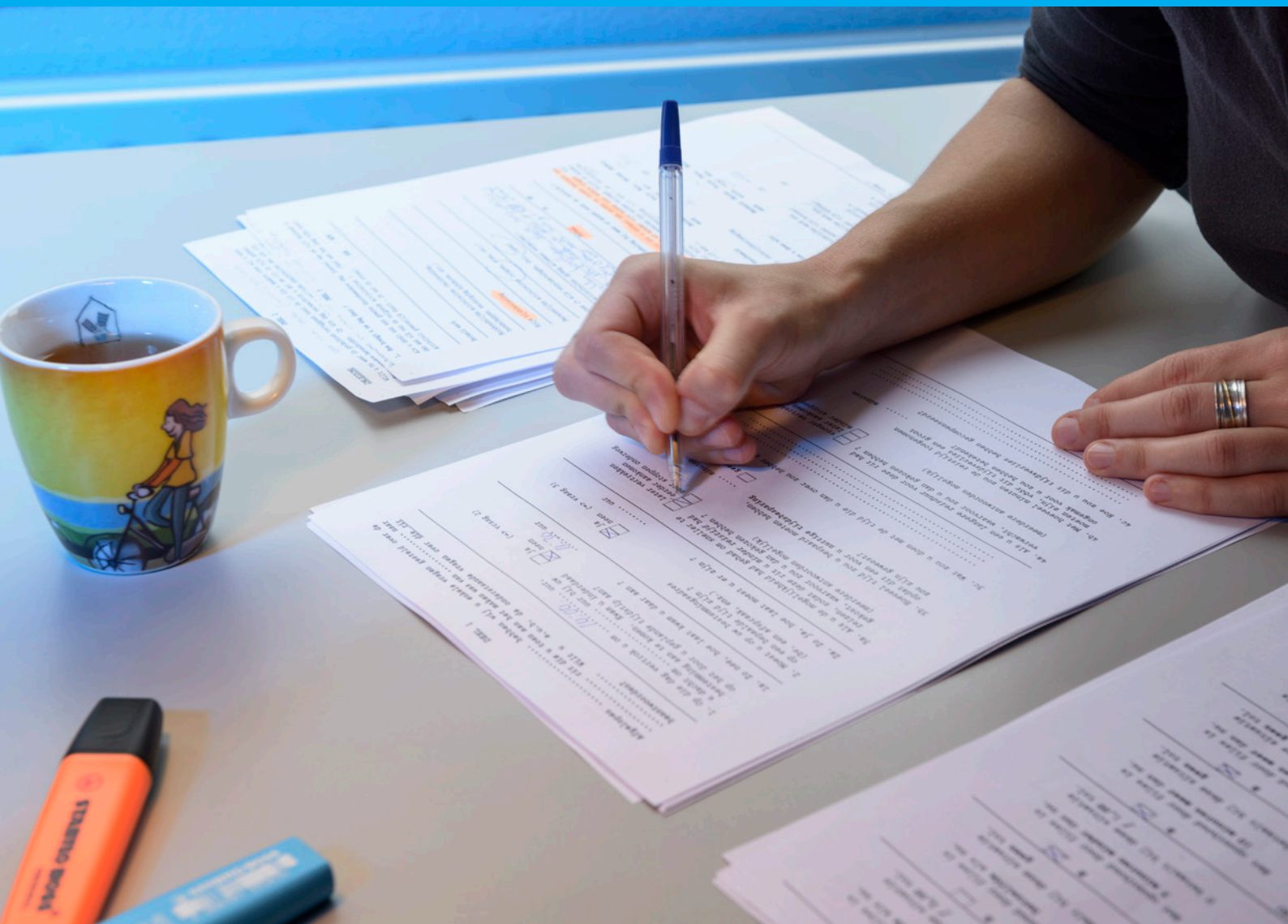
Inhoudsopgave

Data en methodieken 2

- Methodiek decompositie-analyse. 3
- Onderzoek Verplaatsingen in Nederland. 6
- Verdieping van de verklaring van het treingebruik 2005-2016. 11
- Gebruikscijfers bus, tram en metro. 12
- Modellering regionale analyses personenvervoer. 13
- Beschrijving van de ramingsmethodiek ter verklaring van de ontwikkelingen in reistijdverlies, verkeersprestatie en reistijdbetrouwbaarheid. 19
- Methodiek ter verklaring van reistijdverlies. 19
- Methodiek ter verklaring van de verkeersomvang 33
- Methodiek ter verklaring van reistijdbetrouwbaarheid, extreme reistijden, totale en gemiddelde reistijd. 34
- Methodiek ter verklaring van het effect van externe factoren en van recessie. 38
- Effecten van 'Het Nieuwe Werken'. 39
- Berekening van reistijdverlies op provinciale en gemeentelijke wegen 41
- Berekening van de maatschappelijke kosten door files en vertragingen. 45
- De Bereikbaarheidsindicator (BBI). 47
- Berekening maatschappelijk belang. 49
- Reistijdwaarderingen 50
- Model voor wegverkeer en congestie. 52
- Methodiek toekomstige ontwikkeling luchtvaartpassagiers 56
- Methodiek verwachtingen voor de zee- en luchtvracht 58

