

Investeren in schone voertuigen loont!

**Traffic Decision Support System evalueert opties
voor schoner vervoer in steden**

E.P. Weijers¹

N. Domburg¹

G.J. de Groot¹

S. van der Zee²

H.P.J. de Wilde³

P. Segaar⁴

P. Siderius⁵

R. Hoogma⁶

¹Afdeling Luchtkwaliteit en Klimaatverandering, ECN, Petten

²Afdeling Medische Milieukunde, Geneeskundige en Gezondheidsdienst Amsterdam

³Unit Beleidsstudies, ECN, Petten

⁴Afdeling Milieu & Duurzaamheid, Dienst Stadsontwikkeling, Gemeente Utrecht

⁵Dienst Infrastructuur Verkeer en Vervoer, Gemeente Amsterdam

⁶SenterNovem

Gepubliceerd in Tijdschrift Lucht, 1, (2007), 26-33

Traffic Decision Support System evalueert opties voor schoner vervoer in steden

INVESTEREN IN SCHONE

Berekeningen met het Traffic Decision Support System laten zien dat investeren in schone voertuigen niet alleen goed is voor de gezondheid maar ook (op termijn) kosteneffectief.

ERNIE WEIJERS¹, NELLEKE DOMBURG¹,
GERARD DE GROOT¹, SASKIA VAN DER ZEE²,
HEIN DE WILDE³, PETER SEGGAAR⁴, PAUL
SIDERIUS⁵, EN REMCO HOOGMA⁶

Inleiding

Het vervoer van personen en goederen is de afgelopen decennia sterk toegenomen. Dit heeft vooral in stedelijke gebieden een negatieve invloed op de luchtkwaliteit en daardoor ook op de volksgezondheid. Een belangrijke vorm van luchtverontreiniging is fijn stof, aangeduid met PM₁₀. PM₁₀ veroorzaakt aantoonbaar gezondheidsschade (bijv. WHO 1999) en om die reden zijn in Europees verband luchtkwaliteitsnormen opgesteld (EU 1999; VROM 2006). Een manier om fijnstof-emissies terug te dringen is om over te gaan naar schonere vervoerstechnologieën. Schonere vervoer (met name busvervoer) in steden vormt een van de belangrijkste bestrijdingsmaatregelen binnen het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (RIVM 2006). Twee belangrijke categorieën waaraan vanuit gemeentelijk beleid aandacht kan worden besteed, zijn het openbaar vervoer – en wel specifiek het busvervoer – en het vrachtvervoer in de stad. Voor beleidsmakers werkzaam op dit gebied zijn dan de belangrijkste vragen: wat kost nu het investeren in dergelijk schoner vervoer en wat levert het eigenlijk op?

Bij de keuze voor schoner vervoer in een stad is het voor gemeenten vaak moeilijk de effecten van de verschillende mogelijkheden op de luchtkwaliteit (en op de volksgezondheid) in kaart te brengen. Ook is het niet eenvoudig een goed inzicht te krijgen in de benodigde investeringen. Met deze problematiek in gedachten is in 2003 een project gestart gericht op het

ontwerpen van een beleidsondersteunende softwaretool 'Traffic Decision Support System' (TDSS)^{1,2}. Dit project heeft geleid tot een instrument dat gemeenten helpt bij besluitvorming over de inzet van duurzaam ('schoon') vervoer. Dit artikel gaat in op de opzet en inhoud van het systeem TDSS. Ter illustratie en verdieping worden twee voorbeelden beschreven die zijn uitgevoerd voor de gemeenten Utrecht en Amsterdam. Deze praktijksituaties demonstreren de toepasbaarheid en geven inzicht in de effecten van een overgang naar schoner vervoer.

TDSS evalueert alternatieven voor schone vervoerstechnologie. Het systeem doet dit door het doorrekenen van de effecten van de inzet van dergelijke technologieën op de luchtkwaliteit en de daaraan gekoppelde gezondheids- en financiële consequenties. Hiervoor is het bijeenbrengen van informatie vanuit verschillende kennisgebieden vereist:

- informatie over emissiefactoren en kostenaspecten van verschillende aandrijftechnologieën (diesel, diesel met roetfilter, aardgas, LPG en brandstofcel);
- kennis van de epidemiologische effecten van bepaalde stoffen in de buitenlucht;
- methodiek voor de kostenwaardering van mogelijke gezondheidsschade (optioneel).

Het huidige systeem omvat:

- de specificatie van typen vervoer in een basissituatie en in een scenario met schoner vervoer;

VOERTUIGEN LOONT!

- de beschouwde luchtkwaliteitparameter: PM_{10} ;
- de beschouwde gezondheidseffecten: (extra) sterfte in relatie tot PM_{10} ;
- kostenwaardering gezondheidseffecten.

