



Ministerie van Infrastructuur en Milieu

# Verklaring reistijdverlies en betrouwbaarheid op hoofdwegen 2000-2010

Empirisch onderzoek naar aspecten van bereikbaarheid

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid

# **Verklaring reistijdverlies en betrouwbaarheid op hoofdwegen 2000-2010**

Empirisch onderzoek naar aspecten van bereikbaarheid

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid

Han van der Loop

April 2012

Analyses van mobiliteit en mobiliteitsbeleid. Dat is waar het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) zich mee bezighoudt. Als zelfstandig instituut binnen het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) maakt het KiM analyses van mobiliteit en mobiliteitsbeleid die doorwerken in de beleidsafwegingen. De inhoud van de publicaties van het KiM behoeft niet het standpunt van de minister en/of de staatssecretaris van IenM weer te geven.

## Inhoud

	Samenvatting	5
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Reistijdverlies</b>	<b>11</b>
2.1	Ontwikkeling van het reistijdverlies	11
2.2	Verklaring van de ontwikkeling van het reistijdverlies	15
2.3	Invloed van omgevingscondities op benutting	24
2.4	Samenhang tussen reistijdverlies en verkeersomvang	29
<b>3</b>	<b>Onbetrouwbaarheid van de reistijd</b>	<b>31</b>
3.1	Onbetrouwbaarheid van de reistijd gedefinieerd	31
3.2	Ontwikkeling van de onbetrouwbaarheid	35
3.3	Verband tussen onbetrouwbaarheid en extreme reistijden	38
3.4	Verschillen in onbetrouwbaarheid naar tijd en plaats	39
3.5	Verklaring van de ontwikkeling van de rijtijd	42
3.6	Verklaring van de ontwikkeling van de betrouwbaarheid	43
3.7	Volume onbetrouwbaarheid voor de economische waardering	45
	Summary	47
	Literatuur	51
	Bijlagen	53
<b>Bijlage A</b>	<b>Operationalisatie van betrouwbaarheid</b>	<b>55</b>
A.1	Betrouwbaarheid uitgedrukt in de standaardafwijking	55
A.2	Extreme reistijden	58
<b>Bijlage B</b>	<b>Kwaliteit gebruikte gegevens</b>	<b>59</b>
<b>Bijlage C</b>	<b>Methodiek verklaring reistijdverliezen</b>	<b>61</b>
C.1	Opbouw methodiek	61
C.2	Het bepalen van de effecten van de maatregelen	62
C.3	Het effect van de brandstofprijs	64
C.4	Wijziging onbelaste vergoeding woon-werkverkeer 2004	64
C.4.1	Ex-antestudie	65
C.4.2	Ontwikkelingen in woon-werkverkeer	65
C.4.3	Ex-postevaluatie van de fiscale wijziging woon-werkverkeer in 2004	66
C.4.3.1	Methodebreuk	66
C.4.3.2	Verklarende tijdreeksanalyse autogebruik	67
C.4.3.3	Effect op reistijdverlies	69
C.5	Het bepalen van de effecten van maatschappelijke factoren	70
<b>Bijlage D</b>	<b>Methodiek verklaring betrouwbaarheid</b>	<b>71</b>
<b>Bijlage E</b>	<b>Samenhang tussen reistijdverlies en verkeersomvang</b>	<b>75</b>

Colofon 80

## Samenvatting

**Het tijdverlies door files en vertragingen op het hoofdwegennet is van 2000 tot 2010 met 49 procent toegenomen. Veranderingen in het aantal banen, het aantal inwoners en het autobezit waren de belangrijkste oorzaken van dit reistijdverlies. Zonder de aanleg van nieuwe wegen, wegverbredingen, spits- en plusstroken en verkeersmanagement zou het reistijdverlies nog 16 procent hoger zijn geweest. Tot 2000 liep het tijdverlies door files en vertragingen ongeveer gelijk op met de verkeersomvang. Sindsdien is het reistijdverlies moeilijker te voorspellen.**

**De ontwikkeling van de onbetrouwbaarheid van de reistijd – de mate waarin de reis langer duurt dan verwacht – komt vrijwel overeen met die van het reistijdverlies. Van 2001 tot 2007 nam de onbetrouwbaarheid van de reistijd op het hoofdwegennet sterk toe; van 2007 tot 2010 verbeterde de situatie. Een deel van de onbetrouwbaarheid van de reistijd is het direct gevolg van extreme reistijden. Het netwerk blijkt dan onvoldoende robuust te zijn om de gevolgen op te vangen van incidenten en van uitschieters in de hoeveelheid verkeer.**

In de afgelopen jaren waren veel analyses gericht op de verklaring van files en vertragingen op het hoofdwegennet. In deze studie kijkt het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) naar aspecten van bereikbaarheid vanuit het perspectief van de reiziger: reistijd, reistijdverlies, betrouwbaarheid van reistijd en extreme reistijden. Enkele resultaten zijn eerder gepubliceerd als onderdeel van de Mobiliteitsbalans 2011.

### **Tijdverlies door files tussen 2000 en 2010 sterk toegenomen**

Het tijdverlies door files en vertragingen op het hoofdwegennet is tussen 2000 en 2010 met 49 procent toegenomen. Het reistijdverlies steeg van 2000 tot en met 2008 met 55 procent, in 2009 was er een afname met 10 procent en in 2010, door de opleving van de economie, weer een stijging met 6 procent.

Tijdverlies door files en vertragingen is een onderdeel van de totale reistijd. In 2010 maakten de reistijdverliezen ongeveer 9 procent uit van de totale reistijd.

De reistijd is in 2010 toegenomen met 13 procent ten opzichte van 2001, vooral door de toename van de afgelegde afstand met 11 procent. De gemiddelde rijtijd per kilometer is in die periode met 2 procent toegenomen.

Dat de reistijd minder toeneemt (+13%) dan het reistijdverlies (+49%), komt ten eerste doordat het reistijdverlies een klein deel uitmaakt van de totale reistijd. Ten tweede komt dit doordat de reistijd niet alleen bepaald wordt door reistijdverliezen, maar ook door reistijdwinsten. Deze ontstaan bijvoorbeeld doordat nieuwe verplaatsingen vaak voorkomen op trajecten en tijden waarop snel gereden kan worden. De gemiddelde reistijd neemt hierdoor af.

### **Veel factoren van invloed op reistijdverlies**

Veel factoren zijn van invloed op het tijdverlies door files en vertragingen. Bovendien spelen in het ene jaar andere invloeden dan in het andere. Ook kunnen per wegvak en regio grote verschillen optreden. Zo was tussen 2000 en 2010 het reistijdverlies het grootst in de regio Amsterdam (het noordelijk deel van de Randstad): ongeveer een derde van het totale reistijdverlies voor het gehele hoofdwegennet.

Veranderingen in het aantal banen, het aantal inwoners en het autobezit per gemeente waren de belangrijkste drijvende krachten achter de toename van het reistijdverlies tussen 2000 en 2010. Deze factoren zorgden voor een toename met 47 procent. Zonder de aanleg van nieuwe wegen, wegverbredingen, spits- en plusstroken en verkeersmanagement zou het reistijdverlies nog 16 procent hoger zijn geweest. Andere factoren die in deze periode het reistijdverlies hebben beïnvloed, zijn:

- de ontwikkeling van de brandstofprijzen (-4%);
- het weer, ongevallen en wegwerkzaamheden (+4%);
- verlaging belasting woon-werkverkeer (+6%);
- snelheidsverlagingen en trajectcontroles (+6%);
- overige factoren (+6%).

### **Effect van wegbenuttingsmaatregelen afhankelijk van omgeving**

Maatregelen om wegen beter te benutten, nemen in het beleid een steeds belangrijker plaats in. In de periode 2000-2010 zijn op veel plaatsen zogenoemde toerit-doseerinstallaties en dynamische route-informatiepanelen geïntroduceerd. Het effect van deze benuttingsmaatregelen op het reistijdverlies is sterk afhankelijk van kenmerken van het verkeer en van de infrastructuur ter plaatse. Deze kenmerken bepalen of de maatregelen meer of minder effect hebben dan gemiddeld. Zo leiden toerit-doseerinstallaties en dynamische route-informatiepanelen op plaatsen met relatief weinig verkeer tot gemiddeld ongeveer 0 tot 2 procent minder reistijdverlies, en in situaties met veel verkeer tot een afname met circa 10 procent. Dynamische route-informatiepanelen hebben bij de stedelijke ringen invloed op een kleiner gebied dan op andere plaatsen. Bij stedelijke ringen leiden ze tot gemiddeld circa 7 procent minder reistijdverlies en op andere delen van het netwerk tot circa 10 procent minder reistijdverlies.

Met deze informatie kan een betere inschatting worden gemaakt van het effect van investeringen in benuttingsmaatregelen.

### **Reistijdverlies moeilijker te voorspellen**

Tot 2000 liep het tijdverlies door files en vertragingen landelijk ongeveer gelijk op met de verkeersomvang. Het verband tussen de ontwikkeling van de landelijke verkeersomvang en die van het reistijdverlies is de laatste jaren niet meer zo duidelijk. Van 2000 tot en met 2008 nam het reistijdverlies landelijk sterker toe dan de verkeersomvang. Van 2008 tot 2011 liet het reistijdverlies een wisselend beeld zien: een afname in 2009 (-10%), een toename (+6%) in 2010 en in 2011 weer een afname (-18,5%). Deze schommelingen zijn des te opvallender omdat de verkeersomvang in 2009 en 2010 ongeveer gelijk bleef en in 2011 weer toenam (+3,5%).

De oorzaak van deze schommelingen ligt in het gebruik van het hoofdwegennet. In de periode 2000-2008 is dit gebruik zodanig toegenomen, dat de maximale capaciteit van het hoofdwegennet op bepaalde plaatsen en tijden bereikt werd. Een kleine verandering in de lokale omvang van het verkeer of de verdeling ervan kan dan tot grote schommelingen leiden. Vooral de toename met 29 procent van het aantal afgelegde kilometers voor woon-werkverkeer heeft in deze periode een rol gespeeld. Vuistregels om het reistijdverlies op het hoofdwegennet eenvoudig af te leiden uit de ontwikkeling van de landelijke verkeersomvang zijn daardoor niet meer bruikbaar.

#### **Onbetrouwbaarheid van reistijd**

Behalve met tijdverlies door files en vertragingen heeft de reiziger ook te maken met de onbetrouwbaarheid van reistijd: de mate waarin de reis korter of langer duurt dan de reiziger van tevoren had verwacht. Het gaat zowel om structurele, dagelijkse variaties in de reistijd als om incidentele kleine en grote verstoringen.

Van 2001 tot 2010 kwam de ontwikkeling van de onbetrouwbaarheid van de reistijd vrijwel overeen met die van het reistijdverlies. Van 2001 tot 2007 nam de onbetrouwbaarheid met circa 30 procent toe. Van 2007 tot en met 2009 was er sprake van een daling met 10 procent en in 2010 nam de onbetrouwbaarheid weer toe met 6 procent.

In 2010 was de omvang van de onbetrouwbaarheid op het hele hoofdwegennet circa 74 miljoen uren.

#### **Extreme reistijden nemen minder toe**

Een deel van de onbetrouwbaarheid heeft betrekking op extreme reistijden. Deze kunnen niet alleen het gevolg zijn van incidenten zoals verkeersongevallen en extreme weersomstandigheden, maar ook van incidenteel extreem veel verkeer. Het netwerk blijkt in zo'n situatie onvoldoende robuust te zijn. Extreme reistijden zijn gedefinieerd als de extra reistijd van de 20 procent langste reistijden op een bepaald traject. De extreme reistijden maakten in 2010 circa 60 procent uit van de onbetrouwbaarheid. Extreme reistijden namen van 2001 tot 2010 minder toe dan de totale onbetrouwbaarheid, terwijl de automobilist juist het beeld heeft dat extreme reistijden meer zijn toegenomen. Dit spoort met het psychologische principe dat extreme situaties meer in het oog springen dan kleinere afwijkingen.

De factoren die de ontwikkeling van het tijdverlies door files en vertragingen beïnvloeden, hebben ongeveer dezelfde effecten op de ontwikkeling van de onbetrouwbaarheid van reistijd en op de ontwikkeling van de extreme reistijden. Grootste uitzondering vormen trajectcontroles, al dan niet gecombineerd met snelheidsverlagingen. Deze hebben wel geleid tot meer reistijdverlies, maar verminderden de onbetrouwbaarheid van de reistijd en extreme reistijden.

#### **Prijs van betrouwbaarheid**

Dit rapport presenteert het gemeten effect van beleidsmaatregelen op de omvang van de betrouwbaarheid van de reistijd op het hoofdwegennet. Met een ander onderzoek verwacht het KiM binnenkort ook de prijs van onbetrouwbaarheid objectief te kunnen bepalen. Daarmee kunnen de effecten van investeringsbeslissingen op de onbetrouwbaarheid van de reistijd beter worden onderbouwd.





## 1 Inleiding

De afgelopen jaren hebben congestie en de gevolgen daarvan voor de reiziger volop in de aandacht van beleid en onderzoek gestaan. In deze studie kijkt het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) naar enkele aspecten van de bereikbaarheid op het hoofdwegennet vanuit het perspectief van de reiziger: reistijdverlies, reistijd, betrouwbaarheid en robuustheid. Op basis van een empirisch onderzoek brengen we de ontwikkeling van deze aspecten in beeld, en bieden we daarvoor een verklaring.

Enkele resultaten zijn al eerder gepubliceerd. In de *Mobiliteitsbalans 2011* geeft het KiM een beknopt overzicht van de ontwikkeling van de bereikbaarheid van het hoofdwegennet van 2000-2010, en van de verklaring daarvan. Het voorliggende achtergronddocument biedt een verdieping en verbreding van dat overzicht. Daarbij gebruiken we dezelfde onderzoeksgegevens, methodieken en analyses als in de *Mobiliteitsbalans 2011*.

### *Bereikbaarheid en reistijdverlies*

Bereikbaarheid kan gedefinieerd worden als het gemak waarmee we ons in Nederland kunnen verplaatsen van herkomst naar bestemming (Ministerie van IenM, 2011) of in termen van gegeneraliseerde kosten<sup>1</sup> (EC, 2011 White paper). Onderdelen van bereikbaarheid zijn: reistijd, reiskosten en comfort. In dit rapport leggen we het accent op reistijd en enkele aspecten hiervan: reistijdverlies, betrouwbaarheid van de reistijd en de extra reistijd voor de reiziger die optreedt in situaties waarin het wegennet niet robuust is voor verstoringen.

### *Onbetrouwbaarheid van reistijd*

De reiziger heeft niet alleen te maken met reistijdverliezen door files en vertragingen, maar ook met de onbetrouwbaarheid van de reistijd. Onbetrouwbaarheid definiëren we in dit rapport, conform de aanbeveling van de OECD (2010), als de mate waarin de reistijd langer of korter is dan de reistijd die de reiziger vooraf verwachtte. Deze definitie omvat zowel de structurele, dagelijkse variaties als de incidentele kleine en grote verstoringen. Een deel van de onbetrouwbaarheid heeft betrekking op extreme reistijden, als gevolg van incidenten of incidenteel extreem veel verkeer.

### *Beschikbaarheid van data*

Voor sommige aspecten van de bereikbaarheid (verkeersomvang, reistijdverlies) zijn gegevens beschikbaar over het hele hoofdwegennet; voor andere aspecten (betrouwbaarheid, extreme reistijden) alleen voor de wegen in de Randstad, Noord-Brabant, Arnhem-Nijmegen en enkele verbindingen van de Randstad naar het noorden, oosten en zuiden.

<sup>1</sup> Een maat waarin reistijd, reiskosten en comfort alle in kosten worden uitgedrukt.

*Leeswijzer*

In hoofdstuk 2 beschrijven en verklaren we de ontwikkeling van het reistijdverlies op hoofdwegen in de periode 2000-2010. Het hoofdstuk gaat daarna in op de effecten van maatregelen om wegen beter te benutten en de invloed van omgevingscondities daarop. Tot slot staat het verband centraal tussen de ontwikkeling van het reistijdverlies en de verkeersomvang.

Hoofdstuk 3 presenteert de beschrijving en verklaring van de ontwikkeling van de onbetrouwbaarheid van de reistijd op het hoofdwegennet van 2000-2010. Ook komen extreme reistijden voor de reiziger aan de orde. Tot slot gaan we na wat de omvang is van de onbetrouwbaarheid van de reistijd. Het is van belang deze omvang vast te stellen om te kunnen bepalen wat de filekosten zijn op het hoofdwegennet en om in een maatschappelijke kosten-batenanalyse de economische waardering te kunnen bepalen van de toename van de betrouwbaarheid van de reistijden door infrastructuur.

## 2 Reistijdverlies

- Het tijdverlies door files en vertragingen op het hoofdwegennet is tussen 2000 en 2010 toegenomen met 49 procent. Veranderingen in het aantal banen, inwoners en autobezit per gemeente waren de belangrijkste drijvende krachten achter deze toename. Deze factoren zorgden voor een toename met 47 procent.
- Het effect van toerit-doseerinstallaties en dynamische route-informatiepanelen op het reistijdverlies is sterk afhankelijk van de kenmerken van het verkeer en van de infrastructuur ter plaatse.
- Tot 2000 liep het tijdverlies door files en vertragingen landelijk ongeveer gelijk op met de verkeersomvang. Het verband tussen de ontwikkeling van de landelijke verkeersomvang en die van het reistijdverlies is de laatste jaren niet meer zo duidelijk.

### 2.1 Ontwikkeling van het reistijdverlies

Het reistijdverlies op het hoofdwegennet door files en een vertraagde afwikkeling van het verkeer nam tussen 2000 en 2010 toe met 49 procent (tabel 2.1). Van 2000 tot 2008 groeide het reistijdverlies sterk, met 55 procent; in 2009 was er een afname met 10 procent en in 2010 weer een toename, met 6 procent. De ontwikkeling van het reistijdverlies in files wijkt nauwelijks af van deze ontwikkeling.

**Tabel 2.1**

Ontwikkeling verkeer en bereikbaarheid via het hoofdwegennet, 2000-2010.

Bron: DVS (2011a),  
KiM.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Reistijdverlies totaal (2000 = 44 mln voertuigverliesuren)	100	118	110	112	122	127	142	153	155	140	149
Reistijdverlies in files (2000 = 30,8 mln voertuigverliesuren)	100	117	107	110	119	129	143	157	158	140	149
Verkeersomvang (afgelegde kilometers)	100	102	104	105	108	109	111	114	114	113	113
Reistijd (2001=100)		100	100	102	105	108	112	116	116	113	113

#### Reistijdverlies totaal

Het totale reistijdverlies omvat het tijdverlies van voertuigen (voertuigverliesuren, VVU) door het rijden in files (tot 50 km/uur) en door de vertraagde afwikkeling van verkeer (tussen 50 en 100 km/uur) ten opzichte van een referentiesnelheid van 100 km/uur. De referentiesnelheid wordt beschouwd als de gemiddelde snelheid bij de vrije afwikkeling van het verkeer. De maat reistijdverlies (VVU100) wordt gebruikt om het totale reistijdverlies op het hoofdwegennet weer te geven.

#### Reistijdverlies in files

Het reistijdverlies in files (VVU in files) is het tijdverlies voor voertuigen bij een snelheid lager dan 50 km/uur ten opzichte van een referentiesnelheid van 100 km/uur. Deze indicator (DVS, 2011a) ligt in de buurt van de streefwaarden in

de SVIR (een gemiddelde snelheid in de spits op snelwegen tussen steden maximaal anderhalf maal zo lang als buiten de spits; op snelwegen rond de steden en overige hoofdwegen maximaal twee keer zo lang als de reistijd buiten de spits). Hoewel het niveau van VVU100 en VVU in files verschilt, zijn de ontwikkeling en de verklaring van beide indicatoren vrijwel gelijk.

Reistijdverliezen door files en vertragingen zijn een onderdeel van de totale reistijd. In 2010 maakten de reistijdverliezen ongeveer 9 procent uit van de totale reistijd. De totale reistijd is in 2010 toegenomen met 13 procent ten opzichte van 2001. Dit komt vooral doordat de afgelegde afstand met 11 procent is toegenomen. De gemiddelde rijtijd per kilometer nam in die periode met 2 procent toe. Dat de reistijd minder toeneemt dan het reistijdverlies, komt ten eerste doordat het reistijdverlies een klein deel uitmaakt van de totale reistijd (circa 9%). Ten tweede komt dit doordat de reistijd niet alleen wordt bepaald door reistijdverliezen, maar ook door reistijdwinsten. Deze reistijdwinsten ontstaan bijvoorbeeld doordat nieuwe verplaatsingen vaak voorkomen op trajecten en tijden waarop snel gereden kan worden. De gemiddelde reistijd neemt hierdoor af.

De verkeersomvang op het hoofdwegennet nam van 2000 tot 2007 toe met 14 procent, om daarna tot 2010 met 1 procent af te nemen. In paragraaf 2.3 wordt uitgebreid ingegaan op de samenhang tussen de ontwikkeling van het reistijdverlies en die van de verkeersomvang.

#### *Weekendcongestie gering ten opzichte van het totaal*

Het reistijdverlies nam niet alleen toe op werkdagen, maar ook in het weekend. Toch is de omvang van het reistijdverlies in het weekend ten opzichte van werkdagen beperkt. In de periode 2000-2009 steeg het reistijdverlies in het weekend met 34 procent, tegenover een toename van 40 procent gedurende de hele week. Het aandeel reistijdverlies in het weekend is 5 procent van het totaal.

#### *Verschillen per periode en per regio*

Veel factoren zijn van invloed op het reistijdverlies. De toename van het verkeer is een van de belangrijkste. Deze wordt op zijn beurt weer beïnvloed door externe ontwikkelingen zoals bevolking en werkgelegenheid, maar ook door beleidsmaatregelen zoals een lagere belasting van de reiskostenvergoedingen. De beschikbare capaciteit van de infrastructuur is een belangrijke invloedsfactor voor het ontstaan van files. Weguitbreidingen zullen de files doen afnemen, zij het vooral op de korte termijn. Weguitbreidingen hebben immers ook meer verkeer tot gevolg, waardoor de files later weer kunnen toenemen. Het samenspel van deze en andere invloedsfactoren verloopt complex en wisselt in de tijd: in het ene jaar spelen andere invloeden dan in het andere. Ook kunnen per wegvak en regio grote verschillen optreden; dit hangt af van lokale omstandigheden. Naast een verklaring van de landelijke ontwikkelingen over de hele periode van 10 jaar geven we in deze en de volgende paragraaf ook inzicht in de verschillen per periode en per regio.

Tabel 2.2 laat voor drie tijdvakken (2000-2008, 2008-2009 en 2009-2010) de tien wegvakken zien met de grootste verandering in het aantal verliesuren (positief dan wel negatief). In de periode 2000-2008 nam het reistijdverlies het meest toe op de trajecten in de omgeving van Amsterdam en Utrecht. In 2009 daalde het reistijdverlies op dezelfde trajecten juist weer het meest. In 2010 zijn er trajecten waarop het reistijdverlies toenam, maar ook een aantal waarop het juist afnam.

Tabel 2.2 laat ook zien dat forse veranderingen op individuele wegvakken relatief beperkt doorwerken op het totale aantal verliesuren op het gehele hoofdwegenet.

Figuur 2.1 laat voor 2010 de situatie op het hoofdwegenet zien. Het meeste reistijdverlies trad in 2010 op rond de vier grote steden en op de wegen die de grote steden ontsluiten (vooral op delen van de A2, A4, A10, A13 en A20).

**Tabel 2.2**

Wegvakken met grootste verandering in verliesuren in spitsuren op het hoofdwegenet, 2000-2010.

Bron: KiM i.s.m. DVS.

Nummer	Traject	Regio	2000 - 2008		2008 - 2009		2009 - 2010	
			Toename	Toename/ WU NL	Toename	Toename/ WU NL	Toename	Toename/ WU NL
A12	knpt Oudenrijn (A2)-knpt Gouwe (A20)	Utrecht	566.580	1,28%	-141.890	-0,21%	-6.335	-0,01%
A2	knpt Deil (A15)-knpt Hintham (A59 oost)	Noord-Brabant	540.230	1,23%	-162.054	-0,24%	-806.657	-1,23%
A12	knpt Diemen (A9)-knpt Hoevelaken (A28)	Amsterdam	536.547	1,22%	-95.774	-0,14%	156.906	0,24%
A27	knpt Gorinchem (A15)-knpt Lunetten (A12)	Utrecht	452.484	1,03%	-129.366	-0,19%	161.095	0,25%
A9-A10	knpt Rottepolderplein (A9)- knpt Coenplein (A8)	Amsterdam	431.057	0,98%	-158.516	-0,23%	67.504	0,10%
A12	knpt Gouwe (A20)-knpt Oudenrijn (A2)	Utrecht	428.602	0,97%	-109.851	-0,16%	98.201	0,15%
A50	knpt Grijsoord (A12)-knpt Ewijk (A73)	Gelderland	365.185	0,83%	-1.894	0,00%	-63.706	-0,10%
A2-A12-A27	knpt Maarssen (A2) - knpt Utrecht Noord (A27)	Utrecht	358.185	0,81%	-49.979	-0,07%	108.088	0,16%
A2	knpt Holendrecht (A9)-Maarsen (N230)	Amsterdam	349.297	0,79%	-233.756	-0,34%	-53.330	-0,08%
A27	knpt Lunetten (A12)-knpt Gorinchem (A15)	Utrecht	336.098	0,76%	-139.898	-0,20%	-163.016	-0,25%
A2	knpt Oudenrijn (A12)-knpt Deil (A15)	Utrecht	309.219	0,70%	-174.440	-0,25%	119.061	0,18%
A1	knpt Hoevelaken (A28)-knpt Diemen (A9)	Amsterdam	291.320	0,66%	-135.628	-0,20%	17.856	0,03%
A50	knpt Ewijk (A73)-knpt Grijsoord (A12)	Gelderland	254.242	0,58%	-50.159	-0,07%	163.194	0,25%
A2	knpt Sint Joost (A73)-knpt Kerensheide (A76)	Limburg	226.322	0,51%	-104.143	-0,15%	180.335	0,27%
A6	knpt Diemen (A1)-knpt Almere (A27)	Amsterdam	201.574	0,46%	-153.330	-0,22%	75.254	0,11%
A16	knpt Ridderkerk (A15) - knpt. Klaverpolder (A17)	Rotterdam	172.717	0,39%	-240.838	-0,35%	-29.765	-0,05%
A2	knpt Sint Joost (A73)-knpt Leenderheide (A67)	Limburg	163.141	0,37%	-42.970	-0,06%	-200.780	-0,31%
A6	knpt Almere (A27)-knpt Diemen (A1)	Amsterdam	158.090	0,36%	-149.711	-0,22%	96.466	0,15%
A13	knpt Ypenburg (A4)-knpt Kleinpolderplein (A20)	Rotterdam	75.672	0,17%	42.976	0,06%	-238.956	-0,36%
A2-A67	knpt Batadorp (A58) - knpt Leenderheide (A67)	Eindhoven	38.228	0,09%	-71.098	-0,10%	-195.645	-0,30%
A2	Maarsen (N230)-knpt Holendrecht (A9)	Amsterdam	12.691	0,03%	-5.311	-0,01%	-218.363	-0,33%
A12	knpt Pr. Clausplein (A4)-knpt Gouwe (A20)	Den Haag	-17.033	-0,04%	108.147	0,16%	-316.406	-0,48%
A2	knpt Deil (A15)-knpt Oudenrijn (A12)	Utrecht	-363.965	-0,83%	-84.903	-0,12%	206.247	0,31%

 : 10 wegvakken met grootste verandering in verliesuren in periode 2000-2008

 : 10 wegvakken met grootste verandering in verliesuren in periode 2008-2009

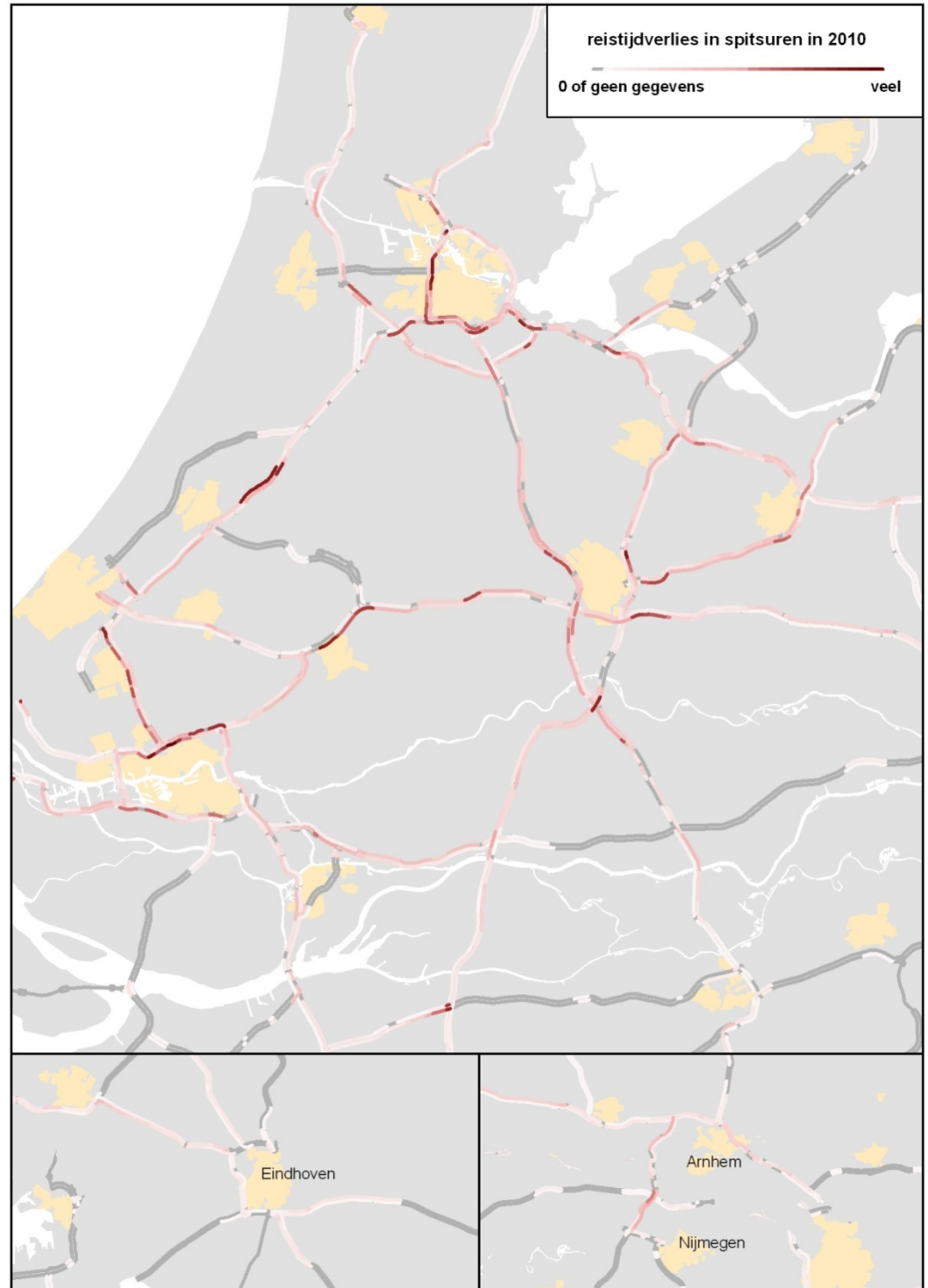
 : 10 wegvakken met grootste verandering in verliesuren in periode 2009-2010

"Toename/WU NL": toename van de verliesuren als percentage van het totaal aantal verliesuren in Nederland in 2008 resp. 2009 en 2010

**Figuur 2.1**

Reistijdverlies in spitsuren op het hoofdwegennet in en rond de Randstad, Arnhem en Eindhoven, in 2010.