Data en methodieken



Methodiek decompositie-analyse.

Verandering naar drie componenten

Om de ontwikkelingen in het vervoerwijzegebruik nader te duiden, zijn deze op basis van een zogenoemde decompositie-analyse uiteengelegd in de componenten 'meer', 'vaker' en 'verder'. Het KiM gebruikt deze analysemethode in het jaarlijkse Mobiliteitsbeeld om de ontwikkelingen in de automobiliteit en het fietsgebruik te verklaren. De decompositie-analyse rafelt de groei van de mobiliteit uiteen in drie componenten:

1. 'Meer': door toename van de bevolking neemt het aantal mensen dat verplaatsingen maakt toe;
2. 'Vaker': per persoon wordt voor een activiteit gemiddeld vaker een verplaatsing gemaakt. Dit effect kan op drie manieren staan:
   - doordat een groter deel van de bevolking deelneemt aan een activiteit;
   - doordat een individu vaker deelneemt aan een activiteit;
   - of doordat iemand er vaker voor kiest met een bepaald vervoermiddel naar een activiteit toe te gaan; het totale aantal reizen voor die activiteit neemt dus toe.
3. 'Verder': per verplaatsing worden meer kilometers afgelegd. Een voorbeeld: doordat werknemers steeds verder van hun werk wonen, neemt per werkende de gemiddelde reisafstand voor woon-werkverkeer toe.

Toelichting op methodiek en componenten

De groei van het autogebruik of van andere modaliteiten wordt uitgedrukt in de groei van het aantal afgelegde kilometers. Deze groei wordt bepaald op basis van cijfers uit het OVG/MON/OViN (zie: Data en methodieken '*Onderzoek Verplaatsingen in Nederland*'). Vervolgens wordt de afzonderlijke bijdrage van de drie bovengenoemde componenten bepaald.

Het aantal kilometers in jaar t is:

$$km_t = \frac{km_t}{vpl_t} \times \frac{vpl_t}{inw_t} \times inw_t \qquad (1)$$

Het aantal kilometers in jaar t wordt dus bepaald door de verplaatsingsafstand (km/vpl) te vermenigvuldigen met het aantal verplaatsingen per inwoners (vpl/inw) en het aantal inwoners (inw).

De groei van het aantal kilometers, uitgedrukt in de verhouding van de kilometrages in eindjaar t=2 en beginjaar t=1, wordt dan:

$$\frac{km_2}{km_1} = \frac{\frac{km_2}{vpl_2}}{\frac{km_1}{vpl_1}} \frac{\frac{vpl_2}{inw_2}}{\frac{vpl_1}{inw_1}} \frac{inw_2}{inw_1} \qquad (2)$$

De verplaatsingsafstand (km/vpl), de verplaatsingsfrequentie (vpl/inw) en het aantal inwoners (inw) veranderen van jaar tot jaar en vormen daarmee de basis voor de afleiding van de gewenste componenten.

I. Veranderingen in de demografie (component 'meer')

De demografische bijdrage aan de groei van de mobiliteit wordt berekend onder de aanname dat alleen de bevolking verandert. Oftewel, wat zou de groei zijn geweest als de verplaatsingsafstand en -frequentie niet wijzigen? Met die aanname wordt het aantal kilometers in jaar 2 als volgt berekend:

$$km_2^{meer} = \frac{inw_2}{inw_1} \times km_1 \tag{3}$$

Voor de bijdrage van de component 'meer' aan de groei van het aantal kilometers geldt dan:

$$\Delta km^{meer} = km_2^{meer} - km_1 = \frac{inw_2}{inw_1} km_1 - km_1 = \left(\frac{inw_2}{inw_1} - 1\right) km_1 \tag{4}$$

