

Earth, Life and Social SciencesPrincetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrechtwww.tno.nl

T +31 88 866 42 56

TNO-rapport**TNO 2014 R11384****Gezondheidseffecten
Luchtkwaliteitsmaatregelen - berekeningen
voor NO₂, PM₁₀ en roet**

Datum	2 oktober 2014
Auteur(s)	Ir. M.H. Voogt Ir. A.R.A. Eijk
Aantal pagina's Opdrachtgever	35 (incl. bijlagen) Brabantstad Werkgroep Luchtkwaliteit & Gezondheid Vertegenwoordigd door Gemeente Tilburg t.a.v. de heer M. de Voogd Postbus 90155 5000 LH Tilburg
Projectnaam Projectnummer	Gezondheidseffecten Luchtkwaliteitsmaatregelen 060.06786

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.

© 2014 TNO

Samenvatting

Inleiding

De vijf grote Brabantse steden (B5) en de provincie Noord-Brabant willen op bestuurlijk niveau gezondheid een belangrijker uitgangspunt maken voor het luchtkwaliteitsbeleid (naast de huidige wettelijke grenswaarden voor PM₁₀ en NO₂). Om het voor bestuurders mogelijk te maken gezondheid mee te nemen in de afweging van maatregelen, is inzicht nodig in de mate waarin maatregelen effect hebben op de gezondheid. Het toepassen van EC (elementair koolstof, als maat voor roet) als een additionele indicator voor luchtkwaliteit is een goede stap om deze gezondheidseffecten mee te wegen.

Werkwijze

In deze studie heeft TNO berekeningen uitgevoerd van de effecten van verschillende lokale verkeersmaatregelen op de jaargemiddelde concentraties van NO₂, PM₁₀ en EC voor zichtjaar 2015. Het uitgangspunt is dat in 2015 een milieuzone voor vrachtverkeer van kracht is en dat het busverkeer al relatief schoon is (50% Euro V EEV en 50% Euro VI). De berekeningen zijn gedaan voor twee vooraf gedefinieerde referentiesituaties (verschillend van wegtype)¹. Door te rekenen voor dezelfde situaties kunnen de maatregelen onderling vergeleken worden. Een eenvoudig beoordelingssysteem geeft d.m.v. “duimpjes” een eerste indicatie of een maatregel weinig, redelijk of veel effect zal hebben in termen van de concentratie van EC en NO₂, zie de tabel aan het eind van de samenvatting.

Conclusies

- Lokaal beleid heeft slechts zeer beperkt invloed op de concentratie van PM₁₀.
- Het meewegen van de effecten van maatregelen op de concentratie van EC naast de effecten op de concentratie van NO₂ biedt lokale bestuurders kansen voor het sturen op gezondheid.
- Maatregelen die in 2015 goed scoren op EC zijn:
 - Milieuzone personen- en bestelverkeer.
 - Maatregelen gericht op het verminderen van licht verkeer, bijvoorbeeld het bevorderen van fietsverkeer en parkeermaatregelen.
- Maatregelen die in 2015 goed scoren op NO₂ zijn:
 - Maatregelen gericht op het verminderen van zwaar verkeer, bijvoorbeeld stadsdistributie.
 - (Verdere) verschoning van OV-bussen van Euro V naar Euro VI of zero emission.
- De reeds ingevoerde milieuzone voor vrachtverkeer heeft een grote impact gehad op de verkeersemisseries van EC en daarmee op de concentratie van EC in binnensteden. De invloed op de concentratie van NO₂ is in vergelijking met EC minder groot geweest.

¹ Voor enkele maatregelen zijn extra situaties doorgerekend, met een verschillend aantal vrachtoertuigen of bussen of een ander snelheidsregime (afhankelijk van de maatregel).

Lokale situatie

De keuze voor de referentiesituatie heeft invloed op de conclusies t.a.v. de effectiviteit van maatregelen. Immers, in de referentiesituatie wordt een keuze gemaakt voor de verkeersintensiteit, bebouwing en de samenstelling en leeftijd van het wagenpark. Om de effecten van maatregelen op de concentraties voor een specifieke situatie in een stad preciezer te kunnen bepalen moet voor de betreffende locaties apart gerekend worden met op de situatie toegespitste invoergegevens.

Gezondheid

Voor bestuurders is het wenselijk om een aansprekende maat te hebben voor de mate waarin blootstelling aan EC de gezondheid beïnvloedt. Met de huidige stand van kennis kan een afname van de concentratie van EC slechts indicatief worden vertaald naar winst aan levensverwachting. Dat is voor bestuurders echter geen eenvoudig te duiden indicator. Aansprekender zou zijn een maat gericht op effecten die mensen in het dagelijks leven ervaren, zoals problemen met luchtwegen. Kwantitatieve kennis hierover ontbreekt echter momenteel nog. Wel zijn gegevens bekend over hoeveel mensen in Nederland last hebben van luchtwegaandoeningen. Het blijkt dat ca. 5% van de Nederlandse bevolking aan astma of COPD lijdt. Verhoogde concentraties van luchtverontreiniging zal voor dit deel van de bevolking tot acute gezondheidslast kunnen leiden.

Om gezondheid als belangrijker uitgangspunt te nemen voor het luchtkwaliteitsbeleid is het van belang om effecten van maatregelen te kennen op plaatsen waar mensen worden blootgesteld. Door berekeningen van concentraties te combineren met bijvoorbeeld adresgegevens van inwoners, kan het beleid zich nog beter richten op de gezondheid. Een dergelijke case studie is niet uitgevoerd in het kader van dit project, maar aansluitend wel in een apart project voor de gemeente Tilburg.

Tabel 1 Schema voor de indicatieve beoordeling van maatreeleffecten.

Nr	Maatregel	Concentratie van EC	Concentratie van NO ₂	Opmerking																		
1	Bevorderen fietsverkeer																					
1A	5% reductie intensiteit licht			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Afname (% t.o.v.de wegbijdrage)</th> <th>Aantal duimpjes EC</th> <th>Aantal duimpjes NO₂</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-2</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2-5</td> <td>1 </td> <td>1 </td> </tr> <tr> <td>5-10</td> <td>2 </td> <td>2 </td> </tr> <tr> <td>10-20</td> <td>3 </td> <td>3 </td> </tr> <tr> <td>>20</td> <td>4 </td> <td>4 </td> </tr> </tbody> </table>	Afname (% t.o.v.de wegbijdrage)	Aantal duimpjes EC	Aantal duimpjes NO ₂	0-2	0	0	2-5	1	1	5-10	2	2	10-20	3	3	>20	4	4
Afname (% t.o.v.de wegbijdrage)	Aantal duimpjes EC	Aantal duimpjes NO ₂																				
0-2	0	0																				
2-5	1	1																				
5-10	2	2																				
10-20	3	3																				
>20	4	4																				
1B	10% reductie intensiteit licht																					
2	Parkeermaatregelen																					
2A	1% reductie intensiteit licht																					
2B	5% reductie intensiteit licht																					
3	Stadsdistributie																					
3A	1% reductie intensiteit vracht																					
3B	5% reductie intensiteit vracht																					
4	Milieuzone vrachtverkeer (gesteld dat die er niet was, weren t/m Euro III))																					
5	Verschoning bussen			Op locaties met veel bussen grotere potentie, met name voor NO ₂ maar ook voor EC																		
5A	Alle OV-bussen EURO VI																					
5B	Alle OV-bussen zero emission																					
6	Verschoning taxi / bestel / zakelijk incl. sloopregeling																					
6A	Realistisch																					
6B	Tweemaal zoveel vervangen (behalve taxi's)																					
7	Verschoning gemeentelijk wagenpark			Kleine effecten op totaal maar voorbeeldfunctie + op locaties gevoelige groepen																		
8	Verschoning WMO/leerlingen vervoer																					
9	Dynamisch verkeersmanagement (bevorderen doorstroming)			Potentie voor EC en NO ₂ , maar sterk afhankelijk van lokale situatie																		
10	Milieuzone personen- en bestelverkeer																					
10A	Weren t/m Euro 2																					
10B	Weren t/m Euro 3																					

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding	6
2	Werkwijze	7
2.1	Inleiding	7
2.2	Referentiesituaties	7
2.3	Variantsituaties	8
2.4	Maatregelen	9
3	Resultaten	11
3.1	Concentraties in nulsituatie 2015	11
3.2	Effecten referentiesituaties	11
3.3	Effecten variantensituaties	15
3.4	Beoordeling van de maatregelen in termen van gezondheid	17
4	Conclusies en discussie	22
5	Referenties	24
6	Ondertekening	25
	Bijlage(n)	
	A Berekening van schalingsfactoren	
	B Achtergrondinformatie per maatregel	
	C Resultaten referentiesituatie wegtype 4	
	D Resultaten variantsituaties (afname in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	

1 Inleiding

De vijf grote Brabantse steden (B5) en de provincie Noord-Brabant willen op bestuurlijk niveau gezondheid een belangrijker uitgangspunt maken voor het luchtkwaliteitsbeleid (naast de huidige wettelijke grenswaarden voor PM₁₀ en NO₂). Om het voor bestuurders mogelijk te maken gezondheid mee te nemen in de afweging van maatregelen, is inzicht nodig in de mate waarin maatregelen effect hebben op de gezondheid.

Het is bekend dat het halen van de normen voor NO₂ en PM₁₀ geen garantie is voor het voorkomen van gezondheidsschade. Ook onder de normen treden gezondheidseffecten op. Het toepassen van EC (als maat voor roet) als een additionele indicator voor luchtkwaliteit is een goede stap om deze gezondheidseffecten mee te wegen. Aangevoerd is dat, wanneer het gaat om maatregelen die ingrijpen op uitlaatmissies, EC een betere indicator is om de effecten op de gezondheid te kwantificeren dan PM₁₀ of PM_{2.5} (Janssen et al., 2011). NO₂ gold lange tijd als indicatorstof voor verkeeremissies, en hoewel een recente review van de WHO directe gezondheidseffecten als gevolg van blootstelling aan NO₂ niet uitsluit, is de heersende opinie onder gezondheidsdeskundigen dat gezondheidseffecten als gevolg van langdurige blootstelling aan verkeeremissies in grotere mate veroorzaakt worden door roet (elementair koolstof met daaraan gebonden organische koolstoffen) dan door NO₂.

Uit een studie naar de bestuurlijke bruikbaarheid van een roetindicator bleek dat er bij bestuurders en beleidsmedewerkers 'behoefte is aan scenario's die het effect tonen van maatregelen waarvan zij verwachten dat die op de korte of de middellange termijn haalbaar zijn.' (van der Sluis, 2012)

In deze studie heeft TNO berekeningen uitgevoerd van de effectiviteit van lokale verkeersmaatregelen op de jaargemiddelde concentraties van NO₂, PM₁₀ en elementair koolstof (EC, als indicator voor roet) in 2015. De berekeningen zijn gedaan voor twee vooraf gedefinieerde referentiesituaties (verschillend van wegtype). Voor enkele maatregelen zijn extra situaties doorgerekend, met een verschillend aantal vrachtvoertuigen of bussen of een ander snelheidsregime (afhankelijk van de maatregel). Door te rekenen voor dezelfde situaties kunnen de maatregelen onderling vergeleken worden. In de praktijk zullen lokale omstandigheden zoals de verkeerssamenstelling, -intensiteit of bebouwing afwijken van deze referentiesituaties. Om de effecten van maatregelen voor een specifieke situatie in een stad preciezer te kunnen bepalen moet voor de betreffende locaties apart gerekend worden. In dit rapport worden daarom niet alleen de rekenresultaten gepresenteerd, maar worden de effecten van maatregelen ook aan de hand van een eenvoudig "duimpjes" systeem beoordeeld. Dit eenvoudige beoordelingssysteem geeft een eerste indicatie of een maatregel weinig, redelijk of veel effect zal hebben in termen van gezondheid (EC) en het halen van grenswaarden (NO₂).

2 Werkwijze

2.1 Inleiding

In deze studie zijn effecten van enkele lokale verkeersmaatregelen op de concentratie van EC, PM₁₀ en NO₂ doorgerekend voor zichtjaar 2015. De berekeningen zijn uitgevoerd met CARII, het SRM1² model van TNO waarmee voor binnenstedelijke wegen equivalent aan de NSL Rekentool gerekend wordt. CARII berekent de jaargemiddelde bijdrage van het verkeer aan de concentratie in de straat op basis van weg- en bebouwingskenmerken en gegevens over de voertuigintensiteit en emissiefactoren. De emissiefactoren van EC, PM₁₀ en NO₂, en de verandering in deze factoren ten gevolge van de maatregelen gericht op de verschoning van voertuigen, zijn in deze studie met behulp van gedetailleerde TNO emissiemodellen berekend (zie Bijlage A).

De effecten van de maatregelen op de blootstelling van de bevolking zijn afhankelijk van de lokale omstandigheden. In deze studie is voor twee referentiesituaties in een stad gerekend, met voor enkele maatregelen varianten daarop. Op die manier is het mogelijk de effectiviteit van de maatregelen onderling te vergelijken op orde van grootte. Het exacte effect van een maatregel op een specifieke locatie moet altijd speciaal voor de betreffende situatie uitgerekend worden.

2.2 Referentiesituaties

De kenmerken van de twee referentiesituaties zijn in Tabel 2 weergegeven als invoerparameters van het SRM1 model. Het wegtype verschilt tussen beide situaties, de andere invoerparameters zijn gelijk.

Er is gekozen voor een situatie met slechte verspreidingsomstandigheden en dus hoge concentratiebijdragen (wegtype 2, de nauwe streetcanyon) en een situatie met gunstige verspreidingsomstandigheden en dus lage concentratiebijdragen (wegtype 4, niet aaneengesloten bebouwing).

De rekenafstand van 14 meter van de wegas zal over het algemeen uitkomen op ca. 10 meter van de wegrand.

