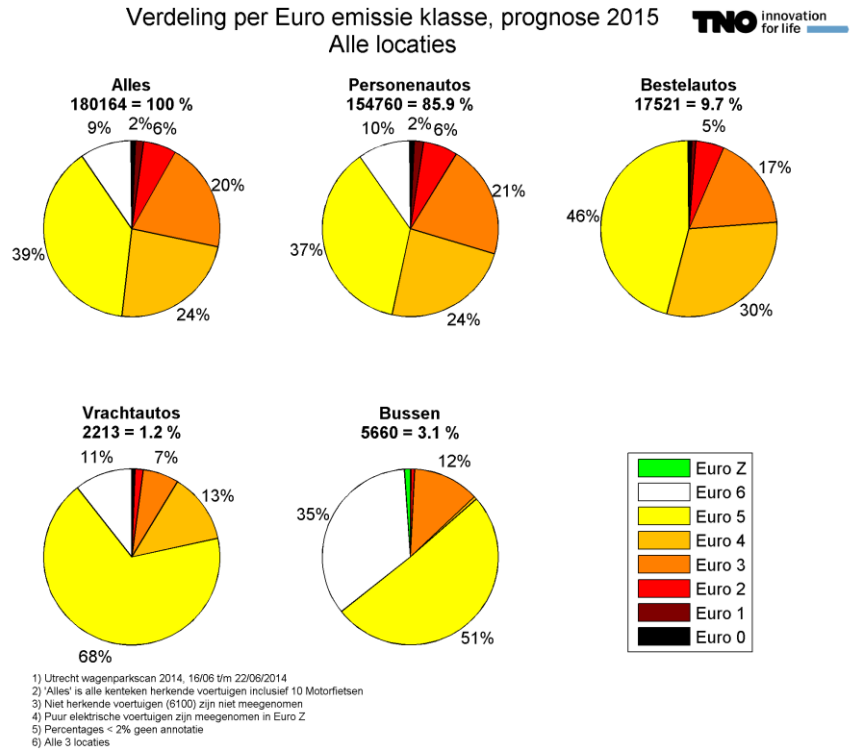
- Is het aandeel diesel in de categorie personenvoertuigen op de van Zijstweg hoger (mogelijk door aanwezigheid kantoren, met hoog aandeel lease auto's)
- Heeft de bussenvloot op de van Zijstweg én op de Graadt van Roggenweg een hoog aandeel Euro VI bussen

4.2 Prognose verkeerssamenstelling 2015 zonder milieuzone personen- en bestelverkeer

De wagenparcscan zoals vastgesteld met de wagenparcscan in 2014 kan worden vertaald naar een toekomstbeeld in 2015. Op deze manier kan de autonome ontwikkeling van het wagenpark geschat worden (dus zonder maatregel milieuzone bestel- en personenverkeer in 2015). In hoofdstuk 2 zijn de aannames en uitgangspunten beschreven voor de extrapolatie van het wagenpark (gemeten in 2014) naar de te verwachten situatie in 2015. De uitkomsten van de extrapolatie zijn nodig om het effect van de milieuzone te kunnen bepalen.

4.2.1 Wagenparksamenstelling prognose 2015

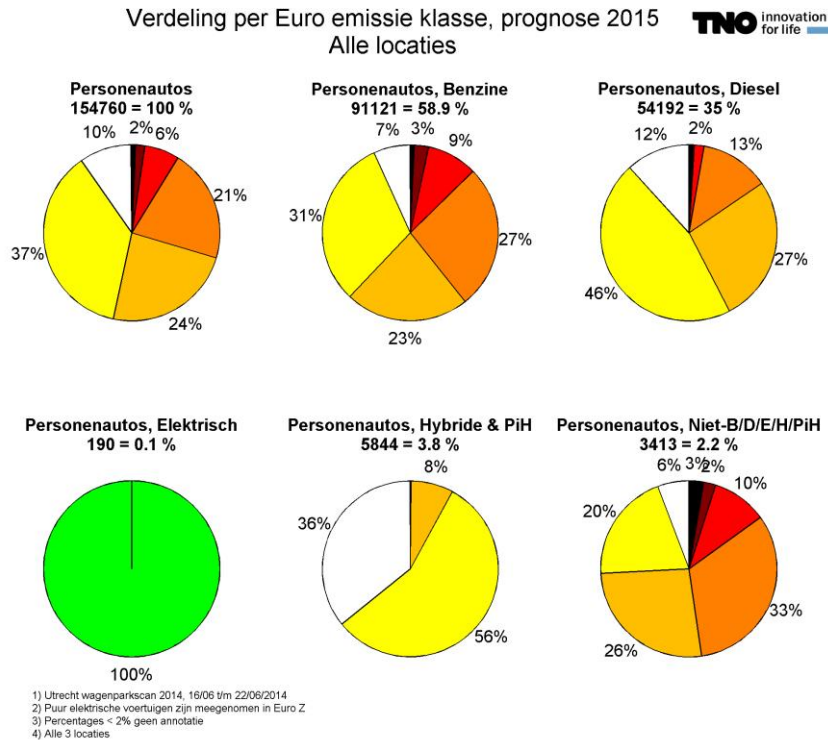
Op basis van de in 2014 gemeten wagenparksamenstelling is een prognose voor de samenstelling van het wagenpark voor 2015 gemaakt. De resultaten staan weergegeven in onderstaande figuren:



Figuur 8: Prognose voor de samenstelling van het wagenpark voor de drie locaties in de milieuzone (gesommeerd) in 2015, gebaseerd op de metingen van 2014.

Samenstelling personenvoertuigen op basis van de prognose voor 2015

De prognose voor 2015 wordt in onderstaande figuur in meer detail voor personenvoertuigen weergegeven. De categorie personenvoertuigen is uitgesplitst naar diesel- en benzinevoertuigen. Bij de prognose is bewust geen rekening gehouden met de invoering van een milieuzone personen- en bestelvoertuigen. Het aandeel oudere voertuigen neemt af door de ingeschatte autonome vernieuwing van het wagenpark.

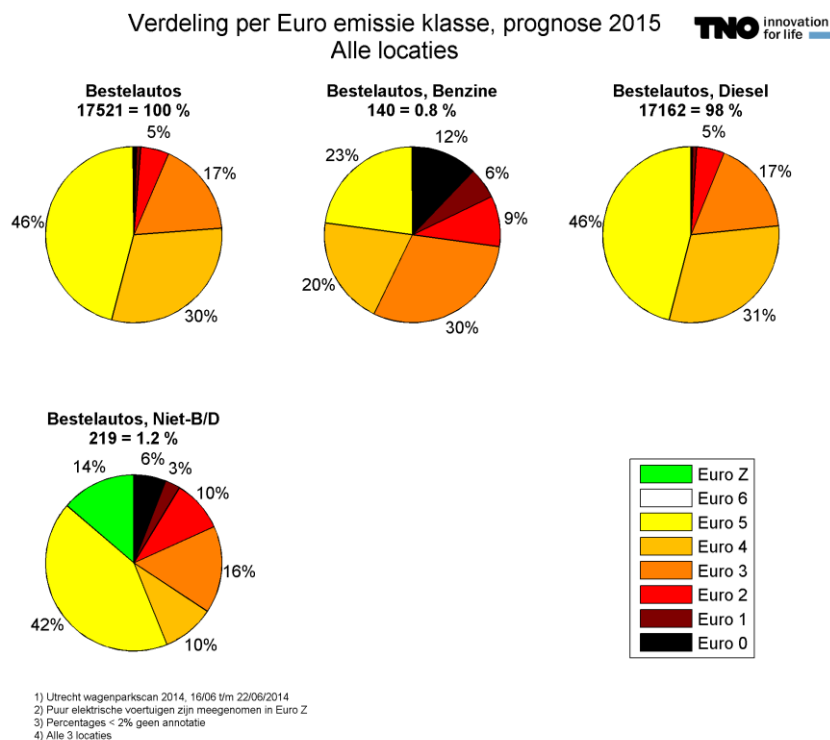


Figuur 9: Prognose voor de samenstelling van het personenverkeer op de drie locaties in de milieuzone (gesommeerd) in 2015, gebaseerd op de metingen van 2014.

De totale aantallen voertuigen en de verhouding tussen benzine en diesel is in de prognose gelijk gehouden aan 2014. De groep overige voertuigen bestaat ook nu weer uit voertuigen op LPG, CNG en ook elektrische en hybride voertuigen. De groep hybride voertuigen bestaat overwegend uit Euro 6, 5 en voor een klein deel uit Euro 4 voertuigen.

Samenstelling bestelvoertuigen op basis van de prognose voor 2015

De prognose voor 2015 wordt in onderstaande figuur in meer detail voor bestelvoertuigen weergegeven. De categorie bestelvoertuigen is uitgesplitst naar diesel- en benzinevoertuigen. Bij de prognose is bewust geen rekening gehouden met de invoering van een milieuzone personen- en bestelvoertuigen. Het aandeel oudere voertuigen neemt af door de ingeschatte autonome vernieuwing van het wagenpark.



Figuur 10: Prognose voor de samenstelling van het bestelverkeer op de drie locaties in de milieuzone (gesommeerd) in 2015, gebaseerd op de metingen van 2014.

De totale aantallen voertuigen en de verhouding tussen benzine en diesel is in de prognose gelijk gehouden aan 2014. De groep overige voertuigen bestaat ook nu weer uit voertuigen op LPG, CNG en ook elektrische en hybride voertuigen.

4.3 Wagenparkscan 2015

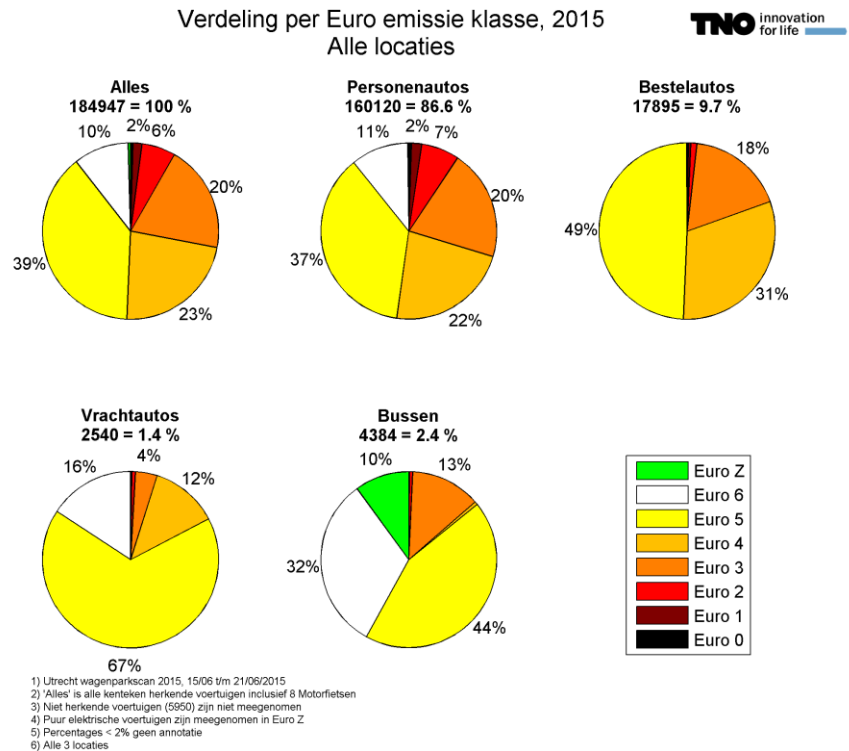
In 2015 is ná invoering van de milieuzone voor personen- en bestelverkeer opnieuw een wagenparkscan uitgevoerd. Deze scan werd uitgevoerd tussen 15 juni en 21 juni 2015. De belangrijkste resultaten worden in onderstaande paragrafen beschreven.

4.3.1 Waargenomen voertuigen in 2015

In totaal zijn tijdens de meetweek in 2015 ca 191.000 kentekens gescand (190.897, waarvan 184.947 Nederlandse en ca. 5950 buitenlandse kentekens). Van de groep buitenlandse kentekens kan geen technische voertuiginformatie achterhaald worden, deze staan niet bij de RDW geregistreerd. Daarom zijn alleen de Nederlandse kentekens naar de RDW gestuurd. Van de gescande Nederlandse kentekens is van ca. 1% geen informatie verkregen. Deze kentekens zijn verkeerd gelezen, misten bijvoorbeeld één teken of bevatten een vreemd teken (zoals bijvoorbeeld '@') waardoor er geen match is in de RDW database.

4.3.2 Wagenparksamenstelling gemeten in 2015

Zoals in hoofdstuk 2 omschreven zijn de waargenomen voertuigen verdeeld in verschillende voertuig categorieën. Binnen deze categorieën is een verdere onderverdeling naar brandstofsoort en Euroklasse gemaakt. In de volgende figuren worden de resultaten van het in 2015 op de drie locaties gescande wagenpark weergegeven.

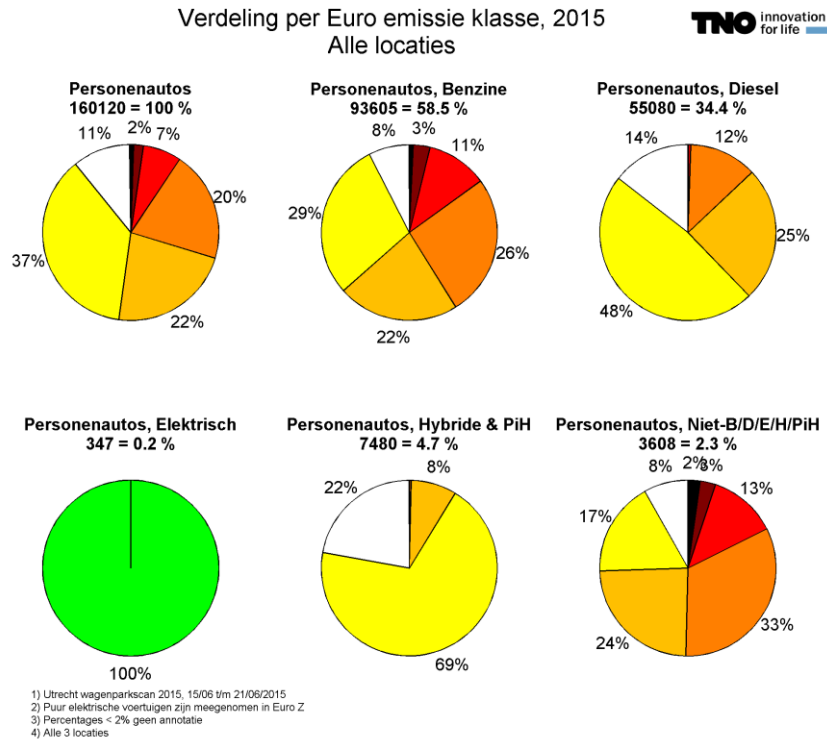


Figuur 11: Aandeel Euroklassen per voertuig categorie in 2015 in de milieuzone in Utrecht, zoals gemeten over de 7 meetdagen en voor alle 3 de locaties gesommeerd.

Een vergelijking tussen de prognose 2015 en de meting 2015 laat zien dat:

- 1) Het aandeel van Euro III vrachtwagens is sneller dan verwacht afgenomen. Dit is zeer waarschijnlijk een gevolg van de aanscherping van de eisen voor de milieuzone voor vrachtverkeer.
- 2) Het aandeel Euro VI vrachtwagens is sneller dan verwacht toegenomen. Mogelijk zijn de uit de milieuzone vracht geweerde voertuigen vervangen door Euro VI vrachtwagens.
- 3) In de gemeente Utrecht zijn door QBuzz elektrische bussen geïntroduceerd. Het aandeel Euro V bussen is afgenomen, doordat Euro V bussen vervangen zijn door de elektrische bussen. De toename van de elektrische bussen geldt met name op een paar bus routes in het centrum.
- 4) In de week van de wagenparkscan is het totaal aantal waargenomen vrachtwagens, bestelwagens en personenwagens in 2015 iets hoger dan in 2014. Het aantal bussen is iets afgenomen. Voor het bepalen van de gemiddelde samenstelling per voertuigklasse is dit echter geen bezwaar.

De bovenstaande categorieën voertuigen zijn verder uit te splitsen, zodat in meer detail inzichtelijk wordt hoe deze afzonderlijke categorieën precies samengesteld zijn. (zie figuur 12 en 13)



Figuur 12: Samenstelling van personenauto's in 2015 in de milieuzone in Utrecht, zoals gemeten over de 7 dagen en voor alle 3 de locaties gesommeerd.

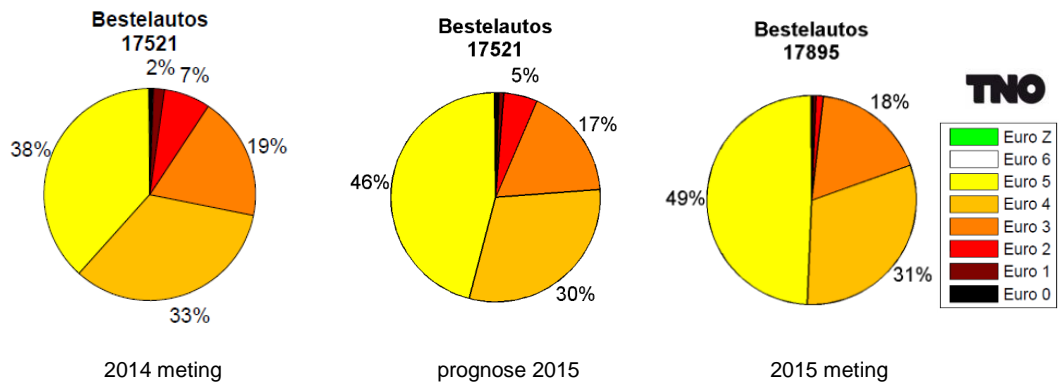
Het aandeel personenvoertuigen *benzine* uit de klassen Euro 0 en 1 zijn globaal gelijk aan de prognose voor 2015. De klasse personenvoertuigen Euro 2 benzine is iets groter dan de prognose voor 2015 aangeeft.

Uit de figuur is ook duidelijk te zien dat de categorie personenvoertuigen Euro 0-2 diesel in 2015 bijna verdwenen is. Het resterende kleine aandeel bestaat waarschijnlijk uit vergunninghouders (bijvoorbeeld speciale voertuigen) en overtreeders.

De handhaving van de milieuzone, die niet lang voor de scan in 2015 ingevoerd is, zal waarschijnlijk het aantal overtreeders verder doen afnemen.

4.4 Effect milieuzone op samenstelling wagenpark: prognose versus meting 2015

Voor de bepaling van het effect van de milieuzone personen- en bestelverkeer op de wagenparksamenstelling volgt een meer gedetailleerde vergelijking voor personen- en bestelverkeer.

Bestelvoertuigen

Figuur 13: Samenstelling bestelauto's (alle brandstoffen) gemeten op de drie locaties (gesommeerd) in 2014 (links), de prognose voor 2015 (midden) én gemeten in 2015 (rechts).

In Figuur 13 is de samenstelling van het bestelwagenpark weergegeven voor de gemeten samenstelling in 2014 (links), voor de prognose 2015 (midden) en voor de gemeten samenstelling in 2015. De vergelijking maakt duidelijk zichtbaar dat de groep bestelwagens in de Euroklassen 0, 1 en 2 in 2015 in vergelijking met 2014 sterk afgenomen is. Ook ten opzichte van de prognose voor 2015 (zonder milieuzone) laat de meting in 2015 een afname zien van de groep Euro 0-2 bestelwagens. Met name de groep Euro 5 bestelwagens is in 2015 iets groter t.o.v. de prognose 2015.

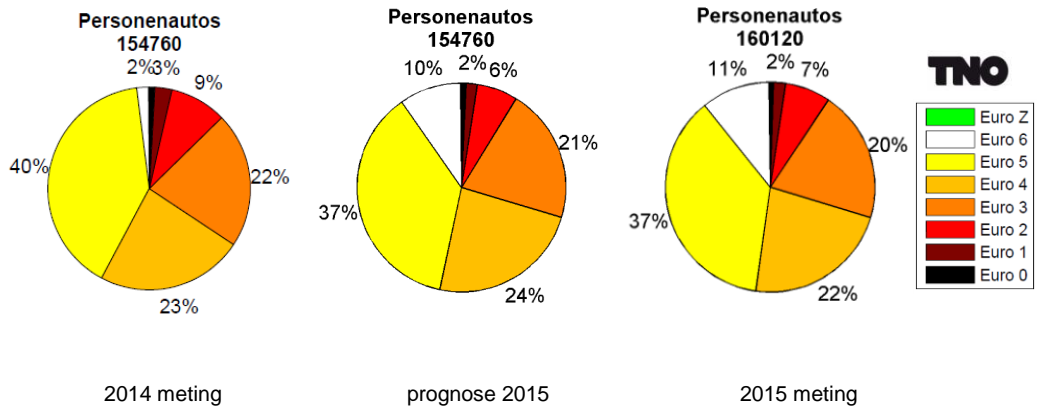
Tabel 6: Aandeel bestelwagens Euro 0-2 in de categorie bestelwagens.

	2014	2015 prognose	2015
Aandeel Euro 0 t/m 2 in de categorie bestelwagens.	9.3%*	6,5%	1.8%*

*De genoemde percentages verwijzen naar de aandelen van Euro 0-2 bestelwagens binnen de categorie bestelwagens. Het betreft NIET de aandelen in het gehele wagenpark.

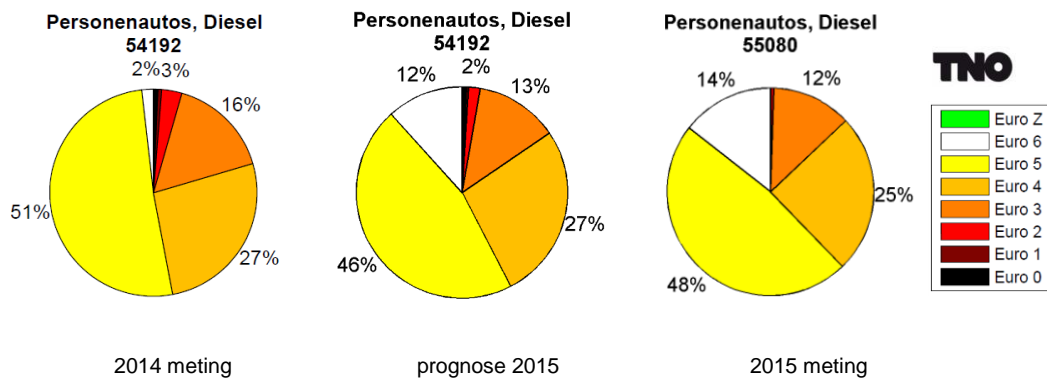
Personenauto's

In bovengenoemde wagenparkscans is ook de samenstelling van de vloot personenauto's in 2014 en 2015 onderzocht. De onderstaande figuur geeft de samenstelling van de categorie personenauto's in meer detail weer:



Figuur 14: Samenstelling personenauto's (alle brandstoffen) gemeten op de drie locaties (gesommeerd) in 2014 (links), prognose 2015 (midden) en gemeten in 2015 (rechts).

Personenauto's diesel



Figuur 15: Samenstelling personenauto's diesel gemeten op de drie locaties (gesommeerd) in 2014 (links), de prognose 2015 (midden) en gemeten in 2015 (rechts).