II. Veranderingen in de verplaatsingsfrequentie (component 'vaker')

Op analoge wijze wordt de extra bijdrage door de verandering van de verplaatsingsfrequentie berekend. Vergelijking (2) wordt dan:

$$\frac{km_2^{meer+vaker}}{km_1} = \frac{\frac{vpl_2}{inw_2}}{\frac{vpl_1}{inw_1}} \frac{inw_2}{inw_1} \tag{5}$$

Omdat in (5) ook de verandering van het aantal inwoners wordt meegenomen, moet hier nog voor worden gecorrigeerd. Daarmee wordt de – extra – bijdrage aan het kilometerverschil van de component 'vaker':

$$\Delta km^{vaker} = km_2^{meer+vaker} - km_2^{meer} = \frac{\frac{vpl_2}{inw_2}}{\frac{vpl_1}{inw_1}} \frac{inw_2}{inw_1} km_1 - \frac{inw_2}{inw_1} km_1 = \left(\frac{vpl_2}{vpl_1} - \frac{inw_2}{inw_1}\right) km_1 \tag{6}$$

III. Veranderingen in de afgelegde afstanden (component 'verder')

Op analoge wijze wordt de extra bijdrage van de verandering van de verplaatsingsafstand bepaald door:

$$km_2^{meer+vaker+verder} - km_2^{meer+vaker} \tag{7}$$

Omdat volgens vergelijking (2) $km_2^{meer+vaker+verder}$ gelijk is aan het uiteindelijke aantal kilometers in jaar 2, wordt dit vereenvoudigd tot:

$$km_2 - km_2^{meer+vaker} = \frac{\frac{km_2}{vpl_2}}{\frac{km_1}{vpl_1}} \frac{\frac{vpl_2}{inw_2}}{\frac{vpl_1}{inw_1}} \frac{inw_2}{inw_1} km_1 - \frac{\frac{vpl_2}{inw_2}}{\frac{vpl_1}{inw_1}} \frac{inw_2}{inw_1} km_1 = \left(\frac{km_2}{km_1} - \frac{vpl_2}{vpl_1}\right) km_1 \quad (8)$$

Het kilometerverschil tussen begin- en eindjaar $(km_2 - km_1)$ kan nu worden uitgedrukt in de gewenste decompositie, als de som van de vergelijkingen (4), (6) en (8):

$$km_2 - km_1 = \left(\frac{km_2}{km_1} - \frac{vpl_2}{vpl_1}\right) km_1 + \left(\frac{vpl_2}{vpl_1} - \frac{inw_2}{inw_1}\right) km_1 + \left(\frac{inw_2}{inw_1} - 1\right) km_1 \quad (9)$$

Disaggregatie naar deelsegmenten

Voor de berekening van de decompositie volgens vergelijking (9) zijn gegevens nodig over het aantal kilometers, het aantal verplaatsingen en het aantal inwoners in het beginjaar en in het eindjaar. Daarbij kunnen landelijke of regionale totaalcijfers worden gebruikt, bijvoorbeeld voor de fietsmobiliteit of voor de automobiliteit.

Een decompositie waarin rekening wordt gehouden met deelsegmenten, kan behoorlijk afwijken van een decompositie waarin alleen naar de totaalcijfers wordt gekeken. Dat komt doordat ontwikkelingen van deelsegmenten zeer sterk uiteenlopen. Illustratief zijn de verschillen tussen jongere en oudere leeftijdsgroepen, die zowel een verschillende ontwikkeling kennen in het mobiliteitsgedrag (componenten 'verder' en 'vaker') als in de demografische ontwikkeling (component 'meer'). Ook uiteenlopende ontwikkelingen van de verschillende reismotieven tussen leeftijdsgroepen kunnen dit effect veroorzaken. Hetzelfde geldt voor verschillen tussen gebieden of steden.

Onderzoek Verplaatsingen in Nederland.

Mobiliteitstrends

Het KiM haalt veel mobiliteitsinformatie uit de mobiliteitsenquête OVG-MON-OViN[1].
Deze enquête registreert ieder jaar voor een steekproef onder de inwoners van Nederland hun verplaatsingsgedrag gedurende een dag. Doordat de drie onderzoeken deels eenzelfde opzet hebben, is een datareeks over een groot aantal jaren ontstaan. De steekproefgrootte van OVG/MON is sinds 2002 sterk afgenomen, namelijk van ruim 160.000 respondenten in 1995 tot een niveau van ongeveer 40.000 respondenten sinds 2008. Hierdoor zijn de steekproeffluctuaties van jaar tot jaar op een zodanig niveau gekomen dat het problematisch wordt de resultaten direct te interpreteren. Daarom gebruikt het KiM geen directe mobiliteitsgegevens uit het OVG/MON maar een trendschatting.

