

TNO-rapport**TNO 2014 R11648****Effectiviteit van verkeersmaatregelen op de
concentratie van roet in de gemeente Tilburg -
een casestudie.**

Datum	13 november 2014
Auteur(s)	M.H. Voogt H.L.M. Verhagen
Oplage	
Aantal pagina's	37 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	
Opdrachtgever	Gemeente Tilburg t.a.v. de heer M. de Voogd Postbus 90155 5000 LH Tilburg
Projectnaam	Gem. Tilburg: Case studie roet
Projectnummer	060.10712

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

In vervolg op een generieke studie naar effecten van verkeersmaatregelen op de concentraties van NO₂, PM₁₀ en elementair koolstof (EC) als indicator voor roet, is voor de gemeente Tilburg een case studie uitgevoerd waarin de effecten van een aantal verkeersmaatregelen op de blootstelling van de inwoners van Tilburg aan roet (met EC als indicator) in kaart zijn gebracht. De berekeningen zijn uitgevoerd voor het jaar 2015 met behulp van reken- en visualisatiemodel Urban Strategy. Urban Strategy is voor deze studie geschikt gemaakt voor het rekenen aan EC als indicator voor roet. Daarnaast is een nieuwe module voor het rekenen aan de invloed van lokale maatregelen op de stadsachtergrondconcentratie toegevoegd aan het model. Op die manier kan niet alleen de invloed van de maatregelen op de lokale verkeersbijdrage langs de wegen bepaald worden, maar ook de invloed op de stadsachtergrondconcentratie. Dat is relevant voor de blootstelling. Het overgrote deel van de inwoners wordt immers blootgesteld aan stadsachtergrondconcentraties.

Berekende concentratiebijdragen

In deze studie is specifiek gekeken naar de bijdrage van het verkeer aan de concentratie van EC, omdat de maatregelen gericht zijn op het verkeer. Andere bronnen zoals huishoudens zijn buiten beschouwing gelaten. De gepresenteerde concentratieniveaus hebben dan ook alleen betrekking op de *bijdrage* van het verkeer. Een overzicht van de berekende bijdragen van het verkeer aan de concentratie van EC in 2015 is gegeven in Tabel 1.

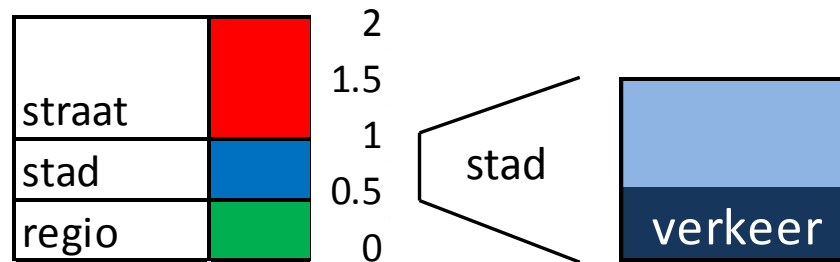
Tabel 1 Berekende jaargemiddelde bijdrage van het verkeer aan de concentratie van EC in Tilburg.

Omgeving	Bijdrage verkeer aan de concentratie van EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Verkeersluwe wijken	<0.06
Verkeersluwe wijken dichtbij de snelweg (grofweg ten zuiden van Bredaseweg)	0,06 - 0,2
Langs de meeste wegen (op 10 m afstand)	0,2 – 0,9
Maximum bij drukke weg (op 10 m afstand)	1,7

Mensen die langs drukkeren wegen wonen worden jaargemiddeld aan lagere verkeersbijdragen blootgesteld dan de bijdragen die berekend zijn op 10 meter afstand tot de weg. Hun woningen staan immers op grotere afstand dan 10 meter. De verkeersemisies verdunnen snel met toenemende afstand tot de weg. De maximale jaargemiddelde blootstelling aan de concentratie van EC als gevolg van verkeer op een adreslocatie in Tilburg is $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Voor 91% van de inwoners is de bijdrage van het verkeer op de adreslocatie kleiner dan $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De indicatieve achtergrondconcentratie in de kilometervakken van de GCN in Tilburg varieert van $0,6$ tot $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Daaruit volgt het beeld van een regionale achtergrondconcentratie van rond de $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De stad zou dan ook een maximale bijdrage van rond de $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ leveren. Dit is links in Figuur 1 schematisch weergegeven.



Figuur 1 Links: schematische opbouw van de concentratie van EC (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) langs een drukke straat, waarin ook de achtergrondconcentratie (volgens de GCN) is opgenomen. Rechts: de berekende bijdrage van verkeer aan de stadsachtergrondconcentratie

In de huidige studie is de invloed van lokale wegen op de stadsachtergrondconcentratie berekend met een nieuwe door TNO ontwikkelde module. Uit deze berekeningen blijkt dat de bijdrage van lokaal verkeer, inclusief dat op de snelweg, maximaal $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is (zie Figuur 1 rechts). Dat is nog niet de helft van de maximale bijdrage van de stad zoals afgeleid uit de GCN. De nieuwe achtergrondmodule is nog niet uitgebreid gevalideerd met metingen. Een onderschatting van de bijdrage van het verkeer aan de stadsachtergrondconcentratie kan daarom niet uitgesloten worden. Tegelijk roept het de vraag op of de berekende stadsachtergrondconcentratie in de GCN niet aan de hoge kant is, of dat de bijdrage van andere bronnen zoals huishoudens wellicht nog niet zo in beeld zijn in de lokale beleidspraktijk.

Effecten van maatregelen op de blootstelling aan roet

De doorgerekende maatregelen zijn in Tabel 2 gepresenteerd met een indicatie van de verlenging van de levensduurverwachting¹, gesommeerd over alle inwoners van Tilburg. Het maatregelpakket (scenario 6) bestaat uit de maatregelen die praktisch gezien het meest haalbaar lijken. Het 'aanzienlijk verminderen van de verkeersintensiteit' is een vergaand scenario, dat door een combinatie van maatregelen tot stand zou kunnen komen.

De meest verregaande variant van de milieuzone voor personen- en bestelverkeer (weren t/m Euro 3) is het meest effectief in het verlagen van de blootstelling. Qua orde van grootte is het effect van het maatregelpakket vergelijkbaar met het scenario waarin de verkeersintensiteit aanzienlijk verminderd wordt.

¹ Deze indicator is toegepast om het effect op de blootstelling *gewogen over alle inwoners* te kunnen schatten. Dit maakt het mogelijk om maatregelen onderling te vergelijken. De beperking van de indicator op zich, namelijk het uitdrukken van het effect in maanden levensduurverlenging, wordt onder de kop "Gezondheidsindicator" besproken.

Tabel 2 Overzicht van de maatregelen met een indicatie van de verlenging van de levensduur gesommeerd over alle inwoners van Tilburg.

Nr	Scenario	Maanden
1A	Milieuzone bestel, weren t/m Euro 2	1005
1B	Milieuzone bestel, weren t/m Euro 3	2110
2A	Milieuzone personen + bestel, weren t/m Euro 2	3214
2B	Milieuzone personen + bestel, weren t/m Euro 3	5592
3A	Verschonen zware vrachtwagens door LNG, minimale emissievariant	267
3B	Verschonen zware vrachtwagens door LNG, maximale emissievariant	289
4	Verschonen regiotaxi/leerlingen vervoer	261
5A	1% minder licht verkeer door parkeerbeleid	393
5B	5% minder licht verkeer door parkeerbeleid	1887
6	Maatregelpakket (1A + 3B + 4 + 3% minder licht verkeer door parkeerbeleid)	3977
7	Aanzienlijk verminderen verkeersintensiteit (licht 10%, middel en zwaar 5%)	4581

De studie laat zien dat een combinatie van lokale maatregelen effectief de roetconcentraties kan verlagen. Het voordeel is het grootst voor de zwaarst belaste groepen bewoners langs drukke wegen. Voor het overgrote deel van de bevolking dat in wijken met minder druk verkeer woont, is het effect voor het individu beperkt. Echter, het over de inwoners gesommeerde effect blijkt voor deze groep mensen groter dan het gesommeerde effect voor de kleinere groep mensen die langs drukke wegen woont. Dit toont aan dat het belangrijk is om ook de invloed van maatregelen op de stadsachtergrondconcentratie in rekening te brengen. De emissie van roet zal naar verwachting de komende 5 tot 10 jaar fors afnemen door de autonome verschoning van het wagenpark. Het gaat daarom vooral om lokale maatregelen om deze periode te overbruggen.

Gezondheidsindicator

Een kwestie voor bestuurders is de relevante doorvertaling naar effecten op de gezondheid. Met de huidige stand van kennis kan een afname van de concentratie van EC indicatief worden vertaald naar winst van de levensverwachting. Het gaat dan om langdurige blootstelling aan EC-concentraties. Door de veronderstelde autonome verschoning zullen de effecten van maatregelen op de lange termijn afnemen, waardoor de levensverwachting een moeilijk toepasbare maat is. Ook spreekt het aantal maanden levensduur weinig tot de verbeelding. Een maat gericht op effecten die mensen in het dagelijks leven ervaren zou aansprekender zijn, zoals problemen met luchtwegen. Het gaat dan om de relatie tussen kortdurende blootstelling aan hoge concentraties van EC en bijvoorbeeld astma-aanvallen bij kinderen. Momenteel vindt er onderzoek plaats naar de vergelijking tussen blootstelling aan luchtverontreiniging (o.a. roet) en passief meeroken voor enkele gezondheidseindpunten (o.a. astma-aanvallen bij kinderen) (AWMG, 2014). Resultaten van dit onderzoek worden in de loop van 2015 verwacht.

Verklarende woordenlijst

- EC** Elementair Koolstof (in het Engels: elemental carbon).
De concentratie van EC is een maat voor de massa van roetdeeltjes in fijn stof. Deze roetdeeltjes worden uitgestoten door verbrandingsprocessen van koolstofhoudende brandstoffen. Vanwege emissies dicht aan de grond en de intensiteit van het wegverkeer in stedelijk gebied zijn uitlaatemissies van dieselveertuigen van belang voor blootstelling aan roet. Gezondheidskundig onderzoek (Janssen et al., 2011) laat zien dat concentraties van EC een goede indicatie zijn van de waargenomen gezondheidseffecten van verkeersemissies. EC draagt maar in beperkte mate bij aan de massa van fijn stof (PM_{10} en $PM_{2,5}$) omdat de grotere deeltjes dominant zijn in de totale massa.
- GCN** Grootschalige Concentratiekaarten Nederland.
Het RIVM maakt jaarlijks kaarten met grootschalige concentraties (in vaktermen GCN) en deposities (GDN) in Nederland in het kader van natuur- en milieubeleid. De kaarten zijn gebaseerd op een combinatie van modelberekeningen en metingen en zijn bedoeld voor het geven van een grootschalig beeld van de luchtkwaliteit en depositie in Nederland zowel voor jaren in het verleden als in de toekomst.
- LNG** Liquid Natural Gas – vloeibaar aardgas.
- SRM** Standaardrekenmethode
Het berekenen van de bijdrage van luchtverontreinigende bronnen aan concentratieniveaus gebeurt in Nederland met de zogenaamde standaardrekenmethodes. Dit is vastgelegd in de Regeling Beoordeling Luchtkwaliteit 2007.
- SRM1** De standaardrekenmethode voor het berekenen van de gevolgen voor de luchtkwaliteit bij een weg die voldoet aan de volgende voorwaarden:
- a. de weg ligt in een stedelijke omgeving;
 - b. de maximale rekenafstand is de afstand tot de bebouwing, met een maximum van 30 of 60 meter ten opzichte van de weg, afhankelijk van het straattypen;
 - c. er is niet of nauwelijks sprake van een hoogteverschil tussen de weg en de omgeving;
 - d. langs de weg bevinden zich geen afschermdende constructies.
- De meeste binnenstedelijke wegen worden met SRM1 doorgerekend.
- SRM2** De standaardrekenmethode voor het berekenen van concentraties van verontreinigende stoffen in de buitenlucht bij wegen die voldoen aan de volgende voorwaarde:
- de afstand van de bebouwing tot de wegrand is drie of meer maal zo groot als de hoogte van de eventueel aanwezige bebouwing.
- Rijkswegen en de meeste provinciale wegen worden met SRM2 doorgerekend.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
	Verklarende woordenlijst.....	5
1	Inleiding	7
2	Werkwijze	8
2.1	Inleiding	8
2.2	Maatregelen.....	8
2.3	Berekeningen.....	11
3	Resultaten	14
3.1	Emissies	14
3.2	Concentraties.....	14
3.3	Blootstelling van de inwoners	17
4	Conclusies en discussie	24
5	Referenties	27
6	Ondertekening	28
	Bijlage(n)	
	A Stadsachtergrondmodule	
	B Afname van de EC concentratiebijdrage als gevolg van de maatregelen.	