Bron: KIM i.s.m. DVS.



## 2.2 Verklaring van de ontwikkeling van het reistijdverlies

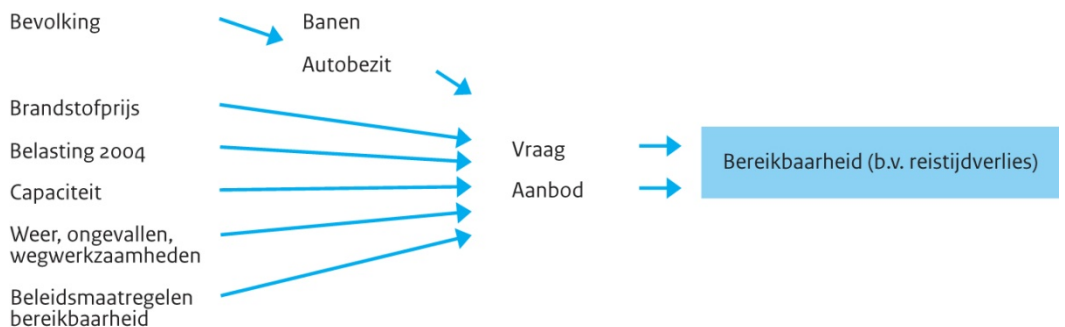
### *Methodiek*

De resultaten gepresenteerd in deze studie zijn gebaseerd op analyses op wegvakniveau van verkeerswaarnemingen, ongevallen, wegwerkzaamheden, weer en bevolkingskenmerken. Daarbij zijn ook maatregelen meegenomen om wegen beter te benutten. Het effect van deze benuttingsmaatregelen op het reistijdverlies en de reistijdopbetrouwbaarheid is bepaald door te kijken naar het verschil tussen de situatie voor en na introductie van de maatregel in een gebied van wegvakken waarin deze doorwerkt (invloedsgebied). In de analyse is niet alleen rekening gehouden met nationale ontwikkelingen, maar vooral ook met lokale onderlinge verbanden tussen invloedsfactoren enerzijds en bereikbaarheidsfactoren anderzijds. Onder andere is rekening gehouden met veranderingen in het verkeersvolume. In het effect van de maatregelen op het reistijdverlies is het effect inbegrepen van de latente vraag op het reistijdverlies door de aard van het onderzoeksdesign. Ook de brandstofprijs en de verhoging van de fiscale vrijstelling voor de vergoeding van woon-werkverkeer (*Belastingplan 2004*) zijn factoren die de ontwikkeling van het reistijdverlies verklaren. Het effect van deze factoren is berekend met een andere methodiek dan voor de eerder genoemde factoren. Zowel de kwaliteit van de gegevens als de gebruikte methodieken leggen beperkingen op aan de conclusies die getrokken kunnen worden. Voor een meer uitgebreide beschrijving van de data en de methodieken zie bijlage B en C.

### *Theoretisch verklaringmodel*

Reistijd, reistijdverlies en onbetrouwbaarheid worden bepaald door het samenspel van vraag en aanbod. Op dat samenspel zijn verschillende factoren van invloed: maatschappelijke factoren (bevolking, banen, autobezit en brandstofprijs), situationele factoren (weer en ongevallen) en overheidsingrijpen (maatregelen bereikbaarheid, belastingen, wegwerkzaamheden). De belangrijkste factoren zijn samengevat in figuur 2.2. De wijze waarop deze factoren lokaal van invloed zijn op het hoofdwegennet, is onderzocht met statistische analyses op basis van waarnemingen en registraties.

**Figuur 2.2**  
Theoretisch  
verklaringsmodel.  
*Bron: KiM.*

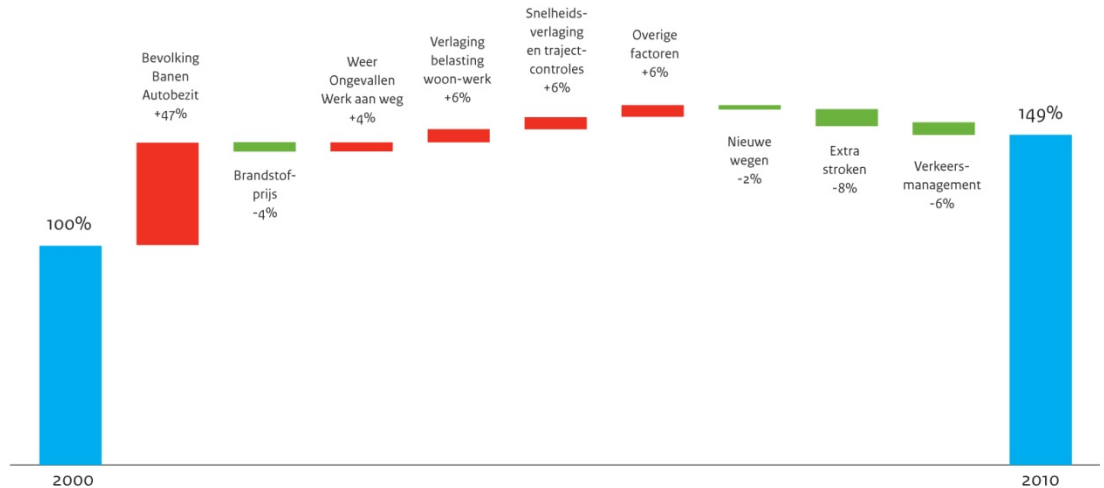




*Verklaring reistijdverlies in hoofdlijnen*

Figuur 2.3 laat zien welke factoren de toename verklaren van het reistijdverlies op het hoofdwegennet tussen 2000 en 2010 (49%). Veranderingen in het aantal banen, het aantal inwoners en het autobezit in gemeenten leverden de grootste bijdrage aan de toename van het reistijdverlies: 47 procent. De ontwikkeling van de brandstofprijzen leidde tot een afname van het reistijdverlies met 4 procent.

**Figuur 2.3**  
Verklaring toename reistijdverlies op het hoofdwegennet, 2000-2010.  
Bron: KIM.



Per saldo leidden weer, ongevallen en wegwerkzaamheden in de periode 2000-2010 tot een toename van het reistijdverlies met 4 procent. Ongevallen waren goed voor een toename met 1 procent. Door wegwerkzaamheden steeg het reistijdverlies in de periode 2000-2003 met 3 procent. Na 2003 trad op landelijk niveau geen extra effect op van wegwerkzaamheden. Van weersomstandigheden is in de periode 2000-2010 geen effect geconstateerd op de toename van het reistijdverlies.

De verhoging van de onbelaste vergoeding van het woon-werkverkeer in het kader van het *Belastingplan 2004* droeg met circa 6 procent bij aan de stijging van het reistijdverlies.

De snelheidsverlagingen om de luchtkwaliteit te verbeteren en trajectcontroles op het hoofdwegennet hebben gezamenlijk geleid tot een toename van circa 6 procent van het reistijdverlies.

De openstelling van nieuwe wegen<sup>2</sup> (bijvoorbeeld de A5, A30 en A50) en de aanleg van extra stroken (spits- en plusstroken en wegverbredingen) zorgden in de periode 2000-2010 voor een daling van het reistijdverlies van circa 2 respectievelijk 8 procent. Het effect van de gerealiseerde maatregelen komt overeen met het vooraf voorspelde effect (Olde Kalter et al., 2010). Door verkeersmanagement (dynamische route-informatiepanelen en toerit-doseerinstallaties) namen de reistijdverliezen af met circa 6 procent<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Het genoemde effect van nieuwe wegen betreft alleen het effect op het hoofdwegennet dat al bestond voor de aanleg en niet het effect op de overige wegen. Van deze overige wegen zijn immers geen gegevens beschikbaar.

<sup>3</sup> De compleetheid en de mate van detail van de gegevens beschikbaar voor de analyses stellen beperkingen aan de mogelijkheden voor analyse. De gerapporteerde effecten moeten daarom worden opgevat als indicaties. Deze hebben wel de orde van grootte die op basis van verkeerskundige inzichten verwacht kan worden.

Hieronder lichten we deze ontwikkelingen nader toe.

*Effecten van ontwikkelingen in bevolking, werkgelegenheid en autobezit*

Locale veranderingen in de bevolkingsomvang, het aantal banen en het autobezit op gemeenteniveau zijn de belangrijkste drijvende krachten achter de toename van het reistijdverlies. Deze drie factoren zorgden voor een toename van het reistijdverlies met 47 procent. De ontwikkelingen in de bevolkingsomvang zijn goed voor een toename met 13 procent, ontwikkelingen in de werkgelegenheid voor een toename met 25 procent en ontwikkelingen in het autobezit voor een toename met 9 procent. De doorwerking van deze drie factoren op het reistijdverlies op het hoofdwegenet volgt uit de analyses van het KIM (tabel 2.3).

De omvang van de totale bevolking, de werkgelegenheid en het autobezit nam in de periode 2000-2010 in Nederland toe met 4,5, respectievelijk 4,9 en 15 procent. In 2010 nam de bevolking toe met 0,5 procent, het aantal banen met 0,02 procent en het autobezit met 1 procent. Het KIM heeft een analyse gemaakt van de jaarlijkse ontwikkeling van deze factoren in de periode 2000-2010. De samenhang tussen bevolkingsomvang, aantal banen en autobezit enerzijds en reistijdverlies anderzijds is geanalyseerd op gemeenteniveau, rekening houdend met de afstand ten opzichte van de hoofdwegen. Deze analyse betreft dus niet de effecten van nationale veranderingen, maar de lokale doorwerking van de veranderingen binnen gemeenten op reistijdverlies, bijvoorbeeld het effect van verhuizingen tussen gemeenten en van veranderingen in het aantal banen per gemeente.

**Tabel 2.3**

Effect van lokale veranderingen in bevolking, werkgelegenheid en autobezit op reistijdverlies op hoofdwegen, 2000-2010.

Bron: KIM.

Nationaal			Ontwikkeling in verkeersomvang		Lokaal		Ontwikkeling in reistijdverlies	
Omvang 2000	Ontwikkeling 2000-2010		Samenhang met reistijdverlies	Doorwerking naar reistijdverlies	Samenhang met reistijdverlies per kilometer	Doorwerking naar reistijdverlies	Samenhang met reistijdverlies	Doorwerking naar reistijdverlies
15.864.000	4,5%	Bevolking (alle leeftijden)	1,90	9%	0,92	4%	2,82	13%
7.326.760	4,9%	Aantal banen per inwoner	2,04	10%	3,00	15%	5,07	25%
6.343.164	15,0%	Aantal personen-auto's per inwoner	0,00	0%	0,63	10%	0,63	9%
		Totaal		19%		29%		47%

Een deel van de toename van het reistijdverlies kan toegeschreven worden aan de toename van de verkeersomvang: 19 procent<sup>4</sup>. Het overige deel (29%) is het gevolg van de ontwikkeling van het reistijdverlies per wegvak per jaar. Deze ontwikkeling volgt uit de veranderingen in de vervoersvraag door nationale en lokale veranderingen in bevolkingsomvang, aantal banen en autobezit. In de periode 2000-2008 was er op landelijk niveau sprake van banengroei. In de periode 2008-2009 sloeg deze trend om, en 2010 kende een stagnatie van de banengroei. De ontwikkeling van het aantal banen leidt dus niet alleen door een generieke toename van het verkeer tot een toename van het reistijdverlies. Het zijn ook lokale veranderingen in het aantal banen die doorwerken op het reistijdverlies.

*Effect van de brandstofprijzen*

De prijs van Euro95, diesel en lpg steeg in de periode 2000-2010 met respectievelijk 28, 37 en 62 procent. De gemiddelde reële (voor inflatie gecorrigeerde) prijs, gewogen met aandelen verkochte liters per brandstoftype, nam tot 2008 toe met 9 procent. Door deze prijsontwikkeling is het autoverkeer afgenomen met circa 1,4 procent ten opzichte van 2000, en het reistijdverlies met circa 4 procent.

*Effect van belastingveranderingen van vergoedingen voor woon-werkverkeer*

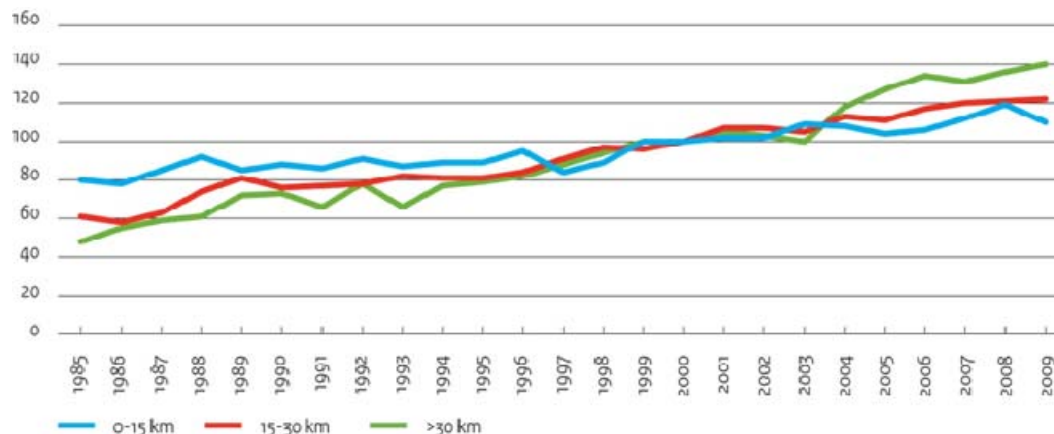
Het woon-werkverkeer over afstanden boven de 30 kilometer is in de jaren 2004-2009 sterker gestegen dan in de periode 1985-2003 (zie figuur 2.4). Het is de vraag in hoeverre dit een effect is van het *Belastingplan 2004*. In het kader van dit belastingplan is, sinds 1 januari 2004, de vergoeding voor woon-werkverkeer voor afstanden boven de 30 kilometer tot 0,18 euro per kilometer onbelast (vanaf 2006 0,19 euro). Modelberekeningen met het Landelijk Model Systeem (LMS; CPB, 2004) wezen uit dat de verhoging van de fiscale vrijstelling voor de vergoeding voor woon-werkverkeer op lange termijn (circa 10 jaar) zou leiden tot een toename van de automobiliteit op werkdagen met circa 3 procent; het reistijdverlies zou stijgen met een kleine 8 procent. In de periode 2004-2010 is dus nog niet het volledige effect bereikt. Op basis van de ex-ante berekening van het CPB stelt het KiM dat over de periode tot en met 2010 inmiddels een ingroeieffect van circa 6 procent is bereikt. Ter validatie van de ex-ante raming van het CPB uit 2004 heeft het KiM een ex-post analyse uitgevoerd van het daadwerkelijke reisgedrag van forenzen.

<sup>4</sup> Het toenemende aantal auto's per inwoner heeft geen significante invloed op het autogebruik. Dit is in lijn met bevindingen dat toename van autobezit in steeds mindere mate leidt tot toename van autogebruik (b.v. Kenniscentrum voor Bevolkingsdaling en Beleid, <http://www.bevolkingsdaling.nl/Default.aspx?tabid=1338>).

**Figuur 2.4**

Afgelegde afstand met de auto voor woon-werkverkeer in de spits van 6-10 en 15-19 uur, 1985-2009, index 2003 = 100.

Bron: KiM o.b.v. OVG/MON, 2009.



In figuur 2.4 is in 2004 een relatief grote sprong zichtbaar in de cijfers voor de afstandsklasse van meer dan 30 km. Hoewel juist in dat jaar het OVG overging in het MON, blijkt uit eerdere analyses, uitgevoerd door betrokken deskundigen van DVS en KiM, dat er geen aanwijzingen zijn dat deze sprong veroorzaakt wordt door een methodebreuk. Recent heeft het KiM een analyse van het verplaatsingsgedrag in de spits uitgevoerd, met onderscheid naar geslacht en leeftijd. Ook deze analyse geeft geen aanwijzingen voor een methodebreuk bij woon-werkverplaatsingen. Dit geldt zowel voor afstanden tot 30 kilometer als voor afstanden boven de 30 kilometer. Zie bijlage C4 voor een uitgebreid verslag van deze analyse.

Uit een regressieanalyse op de jaarcijfers van het OVG/MON 1985-2009 blijkt dat de afstand afgelegd met de auto voor woon-werkverkeer op afstanden boven 30 kilometer in de periode 2004-2009 met circa 17 procent is toegenomen ten opzichte van de periode 1985-2003 (tabel 2.4). In deze regressie is gecontroleerd voor de jaarlijkse verandering in bevolking, banen en autobezit en voor de trend. We hebben geen aanwijzingen dat andere omgevingsontwikkelingen een rol van betekenis hebben gespeeld. Dit maakt de invloed van de beschouwde belastingmaatregel zeer waarschijnlijk.

Het effect van de belastingmaatregel was vooral groot in de eerste drie jaar na invoering, en kleiner in de jaren erna. Ook indien economische groei (bbp) als extra verklarende factor wordt gebruikt, treedt deze toename op. Bij de andere afstandsklassen is geen sprake van een significante toename van het autogebruik.

**Tabel 2.4**

Effect van het *Belastingplan 2004* op het autogebruik in de spits voor woon-werkverkeer in de periode 2004-2009 ten opzichte van 1985-2003.

Bron: KiM.

Afstand afgelegd als autobestuurder	P-waarde	Significant?	Toename
> 30 km	0,009	Ja	17%
15-30 km	0,397	Nee	-
0-15 km	0,154	Nee	-

Het totale autogebruik nam in de periode 2004-2009 door de belastingmaatregel toe met circa 3,9 procent. Dit bevestigt de orde van grootte van de toename van het autogebruik op langere termijn vanaf 2004 zoals het CPB die met het LMS berekende, namelijk 2,7% (CPB, 2004). In de periode 2000-2010 is het reistijdverlies op het hoofdwegennet in de spits toegenomen met een factor die tussen de 2,4 en 3,8 hoger is dan de toename van de verkeersomvang. Op grond van deze relatie heeft de afschaffing van de belastingvrije vergoedingslimiet van 30 kilometer in 2010 geleid tot een reistijdverlies dat tussen de 8 en 12 procent groter is dan in 2000. Dit effect heeft ongeveer dezelfde orde van grootte als het langetermijneffect van ongeveer 8 procent dat het CPB in zijn ex-ante raming berekende voor de verhoogde vrijstelling van de vergoeding voor woon-werkverkeer in het *Belastingplan 2004*. De fiscale wijzigingen van 2004 hebben geen effect gehad op de woon-werkafstanden van minder dan 30 kilometer (zie tabel 2.4). Zie bijlage C4 voor een uitgebreider verslag van het effect van de belastingmaatregel.

*Effecten van snelheidsverlagingen en trajectcontroles*

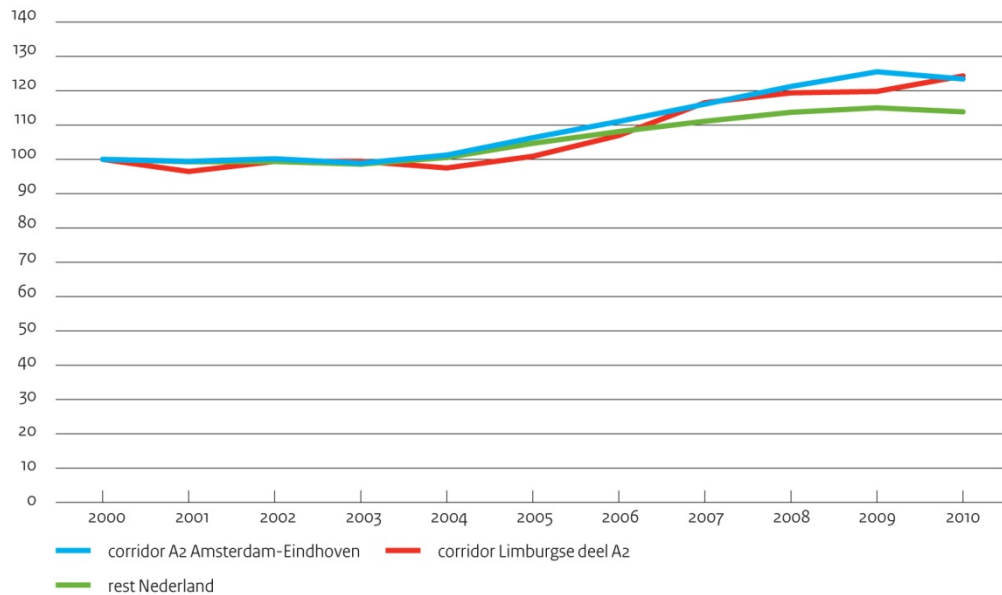
Trajectcontroles en snelheidsverlagingen leidden gezamenlijk tot 6 procent meer reistijdverlies op het hoofdwegennet. Trajectcontroles gecombineerd met snelheidsverlagingen ('80 km-zones') leidden tot 4 procent meer reistijdverlies op het hoofdwegennet in 2010 ten opzichte van 2000. Trajectcontroles zonder snelheidsverlaging resulteerden in een toename van het reistijdverlies met 2 procent. Op de 80 km-zones nam het reistijdverlies toe op de trajecten waarop deze maatregelen gelden (3 van de 4 procent) en op de wegen tot 5 kilometer voor de 80 km-zones (1 van de 4 procent). In deze effecten is de verliestijd die optreedt tussen 80 en 100 km/uur op 80 km-zones niet inbegrepen.

*Afwijkende ontwikkeling van reistijdverlies tussen 2008 en 2010*

We zagen al eerder dat na een jarenlange groei het reistijdverlies in 2009 afnam, om in 2010 weer toe te nemen. De kredietcrisis in 2008 en 2009 leidde tot minder verkeer en daardoor tot minder reistijdverlies op veel plaatsen en tijden. De extra rijstroken (spits- en plusstroken en wegverbredingen) die tussen 2008 en 2010 in gebruik zijn genomen, leidden in die periode tot een afname van het reistijdverlies met circa 5 procent. Dit is in het bijzonder zichtbaar op stukken van de A2 tussen Amsterdam en Eindhoven. Anderzijds kunnen de afname van het verkeer en de wegwitbreidingen tot nieuw verkeer ('terug-naar-de-spits') hebben geleid, waardoor het reistijdverlies op bepaalde plaatsen en tijden weer is toegenomen. Mogelijk hangt de plotselinge afname in 2010 van het treingebruik op de verbindingen tussen Amsterdam en Eindhoven, parallel aan de verbeterde A2, hiermee samen (figuur 2.5)<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Op de stations die in het invloedsgebied van de A2 liggen, nam het treingebruik over de periode 2000-2009 meer toe dan in de rest van Nederland. Dit hangt samen met de toename van het aantal treinen per uur, de bovengemiddelde economische groei in de centra langs de corridor en verkeershinder op de A2 in deze periode (Savelberg et al., 2011).

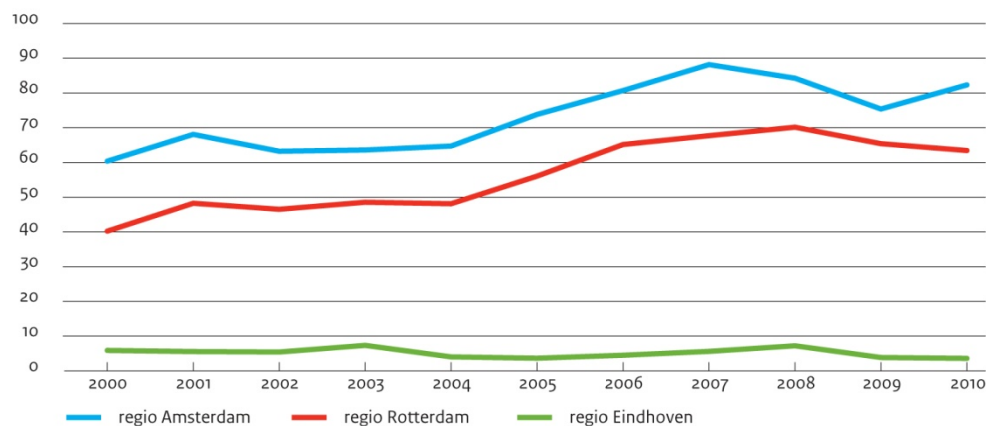
**Figuur 2.5**  
 Ontwikkeling aantal in/uitstappers trein in corridor A2.  
 Index 2000 = 100.  
 Bron: KIM, o.b.v. data NS



*Afwijkende ontwikkeling reistijdverlies in de drie economische kerngebieden*  
 De Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR; ministerie van IenM, 2011) onderscheidt drie economische kerngebieden: Amsterdam, Rotterdam en Eindhoven. De regio Amsterdam (ook wel aangeduid als Noordvleugel) omvat de snelwegen rond Amsterdam inclusief de mainport Schiphol, de greenports Aalsmeer en Bollenstreek en de relaties met de provincie Utrecht, met IJmuiden en Zaanstad. De regio Rotterdam (Zuidvleugel) omvat de snelwegen rond Rotterdam en Den Haag, en komt ongeveer overeen met de provincie Zuid-Holland. De regio Eindhoven omvat de snelwegen rond Eindhoven tot op een afstand van ongeveer 20 kilometer.