In 2010 is de opzet van het steekproefonderzoek gewijzigd en is de naam veranderd in Onderzoek Verplaatsingen in Nederland (OViN). De onderzoeksmethode van het OViN wijkt af van die van het oude MON/OVG, onder andere op het vlak van de respondentenbenadering en de ophoging van de steekproef. Omdat de grootte van het methode-effect van de overgang van MON naar OViN nog niet bekend is, hebben we hiervan een schatting gemaakt. Om de trend tot en met 2013 zo goed mogelijk te kwantificeren, hebben we in het Mobiliteitsbeeld 2017 gebruikgemaakt van OVG 1994 tot en met 2003, MON 2004 tot en met MON 2009 en OViN 2010 tot en met OViN 2016.

In 2014 heeft het CBS de mobiliteitscijfers herzien die eerder waren gepresenteerd op basis van het OViN 2010 tot en met 2012. In deze revisie van de OViN-cijfers zijn enkele verbeteringen van de methode doorgevoerd. Een belangrijke wijziging betreft een verbetering van de weging, waardoor het gebruik van het openbaar vervoer nu hoger uitkomt en beter aansluit bij de cijfers van NS. Een andere belangrijke wijziging betreft een verbetering van de methodiek voor de bijschatting van het aantal naar-huis-verplaatsingen van respondenten die vergeten zijn te rapporteren dat ze aan het eind van de dag naar huis zijn gegaan. Toepassing van deze verbeterde methodiek op OViN 2010 tot en met 2012 leidde tot een wijziging van het aantal naar-huis-verplaatsingen. In het Mobiliteitsbeeld 2017 is gebruikgemaakt van de door het CBS herziene cijfers voor het OViN 2010 tot en met 2012.

Oorzaken van methode-effecten door overgang van MON naar OViN

Het OViN heeft hetzelfde doel als zijn voorgangers OVG (tot en met 2003) en MON (2004 tot en met 2009), namelijk het in kaart brengen van de dagelijkse mobiliteit van Nederlanders. Desondanks zullen er door de overgang van MON naar OViN methode-effecten optreden. De belangrijkste oorzaken hiervan sommen we hieronder op.

Overgang naar mixed-mode-strategie

Bij de invoering van OViN in 2010 is een meer toekomstbestendige mixed-mode-benaderingsstrategie gehanteerd, die de bij OVG/MON toegepaste papieren vragenlijsten met telefonische motivatie vervangt. Volgens deze nieuwe strategie start de enquête met een bevraging via het internet. Als dit na een aantal herinneringen niet tot respons leidt, volgt een telefonische bevraging. Personen die telefonisch niet bereikbaar zijn, worden uiteindelijk *face-to-face* bevraagd. Hoewel is getracht de OViN-gegevens zoveel mogelijk te laten aansluiten bij de OVG/MON-gegevens, kan deze benaderingsstrategie methode-effecten veroorzaken.

Verbeterde ophoging

Bij het OViN is de methodiek van weging en ophoging van OVG/MON verbeterd door gebruik te maken van nieuwe mogelijkheden om op respondentenniveau de verzamelde informatie te koppelen met informatie uit de kentekenregistratie (informatie over autobezit), de gemeentelijke basisadministratie (huishoudinkomen, maatschappelijke participatie) en gegevens van de belastingdienst (bijtellingen voor privégebruik van leaseauto's). Deze verbetering gaat zeker gepaard met – merkbare – methode-effecten, vooral in de gegevens over het autogebruik.

Aangepaste bevraging beroepsmatige verplaatsingen

Om beroepsmatige verplaatsingen beter in kaart te kunnen brengen, krijgen personen die aangeven een beroepsmatige verplaatsing te hebben gemaakt, bij het OViN een apart vragenblok voorgelegd. Meestal maken mensen meerdere van dergelijke verplaatsingen voor hun werk op één dag. Respondenten wordt alleen gevraagd naar de begin- en eindtijd,

1 OVG: Onderzoek Verplaatsingsgedrag; MON: Mobiliteitsonderzoek Nederland; OViN: Onderzoek Verplaatsingen in Nederland.

de totale afstand en de gebruikte vervoerwijze(n) van die beroepsmatige verplaatsing. Hiermee wordt non-respons voorkomen, die kan ontstaan wanneer hun (zoals bij OVG/MON) wordt gevraagd om de informatie van alle afzonderlijke (mogelijk vele) verplaatsingen in te vullen.
Doordat blokken met meerdere beroepsmatige verplaatsingen zo als één verplaatsing in het bestand worden vermeld, hebben het aantal beroepsmatige verplaatsingen en de verplaatsingsafstand niet meer hun gebruikelijke betekenis. De – totale – reisduur van beroepsmatige verplaatsingen blijft wel bruikbaar, maar vertoont mogelijk methode-effecten, mede als gevolg van de eerder genoemde verbeterde ophoogmethodiek.