1 Inleiding

In opdracht van de Brabantse werkgroep “Luchtkwaliteit en gezondheid” heeft TNO onderzoek gedaan naar de effecten van verkeersmaatregelen op de concentraties van NO_2 , PM_{10} en EC als indicator voor roet (Voogt et al., 2014). In de werkgroep hebben vertegenwoordigers van de provincie, steden, GGD en Omgevingsdiensten zitting. De aanleiding was dat Brabantstad op bestuurlijk niveau gezondheid óók als belangrijk uitgangspunt wil hanteren in het luchtkwaliteitsbeleid, naast de huidige wettelijke grenswaarden voor PM_{10} en NO_2 . Het toepassen van EC als een additionele indicator voor luchtkwaliteit is een goede stap om deze gezondheidseffecten mee te wegen.

Uit de studie blijkt dat sommige maatregelen vooral effectief zijn voor EC en dat andere maatregelen meer effect hebben voor NO_2 . Dat biedt bestuurders een afwegingskader voor te nemen maatregelen. Op de concentratie van PM_{10} hebben lokale verkeersmaatregelen zeer beperkt invloed.

De studie was generiek van aard, dat wil zeggen dat er voor fictieve referentiesituaties is gerekend. De gemeente Tilburg wil echter ook inzicht in de specifieke situatie voor Tilburg. Daarom is een casestudie uitgevoerd, waarin de effecten van een aantal verkeersmaatregelen op de blootstelling van de inwoners van Tilburg aan roet in kaart zijn gebracht. De berekeningen zijn uitgevoerd voor het jaar 2015 met behulp van reken- en visualisatiemodel Urban Strategy. Dit model is voor deze studie geschikt gemaakt voor het rekenen aan EC als indicator voor roet. Daarnaast is een module voor het rekenen aan de invloed van lokale maatregelen op de stadsachtergrondconcentratie toegevoegd aan het model. Op die manier kan niet alleen de invloed van de maatregelen op de lokale verkeersbijdrage langs de wegen bepaald worden, maar ook de invloed op de stadsachtergrondconcentratie. Dat is relevant voor de blootstelling. Het overgrote deel van de inwoners wordt immers blootgesteld aan stadsachtergrondconcentraties.

2 Werkwijze

2.1 Inleiding

Deze casestudie is een vervolg op het project “Gezondheidseffecten Luchtkwaliteitsmaatregelen”, waarin effecten van verkeersmaatregelen op de concentraties van NO₂, PM₁₀ en EC als indicator voor roet zijn berekend voor referentiesituaties (Voogt et al., 2014). De studie had een generiek karakter. Deze casestudie is bedoeld om resultaten uit de generieke studie tastbaar te maken. Dat doet ze door de effecten van een aantal maatregelen op de concentratie van EC te visualiseren op de kaart van Tilburg en deze te combineren met bevolkingsgegevens. Op die manier worden de effecten op de langdurige blootstelling van de inwoners in beeld gebracht.

De casestudie is beperkt van omvang. Het was nadrukkelijk niet de bedoeling om een gedetailleerde studie naar de maatregelen uit te voeren, maar om de effecten op de blootstelling aan EC in grote lijnen zichtbaar te maken. Daarvoor zijn enkele aannamen en inschattingen gemaakt. Voor de maatregel verschonen van regiotaxi/leerlingenvervoer kon dat op basis van informatie van de gemeente Tilburg over aantal voertuigkilometers van deze doelgroep. Voor het verschonen van zware vrachtwagens is een vertaling gemaakt op basis van een studie voor de gemeente Amsterdam. Aannamen voor de milieuzones voor personen- en bestelverkeer zijn gebaseerd op een studie voor Utrecht.

2.2 Maatregelen

Deze paragraaf beschrijft de maatregelen die zijn doorgerekend en de uitgangspunten voor de berekeningen daarbij. Een overzicht van de doorgerekende maatregelen staat in Tabel 3. Het maatregelpakket (scenario 6) bestaat uit de maatregelen die praktisch gezien het meest haalbaar lijken. Scenario's 2 en 7 zijn toegevoegd als maatregelen die een groter effect hebben.

Tabel 3 Overzicht van de maatregelen.

Scenario	Maatregel
1A	Milieuzone bestel, weren t/m Euro 2
1B	Milieuzone bestel, weren t/m Euro 3
2A	Milieuzone personen + bestel, weren t/m Euro 2
2B	Milieuzone personen + bestel, weren t/m Euro 3
3A	Verschonen zware vrachtwagens door LNG, minimale emissievariant
3B	Verschonen zware vrachtwagens door LNG, maximale emissievariant
4	Verschonen regiotaxi/leerlingenvervoer
5A	1% minder licht verkeer door parkeerbeleid
5B	5% minder licht verkeer door parkeerbeleid
6	Maatregelpakket (1A + 3B + 4 + 3% minder licht verkeer door parkeerbeleid)
7	Aanzienlijk verminderen verkeersintensiteit (licht 10%, middel en zwaar 5%)

Hieronder worden de uitgangspunten per maatregel besproken. De uitgangspunten zijn zo realistisch mogelijk gekozen, binnen de mogelijkheden die een beperkte casestudie biedt.

1A. Milieuzone bestelverkeer, weren diesel t/m Euro 2.

1B. Milieuzone bestelverkeer, weren diesel t/m Euro 3.

Voor deze maatregelen zijn schalingsfactoren voor de emissiefactor van licht verkeer bepaald. Het uitgangspunt daarbij is een landelijk gemiddelde verdeling van het lichte wegverkeer (m.b.t. Euroklasse, brandstof en voertuigtype). Aangenomen is dat er na invoering 20% overtreders zijn en dat 1/3e deel van de doelgroep vervangen wordt door nieuwe dieselvoertuigen en 2/3e deel door benzinevoertuigen (op basis van landelijke sloopregeling). Deze aannamen komen overeen met een studie die voor Utrecht is uitgevoerd. Aangenomen wordt dat het totaal aantal afgelegde kilometers van het verkeer, met of zonder milieuzone, gelijk blijft.

Het verkeer buiten de zone zal door het invoeren van de milieuzone ook verschonen. Dit wordt het uitstralingseffect genoemd. Er is een grove inschatting gemaakt voor dit effect: de verschoning op doorgaande binnenstedelijke wegen in de nabijheid van milieuzone is 30% van die in de milieuzone zelf. In de figuren in Bijlage B is te zien welke wegstukken zijn meegenomen voor het uitstralingseffect.

2A. Milieuzone personen- en bestelverkeer, weren diesel t/m Euro 2.

2B. Milieuzone personen- en bestelverkeer, weren diesel t/m Euro 3.

De uitgangspunten zijn gelijk aan die voor scenario 1, waarbij ook personenvoertuigen worden betrokken.

3A. Verschonen zware vrachtwagens door LNG, minimale emissievariant

3B. Verschonen zware vrachtwagens door LNG, maximale emissievariant

Deze maatregel is gericht op zware vrachtwagens die de supermarkten en grote winkelketens bevoorraden. Vervanging van de Euro V diesels door elektrisch vervoer is nog geen realistisch scenario. LNG komt wel steeds meer in de belangstelling te staan. Er zijn nog niet veel metingen aan LNG voertuigen gedaan. Daarom is het niet mogelijk om met grote zekerheid een LNG scenario door te rekenen. In plaats daarvan zijn aannamen voor een minimale en maximale emissievariant gedaan:

- De minimale variant houdt in dat de emissie van een LNG vrachtwagen gelijk is aan een Euro VI diesel vrachtwagen.
- De maximale variant houdt in dat de emissie van een LNG vrachtwagen gelijk is aan *de helft* van die van een Euro VI diesel vrachtwagen.

Op basis van een studie voor de gemeente Amsterdam is met behulp van schaling naar de grootte van de gemeente Tilburg een aanname gedaan over de voertuigkilometers en het aandeel vrachtverkeer dat realistisch gezien door een dergelijke maatregel vervangen kan worden. Binnen de categorie zwaar vrachtverkeer komt dit neer op iets meer dan 6%.

4. Verschonen regiotaxi/leerlingen vervoer

Het aandeel van de voertuigen uit deze doelgroep aan het totaal aantal voertuigkilometers in de stad is beperkt, maar het is bij uitstek een maatregel waar de gemeente zelf invloed kan uitoefenen.

Doorgerekend is de maatregel waarbij 33% van de bestaande voertuigen uit de doelgroep door Euro 6 voertuigen worden vervangen. Voor deze maatregel zijn schalingsfactoren voor de emissiefactor van licht verkeer bepaald, gebaseerd op informatie die door de gemeente is verstrekt over voertuigkilometers in de stad en een schatting van de verdeling van de bestaande voertuigen (25% Euro 4, 75% Euro 5). In de berekening is verondersteld dat het lichte verkeer op alle wegen op dezelfde manier wordt beïnvloed door de maatregel. Er is dus geen rekening gehouden met locaties waarop voertuigen uit de doelgroep meer of minder rijden.

5A. 1% minder licht verkeer door parkeerbeleid

5B. 5% minder licht verkeer door parkeerbeleid

Deze maatregel is door middel van een sterk vereenvoudigde benadering doorgerekend. De aanname is gedaan dat er door verschillende parkeermaatregelen overal in de gemeente een afname plaatsvindt van het lichte verkeer met 1, respectievelijk 5%. Dit kan worden gezien als een minimale en maximale variant.

6. Maatregelpakket

Het maatregelpakket bestaat uit de maatregelen die praktisch gezien het meest haalbaar lijken:

- 1A: Milieuzone bestelverkeer, wren t/m Euro 2
- 3B: Verschonen zware vrachtwagens door LNG, maximale emissievariant²
- 4: Verschonen regiotaxi/leerlingenvervoer. Er is gerekend voor het actuele wagenpark in Tilburg (zie onder punt 4 hierboven).
- Gemiddelde van 5A en 5B: 3% minder licht verkeer door parkeerbeleid.

7. Aanzienlijk verminderen verkeersintensiteit

Dit is een vergaand scenario, dat door een combinatie van maatregelen tot stand zou kunnen komen. Op weg naar slimme en duurzame mobiliteit kan gedacht worden aan een modal shift van personenvervoer, meer telewerken en videovergaderen, stadsdistributie met hubs aan de rand van de stad, gebruik van pakketautomaten, etc. In dit scenario wordt gerekend met 10% minder licht verkeer en 5% minder zwaar verkeer op alle SRM1 wegen.

² De verschillen in emissie tussen de minimale en maximale variant blijken zeer klein.

Dynamisch verkeersmanagement

De gemeente Tilburg had ook belangstelling om het effect van dynamisch verkeersmanagement op de concentratie van roet in kaart te brengen. Dit was echter niet mogelijk in deze casestudie. Om de maatregel namelijk zinvol op verschillende wegvakken te beoordelen zijn verkeersgegevens uit een dynamisch verkeersmodel nodig, of eventueel praktijkmetingen van bijvoorbeeld wachttijden. Dit was voor de gemeente Tilburg niet voorhanden.

2.3 Berekningen

2.3.1 Emissie

De emissiefactoren van EC voor SRM1 wegen in 2015 en de verandering in deze factoren ten gevolge van de maatregelen gericht op de verschoning van voertuigen, zijn net als in de generieke studie (Voogt et al., 2014) met behulp van gedetailleerde TNO emissiemodellen berekend. In paragraaf 2.2 zijn de uitgangspunten reeds beschreven. De toegepaste emissiefactoren voor SRM2 wegen zijn de door het rijk als indicatief beschikbaar gestelde emissiefactoren voor dit wegtype.

2.3.2 Concentratie

De berekeningen van de jaargemiddelde concentratiebijdragen van het verkeer, de visualisatie op een kaart en de analyse m.b.t. de blootstelling van inwoners zijn uitgevoerd met behulp van het model Urban Strategy. Dit is een TNO model, waarin de standaardrekenmethoden voor luchtkwaliteit zijn opgenomen. Als invoer is gebruik gemaakt van de NSL rekentool (monitoringstool) versie 2014, voor het zichtjaar 2015. Dat betekent dat gerekend is voor de wegen die opgenomen zijn in de monitoringstool. De minder drukke wegen in de woonwijken zijn niet apart doorgerekend. De berekende concentratiebijdragen van het verkeer zijn daarom langs minder drukke wegen een onderschatting. De jaargemiddelde concentratiebijdragen van het verkeer op SRM1 wegen (binnenstedelijk) en SRM2 wegen (wegen zonder bebouwing erlangs en snelwegen) zijn uitgerekend. Omdat het lokale maatregelen betreft, zijn de maatregelen alleen toegepast op SRM1 wegen. In de praktijk zullen de maatregelen vermoedelijk ook een (klein) effect hebben op de samenstelling en intensiteit van het verkeer op de SRM2 wegen nabij Tilburg, maar dat is niet meegenomen in deze casestudie.