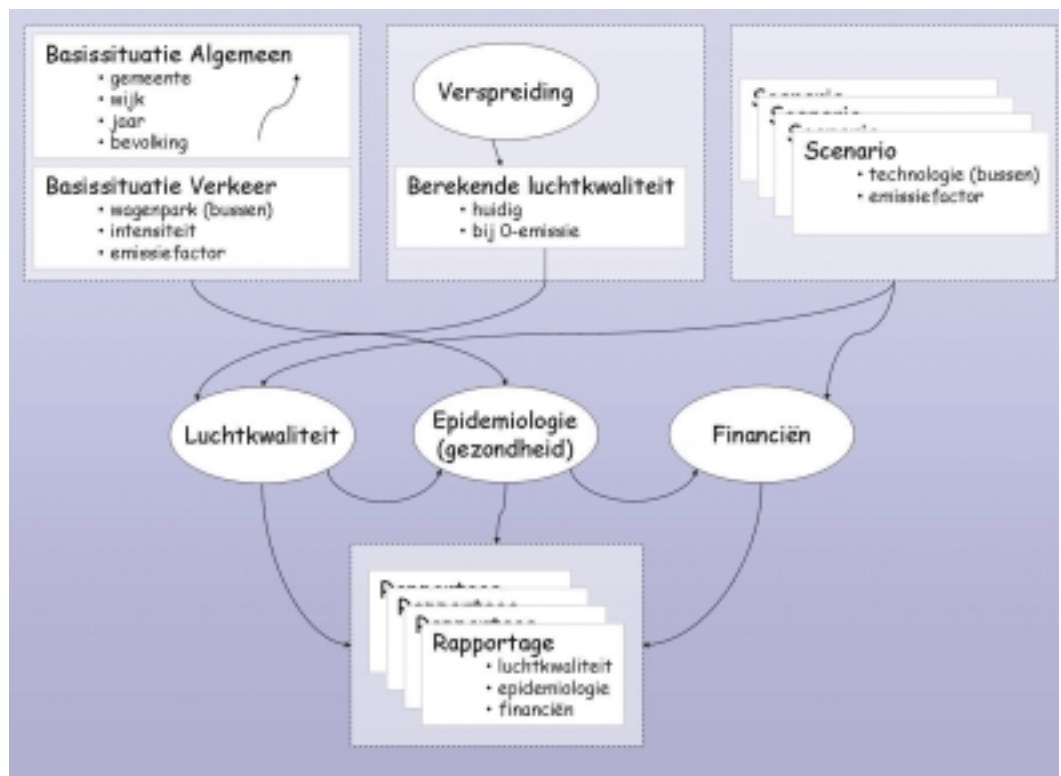
Deze aspecten zullen in de toekomst verder uitgebreid worden.

Een belangrijke kanttekening bij de huidige versie is dat de berekende gezondheidswinst een voorzichtige schatting is. De gezondheidsschade door de aanwezigheid van andere stoffen dan PM_{10} (zoals CO , SO_2 , NO_x , O_3 , etc.) blijft namelijk buiten beschouwing. Dit geldt ook voor de gezondheidseffecten die niet direct tot sterfte leiden (morbiditeit).

Schema TDSS

Figuur 1 geeft een schematisch overzicht van TDSS. De drie bovenste blokken hebben betrekking op de interactie met de gebruiker bij de invoer van basisgegevens en de definitie van scenario's. In de eerste plaats dient een uitgangssituatie of basissituatie te worden gedefinieerd, waarbij naast enkele algemene gegevens over locatie en bevolking, specifieke informatie over het huidige wagenpark gevraagd wordt.

De actuele PM_{10} -concentratie wordt berekend op de gebruikelijke wijze. De te verwachten concentratie in geval van in te zetten schone voertuigen wordt berekend na invoering van een bijbehorende emissiefactor. Het verschil tussen deze twee berekeningen geeft een schatting van de verbeterde luchtkwaliteit. Bij veel gemeenten worden de verkeersemisseries met het verspreidingsmodel CAR II (TNO) – of een model dat hiervan is afgeleid – berekend. Deze modellen worden ingezet voor analyses in het kader van het Besluit luchtkwaliteit



Figuur 1
Schematisch overzicht van de werking van het TDSS

(Staatsblad 2005), dat gemeenten en provincies verplicht de luchtkwaliteit in kaart te brengen. In eerste instantie is er voor gekozen om geen verspreidingsmodel in TDSS te integreren, maar de gemeenten te vragen deze informatie op basis van hun eigen verkeersmodel aan te leveren.

Na de invoer van de gegevens over de basissituatie en de berekende luchtkwaliteit kunnen één of meerdere scenario's worden gedefinieerd. Het gaat daarbij om de keus voor voertuigen met een schonere aandrijftechniek met bijbehorende emissiefactor.

Het systeem berekent vervolgens op basis van deze gegevens de verwachte verbetering van de luchtkwaliteit waarbij gebruik wordt gemaakt van de verhouding tussen de emissiefactor van het voertuigtype in de basissituatie en die in het scenario met het schonere voertuigtype. De verwachte afname in PM_{10} wordt gebruikt om het effect op levensverwachting te bepalen. Dit wordt met name bepaald door een verandering in de langdurige blootstelling. In TDSS wordt dit effect berekend op basis van de methode beschreven door Brunekreef (1997) in combinatie met een relatief risico voor PM_{10} zoals

berekend door Künzli et al. (2000). Voor het kwantificeren van aan luchtverontreiniging gerelateerde sterfte (en ziekte) kan niet volstaan worden met een rationele methode die alleen kijkt naar de weggevalle economische bijdrage. In de geraadpleegde literatuur worden methodes gehanteerd die zo goed als mogelijk de waarde kwantificeren die de maatschappij hecht aan het verloren gaan van een leven ('*Willingness to pay*'-studies). De waardering wordt verder verfijnd op basis van leeftijd en gezondheidstoestand van het getroffen individu. De 'kwaliteitsgewogen' verloren levensjaren worden uitgedrukt in zogenaamde DALY's (Disability Adjusted Life Years). Een voorbeeld is de studie van McKenna en Marks (2002). Op basis van de 'Willingness to pay'-gegevens in de ExterneE studies van de EU (Bickel et al., 1999) komen Dings en Haffmans (2002) uit op een economische waardering van € 80.000 voor één DALY in de Nederlandse situatie.

De financiële consequenties van een scenario worden doorgerekend in termen van investeringskosten en meerkosten. De meerkosten zijn het verschil tussen investeringskosten (voor bijvoorbeeld schonere bussen) en de investeringskosten bij vervanging van het huidige wagenpark door voertuigen van hetzelfde type als in de basissituatie. Hierbij wordt rekening gehouden met de afschrijvingstermijnen (bijvoorbeeld zeven of tien jaar) en rentepercentages. Bij de keuzemogelijkheid voor een afschrijvingstermijn wordt uitgegaan van de huidige praktijk waar een gemiddelde levensduur tussen tien en vijftien jaar wordt gehanteerd (Van Goeverden & Schoemaker 2000). Toussaint (2003) geeft een maximale leeftijd van acht tot tien jaar en een gemiddelde leeftijd van zeven jaar. Hierop is de ondergrens gebaseerd. Getallen als deze kunnen variëren per specifieke situatie en met de tijd. Momenteel blijken concessieverleners leeftijdseisen te stellen aan bussen. De hier gepresenteerde voorbeelden geven een doorrekening met de meest plausibele gegevens in overleg met de gebruiker.