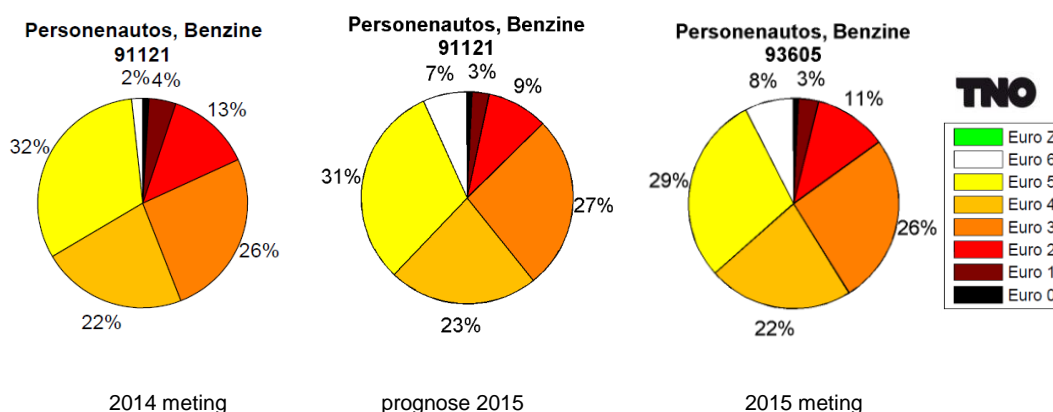
In Figuur 15 is de samenstelling van de personenauto's diesel weergegeven voor de gemeten samenstelling in 2014 (links), voor de prognose 2015 (midden) en voor de gemeten samenstelling in 2015. De vergelijking maakt duidelijk dat de groep personenwagens diesel in de Euroklassen 0, 1 en 2 in 2015 in vergelijking met 2014 sterk afgenomen is. Ook ten opzichte van de prognose voor 2015 laat de meting in 2015 een afname zien van de Euro 0-2 personenwagens.

Tabel 7: Aandeel personenwagens Euro 0-2 in de categorie personenwagens.

	2014	2015 prognose	2015
Aandeel Euro 0 t/m 2 in de categorie personenvoertuigen diesel.	4.4%*	2.8%	0.5%*

*De genoemde percentages verwijzen naar de aandelen van Euro 0-2 personenvoertuigen diesel binnen de categorie personenvoertuigen diesel. Het betreft NIET de aandelen in het gehele wagenpark.

Personenauto's benzine



Figuur 16: Samenstelling personenauto's benzine zoals gemeten op de drie locaties (gesommeerd) in 2014 (links), de prognose 2015 (midden) én gemeten in 2015 (rechts).

Ook bij de personenvoertuigen benzine laat de prognose voor 2015 een geringe afname van de Euroklasse 0-2 voertuigen zien en een toename van vooral Euro 6 voertuigen. De prognose sluit goed aan bij de daadwerkelijke meting in 2015. Alleen de groep Euro 2 benzine voertuigen is iets minder snel afgenomen dan voorspeld. Mogelijk heeft een deel van de eigenaren van de oudere dieselveertuigen hun voertuig laten slopen of verkocht en daarvoor een Euro 2 benzine voertuig aangeschaft. In het algemeen komt de prognose voor personenvoertuigen benzine goed overeen met de daadwerkelijke situatie in 2015

4.5 Berekende effect van de milieuzone op de emissies van het lichte wegverkeer

Na invoering van de milieuzone voor diesel personen- en diesel bestelwagens met een datum eerste toelating (DET) vóór 1 januari 2001 is het aandeel diesel personen- en diesel bestelwagens met een DET vóór 1 januari 2001 sterker afgenomen dan de verwachte autonome ontwikkeling. Op basis van de in 2015 gemeten samenstelling (mét milieuzone) en de voor 2015 geprognosticeerde samenstelling van het wagenpark (zonder milieuzone) kan de gemiddelde uitstoot van het wagenpark mét en zonder milieuzone bepaald worden. Het verschil tussen deze situaties is het verschoningseffect ten gevolge van de milieuzone.

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de emissiefactoren van het lichte wagenpark (totaal van personen- en bestelvoertuigen) voor de drie locaties in de milieuzone van Utrecht. Deze emissiefactoren zijn bepaald op basis van de

gemeten samenstelling van het lichte verkeer in het jaar 2014, op basis van de geprognosticeerde samenstelling van het lichte wagenpark voor 2015 en voor de samenstelling van het lichte wagenpark zoals gemeten in 2015. De voor de berekeningen gebruikte emissiefactoren worden door TNO afgeleid en in een vastgelegd protocol in samenwerking met RIVM vastgesteld en jaarlijks op bepaald aggregatieniveau opgeleverd (zie ook de website van het ministerie van I&M). Deze factoren worden voor de nationale emissie inventarisatie en in de NSL-rekentool gebruikt. Tot deze factoren behoren onder meer fijnstof (PM₁₀), stikstofoxiden (NO_x en NO₂), maar ook Elementair koolstof (EC)-emissiefactoren. De EC emissiefactoren zijn indicatief, maar zijn wel op basis van de best beschikbare kennis en informatie vastgesteld.

Tabel 8: Gemiddelde emissiefactoren voor het lichte wagenpark voor 2014, de prognose 2015 en voor 2015

	Lichte* wegverkeer in 2014 [g/km]	Lichte* wegverkeer, prognose 2015 (op basis van de 2014 wagenparkscan) [g/km]	Lichte* wegverkeer in 2015 [g/km]	Verschil prognose versus gemeten 2015 samenstelling lichte wegverkeer
NO _x	0.415	0.378	0.376	< 1 %
NO ₂	0.113	0.107	0.105	ca. 2%
PM ₁₀	0.039	0.037	0.035	ca. 5%
PM _{2,5}	0.018	0.016	0.013	ca. 19%
EC	0.008	0.007	0.005	ca. 29%

*NO_x is de verzameling van alle stikstofoxideverbindingen. Binnen de groep stikstofoxiden kunnen verschuivingen plaatsvinden tussen de aandelen van de verschillende stikstofoxiden. Het uiteindelijke effect op de lokale NO₂-concentratie volgt uit de luchtkwaliteitsberekeningen.

* licht wegverkeer bestaat uit personen én bestelwagens

Uit de verschillen in emissiefactoren (zie bovenstaande tabel) volgt dat het lichte wegverkeer, zoals in 2015 gemeten op de drie locaties in de milieuzone gemiddeld minder uitstoot dan mag worden verwacht op basis van autonome vernieuwing van het lichte wagenpark (prognose 2015).

De gemiddelde emissiefactoren voor de drie locaties zijn voor fijnstof (PM₁₀, PM_{2,5}) en vooral voor Elementair Koolstof (EC) door de invoering van de milieuzone duidelijk lager geworden. Hierdoor neemt bij gelijke verkeersintensiteit de bijdrage van het lichte wegverkeer aan de lokale fijnstofconcentratie duidelijk af. De gemiddelde NO_x en NO₂ emissiefactoren van het lichte wegverkeer zijn na de invoering van de milieuzone van dezelfde orde grootte.

4.6 Berekende effecten op luchtkwaliteit

Op basis van de emissiefactoren zoals omschreven in paragraaf 4.5 zijn berekeningen gemaakt om de effecten van de milieuzone personen- en bestelverkeer op de luchtkwaliteit te kunnen bepalen.

De berekeningen maken gebruik van de gegevens zoals opgenomen in de monitoringstool 2015. Dit zijn gegevens over de bebouwing, het verkeer, type

wegen, begroeiing (bomenfactor) etc. Al deze gegevens zijn gedownload uit de monitoringstool 2015 en opgenomen in het TNO model Urban Strategy. Zoals uitgelegd in hoofdstuk 2 levert Urban Strategy bij gelijke invoer van het model exact dezelfde resultaten als de Monitoringstool. De reden dat in dit onderzoek met Urban Strategy gerekend is, heeft te maken met de grotere flexibiliteit van Urban Strategy om bijvoorbeeld snel emissiefactoren te kunnen aanpassen.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor rekenpunten (zoals ook in de Monitoringstool) op de drie wegen waar de wagenparkscan is uitgevoerd. Voor de Catharijnesingel betreft het 28 rekenpunten, op de Graadt van Roggenweg 20 en op de Van Zijstweg 14 rekenpunten. In onderstaande tabel zijn de gemiddelde-, de minimale- en de maximale effecten weergegeven.

Tabel 9: Gemiddelde-, minimale en maximale effecten (afname) van de milieuzone personen- en bestelverkeer op de concentraties in de drie straten.

Effect in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	EC			PM ₁₀			PM _{2,5}			NO ₂		
	gem	min	max	gem	min	max	gem.	min	max	gem.	min	max
Catharijnesingel	0,03	0,01	0,06	0,04	0,01	0,08	0,04	0,01	0,08	0,02	0,01	0,05
Graadt van Roggenweg	0,05	0,02	0,08	0,07	0,03	0,11	0,07	0,02	0,10	0,04	0,01	0,06
Van Zijstweg	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01

Note: op de Graadt van Roggenweg is in één richting gemeten. Aangenomen wordt dat deze samenstelling representatief is voor de gehele verkeersstroom.

In de tabel staan de berekende effecten van de milieuzone personen- en bestelverkeer op de concentraties op de rekenpunten op de drie wegen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Per locatie en per component staan niet alleen de gemiddelde effecten voor de rekenpunten maar ook de minimum en maximum effecten weergegeven. Alle berekende waarden geven een afname van de concentraties aan.

In onderstaande tabel staan de hierboven berekende effecten relatief ten opzichte van de totale verkeersbijdrage in procenten weergegeven. Per locatie per component staan niet alleen de gemiddelde relatieve effecten, maar ook de minimum- en maximum relatieve effect per weg weergegeven.

Tabel 10: Geschatte gemiddelde-, minimale en maximale afname van de verkeersbijdrage aan de lokale concentraties als gevolg van de milieuzone personen- en bestelverkeer.

Relatieve effect t.o.v. de verkeersbijdrage	EC			PM ₁₀			PM _{2,5}			NO ₂		
	gem	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem	min	max
Catharijnesingel	16,9%	9,2%	24,7%	4,4%	2,7%	6,0%	9,6%	5,3%	13,9%	0,4%	0,2%	0,6%
Graadt van Roggenweg	12,6%	4,2%	20,1%	3,6%	1,3%	5,3%	7,3%	2,4%	11,7%	0,3%	0,1%	0,5%
Van Zijstweg	6,9%	4,1%	7,9%	2,6%	1,5%	3,0%	4,6%	2,3%	5,4%	0,2%	0,1%	0,3%

De effecten van de milieuzone voor personen- en bestelverkeer op de verkeersbijdrage aan de concentraties van PM₁₀, PM_{2,5} en EC en NO₂ verschillen per rekenpunt, per component (EC, PM₁₀ etc.) en per weg. Dit wordt onder andere veroorzaakt door verschillen in intensiteiten op de genoemde wegen en bijvoorbeeld ook door verschillen in samenstelling van het verkeer (verhouding licht, middelzwaar-, zwaar verkeer en bussen).

Uit de wagenparkscan en de aanvullende indicatieve berekeningen van effecten op de verkeersbijdrage aan de lokale concentraties van PM_{10} , $PM_{2.5}$ en EC volgt dat de milieuzone personen- en bestelverkeer de verkeersbijdrage en daarmee de concentraties van de genoemde componenten laat dalen. De gemiddelde bijdrage van het wegverkeer aan de NO_2 concentratie blijft in dezelfde orde grootte.

De geschatte afname van de verkeersbijdrage aan de lokale EC concentratie, als gevolg van de milieuzone personen- en bestelverkeer, bedraagt gemiddeld op de Catharijnesingel ca. 17% (16,9% in tabel). Nabij het EC meetstation op de Catharijnesingel bedraagt de afname ca. 10%.

5 Resultaten van EC metingen

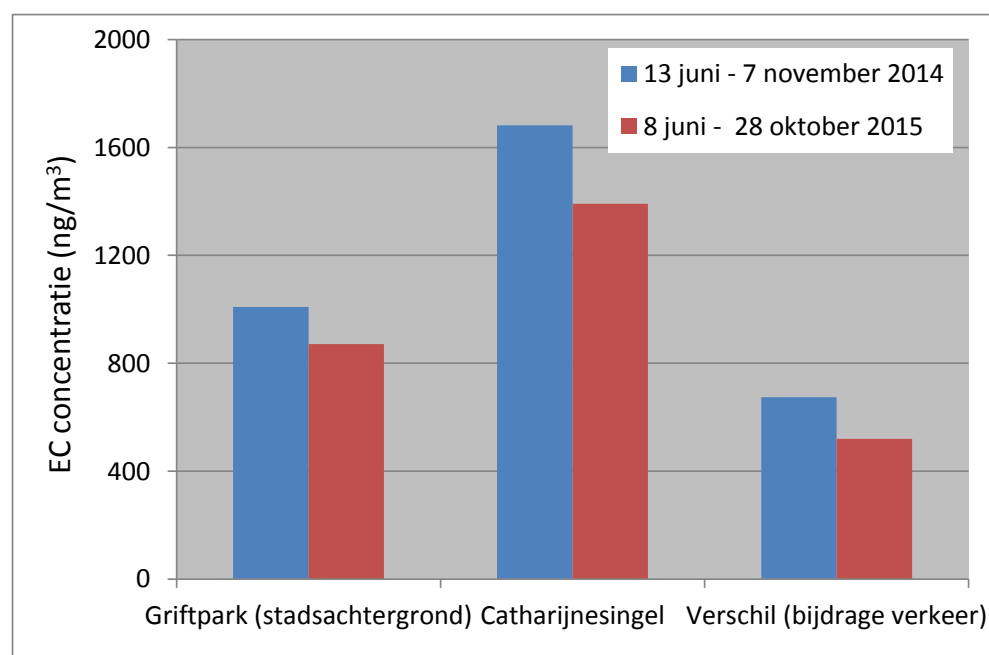
In dit hoofdstuk worden de resultaten van de EC metingen besproken. De resultaten van deze metingen uit 2014 en 2015 zijn vervolgens gebruikt om de verandering in de verkeersbijdrage aan de lokale EC concentratie inzichtelijk te maken. Vervolgens is een nadere analyse uitgevoerd met als doel om het effect van de milieuzone inzichtelijk te maken.

5.1 EC concentraties

Tussen 13 juni en 7 november 2014 en 8 juni en 28 oktober 2015 zijn concentraties van EC gemeten aan de Catharijnesingel en in het Griftpark (achtergrondlocatie) met behulp van MAAP monitoren. De gemiddeld gemeten concentratieniveaus van EC zijn opgenomen in Tabel 11 en Figuur 17.

Tabel 11: Gemiddelde EC concentraties gemeten tijdens de meetperioden met de MAAP.

Locatie	13 juni - 7 november 2014	8 juni - 28 oktober 2015
Catharijnesingel	1682 ng/m ³ (1,7 µg/m ³)	1391 ng/m ³ (1,4 µg/m ³)
Griftpark (stadsachtergrond)	1008 ng/m ³ (1,0 µg/m ³)	871 ng/m ³ (0,9 µg/m ³)
Vershil (bijdrage verkeer)	674 ng/m ³ (0,7 µg/m ³)	520 ng/m ³ (0,5 µg/m ³)



Figuur 17: Gemiddelde EC concentraties (in ng/m³) gemeten tijdens de meetperioden met de MAAP.

Het volgende wordt afgeleid uit de gemiddelde waarden:

- De stadsachtergrondconcentratie bedraagt ca. 1 µg/m³.

- Het lokale verkeer op de Catharijnesingel zorgt ter hoogte van de meetlocatie voor een gemiddelde bijdrage tussen 0,5 en 0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- De concentraties zijn in de meetperiode van 2015 gemiddeld lager dan in 2014. Op de achtergrondlocatie is het verschil bijna 14%, op de meetlocatie aan de Catharijnesingel is het verschil ruim 17%.

De verschillen in concentraties tussen de meetperioden kunnen worden veroorzaakt door een daling van de emissies van EC (door autonome verschoning van het verkeer en de milieuzone personen- en bestelverkeer) maar ook door meteorologische omstandigheden (zie bijvoorbeeld Bijlage C voor windrozen voor beide perioden). Op basis van alleen de gemiddelde concentraties kan dus geen uitspraak worden gedaan over het effect van maatregelen.

Om de gemeten afname van de concentratie van EC in Utrecht in perspectief te plaatsen zijn meetdata opgevraagd bij de GGD Amsterdam en DCMR. Zij hebben met dezelfde apparatuur gemeten in Amsterdam en Rotterdam. Tabel 12 toont de concentraties. De straten in Amsterdam (van Diemenstraat) en Rotterdam (Pleinweg) hebben een WNW-OZO oriëntatie, de oriëntatie van de Catharijnesingel wijkt daar met NNW-ZZO iets van af. De meetapparatuur staat wel allemaal aan de zuidwestkant van de weg, zodat bij overheersend zuidwestenwind (zie Bijlage C) alle locaties door het lokale verkeer zijn belast.

Tabel 12: Gemiddelde EC concentraties ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) gemeten tijdens de meetperioden in Utrecht, Amsterdam en Rotterdam met de MAAP. Bron: GGD Amsterdam en DCMR.

Locatie	13 juni - 7 november 2014	8 juni - 28 oktober 2015	Vershil
Utrecht Catharijnesingel	1,68	1,39	-0,29
Utrecht Griffpark (stadsachtergrond)	1,01	0,87	-0,14
Vershil (bijdrage verkeer)	0,67	0,52	-0,15
Amsterdam van Diemenstraat	1,72	1,58	-0,15
Amsterdam Vondelpark (stadsachtergrond)	0,96	0,88	-0,08
Vershil (bijdrage verkeer)	0,76	0,70	-0,06
Rotterdam Pleinweg	2,42	2,28	-0,14
Rotterdam Zwartewaalstraat (stadsachtergrond)	1,03	0,96	-0,06
Vershil (bijdrage verkeer)	1,40	1,32	-0,08

Het volgende valt op:

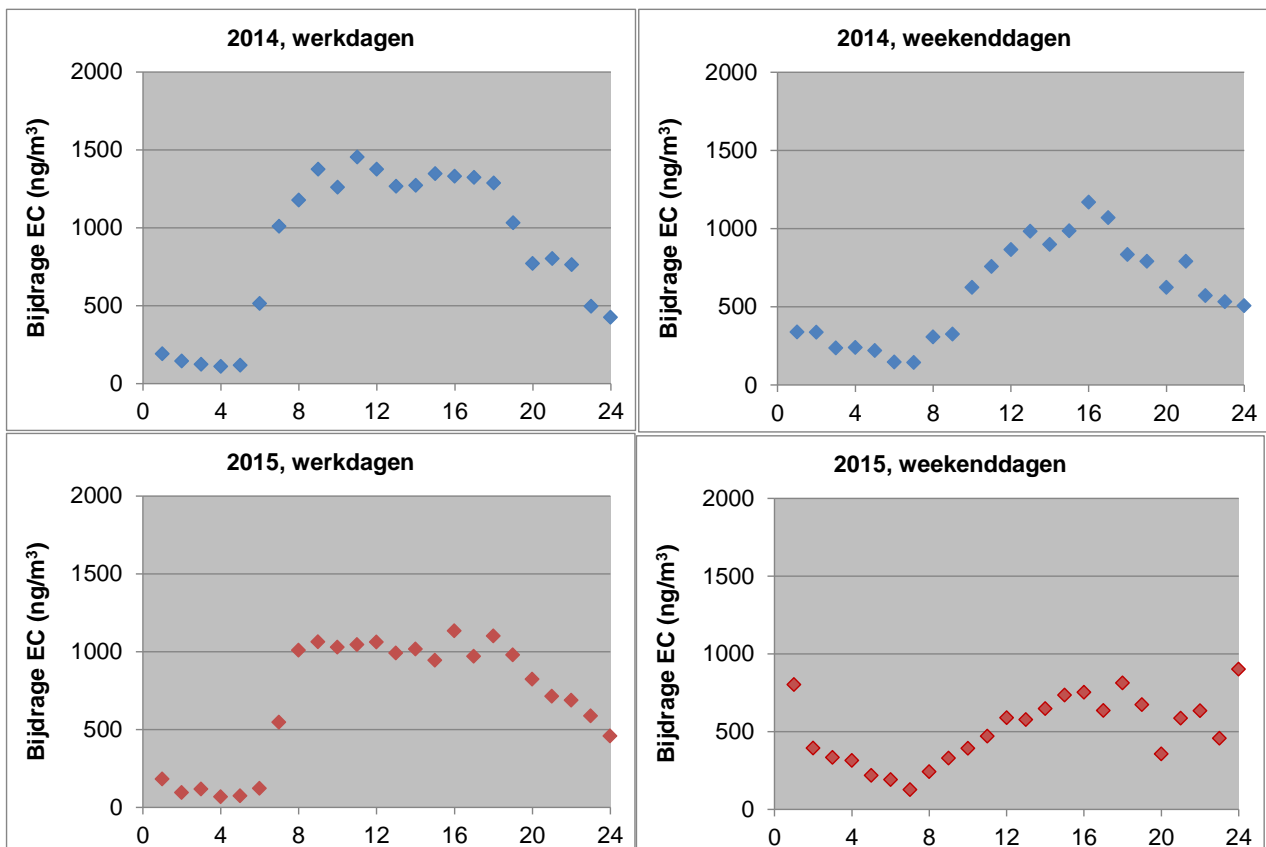
- Er is op alle locaties sprake van afnamen van de gemeten concentraties tussen de meetperiode in 2014 en die in 2015 (in 2015 lager).

- De gemiddelde concentraties gemeten op de stads achtergrondlocaties liggen in alle steden rond $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De afname (kolom Verschil) van de stadsachtergrond is in Utrecht duidelijk groter dan in Amsterdam en Rotterdam.
- De gemiddelde concentraties gemeten op de verkeersbelaste locaties zijn in Utrecht en Amsterdam vergelijkbaar, terwijl die in Rotterdam aanzienlijk hoger is. De bijdrage van het lokale verkeer is daar groter (de Pleinweg heeft een hogere verkeersintensiteit).
- De afname van de bijdrage van het verkeer is in Utrecht (ca. 22% over de gehele meetperiode, ca. 16% op de geselecteerde uren) duidelijk groter dan in Amsterdam (ca. 8%) en Rotterdam (ca. 6%).

Bijlage D geeft nader inzicht in de gemeten concentraties als functie van de tijd in de meetperiode.

5.2 Dagprofiel lokale verkeersbijdrage aan de EC concentratie

Voor de analyse van het effect van de milieuzone wordt gebruik gemaakt van de verschilmeting tussen Catharijnesingel en Griftpark. De verschilmeting is een maat voor de lokale bijdrage van het verkeer aan de concentratie van EC op de meetlocatie aan de Catharijnesingel.



Figuur 18: Gemiddelde dagprofielen van de lokale bijdrage van het verkeer aan de concentratie van EC (gemeten met MAAP) op de meetlocatie aan de Catharijnesingel. Selectie: windsnelheid > 2 m/s, windrichting tussen 180 en 300 graden. Boven(blauw): 2014, Onder (rood): 2015.

Figuur 18 toont de gemiddeld gemeten dagprofielen van deze bijdrage tijdens de periode van de nul-meting (2014) en de na-meting (2015), uitgesplitst naar werk- en weekenddagen. De waarden zijn gebaseerd op uren die voldoen aan de windrichting en –snelheidscriteria voor de data-analyse.