De berekende bijdrage van het verkeer aan de concentratie van EC bestaat uit onderstaande bijdragen, die bij elkaar opgeteld zijn:

- de lokale bijdragen van de SRM1 wegen (direct langs de weg en/of op de gevel);
- de bijdrage van SRM2 wegen;
- de bijdrage van het verkeer op SRM1 wegen aan de stadsachtergrondconcentratie.

Het is niet gebruikelijk om in studies naar lokale maatregelen te kijken naar de effecten op de stadsachtergrond.

Deze zijn qua absolute grootte ook beperkt, maar omdat er zoveel mensen aan de stadsachtergrondconcentratie worden blootgesteld blijkt het voor de blootstelling van de totale bevolking wel relevant. Daarom is in deze studie ook gekeken naar het effect op de stadsachtergrondconcentratie met behulp van een nieuwe, door TNO ontwikkelde module (zie Bijlage A).

De bijdragen van het verkeer zijn op een onregelmatig grid van receptorpunten berekend en daarna lineair geïnterpoleerd naar vakken van 10 bij 10 meter om er een gebiedsdekkende kaart van te maken. Het onregelmatige grid bestaat uit punten:

- om de ca. 10 meter langs SRM1 wegen op 10 meter afstand van de weg, t.b.v. de berekening van de lokale bijdrage van SRM1 wegen;
- op de gevels van de gebouwen³ t.b.v. de berekening van de lokale bijdrage van SRM1 wegen;
- in een regelmatig grid van 50 meter over de gehele gemeente Tilburg, t.b.v. de berekening van de bijdrage van SRM2 wegen.

Details over de resolutie voor de berekening van de bijdrage van SRM1 wegen aan de stadsachtergrondconcentratie staan in Bijlage A.

2.3.3 *Blootstelling*

De jaargemiddelde concentratiebijdrage-kaarten zijn in Urban Strategy gecombineerd met bevolkingsgegevens uit een adressenbestand dat beschikbaar is gesteld door de gemeente Tilburg. De gegevens bieden informatie over het aantal bewoners voor elk woonadres in Tilburg. Op die manier kan voor iedere bewoner bepaald worden wat de jaargemiddelde blootstelling is aan de concentratie van EC op zijn/haar woonadres als gevolg van het verkeer. Ook is inzichtelijk gemaakt met welke concentratieafnamen de inwoners te maken krijgen als gevolg van de verschillende scenario's.

De adrespunten liggen in de meeste gevallen ter hoogte van de voorgevel van de woningen.

Wanneer de blootstelling eenmaal in kaart gebracht is, zou het voor bestuurders praktisch zijn wanneer er een relevante doorvertaling naar de effecten op de gezondheid gemaakt kan worden. Met de huidige stand van kennis kan een afname van de concentratie van EC indicatief worden vertaald naar winst aan levensverwachting. Het gaat dan om langdurige blootstelling aan EC concentraties. Door de veronderstelde autonome verschoning van het verkeer zullen de effecten van maatregelen op de lange termijn afnemen, waardoor de levensverwachting een moeilijk toepasbare maat is. Een maat gericht op effecten die mensen in het dagelijks leven ervaren zou aansprekender zijn, zoals problemen met luchtwegen. Het gaat dan om de relatie tussen kortdurende blootstelling aan hoge concentraties van EC en bijvoorbeeld astma-aanvallen bij kinderen. Momenteel vindt er onderzoek plaats naar de vergelijking tussen blootstelling aan luchtverontreiniging (o.a. roet) en passief meeroken voor enkele gezondheidseindpunten (o.a. astma-aanvallen bij kinderen) (AWMG, 2014). Resultaten van dit onderzoek worden in de loop van 2015 verwacht.

³ Bron: Basisregistraties Adressen en Gebouwen (BAG)

De verlenging van de levensverwachting is in deze studie daarom toch als indicatieve maat genomen. Bij het sommeren van de verlenging van de levensverwachting over alle inwoners wordt de grootte van de groep mensen die met een bepaalde afname te maken krijgt meegewogen. Dat maakt het mogelijk om de maatregelen op basis van één getal met elkaar te vergelijken.

Er is gebruik gemaakt van de indicatieve relatie tussen de afname van de concentratie van EC en het verschil in levensduur, zoals afgeleid door Janssen et al. (2011). Zij gaan daarbij uit van een hypothetische populatie van mensen tussen 18 en 64 jaar met een leeftijdsopbouw zoals de gemiddelde bevolking van Nederland in 2008. Voor zo'n gemiddelde populatie is uitgerekend dat de levensduur per individu met 3,6 maanden verlengd wordt bij een afname van de EC concentratie van $0,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Uit de studie van Janssen et al. (2011) blijkt dat dit bij benadering lineair geëxtrapoleerd kan worden. Dit is gedaan voor enkele concentratieverschillen in Tabel 4.

Tabel 4 Indicatie van het verschil in levensduur als gevolg van verandering van de EC concentratie.

Vershil in EC concentratie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Vershil in levensduur
1,0	6,5 maanden
0,5	3,3 maanden
0,3	2 maanden
0,2	1,3 maanden
0,1	20 dagen
0,05	10 dagen
0,03	6 dagen
0,02	4 dagen
0,01	2 dagen

3 Resultaten

3.1 Emissies

De mate waarin emissies afnemen geeft een eerste indicatie van de effectiviteit van de maatregelen. De totale emissie van EC door verkeer op alle SRM1 wegen in de gemeente Tilburg is voor de verschillende scenario's weergegeven in Tabel 5. In de laatste kolom staat de afname van de totale emissie in de maatregelscenario's ten opzichte van de 0-situatie.

Tabel 5 Emissie van EC (ton/jaar) door wegverkeer op SRM1 wegen in de gemeente Tilburg in 2015 en de afname (%) t.o.v. de 0-situatie.

Nr	Scenario	Emissie (ton/jaar)	Afname t.o.v. 0-situatie (%)
0	0-situatie	8,988	
1A	Milieuzone bestel, weren t/m Euro 2	8,922	0,7
1B	Milieuzone bestel, weren t/m Euro 3	8,848	1,6
2A	Milieuzone personen + bestel, weren t/m Euro 2	8,780	2,3
2B	Milieuzone personen + bestel, weren t/m Euro 3	8,625	4,0
3A	Verschonen zware vrachtwagens door LNG, minimale emissievariant	8,960	0,3
3B	Verschonen zware vrachtwagens door LNG, maximale emissievariant	8,958	0,3
4	Verschonen regiotaxi/leerlingen vervoer	8,964	0,3
5A	1% minder licht verkeer door parkeerbeleid	8,950	0,4
5B	5% minder licht verkeer door parkeerbeleid	8,808	2,0
6	Maatregelpakket	8,595	4,4
7	Aanzienlijk verminderen verkeersintensiteit	8,549	4,9

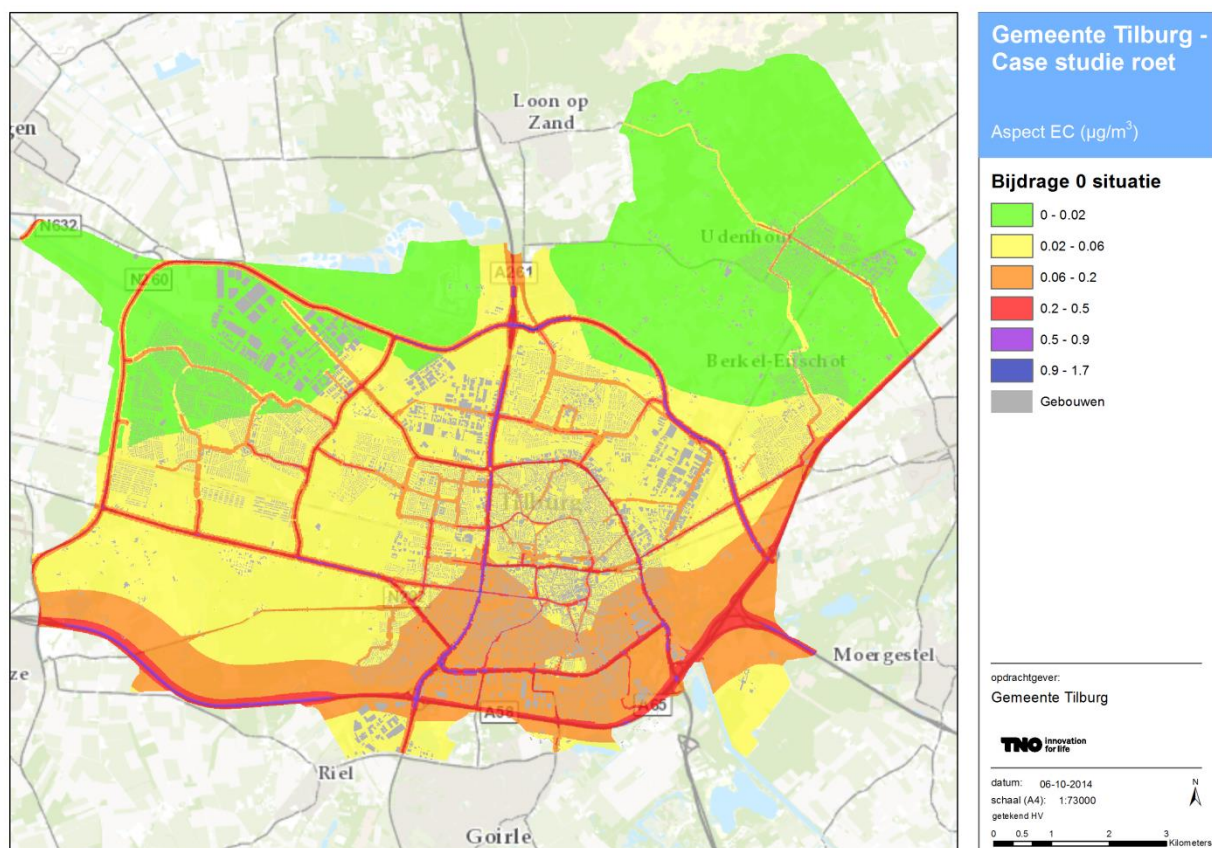
Uit de tabel blijkt dat de emissieafname in het gebied alleen bij scenario's 2A, 2B, 5B, 6 en 7 groter is dan 2%.

Wat verder opvalt is dat er weinig verschil zit tussen de minimale en maximale variant voor maatregel 3 (verschonen zwaar vrachtverkeer door LNG). Dat komt doordat de verschoning van Euro V naar Euro VI diesel (minimale emissievariant) voor een veel grotere afname zorgt dan de *extra* verschoning van EURO VI diesel naar de helft van Euro VI diesel (maximale emissievariant).

3.2 Concentraties

De berekende jaargemiddelde concentratiebijdrage van het verkeer aan EC voor de 0-situatie in 2015 is in een kaart weergegeven in Figuur 2. Te zien is hoe de bijdrage van verkeer het hoogst is langs de rijkswegen A58 en A65, de N-wegen en de drukke binnenstedelijke wegen zoals de Ringbanen. De maximale concentratiebijdrage is $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in de directe nabijheid van de drukke wegen, maar op de meeste verkeersbelaste locaties ligt de verkeerbijdrage tussen $0,2$ en $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De invloed van het verkeer op de concentraties in de minder belaste woonwijken is kleiner dan $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, op veel plaatsen slechts enkele honderden $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



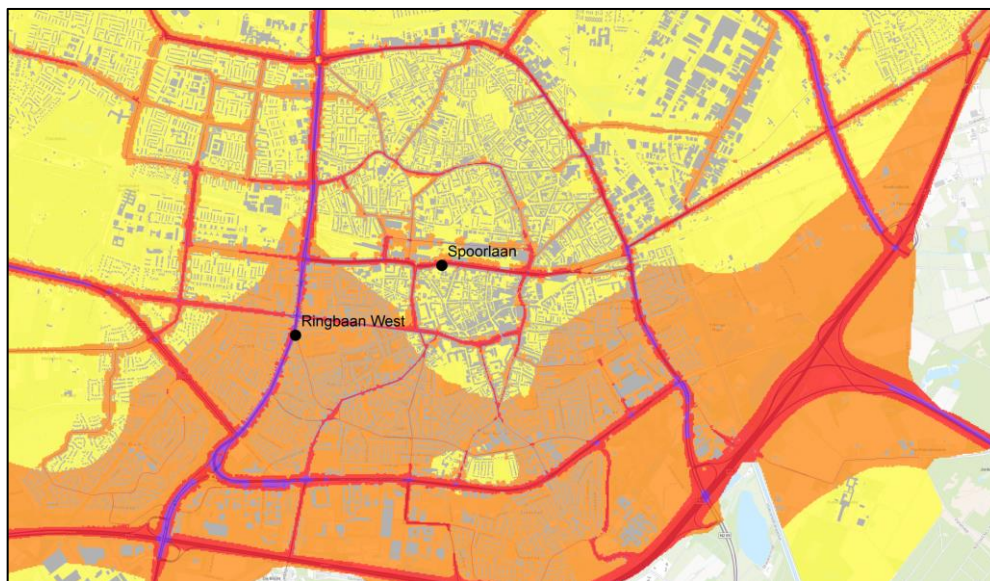
Figuur 2 Jaargemiddelde bijdrage van verkeer aan de EC concentratie voor de 0-situatie in 2015.