De financiële evaluatie is overigens niet bedoeld om een volledig overzicht te geven

Diesel met roetfilter	Alle bussen (231)	Stadsbussen (GVU) (131)	Streekbussen (100)
Luchtkwaliteit:			
afname PM ₁₀ (µg/m³)	0,93	0,51	0,42
Epidemiologie:			
gewonnen levensjaren (lange + korte termijn)	103	56	47
Financiën:			
Investeringskosten (over 16 jaar)	€ 104.392.679	€ 59.201.043	€ 45.191.636
Meerkosten (over 16 jaar)	€ 2.771.486	€ 1.571.709	€ 1.199.778
Besparing gezondheid lange termijn (per jaar)	€ 8.209.532	€ 4.481.907	€ 3.735.587

▲ Tabel 1
 Resultaten TDSS-evaluatie Utrecht: overgang naar dieselbussen met roetfilter

van alle kostenposten. Aan de gezondheidskant is bijvoorbeeld geen rekening gehouden met ziekenhuiskosten en inkomensgerelateerde kosten. De geschatte investeringskosten beperken zich tot de kosten voor aanschaf van nieuwe voertuigen, omdat de extra kosten in infrastructuur naar verhouding gering zijn en de verwachte prijsontwikkeling van verschillende vervoerstypen is gebaseerd op schattingen voor de periode 2005-2015. Na 2015 worden de kosten constant verondersteld.

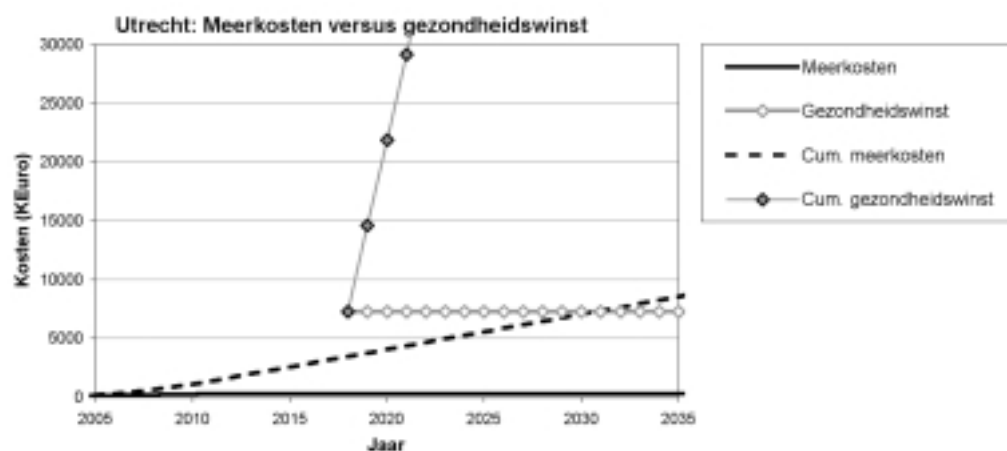
Voorbeelden van berekeningen met TDSS

Casus 1: roetfilters bij stads- en streekbussen in de binnenstad van Utrecht

Achtergrond
 De stad Utrecht heeft te maken met overschrijdingen van luchtkwaliteitsnormen zoals gesteld in het Besluit luchtkwaliteit. Terwijl rondom de stad sprake is van groei van verkeer en van wegen (zogenaamde 'autonome ontwikkeling'), komen er binnen het bestaand stedelijk gebied geen nieuwe wegen bij. De verkeersdrukte binnen de stad neemt toe met negatieve gevolgen voor de luchtkwaliteit ter plaatse. Binnen de stad wordt daarom gezocht naar mogelijkheden om het verkeer te regu-

leren. In de stad Utrecht rijden relatief veel bussen, er is geen metro en maar één tramlijn. Het stadsvervoer is in handen van het Gemeentelijk Vervoerbedrijf Utrecht (GVU) dat op 31 december 2003 is geprivatiseerd. Het streekvervoer is al een aantal jaren geleden geprivatiseerd en opereert op basis van concessies die door het Bestuur Regio Utrecht (samenwerkingsverband van tien gemeenten) worden uitgegeven. In eerste aanzet is de introductie van dieselbussen met roetfilters bestudeerd en bediscussieerd. De consequenties hiervan voor de stad Utrecht zijn met TDSS doorgerekend.

Berekeningen en resultaten
 Het uitgangspunt voor de berekeningen vormt de situatie in 2002. In dat jaar reden er 287 bussen voor het openbaar vervoer rond in de stad Utrecht: 187 stadsbussen en 100 streekbussen. 56 bussen reden op LPG (van het GVU). Alle overige bussen waren dieselbussen met emissiefactoren tussen 0,62 en 1,615 g/km PM₁₀ (Euro 0). De bijdrage van LPG-bussen aan PM₁₀ is zeer laag (minder dan 0,01 g/km PM₁₀) en wordt verder buiten beschouwing gelaten. In deze casus wordt derhalve uitgegaan van 231 bussen. De gemiddelde emissiefactor voor deze bussen bedroeg 1,1 g/km PM₁₀. Op basis van deze informatie zijn (door de gemeente)



Figuur 2
Kosten en baten van overgang naar dieselbussen met roetfilters in Utrecht

berekeningen uitgevoerd om de concentratie PM_{10} ($\mu g/m^3$) in verschillende straten te berekenen. De gemiddelde concentratie langs drukke wegen, gewogen naar weglengte, bedraagt $43,4 \mu g/m^3$, het PM_{10} niveau bij o-emissie is berekend op $42,3 \mu g/m^3$ PM_{10} .