Er is een duidelijk verschil tussen werkdagen en weekenddagen. De verkeersintensiteit is daarin bepalend (zie Bijlage E). Daarnaast valt op dat de bijdrage van het verkeer in 2015 lager is dan in 2014. Dit wordt veroorzaakt door een combinatie van effecten. Om een uitspraak te kunnen doen over het effect van de milieuzone is een aanvullende analyse nodig. In de volgende paragraaf wordt deze besproken.

5.3 Effect milieuzone personen- en bestelverkeer

Een gedetailleerde beschrijving van de analyse van het effect van de milieuzone personen- en bestelverkeer op basis van de EC metingen is opgenomen in Bijlage F. Het is een complexe analyse, waarbij rekening gehouden moet worden met veranderingen in diverse factoren die de bijdrage van het verkeer aan de lokale EC concentratie beïnvloeden (windsnelheid, verkeersintensiteit, autonome verschoning). In deze paragraaf worden de resultaten op hoofdlijnen besproken. Voor meer gedetailleerde toelichting van de resultaten wordt verwezen naar Bijlage F.5.

De resultaten van de analyse van de EC metingen laten zien dat de lokale verkeersbijdrage aan de EC concentratie op de Catharijnesingel op de geselecteerde uren gemiddeld met 16% is afgenomen. Deze conclusie geldt voor de geselecteerde uren in de meetperiode in 2015 ten opzichte van die in 2014. De verkeersbijdrage is gedefinieerd als het verschil tussen de gemeten concentratie op de Catharijnesingel en de gemeten concentratie in het Griftpark.

De vastgestelde afname van de verkeersbijdrage aan de EC concentratie wordt veroorzaakt door een combinatie van factoren, zoals de invoering van de milieuzone, eventuele veranderingen in de verkeersintensiteit en verschillen in meteorologische omstandigheden (vooral wind). Daarom mag hieruit niet worden geconcludeerd dat de milieuzone personen- en bestelverkeer de lokale verkeersbijdrage aan de EC concentratie met ca. 16% verlaagt.

Met behulp van modellen is getracht het effect van de milieuzone nader inzichtelijk te maken. Indien de vastgestelde afname van 16% wordt gecorrigeerd voor veranderingen in windsnelheid, verkeersintensiteit, en de autonome verschoning leidt dit tot een niet significant verschil van minder dan 1%. Met andere woorden: via deze analyse kan de vastgestelde afname van de verkeersbijdrage aan de lokale EC concentratie niet worden toegerekend aan de milieuzone personen- en bestelverkeer.

Dat lijkt verbazingwekkend omdat de gevonden effecten in de wagenparkscan procentueel gezien groot genoeg zijn om ook in de praktijk gemeten te kunnen worden. Bovendien doet de vergelijking met de concentratiemetingen in Amsterdam en Rotterdam vermoeden dat de milieuzone personen- en bestelverkeer in Utrecht voor een meetbare afname in de concentratie heeft gezorgd.

Onzekerheden in data analyse van de concentratiemetingen

De methode van concentratiemetingen in combinatie met data analyse (zie bijlage F) is door TNO veelvuldig toegepast in situaties langs rijks- en provinciale wegen. In die situaties kan een eenvoudiger en beter gevalideerd luchtkwaliteitsmodel worden toegepast voor de correcties dan in de stedelijke omgeving (zie Bijlage F.2 voor de beschrijving van het hier toegepaste CAR-uur model). Toepassing van de data-analyse methode in de binnenstedelijke situatie is echter veel complexer. Er zijn in deze omgeving veel meer parameters die invloed hebben op de lokale concentraties. Modellen blijven een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid waardoor modeluitkomsten af kunnen wijken. Bovendien was er in beide meetperioden sprake van aanzienlijke veranderingen in diverse omstandigheden (bijvoorbeeld windsnelheid) die ook onzekerheden kennen:

- Een deel van de gemeten afname in de bijdrage van het lokale verkeer kan worden verklaard door een lagere verkeersintensiteit. De verkeersintensiteit is continu met behulp van tellussen van de verkeerregelinstanties gemeten. De gemiddelde verkeersintensiteit is in 2015 lager dan in 2014. In Bijlage E zijn details weergegeven. De verkeersintensiteit overdag is in 2015 gemiddeld ruim 5% lager dan in 2014.
- De autonome verschoning is in rekening gebracht door middel van de beide wagenparkscans voor de categorieën middelzwaar, zwaar en bus. Voor licht verkeer is een prognose van de samenstelling gemaakt op basis van de wagenparkscan van 2014. Een onzekerheid die hier speelt is dat de wagenparkscan uitgevoerd is in een week in juni, terwijl er voor de rest van de meetperiode geen gegevens over de samenstelling beschikbaar zijn. Daarom is aangenomen dat de gegevens zoals gemeten tijdens de week in juni representatief zijn voor de rest van de periode. Uit de tellusgegevens is bekend dat de verkeersintensiteit in de weken na de zomervakantie 2015 was afgenomen ten opzichte van de week in juni. Tellusgegevens geven geen goed inzicht in eventuele veranderingen in de samenstelling van het wagenpark.
- Er is geen rekening gehouden met mogelijke verschillen in stagnatie van het verkeer tussen 2014 en 2015. Hier zijn geen gegevens over bekend.
- De windsnelheid gemeten op KNMI station De Bilt was op geselecteerde uren in 2015 gemiddeld genomen 10% hoger dan op geselecteerde uren in 2014. Dit heeft in het CAR-uur model veel invloed. Het CAR-uur model is gebaseerd op windtunnelmetingen en nog niet uitgebreid gevalideerd in de praktijk.
- De EC achtergrondconcentratie is bepaald door de EC meting in het Griftpark. Deze wordt representatief geacht voor de achtergrondconcentratie op de Catharijnesingel. Het valt niet uit te sluiten dat de meting van de EC concentratie in het Griftpark zelf ook beïnvloed wordt door de milieuzone. In dat geval zou het effect van de milieuzone, gebaseerd op de EC metingen op de Catharijnesingel en in het Griftpark, onderschat worden. Naar verwachting is dit effect echter heel beperkt.

6 Conclusies

De gemeente Utrecht heeft per 1 januari 2015 de milieuzone voor vrachtverkeer uitgebreid naar een milieuzone voor vracht-, personen- en bestelverkeer. Deze milieuzone weert naast vrachtverkeer van Euro III en ouder ook diesel personen- en diesel bestelwagens (categorie N1) met een Datum Eerste Toelating van vóór 1 januari 2001. De gemeente Utrecht heeft TNO opdracht gegeven de effectiviteit van de milieuzone voor personen- en bestelverkeer te onderzoeken.

TNO heeft voor de bepaling van de effectiviteit van de maatregel de volgende aanpak gehanteerd:

- 1) Een onderzoek naar de samenstelling van het wagenpark:
Met behulp van kentekencamera's is op een drietal locaties 7 dagen lang ieder passerend voertuig geregistreerd. Uit het verschil in wagenparksamenstelling vóór (2014 scan) en ná invoering (2015 scan) van de milieuzone is de invloed van de milieuzone afgeleid.
- 2) Metingen van de concentratie van elementair koolstof (EC), teneinde de verkeersbijdrage aan de EC concentratie te bepalen. Gekozen is voor Elementair koolstof omdat dit een geschikte indicator voor verkeersemissies is en bovendien een duidelijke relatie heeft met de gezondheid. Het verschil tussen de in 2014 vóór en 2015 ná invoering van de milieuzone vastgestelde verkeersbijdragen aan de EC concentratie is gebruikt als basis voor een analyse ter bepaling van de effectiviteit van deze milieuzone.

De resultaten van het onderzoek zijn uitgebreid omschreven in de hoofdstukken 4 en 5 en leiden tot onderstaande conclusies.

6.1 Wagenparkscan

Berekend effect van de milieuzone maatregel op de wagenparksamenstelling

Na invoering van de milieuzone voor diesel personen- en diesel bestelwagens met een datum eerste toelating (DET) vóór 1 januari 2001 is het aandeel diesel personen- en diesel bestelwagens met een DET vóór 1 januari 2001 sterker afgenomen dan mag worden verwacht op basis van ingeschatte autonome ontwikkeling.

In Utrecht is al vóór de start van de wagenparkscan in juni 2014 een aan de milieuzone gelieerde regeling gestart om voertuigeigenaren te stimuleren over te stappen naar een nieuwer voertuig. Het effect van deze stimuleringsregeling op de wagenparksamenstelling vond dus al gedeeltelijk plaats vóór de wagenparkscan in 2014. Dit deel van het effect wordt dus niet in de metingen meegenomen.

Berekende effecten van de milieuzone op de verkeersemissies

Op basis van de data analyse van de wagenparkscans uit 2014 en 2015 volgt dat na invoering van de milieuzone het lichte wegverkeer gemiddeld minder uitstoot dan zou worden verwacht op basis van autonome vernieuwing van het lichte wagenpark (prognose 2015). Voor de volledigheid zijn in onderstaande tabel de resultaten nogmaals samengevat.

Tabel 13: Gemiddelde emissiefactoren voor de gemeten samenstelling van het lichte wagenpark in 2014, de prognose voor 2015 en voor de gemeten samenstelling in 2015 voor de drie meetlocaties in de milieuzone.

	Lichte* wegverkeer in 2014 [g/km]	Lichte* wegverkeer, prognose 2015 [g/km]	Lichte* wegverkeer in 2015 [g/km]	Vershil pognose versus gemeten 2015 samenstelling lichte wegverkeer
NO _x	0.415	0.378	0.376	< 1 %
NO ₂	0.113	0.107	0.105	ca. 2%
PM ₁₀	0.039	0.037	0.035	ca. 5%
PM _{2,5}	0.018	0.016	0.013	ca. 19%
EC	0.008	0.007	0.005	ca. 29%

* licht wegverkeer bestaat uit alle personen én bestelwagens (N1) zoals gemeten op de drie locaties

Uit analyse volgt dat het lichte wegverkeer na invoering van de milieuzone ca. 29% minder EC uitstoot dan mag worden verwacht op basis van de prognose voor 2015. Het aandeel diesel personen- en bestelwagens met een DET vóór 2001 is na invoering van de milieuzone ca. 1,3% lager dan geprognosticeerd. Deze 1,3% betreft de afname van het aandeel Euro 0-2 diesel personen- (ca. 0,8%) en bestelwagens (ca. 0,5%) in het totale wagenpark.

Berekende effecten van de milieuzone op de verkeersbijdrage aan de lokale luchtkwaliteit

Uit de wagenparkscan en de aanvullende indicatieve berekeningen van effecten op de verkeersbijdrage aan de lokale concentraties van PM₁₀, PM_{2,5} en EC volgt dat de milieuzone personen- en bestelverkeer de verkeersbijdrage en daarmee de concentraties van de genoemde componenten laat dalen. De gemiddelde bijdrage van het wegverkeer aan de NO₂ concentratie blijft in dezelfde orde grootte. De resultaten staan in onderstaande tabel samengevat.

Tabel 14: Geschatte gemiddelde afname van de verkeersbijdrage aan de lokale concentraties als gevolg van de milieuzone personen- en bestelverkeer

Relatieve effect t.o.v. de verkeersbijdrage	EC	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO ₂
Catharijnesingel	16,9%	4,4%	9,6%	0,4%
Graadt van Roggenweg	12,6%	3,6%	7,3%	0,3%
Van Zijstweg	6,9%	2,6%	4,6%	0,2%

6.2 Luchtkwaliteitsmetingen

De gemiddelde EC concentraties zoals gemeten tijdens de meetperioden zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 15: Gemiddelde EC concentraties vastgesteld met de MAAP (meetinstrument voor het meten van EC) over de gehele meetperiode in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Locatie	13 juni - 7 november 2014	8 juni - 28 oktober 2015
Catharijnesingel	1,7	1,4
Griftpark (stadsachtergrond)	1,0	0,9
Verskil (bijdrage verkeer)	0,7	0,5

In bovenstaande tabel staan gemiddelde getallen die gelden voor de *gehele* meetperiodes. Voor de analyse van het effect van de milieuzone personen- en bestelverkeer zijn uren geselecteerd waarop op het meetpunt aan de Catharijnesingel de bijdrage van het verkeer eenduidig gemeten wordt (met name uren overdag en bij bepaalde windcondities (zie bijlage F)

De resultaten van de analyse gemaakt op basis van de data uit deze geselecteerde uren laten zien dat de lokale verkeersbijdrage aan de EC concentratie op de Catharijnesingel gemiddeld met 16% is afgenomen. De verkeersbijdrage is gedefinieerd als het verschil tussen de gemeten concentratie op de Catharijnesingel en de gemeten concentratie in het Griftpark.

De vastgestelde afname van de verkeersbijdrage aan de EC concentratie wordt veroorzaakt door een combinatie van factoren, zoals de autonome verschoning van het wagenpark, eventuele veranderingen in de verkeersintensiteit en verschillen in meteorologische omstandigheden (vooral wind).

Daarom mag hieruit niet worden geconcludeerd dat de milieuzone personen- en bestelverkeer de lokale verkeersbijdrage aan de EC concentratie met ca. 16% verlaagt. Met behulp van modellen is getracht het effect van de milieuzone nader inzichtelijk te maken. Via deze analyse kan de vastgestelde afname van de verkeersbijdrage aan de lokale EC concentratie niet worden toegerekend aan de milieuzone personen- en bestelverkeer. Hiervoor zijn diverse mogelijke oorzaken benoemd in hoofdstuk 5.

De gemeten concentraties in Utrecht zijn vergeleken met die gemeten op achtergrond- en verkeersbelaste locaties in Amsterdam en Rotterdam. Ook in deze steden zijn de concentraties van EC afgenomen, maar niet zo sterk als in Utrecht. Ondanks het feit dat in deze studie de omstandigheden in deze steden niet nader onderzocht zijn, is waarschijnlijk dat de autonome verschoning en variatie in meteorologische omstandigheden in deze steden ongeveer hetzelfde effect zal hebben gehad. Het is aannemelijk dat de invoering van de milieuzone personen- en bestelverkeer een deel van het verschil in afname van de concentratie van EC tussen Utrecht enerzijds en Amsterdam en Rotterdam anderzijds verklaart.

6.3 Aanbeveling

Voor eventuele vervolgstappen in de monitoring van de milieuzone personen- en bestelverkeer wordt het volgende aanbevolen:

- Voer wagenparkscans uit in combinatie met prognoses voor autonome verschoning om zicht te krijgen op de verdere ontwikkeling van de vernieuwing/verandering van het wagenpark.

- Combineer de uitkomsten van de wagenparkscan met berekeningen van de effecten op voertuigemissies en eventueel concentraties om verdere verschoning te monitoren.
- Voer EC metingen uit over langere perioden op een stadsachtergrondlocatie en een of meerdere verkeersbelaste locaties om gemeten concentratieniveaus te vergelijken met metingen uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit, in Amsterdam en Rotterdam. Daarnaast moeten dan ook de lokale omstandigheden in de andere steden, zoals eventuele veranderingen in verkeersintensiteiten meegenomen worden in deze analyses. Langdurige monitoring geeft inzicht in de algemene ontwikkeling van de concentraties van EC in de stad.

7 Referenties

Janssen N.A.H., Hoek G., Simic-Lawson M., Fischer P., van Bree L., ten Brink H., Keuken M., Atkinson R.W., Ross Anderson H., Brunekreef B., Cassee F.R.. 2011. Black Carbon as an Additional Indicator of the Adverse Health Effects of Airborne Particles Compared to PM10 and PM2.5. *Environmental Health Perspectives* 119(12): 1691–1699. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1003369>.

8 Ondertekening

Delft, 25 maart 2016



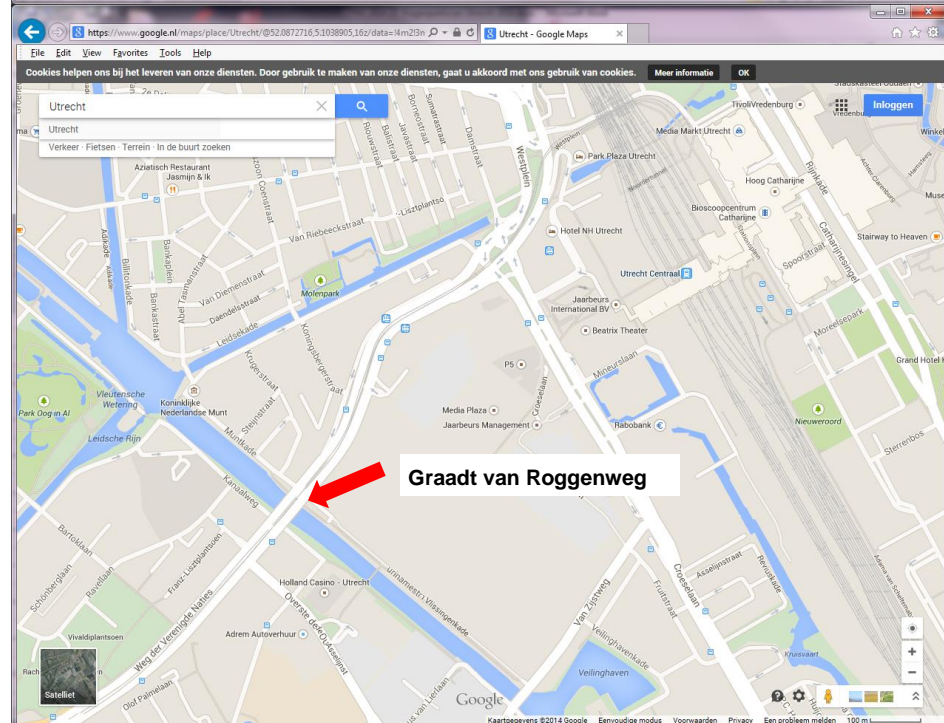
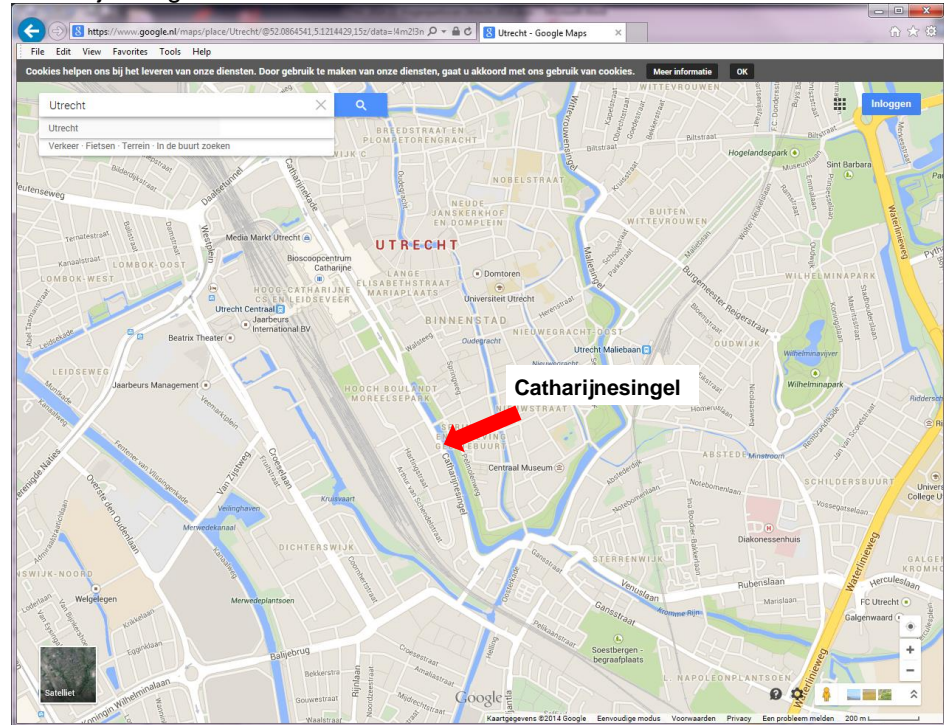
Arjan Eijk
Projectleider