De kaarten die de afname van de bijdrage van het verkeer aan de concentratie van EC als gevolg van de maatregelen tonen zijn weergegeven in Bijlage B. Voor alle kaarten is dezelfde legenda gebruikt zodat verschillen in effectiviteit tussen de maatregelen goed opvallen. Uit de verschilkaarten wordt het volgende afgeleid:

- In de verschilkaarten valt direct op dat maatregelen 3 en 4 (verschonen zware vracht d.m.v. LNG en verschonen regiotaxi/leerlingen vervoer) zeer weinig effect hebben op de concentraties van EC. Het aandeel van beide doelgroepen aan de totale emissie van EC is namelijk beperkt. De voertuigen die gebruikt worden voor de regiotaxi en het leerlingenvervoer voldoen al minimaal aan Euro 4 en bovendien is het aantal voertuigkilometers beperkt. Voor zware vrachtwagens geldt dat het aantal door een dergelijke maatregel te vervangen voertuigen naar een realistisch schatting op niet meer dan 6% van de categorie uitkomt.
- Beide varianten van de maatregel milieuzone bestelverkeer (1) zorgen wel voor een in de kaarten zichtbare afname langs de wegen in de milieuzone en net daarbuiten. In scenario 1B is ook een klein effect zichtbaar op de stadsachtergrondconcentratie (te zien aan de gele vlek). De afnamen langs wegen zijn voor beide varianten van de milieuzone personen- en bestelverkeer (2) groter.

- Ook is over een groter gebied effect te zien op de stadsachtergrondconcentratie. De absolute waarden van de verschillen in deze verkeersluwere gebieden zijn overigens klein (kleiner dan $0,005 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Het effect van het verminderen van de intensiteit van het lichte verkeer met 1% door parkeerbeleid is laag, vergelijkbaar met het effect van het verschonen van regiotaxi/leerlingen vervoer en zware vrachtwagens. Wanneer het licht verkeer met 5% wordt gereduceerd door parkeerbeleid liggen de verschillen nabij de wegen in het centrum qua orde van grootte tussen die voor de milieuzone bestelverkeer variant B en de milieuzone personen- en bestelverkeer variant A.
 - De grootste afnamen zijn zichtbaar voor het maatregelpakket (6) en het aanzienlijk verminderen van de verkeersintensiteit (7). De afnamen van beide scenario's zijn qua orde van grootte vergelijkbaar.

Op de kaart (Figuur 3) zijn twee locaties geprikt, een langs de Spoorlaan (in de milieuzone) en een langs de Ringbaan West. Beide locaties liggen op ongeveer 15 meter van de wegas. De concentratiebijdrage van het verkeer in het 0-scenario langs de Spoorlaan is $0,376 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en langs de Ringbaan $0,568 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De procentuele afnamen van de bijdrage van het verkeer als gevolg van de maatregelen zijn weergegeven in Tabel 6.



Figuur 3 De geprikte locaties langs de Spoorlaan dan Ringbaan West.

Uit Tabel 6 wordt het volgende afgeleid:

- De procentuele afnamen van de bijdrage van het verkeer aan de concentratie van EC variëren van minder dan 1% tot 16%.
- Op de locatie langs de Spoorlaan is de milieuzone personen- en bestelverkeer (2) het meest effectief. Beide varianten hebben meer effect op deze locatie dan het maatregelpakket (6) en het scenario waarin de verkeersintensiteit aanzienlijk verminderd wordt (7).
- Op de locatie langs de Ringbaan West is scenario 2B ongeveer even effectief als scenario's 6 en 7. Het uitstralings-effect van een milieuzone heeft dus een aanzienlijke invloed op deze locatie.

Tabel 6 Procentuele afname van de bijdrage van het verkeer aan de concentratie van EC in 2015 als gevolg van de maatregelen op twee locaties.

Nr	Scenario	Spoorlaan	Ringbaan West
1A	Milieuzone bestel, weren t/m Euro 2	3	2
1B	Milieuzone bestel, weren t/m Euro 3	6	3
2A	Milieuzone personen + bestel, weren t/m Euro 2	9	5
2B	Milieuzone personen + bestel, weren t/m Euro 3	16	9
3A	Verschoenen zware vrachtwagens door LNG, minimale emissievariant	<1	<1
3B	Verschoenen zware vrachtwagens door LNG, maximale emissievariant	<1	<1
4	Verschoenen regiotaxi/leerlingen vervoer	<1	<1
5A	1% minder licht verkeer door parkeerbeleid	<1	<1
5B	5% minder licht verkeer door parkeerbeleid	3	4
6	Maatregelpakket	6	8
7	Aanzienlijk verminderen verkeersintensiteit	7	9

3.3 Blootstelling van de inwoners

Tabel 7 geeft het aantal inwoners weer dat blootgesteld wordt aan een bepaalde concentratieklasse, voor de 0-situatie en de maatregelscenario's.

De maximale blootstelling aan de concentratie van EC als gevolg van verkeer is $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, terwijl de maximaal berekende concentratiebijdrage $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is (zie Figuur 2). Dit verschil komt door het feit dat woningen op grotere afstand van de weg liggen. In de 0-situatie is de blootstelling aan EC als gevolg van verkeer van verreweg het grootste deel van de inwoners (ruim 91%) kleiner dan $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Voor slechts 101 inwoners (0,05%) is de blootstelling groter dan $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Door de maatregelen vinden verschuivingen tussen de klassen plaats.

Verschuivingen tussen de klassen met de laagste waarden zijn het gevolg van het effect dat maatregelen hebben op de stadsachtergrondconcentratie.

Verschuivingen tussen de klassen met de hoogste waarden zijn het gevolg van het effect dat maatregelen hebben op de lokale bijdrage in de straat. Te zien is dat bij de meest effectieve scenario's zowel aan de lage als aan de hoge kant de grootste verschuivingen optreden.

Tabel 7 Blootstelling aan de concentratiebijdrage aan EC in 2015: aantallen inwoners per concentratieklasse.

Concentratie klasse	0-situatie	1A milieuzone bestel t/m Euro 2	1B milieuzone bestel t/m Euro 3	2A milieuzone personen + bestel t/m Euro 2	2B milieuzone personen + bestel t/m Euro 3	3A zware vracht LNG minimaal	3B zware vracht LNG maximaal
0 – 0,05	110997	119314	122555	124660	129227	111736	111771
0,05 – 0,1	81757	74375	71594	70151	66791	81094	81063
0,1 – 0,15	8841	8466	8417	8148	7766	8820	8816
0,15 – 0,2	3825	3696	3537	3358	2996	3814	3823
0,2 -0,25	1775	1540	1531	1601	1570	1753	1744
0,25 – 0,3	1247	1223	1169	1115	1026	1227	1243
0,3 – 0,35	855	842	765	627	459	897	890
0,35 – 0,4	516	467	411	374	245	494	485
0,4 – 0,45	271	197	158	120	103	260	260
0,45 – 0,5	104	96	95	91	68	108	108
0,5 – 0,55	63	35	24	14	15	48	48
0,55 – 0,6	15	15	20	17	10	15	15
0,6 – 0,65	10	10	3	10	10	10	10
0,65 – 0,7	10	10	7	3	3	10	10
0,7 – 0,75	0	3	3	0	0	3	3
0,75 – 0,8	3	0	0	0	0	0	0
0,8 – 0,85	0	0	0	0	0	0	0

Concentratie klasse	0-situatie	4 regiotaxi/ leerlingen vervoer	5A 1% minder licht verkeer	5B 5% minder licht verkeer	6 maatregel-pakket	7 aanzienlijk verminderen verkeer
0 – 0,05	110997	111701	112043	114844	118877	120550
0,05 – 0,1	81757	81140	80842	78541	75170	73736
0,1 – 0,15	8841	8812	8795	8609	8469	8403
0,15 – 0,2	3825	3818	3800	3760	3616	3565
0,2 -0,25	1775	1746	1750	1634	1503	1487
0,25 – 0,3	1247	1227	1239	1224	1171	1125
0,3 – 0,35	855	881	886	824	764	774
0,35 – 0,4	516	510	494	498	436	376
0,4 – 0,45	271	261	247	194	154	157
0,45 – 0,5	104	107	107	104	85	78
0,5 – 0,55	63	48	48	24	21	15
0,55 – 0,6	15	15	15	20	10	10
0,6 – 0,65	10	10	10	3	10	10
0,65 – 0,7	10	10	10	7	3	3
0,7 – 0,75	0	3	3	3	0	0
0,75 – 0,8	3	0	0	0	0	0
0,8 – 0,85	0	0	0	0	0	0

De verschillen in blootstelling als gevolg van de maatregelen zijn beter zichtbaar in Tabel 8 waarin is weergegeven hoeveel inwoners er met een bepaalde afname te maken krijgen. In deze tabel is te zien dat de meeste inwoners slechts van een beperkte afname van enkele duizenden microgrammen zullen profiteren. Het is duidelijk te zien dat maatregelen 3A, 3B, 4 en 5A de minste effecten hebben. De grootste afnamen waar bewoners mee te maken krijgen zijn het gevolg van variant B van de milieuzone personen- en bestelverkeer waarin t/m Euro 3 geweerd wordt.

Tabel 8 Verschil in blootstelling aan de concentratiebijdrage aan EC in 2015: aantallen inwoners per concentratieafname-klasse. NB: de eerste 10 klassen zijn intervallen van 0,001 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, daarna zijn het intervallen van 0,005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Concentratie afname-klasse	1A milieuzone bestel t/m Euro 2	1B milieuzone bestel t/m Euro 3	2A milieuzone personen + bestel t/m Euro 2	2B milieuzone personen + bestel t/m Euro 3	3A zware vracht LNG minimaal	3B zware vracht LNG maximaal
0 – 0,001	182673	115758	95326	69421	206000	205265
0,001 – 0,002	12760	64474	35449	32773	3899	4366
0,002 – 0,003	4114	12038	48248	18943	367	635
0,003 – 0,004	3106	2629	11999	23513	18	10
0,004 – 0,005	2399	2340	2157	30982	5	13
0,005 – 0,006	1565	1832	1642	12700	0	0
0,006 – 0,007	913	1534	1506	2704	0	0
0,007 – 0,008	637	1609	1489	1280	0	0
0,008 – 0,009	496	1258	1179	1085	0	0
0,009 – 0,01	288	1254	1020	1025	0	0
0,01 – 0,015	1098	3035	4597	4131	0	0
0,015 – 0,02	233	1135	2372	3081	0	0
0,02 – 0,025	7	739	1209	2584	0	0
0,025 – 0,03	0	406	677	1572	0	0
0,03 – 0,035	0	198	475	1266	0	0
0,035 – 0,04	0	43	419	738	0	0
0,04 – 0,045	0	7	246	593	0	0
0,045 – 0,05	0	0	166	362	0	0
0,05 – 0,055	0	0	75	262	0	0
0,055 – 0,06	0	0	31	235	0	0
0,06 – 0,065	0	0	7	353	0	0
0,065 – 0,07	0	0	0	175	0	0
0,07 – 0,075	0	0	0	162	0	0
0,075 – 0,08	0	0	0	128	0	0
0,08 – 0,085	0	0	0	92	0	0
0,085 – 0,09	0	0	0	64	0	0
0,09 – 0,095	0	0	0	27	0	0
0,095 – 0,1	0	0	0	16	0	0
0,1 – 0,105	0	0	0	16	0	0
0,105 – 0,11	0	0	0	6	0	0

Vervolg Tabel 8

Verskil in blootstelling aan de concentratiebijdrage aan EC in 2015: aantallen inwoners per concentratieafname-klasse. NB: de eerste 10 klassen zijn intervallen van 0,001 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, daarna zijn het intervallen van 0,005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