De effecten van de overgang naar dieselbussen met roetfilter zijn berekend voor het gehele buspark (231 bussen), en afzonderlijk voor de stads- en streekbussen. De afschrijvingstermijn voor de investeringen is vastgesteld op 10 jaar en een rentepercentage van 6,5%. Deze keus is tamelijk optimistisch: volgens het beleid in 2002 van de gemeente Utrecht hebben de bussen een maximumleeftijd van 14 jaar. De TDSS-evaluatie vindt plaats over 16 jaar. Voor het resultaat zie tabel 1.

De berekende verbetering van de luchtkwaliteit bij vervanging van het gehele buspark (maar ook bij vervanging van stads- of streekbussen afzonderlijk) heeft voor een stad met de bevolkingsomvang van Utrecht (inwonertal: 250.000) een aanzienlijke voor- spelde verbetering van de volksgezondheid tot gevolg: op termijn circa 100 levensjaren (per jaar). Dit is de gemiddelde verbetering ten gevolge van de berekende afname van de concentratie PM_{10} .

Naast de totale investeringskosten zijn ook de meerkosten van de investeringen weergegeven. Deze zijn berekend als het verschil tussen de investeringskosten voor schone bussen per jaar (in dit geval dieselbussen met roetfilter) bij gekozen rente en de investeringskosten voor eenzelfde aantal bussen van hetzelfde type als in de basissituatie (dieselbussen zonder roetfilter) bij dezelfde rente. De meerkosten zijn ook weergegeven in tabel 1 en hebben betrekking op de totale investeringsperiode waarover de TDSS-evaluatie plaatsvindt.

Het verloop van kosten en baten in de tijd is weergegeven in figuur 2. De prijs van dieselbussen met roetfilter is in de beschouwde periode constant verondersteld. Deze techniek is al ontwikkeld en wordt in de praktijk gebruikt waardoor een sterke verandering in de kosten niet is te verwachten. Het kostenverloop van andere typen bussen, zoals aardgasbussen of brandstofcelbussen, zal een ander gedrag vertonen. Deze bussen zijn nu naar verhouding duurder maar de meerkosten zullen in de loop van de tijd afnemen. De volledig berekende gezondheidswinst (ongeveer 100 gewonnen levensjaren per jaar) treedt op na circa 15 jaar omdat het volledige effect van een verbeterde luchtkwaliteit zich pas voordoet op die termijn.

Opvallend in figuur 2 is het steile verloop van de cumulatieve gezondheidswinst. Belangrijkste conclusie voor het beschouwde scenario is dat de berekende meerkosten voor de gehele investeringsperiode binnen één jaar worden terugverdiend op basis van gewonnen levensjaren. Zodra het punt van volledige gezondheidswinst is bereikt, worden alle extra investeringskosten heel snel 'terugverdiend'.

Casus 2: de inzet van brandstofcelbussen in Amsterdam

Achtergrond

Het Amsterdamse Gemeentelijk Vervoer Bedrijf (GVB) kent een bedrijfsbrede inzet van milieuvriendelijke technieken; de uitrusting van al haar bussen met roetfilters in combinatie met zwavelarme diesel was de eerste stap. Het interessante vervolg is de deelname aan het CUTE project, Clean Urban Transport for Europe (European Community 2002) dat financiële ondersteuning krijgt van de gemeente, het Rijk en de Europese Commissie. Hierin worden in tien Europese steden stadsbussen ingezet die hun energie betrekken uit een brandstofcel; in elke stad gaan er drie rijden. Mede naar aanleiding hiervan heeft de gemeente de inzet van brandstofcelbussen als onderwerp gekozen voor een nadere studie met TDSS. In deze casus wordt gebruik gemaakt van modelberekeningen die door de dienst Infrastructuur, Verkeer en Vervoer (IVV) van de gemeente Amsterdam zijn uitgevoerd.

Berekeningen luchtkwaliteit

Het referentiejaar voor deze casus is 2000. De modelberekeningen zijn uitgevoerd met GENMOD (GENeral MODEL). GENMOD is het verkeersmodel van de gemeente Amsterdam dat voor een breed scala aan verkeers- en vervoersvraagstukken ingezet wordt. De invoer van het model bestaat uit gegevens afkomstig uit verkeersenquêtes en verkeerstellingen, kenmerken van het wegen- en openbaarvervoernet en kennis over de ruimtelijke ordening in termen van aantallen inwoners en arbeidsplaatsen. Voor meer informatie omtrent GENMOD zie kader. Voor het berekenen van de luchtkwaliteit geeft het model

GENMOD is een verkeersmodel. Het onderscheidt de vervoerswijzen auto, fiets en openbaar vervoer, waarbij het openbaar vervoer een verdere opsplitsing naar bus, tram, metro en trein kent. Het toedelen van herkomst-bestemmingsmatrices kan op diverse manieren. Voor alle drie de vervoerswijzen is een kortste routetoedeling mogelijk, gebaseerd op de kortste route in reisafstand, en een toedeling waarbij rekening gehouden wordt met een alternatieve route. Voor het autoverkeer is daarnaast een congestiegevoelige toedeling mogelijk. Bij de toedelingen voor het openbaar vervoer kan rekening gehouden worden met het feit dat er meerdere lijnen over een traject lopen, waarover de passagiers verdeeld moeten worden.

De toedelingsresultaten in combinatie met de netwerken vormen de bron voor een grote hoeveelheid informatie die het model kan genereren. Hieronder vallen onder andere het aantal afgelegde kilometers en gereisde uren, zitplaatsaanbod in het openbaar vervoer, aantal overstappen, enzovoort. Bij de auto en fiets is deze informatie uitgesplitst naar wegtype en bij het openbaar vervoer naar stelsel.