In de regio Amsterdam is het reistijdverlies het grootst: ongeveer een derde van het totaal voor het hele hoofdwegennet. Figuur 2.6 laat zien dat het aantal uren reistijdverlies in de regio Amsterdam tussen 2000 en 2010 even sterk toenam als in de regio Rotterdam. De regio Amsterdam lijkt in 2009 en 2010 sterker te reageren op de kredietcrisis dan de regio Rotterdam; het reistijdverlies nam er sterker af. De toename in 2010 in de regio Amsterdam hangt mogelijk samen met het economisch herstel. Het reistijdverlies in de regio Eindhoven is veel kleiner dan in de beide andere regio's.

**Figuur 2.6**  
 Ontwikkeling reistijdverlies in de drie economische kerngebieden, 2000-2010. Werkdaggemiddelde \* 1000. Het cijfer 2009 in Eindhoven is een onderschatting door ontbrekende data.  
 Bron: DVS.



De figuren 2.7, 2.8 en 2.9 geven een globale verklaring voor de ontwikkeling van het reistijdverlies in de drie economische kerngebieden. De mate waarin de drie regio's verschillen in het niveau van het reistijdverlies, is in de figuren verwerkt in de hoogte van de zwarte kolommen. Nader validatie-onderzoek is nodig om de effecten van de maatregelen preciezer vast te kunnen stellen.

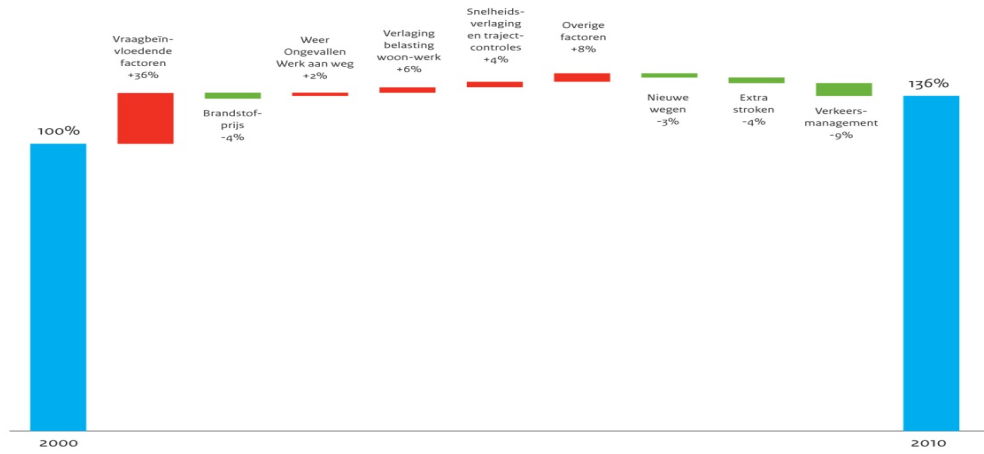
Het effect van extra stroken en nieuwe wegen is in de regio Amsterdam en Eindhoven groter dan in de regio Rotterdam. Dat komt doordat in deze regio's in de periode 2000-2010 meer nieuwe stroken en wegen gerealiseerd zijn dan in de Rotterdamse regio. In de regio Eindhoven zijn in 2004 en in 2010 veel extra stroken gerealiseerd en is in 2006 de A50 in gebruik genomen<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> De analyse voor Eindhoven is mogelijk enigszins vertekend door incomplete data.

**Figuur 2.7**

Indicatieve verklaring van de ontwikkeling van reistijdverlies in de regio Amsterdam, 2000-2010.

Bron: KIM



**Figuur 2.8**

Indicatieve verklaring van de ontwikkeling van reistijdverlies in de regio Rotterdam, 2000-2010.

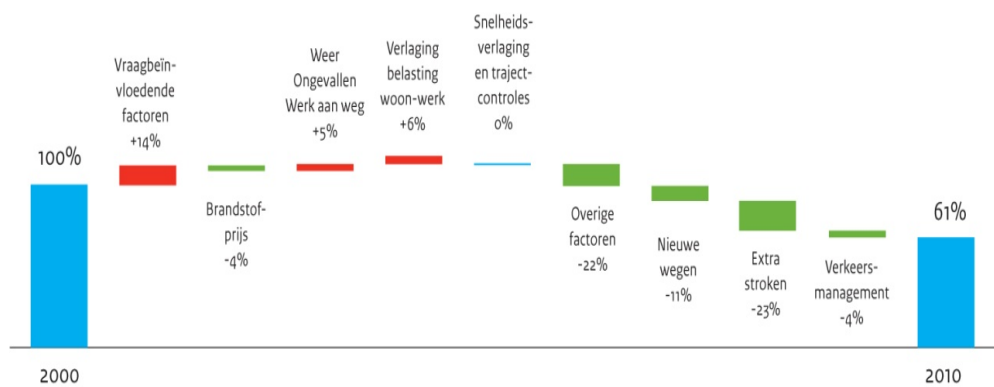
Bron: KIM



**Figuur 2.9**

Indicatieve verklaring van de ontwikkeling van reistijdverlies in de regio Eindhoven, 2000-2010.

Bron: KIM.





## 2.3

### Invloed van omgevingscondities op benutting

*Omgevingscondities bepalen de grootte van het effect*

Omgevingscondities kunnen er de oorzaak van zijn dat het effect van maatregelen om wegen beter te benutten (benuttingsmaatregelen) in een bepaalde situatie kleiner of groter is dan gemiddeld. Voorbeelden van deze omgevingscondities zijn kenmerken van het verkeer en kenmerken van de infrastructuur. In deze paragraaf



presenteren we, in aanvulling op de vorige paragraaf, de resultaten van onderzoek naar de effecten van toerit-doseerinstallaties (TDI's) en dynamische route-informatiepanelen (DRIP's) op het reistijdverlies en de invloed van omgevingscondities op die effecten. Inzicht in de omgevingscondities die bepalend zijn voor het effect van benuttingsmaatregelen, is een hulpmiddel om benuttingsmaatregelen effectiever en efficiënter dan nu mogelijk is te kunnen inzetten. Indien benuttingsmaatregelen in bepaalde condities niet effectief of juist heel effectief zijn, kan besloten worden om deze maatregelen in die situaties niet of juist wel in te zetten. Figuur 2.10 laat zien dat de doorwerking van kennis over het effect van condities in twee stappen verloopt: eerst in de afweging van in te zetten maatregelen, daarna in de feitelijke doorwerking op het reistijdverlies.

**Figuur 2.10**

Invloed van condities op het effect van benutting.

Bron: KIM.

*De condities van benuttingsmaatregelen zijn in theorie de volgende:*

- 1) kenmerken van de weginfrastructuur en de structuur van het netwerk (bijv. aantal stroken, fijnmazigheid, wel of niet nabij grote steden, wel of geen alternatief);*
- 2) kenmerken van het verkeer (bijv. veel of weinig verkeer nabij de maatregel, kleine of grote schommelingen, aandeel vrachtverkeer, het aanwezig zijn van een bottleneck nabij de locatie van de maatregel);*
- 3) kenmerken van de maatregel (bijv. bermDRIP of portaalDRIP);*
- 4) de introductie van andere maatregelen (bijv. benutting met of zonder bouwen);*
- 5) de vormgeving van de maatregel (bijv. het criterium op basis waarvan de toerit-doseerinstallatie in werking treedt); en*
- 6) tijdstipafhankelijke factoren (bijv. weersomstandigheden, verkeersongevallen, wegwerkzaamheden).*

*Beschikbare kennis nog niet empirisch getoetst*

Een actueel overzicht van de huidige kennis van zowel ex-ante- als ex-postevaluatiemethoden ten behoeve van een verantwoorde kosten-batenanalyse voor de inzet van benuttingsmaatregelen staat in het rapport *Beleidsafweging systematiek Benutten* (BAS; MuConsult, 2011). Het rapport beschrijft circa 250 evaluatierapporten en workshops met experts van benuttingsmaatregelen. Onderstaand kader biedt een samenvatting van de kennis die experts van BAS hebben over het effect van omgevingscondities op de werking van toerit-doseerinstallaties en dynamische route-informatiesystemen.

## Effecten volgens BAS

### Toerit-doseerinstallaties (TDI)

Bij een bepaalde intensiteit en snelheid van het verkeer op de hoofdrijbaan treedt op de oprit tot de snelweg een verkeerslicht in werking. Dit verkeerslicht doseert de verkeersstroom op de oprit om het verkeer op de hoofdrijbaan vooral voor, maar ook achter, de oprit beter te laten doorstromen.

Effecten TDI volgens experts (BAS):

- Toename capaciteit hoofdrijbaan en oprit gemiddeld 2-3 procent, maximaal 4-5 procent;
- Afname reistijdverlies 4-6 procent, maximaal 10 procent;
- Effecten van TDI's worden gereduceerd door bottlenecks verderop en een wachtrij op de toerit.

### Dynamisch route-informatiesysteem (DRIP)

Een DRIP geeft de weggebruiker informatie over routes opdat deze zijn route kan aanpassen. Het type informatie verschilt per DRIP en per tijdstip. Het reistijdverlies kan afnemen als minder voertuigen de drukste routes gebruiken.

Effecten DRIP volgens experts (BAS):

- Gemiddeld 4-12 procent van de verkeersstroom past de routekeuze aan;
- Forse afnamen van reistijdverlies bij stedelijke ringen en keuzepunten op verbindende wegen met hoge verkeersvolumes en gelijkwaardige routes.

## Methode om effecten van omgevingscondities vast te stellen

### *Effect op reistijdverlies*

In de periode 2000-2010 zijn veel toerit-doseerinstallaties (TDI's) en dynamische route-informatiepanelen (DRIP's) in gebruik genomen. De effecten hiervan op het reistijdverlies zijn op dezelfde wijze vastgesteld als bij de verklaring van de ontwikkeling van het reistijdverlies (paragraaf 2.2). De verkeersgegevens komen van detectielussen in het wegdek van het hoofdwegennet. Hieraan zijn per wegvak per maand andere gegevens gekoppeld: over ongevallen, wegwerkzaamheden, weersomstandigheden, capaciteit van het wegvak en maatregelen die in die periode in werking getreden zijn. Met deze gegevens zijn regressieanalyses uitgevoerd. Met deze regressieanalyses kon de verandering in reistijdverlies na introductie van de DRIP's en TDI's worden vastgesteld ten opzichte van de periode ervoor. Hierbij is gecontroleerd voor de mogelijke invloed van andere factoren zoals de verkeersomvang en de capaciteit per wegvak.

### *Invloedsgebied*

Om het invloedsgebied van TDI's en DRIP's te bepalen zijn voor de periode 2000-2008 regressieanalyses uitgevoerd op hoofdwegen tot 10 respectievelijk 20 kilometer voor en achter de wegvakken waarop de maatregelen zijn geplaatst; op kruisende wegen is dit gedaan tot 10 kilometer (Olde Kalter et al., 2010). Op basis van deze analyses zijn vervolgens regressieanalyses uitgevoerd voor de periode 2000-2010 op de hoofdwegen tot 3 respectievelijk 10 kilometer voor en achter de wegvakken met de maatregelen. Deze regressieanalyses leiden tot de constatering dat TDI's op het wegvak met de maatregel en de 3 kilometer daarvoor significante effecten hebben op het reistijdverlies en dat DRIP's significante effecten hebben op het wegvak met de maatregel, 5 kilometer ervoor en 10 kilometer erachter.

*Effect op capaciteit*

Het effect van de maatregelen op de capaciteit is afgeleid uit de relatie tussen verkeersomvang en reistijdverlies die is waargenomen op het hoofdwegennet in de periode 2000-2010 (bijlage E). Bij DRIP's gaat het eigenlijk niet om een effect op de capaciteit, maar om een betere benutting van de capaciteit, waardoor het reistijdverlies afneemt.

*Technisch rapport*

Het technisch rapport *Invloed van omgevingscondities op benutting* is als aparte digitale bijlage bij dit achtergronddocument beschikbaar op [www.kimnet.nl](http://www.kimnet.nl).

*Het gemiddelde effect van TDI's en DRIP's*

Uit de regressieanalyse blijkt dat het gemiddelde effect van toerit-doseerinstallaties op reistijdverlies en capaciteit in het gebied waarin de installaties invloed hebben, gemiddeld ongeveer even groot als de experts in BAS veronderstelden: circa 6 procent minder reistijdverlies en circa 2 procent meer capaciteit (tabel 2.5). Ook de maximale effecten zijn even groot als verondersteld: ongeveer 10 procent minder reistijdverlies en 5 procent meer capaciteit.

Het gemiddelde effect van dynamische route-informatiepanelen op reistijdverlies in hun invloedsgebied, blijkt eveneens in de lijn te liggen van de globale veronderstelling van de experts in BAS. Per maatregel leveren deze gemiddeld circa 5 procent minder reistijdverlies in het invloedsgebied op en circa 2 procent betere benutting van de capaciteit. Het maximale effect van de dynamische route-informatiepanelen is circa 10 procent minder reistijdverlies en 5 procent meer benutting van de capaciteit.

**Tabel 2.5**  
Gemiddelde effect van TDI's en DRIP's op het hoofdwegennet.  
*Bron: KiM.*

	Experts (BAS)		Regressieanalyse		Conclusie
	Gemiddeld	Maximum	Gemiddeld	Maximum	
Effect TDI's op reistijdverlies	-4% tot -6%	-10%	-6%	-10%	Gemiddeld en maximaal effect even groot als experts veronderstellen
Effect TDI's op capaciteit	+2% tot +3%	+4% tot +5%	+2%	+5%	
Effect DRIP's op reistijdverlies	Forse afnamen reistijdverlies bij stedelijke ringen en strategische keuzepunten met veel verkeer en gelijkwaardige routes		-5%	-10%	Geconstateerde effecten liggen in lijn met veronderstelling
Effect DRIP's op benutting van capaciteit	4% tot 12% past route aan		+2%	+5%	

*Het effect van omgevingscondities*

Uit de regressieanalyses volgt dat de volgende omgevingscondities van invloed zijn op de omvang van het effect van toerit-doseerinstallaties en dynamische route-informatiepanelen (tabel 2.6).

*1) Gemiddelde van en variatie in de hoeveelheid verkeer<sup>7</sup>*

\* TDI's en DRIP's hebben geen of weinig effect indien zij geplaatst worden op locaties met relatief weinig verkeer ( $I/C < 0,4$ ). Zij hebben daarentegen een groot effect als er relatief veel verkeer is ( $I/C > 0,6$ ). Is er sprake van een grote variatie in de hoeveelheid verkeer, dan is het effect van dynamische route-informatiepanelen middelgroot.

\* Naarmate er meer verkeer is, ligt de afname van het reistijdverlies meer stroomopwaarts. Bij weinig verkeer is het effect tot circa 1 kilometer voor de TDI het grootst. Bij veel verkeer is het reistijdverlies tot circa 1 kilometer voor de TDI ongeveer even groot als in de situatie met weinig verkeer, maar is het effect tussen 1 en 3 kilometer voor de TDI het grootst. Doordat de hoeveelheid verkeer ter hoogte van de TDI de maximale capaciteit van de weg nadert, verschuift het effect. Bij de DRIP's is ook het effect stroomafwaarts afhankelijk van de hoeveelheid verkeer. Op wegen met meestal veel verkeer is er een relatief groot effect van DRIP's op de hoofdrijbaan tot circa 5 kilometer voor de DRIP en van 5 tot 10 kilometer erachter.

*2) De locatie van de DRIP.*

DRIP's nabij de stedelijke ringen van Amsterdam en Rotterdam hebben een kleiner effect dan DRIP's op verbindende hoofdwegen. Dit hangt samen met de locatie van de DRIP. Bij de ringen staan relatief veel DRIP's en is het netwerk sterk vertakt. Op de doorgaande weg van 5 tot 10 kilometer achter de DRIP op de ringen is er geen effect op reistijdverlies. Het effect van deze DRIP's wordt waarschijnlijk verminderd door verkeersstromen van andere aansluitingen. Op hoofdwegen tussen de steden met minder op- en afritten ('verbindende hoofdwegen') wordt het effect wellicht minder verstoord door deze andere verkeersstromen. Bij de ringen staan vaker BermDRIP's met een grafische weergave van de locatie van filevorming; op verbindende wegen staan vaker verwachte reistijden op routes. Verondersteld wordt dat het verschil in type DRIP niet bepalend is voor het verschil in effect op het reistijdverlies, maar de locatie wel.

*3) Bottlenecks verderop.*

Statistisch significante toenames van verkeer op hoofdwegen achter de TDI's en DRIP's kunnen een signaal zijn dat bottlenecks op hoofdwegen verderop het effect van TDI's en DRIP's op het reistijdverlies doen afnemen.

<sup>7</sup> De term 'hoeveelheid verkeer' ( $I/C$ ) duidt de verhouding aan tussen de intensiteit van het verkeer ten opzichte van de capaciteit.  $I$  en  $C$  worden uitgedrukt in het aantal voertuigen per uur in het invloedsgebied in 2010. De variatie in de hoeveelheid verkeer is de standaardafwijking van de  $I/C$  op werkdagen in 2010.

*Toepassing in beleid*

De in tabel 2.5 en 2.6 gepresenteerde resultaten kunnen worden gebruikt om de verwachte effecten van maatregelen te bepalen (ex-ante-evaluaties). Bijvoorbeeld voor het gebruik van het Landelijk Model Systeem (LMS), het Nederlands Regionaal Model (NRM) en de Regionale BenuttingVerkenner (RBV). Omdat er alleen gegevens beschikbaar zijn van hoofdwegen, kan het effect van toerit-doseerinstallaties op het hele wegennet kleiner zijn.

**Tabel 2.6**

Effect van condities op reistijdverlies (VVU) en (benutting) capaciteit (cap) van TDI's en DRIP's op het hoofdwegennet.

Bron: *KiM*.

	<b>Experts (BAS)</b>	<b>Regressieanalyse</b>	<b>Conclusie</b>	
		Conditie	Effect in invloedsgebied <sup>8</sup>	
TDI	<b>Bottlenecks</b>		Bevestigd	
	verderop kunnen effect reduceren		Bottlenecks verderop kunnen effect reduceren	
	<b>Wachtrij op toerit</b> kan effect reduceren		Onvoldoende informatie om dit te toetsen	
	Effect kleiner bij minder <b>verkeer</b>	<b>Weinig</b> verkeer <sup>9</sup> (I/C < 0,4)	VVU: 0% CAP: 0%	Geen effect op wegen met relatief weinig verkeer
		<b>Gemiddeld</b> verkeer (0,4 < I/C < 0,6)	VVU: -5% CAP: +2%	Hoe meer verkeer, des te meer effect
		<b>Veel</b> verkeer (I/C > 0,6)	VVU: -10% CAP: +4%	
DRIP's	Effect kleiner bij minder <b>verkeer</b>	Meestal <b>weinig</b> verkeer (I/C < 0,5) <sup>10</sup>	VVU: -2% CAP: +1%	Meestal weinig verkeer dan klein effect
		<b>Veel variatie</b> in hoeveelheid verkeer	VVU: -5% CAP: +2%	Bij veel variatie in verkeer middelgroot effect
		Meestal <b>veel</b> verkeer (I/C > 0,5)	VVU: -10% CAP: +4%	Meestal veel verkeer dan groot effect
	Forse afnamen reistijdverlies bij <b>stedelijke ringen en strategische keuzepunten</b> met veel verkeer en gelijkwaardige routes	BermDRIP's bij <b>ring</b> Amsterdam en Rotterdam	VVU: -7% CAP: +3%	Klein effect van bermDRIP's bij ringen
		PortaalDRIP's bij <b>verbindingswegen</b>	VVU: -10% CAP: +4%	Groot effect op verbindingswegen

<sup>8</sup> De effecten zijn van toepassing op het invloedsgebied. Dit is bij TDI's op het wegvak met de TDI en de wegvakken tot drie kilometer daarvoor. Bij PortaalDRIP's op het wegvak met de DRIP en tot 5 kilometer daarvoor en tot 10 kilometer daarachter. Bij de BermDRIP's is het effect op het wegvak met de DRIP en tot 5 kilometer daarvoor en tot 5 kilometer daarachter.

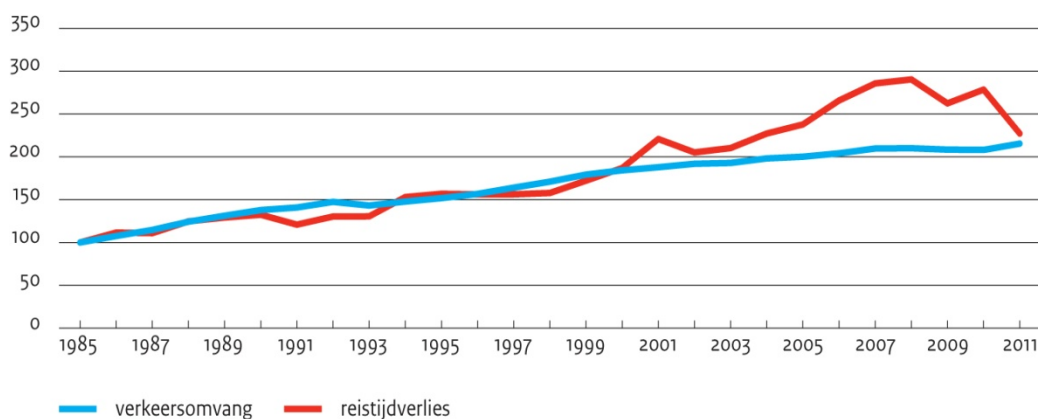
<sup>9</sup> De term 'hoeveelheid verkeer' (IC) duidt de gemiddelde verhouding aan tussen de intensiteit van het verkeer ten opzichte van de capaciteit uitgedrukt in het aantal voertuigen per uur in het invloedsgebied in de spits in 2010.

<sup>10</sup> Weinig variatie is weinig verschil in intensiteit ten opzichte van capaciteit tussen de werkdagen. De standaardafwijking van de IC per werkdag in 2010 is dan kleiner dan 0,2. Indien de standaardafwijking groter is dan 0,2 is er veel variatie.

## 2.4 Samenhang tussen reistijdverlies en verkeersomvang

Tot 2000 liep het reistijdverlies op nationaal niveau in grote lijnen gelijk op met de verkeersomvang. Van 2000 tot en met 2008 veranderde dit patroon: het reistijdverlies op het hele hoofdwegenet nam sterker toe dan de verkeersomvang (figuur 2.11). Van 2008 tot en met 2011 laat de ontwikkeling van het reistijdverlies een wisselend beeld zien: een afname in 2009 (-10%), een toename (+6%) in 2010 en in 2011 weer een afname (-18,5%). Deze schommelingen zijn des te opvallender omdat de verkeersomvang in 2009 en 2010 ongeveer gelijk bleef en in 2011 weer toenam (3,5%). De afname in reistijdverlies in 2008 en de toename in 2009 vonden vooral plaats op de snelwegen rond Amsterdam en Utrecht tijdens de spits. In 2010 is het patroon minder duidelijk (tabel 2.2). Hoe kan deze onverwachte (statistische) samenhang tussen verkeersomvang en reistijdverlies op het wegennet in de laatste jaren (causaal) verklaard worden?

**Figuur 2.11**  
Ontwikkeling  
verkeersomvang en  
reistijdverlies via het  
hoofdwegenet, 1985-2011.  
Index: 1985 = 100.  
Bron: DVS.



De verklaring voor dit sterk wisselende verband tussen verkeersprestatie en congestieniveau is dat het gebruik van het wegennet in de periode 2003-2008 op bepaalde plaatsen en tijden toenam en rond de maximale capaciteit schommelde. Een kleine verandering in de lokale omvang van het verkeer of in de verdeling hiervan over tijd en ruimte leidt dan tot grote schommelingen in reistijdverlies. Tegelijkertijd verminderde op die plaatsen en tijden de capaciteit en de verkeersomvang. De toename van het woon-werkverkeer in de periode 2000-2008 (29% meer afgelegde autokilometers) was de belangrijkste reden waarom de verkeersintensiteit in de spitsperiodes op bepaalde wegen de beschikbare capaciteit naderde of overschreed. Daarnaast hebben de gerealiseerde beleidsmaatregelen, zoals wegwitbreidingen, op bepaalde plaatsen en tijden geleid tot een afname van het reistijdverlies en daarmee tot een toename van het verkeer.

Al met al is de laatste jaren geen sprake meer van een stabiel verband tussen de landelijke ontwikkeling van de verkeersomvang en het reistijdverlies. Eerdere vuistregels om de landelijke ontwikkeling van het reistijdverlies op basis van een vaste verhouding eenvoudig af te leiden uit de ontwikkeling van de landelijke verkeersomvang, zijn dan ook niet meer bruikbaar.

Bijlage E gaat dieper in op de samenhang tussen reistijdverlies en verkeersomvang.



### 3 Onbetrouwbaarheid van de reistijd

- Van 2001 tot 2007 nam de onbetrouwbaarheid van de reistijd toe met circa 30 procent. Van 2007 tot en met 2009 was er sprake van een daling met 10 procent en in 2010 nam de onbetrouwbaarheid weer toe, met 6 procent. Daarmee was de omvang van de onbetrouwbaarheid op het hele hoofdwegennet in 2010 circa 74 miljoen uren. Dat is meer dan het aantal uren reistijdverlies in 2010 (64 miljoen uren).
- Extreme reistijden namen van 2001 tot 2010 minder toe dan de totale onbetrouwbaarheid. De omvang van deze extreme reistijden was in 2010 voor het totale hoofdwegennet 23 miljoen uur.
- De factoren die de ontwikkeling van de onbetrouwbaarheid van reistijd en van extreme reistijden beïnvloeden, hebben ongeveer dezelfde effecten op de factoren die van zijn invloed op het tijdverlies door files en vertragingen. Grootste uitzondering vormen de trajectcontroles, al dan niet gecombineerd met snelheidsverlagingen. Deze hebben wel geleid tot meer reistijdverlies, maar verminderden de onbetrouwbaarheid van de reistijd en extreme reistijden.

#### 3.1 Onbetrouwbaarheid van de reistijd gedefinieerd

##### *Onbetrouwbaarheid van reistijd*

De reiziger heeft niet alleen te maken met reistijdverliezen door files en vertragingen, maar ook met onbetrouwbaarheid van de reistijd. Onbetrouwbaarheid definiëren we in dit rapport, conform aanbeveling van de OECD (2010), als de mate waarin de reistijd langer of korter is dan de reistijd die de reiziger vooraf verwacht (figuur 3.1). Deze definitie omvat zowel de structurele, dagelijkse variaties als de incidentele kleine en grote verstoringen. De betrouwbaarheid van de reistijd kan verbeterd worden door variaties in de werkelijke reistijd te vermijden en door de verwachte reistijd bij te stellen.

De maat waarin de onbetrouwbaarheid kan worden uitgedrukt, is de standaardafwijking (SA) van de verdeling van reistijden, in minuten. Deze maat drukt de spreiding uit in de reistijd voor de gebruikers. Het voordeel van deze maat is dat hij alle variatie in reistijd tot uitdrukking brengt. Andere gangbare maten (OECD, 2010; zie verderop) hebben veelal betrekking op extreme reistijden, specifieke karakteristieken van de verdeling van reistijden of zijn moeilijker te interpreteren.