De voertuigintensiteit is met 10.000 mvt/etmaal representatief voor een redelijk drukke binnenstedelijke weg, niet zijnde een rondweg. Het bijbehorende snelheidsregime is normaal stadsverkeer. De stagnatiefactor is op 0 gehouden.

² Standaardrekenmethode voor het berekenen van de bijdrage aan verkeer aan concentraties binnen een stedelijke omgeving.

Tabel 2 Invoerparameters SRM1 model voor de referentiesituatie

Invoerparameter	Referentiesituatie 1	Referentiesituatie 2
SRM1 wegtype	2 (nauwe streetcanyon)	4 (niet aaneengesloten bebouwing)
Rekenafstand	14 m van de wegas	Idem
Bomenfactor	1	Idem
Snelheidsregime / stagnatiefactor	Normaal / 0	Idem
Voertuigintensiteit	10.000 mvt/etmaal	idem

De verhouding tussen licht, middelzwaar, zwaar verkeer en bussen voor de door te rekenen nulsituaties is 92%, 5%, 2% en 1%. Deze verdeling is gebaseerd op de gemiddelde verdeling in de B4-steden uit de studie van Goudappel Coffeng (2013). Voor maatregelen gericht op bussen en vrachtverkeer is ook gerekend voor varianten met een groter aandeel bussen of vrachtverkeer (zie paragraaf 2.3).

Voor de samenstelling binnen de categorieën geldt het volgende:

- De samenstelling van de nulsituatie voor het vrachtverkeer wordt overgenomen uit de studie van Goudappel Coffeng (2013). Deze studie is specifiek uitgevoerd om deze samenstelling (zowel met als zonder milieuzone vrachtverkeer) in kaart te brengen. De uitgangssituatie is dat er een milieuzone vrachtverkeer is ingesteld.
- Het lichte wegverkeer is in de genoemde studie niet nader onderzocht. Voor de samenstelling van het lichte wegverkeer in de nulsituatie wordt uitgegaan van het landelijk gemiddelde.
- De samenstelling van het busverkeer zoals die zich in de nulsituatie in 2015 voordoet, wordt op basis van concessiegegevens op 50% Euro V EEV en 50% Euro VI verondersteld.

Tabel 3 vat de gegevens m.b.t. de wagenparksamenstelling samen.

Tabel 3 Wagenparksamenstelling voor referentiesituatie (nulsituatie in 2015)

Voertuigcategorie	Aandeel (%)	Samenstelling
Licht	92	Landelijk gemiddelde
Middelzwaar	5	Goudappel Coffeng (2013)
Zwaar	2	Goudappel Coffeng (2013)
Bus	1	50% Euro V EEV, 50% Euro VI

2.3 Variantsituaties

Maatregelen gericht op bussen en vrachtverkeer hebben uiteraard vooral effect op plekken waar hun aandeel groot is. Daarom is ter indicatie ook gerekend voor varianten met een groter aandeel bussen of vrachtverkeer. Daartoe zijn op een eenvoudige wijze de percentages aangepast. Er is dus geen rekening gehouden met veranderingen in absolute aantallen (bijvoorbeeld: wanneer het aantal bussen toeneemt, zal het aantal personenvoertuigen vermoedelijk extra afnemen). De verdeling over de voertuigcategorieën voor de varianten is weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4 Aandeel voertuigcategorieën (%) voor varianten met drukker vracht- of busverkeer.

Voertuigcategorie	Referentie	Maatregel 3 en 4 (vrachtverkeer)	Maatregel 5 (bussen) variant "5%"	Maatregel 5 (bussen) variant "20%"
Licht	92	89	88,3	74,4
Middelzwaar	5	7	4,8	4
Zwaar	2	3	1,9	1,6
Bus	1	1	5	20

Daarnaast is voor de maatregel dynamisch verkeersmanagement een variant doorgerekend. Het betreft een rondweg met een doorstromend snelheidsregime. Juist op dit type wegen wordt dynamisch verkeersmanagement toegepast (bijvoorbeeld groene golven).

2.4 Maatregelen

Er zijn verschillende maatregelen die leiden tot eenzelfde soort effect, bijvoorbeeld het verminderen van stagnatie of het verschonen van het wagenpark. Vaak worden deze maatregelen ook in combinatie ingezet. Waar de maatregelen in de Solve Maatregelenmix (CROW, 2008) allemaal apart worden behandeld, is er in deze studie voor gekozen om maatregelen te bundelen en te beschrijven op basis van het verwachte effect op de invoerparameter in het CAR model (voor binnenstedelijk wegverkeer) of bij de verschoningsmaatregelen op basis van verschuiving in samenstelling (Euroklassen).

In overleg met de opdrachtgever is de set aan maatregelen, zoals gepresenteerd in Tabel 5, tot stand gekomen. In deze tabel staan de maatregelen genoemd samen met de invoerparameter van het SRM1 model waarop de maatregel ingrijpt en de omvang van de maatregel voor een of twee scenario's. In Bijlage B is meer informatie over de afzonderlijke maatregelen te vinden, bijvoorbeeld waarop de scenario's zijn gebaseerd en aannames voor de nulsituatie.

Voor de meeste maatregelen zijn twee scenario's gedefinieerd: een realistische (A) en een meer ambitieuze (B). Dat is anders voor de volgende maatregelen:

- Maatregel 4, de milieuzone vrachtverkeer, is alleen in de bestaande variant doorgerekend. Dit is een maatregel die al is geïmplementeerd. Het bepaalde effect is het effect van de bestaande milieuzone vrachtverkeer in 2015 t.o.v. de situatie waarin er geen milieuzone was geweest.
- Maatregelen 7 en 8 zijn aparte verschoningsmaatregelen voor het gemeentelijk wagenpark en WMO/leerlingenvervoer. Deze zullen op zichzelf geen groot effect vanwege het beperkte aandeel van de voertuigen aan de totaal afgelegde voertuigkilometers in de stad. Toch is het interessant om ze apart te behandelen, omdat dit bij uitstek maatregelen zijn waar de gemeente invloed op kan uitoefenen. De effecten worden bepaald per 100 te verschonen voertuigen, voor een stad ter grootte van Tilburg.
- Maatregel 9 betreft dynamisch verkeersmanagement waarmee de doorstroming op drukke wegen kan worden bevorderd. Voor deze maatregel zijn twee verschillende situaties m.b.t. snelheidsregime zoals die gewoonlijk voorkomen in de Monitoringstool doorgerekend:
 - Normaal verkeer op binnenstedelijke wegen, anders dan rondwegen.
 - Doorstromend verkeer op rondwegen (in deze studie als variant beschouwd).

Voor beide typen snelheidsregime is de berekening gemaakt voor een (hypothetische) situatie waarin de stagnatiefactor van 0,2 naar 0 afneemt. In werkelijkheid zal deze maatregel een veel complexer effect hebben, waarbij stagnatiefactoren op bepaalde wegvakken (verschillend) zullen afnemen en op andere wegvakken zullen toenemen. De congestie zal in werkelijkheid waarschijnlijk ook vrijwel nooit tot nul afnemen. Het vraagt een op de lokale situatie toegespitste studie om de effecten goed in beeld te brengen. De berekening in deze studie moet dan ook gezien worden als een zeer grove indicatie van wat bereikt kan worden als stagnatie sterk wordt verminderd. Omdat de referentiesituatie anders is, is deze maatregel niet helemaal eerlijk te vergelijken met de andere maatregelen, waar wel van 0% stagnatie wordt uitgegaan.

Tabel 5 Overzicht maatregelen

Nr	Maatregel	Invoerparameter SRM1	Scenario A	Scenario B
1	Bevorderen fietsverkeer	Intensiteit licht	5% reductie	10% reductie
2	Parkeermaatregelen	Intensiteit licht	1% reductie	5% reductie
3	Stadsdistributie	Intensiteit vracht	1% reductie	5% reductie
4	Milieuzone vrachtverkeer (gesteld dat die er niet was)	Emissiefactor middelzwaar en zwaar	Weren t/m Euro III	-
5	Verschoning bussen	Emissiefactor bus	Alle OV-bussen EURO VI	Alle OV-bussen zero emission
6	Verschoning taxi / bestel / zakelijk incl. sloopregeling	Emissiefactor licht	'Realistisch' o.b.v. studies A'dam en Utrecht	Tweemaal zoveel vervangen (behalve taxi's)
7	Verschoning gemeentelijk wagenpark	Emissiefactor licht en middelzwaar	Per 100 voertuigen	-
8	Verschoning WMO/leerlingen vervoer	Emissiefactor licht	Per 100 voertuigen	-
9	Dynamisch verkeersmanagement (bevorderen doorstroming)	Stagnatiefactor	Van 0,2 naar 0	-
10	Milieuzone personen- en bestelverkeer	Emissiefactor licht	Weren t/m Euro 2	Weren t/m Euro 3

3 Resultaten

3.1 Concentraties in nulsituatie 2015

De concentraties en de bijdragen eraan van het verkeer in de nulsituatie van beide referentiesituaties zijn weergegeven in Tabel 6. De achtergrondconcentratie is afkomstig uit de GCN kaart (versie 2014) voor het jaar 2015³. Als locatie is de binnenstad van Tilburg aangehouden.

Tabel 6 Jaargemiddelde concentratie nulsituatie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stof	Achtergrond	Bijdrage verkeer	Totaal	Aandeel verkeer (%)
Nauwe streetcanyon				
EC	0,9	0,22	1,12	20
PM ₁₀	24,3	1,16	25,5	4,5
NO ₂	23,9	6,37	30,3	21
Niet aaneengesloten bebouwing				
EC	0,9	0,12	1,02	11
PM ₁₀	24,3	0,62	24,9	2,5
NO ₂	23,9	3,57	27,5	13

De jaargemiddelde bijdrage van het verkeer is voor de nauwe streetcanyon bijna tweemaal zo hoog als die voor de straat zonder aaneengesloten bebouwing. De gekozen referentiesituaties resulteren in relatief lage verkeersbijdragen. Te zien is dat de procentuele aandelen van het verkeer aan de concentratie van EC en NO₂ vergelijkbaar zijn⁴ en veel groter dan die voor PM₁₀.

3.2 Effecten referentiesituaties

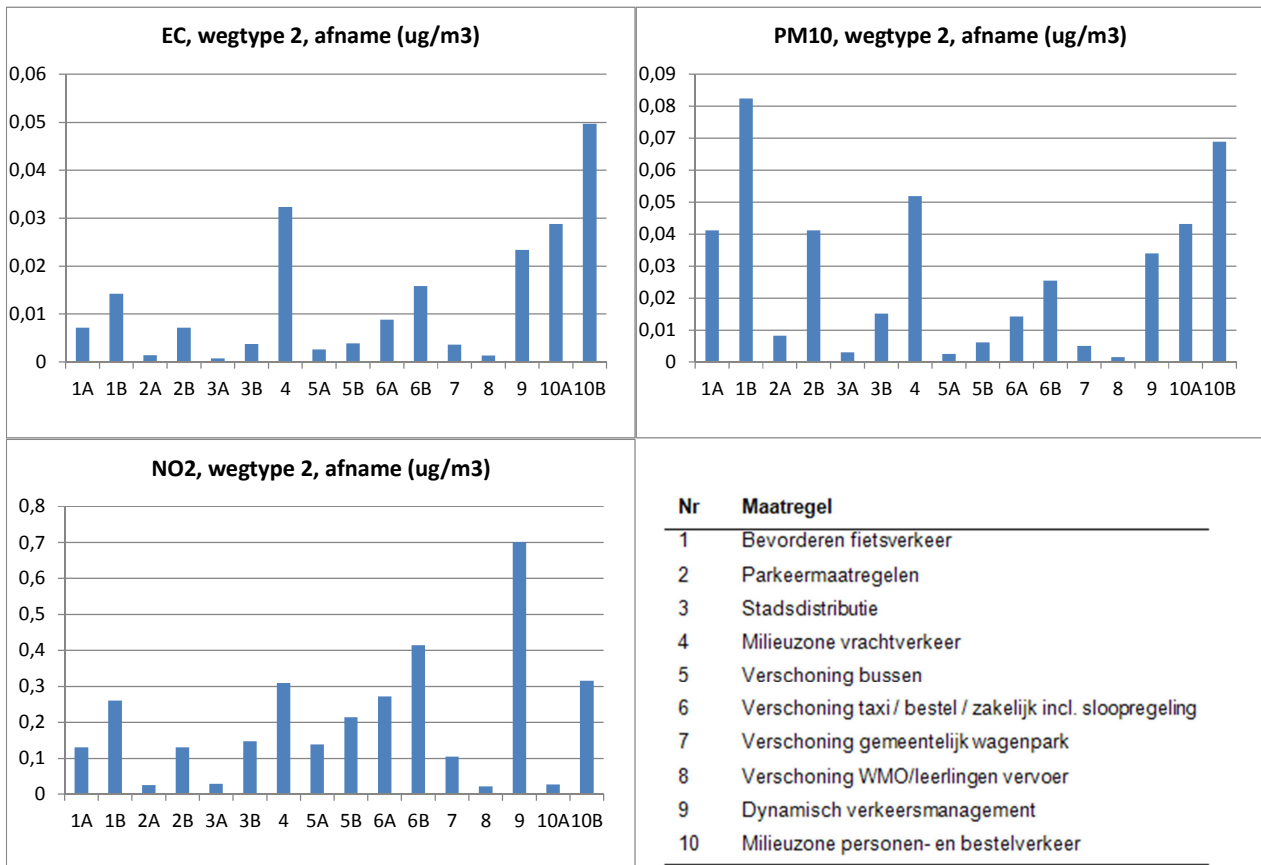
Om de effecten van de verschillende maatregelen onderling te kunnen vergelijken worden de effecten door middel van staafdiagrammen getoond. De verhoudingen tussen de effecten van de maatregelen zijn voor wegtype 2, de nauwe streetcanyon, vergelijkbaar met die voor wegtype 4, niet aaneengesloten bebouwing. Daarom zijn hier alleen de resultaten voor wegtype 2 getoond, terwijl die voor wegtype 4 in Bijlage C op zijn genomen.