Het prognosemodel binnen GENMOD is een incrementeel model. Dat wil zeggen dat de effecten van maatregelen en ontwikkelingen individueel doorgerekend kunnen worden, maar ook het gecombineerde effect kan doorgerekend worden. Dit prognosemodel onderscheidt veranderingen als gevolg van:

- autonome ontwikkelingen, zoals groei van inwoners en arbeidsplaatsen;
- mobiliteitsontwikkelingen door veranderingen in de netwerken voor auto, fiets en openbaar vervoer;
- pullbeleid, zoals wijzigingen in het aanbod van trein en metro, reistijd en reissnelheid;
- pushbeleid, zoals wijzigingen in de reiskosten, rekeningrijden, betaald parkeren en locatiebeleid.

Omvangrijke projecten en modeltoepassingen waarbij GENMOD tot op heden is ingezet zijn onder andere Actieplan Luchtkwaliteit, de Regionale Verkeersmilieukaart, de Noord/Zuidlijn, de IJtram, de IJweg en de Zuidas.

resultaten die vergelijkbaar zijn met CAR II (TNO 2003).

De uitkomsten van GENMOD zijn afgebeeld in de figuren 3 t/m 5. In figuur 3 is de uitgangssituatie te zien: de bijdrage van al het verkeer in Amsterdam. Duidelijk wordt dat de gemodelleerde bijdrage aan de PM_{10} -concentratie hoog is op de ringweg (A10) en de nabijgelegen snelwegen (A9, A4 en A2), zoals verwacht. Op de A10 is die bijdrage berekend op minimaal $10 \mu g/m^3$. Wat verder opvalt, is dat de verkeersbelasting met betrekking tot PM_{10} vooral te vinden is binnen de buitenring (ring A10) en buiten de binnenring (begrenzing centrum) en dan vooral in het westen en zuiden.

Ter vergelijking is in figuur 4 de afname te zien indien al het vrachtverkeer in de stad zou zijn vervangen door o-emissievoertuigen (in casu brandstofcelvoertuigen³). De grootste verschillen zijn terug te vinden op de ring en op andere snelwegen in de directe omgeving, niet verwonderlijk omdat daar het meeste vrachtvervoer plaatsvindt. Een afname van meer dan $10 \mu g/m^3$ is niet ongevoel. In het geval van de stadsbussen van het GVB (figuur 5) is dezelfde trend zichtbaar, maar is de afname in absolute zin veel geringer.

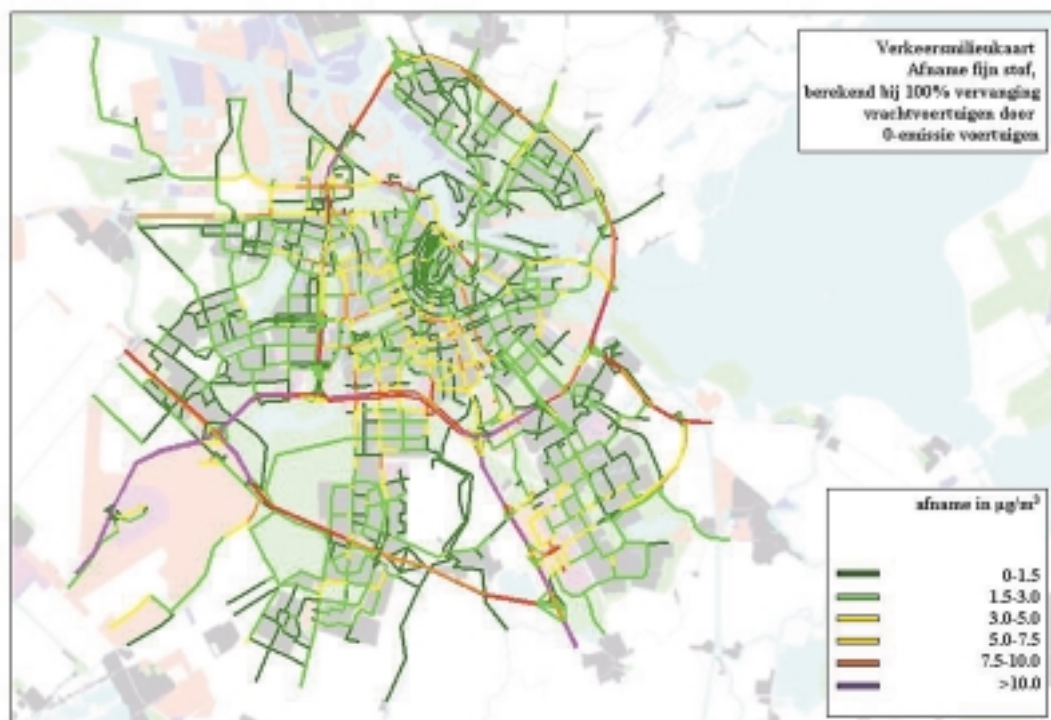
Om een concentratie(verschil) te verkrijgen die representatief geacht mag worden voor de stad Amsterdam als geheel is het gewogen