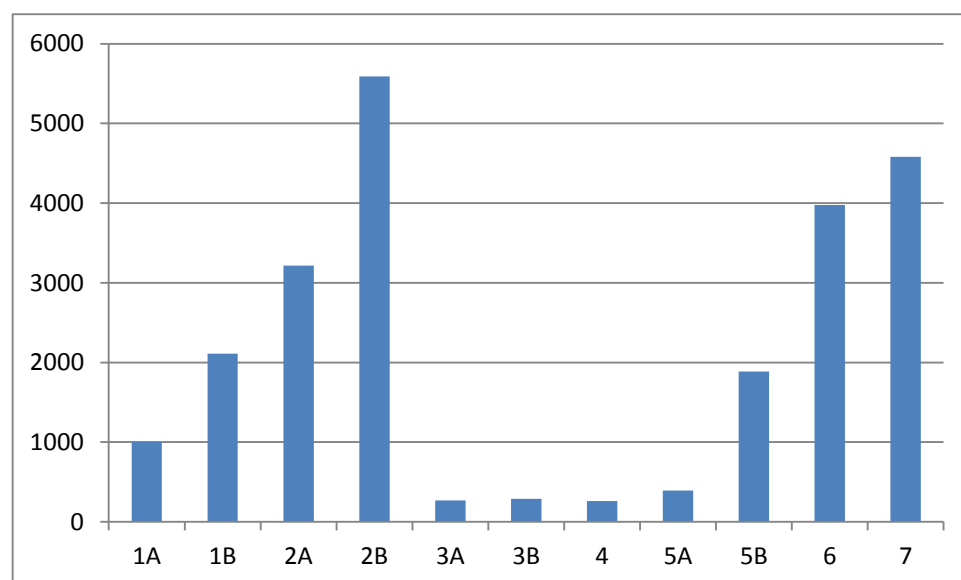
Concentratie afname-klasse	4 regiotaxi/ leerlingen vervoer	5A 1% minder licht verkeer	5B 5% minder licht verkeer	6 maatregel- pakket	7 aanzienlijk verminderen verkeer
0 – 0,001	206636	202714	87158	37918	34179
0,001 – 0,002	3388	5635	98872	45234	37761
0,002 – 0,003	262	1624	9050	72441	45266
0,003 – 0,004	3	283	5073	29115	60363
0,004 – 0,005	0	30	3058	5345	9358
0,005 – 0,006	0	3	2002	3773	4126
0,006 – 0,007	0	0	1285	2961	3081
0,007 – 0,008	0	0	863	2459	2557
0,008 – 0,009	0	0	606	1929	2109
0,009 – 0,01	0	0	652	1313	1754
0,01 – 0,015	0	0	1407	4089	4830
0,015 – 0,02	0	0	232	1670	2031
0,02 – 0,025	0	0	28	1111	1245
0,025 – 0,03	0	0	3	588	890
0,03 – 0,035	0	0	0	218	444
0,035 – 0,04	0	0	0	88	172
0,04 – 0,045	0	0	0	14	80
0,045 – 0,05	0	0	0	20	17
0,05 – 0,055	0	0	0	3	13
0,055 – 0,06	0	0	0	0	10
0,06 – 0,065	0	0	0	0	3
0,065 – 0,07	0	0	0	0	0
0,07 – 0,075	0	0	0	0	0
0,075 – 0,08	0	0	0	0	0
0,08 – 0,085	0	0	0	0	0
0,085 – 0,09	0	0	0	0	0
0,09 – 0,095	0	0	0	0	0
0,095 – 0,1	0	0	0	0	0
0,1 – 0,105	0	0	0	0	0
0,105 – 0,11	0	0	0	0	0

Effecten op de levensverwachting

Op basis van de indicatieve relatie tussen een afname in de concentratie van EC en de verlenging van de levensverwachting is de toename van de verwachting van de levensduur als gevolg van de maatregelen bepaald. Deze is gesommeerd over alle inwoners. De resultaten staan in Tabel 9. Figuur 4 is hier een grafische weergave van.

Tabel 9 Indicatie van de verlenging van de levensduurverwachting voor bewoners in het studiegebied als gevolg van een verminderde blootstelling aan EC concentraties in 2015 (maanden).

Nr	Scenario	Maanden
1A	Milieuzone bestel, weren t/m Euro 2	1005
1B	Milieuzone bestel, weren t/m Euro 3	2110
2A	Milieuzone personen + bestel, weren t/m Euro 2	3214
2B	Milieuzone personen + bestel, weren t/m Euro 3	5592
3A	Verschonen zware vrachtwagens door LNG, minimale emissievariant	267
3B	Verschonen zware vrachtwagens door LNG, maximale emissievariant	289
4	Verschonen regiotaxi/leerlingen vervoer	261
5A	1% minder licht verkeer door parkeerbeleid	393
5B	5% minder licht verkeer door parkeerbeleid	1887
6	Maatregelpakket (1A + 3B + 4 + 3% minder licht verkeer door parkeerbeleid)	3977
7	Aanzienlijk verminderen verkeersintensiteit (licht 10%, middel en zwaar 5%)	4581



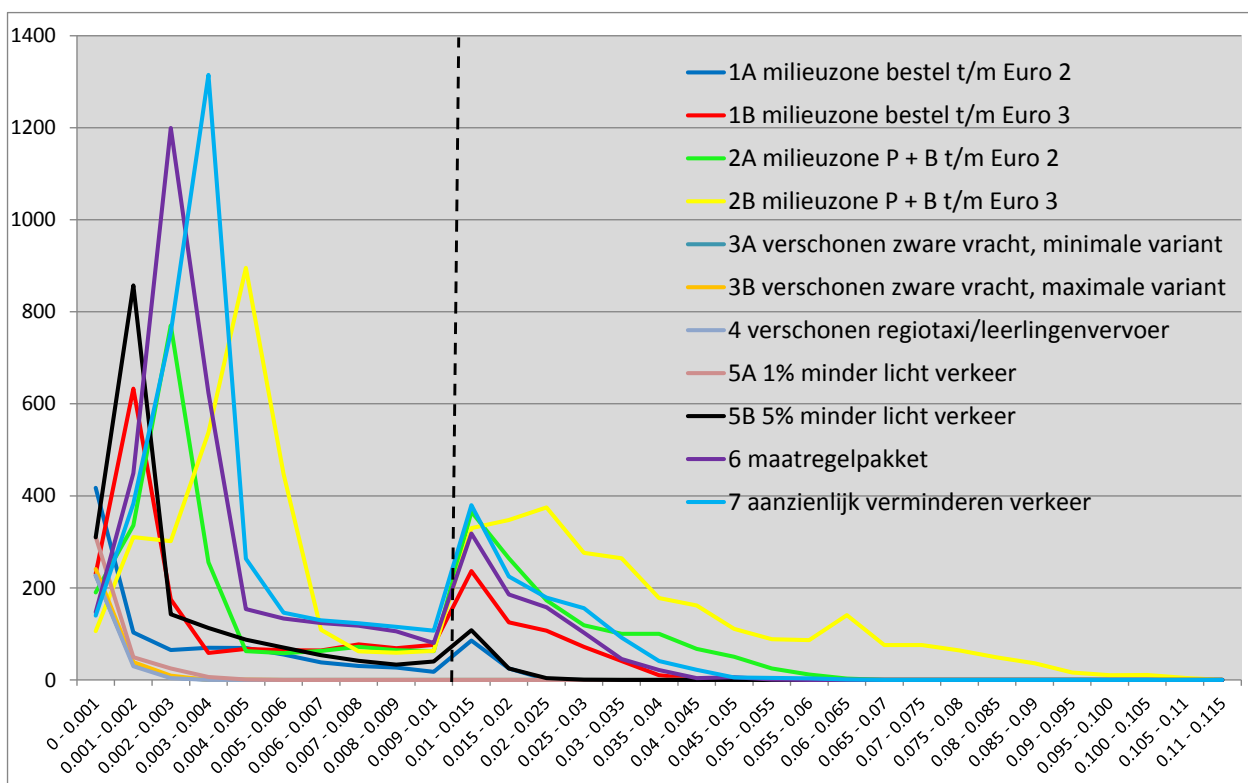
Figuur 4 Indicatie van de verlenging van de levensduurverwachting voor bewoners in het studiegebied als gevolg van een verminderde blootstelling aan EC concentraties in 2015 (maanden). (grafische weergave van Tabel 9).

In paragraaf 2.3.3 is reeds ingegaan op de beperkingen van deze indicator. Door de autonome verschoning van het wagenpark zullen de effecten van de maatregelen op termijn verminderen. Bovendien spreekt de levensduurverlenging in termen van maanden weinig tot de verbeelding. Wel maakt de toepassing ervan in een oogopslag duidelijk welke scenario's het meest effectief zijn voor het verlagen van de blootstelling van alle inwoners in de gemeente Tilburg en hoe de scenario's zich tot elkaar verhouden. De meest verregaande variant van de milieuzone voor personen- en bestelverkeer (weren t/m Euro 3) is het meest effectief in het verlagen van de blootstelling. Qua orde van grootte is het effect van het maatregelpakket (een combinatie van maatregelen 1A, 3B, 4⁴ en het gemiddelde van 5A en 5B)

⁴ Er is gerekend voor het actuele wagenpark in Tilburg (en dus niet per 100 voertuigen zoals in de generieke studie van Voogt en Eijk, 2014).

vergelijkbaar met het scenario waarin de verkeersintensiteit aanzienlijk verminderd wordt (licht met 10% en zwaar met 5%).

In deze studie zijn zowel effecten op de lokale verkeersbijdrage in drukke straten als die op de stadsachtergrondconcentratie bepaald. Daarom is het interessant te kijken naar het aandeel van beide effecten aan de afname van de blootstelling. Het doorvertalen naar een maat die gesommeerd kan worden (maanden levensverwachting) heeft als groot voordeel dat inzicht ontstaat in de weging tussen de beperkte afname van de blootstelling van het overgrote deel van de inwoners (in de stadsachtergrond) en de grotere afname van een klein aantal inwoners langs drukke wegen. Figuur 5 laat de winst in maanden zien, verdeeld over de klassen van concentratie-afnames uit Tabel 8. De resultaten gesommeerd over deze klassen zijn gelijk aan die in Tabel 9.



Figuur 5 Indicatie van de verlenging van de levensduurverwachting, verdeeld over klassen van concentratie-afname. De stippellijn geeft aan vanaf waar de intervalgrootte verandert van 0,001 naar 0,005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

In Figuur 5 is het volgende te zien:

- Er zijn twee “pieken” in de levenswinst te zien in de verdeling. Die bij de laagste klassen zijn te relateren aan verminderde blootstelling aan de stadsachtergrondconcentratie, die bij de hogere klassen aan verminderde blootstelling aan de lokale verkeersbijdrage langs drukkere wegen.
- Het blijkt dat de gesommeerde levensduurwinst als gevolg van een lagere stadsachtergrondconcentratie voor de meeste scenario's veel groter is dan die als gevolg van een lagere lokale verkeersbijdrage langs drukkere wegen.
- De milieuzones voor personen- en bestelverkeer leiden tot de grootste lokale afnames.

Hieruit blijkt dat wanneer de invloed van de maatregelen op de stadsachtergrondconcentratie buiten beschouwing blijft, er een forse onderschatting wordt gemaakt van het effect van de maatregelen op de blootstelling van de inwoners.

4 Conclusies en discussie

In deze casestudie zijn de effecten van een aantal verkeersmaatregelen op de blootstelling van de inwoners van Tilburg aan de concentratie van EC (als indicator voor roet) in 2015 in kaart gebracht. Er is specifiek gekeken naar de bijdrage van het verkeer aan de concentratie van EC, omdat de maatregelen gericht zijn op het verkeer. Een overzicht van de berekende bijdragen van het verkeer aan de concentratie van EC in 2015 is gegeven in Tabel 10.

Tabel 10 Berekende jaargemiddelde bijdrage van het verkeer aan de concentratie van EC in Tilburg.

Omgeving	Bijdrage verkeer aan de concentratie van EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Verkeersluwe wijken	<0.06
Verkeersluwe wijken dichtbij de snelweg (grofweg ten zuiden van Bredaseweg)	0,06 - 0,2
Langs de meeste wegen (op 10 m afstand)	0,2 – 0,9
Maximum bij drukke weg (op 10 m afstand)	1,7

Mensen die langs drukke wegen wonen worden jaargemiddeld aan lagere verkeersbijdragen blootgesteld dan de bijdragen die berekend zijn op 10 meter afstand tot de weg. Hun woningen staan immers op grotere afstand dan 10 meter. De verkeersemisies verdunnen snel met toenemende afstand tot de weg. De maximale jaargemiddelde blootstelling aan de concentratie van EC als gevolg van verkeer op een adreslocatie in Tilburg is $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Voor 91% van de inwoners is de bijdrage van het verkeer op de adreslocatie kleiner dan $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De studie leidt t.a.v. de maatregeleffecten tot de volgende conclusies:

- Verkeersmaatregelen hebben lokaal langs drukke wegen een effect op de concentratie van EC, maar ook op de stadsachtergrondconcentratie. Uit deze studie blijkt dat de effecten van maatregelen op de blootstelling van de inwoners onderschat worden indien het effect op de stadsachtergrondconcentratie buiten beschouwing gelaten wordt. Hoewel de effecten op de stadsachtergrondconcentraties zeer beperkt zijn, is het gewogen effect met het aantal inwoners dat aan dergelijke concentraties wordt blootgesteld dat niet. Meer dan 90% van de inwoners woont namelijk niet in de directe nabijheid van drukke wegen.
- In termen van blootstelling en gezondheid (met als indicatieve maat de verlenging van de levensduurverwachting) zijn de effecten van de maatregelen weergegeven in Tabel 11. De meest verregaande variant van de milieuzone voor personen- en bestelverkeer (weren t/m Euro 3) is het meest effectief in het verlagen van de blootstelling. Qua orde van grootte is het effect van het maatregelpakket vergelijkbaar met het scenario waarin de verkeersintensiteit aanzienlijk verminderd wordt.