De resultaten worden in drie grafieken per stof getoond:

- (Figuur 1) afname van de concentratie in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
 - (Figuur 2) afname van de concentratie in %.
 - (Figuur 3) afname van de bijdrage van het verkeer aan de concentratie in %.
- Deze grafiek is voor alle wegtypen hetzelfde.

³ Dat geldt ook voor de achtergrondconcentratie van ozon, die nodig is voor de bepaling van NO₂ uit NO_x.

⁴ In eerdere studies kwam EC vaak naar voren als de indicator met de hoogste procentuele verkeersbijdrage. Het wagenpark verschoont t.a.v. roet echter vrij snel als gevolg van nabehandelingstechnieken (roetfilters). Door de nabehandelingstechnieken neemt ook NO_x af, maar de directe fractie NO₂ neemt toe. In 2015 blijkt het aandeel van het verkeer aan de concentratie van EC en NO₂ procentueel van dezelfde orde van grootte.

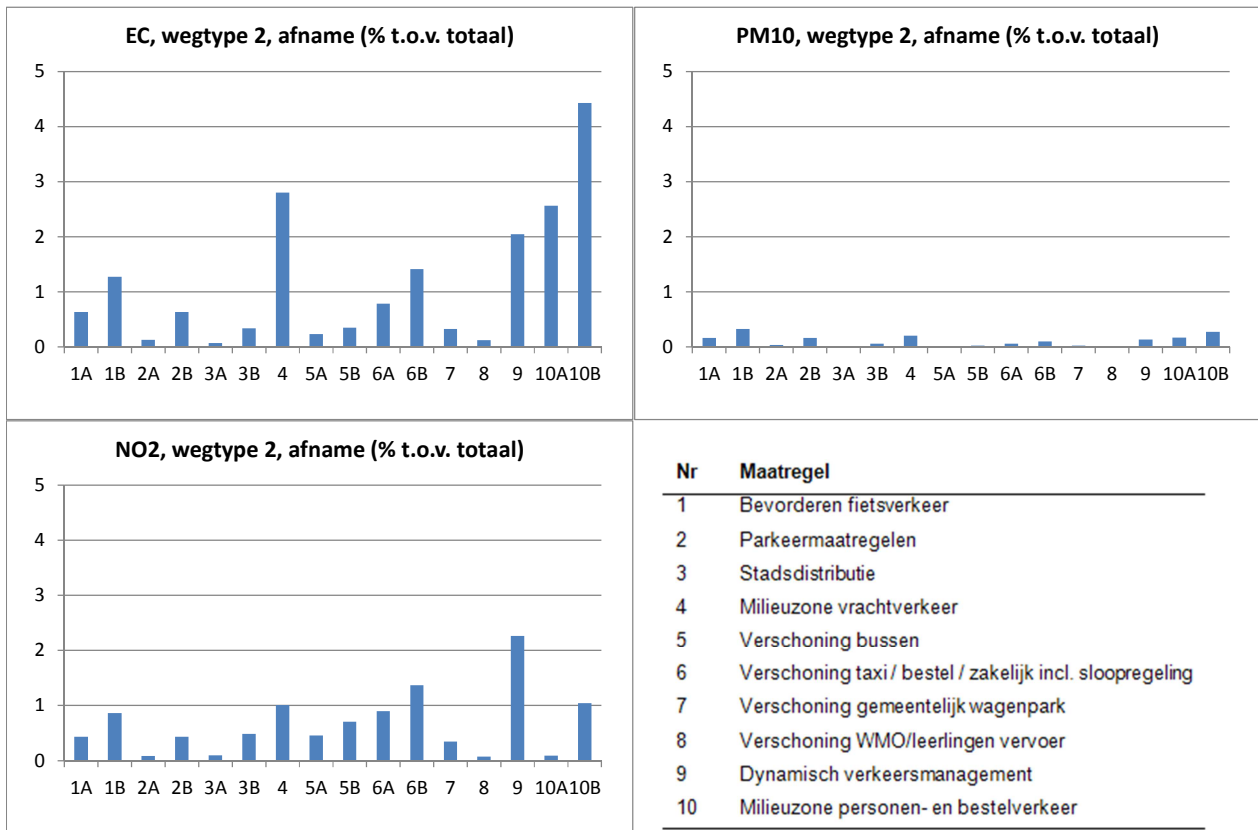


Figuur 1 Afname van de concentratie in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor een nauwe streetcanyon. Linksboven: EC, rechtsboven: PM_{10} en onder: NO_2 . In grote lijnen kan scenario's A beschouwd worden als realistisch en scenario B als ambitieuzer.

Uit Figuur 1 blijkt het volgende:

- De afnamen voor de nauwe streetcanyon zijn voor NO_2 minder dan $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, voor EC en PM_{10} minder dan $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Er zijn relatief grote verschillen in afname tussen de maatregelen.
- Voor sommige maatregelen zijn de effecten op het eerste gezicht verschillend voor de stoffen.

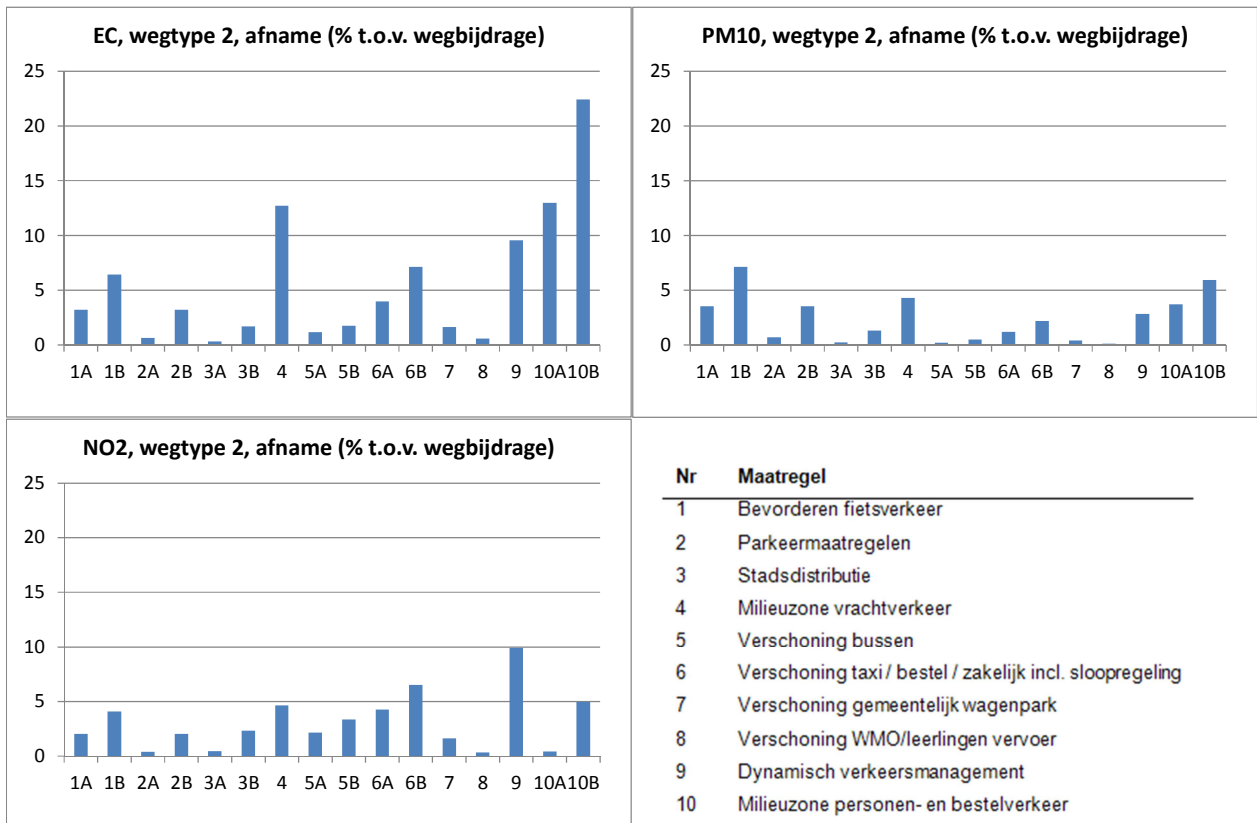
Er wordt opgemerkt dat maatregel 9, dynamisch verkeersmanagement, uitgerekend is voor de hypothetische situatie waarin de stagnatie van 0,2 naar 0 gaat (zie uitleg in paragraaf 2.4). De uitgangssituatie is daardoor anders dan voor de andere maatregelen (in de referentiesituatie is er geen stagnatie). Voor NO_2 levert deze maatregel in absolute termen de grootste verandering op, maar dat is enigszins vertekend omdat de wegbijdrage in de uitgangssituatie al hoger was.



Figuur 2 Afname van de concentratie in % voor een nauwe streetcanyon. Linksboven: EC, rechtsboven: PM₁₀ en onder: NO₂. In grote lijnen kan scenario's A beschouwd worden als realistisch en scenario B als ambitieuzer.

Uit Figuur 2 blijkt het volgende:

- Ten opzichte van de totale concentratie zijn de effecten op PM₁₀ zeer klein (<0,5%). Dat komt door het relatief kleine aandeel van verkeersemissies aan de concentratie van PM₁₀. Om de concentratie van PM₁₀ te beïnvloeden is het handelingsperspectief van een lokale overheid dus zeer gering.
- Voor EC en NO₂ zijn de effecten op de totale concentratie met enkele procenten in dezelfde orde van grootte.



Figuur 3 Afname van de bijdrage van het verkeer aan de concentratie in % voor een nauwe streetcanyon (tevens geldig voor niet aaneengesloten bebouwing en andere wegtypen). Linksboven: EC, rechtsboven: PM₁₀ en onder: NO₂. In grote lijnen kan scenario's A beschouwd worden als realistisch en scenario B als ambitieuzer.

Uit Figuur 3 blijkt het volgende:

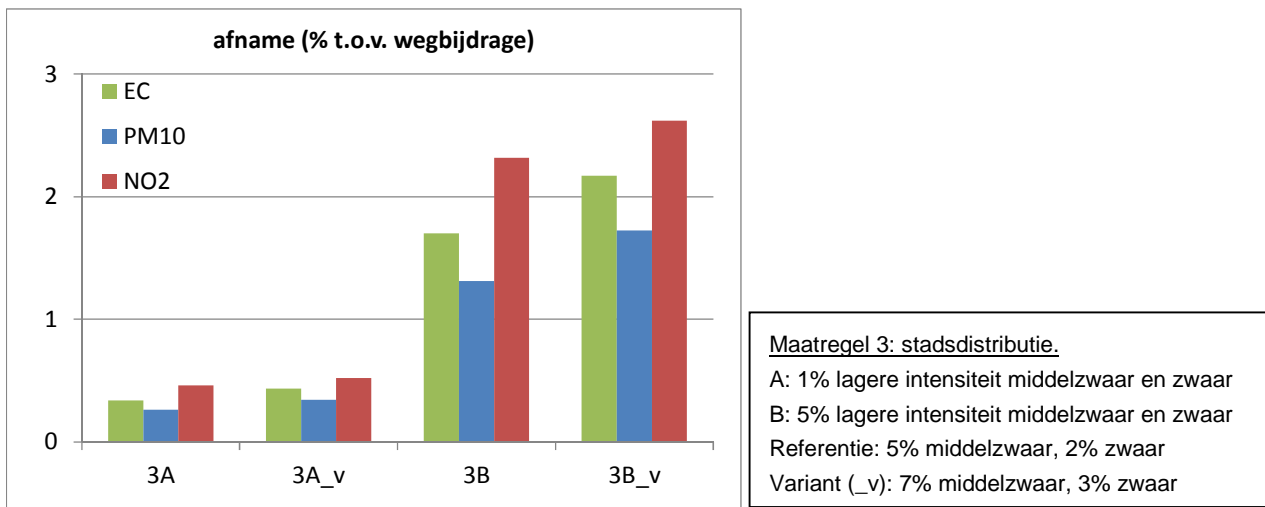
- Kijkend naar het effect op de bijdrage van het verkeer, dan treden er effecten op tot 5% voor PM₁₀, 10% voor NO₂ en 20% voor EC.
- Maatregelen die gericht zijn op het verlagen van de intensiteit van licht verkeer (1 en 2) geven voor EC en PM₁₀ vergelijkbare reductiepercentages. De reductiepercentages voor NO₂ zijn iets lager. Het omgekeerde geldt voor de maatregel gericht op het verlagen van de intensiteit van middelzwaar en zwaar verkeer (3), zie paragraaf 3.4 voor meer detail.
- Maatregelen die gericht zijn op verschoning (4 t/m 8 en 10) geven voor de drie stoffen verschillende reductiepercentages. Het zijn dan ook deze maatregelen waar lokale overheden gericht kunnen kiezen voor het verlagen van NO₂ om aan de grenswaarden te voldoen, of voor het verlagen van EC om meer gezondheidswinst te verkrijgen. In paragraaf 3.4 wordt verder ingegaan op de vergelijking tussen de effecten van de verschillende maatregelen op EC en NO₂.
- De afnamepercentages van de verschoningsmaatregelen zijn groter voor EC dan voor PM₁₀ omdat de verkeersemisies van PM₁₀ niet alleen bestaan uit verbrandingsemisies (EC), maar ook uit slijtage-emisies.
- De vermindering van de stagnatiefactor van 0,2 naar 0 door dynamisch verkeersmanagement (maatregel 9), geeft voor NO₂ en EC een relatief grote afname. Vanwege de andere uitgangssituatie en de sterk hypothetisch veronderstelde afname van de stagnatie is het lastig om deze maatregel met de andere te vergelijken. Wel is aangetoond dat de invloed van stagnatiefactoren

in de NSL rekentool op de concentratiebijdrage van het verkeer groot is. Het bevorderen van de doorstroming is dus potentieel een invloedrijke maatregel.