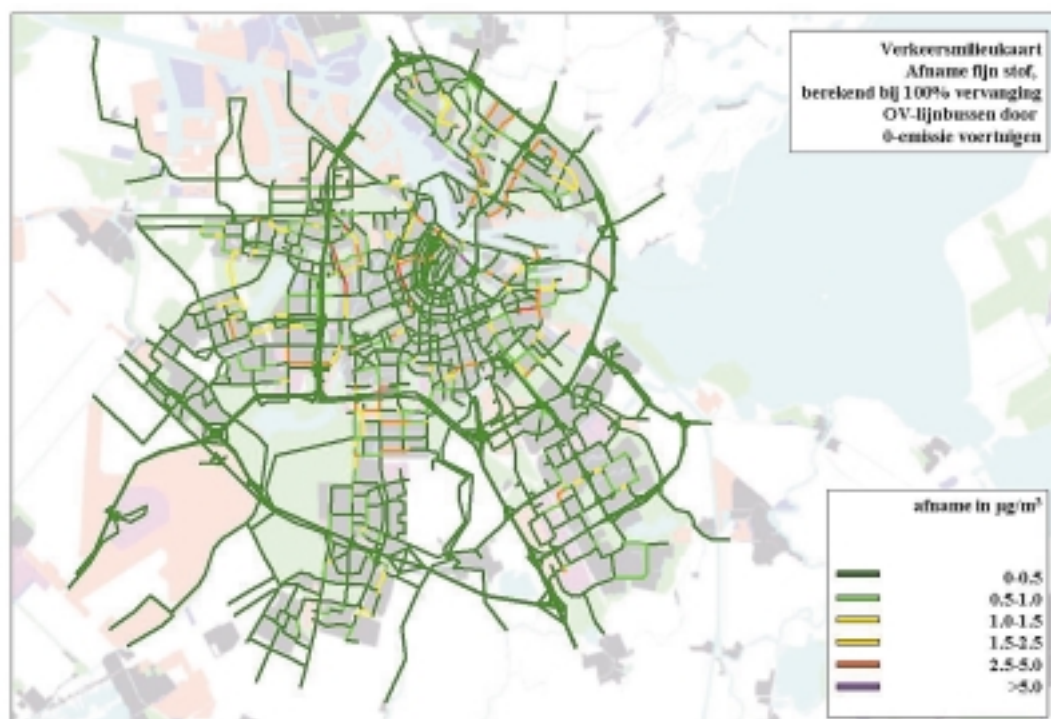
Figuur 3 Verkeersmilieukaart 2000 (referentiesituatie), fijnstofconcentraties (in $\mu g/m^3$) ten gevolge van verkeersemissies

gemiddelde berekend over alle straten en wegen die zijn afgebeeld in de figuren. Als weegfactor is genomen de lengte van het wegdeel waarover de concentratie geldt. Het resultaat is gegeven in tabel 2, waarbij de absolute en relatieve afname is berekend voor een aandeel van 10 of 100 procent vervanging van het vrachtvervoer en bij 100 procent ver-

vang van bussen van het openbaar vervoer door voertuigen met o-emissie. De verbetering van de luchtkwaliteit wordt vervolgens geschat op $0,34 \mu g/m^3$. Als ook rekening wordt gehouden met de effecten in de agglomeratie, waar de schone bussen ook zullen rijden, wordt een verbetering van de luchtkwaliteit van $0,56 \mu g/m^3$ berekend.



Figuur 4 Afname fijn stof concentraties (µg/m³) bij 100% vervanging vrachtauto's door 0-emissievoertuigen



Figuur 5 Afname fijn stof concentraties (µg/m³) bij 100% vervanging OV-bussen door 0-emissievoertuigen

Uitkomsten TDSS

Op grond van de voorgaande beschrijving zijn de gegevens over het openbaarvervoer en de mogelijke overgang naar brandstofcelbussen ingevoerd in TDSS. In Tabel staan de resultaten van de berekening weergegeven, waarbij voor de brandstofcelbussen een afschrijvings-termijn van 10 jaar is gekozen en een rente-percentage van 6,5%.

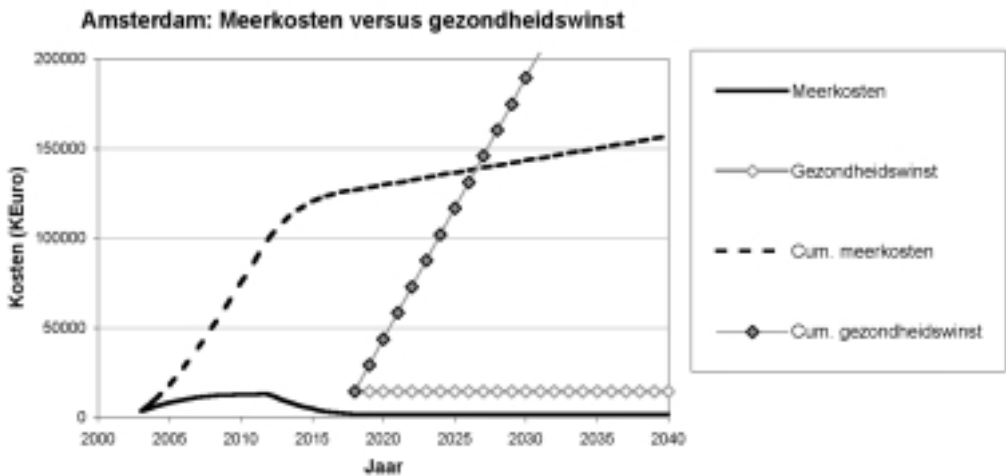
Duidelijk wordt dat de investeringskosten bij de keus voor brandstofcelbussen vooral in de beginjaren hoog zijn. Dit heeft te maken met het kostenverloop van brandstofcelbussen. Gezien de gekozen afschrijvingstermijn van tien jaar, werken deze hogere kosten langere tijd door. Op termijn zal de jaarlijkse besparing op grond van gewonnen levensjaren, die tegenover de meerkosten van de investeringen in de schone technologie kan worden gesteld, in dezelfde orde van grootte liggen als deze meerkosten en zal deze geleidelijk overstijgen.

Om in te schatten of een investering in brandstofcelbussen ook terugverdiend kan worden in termen van financiële waardering van gewonnen levensjaren, zijn deze kosten en baten over langere termijn tegen elkaar afgezet (figuur 6). Zoals al eerder vermeld treedt het grootste gezondheidseffect op de lange termijn op en zal pas vanaf ongeveer 2018 het jaarlijkse maximale effect worden behaald. De kosten en baten zijn daarom over langere tijd vergeleken in figuur 6. Bedacht moet worden dat de kostenformules niet echt ontwikkeld zijn voor uitspraken over zo'n lange termijn. De investeringskosten na zestien jaar zijn hier constant verondersteld. Natuurlijk is er ook voor 2018 al sprake van enige gezondheidswinst, want een structurele vermindering van PM_{10} heeft direct effect. Dit effect is hier niet gekwantificeerd.