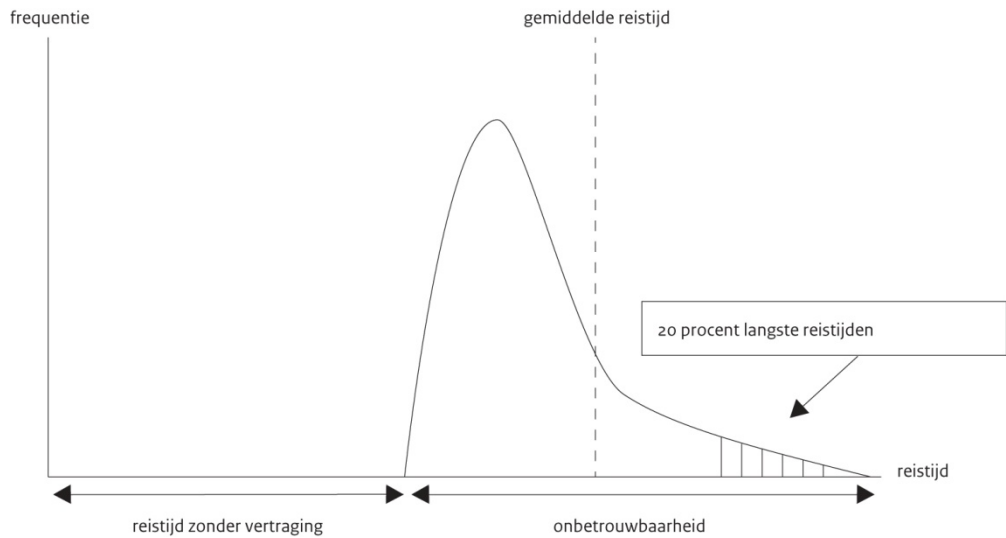
##### *Extreme reistijden bij onvoldoende robuustheid*

Een deel van de onbetrouwbaarheid van de reistijd heeft betrekking op extreme reistijden. Dergelijke extreme reistijden kunnen het gevolg zijn van incidenten zoals ongevallen en extreem weer, maar ook van incidenteel extreem veel verkeer. Het netwerk blijkt in zo'n situatie onvoldoende robuust te zijn. Vanuit het perspectief van de reiziger vatten wij robuustheid op als de mate waarin extreme reistijden worden voorkomen (Korteweg & Rienstra, 2010). De extra reistijd die ontstaat door een gebrek aan robuustheid, is daarmee te beschouwen als een onderdeel van de betrouwbaarheid van de reistijd. Uitgaande van de reistijdverdeling zoals



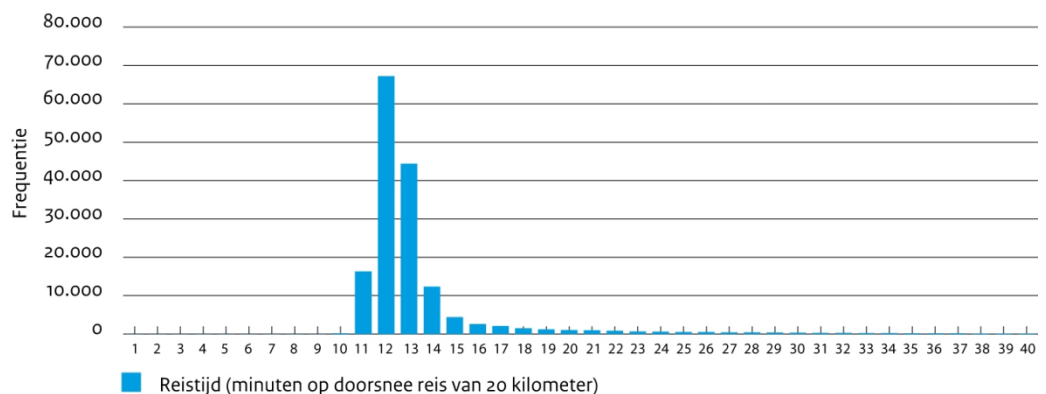
weergegeven in figuur 3.1, benaderen we dit fenomeen door te kiezen voor de 20 procent langste reistijden (DVS, 2011b).

**Figuur 3.1**  
Schematische weergave van de onbetrouwbaarheid van de reistijd.  
Bron: OECD (2010); bewerking KiM.



De werkelijke verdeling van de reistijd op de trajecten op het hoofdwegennet in een willekeurige maand (januari 2009) is weergegeven in figuur 3.2. Hierbij zijn zowel reistijden in de spits als in de daluren meegenomen. In de figuur is goed te zien dat de verdeling 'scheef naar rechts' is: meestal is de reistijd niet veel langer of korter dan de meest voorkomende reistijd en er is een afnemende kans op extreem lange reistijden.

**Figuur 3.2**  
Verdeling van de reistijd en onbetrouwbaarheid (spreiding) van de reistijd<sup>11</sup> op het (bemeten) hoofdwegennet op werkdagen in januari 2009 uitgaande van een gemiddelde ritafstand van 20 kilometer.  
Bron: KiM.



<sup>11</sup> De reistijd is gemeten in minuten per kilometer. Om een beeld te krijgen van de reistijd van een doorsnee-reis, is de reistijd hier uitgedrukt in de tijd die nodig is om een afstand van 20 kilometer op het hoofdwegennet af te leggen. De afgelegde afstand van 20 kilometer is als voorbeeld gekozen, omdat dit ongeveer de meest voorkomende afstand is op het hoofdwegennet. De gemiddelde reistijd van circa 13 minuten voor een afstand van 20 kilometer komt ongeveer overeen met een snelheid van 92 km/uur.

*Indicatoren voor de onbetrouwbaarheid van de reistijd*

Voor het meten en verklaren van de totale onbetrouwbaarheid van de reistijd kiezen we in dit hoofdstuk voor de standaardafwijking; voor het meten en verklaren van de extreme reistijden kiezen we de reistijd boven het 80<sup>e</sup> percentiel. Om het inzicht in de extreme reistijden te verdiepen bieden we in dit hoofdstuk daarnaast enkele andere indicatoren: de ontwikkeling van de reistijd boven het 90<sup>e</sup> percentiel en de kans op extreem lange reistijden op delen van het netwerk. We hebben deze keuzen gemaakt op basis van onderzoek van de OECD (2010) en de VS (SHRP 2, 2011) naar de bruikbaarheid van de verschillende indicatoren voor onbetrouwbaarheid.

De OECD beveelt de standaardafwijking aan als maat voor de spreiding van reistijd. Beide rapporten noemen de bufferindex en het 95<sup>e</sup> percentiel van de reistijd (planningstijdindex) als maat voor de extreme reistijden. Het SHRP 2-rapport constateert dat de bufferindex niet alleen afhankelijk is van de extreme reistijden, maar ook van de gemiddelde reistijd. Het gevolg is dat de index omhoog kan gaan als de gemiddelde reistijd korter wordt. Om die reden acht het SHRP 2-rapport de bufferindex niet geschikt als primaire indicator voor betrouwbaarheid. Naast het 95<sup>e</sup> percentiel wordt het 80<sup>e</sup> percentiel van de reistijd voorgesteld als indicator voor extreme reistijden. Deze indicator zou gevoeliger zijn voor maatregelen en het effect van die maatregelen betrouwbaarder vaststellen dan indicatoren voor minder vaak voorkomende gebeurtenissen. Het SHRP 2-rapport noemt ook de kans op extreme reistijden als indicator voor onbetrouwbaarheid. De kans op extreme reistijden is de kans dat de reistijd boven een bepaalde grenswaarde komt; bijvoorbeeld onder een bepaalde gemiddelde snelheid.

**Standaardafwijking:** de afwijking van de werkelijke reistijd ten opzichte van de gemiddelde reistijd (figuur 3.1). Voordeel van deze maat is dat hij alle variatie in reistijd in gelijke mate tot uitdrukking brengt.

**Bufferindex:** de vertragingstijd waarmee de reiziger rekening houdt bij het plannen van de reis. Om deze vertragingstijd te bepalen wordt gekeken naar het verschil tussen het 95<sup>e</sup> percentiel en de gemiddelde reistijd (OECD, 2010) ten opzichte van de gemiddelde reistijd ((Pc95-M)/M). De buffertijd is dus het percentage extra reistijd dat de reiziger eerder zou moeten vertrekken ten opzichte van de gemiddelde reistijd om in 95 procent van de gevallen op tijd aan te komen.

**Het 80<sup>e</sup> of 90<sup>e</sup> percentiel van de reistijd:** de tijd die nodig is om in 80 of 90 procent van de gevallen op tijd aan te komen (SHRP 2, 2011). Deze maat is een variant op de planningstijdindex: de tijd die nodig is om in 95 procent van de gevallen op tijd te komen (OECD, 2010; SHRP 2, 2011).

**Extreme reistijd:** de reistijd boven het 80<sup>e</sup> of 90<sup>e</sup> percentiel van de reistijd (DVS, 2011b; SHRP 2, 2011).

**Kans op extreme reistijd ('probability of failure')**: de kans dat de reistijd boven een bepaalde grens komt. Dit duidt erop dat het netwerk op dat moment niet adequaat functioneert. Bijvoorbeeld het percentage reizen onder een bepaalde snelheid (SHRP, 2011).

*Operationele definitie van de onbetrouwbaarheid van de reistijd*

Om de onbetrouwbaarheid van de reistijd te kunnen bepalen is de spreiding van reistijden gemeten met behulp van detectielussen in het wegdek. Op gemiddeld ongeveer elke kilometer van het netwerk is de hoeveelheid verkeer en de snelheid daarvan gemeten; dit is per kwartier vastgelegd.

Met deze lusgegevens kan de mate van spreiding of de variatie in reistijden op verschillende manieren in een standaardafwijking worden uitgedrukt. Daarbij kan onderscheid worden gemaakt in variatie tussen de dagen, variatie tussen de kwartieren op een dag en variatie tussen de wegvakken. Op basis van beschrijvende en verklarende analyses (zie bijlage A voor een beschrijving) is de onbetrouwbaarheid van de reistijd gedefinieerd als de variatie in reistijd per wegvak en per kwartier van de dag tussen de werkdagen van elke kalendermaand, uitgedrukt in minuten (ontwikkeling) en in minuten per kilometer (verklaring). De standaardafwijking is dus berekend op basis van circa 20 waarnemingen per kwartier per maand en daarna opgehoogd op basis van de verkeersomvang. De keuze voor de standaardafwijking van de reistijd op werkdagen per kwartier per wegvak per maand heeft te maken met het feit dat de variatie tussen de dagen in een bepaalde periode het beste aansluit bij de ervaring van de reiziger (SHRP 2, 2011). De veronderstelling is dat de reiziger door ervaring of navigatie geïnformeerd is en de gemiddelde reistijd op dat wegvak en tijdstip van de dag kent en verwacht. De periode van een maand is mede gekozen, omdat het hierdoor mogelijk is het verschil in spreiding van de reistijd voor en na de realisatie van beleidsmaatregelen te bepalen.

#### *Operationele definitie van extreme reistijden*

Naast het begrip betrouwbaarheid in de zin van variatie in reistijd is het van belang te kijken naar het voorkomen van extreme reistijden voor de reiziger. Als de reiziger te maken heeft met extreme reistijden, kan verondersteld worden dat het netwerk 'kwetsbaar', of niet 'robuust', is voor bepaalde omstandigheden. Dit hoeft niet alleen het gevolg te zijn van incidenten zoals extreme weersomstandigheden en verkeersongevallen, maar kan ook optreden omdat er op een bepaalde plaats en een bepaald tijdstip relatief veel verkeer is. In dit rapport laten we het verschijnsel extreme reistijden op twee manieren zien. Ten eerste als het extra reistijdverlies dat optreedt bij de 20 en 10 procent langste reistijden op wegvakniveau en de oorzaken hiervan. Dit reistijdverlies is het reistijdverlies dat optreedt boven het 80<sup>e</sup> of 90<sup>e</sup> percentiel per kwartier van de werkdag per wegvak per maand. Ten tweede als de kans op lange reistijden op bepaalde tijden en delen van het netwerk.

Bij de wegvakbenadering is het uitgangspunt dat de reiziger alleen rekening houdt met de reistijd op de wegvakken waar hij op rijdt op dat tijdstip van de dag (kwartier) in die maand. De veronderstelling is dus dat hij regelmatig op de weg zit en de verkeerssituatie ter plaatse kent. Bij de netwerkbenadering is het uitgangspunt dat de reiziger te maken heeft met extreem lange reistijden op delen van het netwerk in de ochtendspits, de avondspits of tijdens de dalperiode. Beide benaderingen geven niet precies aan hoe de verstoringen voor de reizigers zijn, omdat elke reiziger een ander deel van het wegennet op een ander tijdstip gebruikt en derhalve een andere perceptie kan hebben van de verwachte reistijd. In beide gevallen gaat het om benaderingen van de werkelijkheid. Het KiM heeft een onderzoek in voorbereiding naar de manier waarop de reiziger de verwachte reistijd beleeft. Voordeel van de netwerkbenadering is dat deze inzicht geeft in de gevolgen voor de reiziger van het functioneren van delen van het netwerk. Voordeel van de wegvakbenadering is dat deze meer gedetailleerd inzicht geeft in de situatie per wegvak en dat het mogelijk is om te het locale effect van maatregelen op extreme reistijden te bepalen. Bovendien kan in tweede instantie geaggregeerd worden naar grotere delen van het netwerk. Om deze redenen kiezen wij voor de wegvakbenadering.

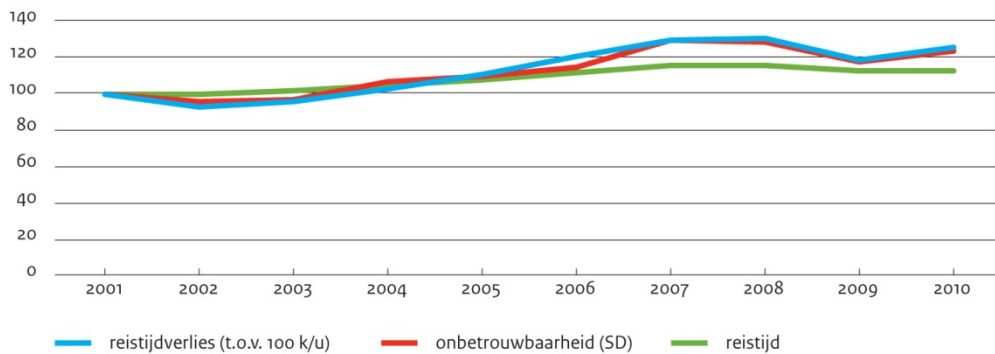
Bijlage A geeft een nadere beschrijving van de operationalisatie van de betrouwbaarheid.

### 3.2 Ontwikkeling van de onbetrouwbaarheid

#### Totale onbetrouwbaarheid

De ontwikkeling van de onbetrouwbaarheid van de reistijd komt vrijwel overeen met die van het reistijdverlies. De onbetrouwbaarheid van de reistijd uitgedrukt in de totale variatie in reistijd (standaardafwijking) is in de periode 2001-2010 toegenomen met 24 procent (figuur 3.3). Van 2001 tot en met 2007 nam de onbetrouwbaarheid met 30 procent toe. Van 2007 tot en met 2009 was er sprake van een daling met 10 procent en in 2010 nam de onbetrouwbaarheid weer toe, met 6 procent. De reistijd zelf is veel minder toegenomen en vertoont een veel gelijkmatiger ontwikkeling.

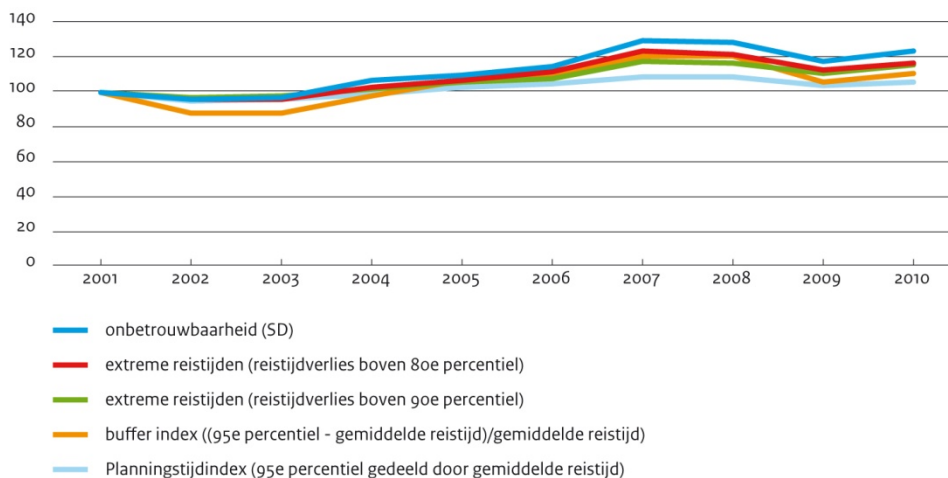
**Figuur 3.3**  
Ontwikkeling van indicatoren voor betrouwbaarheid, reistijd en reistijdverlies op het hoofdwegennet in de Randstad en omstreken.  
Bron: DVS (2010a), KIM.



#### Extreme reistijden

De extreme reistijden nemen minder toe dan de totale onbetrouwbaarheid (figuur 3.4). Meer extreme reistijden (boven 90<sup>e</sup> percentiel) nemen ook minder toe dan minder extreme reistijden (boven 80<sup>e</sup> percentiel), terwijl de automobilist het beeld heeft dat de extreme reistijden juist meer zijn toegenomen. Dit spoort met het psychologische principe dat extremen meer in het oog springen dan kleine afwijkingen.

**Figuur 3.4**  
Ontwikkeling van indicatoren voor onbetrouwbaarheid, kans op extreme reistijd, buffer index en planningstijdindex op het hoofdwegennet in de Randstad en omstreken.  
Bron: DVS (2010a), KIM.



*Samenhang tussen onbetrouwbaarheid op opeenvolgende wegvakken*

De onbetrouwbaarheid van de reistijd (standaardafwijking) en het reistijdverlies door extreme reistijden (80<sup>e</sup> en 90<sup>e</sup> percentiel) zijn berekend op wegvakniveau. In deze berekening is nog geen rekening gehouden met de samenhang tussen de onbetrouwbaarheid op opeenvolgende wegvakken. Evenzo is geen rekening gehouden met de samenhang tussen het reistijdverlies bij extreme reistijden op opeenvolgende wegvakken. Werkt de onbetrouwbaarheid op een bepaald wegvak door naar de ervoor en erachter gelegen wegvakken, dan is de onbetrouwbaarheid op trajecten groter dan op wegvakken. Leidt de onbetrouwbaarheid op een wegvak ertoe dat op de wegvakken ervoor en/of erachter minder verkeer en minder reistijdverlies ontstaat, dan is de onbetrouwbaarheid op trajecten kleiner dan op wegvakken.

Uit analyses naar de samenhang tussen de onbetrouwbaarheid op trajectniveau en de som van de onbetrouwbaarheid op de met het traject corresponderende wegvakken, blijkt dat de som van de onbetrouwbaarheid op wegvakniveau groter is dan de onbetrouwbaarheid op trajectniveau. Hetzelfde geldt voor het reistijdverlies door extreme reistijden: de som van het verlies door extreme reistijden op opeenvolgende wegvakken is groter dan het reistijdverlies door extreme reistijden op trajectniveau. Dit effect is groter bij betrouwbaarheid dan bij extreme reistijden. Bij de standaardafwijking is de onbetrouwbaarheid op het traject een factor 0,43 van de som van de onbetrouwbaarheid op de wegvakken; bij het reistijdverlies boven het 80<sup>e</sup> percentiel is deze factor 0,72.

*De omvang van de onbetrouwbaarheid*

De omvang van de onbetrouwbaarheid was in 2010 circa 74 miljoen<sup>12</sup>. Dit is het aantal uren dat voertuigen langer of korter rijden dan gemiddeld.

*Extreme reistijden per gebied*

Bij alle voorgaande indicatoren voor onbetrouwbaarheid ging het steeds om de onbetrouwbaarheid per wegvak. Tabel 3.1 laat zien hoe vaak in de periode 2001 tot 2009 de gemiddelde snelheid per regio in de spits tot onder een bepaald niveau daalde. Hierbij is rekening gehouden met verschillen in verkeersomvang. In de ochtendspits, van 6-10 uur, en in de avondspits, van 15-19 uur, in de Randstad lag de gemiddelde snelheid vaker onder dan boven de 80 km/uur. Extreme situaties waarin de gemiddelde snelheid in de ochtend- of avondspits onder de 55 km/uur lag, kwamen in de Randstad voor op 1 tot 5 procent van de werkdagen. Extreem is hier gedefinieerd als 'hooguit 1 op de 20 werkdagen' in de Randstadprovincies in de spits- of dalperioden. Buiten de Randstad kwamen deze extreme situaties voor op maximaal 1 op de 100 werkdagen. De kans op een lage snelheid is groter in de avondspits dan in de ochtendspits.

<sup>12</sup> Dit is de standaardafwijking van de rijtijd in minuten per kilometer van 0,218 x factor samenhang tussen wegvakken van 0,432 x correctie naar hele hoofdwegennet volgens expert guess Significance en KiM van 0,75 x verkeersomvang van 62.800 kilometer gedeeld door 60 (minuten) = 74 miljoen voertuiguren (zie ook paragraaf 3.7).

**Tabel 3.1**

Percentage werkdagen per jaar waarop de gemiddelde snelheid op hoofdwegen per regio onder een bepaald niveau komt, 2001-2009.

Bron: KIM.

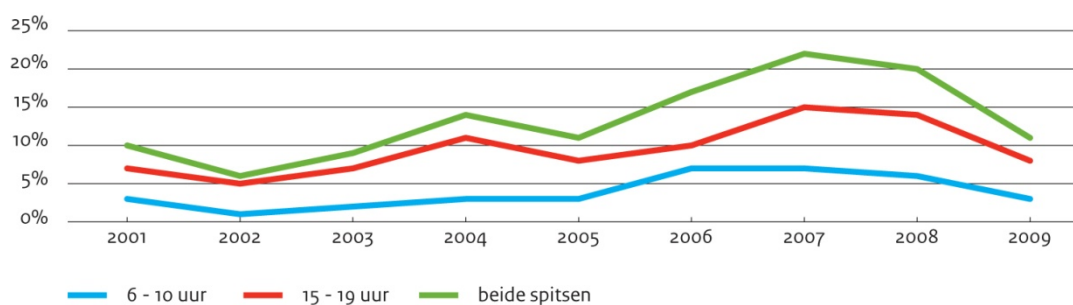
	Noord-Holland (incl. Flevoland)	Zuid- Holland	Utrecht	Gelderland	Noord- Brabant
<b>Ochtendspits 6-10 uur</b>					
< 80 km/uur	50%	49%	44%	29%	12%
< 60 km/uur	4%	5%	2%	3%	1%
< 55 km/uur	2%	2%	1%	1%	0%
< 51 km/uur	0%	1%	0%	0%	0%
<b>Avondspits 15-19 uur</b>					
< 80 km/uur	61%	65%	57%	23%	4%
< 60 km/uur	10%	8%	11%	1%	0%
< 55 km/uur	5%	2%	5%	0%	0%
< 51 km/uur	2%	1%	2%	0%	0%

De kans op extreme reistijden in 1 of meer van de 5 regio's in de spits was in de periode 2001-2005 circa 10-15 procent per jaar. In de periode 2006-2008 nam deze kans toe tot circa 20 procent per jaar en in 2009 daalde deze weer tot 11 procent per jaar (figuur 3.5).

**Figuur 3.5**

Percentage werkdagen per jaar waarop de gemiddelde snelheid in de spits op hoofdwegen in 1 of meer van 5 regio's onder 55 km/uur komt, 2001-2009.

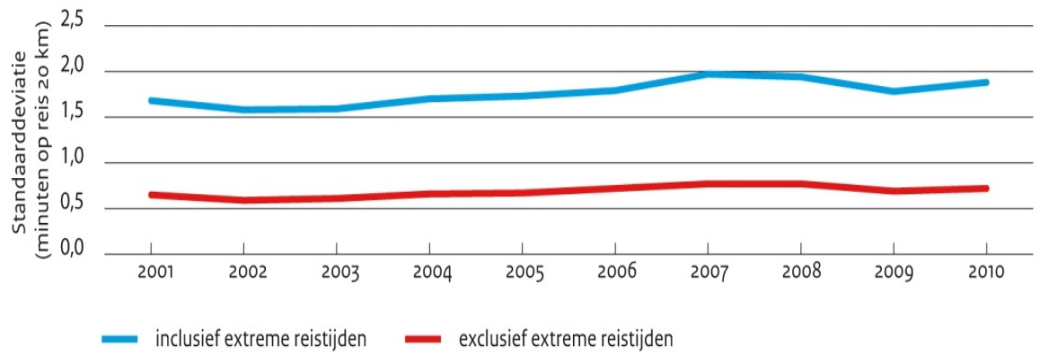
Bron: KIM.



### 3.3 Verband tussen onbetrouwbaarheid en extreme reistijden

Indien de extreme reistijden boven het 80<sup>e</sup> percentiel niet meegerekend worden, is de onbetrouwbaarheid uitgedrukt in de standaardafwijking circa 60 procent lager dan wanneer deze wel meegerekend worden (figuur 3.6). Inclusief de extreme reistijden is de onbetrouwbaarheid op een doorsneereis van 20 kilometer lengte circa 2 minuten. Zonder de extreme reistijden zou de onbetrouwbaarheid op een doorsneereis van 20 kilometer op het hoofdwegennet circa 0,8 minuten zijn. De bijdrage van de extreme reistijden aan de onbetrouwbaarheid is dus circa 60 procent.

**Figuur 3.6**  
Onbetrouwbaarheid van de reistijd uitgedrukt in de standaardafwijking, met en zonder extreme reistijden.  
*Bron: KIM.*



3.4

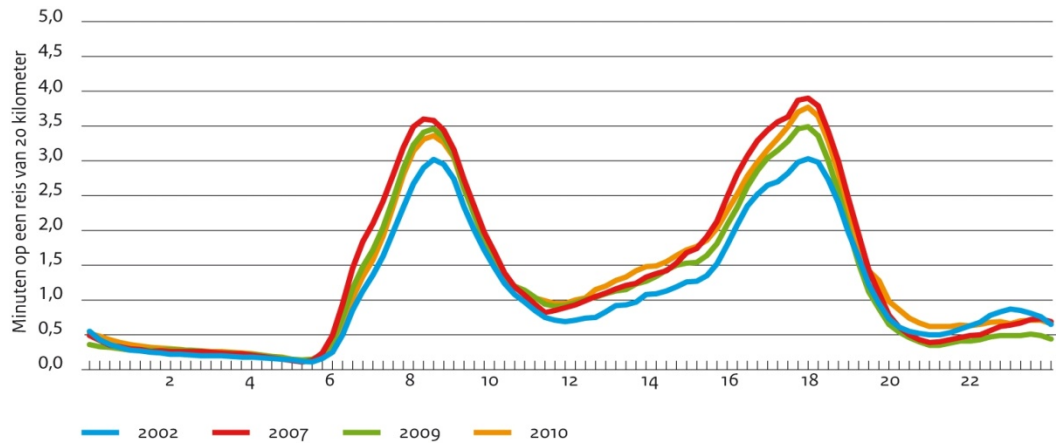
**Verschillen in onbetrouwbaarheid naar tijd en plaats**

De onbetrouwbaarheid van de reistijd verschilt behoorlijk naar tijd en plaats. Figuur 3.7 geeft de verschillen in onbetrouwbaarheid per tijdstip van de dag, uitgedrukt in de standaardafwijking. In de periode 2002 tot 2007 nam de onbetrouwbaarheid vooral toe in de aanloop naar de spitsperioden; in 2010 lag de onbetrouwbaarheid op een lager niveau dan in 2007. In 2010 is de spreiding in de daluren op een reis van 20 kilometer circa 0,5 minuten. Op het hoogtepunt van de spits rond 8.00 uur en rond 18.00 uur neemt de spreiding van een reis op het hoofdwegennet met een doorsnee-lengte van 20 kilometer toe tot circa 4 minuten ( de reistijd op een reis van 20 kilometer is gemiddeld circa 14 minuten)<sup>13</sup>. Kijken we naar de maanden van het jaar, dan blijkt dat de reistijd op het hoofdwegennet in de maanden oktober tot en met januari, maar soms ook in maart en mei, relatief onbetrouwbaar was (figuur 3.8).