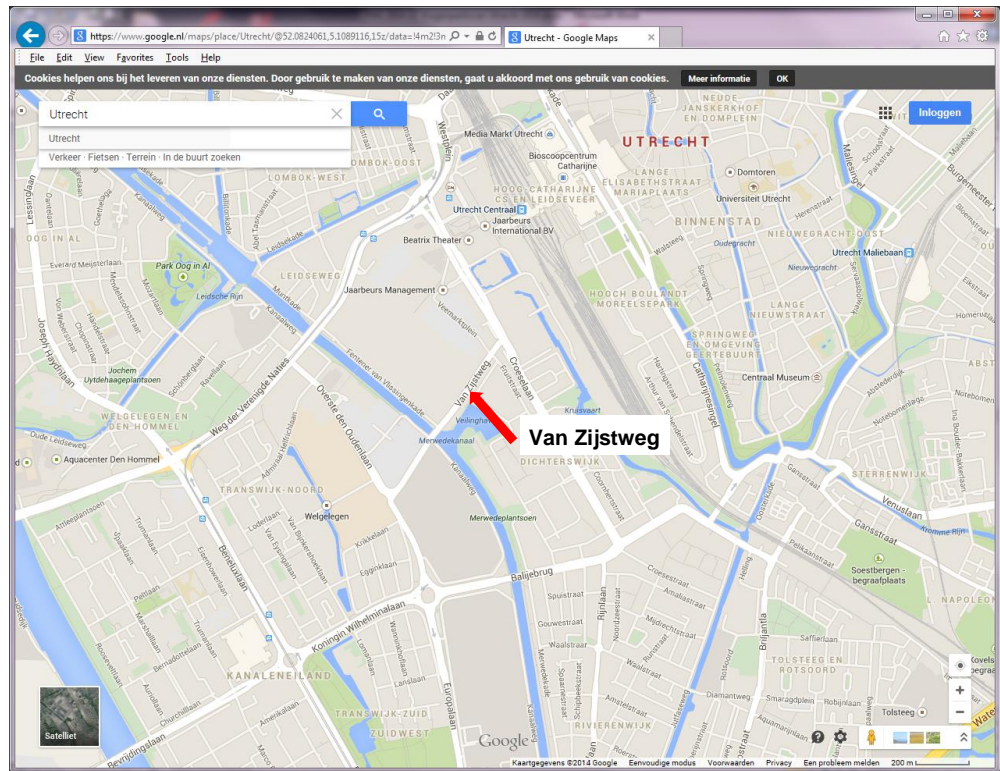
Marita Voogt
Auteur

A Locaties wagenparcscan en luchtmetingen

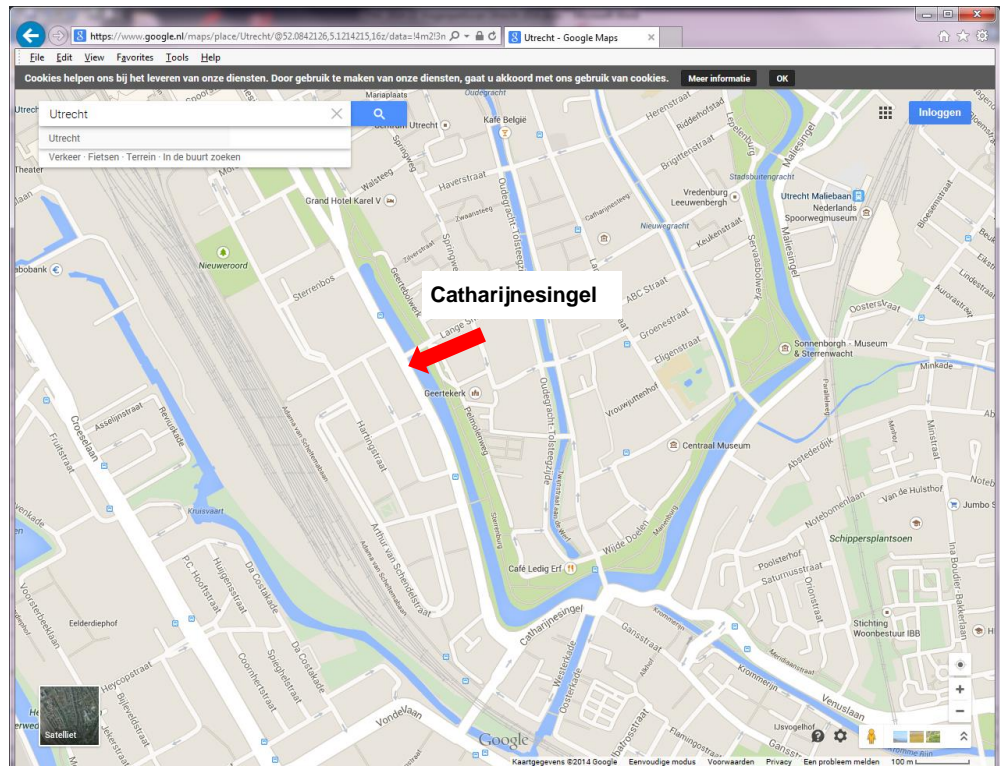
Catharijnesingel



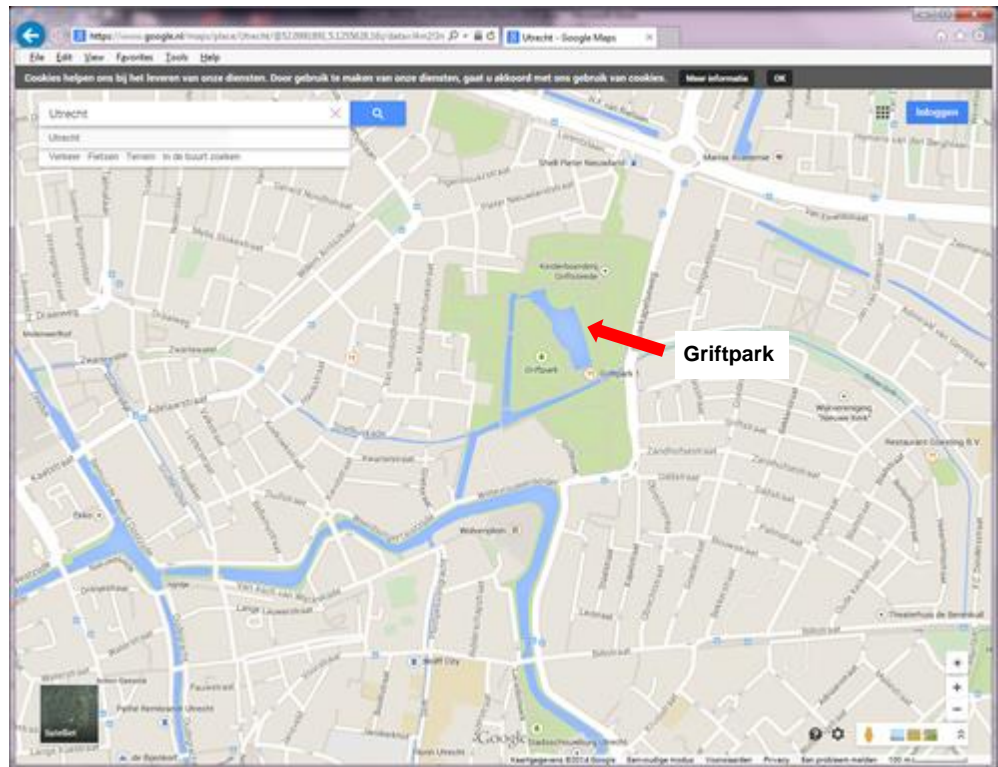
Graadt van Roggenweg



Van Zijstweg



Luchtkwaliteitsmeting: locatie Catharijnesingel



Luchtkwaliteitsmeting: locatie Griffpark

B Kwaliteitsborging meetapparatuur EC (MAAP)

Beide ingezette monitoren zijn voorafgaand aan, halverwege en na afloop van de meetperiode in 2014 op het terrein van TNO in Utrecht vergeleken met elkaar en met een derde monitor (nr. 175) die niet ingezet is. Datzelfde is gedaan voorafgaand aan en na afloop van de meetperiode in 2015. Voor beide monitoren zijn factoren afgeleid waarmee ze gemiddeld genomen gelijke resultaten geven als deze derde monitor. De correctiefactoren blijken op alle momenten zeer dichtbij 1 te liggen. Er is dus nagenoeg geen sprake van verloop in de monitoren tijdens de meetperiode. De toevallige onzekerheid in de monitor (between sampler onzekerheid), zoals bepaald tijdens deze vergelijkende metingen ligt gemiddeld genomen rond de 4%.

Tabel 16: Correctiefactoren naar MAAP 175 (referentie), 2014

	voor	halverwege	na	gemiddeld
Catharijnesingel (MAAP 202)	0,997	1,004	0,998	1,000
Achtergrond Griftpark (MAAP 167)	1,010	1,001	1,002	1,005

Tabel 17: Between sampler onzekerheid (%) gebaseerd op uurgemiddelde concentraties, 2014

	Voor	halverwege	na	Gemiddeld
Catharijnesingel (MAAP 202)	4,1	4,2	3,9	4,0
Achtergrond Griftpark (MAAP 167)	4,0	4,6	3,3	3,9

Tabel 18: Correctiefactoren naar MAAP 175 (referentie), 2015

	Voor	halverwege	na	gemiddeld
Catharijnesingel (MAAP 202)	1,000	Niet bepaald	1,003	1,001
Achtergrond Griftpark (MAAP 167)	0,998	Niet bepaald	0,986	0,992

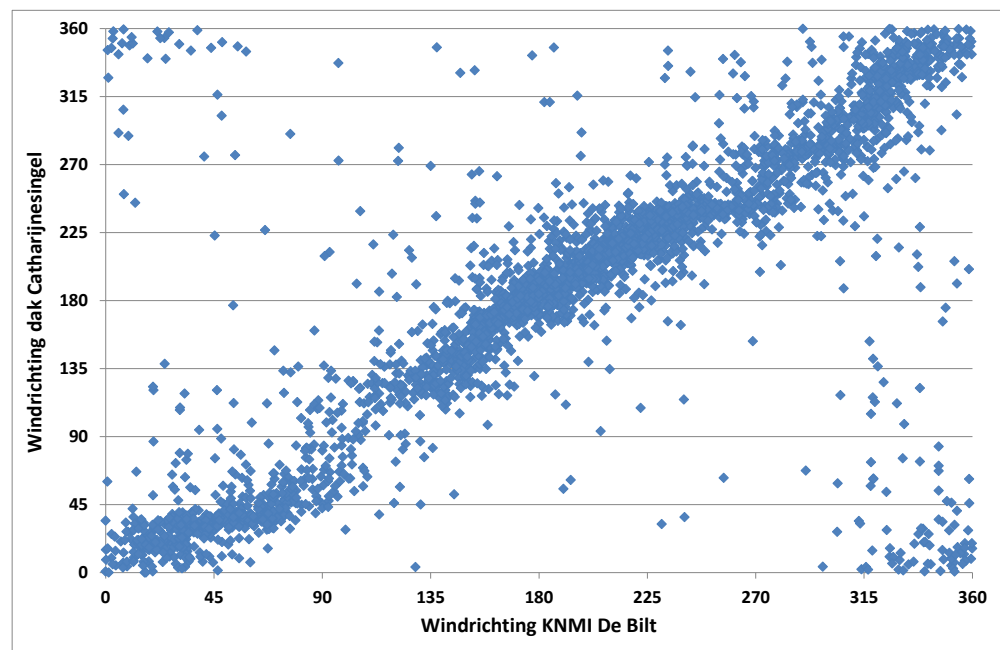
Tabel 19: Between sampler onzekerheid (%) gebaseerd op uurgemiddelde concentraties, 2015

	Voor	halverwege	na	gemiddeld
Catharijnesingel (MAAP 202)	4,0	Niet bepaald	3,4	3,7
Achtergrond Griftpark (MAAP 167)	3,9	Niet bepaald	3,4	3,7

C Windmetingen

C.1 Vergelijking meting op dak met KNMI in 2014

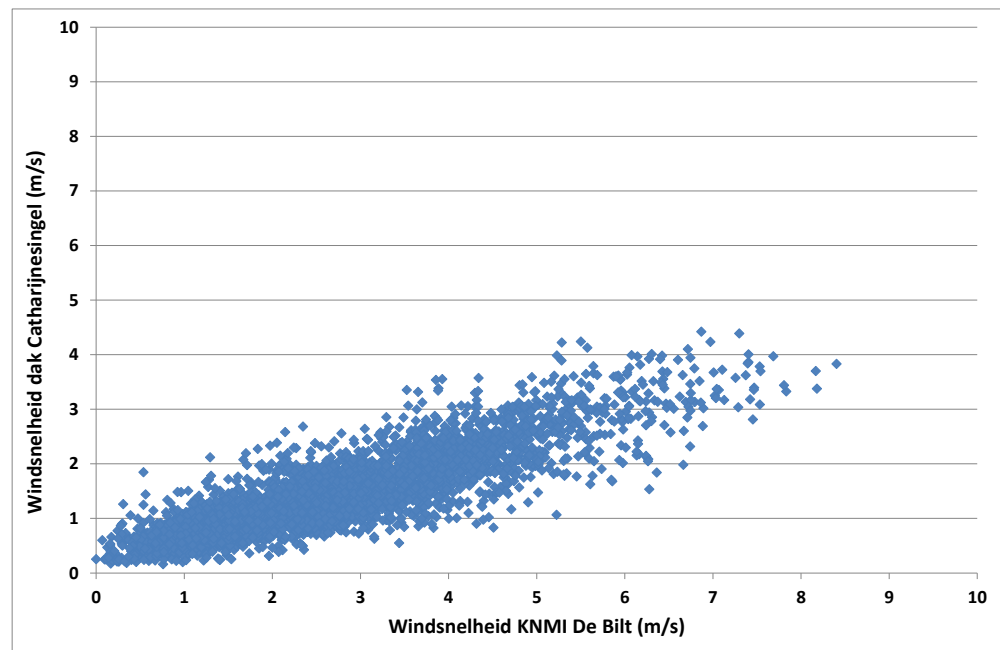
Figuur 21 toont de vergelijking van de gemeten uurgemiddelde windrichting op het dak aan de Catharijnesingel met die gemeten op KNMI station de Bilt in 2014. De metingen liggen rond de één op één lijn. Er is sprake van een kleine afwijking bij NO windrichting (tussen 0 en 115 graden). Voor de data analyse van het effect van de milieuzone is dat geen probleem, omdat het meetpunt aan de Catharijnesingel bij deze windrichting niet het meest belast wordt door het verkeer. Dat gebeurt juist bij windrichtingen uit tegenovergestelde richting.



Figuur 19: Vergelijking van gemeten uurgemiddelde windrichting op het dak aan de Catharijnesingel met die gemeten op KNMI station De Bilt.

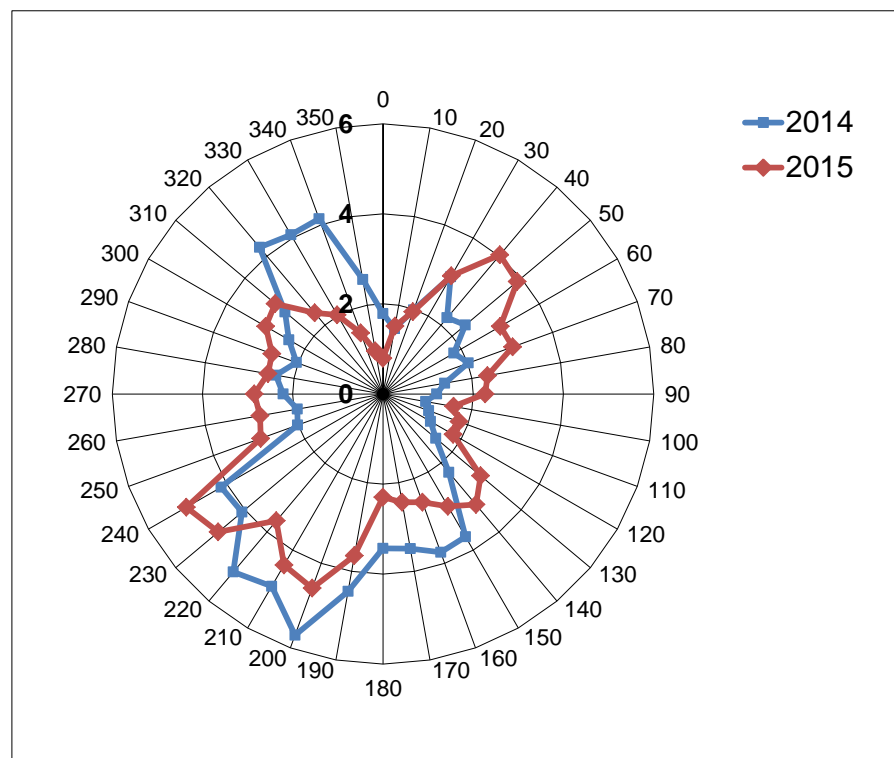
Figuur 22 toont de vergelijking van de gemeten uurgemiddelde windsnelheid op het dak aan de Catharijnesingel met die gemeten op KNMI station de Bilt. De gemeten windsnelheid op het KNMI station De Bilt is ongeveer twee keer zo hoog als die gemeten op het dak. Er is sprake van enige spreiding, maar het verband is wel mooi lineair. De reden voor de lagere lokale windsnelheid is dat de windsnelheid beïnvloed wordt door de stedelijke omgeving. De ruwheid in de stad is groter dan in open veld. Voor de bepaling van het effect van de milieuzone maakt het in principe niet uit welke wind er gebruikt wordt, als het in de voor- en nameting maar van dezelfde bron afkomstig is.

De conclusie luidt dat de windmetingen van het KNMI De Bilt bruikbaar zijn voor de analyse, zodat besloten is om de lokale windmeting in de meetperiode in 2015 achterwege te laten. In de data-analyse is voor beide jaren gebruik gemaakt van de meetdata van het KNMI.



Figuur 20: Vergelijking van gemeten uurgemiddelde windsnelheid op het dak aan de Catharijnesingel met die gemeten op KNMI station De Bilt.

C.2 Windrozen 2014 en 2015



Figuur 21: Windfrequentierozen voor de meetperioden in 2014 en 2015 (in %).

De verdeling van de windrichting tijdens de meetperiode in 2014 komt aardig overeen met die tijdens de meetperiode in 2015. De grootste verschillen zijn dat er in 2014 meer wind uit het noordwesten heeft gewaaid en in 2015 uit het noordoosten. Bij wind uit het noordwesten wordt het meetpunt aan de Catharijnesingel meer belast door het verkeer dan bij wind uit noordoosten. De lager gemeten concentraties in 2015 hebben dus in ieder geval deels met de windrichting te maken.

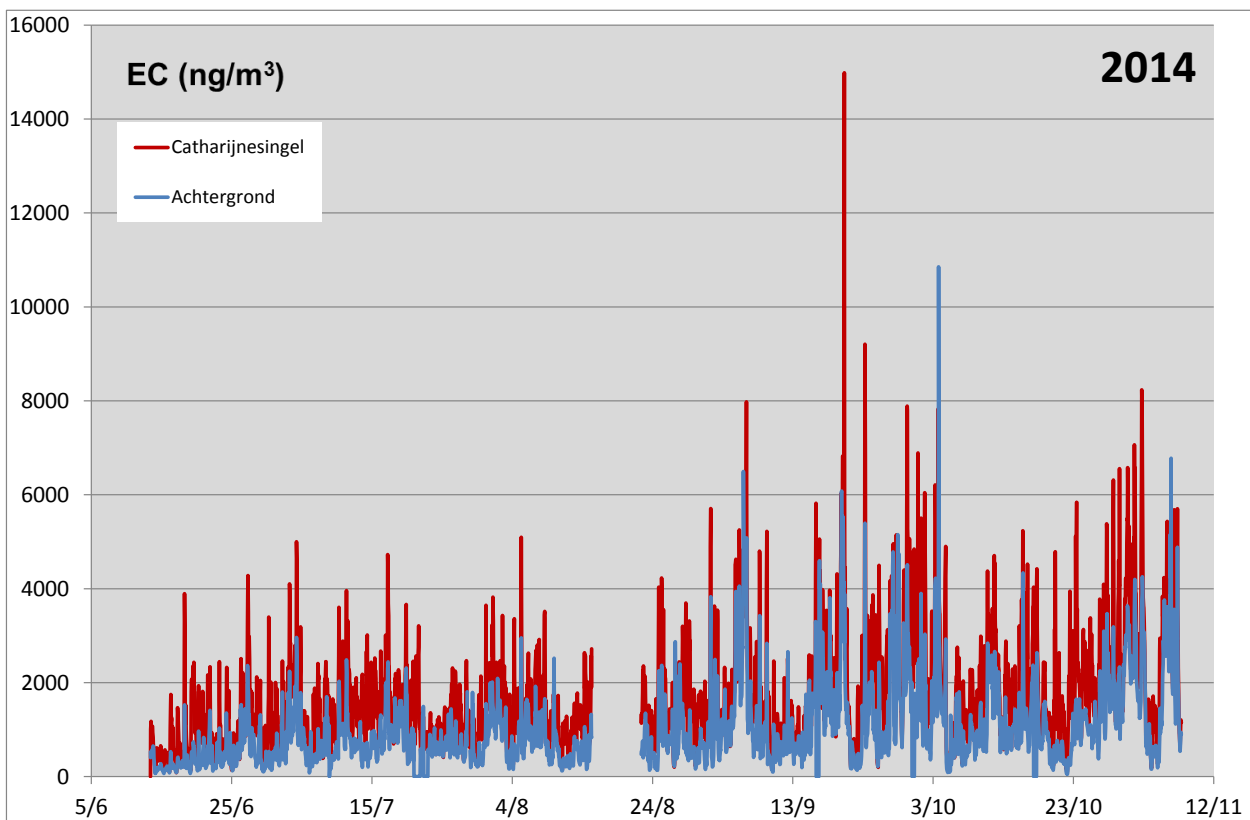
Het meetpunt aan de Catharijnesingel is het meest belast door verkeer bij wind uit de sector 180-300 graden. Er ontstaat bij deze windrichtingen een lijwervel die de verkeersemmissies in de richting van de meetlocatie transporteert. Voor de analyse van het effect van de milieuzone personen- en bestelverkeer worden alleen uren met wind binnen die binnen die sector geselecteerd.

D Concentratiemetingen EC (MAAP)

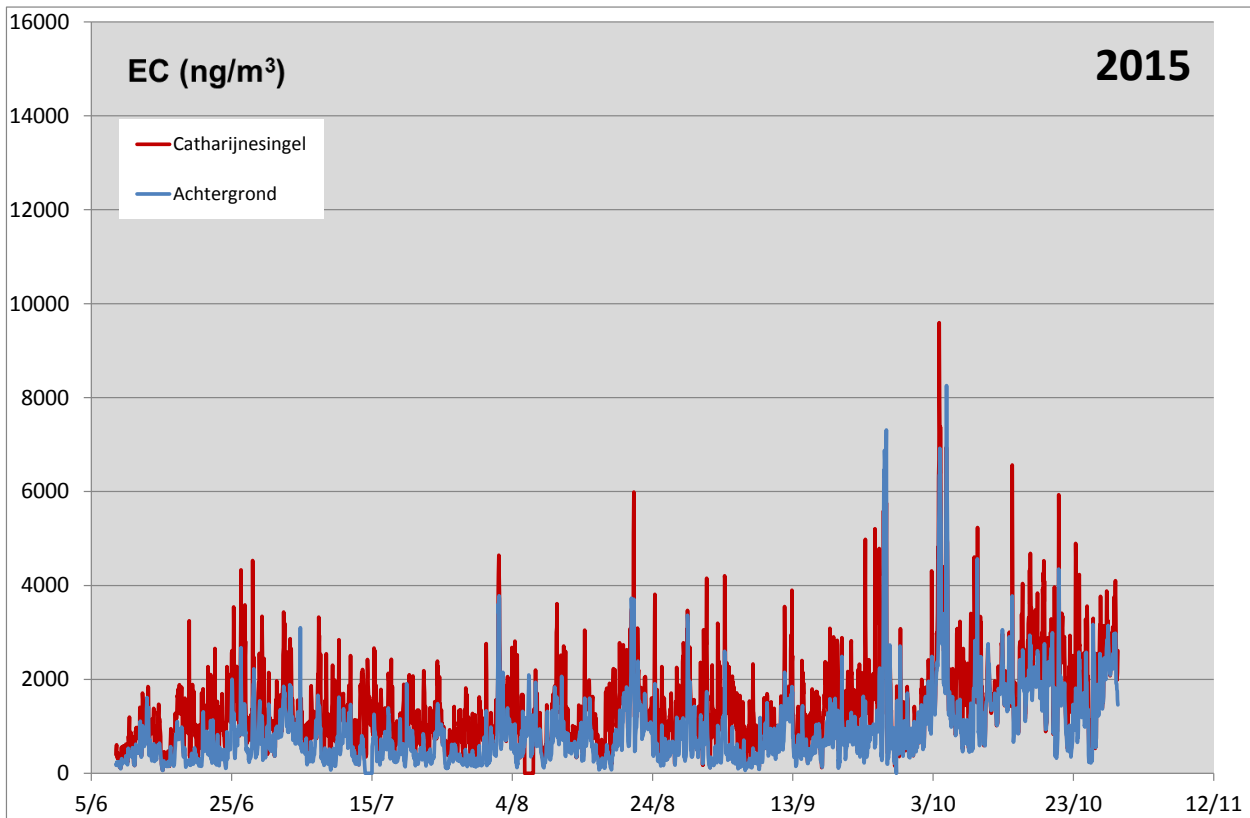
Figuur 24 en Figuur 25 tonen de tijdserie van uurgemiddelde concentraties van EC, gemeten op beide locaties tijdens de meetperioden. In augustus 2014 zijn de meetapparaten tijdelijk teruggehaald voor een vergelijkende meting in het kader van de kwaliteitsborging. Dat verklaart het gat in de tijdserie. In 2015 is de apparatuur halverwege niet teruggehaald, vanwege de goede prestaties van de MAAP monitoren. De apparatuur heeft vrijwel continu goed gedraaid.