3.3 Effecten variantensituaties

3.3.1 Stadsdistributie

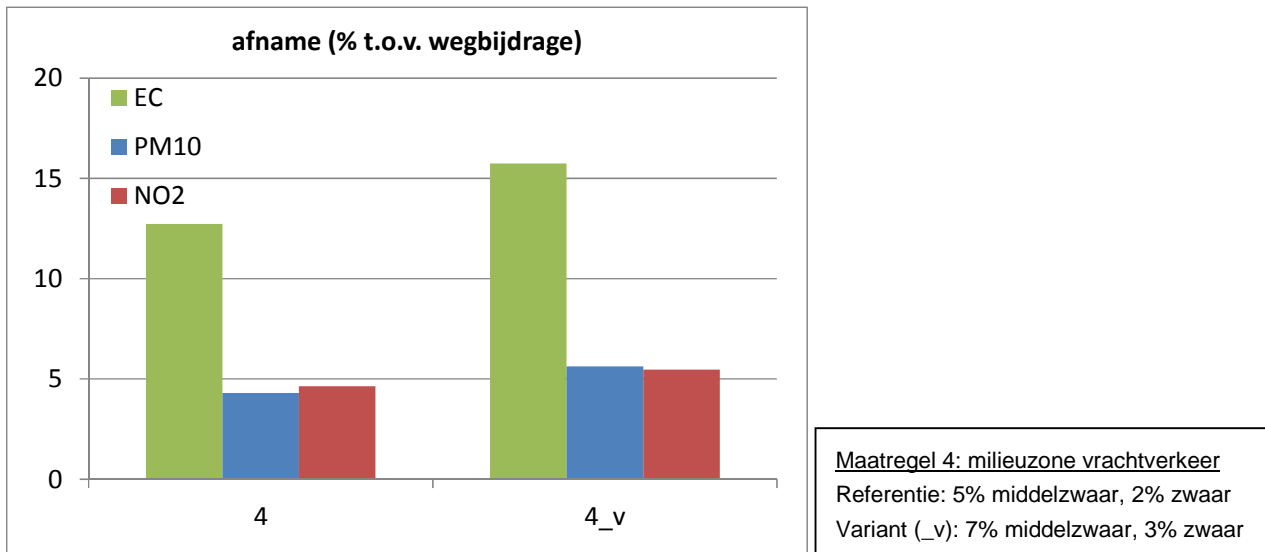
De afname in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ als gevolg van de maatregel 'stadsdistributie' voor de variant met meer vrachtverkeer, in vergelijking met de referentiesituatie, is opgenomen in Bijlage D. Figuur 4 toont de procentuele afname t.o.v. de wegbijdrage voor de drie stoffen in één grafiek. Bij de variant met meer vrachtverkeer is logischerwijs een grotere afname te zien dan in de referentiesituatie.



Figuur 4 Afname van de bijdrage van het verkeer aan de concentratie in % als gevolg van maatregel 3, stadsdistributie, voor referentie- en variantsituatie.

3.3.2 Milieuzone vrachtverkeer

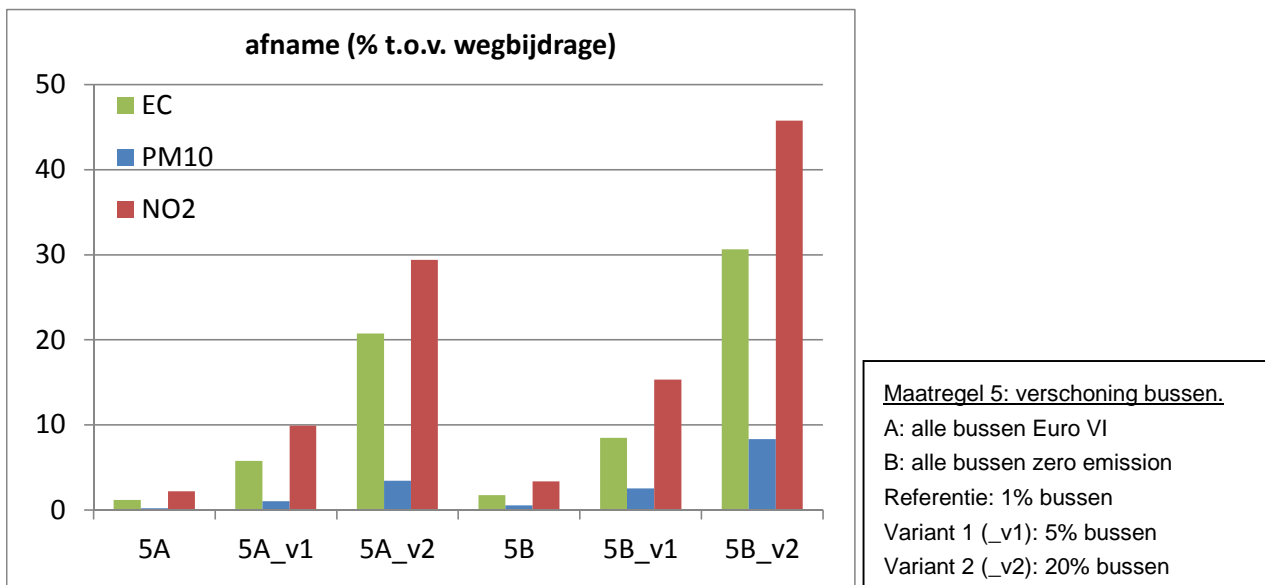
De afname in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ als gevolg van de maatregel 'milieuzone vrachtverkeer' voor de variant met meer vrachtverkeer, in vergelijking met de referentiesituatie, is opgenomen in Bijlage D. Figuur 5 toont de procentuele afname t.o.v. de wegbijdrage voor de drie stoffen in één grafiek. Bij de variant met meer vrachtverkeer is logischerwijs een grotere afname te zien dan in de referentiesituatie.



Figuur 5 Afname van de bijdrage van het verkeer aan de concentratie in % als gevolg van maatregel 4, milieuzone vrachtverkeer, voor referentie- en variantsituatie.

3.3.3 *Verschoning bussen*

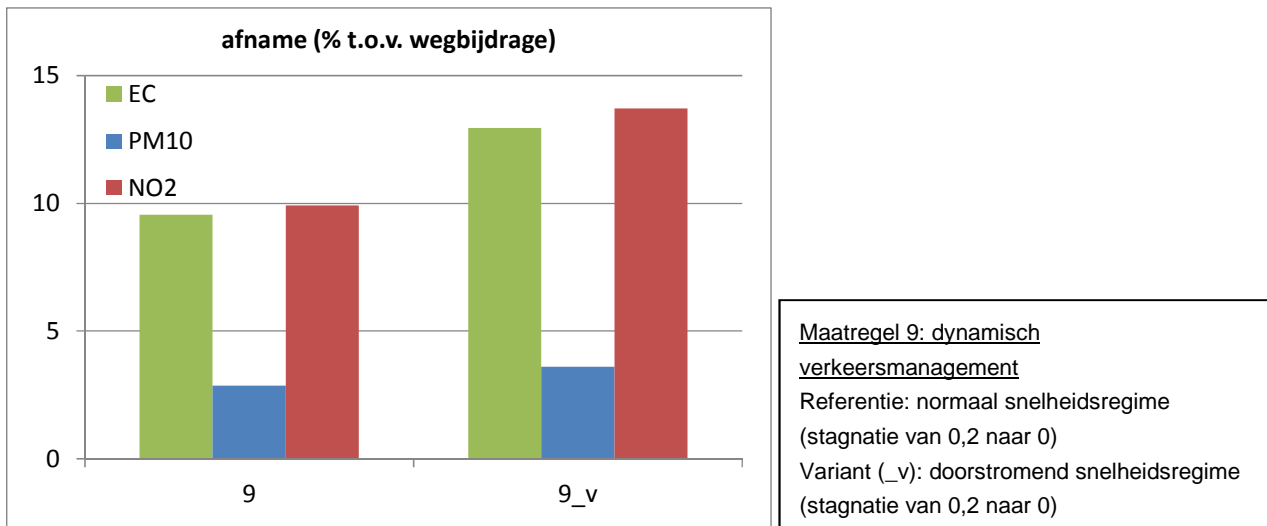
De afname in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ als gevolg van de maatregel 'verschoning bussen' voor de variant met meer busverkeer, in vergelijking met de referentiesituatie, is opgenomen in Bijlage D. Figuur 6 toont de procentuele afname t.o.v. de wegbijdrage voor de drie stoffen in één grafiek. Bij de variant met meer busverkeer is logischerwijs een grotere afname te zien dan in de referentiesituatie.



Figuur 6 Afname van de bijdrage van het verkeer aan de concentratie in % als gevolg van maatregel 5, verschoning bussen, voor referentie- en variantsituatie.

3.3.4 Dynamisch verkeersmanagement

De afname in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ als gevolg van de maatregel 'dynamisch verkeersmanagement' voor de variant met een doorstromend snelheidsregime (rondwegen), in vergelijking met de referentiesituatie, is opgenomen in Bijlage D. Figuur 7 toont de procentuele afname t.o.v. de wegbijdrage voor de drie stoffen in één grafiek. Bij snelheidsregime doorstromend stadverkeer blijkt de afname van de stagnatie van 0,2 naar 0 een groter effect te hebben dan bij snelheidsregime normaal stadsverkeer.



Figuur 7 Afname van de bijdrage van het verkeer aan de concentratie in % als gevolg van maatregel 9, dynamisch verkeersmanagement, voor referentie- en variantsituatie.

3.4 Beoordeling van de maatregelen in termen van gezondheid

Aangetoond is dat, wanneer het gaat om maatregelen die ingrijpen op verkeersuitlaatmissies, EC een betere indicator is om de effecten op de gezondheid te kwantificeren dan PM_{10} of $\text{PM}_{2.5}$ (Janssen et al., 2011). In deze studie wordt langdurige blootstelling in verband gebracht met verlies aan levensverwachting. Bij het toepassen van EC als indicator blijkt de gezondheidswinst van lokale verkeersmaatregelen in termen van levensverwachting groter te zijn dan wanneer PM_{10} of $\text{PM}_{2.5}$ als indicator worden toegepast.

NO_2 gold lange tijd als indicatorstof voor verkeersemissies. NO_2 en EC zijn in stedelijke omgeving met veel verkeer in hoge mate gecorreleerd. Dat maakt het ondoenlijk om gezondheidseffecten op basis van epidemiologische studies toe te schrijven aan de ene of de andere stof. Hoewel een recente review van de WHO directe gezondheidseffecten als gevolg van blootstelling aan NO_2 niet uitsluit, is de heersende opinie onder gezondheidsdeskundigen dat gezondheidseffecten als gevolg van langdurige blootstelling aan verkeersemissies in grotere mate veroorzaakt worden door roet (elementair koolstof met daaraan gebonden organische koolstoffen) dan door NO_2 .

Op basis van bovenstaande wordt in deze studie EC als betere indicator voor gezondheid beschouwd en NO₂ als indicator voor het halen van grenswaarden⁵.

Voor bestuurders is het wenselijk om een aansprekende maat te hebben voor de mate waarin blootstelling aan EC de gezondheid beïnvloedt. Met de huidige stand van kennis kan een afname van de concentratie van EC indicatief worden vertaald naar winst aan levensverwachting (in de orde van maanden). Dat is voor bestuurders echter geen eenvoudig te duiden indicator. Ze zijn huiverig om in deze termen met burgers te communiceren (van der Sluis, 2012). Immers, hoeveel is een maand langere levensverwachting waard? Er is behoefte aan inzicht in de kosten en baten van beleid om EC te verlagen, in vergelijking met ander beleid gericht op een langere levensduur (bijvoorbeeld roken, drankgebruik en overgewicht). Dat is momenteel nog niet voorhanden.

Aansprekender zou een maat zijn gericht op effecten die mensen in het dagelijks leven ervaren, zoals problemen met luchtwegen. Het gaat dan om de relatie tussen kortdurende blootstelling aan hoge concentraties van EC en bijvoorbeeld astma-aanvallen bij kinderen. Kwantitatieve kennis hierover ontbreekt echter momenteel nog. Wel zijn gegevens bekend over hoeveel mensen in Nederland last hebben van luchtwegaandoeningen. In de "Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationaal Kompas Volksgezondheid" van het RIVM zijn dergelijke gegevens te vinden:

- *Astma*: Op 1 januari 2011 hadden 475.400 mensen astma: 218.400 mannen en 259.000 vrouwen (26,5 per 1.000 mannen en 30,8 per 1.000 vrouwen). Het aantal nieuwe patiënten met astma werd in 2011 geschat op 87.500 personen. Astma is een ziekte die met name bij kinderen en jongvolwassenen voorkomt en minder bij ouderen.
- *COPD*: Op 1 januari 2011 hadden 361.800 mensen COPD (chronische bronchitis en emfyseem): 189.700 mannen en 172.100 vrouwen (23,0 per 1.000 mannen en 20,5 per 1.000 vrouwen). COPD komt voornamelijk voor bij mensen van 55 jaar en ouder en de prevalentie neemt toe met de leeftijd. In 2010 waren er 22.440 ziekenhuisopnamen (exclusief dagopnamen) voor COPD. Het aantal ziekenhuisopnamen had betrekking op bijna 200.000 opnamedagen.