**Figuur 3.7**

De onbetrouwbaarheid van de reistijd per kwartier van de dag op het hoofdwegennet in de Randstad en omstreken, uitgedrukt in de standaardafwijking.

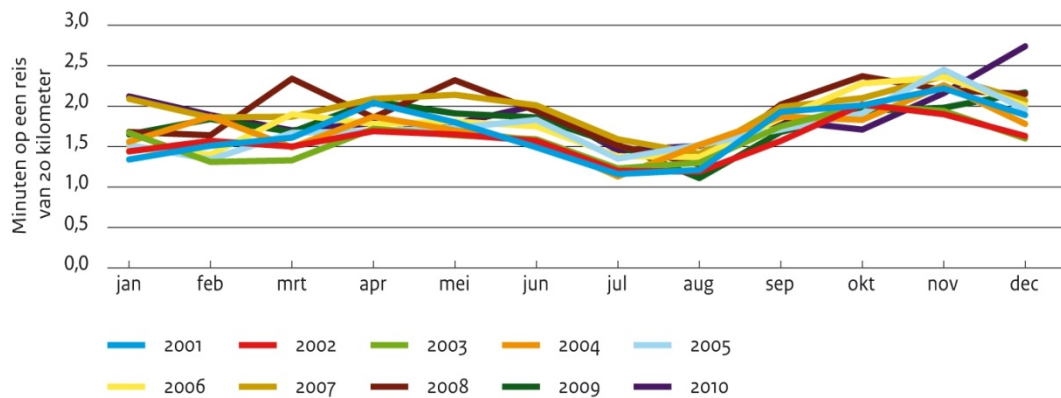
Bron: KIM.



**Figuur 3.8**

De onbetrouwbaarheid van de reistijd per maand op het hoofdwegennet in de Randstad en omstreken, uitgedrukt in de standaardafwijking.

Bron: KIM.



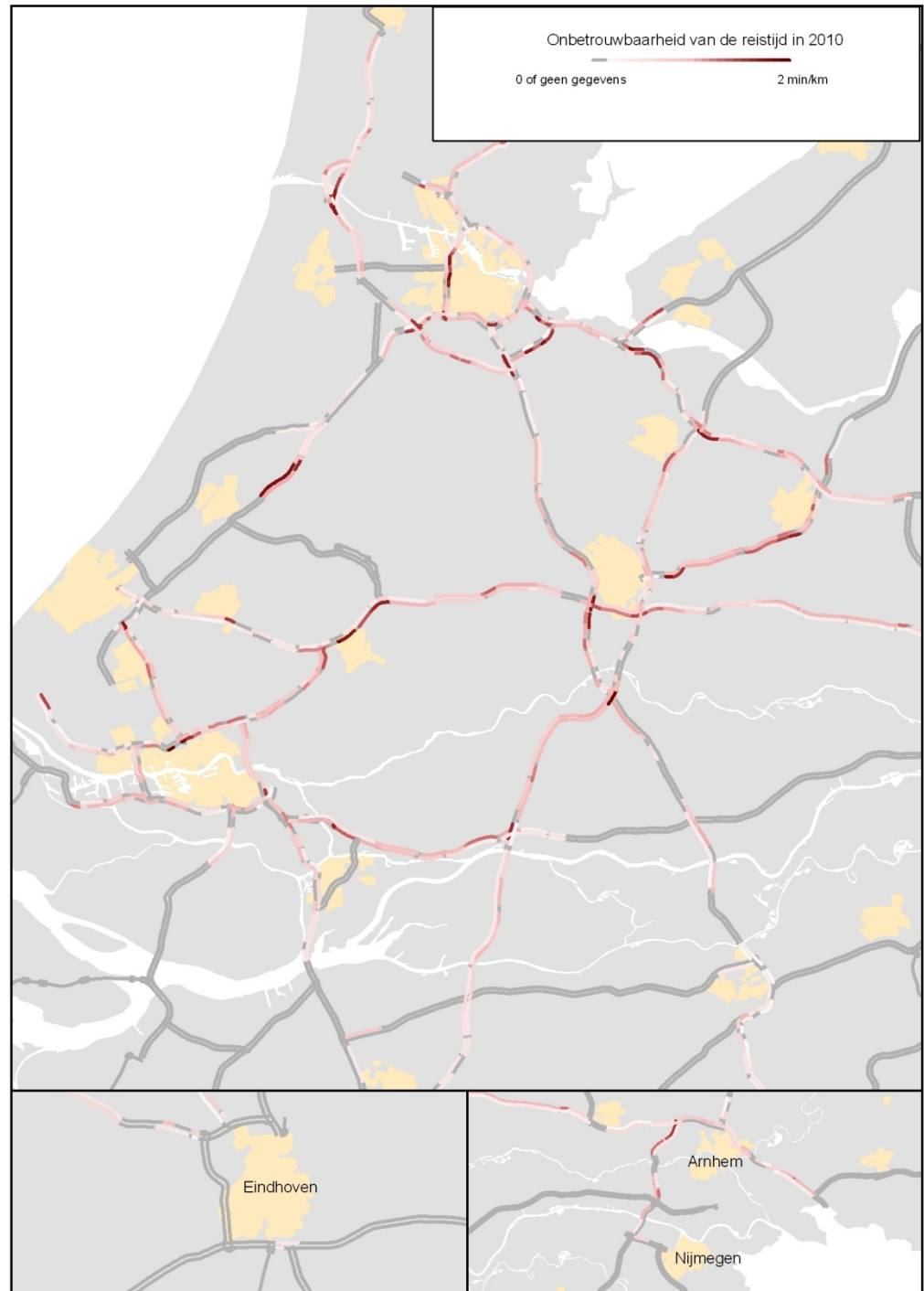
<sup>13</sup> De reistijd en onbetrouwbaarheid zijn gemeten in minuten per kilometer. Om de twee te kunnen vergelijken zijn reistijd en onbetrouwbaarheid uitgedrukt in de tijd die nodig is om een afstand van 20 kilometer op het hoofdwegennet af te leggen. De afgelegde afstand van 20 kilometer is als voorbeeld gekozen omdat dit ongeveer de meest voorkomende afstand is op het hoofdwegennet.



*Ruimtelijke spreiding*

Evenals het reistijdverlies concentreerde de onbetrouwbaarheid in 2010 zich vooral op bepaalde wegen van en naar de vier grote steden (figuur 3.9).

**Figuur 3.9**  
Onbetrouwbaarheid van de reistijd (spreiding in minuten per kilometer) op het hoofdwegenet in en rond de Randstad, 2010.  
Bron: KIM.

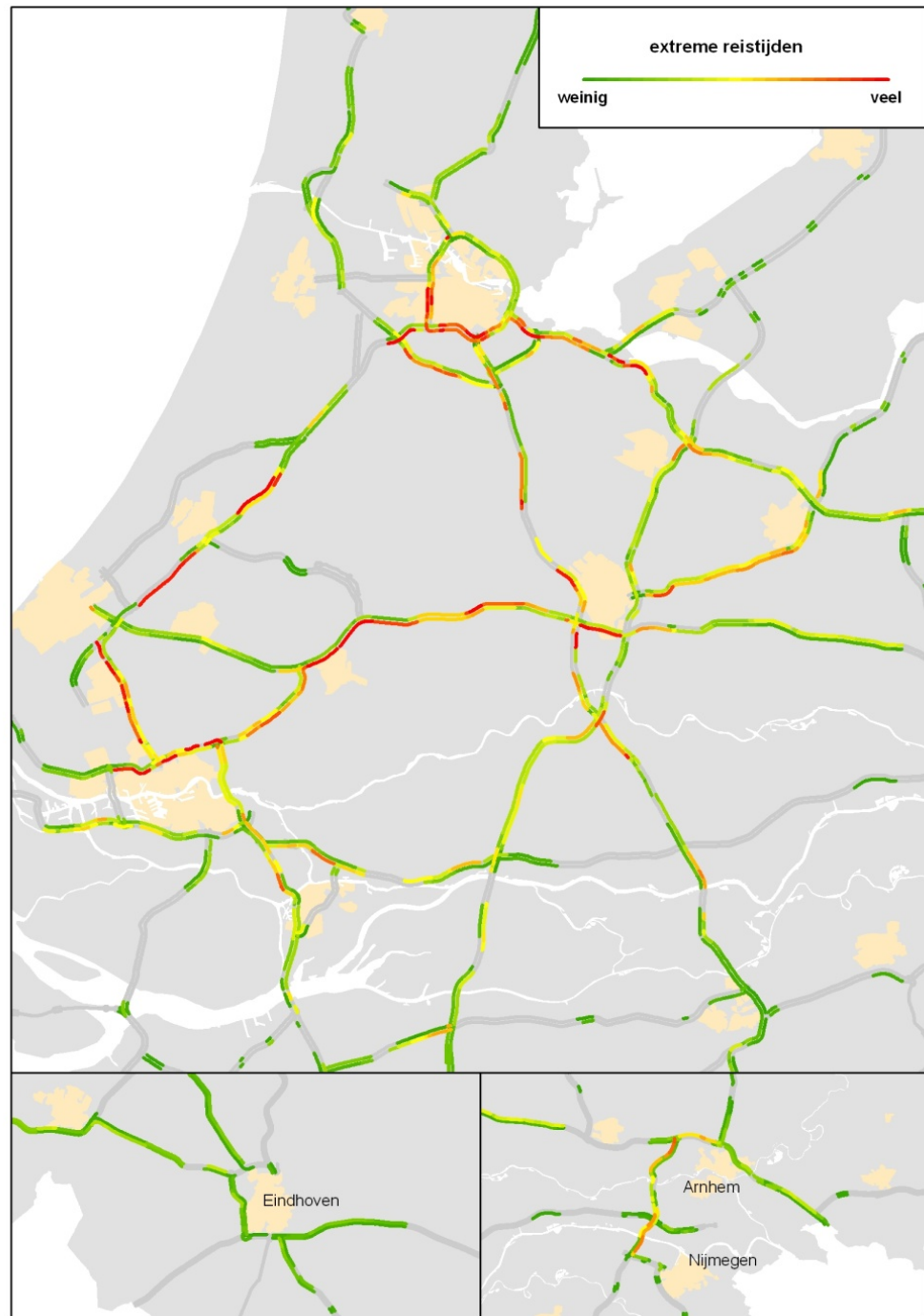


De ruimtelijke verdeling van de extreme reistijden (figuur 3.10) is vergelijkbaar met die van de onbetrouwbaarheid. Deze concentreert zich eveneens rond de vier grote steden.

**Figuur 3.10**

Mate van voorkomen van extreme reistijden op hoofdwegennet, 2010.

Bron: KIM.



### 3.5 Verklaring van de ontwikkeling van de rijtijd

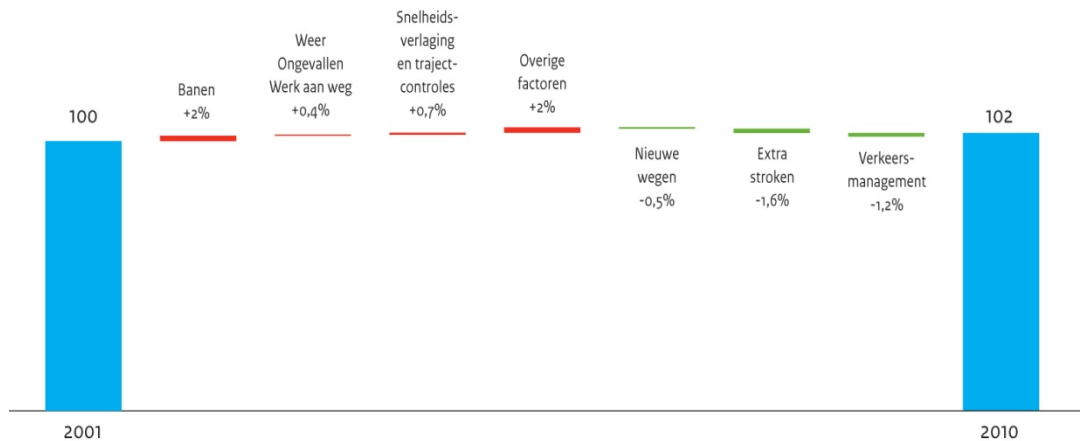
De gemiddelde rijtijd op het hoofdwegennet, uitgedrukt in minuten per kilometer, is in de periode 2001 tot 2010 toegenomen met 2 procent. Deze toename werd vooral veroorzaakt door veranderingen in het aantal banen in de gemeenten (figuur 3.11). Deze lokale veranderingen leidden op bepaalde plaatsen en tijden tot meer verkeer en daardoor tot een langere rijtijd. Veranderingen in de omvang van de bevolking en het autobezit per gemeente hebben niet bijgedragen aan de ontwikkeling van de rijtijd.

De methodiek om de ontwikkeling van rijtijd en onbetrouwbaarheid te verklaren is vergelijkbaar met de methodiek die is gehanteerd om de ontwikkeling van het reistijdverlies te verklaren. Er is gebruik gemaakt van verkeersgegevens per wegvak en hieraan gekoppelde gegevens van ongevallen, werk aan de weg, weer, beleidsmaatregelen, bevolking, banen en autobezit. Voor een uitgebreide bespreking zie bijlage D.

Weersomstandigheden, ongevallen en wegwerkzaamheden hebben gezamenlijk geleid tot 0,4 procent meer rijtijd. Vooral wegwerkzaamheden in de periode 2001-2003 droegen bij aan deze toename. Snelheidsverlagingen en trajectcontroles hebben geleid tot 0,7 procent meer rijtijd.

Nieuwe wegen leidden tot een besparing van de rijtijd op de bestaande wegen met 0,5 procent. Extra stroken (spitsstroken, plusstroken en wegverbredingen) zorgden voor een afname van de rijtijd met 1,6 procent en verkeersmanagement voor een afname met 1,2 procent.

**Figuur 3.11**  
Verklaring ontwikkeling rijtijd (minuten/km) op hoofdwegennet, 2001-2010 (Randstad en aansluitende wegen).  
Bron: KIM.



### 3.6 Verklaring van de ontwikkeling van de betrouwbaarheid

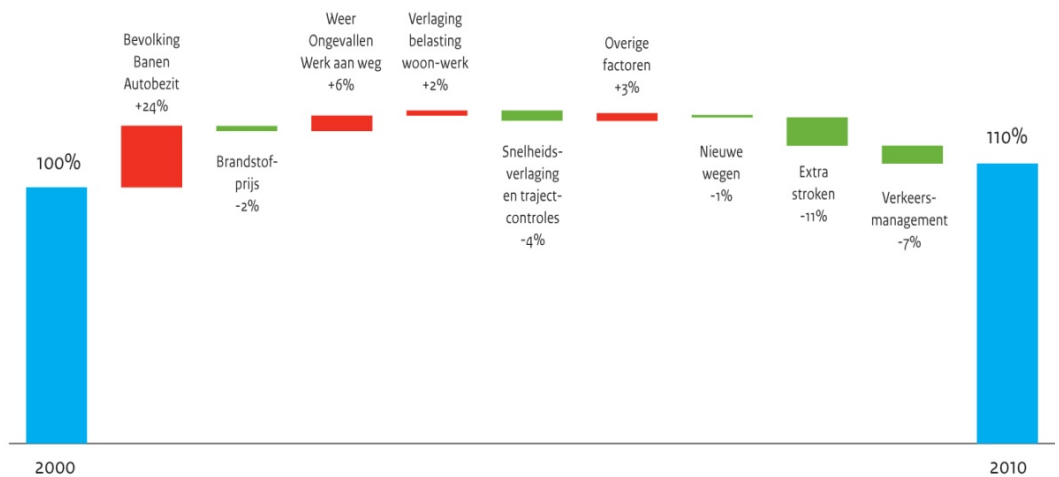
De factoren die de ontwikkeling van het reistijdverlies door files en vertragingen beïnvloeden, hebben ongeveer dezelfde effecten op de ontwikkeling van de onbetrouwbaarheid van de reistijd en op de ontwikkeling van de extreme reistijden. Grootste uitzondering vormen de trajectcontroles, al dan niet gecombineerd met snelheidsverlagingen. Deze leidden wel tot meer reistijdverlies, maar verminderden de onbetrouwbaarheid van de reistijd en extreme reistijden. Figuur 3.12 geeft de verklaring voor de ontwikkeling van de onbetrouwbaarheid van de reistijd op het hoofdwegennet in en rond de Randstad (in minuten per kilometer). Figuur 3.13 geeft de verklaring van de extreme reistijden; dit is de extra reistijd boven het 80<sup>e</sup> percentiel, en is inclusief de verkeerstoename.

Door lokale wijzigingen in bevolking, werkgelegenheid en autobezit nam de totale onbetrouwbaarheid toe met 24 procent (zie figuur 3.12). Weersomstandigheden leidden tot een toename van de onbetrouwbaarheid met 6 procent, in het bijzonder door de sneeuwval in januari en december 2010. Van ongevallen en wegwerkzaamheden werd geen bijdrage aan de toename van de onbetrouwbaarheid geconstateerd. Ongevallen en wegwerkzaamheden leidden wel tot een toename van de extreme reistijden: 1 respectievelijk 3 procent. En door de fiscale maatregelen van het *Belastingplan 2004* (verhoging van de fiscale vrijstelling voor de vergoeding voor woon-werkverkeer) nam de totale onbetrouwbaarheid van de reistijd in de periode 2004-2010 toe met 2 procent; voor de extreme reistijden bedroeg deze toename 4 procent. Deze effecten zijn gebaseerd op de raming van het CPB (2004).

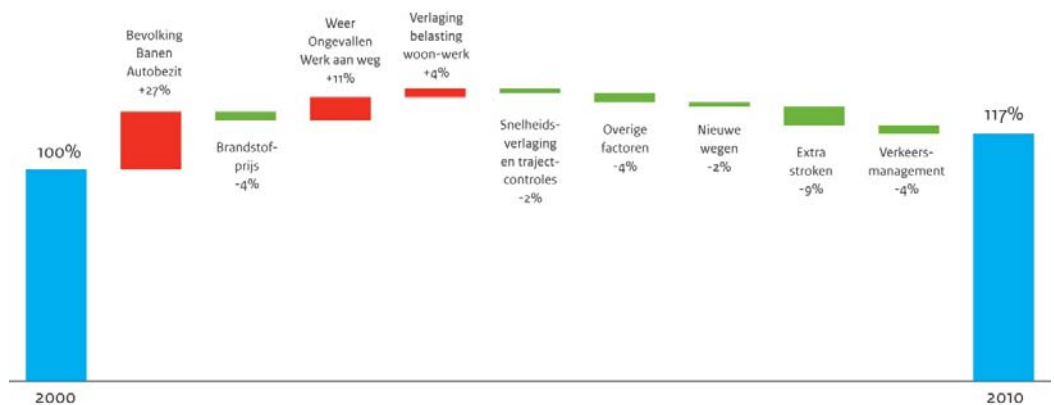
Andere factoren leidden tot een afname van de onbetrouwbaarheid. Zo leidde de stijging van de brandstofprijzen tot een afname van 2 procent. De combinatie van trajectcontroles en snelheidsverlagingen verminderde de onbetrouwbaarheid met 4 procent, terwijl de extreme reistijden hierdoor met 2 procent afnamen. Zoals we in paragraaf 2.2 zagen, nam het reistijdverlies op de betreffende wegvakken door deze maatregelen juist toe.

De aanleg van nieuwe wegen, extra stroken (spitsstroken, plusstroken en wegverbredingen) en verkeersmanagement (toerit-doseerinstallaties en dynamische route-informatiepanelen) leidden bij elkaar tot een afname van 19 procent van de onbetrouwbaarheid. Het effect van deze maatregelen op de extreme reistijden was een afname van 15 procent.

**Figuur 3.12**  
Verklaring ontwikkeling totale onbetrouwbaarheid (minuten per kilometer) op het hoofdwegennet, 2001-2010, Randstad en aansluitende wegen.  
*Bron: KiM.*



**Figuur 3.13**  
Verklaring ontwikkeling onbetrouwbaarheid (extreme reistijden) op het hoofdwegennet, 2001-2010, Randstad en aansluitende wegen.  
*Bron: KiM.*



### 3.7 Volume onbetrouwbaarheid voor de economische waardering

#### *Huidige situatie*

Om twee redenen is het nodig de omvang van de onbetrouwbaarheid van de reistijd vast te stellen. In de eerste plaats om de jaarlijkse filekosten op het hoofdwegennet te kunnen bepalen. In de tweede plaats om de voor- en nadelen van grote overheidsinvesteringen te kunnen bepalen met een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA). Om de jaarlijkse filekosten te bepalen past het KiM een opslagfactor op de filekosten toe (Savelberg et al., 2011). Om in een MKBA de onbetrouwbaarheid vast te stellen, hanteert het CPB een opslagfactor van 25 procent op de reistijdbaten (CPB, 2007). Experts uit een aantal landen hebben ramingen gemaakt van de prijs of waardering van de onbetrouwbaarheid (P of *value of reliability*, VOR) (De Jong et al., 2009). De P, of VOR, voor het personenautoverkeer hebben zij voorlopig geschat op een factor 0,8 van de VOT (*value of time*); voor het goederenwegverkeer is dit een factor 1,24.

#### *Deze studie*

In deze studie is de omvang van de onbetrouwbaarheid van de reistijd (Q) bepaald voor het hele wegennet in 2001 en 2010. Ook is berekend wat de gemiddelde verhouding is tussen de omvang van de afname van de onbetrouwbaarheid van de reistijd en de omvang van de afname van de reistijd als gevolg van de beleidsmaatregelen die in de periode 2001-2010 gerealiseerd zijn. Met dit verhoudingsgetal kan per vergelijkbaar infrastructuurproject de afname van Q bepaald worden. Het KiM doet een apart onderzoek om de prijs van de onbetrouwbaarheid van de reistijd empirisch te kunnen bepalen (VOR).

#### *De omvang van de onbetrouwbaarheid op het hoofdwegennet*

De omvang van de onbetrouwbaarheid van de reistijd op het hoofdwegennet per jaar drukken we uit in de som van de standaardafwijking van de reistijd op het hoofdwegennet op werkdagen per kilometer (tabel 3.2). Omdat dit het beste aansluit bij de ervaring van de reiziger, is daarbij gekeken naar de spreiding per kwartier van de werkdag per maand. Het jaartotaal ontstaat door de standaardafwijking van de rijtijd per wegvak (in minuten per kilometer) te vermenigvuldigen met de door het personen- en goederenverkeer afgelegde afstand en door rekening te houden met de bezettingsgraad van personenauto's<sup>14</sup>. In 2010 bedroeg de standaardafwijking van de reistijd op het hoofdwegennet 87 miljoen uur.

**Tabel 3.2**

De omvang van de onbetrouwbaarheid op het hoofdwegennet in 2001 en 2010, uitgedrukt in de standaardafwijking (SA) van de reistijd.<sup>14</sup>

Bron: KiM.

		SD rijtijd (min/km)	Verkeersomvang (mln km)	Bezettings- graad	SD reistijd (mln. uren)
Personenvervoer	2001	0,195	48.650	1,2	61
	2010	0,218	54.950	1,2	78
Goederenvervoer	2001	0,195	6.950	1	7
	2010	0,218	7.850	1	9
Totaal	2001		55.600		69
	2010		62.800		87

<sup>14</sup> De onbetrouwbaarheid van de reistijd op het hoofdwegennet is 75 procent van de standaardafwijking van de reistijd op het bemeeten deel van het wegennet (expert guess Significance en KiM). Omdat de spreiding per traject kleiner is dan die per wegvak, is de standaardafwijking van de rijtijd vermenigvuldigd met de covariantie van de standaardafwijking van opeenvolgende wegvakken op trajecten (0,432).

*De bepaling van de onbetrouwbaarheid per project*

Om de onbetrouwbaarheid van de reistijd per gepland infrastructuurproject te kunnen bepalen is inzicht nodig in de omvang van de te verwachten besparing in onbetrouwbaarheid (Q) en de waardering daarvan door de reiziger en verlader in euro's (P). In deze paragraaf kijken we naar het effect van een infrastructuurproject op de onbetrouwbaarheid van de reistijd.

In de periode 2001-2010 zijn op het bemeten deel van het hoofdwegennet (Randstad en omliggende wegen) spits- en plusstroken en wegverbredingen gerealiseerd met een totale lengte van 162 kilometer. Deze extra stroken hebben in 2010 geleid tot een afname van de onbetrouwbaarheid van de reistijd met circa 15.000 uur per aangelegde kilometer. De onbetrouwbaarheid drukken we uit in de standaardafwijking van de reistijd op het hoofdwegennet per kwartier van de werkdag per maand.

Bij de afweging van projecten wordt de besparing in reistijd vaak vooraf berekend met een verkeersmodel. Dergelijke verkeersmodellen kunnen de onbetrouwbaarheid van de reistijd echter niet bepalen. De onbetrouwbaarheid van de reistijd kan wel bepaald worden door te kijken naar de waargenomen verhouding tussen de besparing in onbetrouwbaarheid ten opzichte van de besparing in reistijd. Deze bleek bij de aangelegde extra stroken 0,84 te zijn. Bij maatregelen in het kader van het verkeersmanagement, die zijn geïntroduceerd op andere plaatsen en tijden dan de extra stroken, is deze verhouding 0,86. Deze verhoudingsgetallen zijn gemiddelden voor projecten op het hoofdwegennet op werkdagen in de periode 2001-2010. In afwijkende of specifieke situaties kan deze verhouding anders zijn.

**Tabel 3.3**

De effecten van maatregelen op het hoofdwegennet, 2001-2010, op de omvang van de onbetrouwbaarheid van de reistijd Q in 2010 in SA van de reistijd.

Bron: KIM.

	Lengte (km)	Besparing in uren onbetrouwbaarheid per km rijstrook	Besparing in uren reistijd per km rijstrook	Besparing in uren onbetrouwbaarheid t.o.v. besparing in reistijd
Extra stroken	162	-15.095	-17.987	0,84
Verkeersmanagement				0,86

## Summary

**From 2000 to 2010, time loss due to traffic jams and delays on the main road network increased by 49 percent. The primary causes for this time loss were changes in the number of available jobs, population growth and car ownership rates. If new roads had not been constructed, roads widened, and rush hour and lanes and traffic management systems implemented, journey time loss would have been 16 percent higher. Until 2000, yearly changes of time loss due to traffic jams and delays were approximately equal to yearly changes of total traffic volumes, but in subsequent years changes of time loss have become more difficult to predict.**

**The development of journey time unreliability – that is, the extent to which a journey is longer than expected – largely corresponds to that of journey time loss. From 2001 to 2007, journey time unreliability on the main road network increased sharply; however, from 2007 to 2010, the situation improved. One part of journey time unreliability is a direct consequence of extreme journey times. The main road network therefore remains insufficiently robust for handling consequences stemming from incidents and from situations with relatively high amounts of traffic.**

In recent years, numerous analyses focused on explaining the reasons for traffic jams and delays on the main road network. In this study, KiM Netherlands Institute for Transport Policy Analysis examined aspects of accessibility from the perspective of car drivers: journey times, journey time loss, journey time reliability and extreme long journey times. Some of this study's findings were previously published as part of the Mobility Report 2011.

### **Time loss due to traffic jams sharply increased from 2000 to 2010**

From 2000 to 2010, time loss due to traffic jams and delays on the main roadway network increased by 49 percent. Journey time loss increased by 55 percent from 2000 to 2008, and decreased by 10 percent in 2009, but then increased again in 2010 by 6 percent, owing to economic recovery.

Time loss due to traffic jams and delays accounts for one part of the total journey time. In 2010, journey time loss accounted for approximately 9 percent of the total journey time.

In 2010, journey times increased by 13 percent, as compared to 2001, a fact primarily due to journey distances increasing by 11 percent. During this period, the average journey time per kilometre increased by 2 percent.

That journey times increased less (+13%) than journey time loss (+49%) is, firstly, due to the fact that journey time loss accounts for but a small percentage of the total journey time. The second reason for this is that journey time is not only determined by journey time loss but also by journey time gains, which occurs because, for example, new journeys are often undertaken on routes where, and at times when, it is possible to travel quickly. Consequently, the average journey time decreased.