In de figuren valt het volgende op:

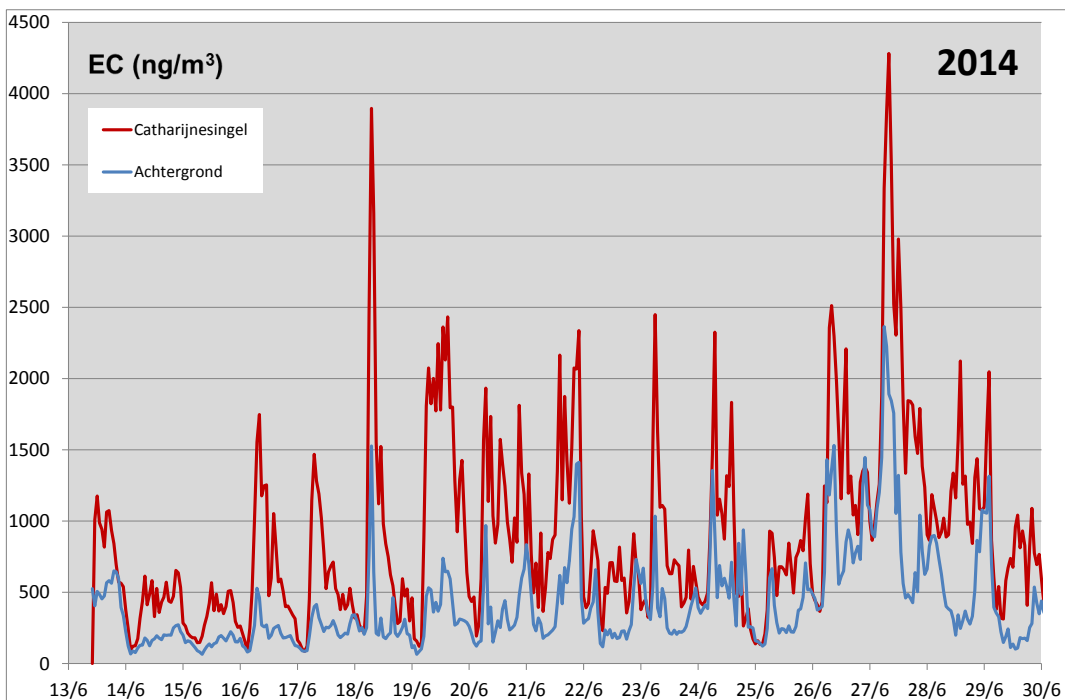
- De gemeten concentraties aan de Catharijnesingel zijn hoger dan die gemeten op het achtergrondstation.
- De concentratieniveaus op beide locaties vertonen dagelijkse pieken (zie ook onderstaande figuren).
- De achtergrondbelasting is variabel. De hoogste concentraties zijn gemeten in het najaar.



Figuur 22: Tijdserie van uurgemiddelde concentraties van EC (in ng/m³) gemeten op beide meetlocaties tijdens de gehele meetperiode in 2014. NB: concentratieniveaus zoals gemeten met de MAAP.



Figuur 23: Tijdserie van uurgemiddelde concentraties van EC (in ng/m^3) gemeten op beide meetlocaties tijdens de gehele meetperiode in 2015. NB: concentratieniveaus zoals gemeten met de MAAP.



Figuur 24: EC concentraties zoals in Figuur 23, maar dan voor de periode 13 t/m 29 juni 2014.

Figuur 24 toont de tijdserie over de eerste 16 dagen van de meetperiode in 2014. In deze figuur is het dagelijks verloop van de concentratie goed te zien. Het volgende valt op:

- Op beide locaties is een verhoging van de concentratie overdag te zien. Aan de Catharijnesingel is de verhoging het grootst.
- Pieken in de concentratie aan de Catharijnesingel zijn te relateren aan de belasting door het verkeer, maar soms ook aan een tijdelijke verhoging van de achtergrondconcentratie (zoals rond 27 juni).

E Metingen van de verkeersintensiteit

De gemeente heeft tellusgegevens van VRI 29 ter beschikking gesteld. Deze VRI stuurt de verkeersregeling aan op het kruispunt Catharijnesingel, Lange Smeestraat, Nicolaas Beetsstraat. Uit de uurlijkse gegevens van de verschillende tellussen is de intensiteit van het verkeer dat het meetpunt aan de Catharijnesingel passeert afgeleid.

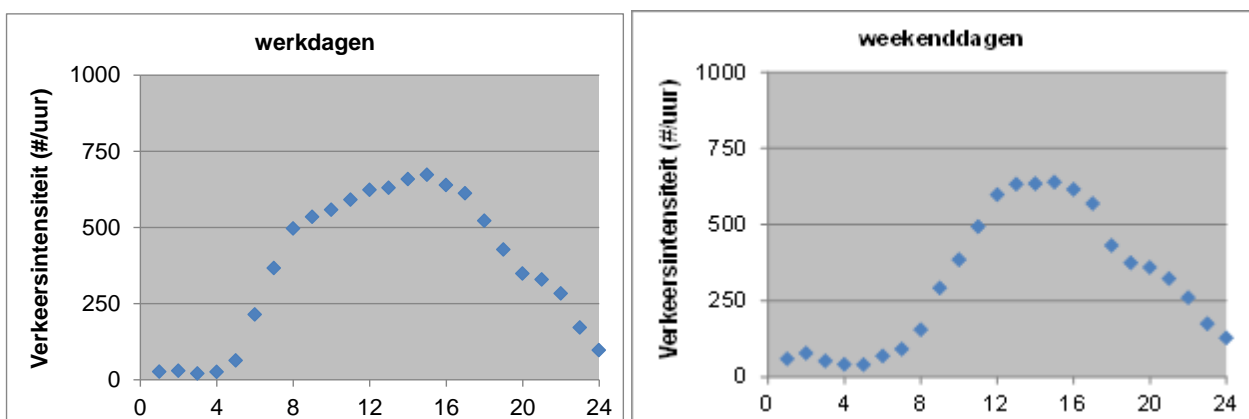
De tellussen maken geen onderscheid naar voertuigcategorie.

De tellusgegevens zijn voor de weken waarin de wagenparkscan is uitgevoerd vergeleken met de metingen van de scan. Die kwamen qua orde van grootte goed overeen. Dat geeft vertrouwen in de kwaliteit van de tellusgegevens.

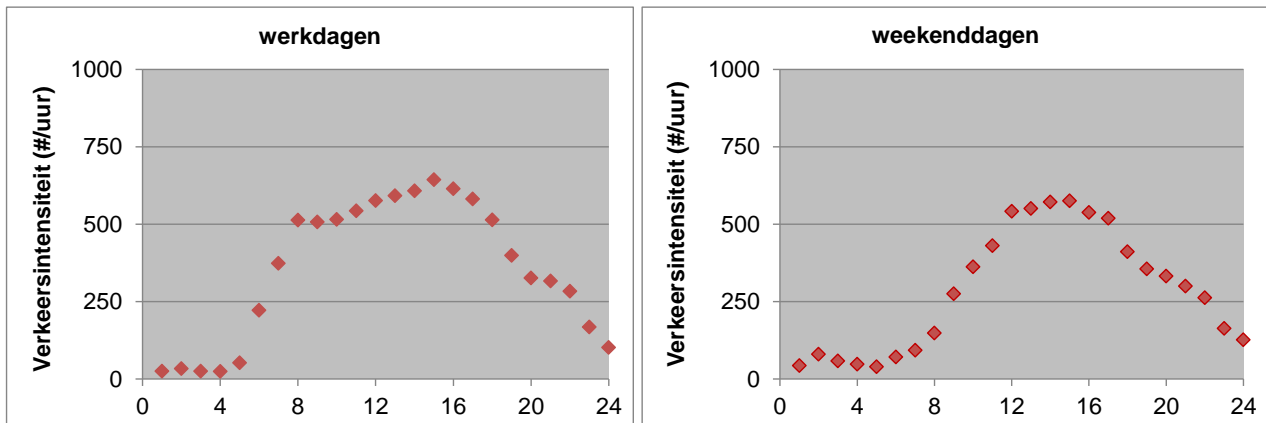
Zowel in 2014 als in 2015 zijn er perioden waarbij geen data beschikbaar zijn of er aanzienlijk lagere intensiteiten zijn gemeten, bijvoorbeeld tijdens evenementen. De Tour de France 4/5 juli 2015 is daar een goed voorbeeld van. Deze perioden zijn in de analyse niet meegenomen. Het betreft:

- 6-23 oktober 2014
- 4-5 juli 2015
- 19 juli 2015
- 6 september 2015
- 5-8 oktober 2015

Om een beeld te geven van het gemiddelde dagverloop van de verkeersintensiteit zijn de dagprofielen voor werk- en weekenddagen weergegeven in Figuur 25 (2014) en Figuur 26 (2015). De bovengenoemde perioden zijn hierin **niet** meegenomen. Zelfs dan blijkt de verkeersintensiteit overdag in 2015 lager dan in 2014. Het verschil is op uren overdag gemiddeld ruim 5%.



Figuur 25: 2014: Gemiddelde dagprofielen van de lokale intensiteit van het verkeer dat de meetlocatie aan de Catharijnesingel passeert (gebaseerd op tellus-data van de nabijgelegen VRI).



Figuur 26: 2015: Gemiddelde dagprofielen van de lokale intensiteit van het verkeer dat de meetlocatie aan de Catharijnesingel passeert (gebaseerd op tellus-data van de nabijgelegen VRI).

F Data-analyse effect milieuzone

F.1 Correctie voor variatie anders dan de maatregel

Er dient gecorrigeerd te worden voor variatie in andere omstandigheden dan die als gevolg van de bewuste maatregel. In de data-analyse wordt rekening gehouden met variatie in:

- Windsnelheid: de verkeersbijdrage is omgekeerd evenredig met de windsnelheid. Windrichting- en snelheid zijn in de meetperiode in 2014 lokaal op het dak van de woning gemeten. De meetdata zijn vergeleken met de windmetingen van het KNMI in De Bilt. Deze kwamen voldoende overeen, zodat besloten is om de lokale windmeting in de meetperiode in 2015 achterwege te laten. In de data-analyse is voor beide jaren gebruik gemaakt van de meetdata van het KNMI station De Bilt.
- Verkeersintensiteit en –samenstelling, voor zover de variatie erin *niet* het gevolg is van de invoering van de milieuzone: de verkeersbijdrage aan de concentratie van roet is evenredig met de voertuigemissie. Er is gecorrigeerd met de best mogelijke schatting van de emissie die geldt voor de afzonderlijke uren. Deze is gebaseerd op 1) verkeersintensiteiten afgeleid uit tellussen van het VRI-systeem bij de kruising nabij het meetpunt aan de Catharijnesingel in combinatie met 2) de samenstelling van het wagenpark op basis van de wagenparkscan. Daarbij is voor 2015 ook rekening gehouden met de autonome verschoning van personen- en bestelverkeer ten opzichte van 2014. De samenstelling zoals gemeten met de wagenparkscan wordt verondersteld geldig te zijn voor de gehele meetperiode.

De kern van de correctiemethode is het vaststellen van de verhouding tussen de gemeten bijdrage van het verkeer aan de concentratie en de gemodelleerde bijdrage op basis van CAR-uur (zie paragraaf F.2). Voor ieder geselecteerd uur wordt de verhouding bepaald, waarna de gemiddelde verhouding wordt berekend. Omdat bleek dat de uurgemiddelde verhoudingen niet normaal verdeeld zijn, is eerst een log-transformatie toegepast (zie paragraaf F.4).

In 2014 is gerekend met emissiefactoren voor EC die horen bij de in de wagenparkscan in juni 2014 vastgestelde samenstelling van het verkeer. Voor ieder uur op een doordeweekse dag (gemiddeld op maandag t/m vrijdag) en op een weekenddag (zaterdag en zondag gemiddeld) zijn gemiddelde emissiefactoren bepaald. Om op ieder uur de emissie te bepalen is de getelde verkeersintensiteit vermenigvuldigd met de bij dat uur horende gemiddelde emissiefactor.

Voor 2015 is voor de categorie middelzwaar en zwaar verkeer gerekend met emissiefactoren die horen bij de in de wagenparkscan in juni 2015 vastgestelde samenstelling. Door voor licht verkeer te *blijven* rekenen met de emissiefactoren uit 2014 is de verandering in de gemiddelde verhouding tussen 2014 en 2015 een maat voor het effect van de veranderde samenstelling van licht verkeer. Waar nog wel rekening mee moet worden gehouden is dat de samenstelling van het lichte verkeer ook autonoom is verschoond tussen 2014 en 2015. Om daarvoor te corrigeren is voor de emissiefactoren voor het lichte verkeer uitgegaan van een prognose van de samenstelling in 2015 op basis van de wagenparkscan in 2014 en een inschatting van de autonome verschoning (zonder milieuzone).

F.2 CAR-uur

CAR-uur is een door TNO van het jaargemiddelde CAR model afgeleide versie voor uurlijkse concentratiebijdragen. De formule van CAR-uur is:

$$\Delta C = 0.62 \cdot E \cdot \theta \cdot F_b \cdot F_{windrichting} \cdot F_{windsnelheid}$$

E staat voor emissie. De emissie van voertuigen is afhankelijk van de verkeersintensiteit en samenstelling. Immers, voor lichte, middelzware en zware voertuigen gelden andere emissiefactoren dan voor personenvoertuigen

$$E = I_{licht} \cdot ef_{licht} + I_{middel} \cdot ef_{middel} + I_{zwaar} \cdot ef_{zwaar}$$

waarbij I de intensiteit is (#/uur) en ef de emissiefactor.

θ is de verdunningsfactor, die afhankelijk is van de afstand tot de weg en het wegtype. De Catharijnesingel is gekarakteriseerd als wegtype eenzijdige bebouwing (type 4 in CAR uur). Bij een afstand van 12,5 meter tot de weg komt de waarde van θ op 0,253.

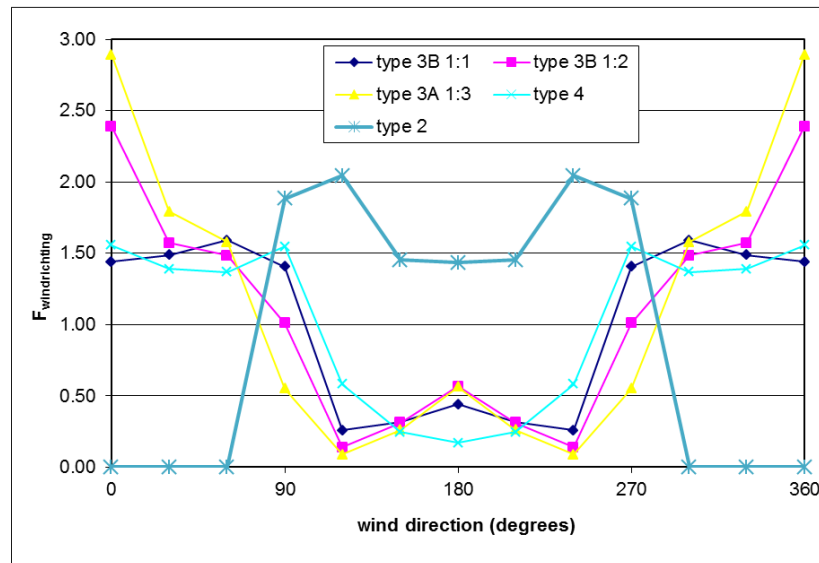
F_b is de bomenfactor. Deze is voor het meetpunt aan de Catharijnesingel op alle uren op de waarde 1 gehouden.

De windrichtingsfactor, $F_{windrichting}$, in CAR-uur is afgeleid uit windtunnelmetingen. Voor eenzijdige bebouwing ligt deze factor voor alle windrichtingen in de gekozen windsector dichtbij 1,5, zie Figuur 27. Deze waarde is voor alle uren in de analyse aangehouden.

De windsnelheidsfactor, $F_{windsnelheid}$, is een factor die rekening houdt met de heersende uurlijkse windsnelheidscondities ten opzichte van de jaargemiddelde referentiesituatie van 5 m/s waarop CAR is gebaseerd. De volgende formule is afgeleid:

$$F_{windsnelheid}(uur) = \frac{1}{0.26 \cdot u_{uur}}$$

waarbij u_{uur} de grootschalige windsnelheid is, gemeten op KNMI De Bilt.



Figuur 27 Windrichtingfactor als functie van de aanstroomhoek voor de verschillende wegtypes. Het meetpunt ligt in de getoonde berekeningen aan de noordkant van een west-oost georiënteerde weg.

F.3 Selectie uren

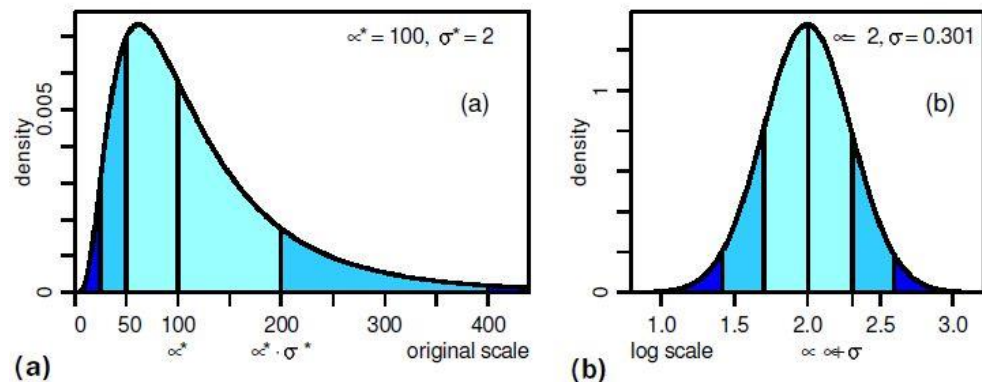
Voor de data-analyse worden uren geselecteerd die voldoen aan de volgende voorwaarden:

- **Uur van de dag:** alleen de uren overdag (tussen 6:00 en 20:00 uur) worden geselecteerd. Op de andere uren is de bijdrage van het verkeer aan de concentratie van roet te gering.
- **Windrichting:** alleen de uren met windrichtingen tussen 180 en 300 graden worden geselecteerd. Het meetpunt aan de Catharijnesingel is bij wind uit deze sector belast door verkeer.
- **Windsnelheid:** alleen uren met windsnelheid groter dan 2 m/s worden in de analyse meegenomen, omdat bij lagere windsnelheden de verspreiding van verkeersemisseries naar het meetpunt niet meer eenduidig is (het verloopt niet lineair).
- **Beschikbaarheid/representativiteit van tellusgegevens (verkeersintensiteit):** zowel in 2014 als in 2015 zijn er perioden waarbij geen data beschikbaar zijn of er aanzienlijk lagere intensiteiten zijn gemeten, bijvoorbeeld tijdens evenementen. De Tour de France in juli 2015 is daar een goed voorbeeld van. Deze perioden zijn in de analyse niet meegenomen. Het betreft:
 - 6-23 oktober 2014
 - 4-5 juli 2015
 - 19 juli 2015
 - 6 september 2015
 - 5-8 oktober 2015

De voorwaarden voor de windrichting en windsnelheid zijn belangrijk omdat onder deze condities het toegepaste correctiemodel geldig is.

F.4 Achtergronden statistische analyse

Voor de statistische analyse zijn normale verdelingen nodig. Het bleek dat de parameters die onderworpen zijn aan de analyse alle log-normaal verdeeld waren. Door de natuurlijke logaritme (\ln) van de getallen te nemen, ontstaat een normale verdeling. De illustratie hieronder geeft een beeld van een lognormale (links) en normale (rechts) verdeling.



Figuur 28 Illustratie van een lognormale (links) en normale (rechts) verdeling. Bron: <http://worldcomplex.blogspot.nl/2011/02/scale-invariance-in-geological.html>

Met behulp van de T-toets is onderzocht in hoeverre de twee reeksen van uurlijkse datapunten (voor en na de maatregel) significant van elkaar verschillen. Er is daarbij rekening gehouden met autocorrelatie tussen opeenvolgende meetpunten in de dataset en met een verschillend aantal waarnemingen in de sets voor 2014 en 2015:

- n_h : harmonisch gemiddelde steekproefgrootte (aantal uren), een maat voor de representatieve steekproefgrootte bij twee sets met verschillend aantal waarnemingen n (2014 en 2015). De verschillen in het aantal waarneming tussen 2014 en 2015 waren overigens beperkt.
- n_{h_eff} : effectieve harmonisch gemiddelde steekproefgrootte: n_h gecorrigeerd voor autocorrelatie tussen opeenvolgende uren.

De p waarde is de kans dat het gevonden verschil op toeval berust. De waarde ligt tussen 0 en 1. Wanneer $p < 0,05$ is er sprake van een significant verschil. Er is bij deze toets eenzijdig getoetst.

De analyse van de gemiddelden en de statistische toets is toegepast op de dataset met de geselecteerde uren, waaruit waarden zijn verwijderd die buiten het 95% betrouwbaarheidsinterval rond het gemiddelde liggen. Deze zogenaamde uitbijters kunnen namelijk een onevenredig groot effect op het gemiddelde hebben.

F.5 Resultaten

Tabel 20 presenteert de resultaten van de statistische analyse voor:

1. De gemeten bijdrage van het verkeer aan de concentratie van EC. Dit geeft inzicht in de mate van verandering van de bijdrage van het verkeer op de Catharijnesingel, maar nog niet in het effect van de milieuzone omdat variatie in andere grootheden de bijdrage mede bepalen.
2. De verhouding gemeten / berekende bijdrage van het verkeer aan de concentratie van EC, zoals uitgelegd in paragraaf F.1 Het effect van de milieuzone personen- en bestelverkeer wordt hierdoor geïsoleerd uit de totale verandering.

De tabel geeft ook inzicht in enkele statistische parameters:

- n_h : harmonisch gemiddelde steekproefgrootte (aantal uren), een maat voor de representatieve steekproefgrootte bij twee sets met verschillend aantal waarnemingen n (2014 en 2015). De verschillen in het aantal waarnemingen tussen 2014 en 2015 waren overigens beperkt.
- n_{h_eff} : effectieve harmonisch gemiddelde steekproefgrootte: n_h gecorrigeerd voor autocorrelatie tussen opeenvolgende uren.
- p waarde: de kans dat het gevonden verschil op toeval berust, waarde tussen 0 en 1. Wanneer $p < 0,05$ is er sprake van een significant verschil.

Tabel 20: Analyse van verschillen tussen nul- en nameting (2014 en 2015).