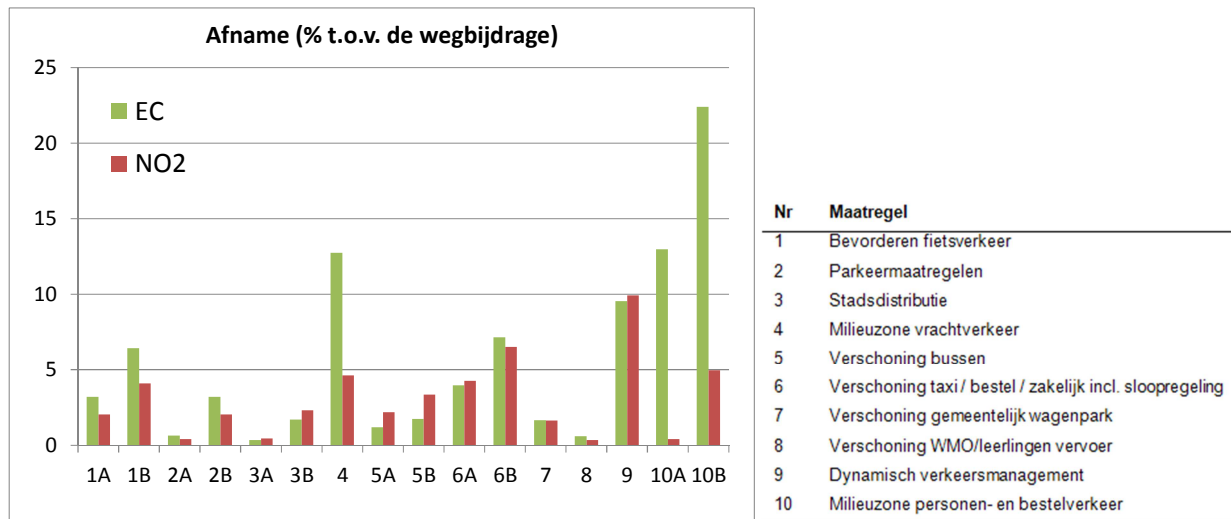
Uit bovenstaande gegevens blijkt dat met ca 5% een aanzienlijk deel van de Nederlandse bevolking aan astma of COPD lijdt. Deze 5% is voor een bestuurder veel tastbaarder en kan aanleiding zijn om (aanvullend) luchtkwaliteitbeleid in te zetten. Verhoogde concentraties van luchtverontreiniging zal voor dit deel van de bevolking tot acute gezondheidslast kunnen leiden en het is aannemelijk dat ook de maatschappelijke kosten hierdoor toenemen. De invloed van verhoogde concentraties is alleen nog niet gekwantificeerd.

Er is daarom voor gekozen om in deze paragraaf de maatregelen semi-kwantitatief te beoordelen in termen van gezondheid. Het effect op de concentratie van EC wordt gekwantificeerd maar niet vertaald naar een gezondheidseffect. Wel wordt het effect van een maatregel op EC afgewogen tegen het effect van de maatregel op NO₂. Aan bestuurders wordt op deze manier inzicht geboden in welke maatregelen relatief meer gezondheidswinst opleveren en welke maatregelen meer

⁵ Op enkele verkeersbelaste locaties in Nederland wordt naar verwachting in 2015 nog niet aan de grenswaarde van NO₂ voldaan. De grenswaarde voor PM₁₀ wordt op dergelijke locaties over het algemeen wel gehaald. Bovendien heeft deze studie opnieuw laten zien dat de invloed van lokale overheden op de concentratie van PM₁₀ bijzonder gering is.

geschikt zijn voor het verlagen van de concentratie van NO₂ (relevant voor het halen van grenswaarden).

Figuur 8 toont voor de referentiesituatie de effecten van de maatregelen op de bijdrage van het verkeer aan de concentratie van EC en NO₂ in één grafiek. Daarbij wordt opgemerkt dat maatregelen 7,8 en 9 niet een op een met de andere maatregelen te vergelijken zijn. Maatregelen 7 en 8 zijn berekend per 100 voertuigen op een wagenparkgrootte in een stad ter grootte van Tilburg, zodat het afhankelijk is van de lokale situatie of er in de praktijk een groter dan wel kleiner effect zal optreden.



Figuur 8 Afname van de bijdrage van het verkeer aan de concentratie in %, vergelijking van EC met NO₂. In grote lijnen kan scenario's A beschouwd worden als realistisch en scenario B als ambitieuzer. N.B.: maatregelen 7, 8 en 9 zijn niet één op één met de andere maatregelen te vergelijken.

Voor dynamisch verkeersmanagement (maatregel 9) moet de berekening gezien worden als een zeer grove indicatie van wat bereikt kan worden als stagnatie sterk wordt verminderd. Omdat de andere maatregelen zijn doorgerekend voor een referentiesituatie zonder stagnatie, kan maatregel 9 niet een op een worden vergeleken met de andere maatregelen.

Wanneer effecten op de concentratie van EC worden vergeleken met die op de concentratie van NO₂, valt het volgende op in Figuur 8:

- Milieuzones waarin oude dieselveertuigen geweerd worden hebben, zowel voor vrachtverkeer (maatregel 4) als voor personen- en bestelverkeer (maatregel 10), een groot effect op de concentratie van EC, terwijl de effecten op de concentratie van NO₂ vergeleken met die van EC laag zijn.
- Maatregelen gericht op de vermindering van het aantal lichte voertuigen (1 en 2) scoren relatief beter voor EC dan voor NO₂.
- De maatregelen gericht op de vermindering van het aantal middelzware en zware voertuigen (3) scoort relatief beter voor NO₂ dan voor EC. Hierbij wordt opgemerkt dat de Ausgangssituatie een stad met een milieuzone voor vrachtverkeer is (met andere woorden: het vrachtverkeer is al flink verschoond t.a.v. EC).
- De maatregel gericht op de verschoning van bussen (5) scoort relatief beter voor NO₂ dan voor EC. Hierbij wordt opgemerkt dat de Ausgangssituatie een









stad is waarin het busverkeer al relatief schoon is (50% Euro V EEV en 50% Euro VI).

- De maatregel gericht op de verschoning van lichte voertuigen die relatief veel kilometers maken in de stad (6) scoort voor EC en NO₂ vergelijkbaar. Hoe meer voertuigen worden verschoond, hoe sterker het effect van NO₂ naar EC verschuift. Het verschil tussen deze verschoningsmaatregel en een milieuzone personen- en bestelverkeer, is dat bij deze maatregel al relatief schone (EURO 5) voertuigen worden vervangen door nog schonere, terwijl een milieuzone zorgt voor het vervangen van oudere (< EURO 2 of 3) voertuigen met hoge EC emissies.
- De verschoning van het gemeentelijk wagenpark (7) scoort voor EC en NO₂ vergelijkbaar, terwijl de verschoning van het wagenpark voor WMO- en leerlingenvervoer (8) relatief beter scoort voor EC.
- Dynamisch verkeersmanagement (9) scoort in het uitgewerkte voorbeeld relatief iets beter voor NO₂ dan voor EC, maar de verschillen zijn klein.

Figuur 8 geeft ook inzicht in welke maatregelen het meest effectief voor het halen van grenswaarden (NO₂) of het verbeteren van de gezondheid (EC) zijn. Voor EC springt de milieuzone personen- en bestelverkeer eruit. Voor NO₂ zou – afgezien van de grove indicatie van wat met dynamisch verkeersmanagement bereikt kan worden als stagnatie sterk verminderd wordt – de mix aan verschoningsmaatregelen van lichte voertuigen die veel kilometers maken in de stad het beste uit de bus komen. Figuur 8 geldt specifiek voor de referentiesituatie. Op een locatie met meer busverkeer, zou het verschoonen van busverkeer wel eens kosteneffectiever kunnen zijn voor het halen van de grenswaarden van NO₂.

Om de effecten van maatregelen op een specifieke situatie in een stad preciezer te kunnen bepalen moet voor de betreffende locatie apart gerekend worden. In dit rapport worden daarom niet alleen de rekenresultaten gepresenteerd, maar worden de effecten van maatregelen ook aan de hand van een eenvoudig “duimpjes” schema beoordeeld. Dit eenvoudige beoordelingssysteem geeft een eerste indicatie of een maatregel weinig, redelijk of veel effect zal hebben in termen van de concentratie van EC (relevant voor de gezondheid) en NO₂ (relevant voor het halen van de grenswaarde). De effectiviteit is uitgedrukt in een aantal duimpjes. Het aantal is gebaseerd op de procentuele afname van de bijdrage van het wegverkeer zoals gepresenteerd in Figuur 8 volgens Tabel 7. Het beoordelingsschema is weergegeven in Tabel 8.

Tabel 7 Koppeling van aantal duimpjes met de afname van de wegbijdrage

Afname (% t.o.v. de wegbijdrage)	Aantal duimpjes EC	Aantal duimpjes NO ₂
0-2	0	0
2-5	1 	1 
5-10	2 	2 
10-20	3 	3 
>20	4 	4 

Tabel 8 Schema voor de indicatieve beoordeling van maatreeleffecten.

Nr	Maatregel	Concentratie van EC	Concentratie van NO ₂	Opmerking																		
1	Bevorderen fietsverkeer																					
1A	5% reductie intensiteit licht			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Afname (% t.o.v.de wegbijdrage)</th> <th>Aantal duimpjes EC</th> <th>Aantal duimpjes NO₂</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-2</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2-5</td> <td>1 </td> <td>1 </td> </tr> <tr> <td>5-10</td> <td>2 </td> <td>2 </td> </tr> <tr> <td>10-20</td> <td>3 </td> <td>3 </td> </tr> <tr> <td>>20</td> <td>4 </td> <td>4 </td> </tr> </tbody> </table>	Afname (% t.o.v.de wegbijdrage)	Aantal duimpjes EC	Aantal duimpjes NO ₂	0-2	0	0	2-5	1	1	5-10	2	2	10-20	3	3	>20	4	4
Afname (% t.o.v.de wegbijdrage)	Aantal duimpjes EC	Aantal duimpjes NO ₂																				
0-2	0	0																				
2-5	1	1																				
5-10	2	2																				
10-20	3	3																				
>20	4	4																				
1B	10% reductie intensiteit licht																					
2	Parkeermaatregelen																					
2A	1% reductie intensiteit licht																					
2B	5% reductie intensiteit licht																					
3	Stadsdistributie																					
3A	1% reductie intensiteit vracht																					
3B	5% reductie intensiteit vracht																					
4	Milieuzone vrachtverkeer (gesteld dat die er niet was, weren t/m Euro III))																					
5	Verschoning bussen			Op locaties met veel bussen grotere potentie, met name voor NO ₂ maar ook voor EC																		
5A	Alle OV-bussen EURO VI																					
5B	Alle OV-bussen zero emission																					
6	Verschoning taxi / bestel / zakelijk incl. sloopregeling																					
6A	Realistisch																					
6B	Tweemaal zoveel vervangen (behalve taxi's)																					
7	Verschoning gemeentelijk wagenpark			Kleine effecten op totaal maar voorbeeldfunctie + op locaties gevoelige groepen																		
8	Verschoning WMO/leerlingen vervoer																					
9	Dynamisch verkeersmanagement (bevorderen doorstroming)			Potentie voor EC en NO ₂ , maar sterk afhankelijk van lokale situatie																		
10	Milieuzone personen- en bestelverkeer																					
10A	Weren t/m Euro 2																					
10B	Weren t/m Euro 3																					

4 Conclusies en discussie

In deze studie zijn effecten van verkeersmaatregelen op de jaargemiddelde concentraties van NO₂, PM₁₀ en EC berekend voor zichtjaar 2015 voor een tweetal binnenstedelijke referentiesituaties. Het uitgangspunt is dat er in 2015 een milieuzone voor vrachtverkeer van kracht is en dat het busverkeer al relatief schoon is (50% Euro V EEV en 50% Euro VI). Het onderzoek leidt tot de volgende conclusies:

- Lokaal beleid heeft slechts zeer beperkt invloed op de concentratie van PM₁₀.
- Het meewegen van de effecten van maatregelen op de concentratie van EC naast de effecten op de concentratie van NO₂ biedt lokale bestuurders kansen voor het sturen op gezondheid. Daarbij is het uitgangspunt dat EC een betere indicator is voor de gezondheid en NO₂ de indicator is voor het halen van grenswaarden.
- Maatregelen die in 2015 goed scoren op EC zijn:
 - Milieuzone personen- en bestelverkeer.
 - Maatregelen gericht op het verminderen van licht verkeer, bijvoorbeeld het bevorderen van fietsverkeer en parkeermaatregelen.
- Maatregelen die in 2015 goed scoren op NO₂ zijn:
 - Maatregelen gericht op het verminderen van zwaar verkeer, bijvoorbeeld stadsdistributie.
 - (Verdere) verschoning van OV-bussen van Euro V naar Euro VI of zero emission.
- De reeds ingevoerde milieuzone voor vrachtverkeer heeft een grote impact gehad op de verkeersemisies van EC en daarmee op de concentratie van EC in binnensteden. De invloed op de concentratie van NO₂ is in vergelijking met EC minder groot geweest.

De onderliggende aannamen, bijvoorbeeld over de samenstelling en leeftijd van het wagenpark in de nulsituatie voor 2015, hebben invloed op de conclusies t.a.v. de effectiviteit van maatregelen op de concentratie van EC en NO₂. Om de effecten van maatregelen op de concentraties voor een specifieke situatie in een stad preciezer te kunnen bepalen moet voor de betreffende locaties apart gerekend worden met op de situatie toegespitste invoergegevens.