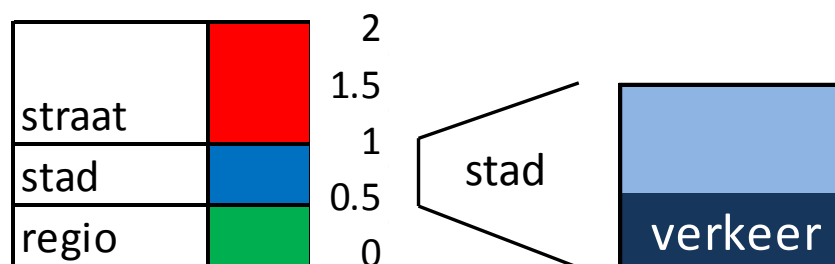
Tabel 11 Overzicht van de maatregelen met een indicatie van de verlenging van de levensduur gesommeerd over alle inwoners van Tilburg.

Nr	Scenario	Maanden
1A	Milieuzone bestel, weren t/m Euro 2	1005
1B	Milieuzone bestel, weren t/m Euro 3	2110
2A	Milieuzone personen + bestel, weren t/m Euro 2	3214
2B	Milieuzone personen + bestel, weren t/m Euro 3	5592
3A	Verschonen zware vrachtwagens door LNG, minimale emissievariant	267
3B	Verschonen zware vrachtwagens door LNG, maximale emissievariant	289
4	Verschonen regiotaxi/leerlingen vervoer	261
5A	1% minder licht verkeer door parkeerbeleid	393
5B	5% minder licht verkeer door parkeerbeleid	1887
6	Maatregelpakket (1A + 3B + 4 + 3% minder licht verkeer door parkeerbeleid)	3977
7	Aanzienlijk verminderen verkeersintensiteit (licht 10%, middel en zwaar 5%)	4581

De studie laat zien dat een combinatie van lokale maatregelen effectief de roetconcentraties kan verlagen. De emissie van roet zal naar verwachting de komende 5 tot 10 jaar fors afnemen door de autonome verschoning van het wagenpark. Het gaat daarom vooral om lokale maatregelen om deze periode te overbruggen.

Discussie

De indicatieve achtergrondconcentratie in de kilometervakken van de GCN in Tilburg varieert van 0,6 tot 1,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Daaruit volgt het beeld van een regionale achtergrondconcentratie van rond de 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De stad zou dan ook een maximale bijdrage van rond de 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ leveren. Dit is links in Figuur 1 schematisch weergegeven.



Figuur 6 Links: schematische opbouw van de concentratie van EC (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) langs een drukke straat, waarin ook de achtergrondconcentratie (volgens de GCN) is opgenomen. Rechts: de berekende bijdrage van verkeer aan de stadsachtergrondconcentratie

In de huidige studie is de invloed van lokale wegen op de stadsachtergrondconcentratie berekend met een nieuwe door TNO ontwikkelde module. Uit deze berekeningen blijkt dat de bijdrage van lokaal verkeer, inclusief dat op de snelweg, maximaal 0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ is (zie Figuur 1 rechts). Dat is nog niet de helft van de maximale bijdrage van de stad zoals afgeleid uit de GCN. De nieuwe achtergrondmodule is nog niet uitgebreid gevalideerd met metingen.

Een onderschatting van de bijdrage van het verkeer aan de stadsachtergrondconcentratie kan daarom niet uitgesloten worden. Tegelijk roept het de vraag op of de berekende stadsachtergrondconcentratie in de GCN niet aan de hoge kant is, of dat de bijdrage van andere bronnen zoals huishoudens wellicht nog niet zo in beeld zijn in de lokale beleidspraktijk.

Er bestaat niet alleen een validatiebehoefte voor de stadsachtergrondmodule. De behoefte bestaat ook voor de emissiefactoren van EC. Deze zijn op basis van enkele metingen aan de uitlaat afgeleid als fractie van fijn stof. Meer onderzoek naar de emissie onder praktijkomstandigheden met behulp van metingen aan de uitlaat zou helpen om de betrouwbaarheid van de emissiefactoren te vergroten en te kwantificeren.

Een kwestie voor bestuurders is de relevante doorvertaling naar effecten op de gezondheid. Met de huidige stand van kennis kan een afname van de concentratie van EC indicatief worden vertaald naar winst van de levensverwachting. Het gaat dan om langdurige blootstelling aan EC-concentraties. Door de veronderstelde autonome verschoning zullen de effecten van maatregelen op de lange termijn afnemen, waardoor de levensverwachting een moeilijk toepasbare maat is. Ook spreekt het aantal maanden levensduur weinig tot de verbeelding. Een maat gericht op effecten die mensen in het dagelijks leven ervaren zou aansprekender zijn, zoals problemen met luchtwegen. Het gaat dan om de relatie tussen kortdurende blootstelling aan hoge concentraties van EC en bijvoorbeeld astma-aanvallen bij kinderen. Momenteel vindt er onderzoek plaats naar de vergelijking tussen blootstelling aan luchtverontreiniging (o.a. roet) en passief meeroken voor enkele gezondheidseindpunten (o.a. astma-aanvallen bij kinderen) (AWMG, 2014). Resultaten van dit onderzoek worden in de loop van 2015 verwacht.

5 Referenties

Academische Werkplaats Milieu en Gezondheid (AWMG). Luchtverontreiniging in perspectief.

http://www.academischewerkplaatsmmk.nl/projecten/lopende_projecten/kortlopende_projecten/luchtverontreiniging_in_perspectief
geraadpleegd: 7 oktober 2014

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. Accepted by Environmental Health Perspectives. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1003369>. Online 2 August 2011.

Voogt, M.H. en Eijk, A.R.A., 2014. Gezondheidseffecten Luchtkwaliteitmaatregelen – berekeningen voor NO₂, PM₁₀ en roet. TNO rapport TNO 2014 R11384.

6 Ondertekening

Naam en adres van de opdrachtgever

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
Ing. P.S. van Zyl	Emissieberekeningen
H.L.M. Verhagen	Berekeningen Urban Strategy
P.Y.J. Zandveld	Toolontwikkeling

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

-

Periode waarin het onderzoek plaatsvond:

juni - november 2014

Naam en ondertekening interne reviewer

Dr. M.P. Keuken

Ondertekening:

Ir. M.H. Voogt
Projectleider

Goedkeuring:

Drs. H.C. Borst
Research Manager

A Stadsachtergrondmodule

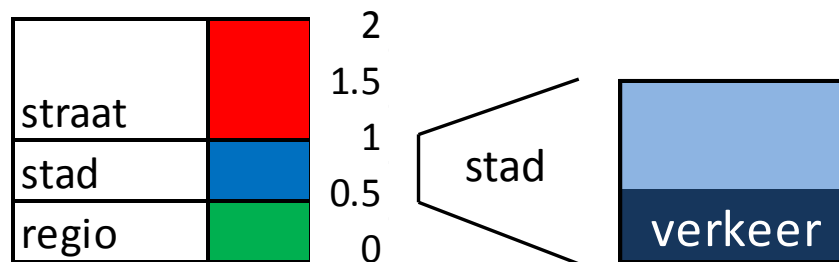
De bijdrage van het verkeer op SRM1 wegen aan de stadsachtergrondconcentratie is in deze studie bepaald met een nieuwe, door TNO ontwikkelde module.

De module gaat ervan uit dat de verkeersemissie op grotere hoogte (15 meter) vrijkomt en wordt verspreid door middel van een Gaussische pluimbenadering. Op die manier wordt de verspreiding van de emissies in de straat over de bebouwing heen gesimuleerd.

Na berekening van de bijdrage op punten in een regelmatig grid van 50 meter, worden de resultaten vergrid naar vakken van 1 bij 1 km en vervolgens geïnterpoleerd naar vakken van 1 bij 1 meter. Op die manier ontstaat er een glad patroon zonder grote sprongen.

De methode is nog niet uitgebreid gevalideerd met behulp van metingen. Dat is ook geen eenvoudige opgave. Immers: hoe isoleer je de bijdrage van het verkeer aan de stadsachtergrondconcentratie van die van andere bronnen zoals huishoudens?

De berekeningen in deze studie tonen de validatiebehoefte wel duidelijk aan. De maximaal berekende bijdrage van SRM1 en SRM2 wegen aan de concentratie op stadsachtergrondlocaties is namelijk nog niet de helft van de bijdrage van de stad volgens de GCN. De indicatieve achtergrondconcentratie in de kilometervakken van de GCN in Tilburg varieert van 0,6 tot 1,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Daaruit volgt het beeld van een regionale achtergrondconcentratie van rond de 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De stad zou dan ook een maximale bijdrage van rond de 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ leveren. Dit is links in Figuur 7 schematisch weergegeven.



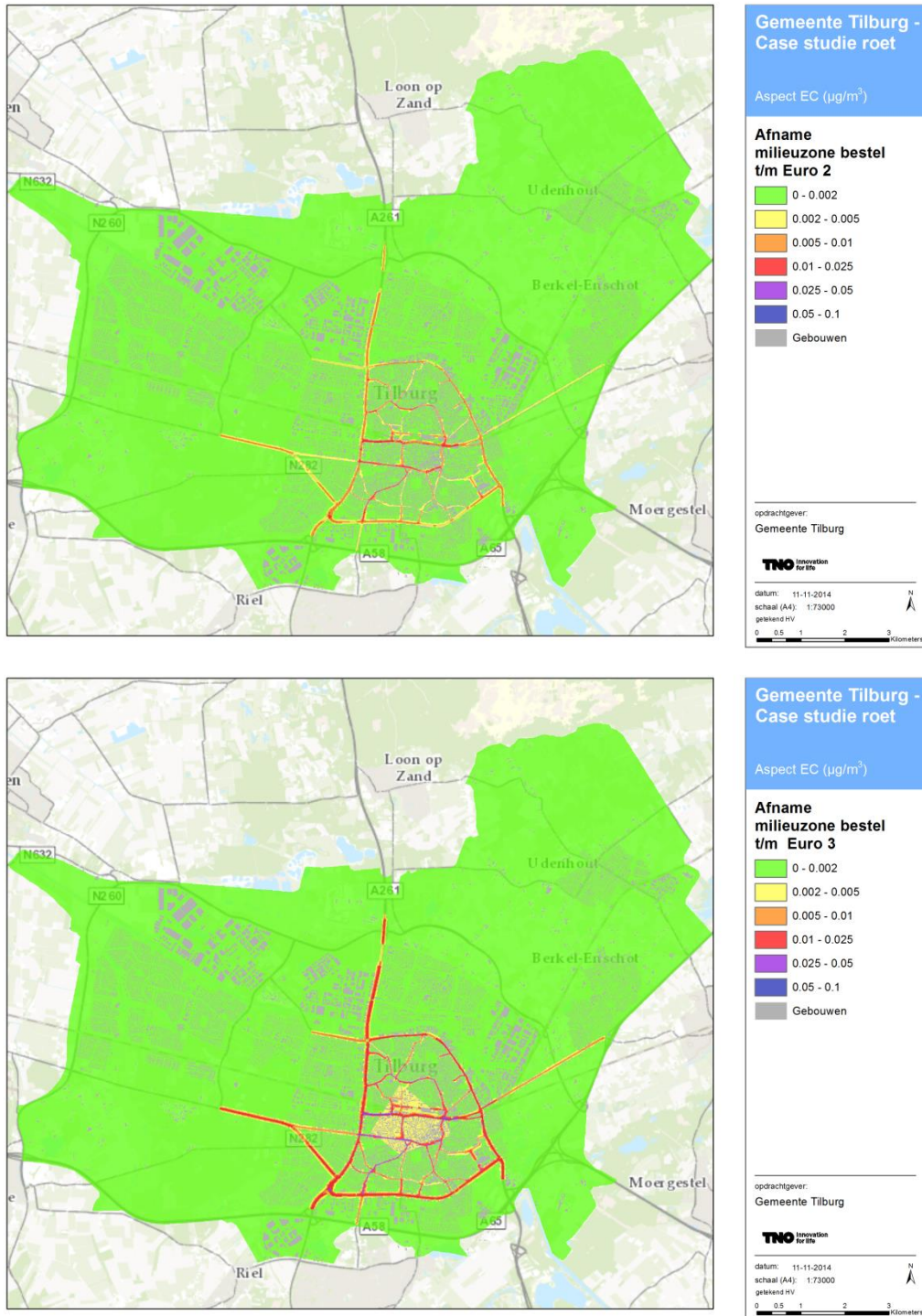
Figuur 7 Links: schematische opbouw van de concentratie van EC (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) langs een drukke straat, waarin ook de achtergrondconcentratie (volgens de GCN) is opgenomen. Rechts: de met de stadsachtergrondmodule berekende bijdrage van verkeer aan de stadsachtergrondconcentratie.