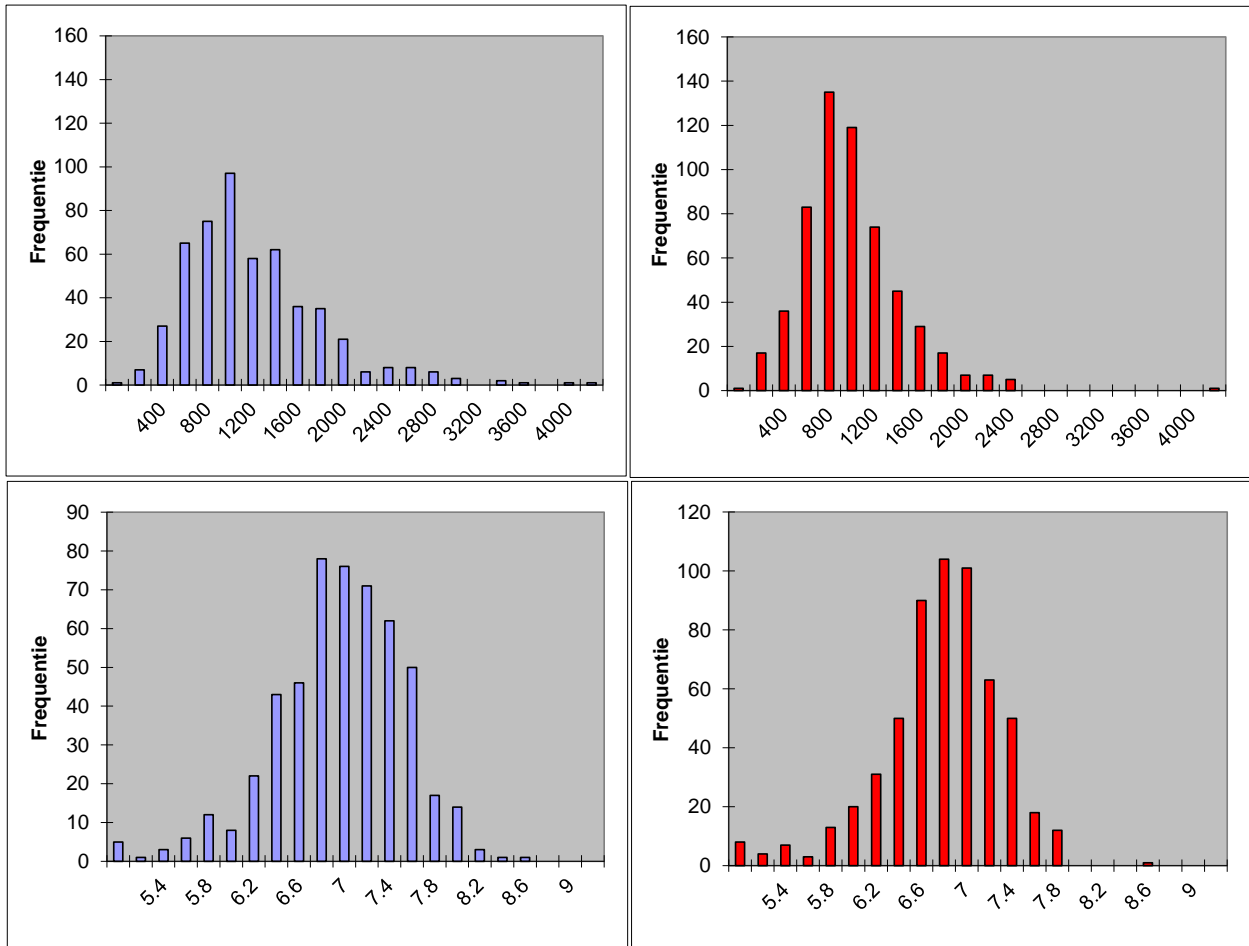
	Gemeten EC bijdrage verkeer	Isolatie van effect milieuzone: gemeten / berekende EC bijdrage verkeer
n_h	522	513
n_{eff_h}	154	264
verschil in %	-16,0	0,8
p waarde t-toets (eenzijdig)	<0,001	0,418
significant	Ja	nee

Het volgende wordt uit de tabel afgeleid:

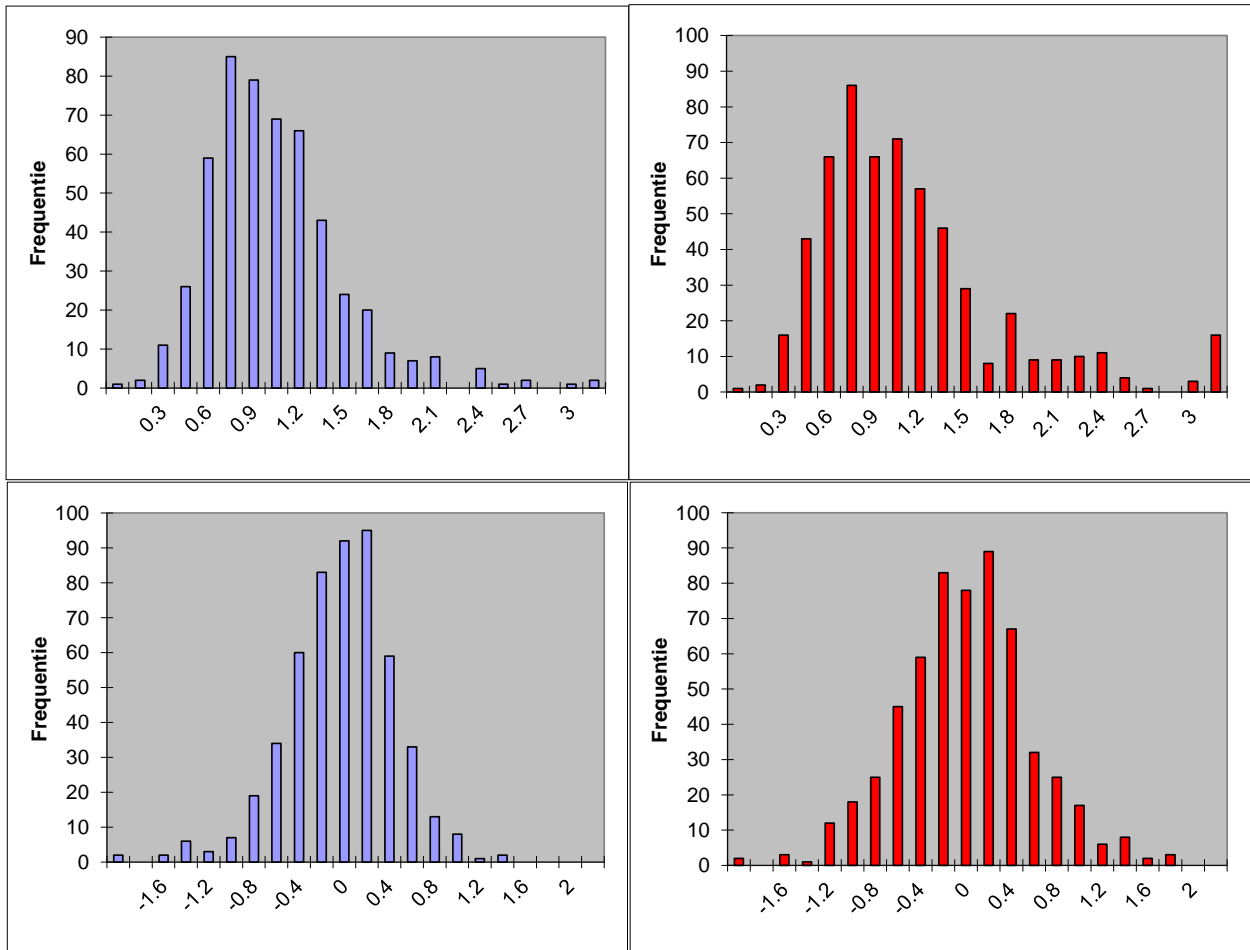
- De gemeten bijdrage aan de concentratie van EC van het lokale verkeer op de Catharijnesingel is op de geselecteerde uren in de meetperiode in 2015 ten opzicht van die in 2014 gemiddeld met 16% afgenomen.
- Wanneer echter het effect van de milieuzone geïsoleerd wordt door correctie voor veranderingen in windsnelheid, verkeersintensiteit, en de autonome verschoning, leidt dat tot een niet significant verschil van minder dan 1%.

Onderstaand zijn de verdelingen weergegeven van de geselecteerde uren in de datasets van de nul-meting (2014) en na-meting (2015), voor en na log-transformatie.

In Figuur 30 is te zien dat voor log-transformatie de waarden van de verhouding tussen de gemeten en berekende concentratie gemiddeld genomen rond 1 liggen. Het CAR-uur model doet het dus goed voor de situatie aan de Catharijnesingel. Dat geeft vertrouwen in de gehanteerde aanpak.



Figuur 29: Verdeling van de geselecteerde uren. Boven: zonder log-transformatie, onder: na log-transformatie. Links: nul-meting (2014), rechts: na-meting (2015). **Gemeten EC bijdrage verkeer** (in ng/m^3)



Figuur 30: Verdeling van de geselecteerde uren. Boven: zonder log-transformatie, onder: na log-transformatie. Links: nulmeting (2014), rechts: na-meting (2015). **Verhouding gemeten / berekende EC bijdrage verkeer.**

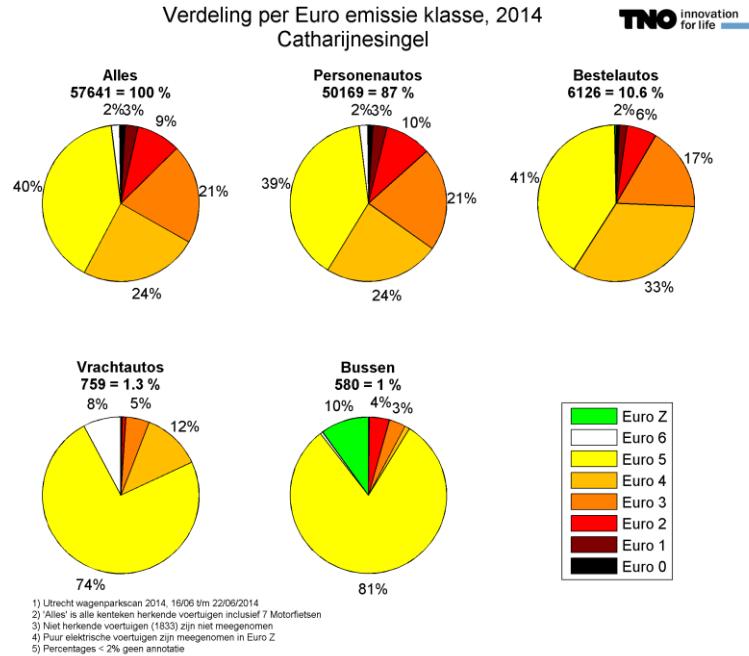
G Waargenomen voertuigen

Vóór meting 2014	Aantal kentekens	Percentage van totaal
Totaal aantal gescande kentekens	186264	100%
Buitenlandse kentekens	6100	3.3%

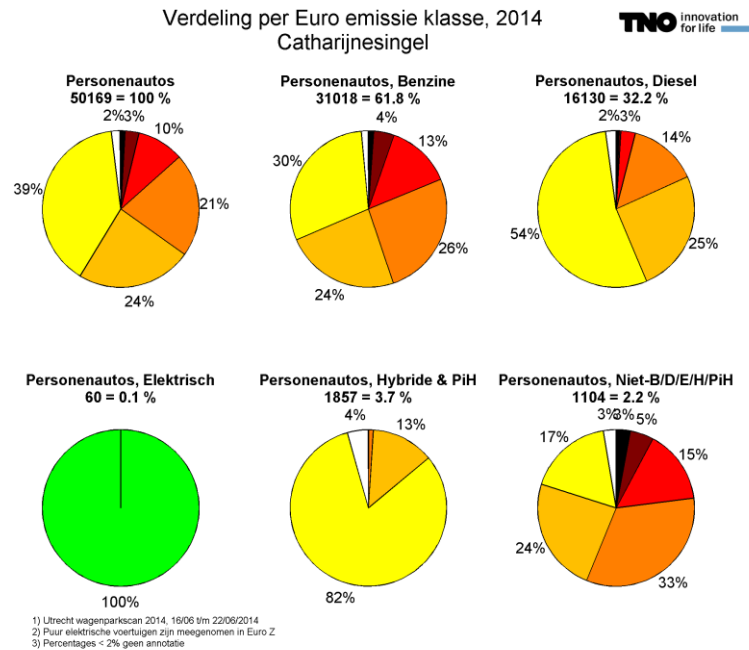
Ná meting 2015	Aantal kentekens	Percentage van totaal
Totaal aantal gescande kentekens	190897	100%
Buitenlandse kentekens	5950	3.2%

H Samenstelling wagenpark op drie locaties in Utrecht

Locatie Catharijnesingel, 2014

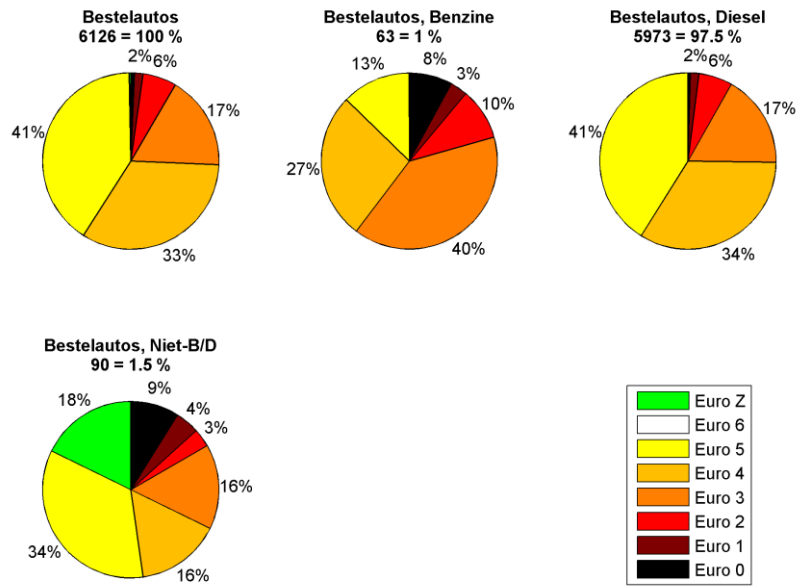


Figuur 31: Catharijnesingel, 2014, alle voertuigen.



Figuur 32: Catharijnesingel, 2014, personenauto's.

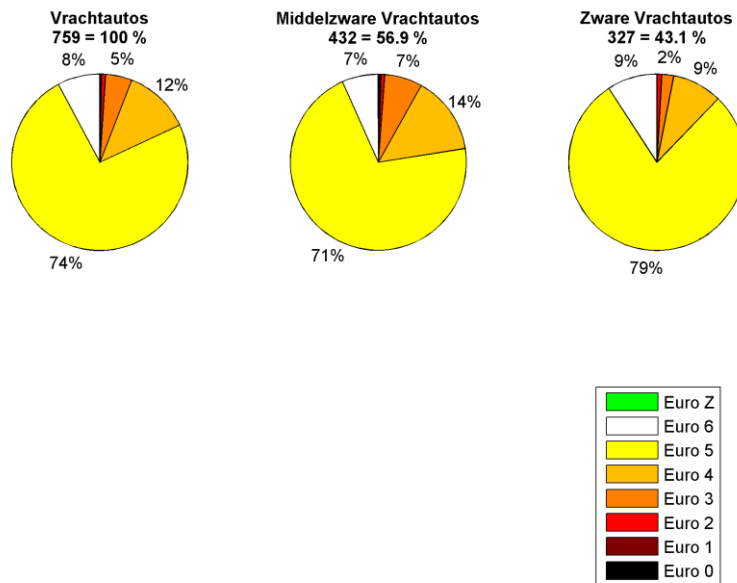
Verdeling per Euro emissie klasse, 2014
Catharijnesingel



1) Utrecht wagenparkeerscan 2014, 16/06 t/m 22/06/2014
 2) Paar elektrische voertuigen zijn meegenomen in Euro Z
 3) Percentages < 2% geen annotatie

Figuur 33: Catharijnesingel, 2014, bestelauto's.

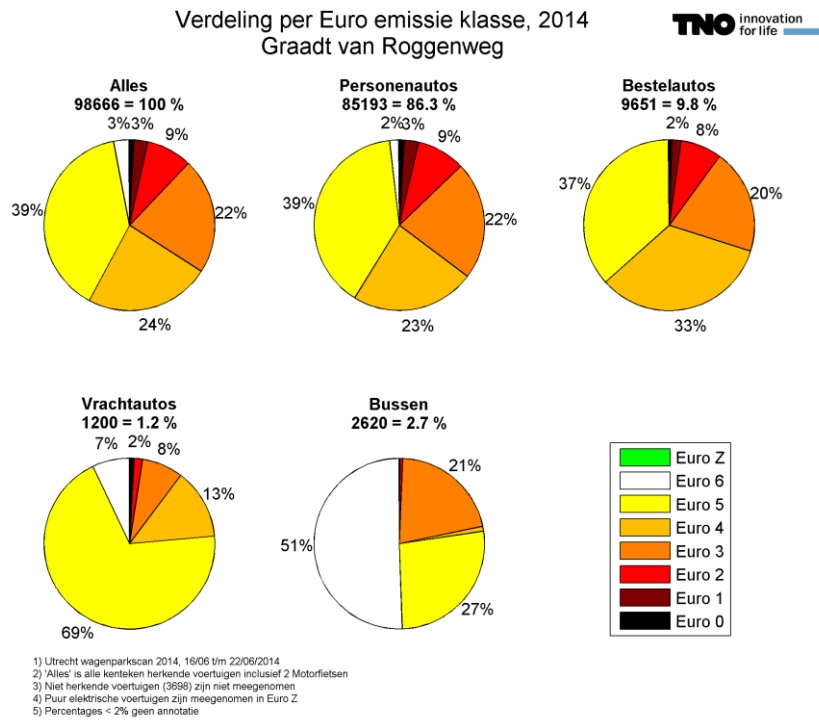
Verdeling per Euro emissie klasse, 2014
Catharijnesingel



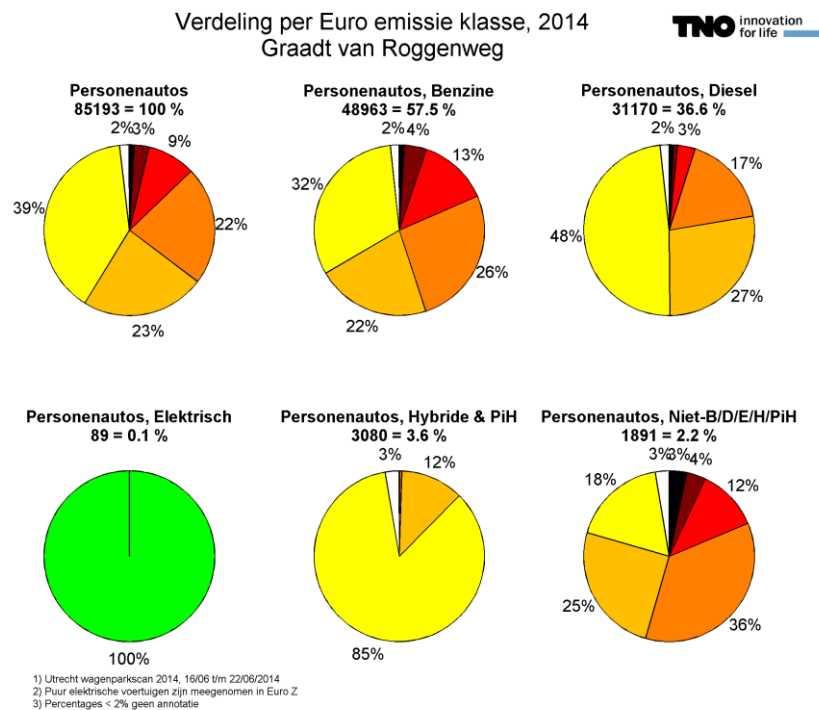
1) Utrecht wagenparkeerscan 2014, 16/06 t/m 22/06/2014
 2) Paar elektrische voertuigen zijn meegenomen in Euro Z
 3) Percentages < 2% geen annotatie

Figuur 34: Catharijnesingel, 2014, vrachtauto's.

Locatie Graadt van Roggenweg 2014

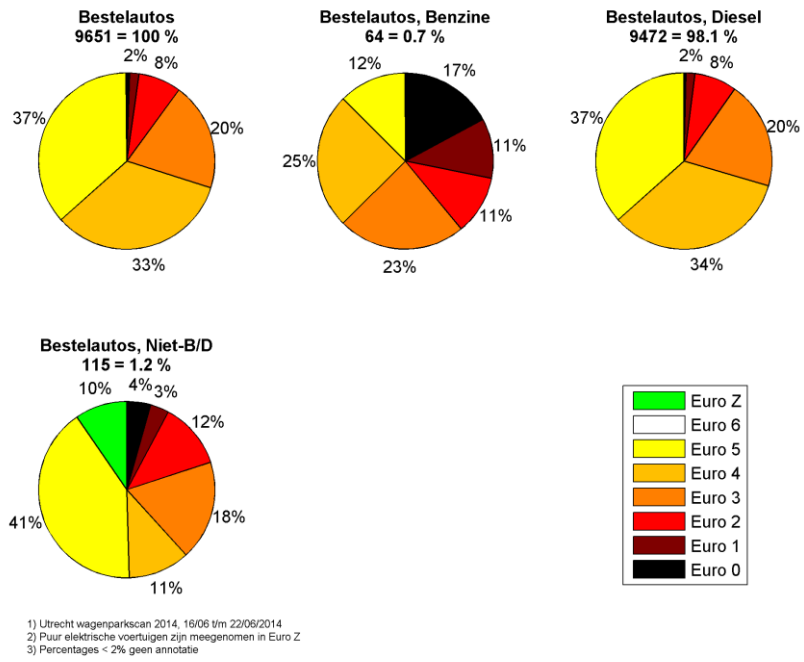


Figuur 35: Graadt van Roggenweg, 2014, alle voertuigen.



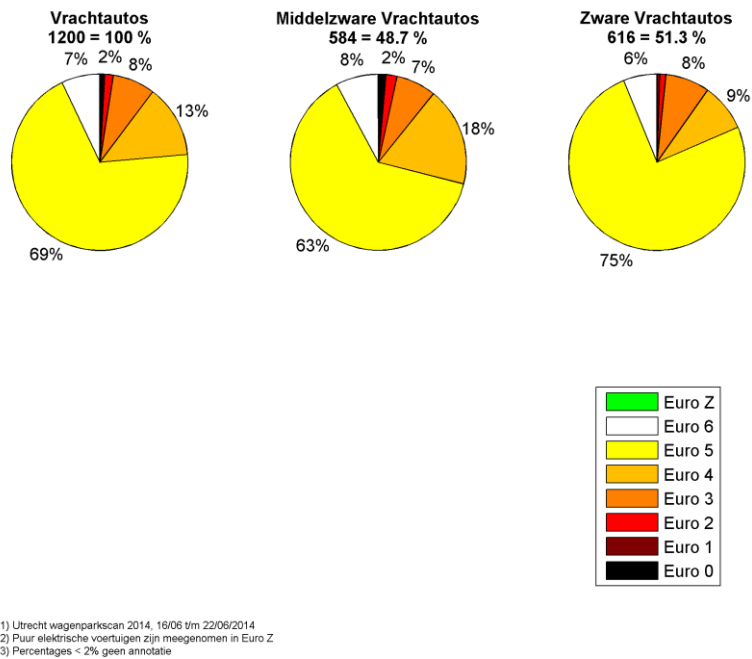
Figuur 36: Graadt van Roggenweg, 2014, personenauto's.

Verdeling per Euro emissie klasse, 2014
Graadt van Roggenweg



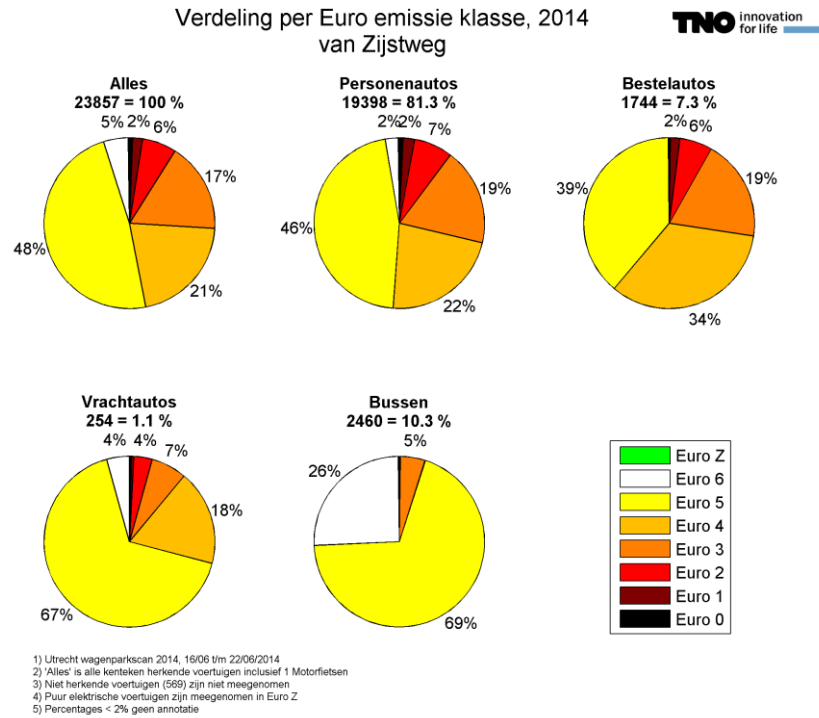
Figuur 37: Graadt van Roggenweg, 2014, bestelauto's.