In figuur 6 zijn de meerkosten weergegeven over de gehele beschouwde periode en de gezondheidswinst vanaf 2018. Daarnaast zijn ook de cumulatieve meerkosten en de cumulatieve gezondheidswinst te zien. Het snijpunt van de cumulatieve meerkosten en de cumulatieve gezondheidswinst geeft het zogenaamde break even point weer, het punt

Luchtkwaliteit			
- afname PM ₁₀ (µg/m³)	0,56		
Epidemiologie			
- gewonnen levensjaren	gemiddeld		
(lange plus korte termijn)	182		
Financiën			
Besparing op grond van gewonnen levensjaren ^a (€)	gemiddeld 14.558.035		
Investeringskosten in voertuigen, bij vervanging van 25 bussen per jaar			
Jaar	Prijs per voertuig (€)	Investeringskosten (€)	Meerkosten per jaar ^b (€)
2003	1.246.000	4.333.111	3.376.766
2004	1.052.000	7.991.565	6.078.875
2005	880.000	11.051.868	8.182.833
2006	730.000	13.590.528	9.765.149
2007	602.000	15.684.054	10.902.330
2008	496.000	17.408.952	11.670.884
2009	412.000	18.841.730	12.147.317
2010	350.000	20.058.896	12.408.138
2011	310.000	21.136.958	12.529.855
2012	292.000	22.152.422	12.588.975
2013	296.000	18.848.686	9.285.238
2014	296.000	16.219.607	6.656.159
2015	296.000	14.188.679	4.625.231
2016	296.000	12.679.393	3.115.945
2017	296.000	11.615.242	2.051.794
2018	296.000	10.919.718	1.356.271
Totaal		236.721.406	126.741.760

- a De besparing op grond van gewonnen levensjaren is berekend via de DALY-methodiek. De berekening is gebaseerd op alleen het langetermijngezondheidseffect. Deze 'baten' kunnen pas op termijn (mogelijk over ongeveer 15 jaar) als jaarlijks terugkerende opbrengst worden gerekend. Investeringskosten in nieuwe bussen gaan hieraan dus vooraf en zullen ook jaarlijks blijven terugkeren na de beschouwde periode (hier 2018).
- b De meerkosten zijn berekend als het verschil tussen (1) de investeringskosten voor 25 schone bussen per jaar (in dit geval brandstofcelbussen) tegen het aangegeven rentepercentage en (2) de investeringskosten voor 25 bussen van hetzelfde type als in de basissituatie (in dit geval dieselbussen zonder roetfilter) tegen hetzelfde rentepercentage.



Figuur 6
Kosten en baten van overgang naar brandstofcelbussen in Amsterdam

◀ Tabel 2
Resultaten TDSS-evaluatie case Amsterdam (en agglomeratie): geleidelijke vervanging van 250 dieselbussen zonder roetfilter door brandstofcelbussen.
Afschrijvingstermijn: 10 jaar; rente: 6,5%

waarop de extra investeringen naar verwachting zijn 'terugverdiend'. Bij de gemiddelde gezondheidswinst wordt dit punt naar verwachting bereikt in 2026. De hoge investeringskosten voor de brandstofcelbussen in de eerste jaren zorgen dus voor een relatief lange terugverdientijd van in dit geval ruim 20 jaar.

Conclusies en verdere ontwikkelingen
Beide voorbeelden in dit artikel leiden tot de conclusie dat de inzet van een schone voertuigtechnologie kosteneffectief blijkt. Over de precieze hoogte van de hier genoemde bedragen zal discussie mogelijk zijn, maar dat de baten op termijn ruimschoots opwegen tegen de kosten lijkt wel duidelijk. Hierbij moet worden opgemerkt dat naast de landelijke overheid (via subsidies voor het openbaar vervoer) het met name lokale overheden en vervoersmaatschappijen zijn die investeren, terwijl de landelijke overheid (en zorgverzekeraars) grotendeels incasseert (en in het verlengde wellicht de burgers). Hier is nog een 'schone' taak weggelegd voor de nationale overheid: het terugsluizen van de verkregen revenuen zal de bereidheid van lokale overheden om te investeren in schoon vervoer en verkeersregulering zeker bevorderen.

Opvallend is ook dat de afname van de PM₁₀-concentratie hooguit enkele µg/m³ bedraagt. Dit lijkt erop te wijzen dat gemeenten weinig sturingsmogelijkheden hebben. Echter, er zijn vele aanwijzingen dat juist het fijn stof geëmitteerd door het verkeer 'erger' is dan fijn stof afkomstig uit andere bronnen. Gemeenten kunnen TDSS in ieder geval inzetten om verschillende alternatieven voor invoering van schoner vervoer in stedelijk gebied te vergelijken. De directe koppeling tussen verbetering van de luchtkwaliteit en de gezondheids- en financiële effecten die samenhangen met een keus voor schoner vervoer, biedt ondersteunende informatie voor beleidsmakers. Uit gesprekken met diverse gemeenten blijkt hier een grote behoefte aan te bestaan. Het systeem is dan ook ontwikkeld in nauwe samenwerking met enkele gemeenten (Amsterdam, Groningen, Utrecht, Tilburg). Deze betrokkenheid bij de ontwikkeling van het eerste prototype is erg belangrijk geweest.