### **Many factors influence journey time loss**

Many factors influence the amount of time lost due to traffic jams and delays. Moreover, certain influences have a greater impact in one year than they do in another year. Major differences can also occur per road section or per region. Consequently, between 2000 and 2010, the largest journey time loss occurred in the Amsterdam region (the northern area of the Randstad), which accounted for one-third of all journey time loss on the entire main road network.

Changes in the number of available jobs, population growth and car ownership rates per municipality were the key driving forces behind the increase in journey time loss from 2000 to 2010, resulting in an increase of 47 percent. If new roads had not been constructed, roads widened, and rush hour lanes and traffic management systems implemented, journey time loss would have been 16 percent higher. Other influential factors impacting journey time loss during this period were:

- developments in fuel prices (-4%);
- weather, accidents and (road) construction works (+4%);
- lowered tax rates for home-to-work travel (+6%);
- reduced speed limits and route controls (+6%);
- other factors (+6%).

### **Effect of road use regulations dependent on area**

Policy measures to use the capacity of roads more effectively played an increasingly important role in policy. During the period 2000 to 2010, ramp-metering installations and dynamic route information panels were introduced in many locations. The effects that these road use regulations had on journey time loss were largely dependent on the characteristics of the traffic and of the infrastructure. These characteristics determined whether the regulations were more or less effective than the average. For example, ramp-metering installations and dynamic route information panels situated in areas of light traffic resulted in, on average, approximately 0 to 2 percent less journey time loss, while in heavy traffic areas the decrease in journey time loss was approximately 10 percent. Dynamic route information panels situated at urban ring roads influenced a smaller area than at other locations. When situated at urban ring roads, the panels led to an average of approximately 7 percent less journey time loss, while at other sections of the road network the journey time loss was on average 10 percent less.

This information allows for improved estimations of the effects of investments in road use regulations.

### **Journey time loss more difficult to predict**

Until 2000, yearly changes of journey time loss due to traffic jams and delays nationally were approximately equal to yearly changes of traffic volumes; however, in recent years, the relation between developments in national traffic volumes and journey time loss are no longer so clear. From 2000 to 2008, journey time loss nationally increased at a faster rate than traffic volumes. From 2008 to 2011, journey time loss was in flux: a decrease in 2009 (-10%), an increase (+6%) in 2010, and again a decrease in 2011 (-18.5%). These fluctuations are even more striking in that traffic volumes in 2009 and 2010 remained relatively constant, yet once again increased in 2011 (+3.5%).

The reason for these fluctuations can be found in the use of the main road network. In the period 2000-2008, road use increased to the point that the main road network's maximum capacity was reached in certain locations and at certain times. A minor change in local traffic volumes or distribution could result in major fluctuations. The 29 percent increase in the number of kilometres travelled for home-to-work travel during this time period played a key role. Simple rules of thumb, which relied on developments in national traffic volumes to estimate changes of journey time loss on the main road network, are no longer valid.

#### **Unreliability of journey times**

In addition to journey time loss due to traffic jams and delays, drivers also had to contend with the unreliability of journey times, which is defined as the extent to which a journey takes more or less time than a person expected. At issue here is the structural, daily variation in journey times, as well as minor and major incidental disruptions.

From 2001 to 2010, the development of journey time unreliability largely corresponded to that of journey time loss. From 2001 to 2007, unreliability levels increased by approximately 30 percent. The years 2007 to 2009 saw a decrease of 10 percent, but in 2010 unreliability again increased by 6 percent.

In 2010, the degree of unreliability on the entire main road network was approximately 74 million hours.

#### **Extreme journey times increase less**

One aspect of unreliability pertains to extreme long journey times, which are not only the consequences of incidents, such as traffic accidents and extreme weather conditions, but also of incidental high traffic volumes, for which the network has proven to be insufficiently robust. Extreme journey times are defined as the extra journey time of 20 percent of longest journey times on a particular route. In 2010, 60 percent of the amount of unreliability consisted of these extreme journey times. From 2001 to 2010, extreme journey times increased less than total unreliability, yet car drivers were under the impression that extreme journey times had increased more, which is consistent with the psychological principle that extreme situations have greater impacts than smaller deviations.

The factors influencing the development of time loss due to traffic jams and delays have approximately the same effects on the development of journey time unreliability and the development of extreme journey times. The main exceptions to this are route controls, sometimes in combination with speed limit reductions. This has indeed led to more journey time loss, but has reduced the unreliability of journey times and extreme journey times.

#### **Cost of reliability**

This report presents the measured effects of policy measures on the extent of journey time reliability on the main road network. KiM expects soon to publish a second study that objectively determines the cost of unreliability, which will allow for improved substantiation of the effects that investment decisions have on journey time unreliability.



## Literatuur

- AVV (2006). *Analyse ontwikkeling bereikbaarheid autosnelwegen voor de monitor NMM. Analyse 2000-2005*. Rotterdam: Adviesdienst Verkeer en Vervoer.
- CPB & NEI (2000). *Evaluatie van infrastructuurprojecten: leidraad voor kosten-batenanalyse*. In opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- CPB (2004). *Effecten van Belastingplan 2004 op mobiliteit en milieu*. CPB-notitie opgesteld in samenwerking met Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) en Milieu- en Natuurplanbureau (MNP). Den Haag: Centraal Planbureau.
- CPB (2007). *Economische toets op de Nota Mobiliteit*. Den Haag: Centraal Planbureau.
- DVS (2011a). *Bereikbaarheidsmonitor Hoofdwegennet 2010*. Delft: Dienst Verkeer en Scheepvaart. Rijkswaterstaat, Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- DVS (2011b). *Operationalisering Robuustheid*. Delft: Dienst Verkeer en Scheepvaart. Rijkswaterstaat, Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- DVS (2011c). *Personenvervoer: groei reistijdwaardering in de tijd*. Delft: Dienst Verkeer en Scheepvaart. Rijkswaterstaat, Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- EC (2011). White paper. Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system. European commission, maart 2011.
- Goudappel Coffeng (2010). *Procesbeschrijving INWEVA*. In opdracht van Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart.
- Groot, W. (2012). *Over brandstofprijzen en automobilititeit. Een beknopte analyse van prijs- en kostenelasticiteiten*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.
- Hoogendoorn, S. & Hoogendoorn-Lanser, S. (2008). Het fundamenteel diagram. *NM Magazine 2008 3<sup>e</sup> jaargang, nr. 2, p. 32-36*.
- Hoogendoorn, S.P., G. Hegeman en Th. Dijker (2004). *Traffic flow theory and simulation*. Diktaat CT4821. Delft: TU Delft.  
(zie ook: [http://verkeer.wikia.com/wiki/Fundamentele\\_relatie](http://verkeer.wikia.com/wiki/Fundamentele_relatie))
- Jong, G.C. de, M. Kouwenhoven, E.P. Kroes, P. Rietveld & P. Warffemius (2009). Preliminary monetary values for the reliability of travel times in freight transport. *European Journal of Transport and Infrastructure Research, Issue 9(2), 83-99*.
- Korteweg, J. & Rienstra, S. (2010). *De betekenis van robuustheid: Robuustheid in kosten-batenanalyses van weginfrastructuur*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.

Loop, J.T.A. van der & Beek, F. van (2004). Hoe onbetrouwbaar zijn reistijden op het hoofdwegennet en wat zijn de oorzaken: definitie en resultaten van empirisch onderzoek. *Tijdschrift Vervoerwetenschap*, vol 40, no. 4, 7-12.

Loop, H. van der, Mourik, H. van, Olde Kalter, M., Mulder M., Perdok, J. & Haaijer, R. (2008). *Verklaring van de bereikbaarheid via het hoofdwegennet 2000-2007*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2005). *Nota Mobiliteit*. Den Haag: Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2009). *De Nationale Mobiliteitsmonitor 2009*. Den Haag: Stuurgroep Nationale Mobiliteitsmonitor.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2010). *Mobiliteitsonderzoek Nederland 2009*. Den Haag: Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2011). *Ontwerp Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte; Nederland concurrerend, bereikbaar, leefbaar en veilig*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

MuConsult (2011). *Beleidsafweging systematiek Benutten (BAS). Evaluatiemethodiek Benuttingsbeleid*. In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Amersfoort: MuConsult.

OECD (2010). *Improving reliability on surface transport networks*. Paris: OECD.

Olde Kalter, M., Loop, H. van der & Harms, L. (2010). *Verklaring mobiliteit en Bereikbaarheid 1985-2008*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.

SACTRA (1999). *Transport and the economy: full report*. London: The Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment Department for Transport.

Savelberg, F. et al. (2011). *Mobiliteitsbalans 2011*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.

Shadish, W.R., Cook, T.D. & D.T. Campbell (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Boston: Houghton, Mifflin Company.

SHRP 2 (2011). *SHRP 2 Project L03 Analytical Procedures for Determining the Impacts of Reliability Mitigation Strategies*. Cambridge (USA): Cambridge Systematics.

## Bijlagen



## Bijlage A      Operationalisatie van betrouwbaarheid

### A.1      **Betrouwbaarheid uitgedrukt in de standaardafwijking**

#### *Gebruikte gegevens*

Om de betrouwbaarheid van de reistijd te bepalen is gebruik gemaakt van metingen van voertuigen op het hoofdwegennet. Op ongeveer elke kilometer zijn het aantal voertuigen en hun snelheid gemeten. Hiermee is het aantal voertuigen en hun gemiddelde snelheid bekend op elk wegvak van circa 1 kilometer in elk kwartier in de periode 2000-2010. Deze gegevens zijn beschikbaar voor alle hoofdwegen in de Randstad, Noord-Brabant, Arnhem-Nijmegen en op enkele verbindingen van de Randstad naar het noorden, oosten en zuiden.

#### *Uitgangspunten*

Om de betrouwbaarheid te kunnen uitdrukken in de spreiding rond de gemiddelde reistijd is een nadere afbakening nodig. Om tot deze afbakening te komen zijn de volgende uitgangspunten in acht genomen:

- 1) Om de ontwikkeling in de tijd te kunnen bepalen dienen gemiddelde en standaardafwijking per maand of per jaar te worden bepaald.
- 2) Om de effecten van beleidsmaatregelen te kunnen bepalen dienen gemiddelde en standaardafwijking ten minste per maand van elk jaar te worden bepaald.
- 3) Naast de variatie tussen opeenvolgende dagen dient ook de variatie tussen kwartieren op een dag en tussen wegvakken in beschouwing te worden genomen.

#### *Bronnen van spreiding*

Op basis van bovengenoemde uitgangspunten is de spreiding van reistijden op maandbasis achtereenvolgens gekoppeld aan de volgende drie bronnen<sup>15</sup>:

- 1) Spreiding over de dagen: eerst is de standaardafwijking ten opzichte van het kwartiergemiddelde over de dagen van elke maand bepaald. Deze indicator sluit het dichtst aan bij de reistijdverwachting van de reiziger; deze reist op een bepaald moment van de dag op een bepaald stuk van het netwerk en ervaart de spreiding van dag tot dag.
- 2) Spreiding tussen kwartieren: vervolgens is de standaardafwijking ten opzichte van het daggemiddelde over de kwartieren van de dagen van een maand bepaald. Deze indicator is met name gevoelig voor variatie in de reistijd die optreedt binnen dagen, en daarmee ook voor de reistijdverhouding tussen spits- en daluren. Deze indicator geeft een vergelijkbare soort informatie als de reistijdfactor (verhouding reistijd tussen spits en dal).
- 3) Spreiding over de wegvakken: tot slot is de standaardafwijking ten opzichte van de over de wegvakken gemiddelde reistijd bepaald. Deze indicator is gevoelig voor verschillen in reistijden tussen verschillende delen van het netwerk (netwerkbetrouwbaarheid).

Deze drie bronnen van spreiding zijn grafisch weergegeven in figuur A1.

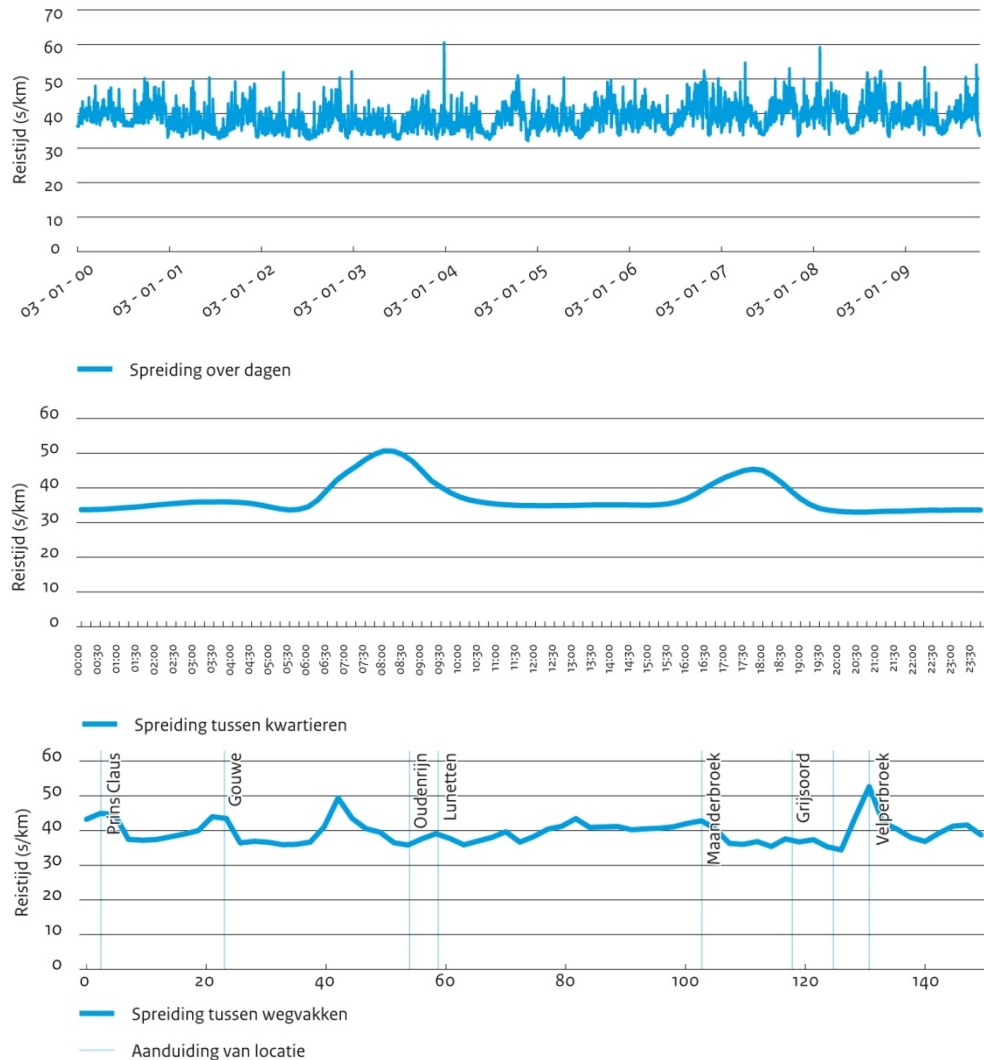
<sup>15</sup> De varianties die bij de drie bronnen horen, tellen op tot de totale variantie. Dit is representatief voor de totale onbetrouwbaarheid.



**Figuur A.1**

Drie bronnen van spreiding in reistijd op de A12 in oostelijke richting.

Bron: KiM.



Om de onbetrouwbaarheid te kunnen beschrijven en verklaren is deze uitgedrukt in de spreiding over de dagen per maand, omdat:

- De verklaring van de spreiding over de dagen het beste aansluit bij het perspectief van de reiziger. De spreiding over de dagen geeft per kwartier van de dag en per wegvak de verschillen aan tussen de reistijden op de werkdagen in een bepaalde maand van het jaar.
- De ontwikkeling van de spreiding van elk van de drie bronnen over de jaren vrijwel gelijk is (tabel A1 en figuur A2).
- Het effect van de maatregelen op de spreiding over de dagen en tussen de kwartieren kan worden vastgesteld. Dat geldt echter niet voor het effect op de spreiding tussen de wegvakken, omdat deze analyse niet op basis van individuele wegvakken kan worden uitgevoerd (de indicator is immers de spreiding over de verzameling wegvakken).

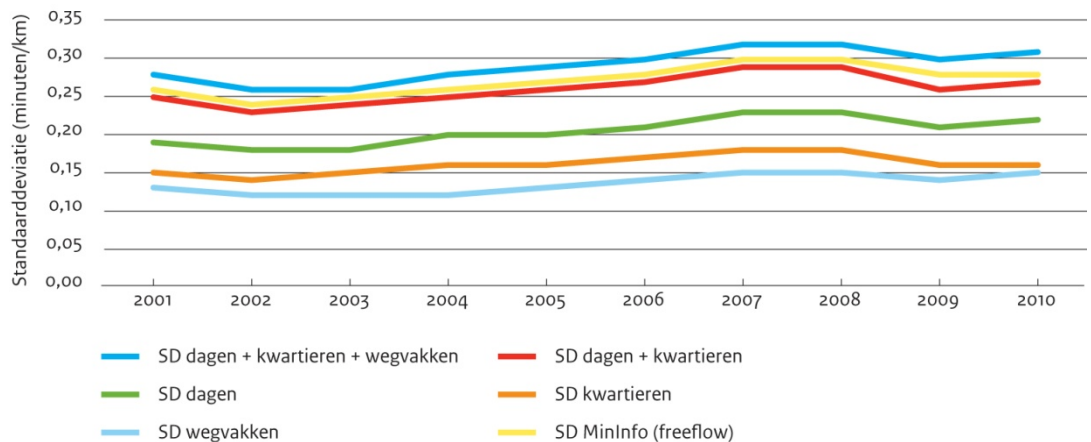
Ter vergelijking met de voorgaande indeling van de spreiding over drie bronnen is ook de spreiding berekend ten opzichte van 100 km/uur als indicatie voor de freeflowsnelheid op maandbasis (tabel A1 en figuur A2). Verondersteld wordt dat deze laatste spreiding ten opzichte van 100 km/uur een indicatie geeft van de maximale spreiding, omdat er geen kennis van de verwachte reistijd verondersteld wordt. Uit tabel A1 en figuur A2 blijkt dat de omvang van deze indicator niet veel afwijkt van de standaardafwijking van de drie bronnen van spreiding op maandbasis die hierboven gepresenteerd zijn.

Conclusie van deze bijlage is dat we een indicator voor de spreiding hebben die geldt voor de geïnformeerde reiziger: de spreiding over de dagen.

**Tabel A.1**  
Ontwikkeling  
onbetrouwbaarheid  
bemeten hoofdwegennet in  
indicatoren, 2001-2010.  
*Bron: KIM.*

Jaar	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<b>1.</b>										
Standaardafwijking										
SA dagen + kwartieren + wegvakken	0,28	0,26	0,26	0,28	0,29	0,30	0,32	0,32	0,30	0,31
SA dagen + kwartieren	0,25	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,29	0,29	0,26	0,27
SA dagen	0,19	0,18	0,18	0,20	0,20	0,21	0,23	0,23	0,21	0,22
SA kwartieren	0,15	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18	0,18	0,16	0,16
SA wegvakken	0,13	0,12	0,12	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,14	0,15
SA MinInfo (freeflow)	0,26	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,30	0,30	0,28	0,28
<b>2. Indexcijfers (2001=100)</b>										
SA dagen	100	94	95	101	103	106	117	116	106	112
SA dagen + kwartieren + wegvakken	100	93	94	100	103	109	116	116	106	111

**Figuur A.2**  
Ontwikkeling  
onbetrouwbaarheid  
bemeten hoofdwegennet in  
indicatoren, 2001-2010.  
*Bron: KIM.*



## A.2 Extreme reistijden

Niet alleen is het begrip betrouwbaarheid bestudeerd in de zin van variatie in reistijd, maar ook in de zin van het voorkomen van extreme reistijden. Indien er sprake is van extreme reistijden voor de reiziger, kan verondersteld worden dat het netwerk 'kwetsbaar' is, of niet 'robuust', voor bepaalde omstandigheden. Dit kan het gevolg zijn van incidenten zoals extreem weer en verkeersongevallen, maar ook van veel verkeer op een bepaalde plaats en een bepaald tijdstip. Om inzicht te geven in de kwetsbaarheid van het hoofdwegennet op wegvakniveau is in dit rapport het aantal uren reistijdverlies boven het 80<sup>e</sup> percentiel van de reistijd op wegvakniveau gepresenteerd. Om inzicht te krijgen in de extreme reistijden voor de reiziger per gebied is nagegaan wanneer en waar er in de periode 2001-2009 daadwerkelijk sprake was van grote verstoringen van het netwerk en van lange reistijden voor de reizigers. De berekeningen per gebied worden in deze bijlage beschreven.

Daarbij is onderscheid gemaakt in drie periodes van de dag: ochtendspits (6-10 uur), avondspits (15-19 uur) en de dalperiode (10-15 uur en 19-6 uur). In het netwerk zijn vijf regio's onderscheiden: de snelwegen in Noord-Holland samen met Flevoland (in Flevoland zijn alleen de wegen rond Almere bemeten) en daarnaast de bemeten snelwegen in de provincies Zuid-Holland, Utrecht, Gelderland en Noord-Brabant. Het aantal dagdelen met grote verstoringen is afhankelijk van de gemiddelde snelheid die de gebruiker in deze regio's heeft kunnen rijden (tabel A2). In de avondspits komt een gemiddelde snelheid van minder dan 51 km/uur voor op circa 1 procent van de dagen, een gemiddelde snelheid van minder dan 55 km/uur op circa 3 procent en een gemiddelde snelheid van 60 km/uur op circa 6 procent van de dagen. In de ochtendspits komen deze snelheden minder vaak voor (respectievelijk circa 0 procent, 1 procent en 3 procent).

Beschrijvende en verklarende analyses zijn uitgevoerd met verschillende criteria voor de gemiddelde snelheid en reistijdverlies. De resultaten geven een vergelijkbaar beeld. Als indicatie voor grote verstoringen is in dit rapport de grens aangehouden van 55 km/uur in de spits en 80 km/uur in het dal.

Tabel A.2 Aantal dagdelen met de langste reistijd op de bemeten snelwegen in 5 regio's van 2001 tot 2009. <i>Bron: KIM.</i>	Noord- Holland (incl. Flevoland)					Zuid- Holland	Utrecht	Gelderland	Noord- Brabant	Totaal	Frequentie
	Ochtendspits										
< 80 km/uur	1.162	1.151	1.027	673	290	4.303	37%				
< 60 km/uur	102	117	39	71	18	347	3%				
< 55 km/uur	38	43	15	27	9	132	1%				
< 51 km/uur	10	16	9	10	6	51	0%				
Avondspits											
< 80 km/uur	1.434	1.523	1.345	534	93	4.929	42%				
< 60 km/uur	235	183	267	18	6	709	6%				
< 55 km/uur	128	56	127	7	5	323	3%				
< 51 km/uur	52	22	56	2	4	136	1%				
Dalperiode											
< 80 km/uur	11	6	9	8	6	40	0%				
< 60 km/uur	0	0	1	1	1	3	0%				

## Bijlage B      Kwaliteit gebruikte gegevens

De gegevens over de bereikbaarheid op het hoofdwegennet zijn geregistreerd met detectielussen in het wegdek. Deze detectielussen meten het aantal passerende voertuigen en de snelheid. Voor de landelijke groeicijfers is gebruik gemaakt van de lussen in het hele hoofdwegennet die in opeenvolgende jaren goed gefunctioneerd hebben. De overige cijfers en de analyses zijn gebaseerd op 106 trajecten die intensiever bemeten zijn (vooral de wegen in de Randstad, Noord-Brabant, rond Arnhem en Nijmegen en enkele verbindingen naar het noorden, oosten en zuiden) dan de overige 82 trajecten (DVS, 2011a). De afstand tussen de lussen op de intensief bemeten trajecten is gemiddeld 1.000 meter. Gegevens die om diverse technische redenen uitvallen, zijn geschat op basis van gegevens die wel beschikbaar waren. In 2006 zijn veel meetpunten toegevoegd. Sinds 2005 wordt per rijstrook gemeten. Er zijn controles uitgevoerd op de consistentie van het datamateriaal. Op basis van deze aanpak en de controles kan worden vastgesteld dat de gegevens die voor dit onderzoek zijn gebruikt, geen grote onjuistheden bevatten. De gegevens over de bevolking, arbeidsplaatsen en autobezit zijn afkomstig van het CBS.

### Bronnen:

- Verkeersgegevens:
  - Bron voor verkeersomvang, snelheid, VVU100 en VVU50 per wegvak per kwartier van 2000-2010 zijn de MONICA-data afkomstig uit monitoring en uit signaleringslussen. Deze data zijn bewerkt (geaggregeerd van 1 minuut naar 15 minuten en gevalideerd) met TRIP; DVS van RWS is de verantwoordelijke partij.
  - Bron voor de voertuigcategorieën zijn BI-meetnet en INWEVA (INWEVA zorgt voor de inschatting op wegdelen waar geen meetwaardes beschikbaar zijn). Verantwoordelijken zijn DVS en DID van RWS.
  - Bron voor de capaciteit van wegvakken: capaciteiten in personenauto-equivalenten (pae's) zijn bepaald door Transpute en aangeleverd door AVV (INWEVA 2004; Goudappel Coffeng, 2010).
- Wegwerkzaamheden:
  - Bron is de meldwerkdatabase van DID/DVS.
- Ongevallen en andere incidenten:
  - Verkeerscentrum Nederland (VCNL) van Rijkswaterstaat levert DVS registraties van ongevallen en andere incidenten.
  - Het Landelijk Centraal Meldpunt (LCM) levert DVS registraties van bergers van personenauto's.
  - Het Centraal Meldpunt Vrachtwagenincidenten (CMV) levert DVS registraties van vrachtverkeer.



## Bijlage C Methodiek verklaring reistijdverliezen

### C.1 **Opbouw methodiek**

Het reistijdverlies wordt beïnvloed door veel aanwijsbare en toevallige factoren. Hoe is het mogelijk om objectief onderzoek te doen om de ontwikkeling van het reistijdverlies te verklaren?

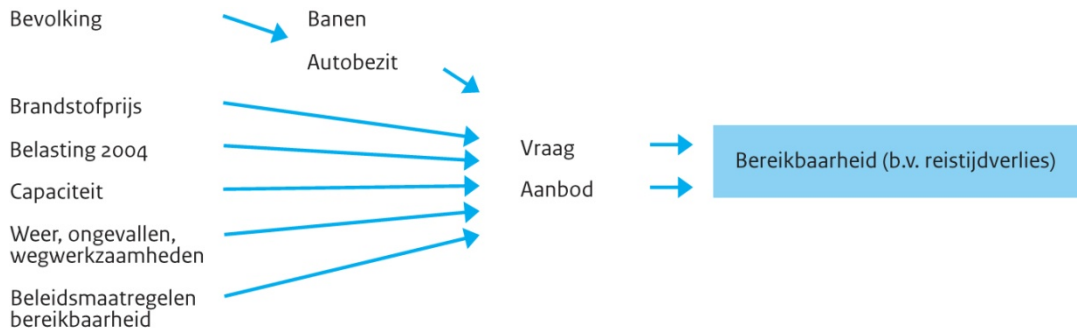
De eerste stap hiervoor is de constructie van een theoretisch verklaringsmodel. Dit model identificeert de te verklaren factoren en het tijd-ruimtelijk kader. De tweede stap is de identificatie van de beschikbare gegevens om de verschillende factoren te meten. De derde stap is het koppelen en analyseren van de gegevens. In deze stap worden de hypothesen getoetst die in het theoretisch model geformuleerd zijn. De vierde stap is het formuleren van conclusies op basis van de resultaten van de analyses.

#### *Theoretisch verklaringsmodel*

De veronderstelling is dat het reistijdverlies op het hoofdwegennet veroorzaakt wordt door de verhouding tussen vraag en aanbod of de intensiteit ten opzichte van de capaciteit (I/C). In essentie gaat het om de hoeveelheid verkeer en de hiervoor beschikbare capaciteit van de infrastructuur. Als de intensiteit de capaciteit nadert, ontstaat er een file (zie bijvoorbeeld Hoogendoorn et al., 2004 en Hoogendoorn & Hoogendoorn-Lanser, 2008). Er zijn echter ook andere factoren die van invloed zijn op de wegcapaciteit, zoals weersomstandigheden, ongevallen en wegwerkzaamheden.