Verdeling per Euro emissie klasse, 2014
Graadt van Roggenweg

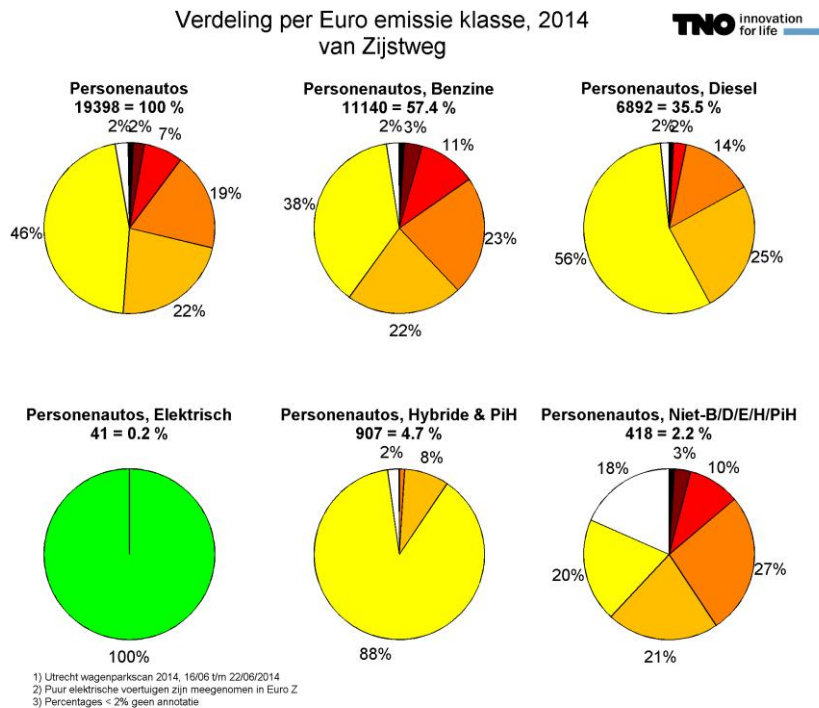


Figuur 38: Graadt van Roggenweg, 2014, vrachtauto's.

Locatie Van Zijstweg, 2014

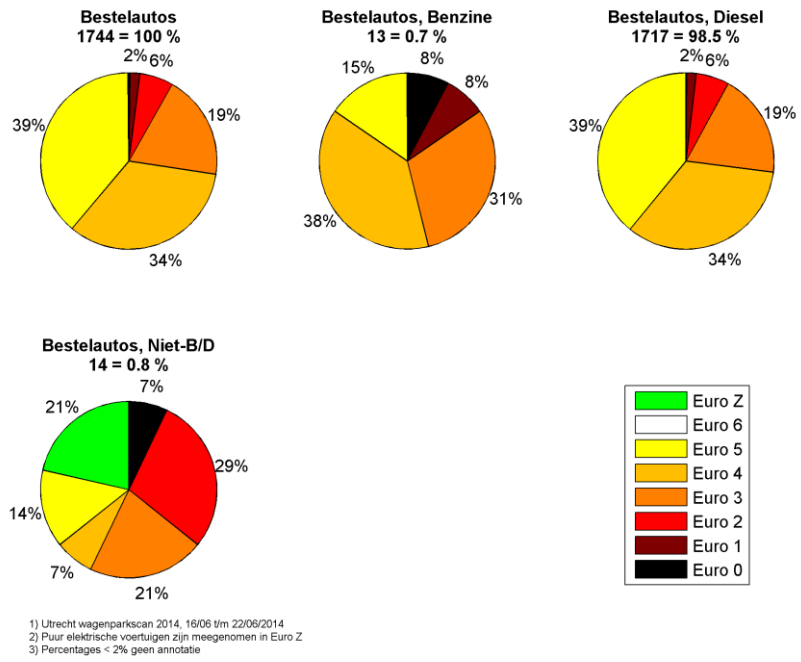


Figuur 39: Van Zijstweg, 2014, alle voertuigen.



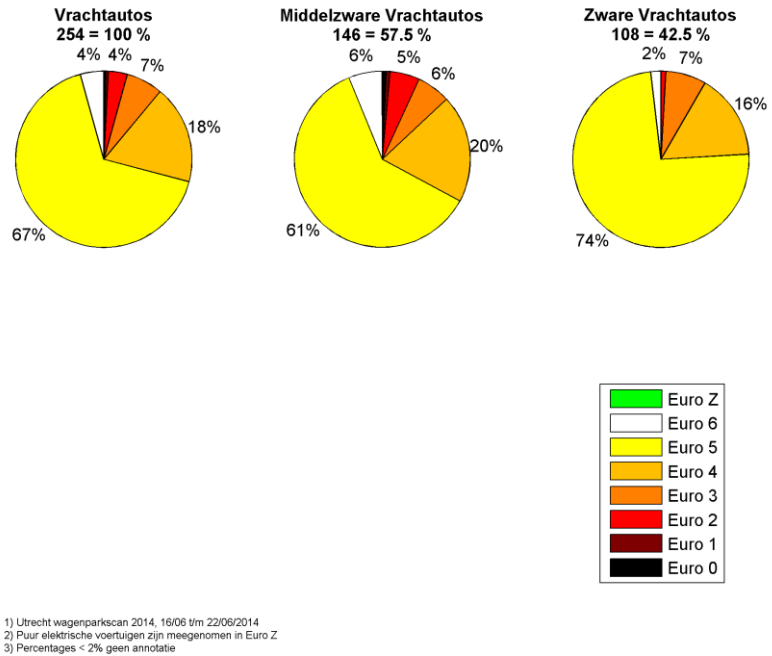
Figuur 40: Van Zijstweg, 2014, personenauto's.

Verdeling per Euro emissie klasse, 2014
van Zijstweg



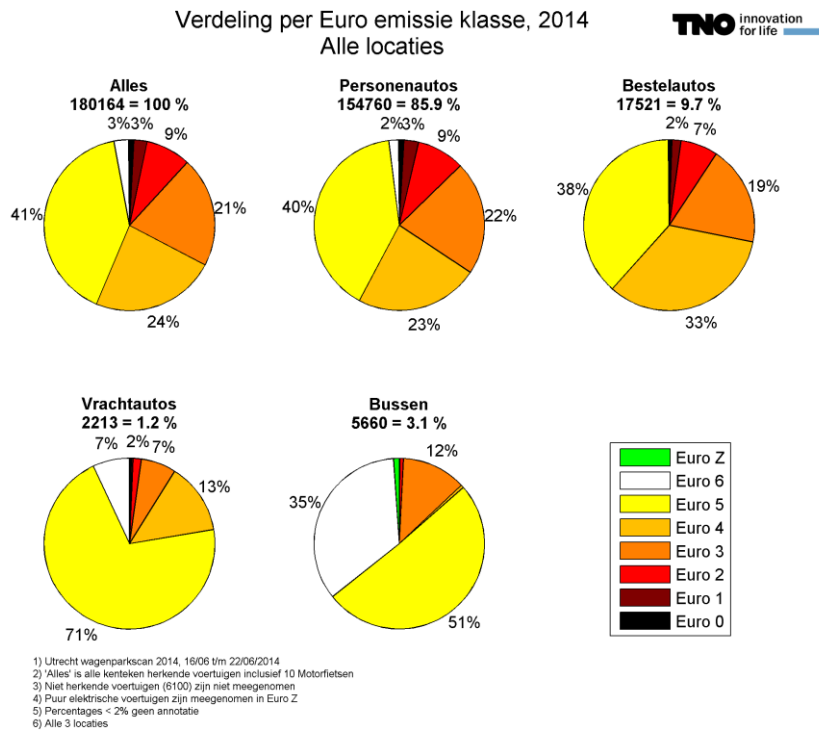
Figuur 41: Van Zijstweg, 2014, bestelauto's.

Verdeling per Euro emissie klasse, 2014
van Zijstweg

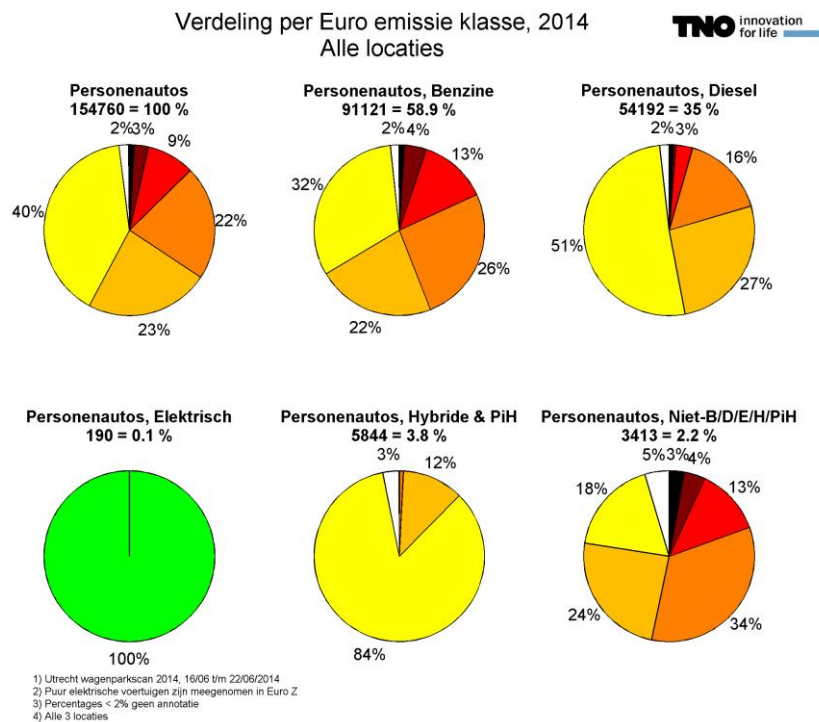


Figuur 42: Van Zijstweg, 2014, vrachtauto's.

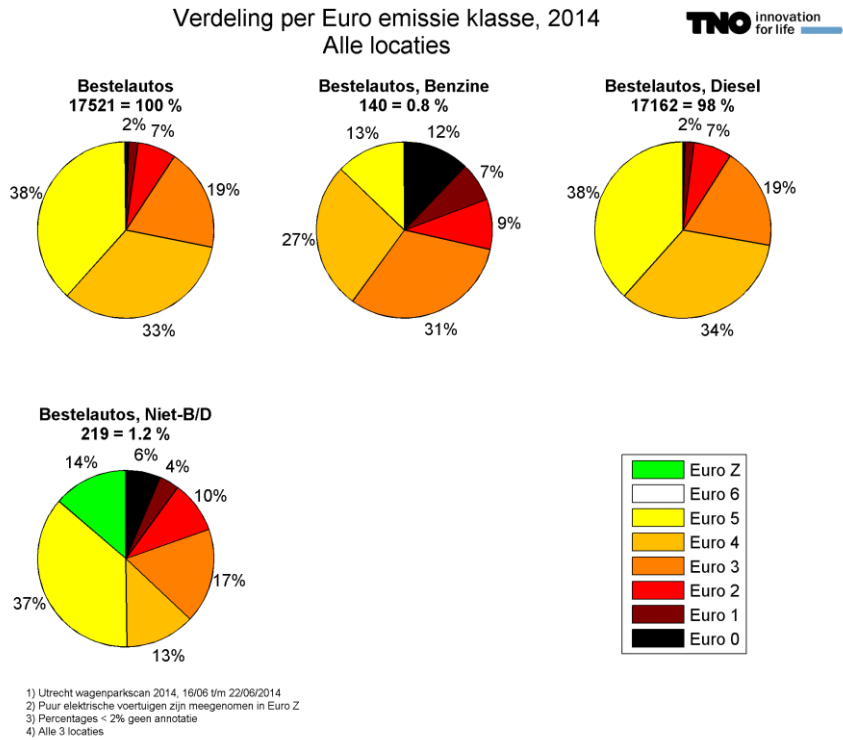
Alle drie de meetlocaties (gesommeerd), 2014



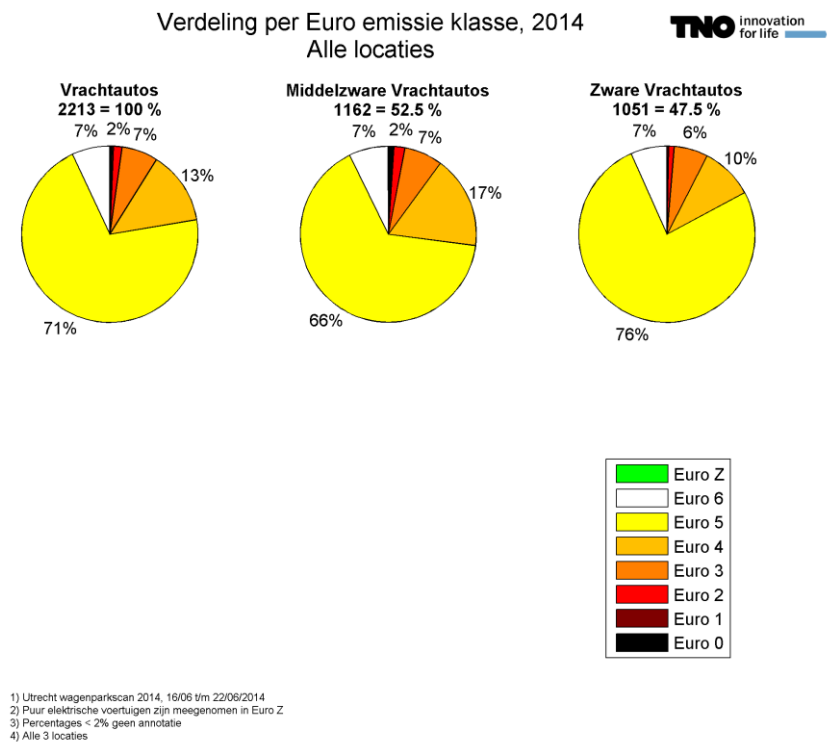
Figuur 43: Alle drie de meetlocaties, 2014, alle voertuigen.



Figuur 44: Alle drie de meetlocaties, 2014, personenauto's.

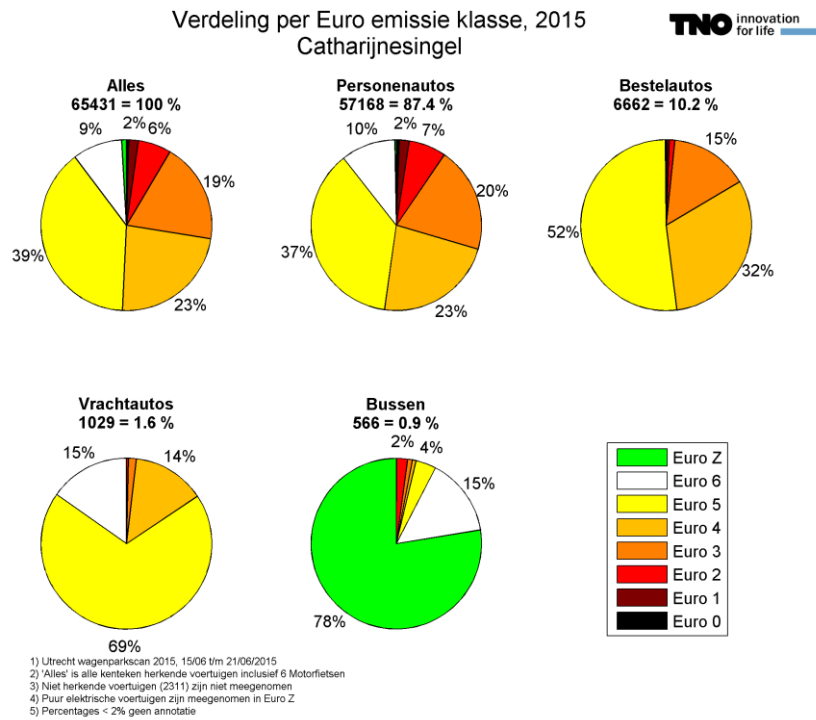


Figuur 45: Alle drie de meetlocaties, 2014 bestelauto's.

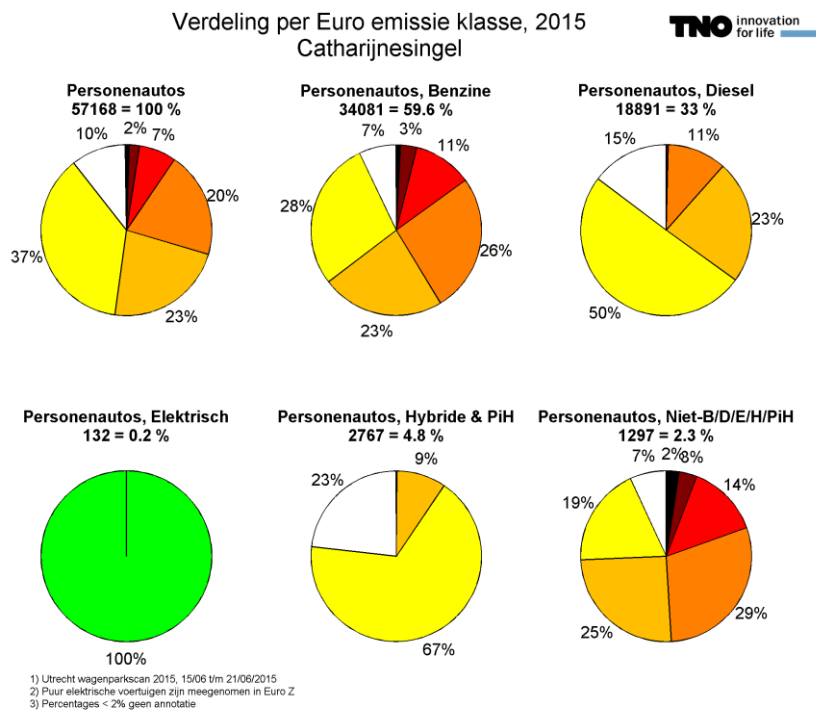


Figuur 46: Alle drie de meetlocaties, 2014, vrachtauto's.

Locatie Catharijnesingel, 2015

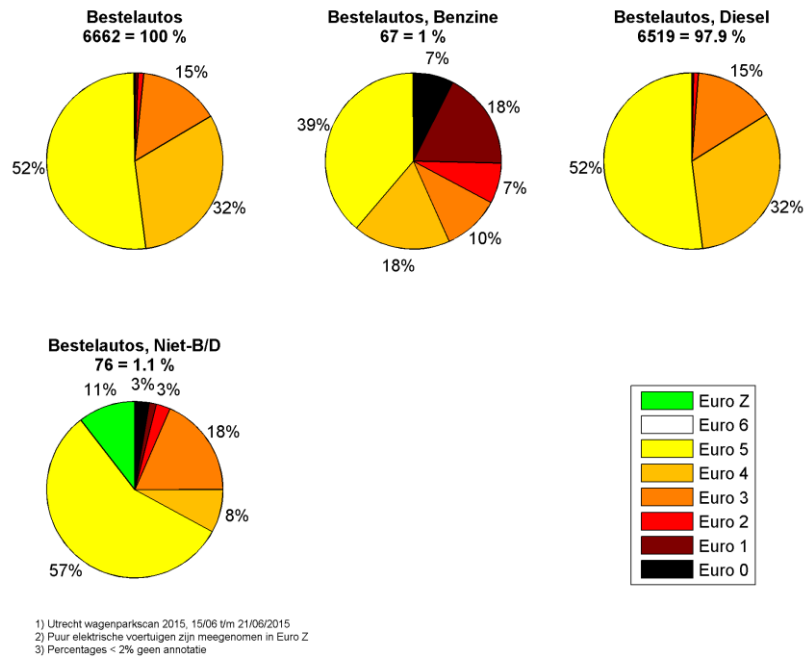


Figuur 47: Catharijnesingel, 2015, alle voertuigen.



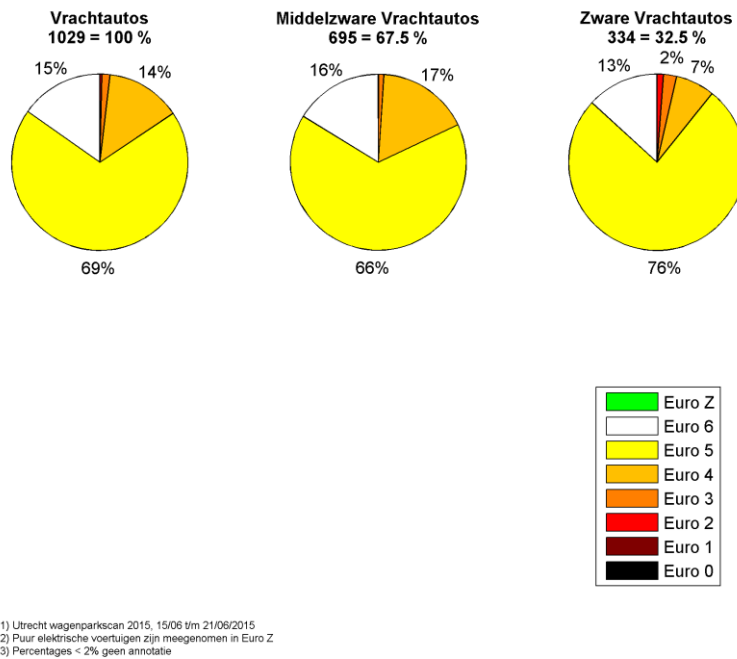
Figuur 48: Catharijnesingel, 2015, personenauto's.

Verdeling per Euro emissie klasse, 2015
Catharijnesingel



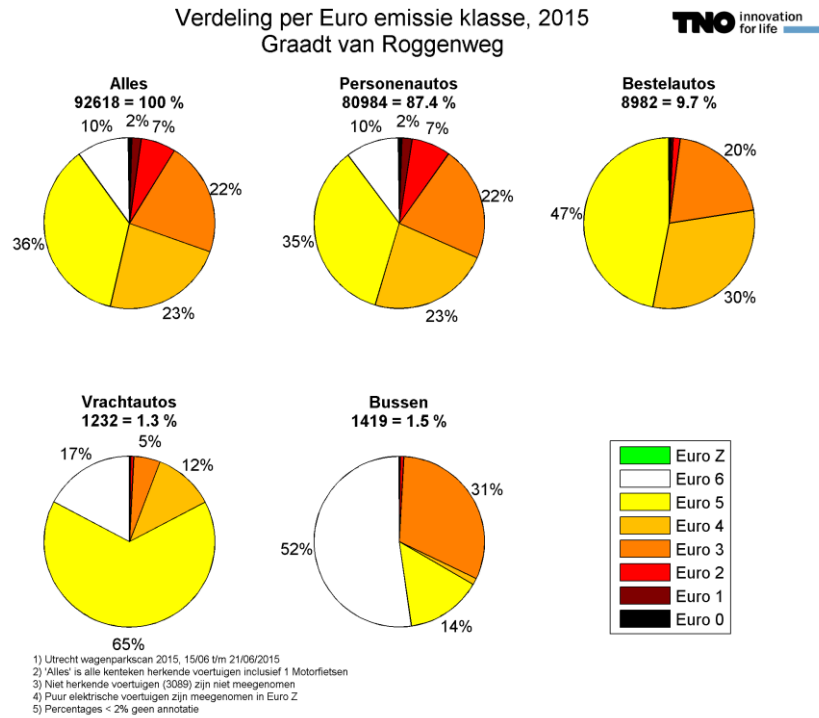
Figuur 49: Catharijnesingel, 2015, bestelauto's.