Dat geldt zeker voor een maatregel als dynamisch verkeersmanagement, die ingrijpt op de mate van stagnatie van het verkeer. De effecten op verschillende wegvakken blijken alleen goed te beoordelen als er gebruik gemaakt wordt van een dynamisch verkeersmodel of eventueel van praktijkmetingen van bijvoorbeeld wachttijden. Er zijn vermoedelijk weinig gemeenten die de effecten van dynamisch verkeersmanagement op concentraties van luchtverontreinigende stoffen op deze manier inzichtelijk maken. De in deze studie berekende effecten van de maatregelen ter bevordering van de doorstroming moeten gezien worden als een zeer grove indicatie van wat bereikt kan worden als de stagnatie sterk wordt verminderd.

Gezondheid

Voor bestuurders is het wenselijk om een aansprekende maat te hebben voor de mate waarin blootstelling aan EC de gezondheid beïnvloedt. Met de huidige stand van kennis kan een afname van de concentratie van EC slechts indicatief worden vertaald naar winst aan levensverwachting. Dat is voor bestuurders echter geen eenvoudig te duiden indicator. Aansprekender zou een maat zijn gericht op effecten die mensen in het dagelijks leven ervaren, zoals problemen met luchtwegen. Het gaat dan om de relatie tussen kortdurende blootstelling aan hoge concentraties van EC en bijvoorbeeld astma-aanvallen bij kinderen. Kwantitatieve kennis hierover ontbreekt echter momenteel nog. Wel zijn gegevens bekend over hoeveel mensen in Nederland last hebben van luchtwegaandoeningen. Het blijkt dat ca. 5% van de Nederlandse bevolking aan astma of COPD lijdt. Verhoogde concentraties van luchtverontreiniging zal voor dit deel van de bevolking tot acute gezondheidslast kunnen leiden.

Om gezondheid als belangrijker uitgangspunt te nemen voor het luchtkwaliteitsbeleid is het van belang om effecten van maatregelen te kennen op plaatsen waar mensen worden blootgesteld. Door berekeningen van concentraties te combineren met bijvoorbeeld adresgegevens van inwoners, kan het beleid zich nog beter richten op de gezondheid. Een dergelijke case studie is niet uitgevoerd in het kader van dit project, maar aansluitend wel in een apart project voor de gemeente Tilburg.

5 Referenties

CROW, 2008. Notitie Werkwijze en achtergronden SOLVE Maatregelenmix.
http://www.solve-maatregelenmix.nl/factsheets/Achtergronden_SOLVE_Maatregelenmix.pdf.

Gemeente Amsterdam, 2011, Schone lucht voor Amsterdam - Herijking Amsterdamse maatregelen luchtkwaliteit, juni 2011.

Gemeente Utrecht, 2013. Herprogrammering maatregelen luchtkwaliteit Utrecht - Onderzoek aanvullende maatregelen 2015. MD-AF20130103.

Goudappel Coffeng, 2013. Evaluatie Milieuzone B4-steden. Meten, weten, begrijpen. Verantwoord verder met leefbaarheid en milieuzones in B4-steden. EHV149/Okm/10 23 december 2013.

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>.

Quak, H.J. en Van Rooijen, T., 2009. Lokale effecten van Binnenstadservice op en in het centrum van Nijmegen. TNO rapport TNO-034-DTM-2009-03678.

RIVM, 2014. Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationaal Kompas Volksgezondheid. Bilthoven: RIVM, <<http://www.nationaalkompas.nl>> versie 4.17, 23 juni 2014.

Van der Sluis, M., 2012. Bestuurlijke bruikbaarheid van een roetindicator - Kansen en beperkingen van een nieuw instrumentarium om gezondheidseffecten van roet (EC) te berekenen. Erasmus Universiteit Rotterdam.

6 Ondertekening

Naam en adres van de opdrachtgever
Brabantstad Werkgroep Luchtkwaliteit & Gezondheid
Vertegenwoordigd door Gemeente Tilburg
t.a.v. de heer M. de Voogd
Postbus 90155
5000 LH TILBURG

Naam en functies van de medewerkers:

Ir. M.H. Voogt	Projectleider, rapportage
Ir. A.R.A. Eijk	Emissieberekeningen, rapportage
Ing. P.S. van Zyl	Emissieberekeningen
P.Y.J. Zandveld	Concentratieberekeningen

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed:

-

Periode waarin het onderzoek plaatsvond:
januari - juli 2014

Naam en ondertekening interne reviewer



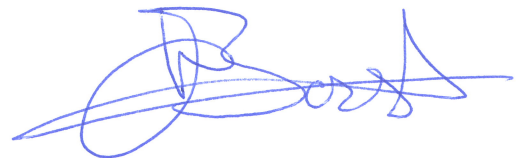
Drs. S. Jonkers

Ondertekening:



Ir. M.H. Voogt
Projectleider

Goedkeuring:



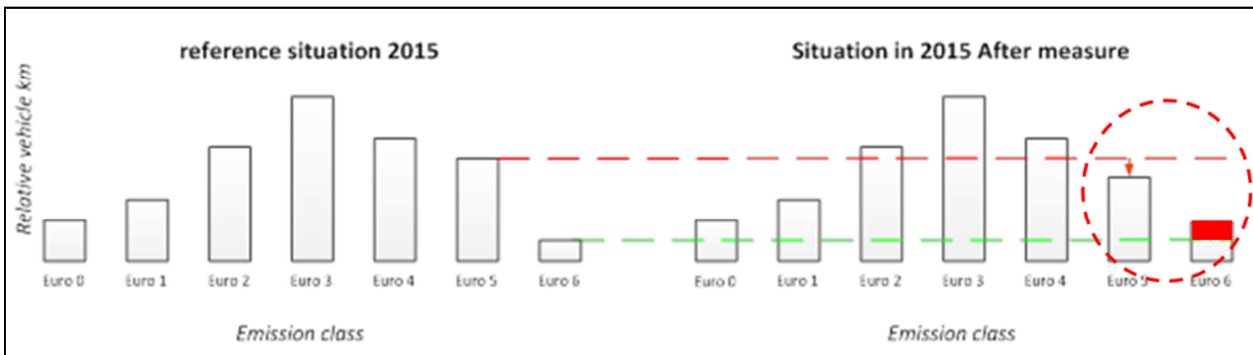
Drs. H.C. Borst
Research Manager

A Berekening van schalingsfactoren

TNO heeft in de loop van de jaren emissies van zeer veel voertuigen gemeten. Hierbij is de uitstoot van voertuigen onder verschillende belastingen en rijcondities vastgesteld. Deze uitstoot wordt met behulp van het model Versit+ in zogenaamde emissiefactoren (factoren die de uitstoot in grammen per kilometer weergeven) uitgedrukt. Emissiefactoren worden door TNO afgeleid en jaarlijks op een bepaald aggregatie niveau opgeleverd (zie ook de website van het ministerie van I&M). Tot deze factoren behoren onder andere PM_{10} , $PM_{2,5}$, NO_x , NO_2 en sinds kort ook EC emissiefactoren. Deze factoren worden in de NSL rekentool gebruikt.

TNO heeft in de afgelopen jaren de effectiviteit van maatregelen in steden doorgerekend (o.a. in Utrecht en Amsterdam). Hierbij is een methode ontwikkeld om de invloed van maatregelen op de luchtkwaliteit te berekenen.

De eerste stap in deze methode is het bepalen van zogenaamde schalingsfactoren. Dit is een factor die de verhouding tussen totale emissies van een bepaalde voertuigcategorie (bijvoorbeeld licht verkeer) beschrijft ná een maatregel en vóór een maatregel. In Figuur 9 wordt voor een eenvoudige situatie een voorbeeld gegeven.



Figuur 9 Voorbeeld van de bepaling van een schalingsfactor

In de situatie zonder een maatregel (linkerkant van de figuur) worden de totale emissies van een voertuigcategorie (zoals in het voorbeeld licht wegverkeer) bepaald door het product van de voertuigkilometers per Euroklasse vermenigvuldigd met de bijbehorende emissiefactor. Voor de situatie ná invoering van de maatregel wordt dezelfde berekening gemaakt. In de bovenstaande figuur verschuift een categorie voertuigen van Euro 5 naar Euro 6, (bijvoorbeeld door een subsidie voor Euro 6 bij aanschaf van een nieuw voertuig) zie de rechterkant van de figuur. Vervolgens kan met behulp van de schalingsfactor het effect van de maatregel op de verkeersemisies worden bepaald.

B Achtergrondinformatie per maatregel

Onderstaande tabel geeft per maatregel een verduidelijking en de aannamen waarop de scenario's zijn gebaseerd weer. Voor maatregel 6 zijn onder de tabel nadere details weergegeven.

Tabel 9 Achtergrondinformatie maatregelen

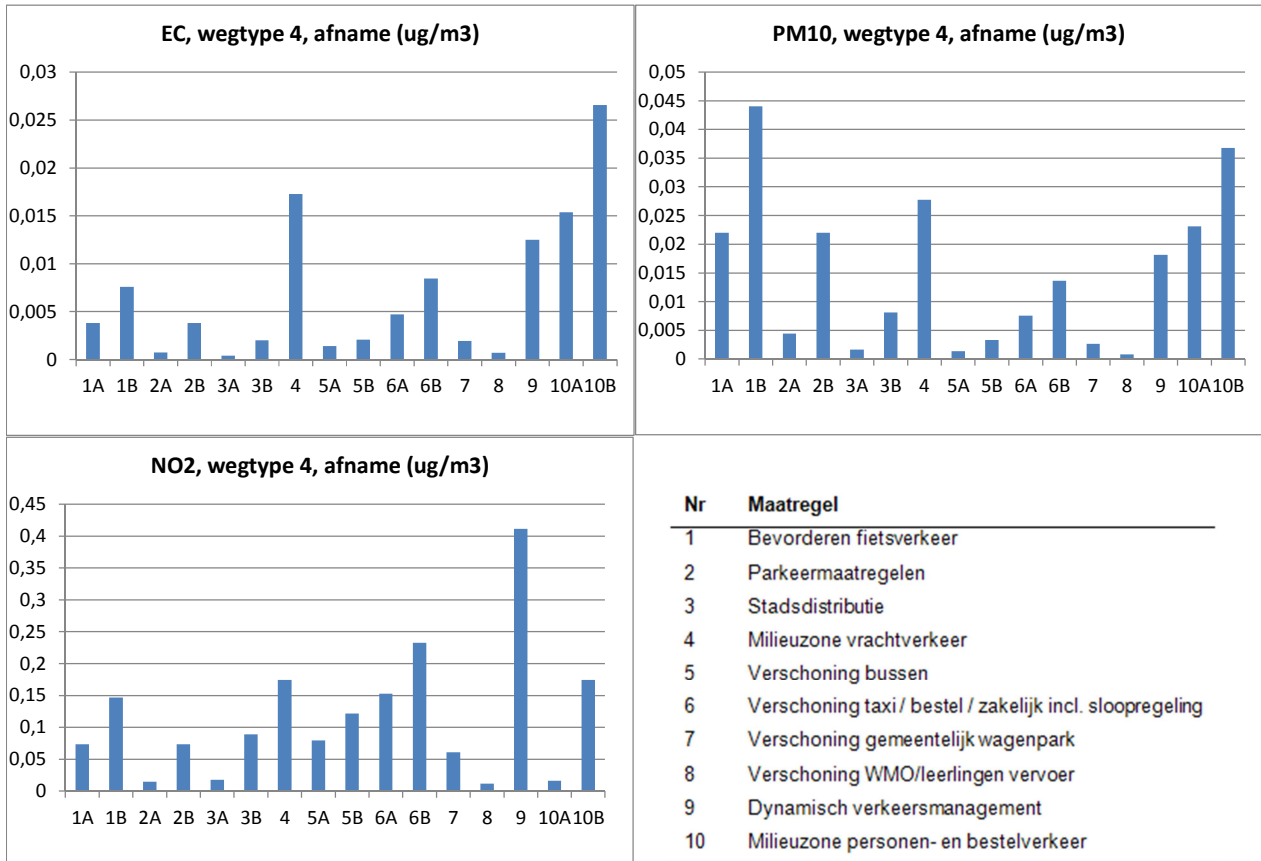
Nr	Maatregel	Betreft	Gebaseerd op
1	Bevorderen fietsverkeer	Mix van maatregelen: fietsroutes, -tunnels etc.	Solve Maatregelenmix: min 0,2%, max 15%. Scenario's er tussenin (5%, 10%) gekozen.
2	Parkeermaatregelen	Mix van maatregelen gericht op intensiteit vermindering (beperken capaciteit, routing).	Solve Maatregelenmix: 13A (verwijzen) min 0, max 0,3% 13J (beperken capaciteit) min 4% max 8% (voor stedelijkheidsklasse 1/2). Gekozen: 1%, 5%.
3	Stadsdistributie	Bundelen van goederen voor kleine winkels aan de rand van de stad.	TNO onderzoek (Quak en van Rooijen, 2009), concept gericht op kleine winkels, omdat dat bewezen realiseerbaar is. Maatregel verlaagt voertuigkilometers, verschoning wordt als secundair effect gezien en niet gekwantificeerd.
4	Milieuzone vrachtverkeer	Vergelijken van bestaande zone met situatie wanneer er geen zone zou zijn geweest.	Alle vrachtwagens Euro 0-III worden uit de milieuzone geweerd, uitgezonderd een kleine groep ontheffinghouders en overtreders. De verdeling van het vrachtverkeer over de diverse Euro klassen in de situatie mét en zonder Milieuzone vracht is bekend uit Goudappel Coffeng (2013), Evaluatie milieuzone B4.
5	Verschoning bussen	Ambitie hele busvloot EURO VI (scenario A), lange termijn ambitie zero emission (scenario B).	Aanname nulsituatie 2015: 50% Euro V EEV, 50% Euro VI, o.a. op basis van concessie eisen 2015 Provincie (voor West-Brabant en Oost-Brabant). Uitgangspunt: alle bussen betreffen OV bussen (geen touringcars).
6	Verschoning taxi / bestel / zakelijk incl. sloopregeling	Mix van maatregelen: stimuleren schone taxi's, bestelverkeer en zakelijke personenvoertuigen (vervanging door Euro 6 en elektrisch) + sloopregeling.	Zie onder tabel
7	Verschoning gemeentelijk wagenpark	Vervanging van licht bestel door elektrisch, zwaar bestel door Euro 6 en middelzwaar vracht door Euro VI.	Aanname verdeling verschoning 100 voertuigen, samenstelling in euroklassen in nulsituatie 2015 en voertuigkilometers op basis van studie Gemeente Utrecht (2013). M.b.t. verschoning: licht bestel 20 voertuigen naar elektrisch à 30 km per dag; zwaar bestel 54 naar Euro 6 à 50 km per dag; middelzwaar vracht 26 naar Euro VI à 70 km per dag.
8	Verschoning WMO/leerlingen vervoer	Vervanging van voertuigen door Euro 6.	Aannamen: Nulsituatie 2015: 25% Euro 4, 75% Euro 5. 35 km per voertuig per dag in de stad.
9	Dynamisch verkeersmanagement (bevorderen doorstroming)	Mix van maatregelen ter bevordering van de doorstroming: koppelen VRI's (netwerk), toevergroen, groene golf, routeren.	Twee van de referentiesituatie afwijkende situaties zijn doorgerekend: in scenario A een normaal snelheidsregime, en in scenario B een doorstromend snelheidsregime. De aangenomen maatregel reduceert de stagnatiefactor van 0,2 naar 0.
10	Milieuzone personen- en bestelverkeer	Weren van dieselloertuigen t/m Euro 2 (scenario A) en Euro 3 (scenario B).	Aannamen: 20% overtreders, verschoning: 1/3e deel naar nieuwe diesels, 2/3e deel naar benzine (op basis van landelijke sloopregeling).