In deze verklarende analyse gaat het er niet om de opbouw en afbouw van files en het reistijdverlies op microniveau te verklaren, maar de veranderingen in het reistijdverlies op netwerkniveau over een periode van meerdere jaren. Het gaat hierbij om inzicht in de invloed van structurele factoren. Verondersteld wordt dat de omvang van de bevolking, het aantal banen, autobezit en beleidsmaatregelen belangrijke factoren zijn om de ontwikkeling van het reistijdverlies te verklaren. Verondersteld is dat er directe effecten zijn van bevolkingsomvang en economische groei op het aantal banen en het autobezit, en daardoor indirect op de verkeersintensiteit, en directe effecten van het aantal banen en het autobezit op de verkeersintensiteit (figuur C.1). Beleidsmaatregelen zoals wegverbreding, beperking van de maximaal toegestane snelheid en benutting door dynamische route-informatie kunnen ingrijpen op de verkeersomvang, op de wegcapaciteit of op beide.

**Figuur C.1**  
Theoretisch  
verklaringsmodel.  
Bron: KIM.



#### Beschikbare gegevens en uitgevoerde analyses

De tijdbasis waarop gegevens beschikbaar zijn, verschilt sterk per gegevenstype. Van sommige factoren (bevolking, banen en autobezit) zijn gegevens per jaar beschikbaar, van andere factoren (verkeersomvang, reistijdverlies) gegevens per vijftien minuten per wegvak. De maatregelen treden ergens in de loop van het jaar in werking. In de analyse is daarom onderscheid gemaakt tussen een analyse van het effect van maatschappelijke factoren op jaarniveau (bevolking, banen, autobezit en regionale economische groei) en een analyse van maatregelen en situationele factoren op maandniveau (beleidsmaatregelen, ongevallen, wegwerkzaamheden, weersomstandigheden, wegcapaciteit, verkeersomvang). In beide gevallen is de analyse op wegvakniveau en gebaseerd op de gegevens verkregen via de detectielussen. De wegvakken zijn gemiddeld 1.000 meter lang en betreffen het hoofdwegennet in de Randstad, Noord-Brabant, rond Arnhem en Nijmegen en enkele verbindingen naar het noorden, oosten en zuiden. Voor het bepalen van het effect van de brandstofprijs en het *Belastingplan 2004* zijn aparte analyses uitgevoerd. Verondersteld wordt dat het effect van de brandstofprijs het beste kan worden vastgesteld op basis van de brandstofprijselasticiteiten die ook voor ander beleidsonderzoek gebruikt worden. Het effect van het belastingplan kan alleen worden vastgesteld als nagegaan kan worden of het gebruik van de auto voor afstanden boven 30 kilometers woon-werkverkeer na invoering van het plan veranderd is. Hiervoor zijn aanvullende analyses met OVG-MON uitgevoerd.

#### C.2 Het bepalen van de effecten van de maatregelen

Voor de verklaring van de reistijd en het reistijdverlies is gebruik gemaakt van multiële regressie. Met deze techniek is de sterkte bepaald van het verband tussen de te verklaren variabele en de verklarende variabelen. Hierbij wordt ook rekening gehouden met de samenhang tussen de variabelen onderling. Er zijn zogenoemde partiële regressiecoëfficiënten bepaald: de effecten van maatregelen worden in feite afgezonderd van de effecten van trendmatige ontwikkelingen in verkeersomvang, weersinvloeden, wegwerkzaamheden en ongevallen. Voor elke maatregel is niet alleen nagegaan wat de invloed is op de wegvakken waarop de maatregel is aangelegd, maar ook op welke aansluitende wegvakken en kruisende wegen de maatregel doorwerkt. De wegvakken waarop sprake is van doorwerking, worden het invloedsgebied genoemd. Het totale effect in de analyse bestaat daarom uit het effect op de wegvakken waar de maatregel is gerealiseerd en de wegvakken van het invloedsgebied. Omdat de wegvakken enigszins verschillen in lengte, is bij de berekening rekening gehouden met de omvang van de wegvakken.

*Invloedsgebieden*

Op basis van verkennende analyses zijn de invloedsgebieden gedefinieerd (tabel C1).

**Tabel C.1**  
Definitie van  
invloedsgebieden.  
*Bron: KIM.*

	Zelfde weg			Kruisende wegen voor of achter			
	10-5 km voor	5-0 km voor	ter hoogte van maatregel	0-5 km achter	5-10 km achter	0-5 km	5-10 km
Spits- en plusstroken	+	+	+	+	+	+	+
Wegverbredingen	+	+	+	+	+	+	+
DRIP's	-	+	+	+	+	-	-
TDI's	-	-	+	-	-	-	-
80 km-zones	-	+	+	-	-	-	-
Wegwerkzaamheden	+	+	+	+	-	-	-
Ongevallen	+	+	+	+	-	-	-
Kijkfiles bij ongevallen	kijkfiles op andere rijbaan 2 km voor en achter wegvak met ongeval						
Nieuwe wegen	invloedsgebied op bestaande wegvakken per nieuwe weg bepaald						

*Partiële regressiecoëfficiënten*

Om de effecten te bepalen, zijn eerst partiële regressiecoëfficiënten berekend in een regressieanalyse. In deze analyse wordt de ontwikkeling van het reistijdverlies per wegvak (gemiddelde lengte 1.000 meter) per maand verklaard uit beleidsmaatregelen, ongevallen, wegwerkzaamheden, weersomstandigheden, de capaciteit, het onderzoeksjaar (onderscheiden binnen en buiten de Randstad), de onderzoeksmaand en de verkeersomvang. Omwille van het overzicht is de invloed van ongevallen, wegwerkzaamheden en weersomstandigheden hieronder aangeduid als situationele factoren.

- $Y_{iv}$  =  $c + \beta M_{gp} + \gamma S_{gi} + \delta T_{jr} + \phi K_m + \kappa V_{iv} + \epsilon_{iv}$   
 $Y_{iv}$  = reistijdverlies per maand  $i$  en per wegvak  $v$   
 $c$  = constante  
 $M_{gp}$  = de maatregelen per wegvak in het invloedsgebied  $g$  in de invloedsperiode  $p$  (verschil voor en na openstelling)  
 $S_{gi}$  = de situationele kenmerken per wegvak van ongevallen en wegwerkzaamheden in het invloedsgebied  $g$  per maand  $i$ , van weersomstandigheden per wegvak per maand  $i$ ) en reciproke van capaciteit (per wegvak)  
 $T_{jr}$  = het onderzoeksjaar  $j$  per regio  $r$  (Randstad en overig Nederland)  
 $K_m$  = de kalendermaand  $m$   
 $V_{iv}$  = de verkeersomvang en het kwadraat van de verkeersomvang per maand  $i$  per wegvak  $v$   
 $\beta, \gamma, \delta, \phi$  en  $\kappa$  = partiële regressiecoëfficiënten  
 $\epsilon_{iv}$  = error (de niet door de voorgaande factoren verklaarde variatie in reistijdverlies van maand  $i$  en wegvak  $v$ )



#### *Berekening van de effecten op het totale reistijdverlies*

In een tweede stap is met de partiële regressiecoëfficiënten berekend wat de bijdragen zijn van maatregelen en situationele factoren aan de ontwikkeling van het reistijdverlies per wegvak. Deze zijn vervolgens opgeteld en opgehoogd naar het totale wegennet.

#### *80 km-zones*

Bij de effecten van de 80 km-zones is een correctie toegepast, omdat in deze effecten ook het verschil zit tussen de maximaal toegestane rijsnelheid van 100 km/uur die voor de invoering van deze zones van toepassing was en de maximaal toegestane rijsnelheid van 80 km/uur die vanaf het moment van invoering geldt. Deze correctie is gebaseerd op de afname in reistijdverlies op de wegvakken waar de maatregel van kracht is, na invoering. Circa 55 procent van het jaarlijkse verschil in verliestijd ontstaat doordat men in deze zones minder dan 80 km/uur mag rijden.

### **C.3 Het effect van de brandstofprijs**

Voor het bepalen van het effect van de brandstofprijs is geen gebruik gemaakt van de boven beschreven regressieanalyse, maar is uitgegaan van de elasticiteit van de brandstofprijs naar autokilometers van -0,156 in het automarktmodel Dynamo dat MuConsult ontwikkelde voor DVS en PBL. Dit betreft de kortetermijnelasticiteit gewogen voor woon-werkverkeer, zakelijke en overige reismotieven. Deze elasticiteit komt ongeveer overeen met een recente schatting van de elasticiteit van de brandstofprijs op het verkeersvolume, met een regressieanalyse van jaarcijfers van 1980-2009 van -0,12 (korte termijn) en -0,17 (lange termijn) (Groot, 2012).

Voor de bepaling van de brandstofprijs in de jaren 2000-2010 zijn alleen adviesprijzen beschikbaar van 2000-2009 en consumentenprijzen aan de pomp van 2009-2010 (bron van beide is CBS). De groeicijfers 2009-2010 van de pomprijzen zijn toegepast op de adviesprijzen van 2009 om de brandstofprijzen van 2010 te bepalen. De prijzen van de brandstofsoorten per jaar zijn gewogen op basis van het aandeel verkochte liters brandstof. De ontwikkeling van de naar gebruik gewogen brandstofprijs per jaar is gecorrigeerd voor inflatie op basis van de Consumentenprijsindex van het CBS.

Toepassing van de bovengenoemde elasticiteit van -0,156 uit Dynamo levert een effect (afname) op kilometers van -1,4 procent (ten opzicht van het jaar 2000). De verhouding tussen verkeersontwikkeling en reistijdverlies is in de periode 2000-2010 op het hoofdwegennet 1 : 3,2. Deze verhouding is gebaseerd op de jaarcijfers van 2000-2010 van afgelegde kilometers en reistijdverlies op het hoofdwegennet van DVS (Bijlage E). Het effect van de brandstofprijs op het reistijdverlies in de periode 2000-2010 op het hoofdwegennet is daarom circa 4 procent.

### **C.4 Wijziging onbelaste vergoeding woon-werkverkeer 2004**

Vanaf 1 januari 2004 mag zowel het woon-werkverkeer als het zakelijk verkeer met de eigen auto (en andere vervoerswijzen) voor 0,18 euro per kilometer onbelast vergoed worden (vanaf 2006 met 0,19 euro). Voorheen was dit 0,00 euro bij een afstand onder 10 kilometer en boven 30 kilometer en gemiddeld 0,15 euro tussen 10 en 30 kilometer. In totaal leidde dit tot een verlaging van de variabele autokosten met 3,9 procent (bijna 30%, CPB, 2004). De maatregel is ingevoerd om de regelgeving te vereenvoudigen.

**C.4.1 Ex-antestudie**

Modelberekeningen met het Landelijk Model Systeem (CPB, 2004) wijzen uit dat de fiscale maatregel leidt tot een toename van de mobiliteit; een toename die zich met name voordoet op werkdagen in de ochtend- en avondspits. De verwachting was een toename van iets minder dan 3 procent automobilititeit, leidend tot circa 7,5 procent extra reistijdverlies in een periode van tien jaar. Dit komt vooral door het effect voor forenzen die meer dan 30 kilometer van het werk wonen.

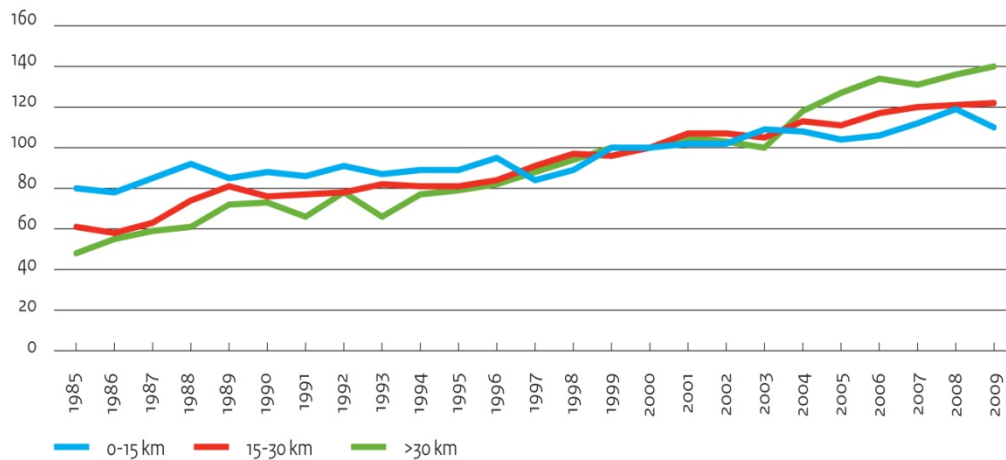
**C.4.2 Ontwikkelingen in woon-werkverkeer**

Tussen 2003 en 2009 blijkt het aantal woon-werkverplaatsingen als autobestuurder op afstanden boven 30 kilometer in ochtend- en avondspits met circa 34 procent gestegen te zijn. Op de afstanden tussen 15 en 30 kilometer en onder 15 kilometer nam het aantal verplaatsingen toe met circa 14 respectievelijk 2 procent (figuur C.2). Op afstanden boven 30 kilometer woon-werkverkeer (figuur C.3) bleef het gebruik van de overige vervoerswijzen vanaf 2003 achter bij dat van de auto (voor bestuurders). De toename van de afstand die autobestuurders vanaf 2003 aflegden, is van dezelfde orde van grootte als die van het aantal verplaatsingen (respectievelijk 40, 16 en 0%).

**Figuur C.2**

Woon-werkverplaatsingen als autobestuurder tijdens de ochtend- en avondspits (06.00-10.00 uur, 15.00-19.00 uur) in Nederland naar afstandsklasse (2003=100).

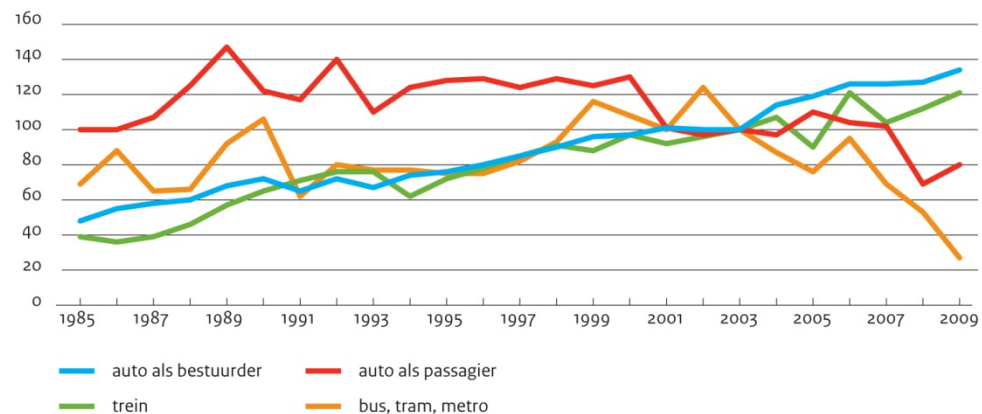
Bron: OVG-MON.



**Figuur C.3**

Het gebruik van vervoerswijzen voor woon-werkverplaatsingen tijdens de ochtend- en avondspits in Nederland op lange afstanden (> 30 km) (2003=100) (voor de jaarcijfers geldt een onzekerheidsmarge).

Bron: OVG-MON



### **C.4.3 Ex-postevaluatie van de fiscale wijziging woon-werkverkeer in 2004**

In deze paragraaf kijken we eerst naar de mogelijkheid van een methodebreuk in het OVG/MON in 2004 en daarna naar de ex-postanalyse van de effecten van de fiscale wijziging woon-werkverkeer in 2004 op het autogebruik en het reistijdverlies.

#### **C.4.3.1 Methodebreuk**

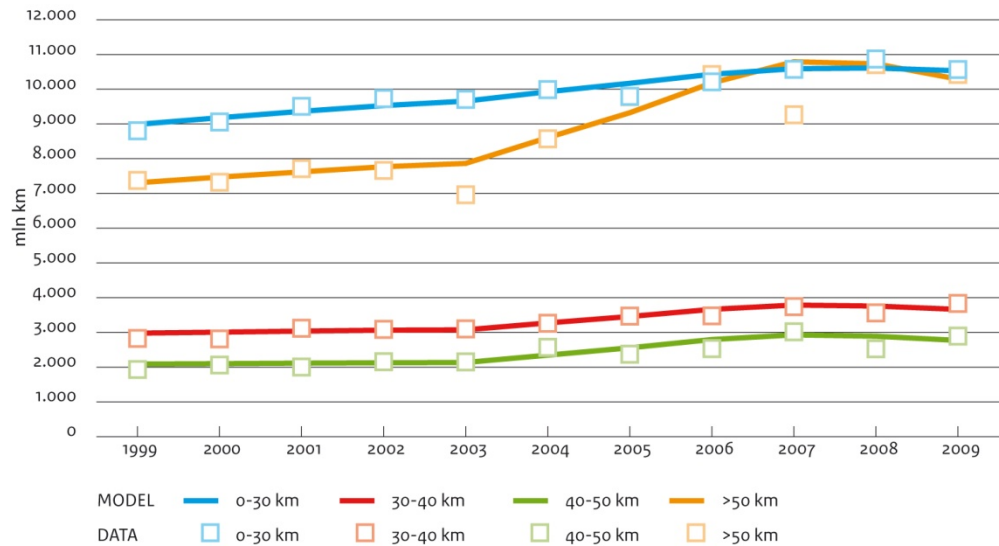
Analyses uitgevoerd door betrokken deskundigen geven volgens de Dienst Verkeer en Scheepvaart (DVS) van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (opdrachtgever van het MON) geen aanwijzing dat er in 2004 sprake was van een methodebreuk toen het door het CBS uitgevoerde OVG in 2004 werd vervangen door het MON, dat door DVS wordt uitgevoerd. Recent heeft het KIM een in aanvulling op deze analyses een onderzoek uitgevoerd naar het verplaatsingsgedrag in de spits, met onderscheid naar geslacht, leeftijd en afstandsklasse. Ook deze analyse geeft geen aanwijzingen voor een methodebreuk bij woon-werkverplaatsingen. Dit geldt zowel voor afstanden tot 30 kilometer als voor afstanden boven 30 kilometer (zie figuur C.4). De waarnemingen liggen zeer dicht tegen de geschatte krommen. Bij de grotere afstanden is het verschil iets groter, vooral bij de afstandsklasse boven de 50 km in 2003 en 2007, omdat hierin minder waarnemingen zijn. In de geschatte krommen is rekening gehouden met een langetermijnverloop, een groeikromme van 2003 tot 2009 en een additioneel crisiseffect vanaf 2008. Deze drie componenten zijn met een multivariate statistische techniek per afstands-, geslachts- en leeftijdsklasse simultaan geschat. In het geval van een methodebreuk van 2003 op 2004 zou er sprake moeten zijn van een niveauverschil tussen 2003 en 2004. Van 2003 tot 2009 is er echter sprake van een andere richting (of trend) dan in de jaren 1999-2003. Deze 'wijziging van de trend' loopt door vanaf 2003 tot en met 2009. Van 2008 tot 2009 komt daar een crisiseffect bovenop. Van 2003 op 2004 is er geen niveauverschil dat afwijkt van de trend. Dit is een aanwijzing dat er geen sprake is van een methode-effect. De 'wijziging van de trend' in de periode 2004-2009 kan mogelijk wel veroorzaakt zijn door de fiscale verruiming voor woon-werkverkeer in het *Belastingplan 2004*. Om dit te toetsen is een verklarende tijdreeksanalyse uitgevoerd.

Uit figuur C.4 blijkt ook dat de toename van autokilometers in de periode 2003-2009 groter is op afstanden boven de 50 kilometer groter dan op afstanden van 30 tot 50 kilometer.

**Figuur C.4**

Gemeten ontwikkeling en geschatte groeikrommen van de afgelegde afstanden woon-werk in de spits, 1999-2009.

Bron: KIM.



#### C.4.3.2 Verklarende tijdreeksanalyse autogebruik

Om te onderzoeken wat het effect is van de wijziging van de onbelaste vergoeding in 2004 op het woon-werkverkeer is een verklarende tijdreeksanalyse uitgevoerd (Shadish et al., 2002). Informatie over het gebruik van de auto en het openbaar vervoer voor woon-werkverkeer op afstanden boven en onder de 30 kilometer van huis naar werk is voor de periode van 1985 tot 2009 beschikbaar uit het OVG en MON. Met een multi-pele regressieanalyse is onderzocht of de voor woon-werkverkeer met de auto afgelegde afstand op afstanden boven de 30 kilometer in de periode van 1 januari 2004 tot 31 december 2009 significant toegenomen is ten opzichte van de periode 1985-2003. Om dit onderscheid tussen de periode 1985-2003 en 2003-2009 te maken is een dummyvariabele gebruikt; deze is in de jaren 1985-2003 op 0 gesteld en in de jaren 2004-2009 op 1. In de regressieanalyse is rekening gehouden met de jaarlijkse bevolkingsomvang, het aantal werkzame personen, het aantal personenauto's en de trend. Daarnaast is de regressieanalyse uitgevoerd met toevoeging van het bruto binnenlands product als extra verklarende variabele. De bevolkingsomvang, aantal werkzame personen, autobezit, bruto binnenlands product en afgelegde autokilometers zijn uitgedrukt in indexcijfers (2003 = 100).

Voor de tijdreeksanalyse zijn de volgende mogelijke verklarende factoren overwogen:

a) Maatschappelijke of economische ontwikkelingen.

Verondersteld wordt dat de volgende ontwikkelingen in Nederland medebepalend kunnen zijn voor het autogebruik van 1985-2009:

- aantal inwoners,
- omvang beroepsbevolking,
- autobezit en
- bruto binnenlands product.

Bovengenoemde variabelen zijn beschikbaar bij het CBS.

b) Wijziging onbelaste vergoeding in 2004.

Om het effect van de wijziging van de onbelaste vergoeding in 2004 te bepalen is nagegaan hoeveel kilometers in de periode 2003-2009 extra werden afgelegd ten opzichte van de periode 1985-2009, exclusief de gevolgen van de maatschappelijke en economische ontwikkelingen en van de lineaire toename van afgelegde kilometers (de 'trend'). De gevolgen van de vier maatschappelijke ontwikkelingen en de trend zijn door de multi-pele regressie dus als het ware uitgefilterd.

c) Andere beleidsmaatregelen.

Om vast te stellen wat voor effecten beleidsmaatregelen hebben op de bereikbaarheid met het hoofdwegennet, zijn zoveel mogelijk maatregelen en andere factoren geïdentificeerd waarvan verondersteld is dat zij van invloed kunnen zijn op het autogebruik op het hoofdwegennet in de periode 2000-2010. Dit geldt bijvoorbeeld voor: weginfrastructuur, verkeersmanagement, ongevallen, wegwerkzaamheden, weersomstandigheden en de brandstofprijs. Er zijn geen grote, abrupte overgangen in de implementatie van deze maatregelen in de periode 2000-2009. Verondersteld wordt dat deze factoren geen van alle een beduidende invloed hebben gehad op een wijziging in het gebruik van de auto op afstanden boven 30 kilometer voor woon-werk in de periode 2003-2009 ten opzichte van de periode 2000-2003.

De regressievergelijking is als volgt:

$$Y_i = c + \beta Be_i + \gamma Ba_i + \delta A_i + \phi Bp_i + \kappa T_i + \Delta D_i + \varepsilon_i$$

$Y_i$	=	Afgelegde kilometers woon-werk boven 30 kilometer per jaar j
$c$	=	constante
$Be_i$	=	de bevolkingsomvang per jaar j
$Ba_i$	=	het aantal werkzame personen per jaar j
$A_j$	=	het aantal personenauto's per jaar j
$Bp_i$	=	bruto binnenlands product (BBP)
$T_i$	=	de lineaire trend per jaar j
$D_j$	=	dummyvariabele (1985-2003 = 0; 2004-2009 = 1)
$\beta, \gamma, \delta, \phi, \Delta$ en $\kappa$	=	partiële regressiecoëfficiënten
$\varepsilon_{iv}$	=	error (de niet door de voorgaande factoren verklaarde variatie in afgelegde kilometers per jaar j)

Uit de regressieanalyse blijkt dat het aantal kilometers dat voor woon-werkverkeer boven 30 kilometer met de auto is afgelegd, in de periode 2004-2009 significant hoger is dan in de periode 1985-2003 (statistisch significant bij  $p = 0,01$ ). De toename is 17 procent ten opzichte van de periode daarvoor (tabel C.2). De analyse met het bruto binnenlands product als extra verklarende factor geeft ongeveer hetzelfde resultaat. Op kortere afstanden daarentegen is er geen sprake van significante toenames. Er zijn ook regressieanalyses uitgevoerd om de ontwikkeling van het treingebruik te verklaren. Het treingebruik voor woon-werkverkeer op afstanden boven de 30 kilometer hangt in de periode 1985-2009 significant samen met de ontwikkeling van de werkzame beroepsbevolking. Andere factoren (waaronder de dummy die de belastingwijziging van 2004 representeert) hebben bij de trein geen aanvullende statistisch significante bijdrage.

**Tabel C.2**

Regressie op afgelegde afstand met de auto als bestuurder in de spits voor woon-werk boven 30 kilometer, 1985-2009<sup>16</sup>.

Bron: *KiM*.

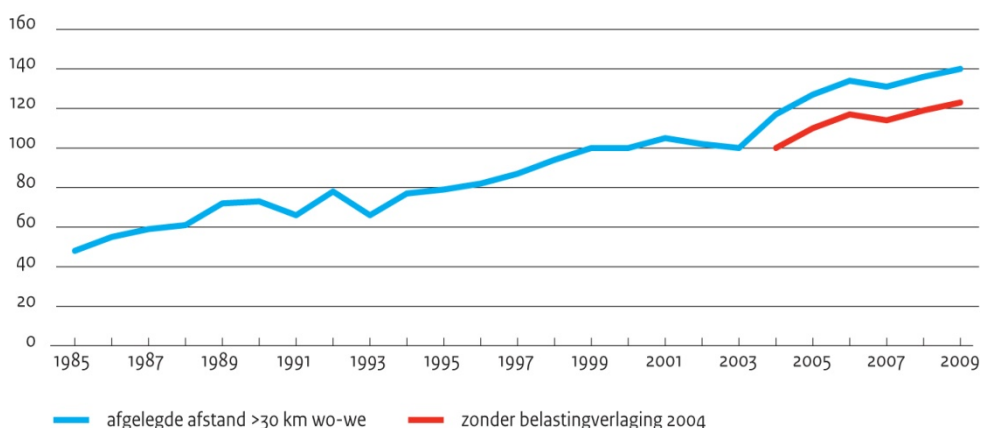
R <sup>2</sup>	Regressie zonder BBP		Regressie met BBP	
	coëfficiënten	p-waarde	coëfficiënten	p-waarde
Constante	305,39	0,307	305,73	0,323
Inwoners	-4,02	0,200	-4,02	0,213
Werkzame beroepsbevolking	1,41	0,047	1,41	0,117
Aantal personenauto's	0,09	0,902	0,09	0,918
Trend	2,71	0,335	2,72	0,350
Dummy	16,72	0,009	16,70	0,015
BBP			0,01	0,993

Om het effect van de wijziging van de onbelaste vergoeding beter inzichtelijk te maken is figuur C.5 toegevoegd. Deze figuur geeft de werkelijke ontwikkeling weer van het aantal afgelegde kilometers voor een woon-werkafstand boven de 30 kilometer, alsmede het verloop zonder het effect van 17 procent toename in de periode 2004-2009.

**Figuur C.5**

Ontwikkeling verplaatsingsafstand boven 30 km afstand woon-werk in de spits en effect van de belastingverlaging 2004.

Bron: *KiM*.