Uit de berekeningen met de stadsachtergrondmodule blijkt dat de bijdrage van lokaal verkeer, inclusief dat op de snelweg, maximaal 0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ is (zie Figuur 7 rechts). Zoals gezegd is dat nog niet de helft van de maximale bijdrage van de stad zoals afgeleid uit de GCN. In de beleving zou verkeer toch minstens een gelijk aandeel als huishoudens hebben. Mogelijk wordt de bijdrage van verkeer in de stadsachtergrondmodule onderschat. Het kan ook zo zijn dat de GCN de concentratiebijdrage van stedelijke bronnen overschat. Of de geringe bijdrage van

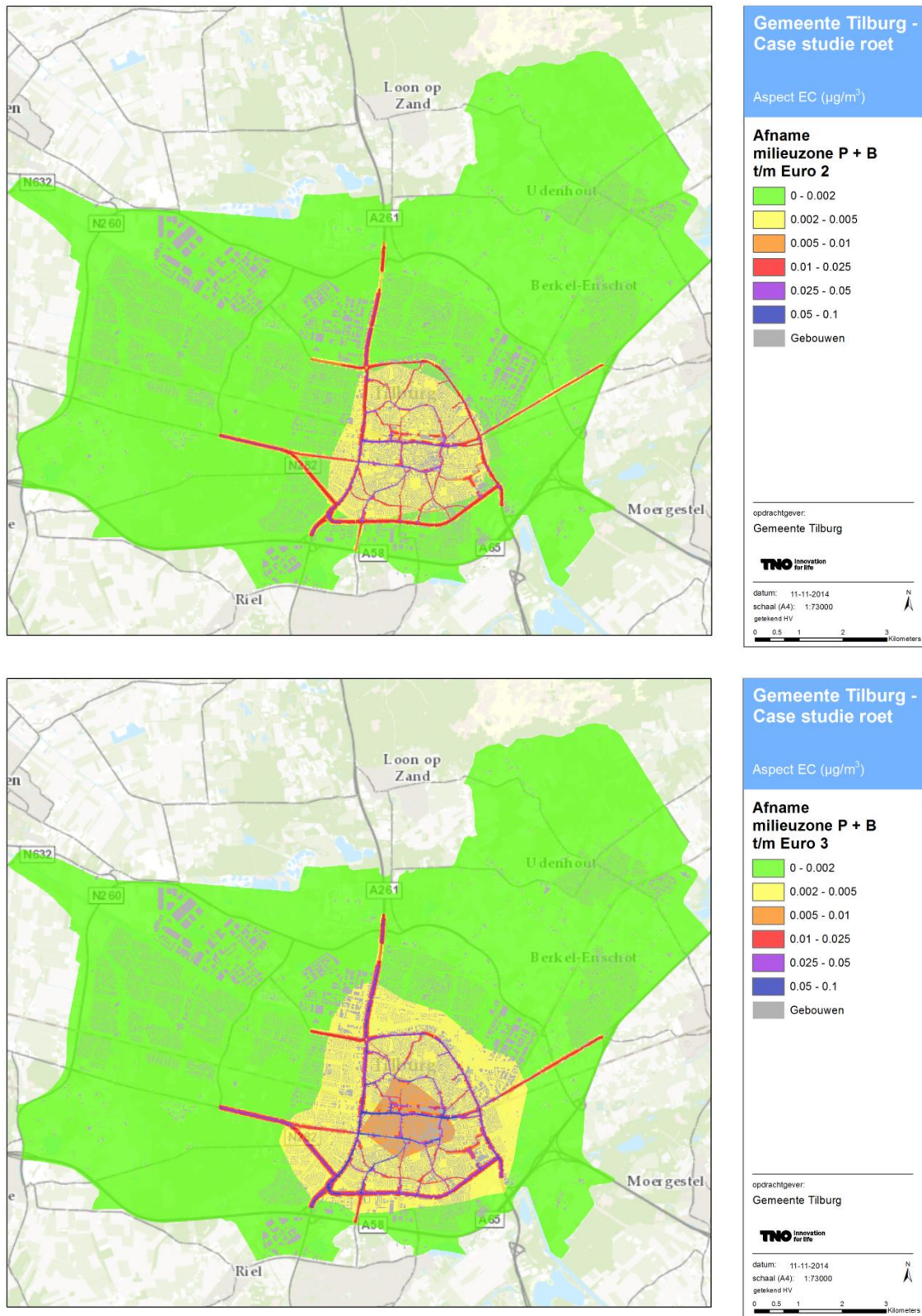
het verkeer aan de stadsachtergrondconcentratie past in het beeld van relatief snelle afname van de roetemissie als gevolg van de autonome verschoning van voertuigen.

In een validatiestudie zou de verspreiding van EC afkomstig van verkeer naar de stedelijke achtergrond onderzocht moeten worden. De vraag is of verkeersemissies zich via de hoogte (over de bebouwing) of via de grond (langs de bebouwing) naar de stedelijke achtergrond verspreiden. Gelijktijdige metingen in een straat, op een dak en op de stadsachtergrond kunnen hierin inzicht geven. EC is niet alleen afkomstig van verkeer, maar in een stad ook van huishoudens. De metingen zouden daarom idealiter uitgevoerd moeten worden in combinatie met een stof die wel door het verkeer maar niet door huishoudens wordt uitgestoten (bijvoorbeeld koper).

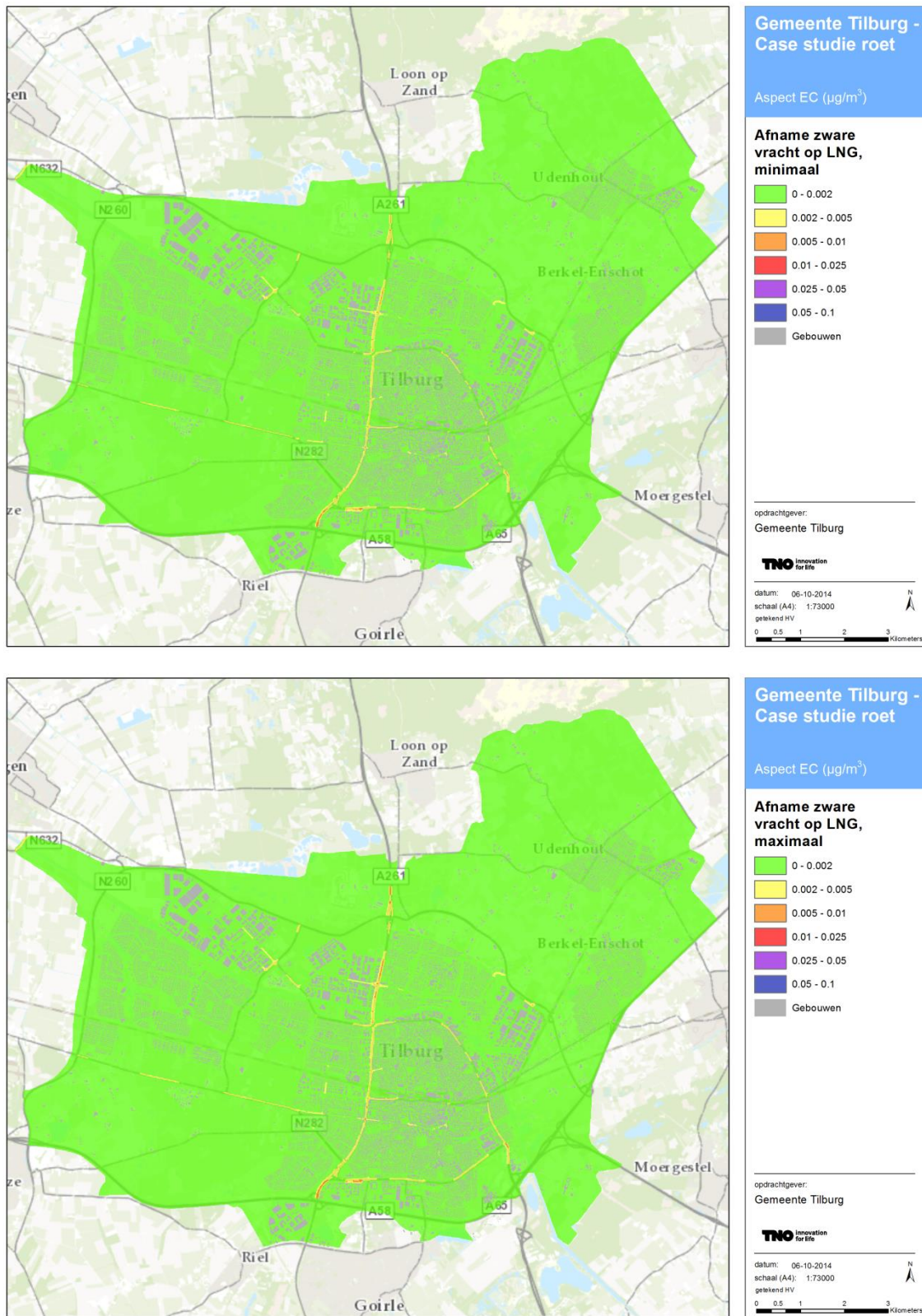
B Afname van de EC concentratiebijdrage als gevolg van de maatregelen.



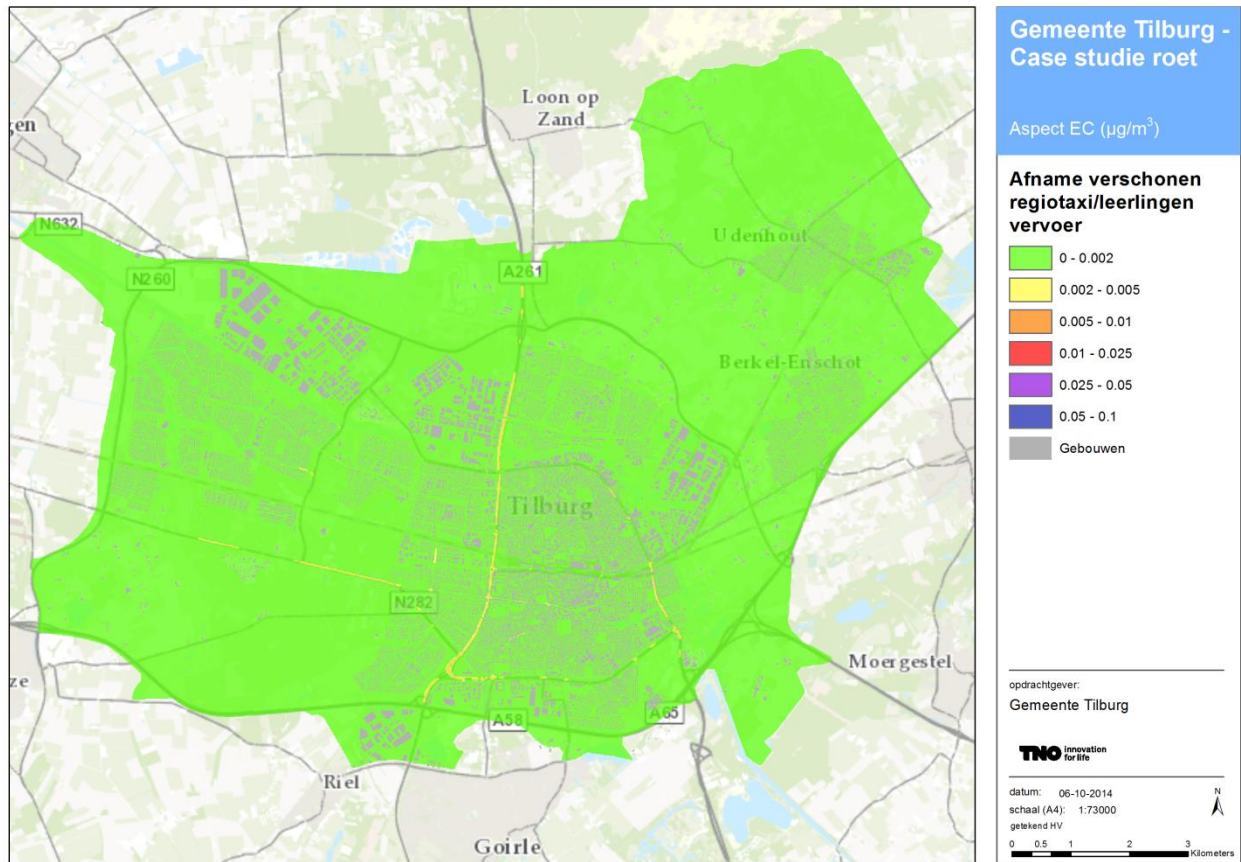
Figuur 8 Afname van de jaargemiddelde bijdrage van verkeer aan de EC concentratie in 2015 als gevolg van de maatregel milieuzone bestelverkeer. Boven: 1A, weren t/m Euro 2. Onder: 1B, weren t/m Euro 3.