Verdeling per Euro emissie klasse, 2015
Catharijnesingel

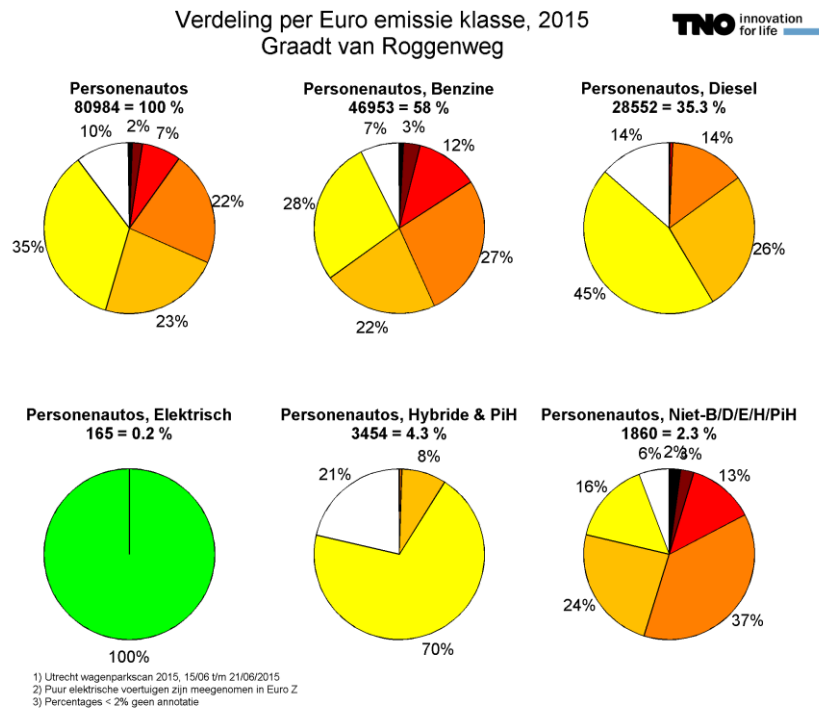


Figuur 50: Catharijnesingel, 2015, vrachtauto's.

Locatie Graadt van Roggenweg, 2015

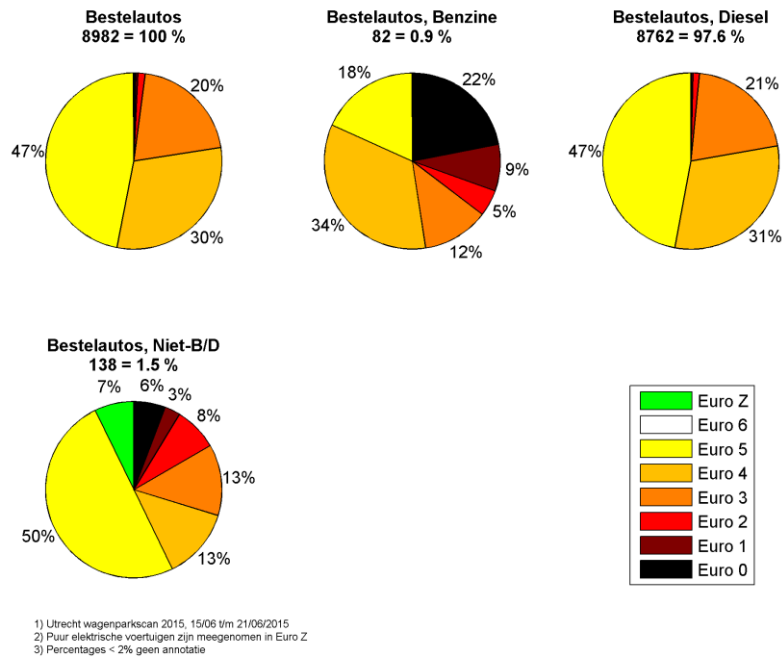


Figuur 51: Graadt van Roggenweg, 2015, alle voertuigen.



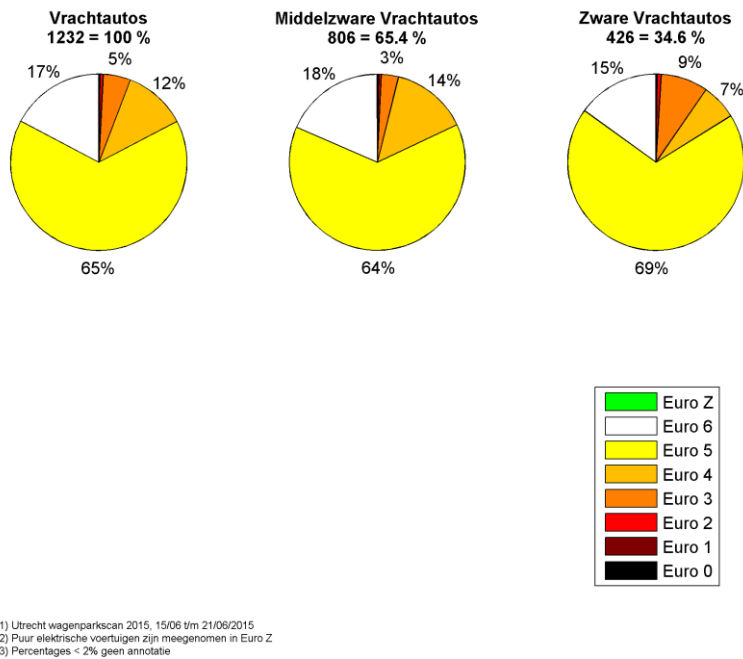
Figuur 52: Graadt van Roggenweg, 2015, personenauto's.

Verdeling per Euro emissie klasse, 2015
Graadt van Roggenweg



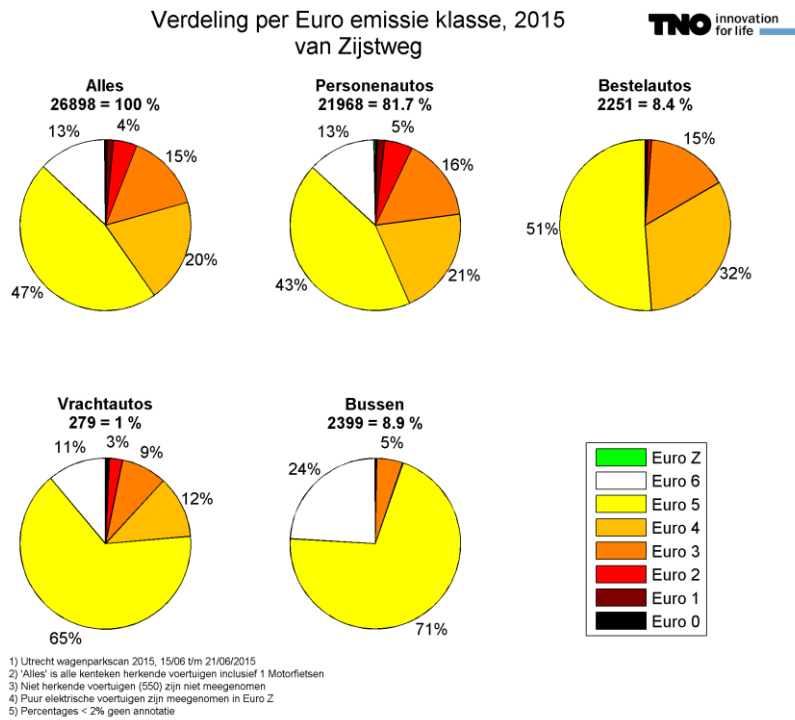
Figuur 53: Graadt van Roggenweg, 2015, bestelauto's.

Verdeling per Euro emissie klasse, 2015
Graadt van Roggenweg

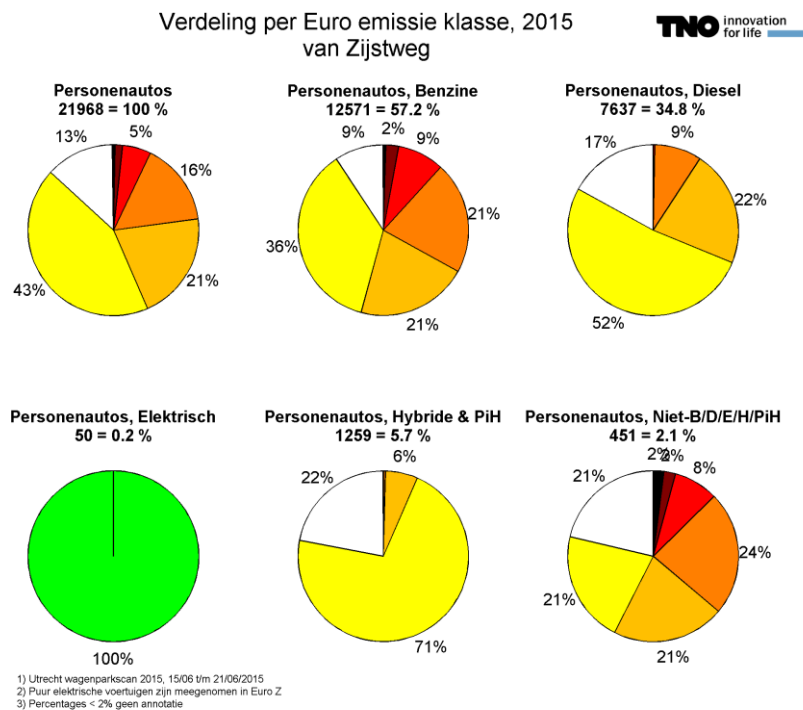


Figuur 54: Graadt van Roggenweg, 2015, vrachtauto's.

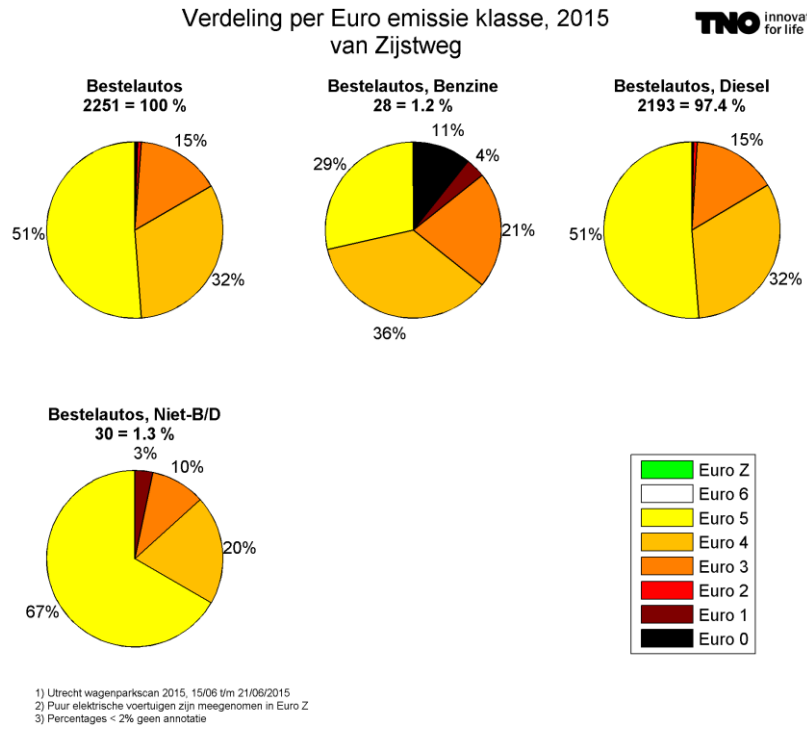
Locatie Van Zijstweg, 2015



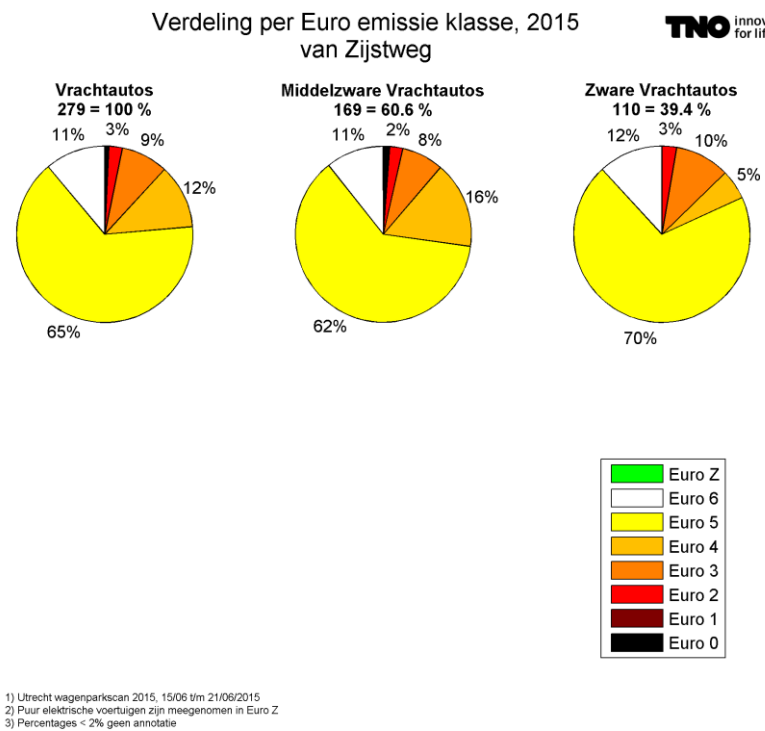
Figuur 55: Van Zijstweg, 2015, alle voertuigen.



Figuur 56: Van Zijstweg, 2015, personenauto's.

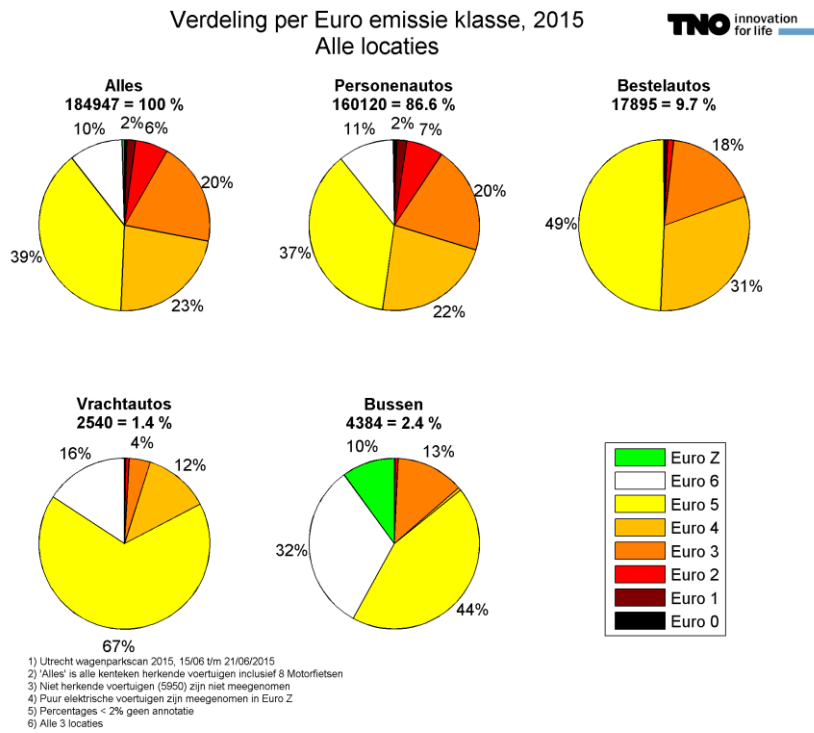


Figuur 57: Van Zijstweg, 2015, bestelauto's.

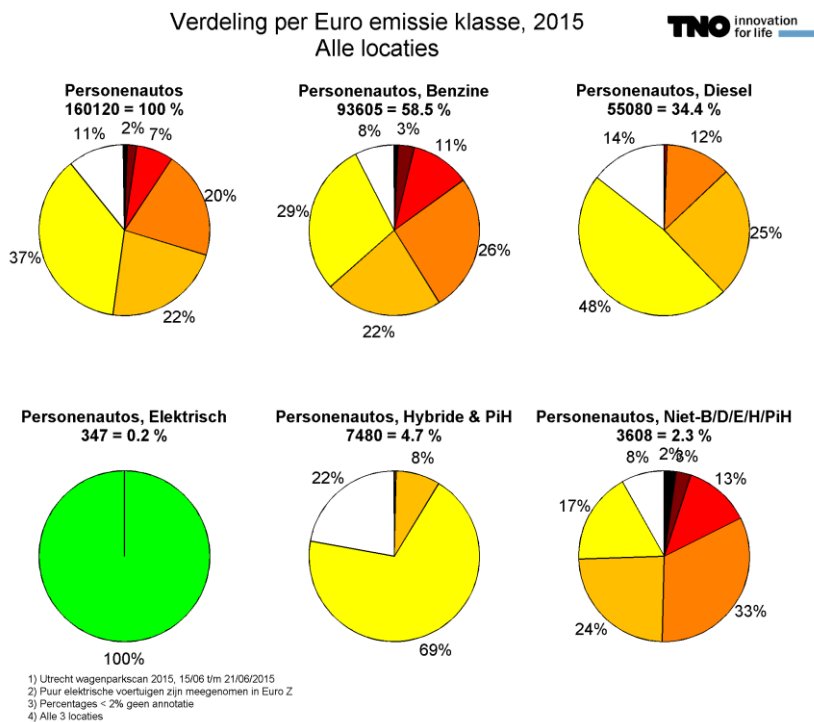


Figuur 58: Van Zijstweg, 2015, vrachtauto's.

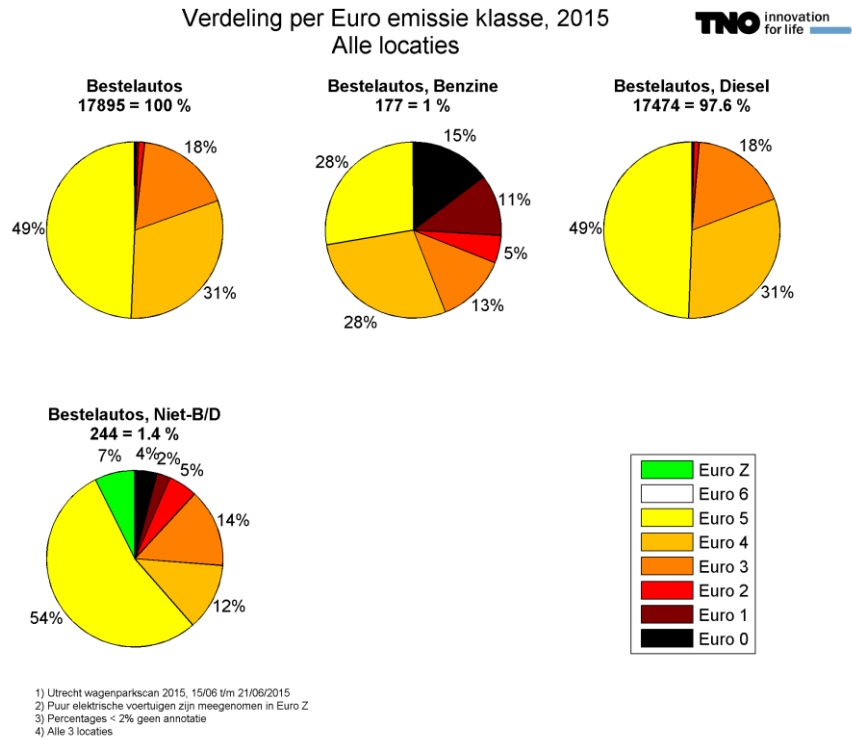
Alle drie de meetlocaties (gesommeerd), 2015



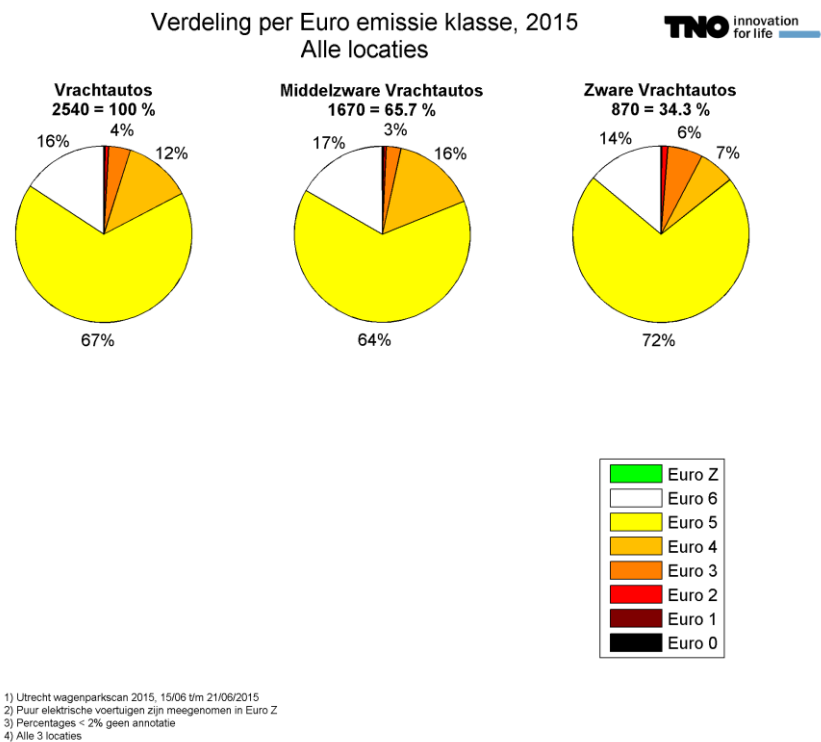
Figuur 59: Alle drie de meetlocaties, 2015, alle voertuigen.



Figuur 60: Alle drie de meetlocaties, 2015, personenauto's.



Figuur 61: Alle drie de meetlocaties, 2015, bestelauto's.



Figuur 62: Alle drie de meetlocaties, 2015, vrachtauto's.

I TNO emissiemodel Versit+

TNO heeft de afgelopen 30 jaar ruim 22.000 emissiemetingen uitgevoerd aan motoren van voertuigen en aan complete voertuigen (vrachtwagens en personenwagens).

Tijdens deze metingen is gecontroleerd of motoren en/of voertuigen voldoen aan de emissiewetgeving, maar is met name ook veel aandacht besteed aan emissies onder praktijkomstandigheden. Deze metingen worden in het laboratorium, maar ook op de weg uitgevoerd.

Dit heeft uiteindelijk geresulteerd in een wereldwijd unieke database van voertuig-emissies, gemeten onder zeer uiteenlopende omstandigheden.

Deze gegevens vormen de basis voor het TNO emissiemodel Versit+.

Versit+ is een emissiemodel dat voor een zeer groot aantal voertuigklassen de gemiddelde voertuigemissies onder zeer uiteenlopende omstandigheden nauwkeurig kan berekenen. Versit+ wordt gebruikt voor onderzoek, beleidsadvies en voor het bepalen van de emissiefactoren (factoren die de hoeveelheid emissies in gram per kilometer weergeven) die in Nederland door alle gemeenten gebruikt worden voor de emissie inventarisatie en luchtkwaliteitsberekeningen.

De emissiefactoren zijn gebaseerd op inzichten in rijgedrag (dynamiek), samenstelling van het wagenpark.