Maatregel 6:

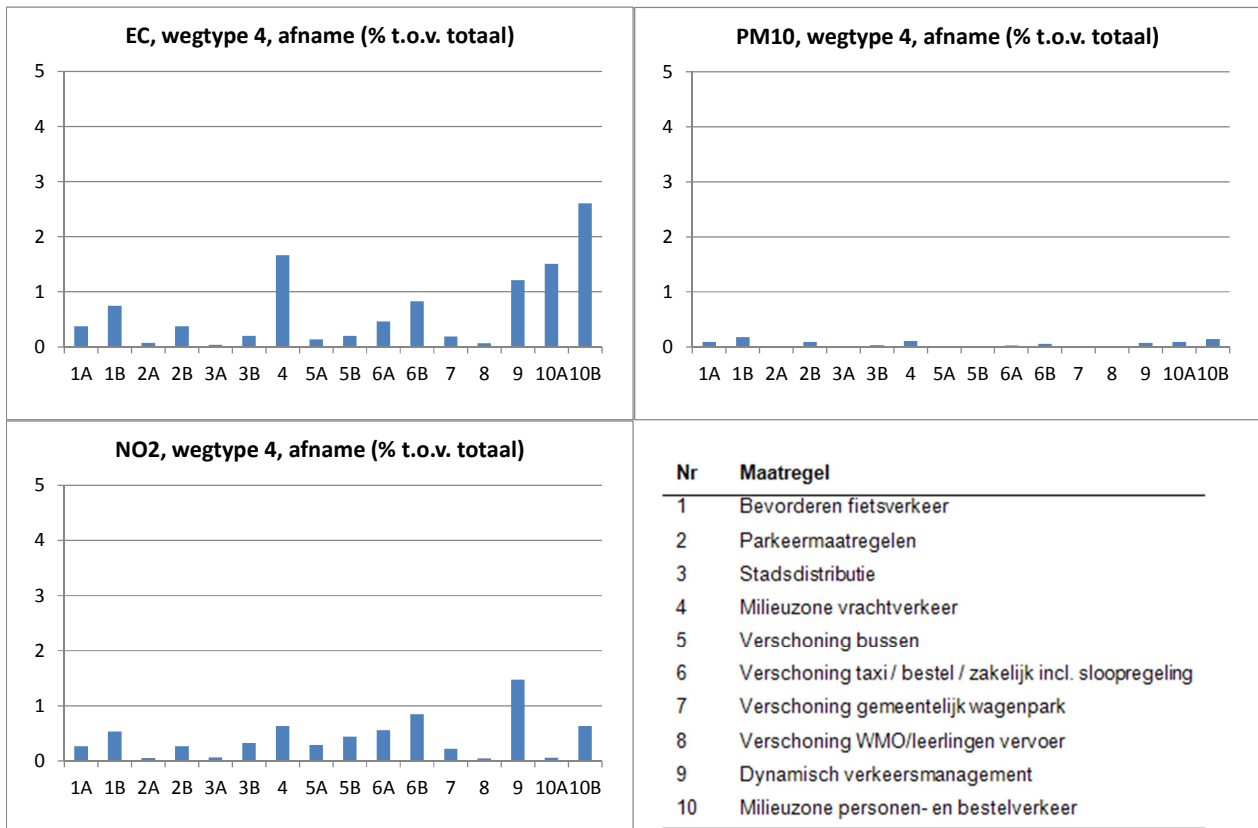
Een mix van 4 maatregelen die alle worden doorgerekend op emissie voor een realistische (scenario A) en maximale (Scenario B) variant, en vervolgens worden gecombineerd tot een realistische en maximale mix. De realistische variant is gebaseerd op geschaalde aantallen te verschonen voertuigen vanuit de maatregelenstudies voor Amsterdam en Utrecht (Gemeente Amsterdam, 2011 en Gemeente Utrecht, 2013). De maximale variant vertegenwoordigt een (ongeveer) tweemaal zo hoge ambitie (behalve voor taxi's).

- 1) Taxi's:
 - 300 taxi's (geschaald op basis van Utrecht/Amsterdam).
 - 100 km per taxi per dag in de stad (gereden kilometers veranderen niet)
 - 2015 samenstelling: volgens landelijk gemiddelde, veronderstelling dat alle te vervangen taxi's in de nulsituatie Euro 5 zijn.
 - Voor taxi's is er alleen een realistisch scenario (verhogen ambitie is niet realistisch): vervanging door EURO 6 (70%) en elektrisch (20%), 10% blijft Euro 5.
- 2) Bestelverkeer:
 - In studie voor Amsterdam/Utrecht zijn schattingen gemaakt voor het aantal voertuigen dat vervangen zou kunnen worden. Er zijn geen schattingen van het totaal aantal voertuigen. Het aantal te vervangen voertuigen is geschaald op basis van Amsterdam/Utrecht.
 - 35 km per voertuig per dag in de stad (gereden kilometers veranderen niet).
 - 2015 samenstelling: volgens landelijk gemiddelde, veronderstelling dat alle te vervangen bestelvoertuigen in de nulsituatie Euro 5 zijn.
 - Scenario A: 40 voertuigen naar Euro 6, 40 voertuigen naar elektrisch.
 - Scenario B: 80 voertuigen naar Euro 6, 80 voertuigen naar elektrisch.
- 3) Zakelijk personenvoertuigen:
 - 1300 voertuigen (geschaald op basis van Utrecht/Amsterdam).
 - 35 km per voertuig per dag in de stad (gereden kilometers veranderen niet).
 - 2015 samenstelling: volgens landelijk gemiddelde, veronderstelling dat alle te vervangen zakelijke personenvoertuigen in de nulsituatie Euro 5 zijn.
 - Scenario A: vervanging door EURO 6 (30%) en elektrisch (12,5%).
 - Scenario B: vervanging door EURO 6 (60%) en elektrisch (25%).
- 4) Sloopregeling + aanschaf nieuw voertuig:
 - Personenauto's diesel Euro 3 en ouder en benzinevoertuigen Euro 0.
 - 10 km per voertuig per dag in de stad (gereden kilometers veranderen niet).
 - 2015 samenstelling: op basis van landelijk gemiddelde.
 - Scenario A: vervanging van 200 dieselvoertuigen en 120 benzinevoertuigen door nieuwere voertuigen (verdeling daarvan volgens gegevens van landelijke sloopregeling).
 - Scenario B: vervanging van 360 dieselvoertuigen en 216 benzinevoertuigen door nieuwere voertuigen (verdeling daarvan volgens gegevens van landelijke sloopregeling).

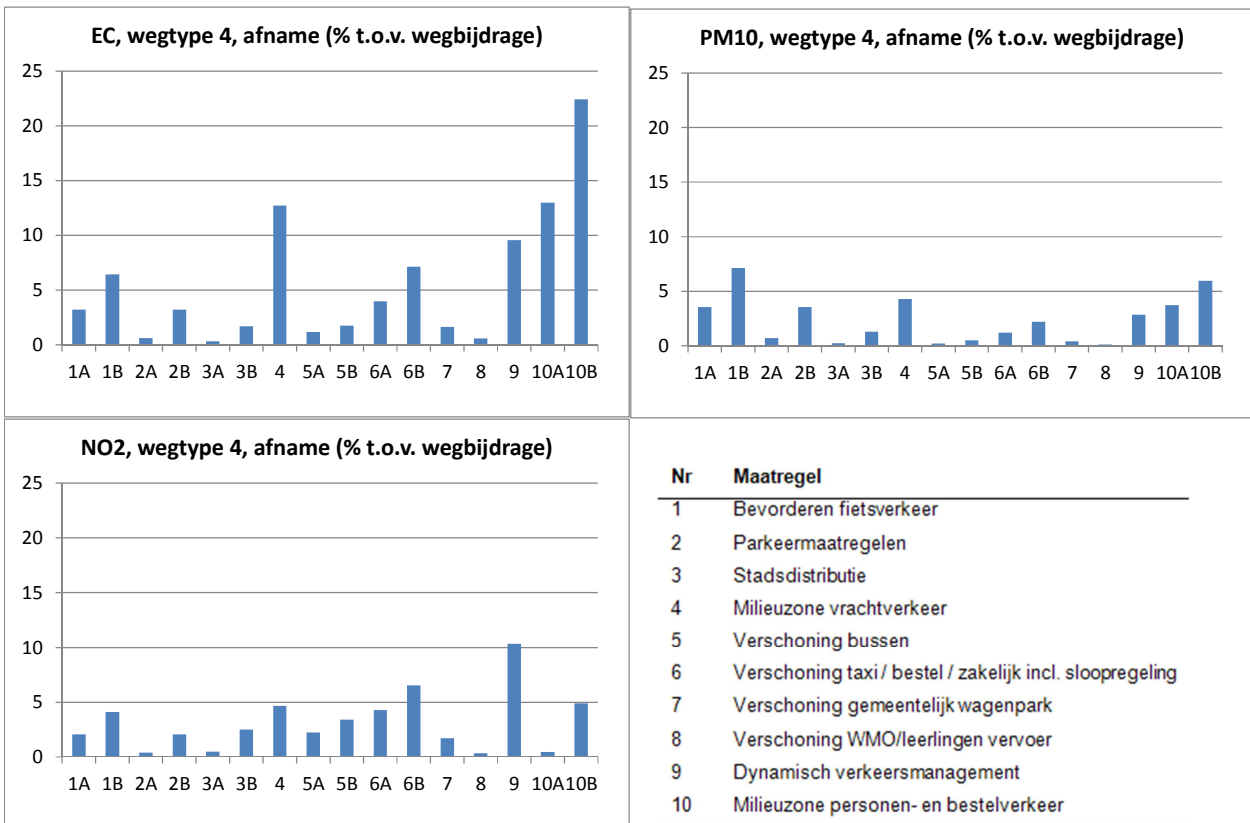
C Resultaten referentiesituatie wegtype 4



Figuur 10 Afname van de concentratie in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor niet aaneengesloten bebouwing. Linksonder: EC, rechtsboven: PM_{10} en onder: NO_2 . In grote lijnen kan scenario's A beschouwd worden als realistisch en scenario B als ambitieuzer.



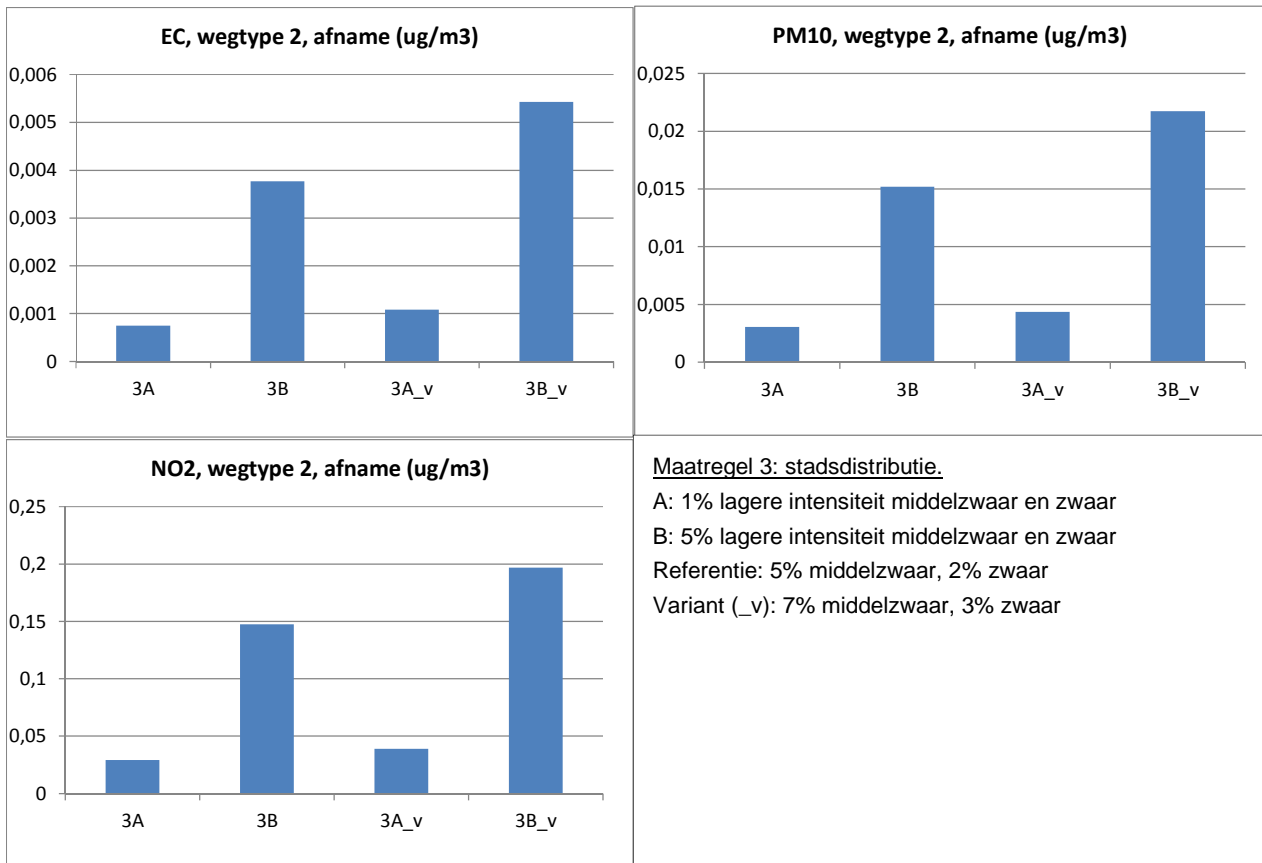
Figuur 11 Afname van de concentratie in % voor niet aaneengesloten bebouwing. Linksboven: EC, rechtsboven: PM₁₀ en onder: NO₂. In grote lijnen kan scenario's A beschouwd worden als realistisch en scenario B als ambitieuzer.