### C.4.3.3 Effect op reistijdverlies

Ervan uitgaande dat het autogebruik voor woon-werkverkeer boven de 30 kilometer in de periode 2003-2009 met 17 procent toenam, is het totale autogebruik op werkdagen in die periode met 3,9 procent toegenomen. Deze toename is gebaseerd op het aandeel van het autogebruik voor woon-werkverkeer boven de 30 kilometer in de spits op het autogebruik op werkdagen in 2009.

Om de relatie met het reistijdverlies te leggen is nagegaan hoe de samenhang is tussen de verkeersomvang en het reistijdverlies op het hoofdwegennet in de spits in de periode 2000-2010. Hieruit blijkt dat het reistijdverlies in de spits in de periode

<sup>16</sup> Behalve de dummy en de trend zijn de variabelen uitgedrukt in indexcijfers (2003 = 100). Deze analyse is ook uitgevoerd met een exponentiële functie en op de initiële verschillen (veranderingen van jaar op jaar). De coëfficiënten van de dummy zijn in beide gevallen iets hoger dan hier gerapporteerd.

2000-2010 ten opzichte van verkeersomvang is toegenomen met een factor tussen 2,4 en 3,8 procent.

Op grond van deze samenhang leidt de afschaffing in 2004 van de belastingvrije vergoedingslimiet van 30 kilometer tot een reistijdverlies in 2010 dat tussen de 8 en 12 procent groter is dan in 2000. Dit effect heeft ongeveer dezelfde orde van grootte als het langetermijneffect van ongeveer 8 procent die het CPB berekende in zijn ex-antieraming van de verhoging van de vrijstelling van de vergoeding voor woon-werkverkeer in het *Belastingplan 2004*.

### C.5 Het bepalen van de effecten van maatschappelijke factoren

Om het effect te bepalen van de bevolkingsontwikkeling, het aantal banen en het autobezit op het reistijdverlies, zijn regressieanalyses uitgevoerd per wegvak op jaarbasis. De verklarende factoren zijn per jaar per gemeente. De relatie tussen het geometrische centrum van de gemeente en het zwaartepunt van het wegvak is gelegd met een afstandsvervalfunctie. Het effect hiervan is dat de invloed van een gemeente afneemt wanneer de afstand tot het wegvak toeneemt. De geschatte coëfficiënten  $\beta$  zijn significant ( $p < 0,001$ ), kunnen geïnterpreteerd worden als elasticiteiten en zijn toegepast om het effect van inwoners, banen en autobezit te bepalen (zie tabel 2.3).

$$\ln Y_{vj} = c + \beta \left( \ln \sum_{g=1}^g M_{gj} / d_{vg}^{-0,75} \right) + \varepsilon_{vj}$$

- $Y_{vi}$  = reistijdverlies per wegvak v en jaar j
- c = constante
- $M_{gj}$  = het effect van bevolkingsomvang, banen per inwoner en autobezit per inwoner per gemeente g en jaar j
- $d_{vg}$  = afstand tussen het zwaartepunt van wegvak v en het geometrisch centrum van gemeente g
- $\varepsilon_{vj}$  = error (de niet door de voorgaande factoren verklaarde variatie in reistijdverlies tussen wegvakken v en jaren j)

## Bijlage D Methodiek verklaring betrouwbaarheid

### *Verklaringsmodel*

De methodiek waarmee we de rijtijd en de onbetrouwbaarheid van de reistijd verklaren, is in hoofdlijnen gelijk aan die ter verklaring van het reistijdverlies. Beide gaan uit van hetzelfde theoretisch verklaringsmodel (figuur C.1). Wel zijn er enkele verschillen in de berekeningswijze, omdat de te verklaren variabelen anders gedefinieerd zijn. Reistijd en onbetrouwbaarheid van de reistijd, zoals uitgedrukt in de standaardafwijking op wegvakniveau, zijn gedefinieerd in reistijd per kilometer weglengte. De variabelen reistijdverlies en onbetrouwbaarheid van extreme reistijden boven het 80<sup>e</sup> en 90<sup>e</sup> percentiel zijn gedefinieerd in absolute waarden (uren tijdverlies).

Voor het verklaren van de ontwikkeling van reistijdverlies, rijtijd en onbetrouwbaarheid worden eerst regressiecoëfficiënten geschat van de verklarende factoren. Daarna worden de effecten berekend op basis van de geschatte coëfficiënten en de feitelijke ontwikkeling van de variabelen.

Voor het verklaren van het reistijdverlies en de rijtijd worden de absolute waarden van de uren voor de regressievergelijking gemeen-centered. Er wordt als het ware een wegvakspecifieke constante meegenomen. Voor de verklaring van de rijtijd en de onbetrouwbaarheid uitgedrukt in de standaardafwijking wordt uitgegaan van de reistijd per door het voertuig afgelegde kilometer. Dit is de inverse van de snelheid per afgelegde kilometer. Op deze wijze wordt gecorrigeerd voor de verschillen in lengte van de wegvakken en voor het aantal door voertuigen afgelegde kilometers. Voor onbetrouwbaarheid uitgedrukt in de standaardafwijking is dichtheid de verklarende variabele in de regressievergelijking. Voor rijtijd is intensiteit gebruikt. Er is geen mean-centering uitgevoerd voor de verklaring van de onbetrouwbaarheid, uitgedrukt in de standaardafwijking, en voor de verklaring van de onbetrouwbaarheid van extreme reistijden, uitgedrukt in reistijdverlies boven het 80<sup>e</sup> en 90<sup>e</sup> percentiel.

### *Het effect van ongevallen*

Om vast te stellen wat het invloedsgebied is van ongevallen op de onbetrouwbaarheid in reistijdverlies boven het 80<sup>e</sup> en 90<sup>e</sup> percentiel zijn eerst regressiecoëfficiënten geschat voor verschillende gebieden en perioden (tabel D1). Vervolgens is nagegaan hoeveel variantie verklaard wordt bij de keuze voor verschillende invloedsgebieden en -perioden (tabel D2). Hieruit blijkt dat een invloedsgebied van 20 kilometer voor en achter het wegvak met het ongeval en 1 uur na de periode van meestal 1 uur tijdens het ongeval de meeste variantie in reistijdverlies verklaart. Verondersteld wordt daarom dat dit de beste keuze is.



Tabel D.1

Regressiecoëfficiënten van wegen en perioden rond de locatie en het tijdstip van ongevallen, van 2001 tot 2009.

Bron: KIM.

Invloedsperiode	20-10	10-5	< 5 km	Direct	< 5 km	5-10	10-20
	km voor	km voor	voor		na	km na	km na
Basis				76,7			
Basis			33,6	76,6	1,6		
Basis		68,0	33,6	76,0	1,6	2,2	
Basis	26,6	67,0	33,6	75,6	1,5	2,6	7,6
+ 15 minuten				72,9			
+ 15 minuten			31,3	72,7	1,6		
+ 15 minuten		70,3	31,3	71,8	1,5	4,3	
+ 15 minuten	30,6	68,8	31,3	71,2	1,4	4,8	9,4
+ 30 minuten				69,1			
+ 30 minuten			29,1	68,7	1,7		
+ 30 minuten		69,2	29,0	67,4	1,6	5,4	
+ 30 minuten	32,6	67,2	29,0	66,7	1,4	5,8	10,4
+ 60 minuten				62,4			
+ 60 minuten			25,3	61,8	1,6		
+ 60 minuten		62,5	25,1	60,0	1,4	6,1	
+ 60 minuten	31,7	59,9	25,1	59,0	1,2	6,3	11,3
+ 120 minuten				54,0			
+ 120 minuten			20,3	53,1	1,4		
+ 120 minuten		49,0	20,1	50,9	1,1	6,0	
+ 120 minuten	24,7	46,2	20,0	49,6	0,9	5,6	10,8

Tabel D.2

Verklaarde variantie in reistijdverlies ( $R^2$ ) bij verschillende gebieden en perioden van invloed van ongevallen, van 2001 tot 2009.

Bron: KIM.

		Ruimtelijk invloedsgebied			
Invloedsperiode	Basis	Alleen direct	tot 5 km	tot 10 km	tot 20 km
	Basis	0,3527	0,3550	0,3570	0,3573
	+ 15 minuten	0,3529	0,3553	0,3579	0,3584
	+ 30 minuten	0,3530	0,3555	0,3584	0,3591
	+ 60 minuten	0,3531	0,3555	0,3586	0,3595
	+ 120 minuten	0,3527	0,3549	0,3577	0,3585

#### Ontwikkeling van ongevallen

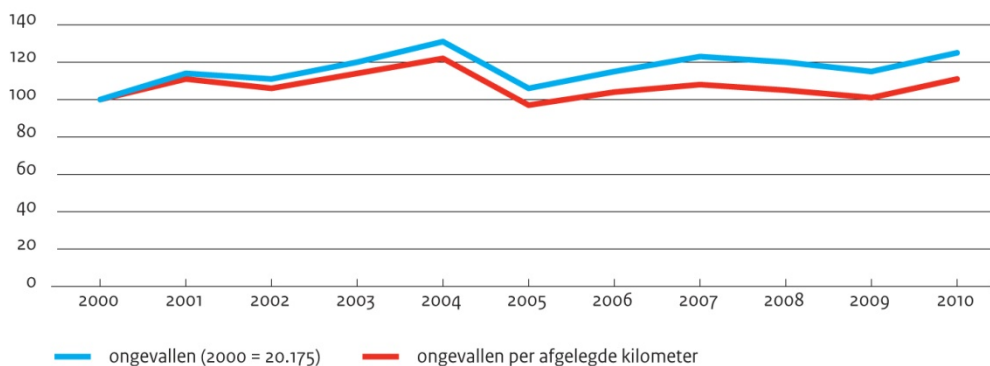
Om te bepalen wat het effect is van ongevallen op de ontwikkeling van de onbetrouwbaarheid en extreme reistijden, is gebruik gemaakt van registraties door de bergers en door de verkeerscentrales. Omdat de registraties door bergers en verkeerscentrales in de loop van de jaren steeds verder verbeterd zijn, is het lastig om te bepalen of het aantal in werkelijkheid toeneemt. Figuur D.1 geeft op basis van deze registraties een zo goed mogelijke raming van de ongevallen in de periode 2000-2010<sup>17</sup>. Het aantal ongevallen lijkt in de periode 2000-2010 met 25 procent te zijn toegenomen, maar schommelt sterk van jaar op jaar. Zoals gezegd, dienen deze cijfers met voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden, omdat de toename ook het gevolg kan zijn van een betere registratie. Per afgelegde kilometer is er sprake van een licht toenemende trend in de periode 2000-2010.

<sup>17</sup> Het aantal ongevallen dat bergers in 2007 registreerden, is 98,6 procent van het aantal dat de verkeerscentrales registreerden. De meldingen van bergers van 2000-2006 zijn opgehoogd naar het aantal meldingen door centrales in 2007. De data voor de jaren 2007-2010 zijn gebaseerd op de registraties door verkeerscentrales.

**Figuur D.1**

Raming aantal ongevallen op basis van registraties door bergers en verkeerscentrales op het hoofdwegennet (vooral voor 2006 is er sprake van onderregistratie).

Bron: KIM i.s.m. DVS.



#### *Omvang van incidenten*

Behalve ongevallen vinden er op het wegennet ook andere verstoringen plaats die kunnen leiden tot relatief grote reistijdverliezen voor de gebruiker. De verkeerscentrales registreren dergelijke incidenten (tabel D.3). Van de circa 124.000 incidenten zijn er circa 23.000 ongevallen. De invloed van deze overige incidenten op onbetrouwbaarheid en extreme reistijden kon nog niet bepaald worden, omdat de registraties van deze overige incidenten te laat voor de analyse beschikbaar kwamen.

**Tabel D.3**

Aantal incidenten geregistreerd door de verkeerscentrales op het hoofdwegennet in 2009

Bron: KIM i.s.m. DVS.

	<b>2009</b>
Gestrand voertuig	44.556
Object op de rijstrook	14.651
Object op de vluchtstrook	1.691
Ongevallen	23.121
Overig	40.229
<b>Totaal</b>	<b>124.248</b>



## Bijlage E Samenhang tussen reistijdverlies en verkeersomvang

### Vraagstelling

Waarom is er de laatste jaren geen eenduidig verband tussen de kortetermijnontwikkeling van de verkeersomvang en het reistijdverlies op nationaal niveau?

Sinds 2000 lijkt het reistijdverlies op het hoofdwegennet elk jaar sterker te reageren op de verkeersomvang dan in de jaren daarvoor (figuur 2.11). Tot 2008 is er op macroniveau een toename van reistijdverlies bij een relatief steeds kleinere toename van het verkeer. In 2009 nam het reistijdverlies af om in 2010 weer toe te nemen, terwijl het totale verkeer in die jaren ongeveer gelijk bleef (in totaal iets afnam). Dit staat haaks op de veronderstelling dat het reistijdverlies toeneemt door een toename van verkeer.

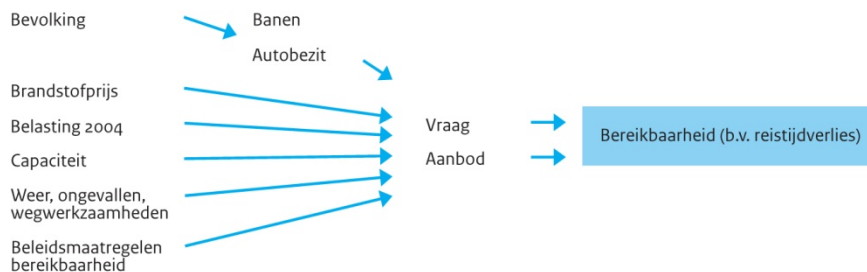
### Aanpak

Om bovengenoemde vraag te beantwoorden zijn analyses verricht naar de invloed van maatschappelijke en economische ontwikkelingen en beleidsmaatregelen, en naar de samenhang tussen de verkeersontwikkeling en het reistijdverlies.

### Overzicht van factoren

Om een overzicht te verkrijgen van de verschillende invloeden, zijn in figuur E.1 de belangrijkste veronderstelde bepalende factoren ter verklaring van het reistijdverlies in onderling verband gepresenteerd.

**Figuur E.1**  
Factoren die reistijdverlies kunnen beïnvloeden.  
Bron: KIM.



### Resultaten en conclusies

1) *Maatschappelijke en economische ontwikkelingen zijn de onderliggende oorzaak van het toenemende reistijdverlies.*

Maatschappelijke en economische ontwikkelingen hebben in de periode 2000-2008 meer reistijdverlies veroorzaakt dan op basis van een verkenning met het Landelijke Model Systeem zou worden verwacht (Olde Kalter et al., 2010). Het aantal kilometers afgelegd voor woon-werkverkeer is in die periode met 29 procent toegenomen (OVG/MON 2009, Ministerie van V&W, 2010). In de jaren 2008-2010 leidden maatschappelijke en economische ontwikkelingen juist tot beperking van het verkeer en het reistijdverlies. Zonder gerealiseerde beleidsmaatregelen zoals wegverbredingen zou het reistijdverlies groter zijn geweest (figuur 2.3).

De ontwikkeling van het reistijdverlies per wegvak op hoofdwegen in de periode 2000 tot 2010 wordt statistisch voor een groot deel (47%) verklaard door veranderingen in het aantal inwoners, het aantal banen en het autobezit per

gemeente per jaar (tabel 2.3; bijlage C). Voor een deel (19%) wordt deze ontwikkeling veroorzaakt doordat veranderingen in het aantal banen, de bevolking en het autobezit leidden tot meer verkeer en daardoor tot meer reistijdverlies; voor een ander deel (29%) doordat het reistijdverlies sterk reageerde op verandering in aantal banen, bevolking en autobezit. Verondersteld wordt dat deze sterke reactie het gevolg is van de relatief hoge intensiteiten ten opzichte van de capaciteit, vooral in de spits, op sommige delen van het hoofdwegenet.

2) *Geen aanwijzing dat vrachtverkeer mede bepalend is.*

In 2009 is de door het vrachtverkeer op Nederlands grondgebied afgelegde afstand afgenomen (bron CBS, tabel E.1). Er is geen verband tussen het aandeel vrachtverkeer en het reistijdverlies op hoofdwegen per wegvak per etmaal op werkdagen (tabel E.1). Dit duidt erop dat vrachtverkeer de ontwikkeling van het reistijdverlies in de periode 2000-2010 niet mede heeft bepaald. Het is niet uit te sluiten dat veranderingen in de hoeveelheid vrachtverkeer op bepaalde tijdstippen wel samenhangen met veranderingen in reistijdverlies op die tijdstippen. Vooral nog wordt ervan uitgegaan dat het aandeel vrachtverkeer niet of in beperkte mate mede bepalend is voor de ontwikkeling van het reistijdverlies.

Tabel E.1

Samenhang tussen het gemiddelde aandeel vrachtverkeer in de verkeersomvang en het reistijdverlies per wegvak op hoofdwegen.

Bron: *KiM*.

	Ontwikkeling aantal kilometers vrachtverkeer	Ontwikkeling van aandeel vrachtverkeer in verkeersomvang	Ontwikkeling reistijdverlies	Correlatie verandering aandeel vrachtverkeer en verandering reistijdverlies
2000-2008	9%	0,7%	55%	-0,04
2008-2009	-2%	-1,0%	-10%	-0,02
2009-2010		-0,9%	6%	-0,03

3) *De dynamiek van de verkeersdoorstroming veroorzaakt instabiliteit.*

Het fundamenteel diagram (Hoogendoorn et al., 2004 en Hoogendoorn & Hoogendoorn-Lanser, 2008) beschrijft de verkeersontwikkeling op microniveau. Naarmate het verkeer op de weg toeneemt, neemt de doorstroming af. Er is echter geen lineair verband tussen verkeerstoename en reistijdverlies. De doorstroming vermindert meer naarmate de verkeersintensiteit de maximale capaciteit nadert. De verkeersdoorstroming wordt dan instabiel. Een kleine toename van het verkeer of een kleine verstoring in het verkeersgedrag kan relatief veel reistijdverlies veroorzaken. Indien er veel reistijdverlies optreedt, neemt vervolgens het verkeer in omvang weer af, omdat de doorstroming belemmerd wordt. Deze dynamiek wordt getoond in figuur E.2 (Van der Loop et al., 2008). Deze figuur illustreert hoe de principes van het fundamenteel diagram doorwerken op twee trajecten. In sommige gevallen neemt de snelheid bij hoge intensiteiten enigszins af (bijvoorbeeld in de avondspits op de A2 in 2003 en 2006). In andere gevallen zijn er bij hoge intensiteiten soms hoge en soms lage snelheden. Lagere snelheden gaan vaak gepaard met een relatief lage verkeersintensiteit (bijvoorbeeld in de ochtendspits op de A2 in 2003 en 2006).

Deze terugslag op de verkeersomvang treedt ook op een hoger schaalniveau op. Uit figuur E.3 blijkt dat het reistijdverlies in de periode 2003-2007 vooral toenam in de Randstad tussen 6-10 en 15-19 uur. Het verkeer in de spits in de Randstad is, landelijk gezien, echter het minst toegenomen.

**Figuur E.2**

Het verband tussen verkeersintensiteit en snelheid op de A2 van Utrecht naar Amsterdam en op de A13 van Den Haag naar Rotterdam (per kwartier per locatie).

Van boven naar onder:

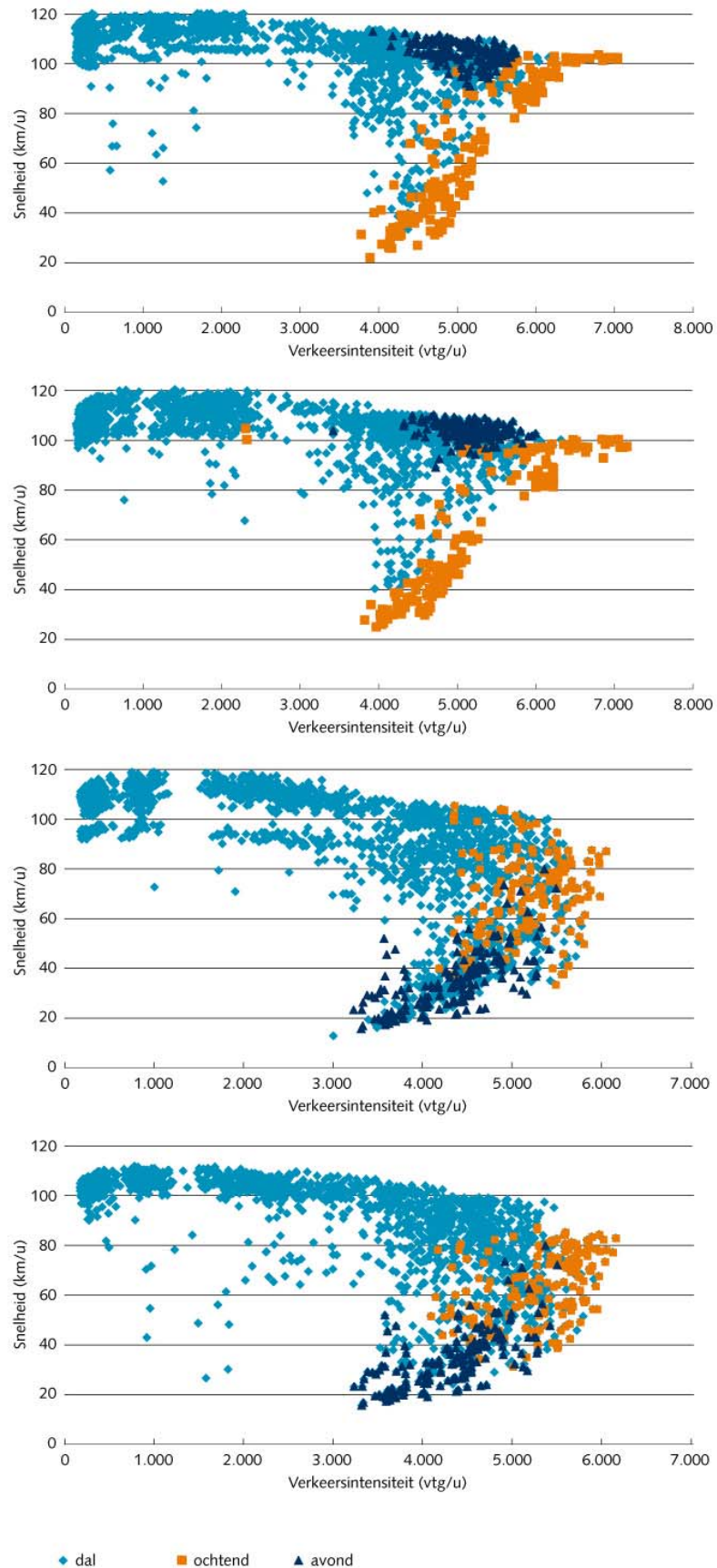
Speed-flow curve A2, 2003;

Speed-flow curve A2, 2006;

Speed-flow curve A13, 2003;

Speed-flow curve A13, 2006.

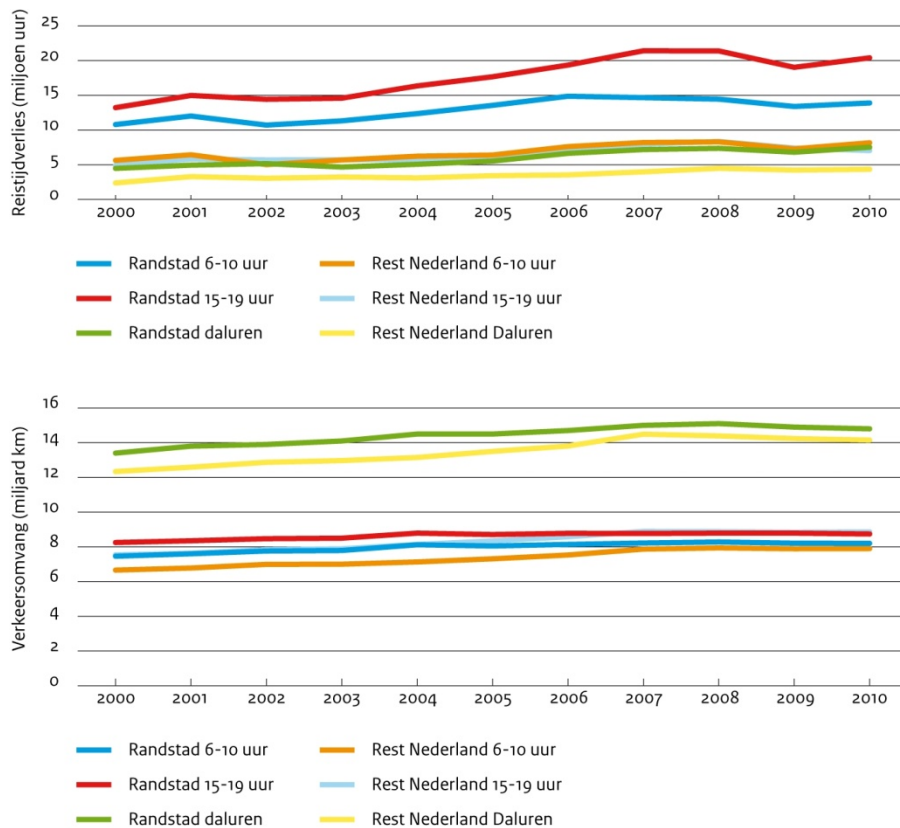
Bron: KiM.



Regressieanalyses op de jaarlijkse ontwikkeling van de verkeersomvang en het reistijdverlies op het hoofdwegenet laten zien dat de samenhang tussen verkeersomvang en reistijdverlies in de periode 2005-2010 sterker was dan in de periode 2000-2005. Bij een bepaalde verkeerstoename nam het reistijdverlies tussen 2005 en 2010 meer toe dan tussen 2000 en 2005. Over de hele periode 2000-2010 nam het reistijdverlies op hoofdwegen ten opzichte van de verkeerstoename gemiddeld toe met een factor 3,2 (vastgesteld op basis van de jaarcijfers van DVS in figuur E.3). In de jaren 2008-2010 was de samenhang tussen de verkeersontwikkeling en het reistijdverlies echter minder stabiel. Voorzichtigheid is daarom geboden bij het toepassen van vuistregels om het reistijdverlies af te leiden uit de landelijke verkeersontwikkeling.

**Figuur E.3**

Differentiatie verkeersomvang en reistijdverlies via het hoofdwegenet naar regio en tijd van de dag, 2000-2010.  
Bron: DVS







## Colofon

Dit is een uitgave van het  
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

April 2012  
Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM)

ISBN: 978-90-8902-096-3  
KiM-12-A02

### Auteurs:

Han van der Loop

Met medewerking van:

Jasper Willigers, Michiel de Bok en Marco Kouwenhoven van Significance

Jan Perdok en Rinus Haaijer van MuConsult

### Externe begeleidingsgroep:

Henk van Mourik (DGB), Florian van der Windt (DGB),

Jan Kees Hensems (DGB), Marcel Mulder (DVS),

Michèle Coëmet (DVS), Henk Taale (DVS), Hans Hilbers (PBL)

### Begeleidingsgroep KiM:

Jan van der Waard, Peter Jorritsma, Pim Warffemius,

Jaap Anne Korteweg, Fons Savelberg, Hans Wüst

### Vormgeving en opmaak:

Huisstijl MinIenM

### Opmaak figuren en grafieken:

Studio Guido van der Velden B.V., Rijswijk

### Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM)

Postbus 20901

2500 EX Den Haag

Telefoon : 070 456 1965

Fax : 070 456 7576

Website : [www.kimnet.nl](http://www.kimnet.nl)

E-mail : [info@kimnet.nl](mailto:info@kimnet.nl)

Publicaties van het KiM zijn aan te vragen bij het KiM (via [kimpublikaties@minienm.nl](mailto:kimpublikaties@minienm.nl)) of als PDF te downloaden van onze website [www.kimnet.nl](http://www.kimnet.nl). U kunt natuurlijk ook altijd contact opnemen met één van onze medewerkers.

*Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen onder vermelding van het KiM als bron.*

Dit is een uitgave van het

**Ministerie van Infrastructuur en Milieu**

Postbus 20901 | 2500 EX Den Haag  
[www.rijksoverheid.nl/ienm](http://www.rijksoverheid.nl/ienm)

[www.kimnet.nl](http://www.kimnet.nl)

ISBN: 978-90-8902-099-4  
Mei 2012 | KIM-12-A04