TDSS is ook in andere casussen toegepast. Een uitgebreide beschrijving van het systeem, de onderliggende methodologieën en andere voorbeelden zijn te vinden in Domburg et al. (2004). De huidige versie is in relatief korte tijd ontwikkeld en dat heeft ertoe geleid dat er keuzes gemaakt zijn ten aanzien van functionaliteit. Voor de nabije toekomst zijn de volgende uitbreidingen voorzien:

- verdere differentiatie in voertuigtypen in basissituatie en scenario's;
- uitbreiding met andere luchtkwaliteitsparameters als NO₂;
- uitbreiding en verfijning van de gehanteerde financiële methodieken;
- uitbreiding van de gezondheidsevaluatie, bijvoorbeeld het meenemen van de reductie in ziekenhuisopnames, afname in astma-aanvallen en verminderd ziekteverzuim;
- uitbreiding met de mogelijkheid om de effecten van verkeersregulerende maatregelen door te rekenen;
- een standaardmogelijkheid voor het rekenen met euronormen;
- een directe koppeling realiseren met een verspreidingsmodel voor berekening van de luchtkwaliteit.

De verdere ontwikkeling van het TDSS zal in samenwerking met andere partijen (met name gemeenten, gezondheidsinstanties) plaatsvinden om te zorgen voor adequate gegevens en een goede aansluiting bij de wensen uit de praktijk.

Referenties

- Dings, J. en J. Haffmans (2002), *De effecten van verkeersuitstoot en -geluid op de volksgezondheid; een beknopt overzicht en opties voor beleid*. CE rapport 0.2.4406.22.
- Domburg, P., H. de Wilde, F. Tillemans, S. van der Zee, E. Weijers, J. van Wijnen, J. Feld, P. Siderius (2004), *Ontwerp Traffic Decision Support System*. Eindrapportage en handleiding voor de TDSS demo. ECN rapport C-04-002.
- Brunekreef, B. (1997), *Air pollution and life expectancy: is there a relation?*, in: Occ. Env. Med. 54:781-4.
- Bickel, P., S. Schmid, W. Krewitt en R. Friedrich (1999), *External costs of energy conversion - improvement of the ExternE methodology and*

assessment of energy related transport externalities. [Http://externe.jrc.es](http://externe.jrc.es).

- EU (1999), Council Directive 1999/30/EC of 22 April 1999 relating to limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air. Off. J. Eur. Commun.
- Goeverden, C.D. van en Th.J.H. Schoemaker (2000), *Openbaar vervoer op eigen benen*. Een onderzoek naar de vervoerkundige effecten van afschaffing van de exploitatiesubsidies aan openbaar vervoerbedrijven. TU Delft, Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen, Sectie Verkeerskunde.
- Hoek, G., A. Verhoeff en P. Fischer (1997), *Daily mortality and air pollution in the Netherlands, 1986 - 1994*. LU Wageningen, Rapportnummer 1997-481.
- Hoogma, R., E. van de Laar en R. Motshagen (2003), *Eindrapportage Milieuzones in Nederlandse steden*. Novem.
- Künzli N., R. Kaiser, S. Medina et al. (2000), *Public health impact of traffic related air pollution*. Lancet: 356: 795-801.
- McKenna, M. en Marks, J. (2002), *Commentary on the uses of summary measures of population health*. Chapter 2.3. WHO, http://whqlibdoc.who.int/publications-/2002/9241545518_Chap2.3.pdf.
- MNP (2006), *Salderingsmodel Luchtkwaliteit, methodiek en uitgangspunten*. Rapportno. 500095002/2006.
- Staatsblad (2001), *Besluit luchtkwaliteit*, no. 269.
- TNO (2003), *Handleiding bij het software pakket CAR II*, versie 2.0. TNO-rapport R 2003/118. TNO, Apeldoorn.
- Toussaint, I. (2003), *Gemeente zonder milieueisen krijgt vuilste bussen*, in: *Stromen* 3, 14 februari 2003.
- VROM (2006): Brief aan de Tweede Kamer, vergaderjaar 2006-2007, 30 175, nr. 21
- Weijers, E. en H. de Wilde (2003), *Donkere wolken boven de stad*. Verkeerskunde, p. 34-39.
- WHO (1999), *Health costs due to road traffic-related air pollution, an impact assessment project of Austria, France and Switzerland*. Prepared for the Third WHO Ministerial Conference of Environment & Health, London, World Health Organisation.

Noten

- 1 Dit project werd mede gefinancierd vanuit de subsidieregeling SSZ (Stiller, Schoner en Zuiniger verkeer en vervoer in stedelijk gebied) – een NOVEM-initiatief van het ministerie van Verkeer en Waterstaat – met als doelstelling informatie en inzichten over het gebruik van andere en/of nieuwe technologieën onder de aandacht brengen.
- 2 TDSS kwam tot stand in samenwerking met een groot aantal mensen. Dank is met name verschuldigd aan F. Tillemans (ECN), J. van Wijnen en F. Woudenberg (GGD Amsterdam), J. Feld (IVV, gem. Amsterdam), H. Nijhuis (gem. Nijmegen), H. Frijns (gem. Tilburg), H. Verhaar (gem. Groningen) en K. van den Bosch (Infomil).
- 3 Bedoeld wordt hier de emissie uit de uitlaat. Voertuigen zonder enige emissie bestaan (nog) niet, er is nog een bijdrage als gevolg van slijtage van banden en het wegdek, en daarnaast veroorzaken rijdende voertuigen het opwerpen van stof dat op de weg ligt.
- 1 Ernie Weijers, Gerard de Groot en Nelleke Domburg zijn werkzaam bij de Afdeling Luchtkwaliteit en Klimaatverandering, Energie onderzoek Centrum Nederland ECN, Petten.
- 2 Saskia van der Zee is werkzaam bij de Afdeling Medische Milieukunde, Geneeskundige en Gezondheidsdienst Amsterdam.
- 3 Hein de Wilde is werkzaam bij de Unit Beleidsstudies, Energie onderzoek Centrum Nederland ECN, Petten.
- 4 Peter Segaar is werkzaam bij de Afdeling Milieu & Duurzaamheid, Dienst Stadsontwikkeling, Gemeente Utrecht.
- 5 Paul Siderius is werkzaam bij de Dienst Infrastructuur Verkeer en Vervoer, Gemeente Amsterdam.
- 6 Remco Hoogma is werkzaam bij SenterNovem.