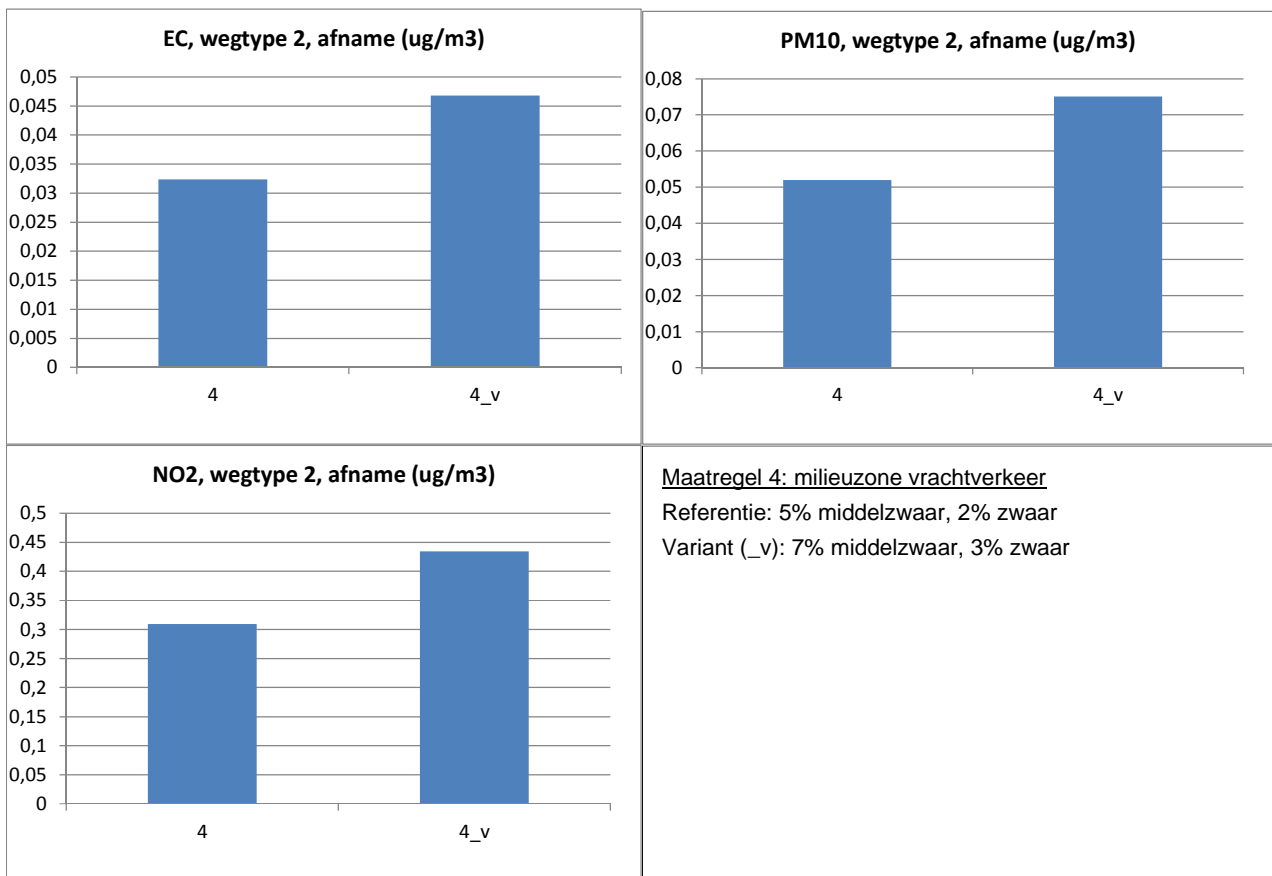
Figuur 12 Afname van de bijdrage van het verkeer aan de concentratie in % voor niet aaneengesloten bebouwing. Linksboven: EC, rechtsboven: PM₁₀ en onder: NO₂. In grote lijnen kan scenario's A beschouwd worden als realistisch en scenario B als ambitieuzer.

D Resultaten variantsituaties (afname in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

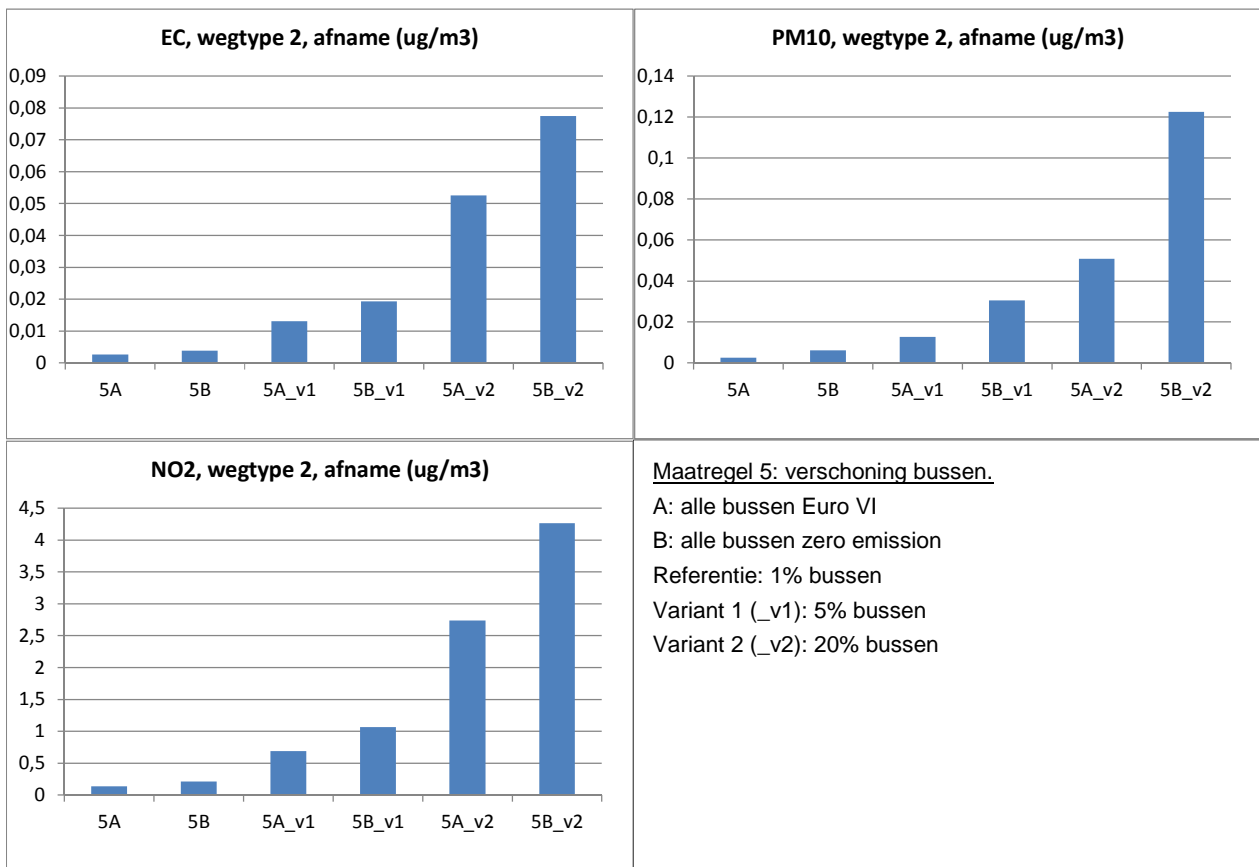
De resultaten in deze bijlage gelden voor wegtype 2, een nauwe streetcanyon. De verhouding tussen de variant en de referentie is voor alle wegtypen hetzelfde.



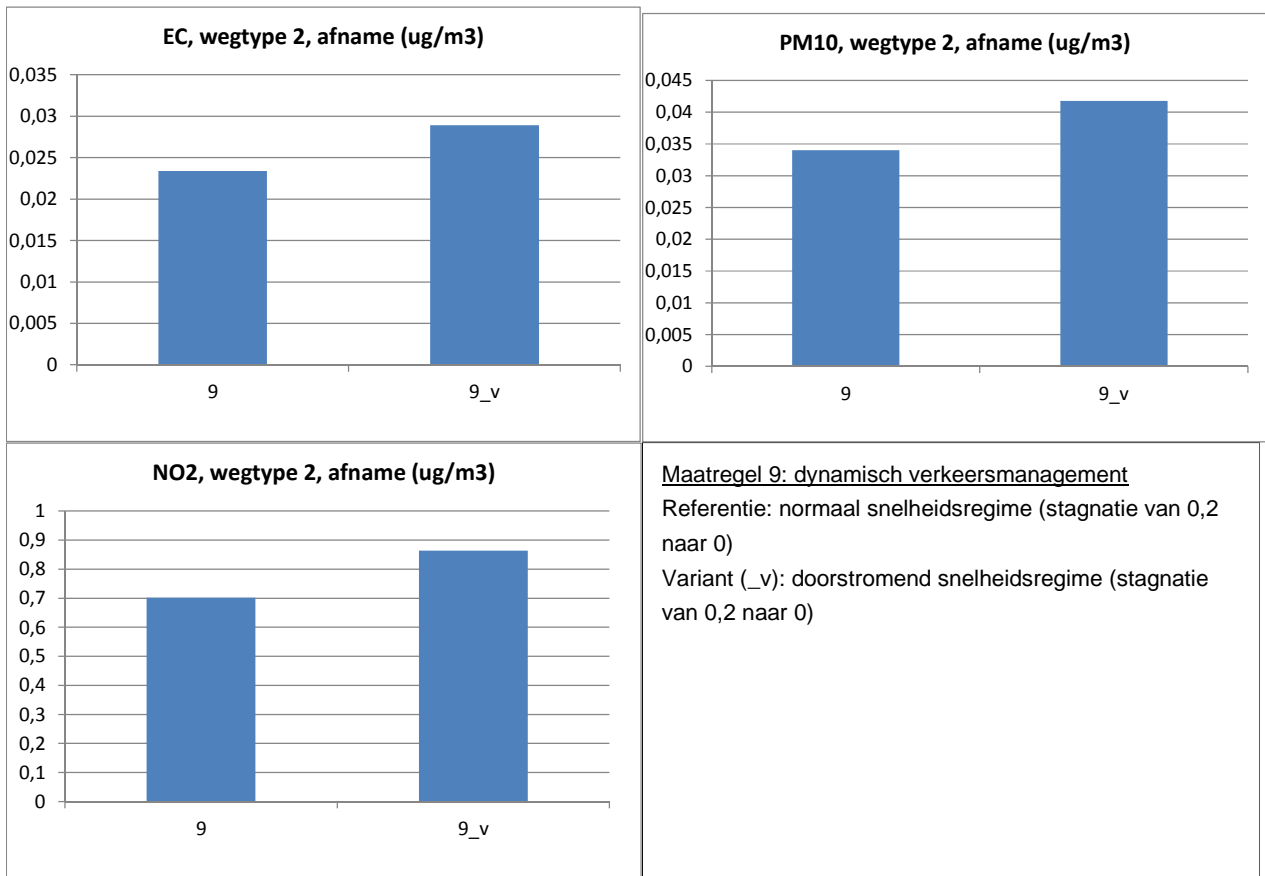
Figuur 13 Afname van de concentratie in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ als gevolg van de maatregel "stadsdistributie" voor een nauwe streetcanyon. Linksboven: EC, rechtsboven: PM_{10} en onder: NO_2 .



Figuur 14 Afname van de concentratie in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ als gevolg van de maatregel "milieuzone vrachtverkeer" voor een nauwe streetcanyon. Linksboven: EC, rechtsboven: PM_{10} en onder: NO_2 .



Figuur 15 Afname van de concentratie in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ als gevolg van de maatregel "verschoning bussen" voor een nauwe streetcanyon. Linksboven: EC, rechtsboven: PM_{10} en onder: NO_2 .



Figuur 16 Afname van de concentratie in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ als gevolg van de maatregel "dynamisch verkeersmanagement" voor een nauwe streetcanyon. Linksboven: EC, rechtsboven: PM_{10} en onder: NO_2 .