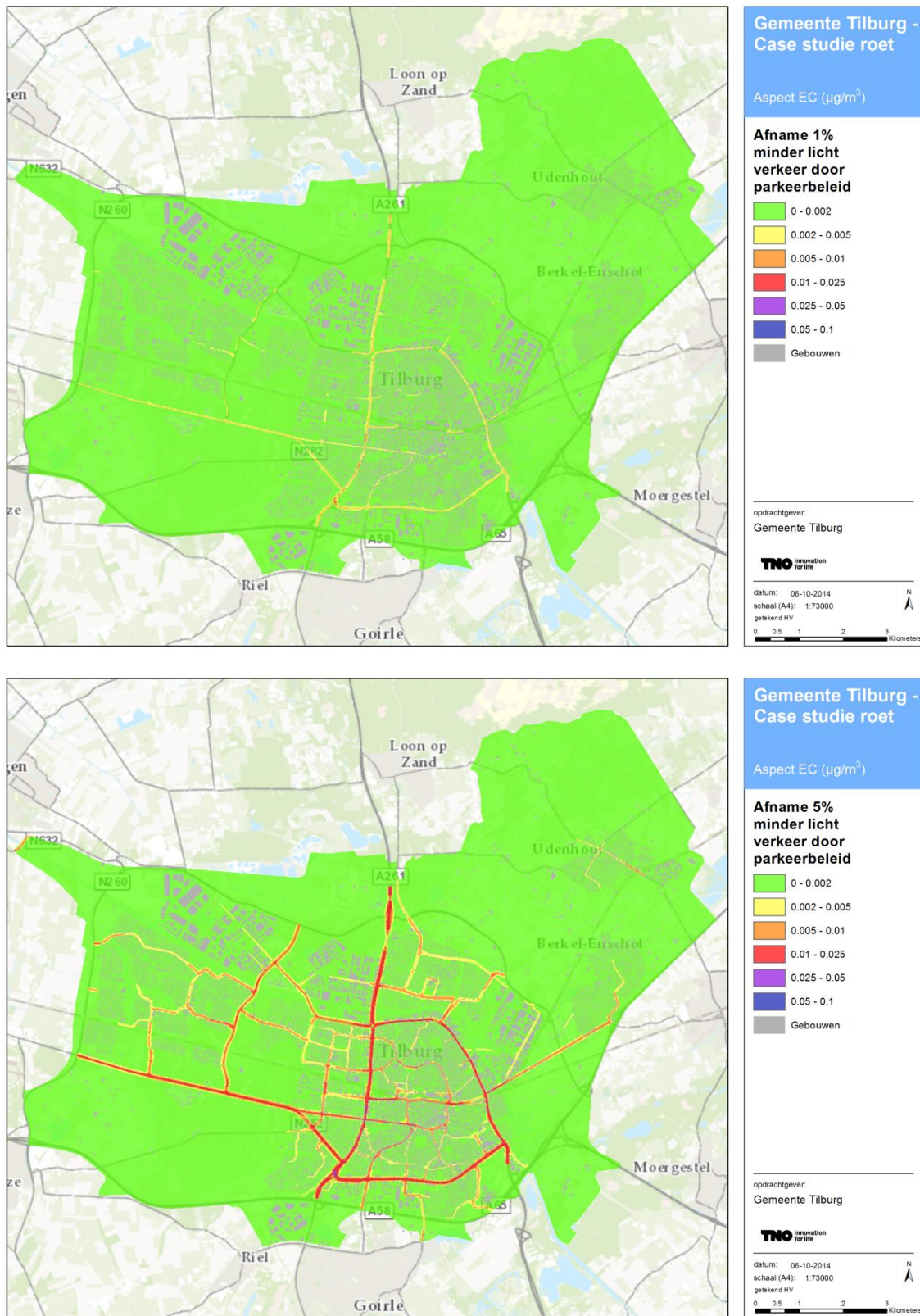
Figuur 9 Afname van de jaargemiddelde bijdrage van verkeer aan de EC concentratie in 2015 als gevolg van de maatregel milieuzone personen- en bestelverkeer. Boven: 2A, weren t/m Euro 2. Onder: 2B, weren t/m Euro 3.



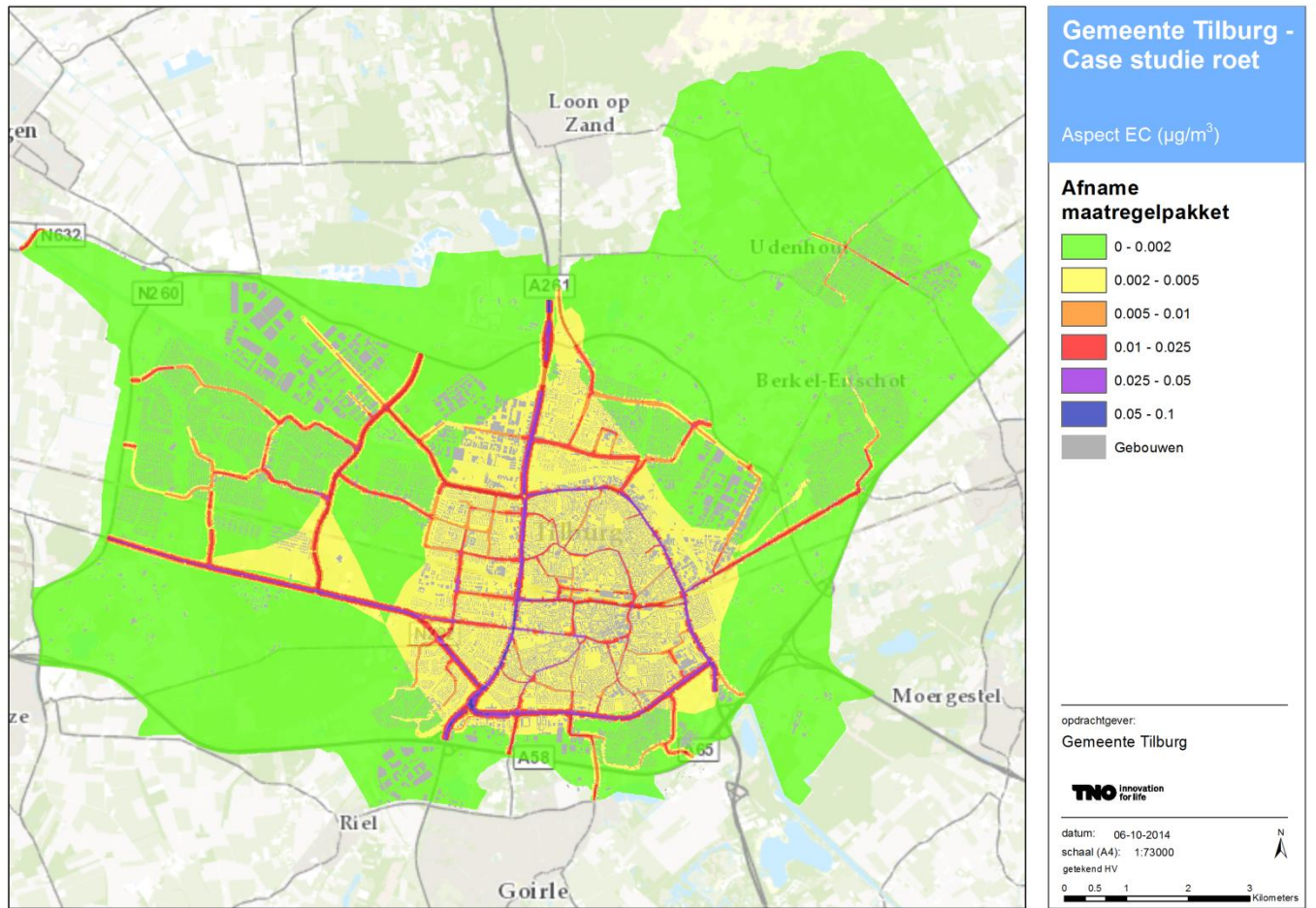
Figuur 10 Afname van de jaargemiddelde bijdrage van verkeer aan de EC concentratie in 2015 als gevolg van de maatregel verschonen zware vracht door LNG. Boven: 3A, minimale emissievariant. Onder: 3B, maximale emissievariant.



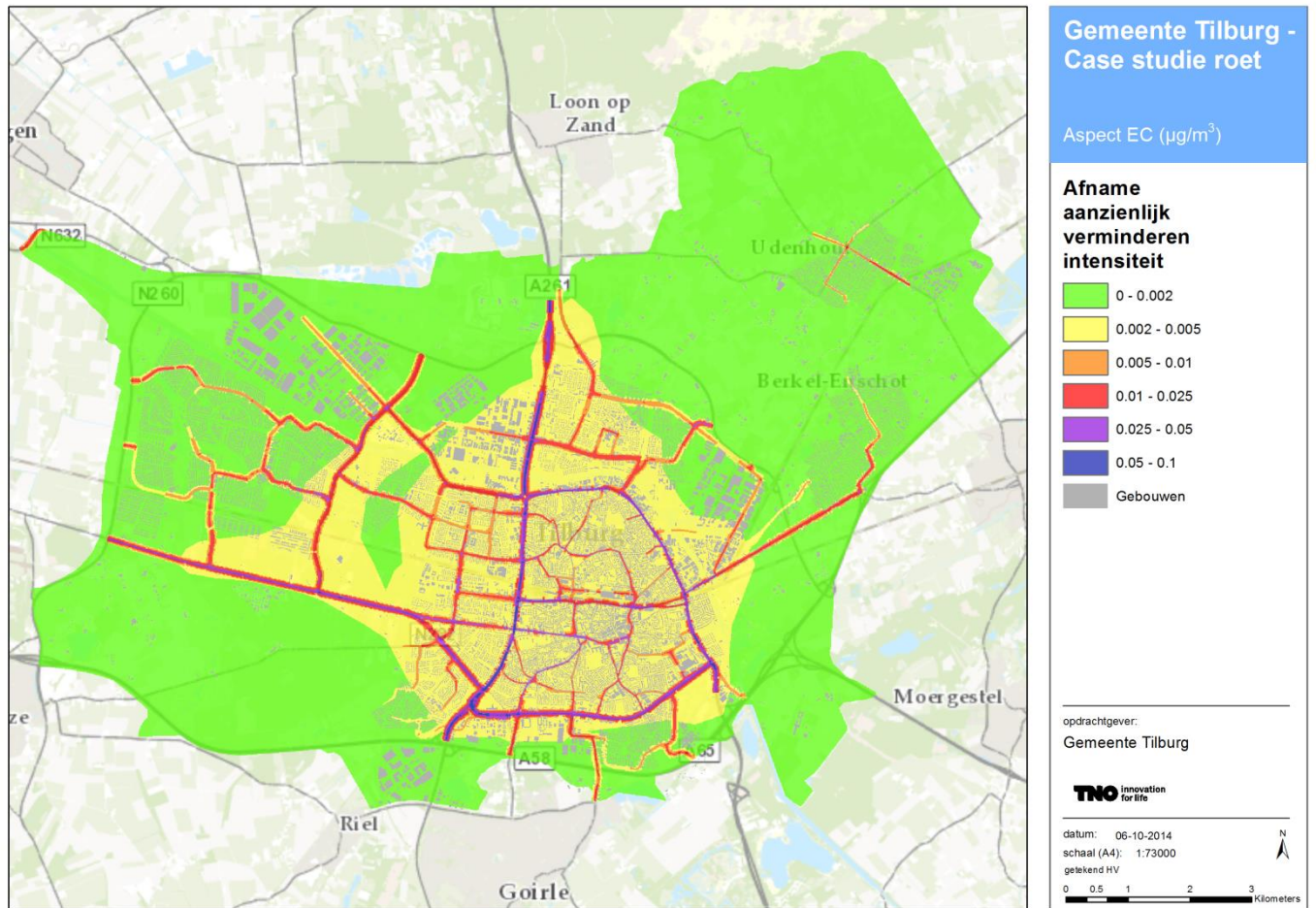
Figuur 11 Afname van de jaargemiddelde bijdrage van verkeer aan de EC concentratie in 2015 als gevolg van maatregel 4: verschonen regiotaxi/leerlingen vervoer.



Figuur 12 Afname van de jaargemiddelde bijdrage van verkeer aan de EC concentratie in 2015 als gevolg van de maatregel verminderen van de intensiteit van licht verkeer door parkeerbeleid. Boven: 5A, 1%. Onder: 5B, 5%.



Figuur 13 Afname van de jaargemiddelde bijdrage van verkeer aan de EC concentratie in 2015 als gevolg van scenario 6: maatregelpakket (1A, 3B, 4, gemiddelde van 5A en 5B).



Figuur 14 Afname van de jaargemiddelde bijdrage van verkeer aan de EC concentratie in 2015 als gevolg van maatregel 7 aanzienlijk verminderen verkeersintensiteit.