Methodiek van schatting van trend en OViN-methode-effect

Gedisaggregeerde analyse

Het doel van de trendschatting is de mobiliteitsontwikkelingen in de tijd zo goed mogelijk in kaart te brengen, rekening houdend met het methode-effect van de overgang van MON naar OViN in combinatie met de aanzienlijke steekproeffluctuaties.
Omdat de mobiliteitsontwikkelingen in de tijd over verschillende demografische groepen (naar geslacht en leeftijd) sterk uiteen kunnen lopen en omdat de ontwikkelingen per groep ook per motief kunnen verschillen, is het voor de zuiverheid van de trendschatting van de totale mobiliteit van belang om de analyse op gedisaggregeerd niveau uit te voeren. Bij deze disaggregatie is onderscheid gemaakt naar acht vervoerwijzen (autobestuurder, autopassagier, trein, bus/tram/metro, bromfiets, fiets, lopen en overig, hierna aangegeven met de letter V), beide geslachten (G), negen leeftijdsgroepen (L: 0-11, 12-17, 18-24, 25-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-64 en 65+) en vijf motieven (M): werkgerelateerd (woon-werk + zakelijk), vrije tijd (visite/logeren + sociaal-recreatief + toeren/wandelen), winkelen, onderwijs, en overige (diensten/persoonlijke verzorging + overig).
Door sommatie van de groepsanalyseresultaten kunnen aggregaten worden bepaald voor de totale mobiliteit van die vervoerwijze en voor elke gewenste combinatie van leeftijdsgroep, geslacht, motief en vervoerwijze.

Opsplitsing van de mobiliteit in drie componenten

De ontwikkeling van de mobiliteit van elke groep wordt beïnvloed door zowel demografische als gedragseffecten ('vaker' en 'verder'). Om de modellering van het mobiliteitsverloop van alle groepen op een systematische en uniforme wijze te kunnen uitvoeren, wordt de mobiliteit (km) per groep (V, G, L, M) in drie delen opgesplitst:

*km = km/rit * rit/pers * pers*

Waarbij km staat voor de ritafstand, *rit* voor het aantal ritten en *pers* voor het aantal personen binnen een groep. Het aantal kilometers wordt dus beschreven als het product van de ritafstand (km/rit), de ritfrequentie (rit/pers) en het aantal personen (pers). Hiervan is het aantal personen exact bekend. De resterende twee delen (*km/rit* en *rit/pers*) zijn niet exact bekend omdat ze afkomstig zijn van de steekproefgegevens van OVG, MON en OViN. Daarom wordt voor deze twee delen per groep een trend geschat.

Met ingang van het Mobiliteitsbeeld 2016 is een andere methodiek van trendschatting gebruikt dan voorheen: er is gebruikgemaakt van zogenoemde *state space*-modellen (toestandsruimtemodellen). Tot en met het Mobiliteitsbeeld 2015 werd gebruikgemaakt van parametrische krommen die de algemene karakteristieke patronen in de gegevens beschrijven. Deze parametrische aanpak is in eerste instantie gekozen vanwege de geringere gevoeligheid voor de methode-effect en steekproefruis. Met de toename van de reekslengte werd deze aanpak echter steeds complexer, mede vanwege de veranderende mobiliteitspatronen in de nasleep van de economische crisis. *State space*-modellen bieden de mogelijkheid om de trend op een meer generieke manier te schatten.

Bij de trendanalyses voor het Mobiliteitsbeeld 2017 is de veelgebruikte 'lokaal lineaire trend'-variant van het *state space*-modelprincipe gebruikt. Dit model kan gezien worden als een in oorsprong lineair model, waarbij de regressiecoëfficiënten tijdafhankelijk kunnen worden geschat. Als de waarnemingen een vrijwel lineair verloop hebben, zal het resultaat vrijwel identiek zijn aan een standaard lineaire regressielijn. Als de waarnemingen een duidelijk niet-lineair verloop vertonen, dan krijgen de regressiecoëfficiënten een bepaalde mate van tijdafhankelijkheid, waarmee de trend de nodige flexibiliteit krijgt om het niet-lineaire verloop te kunnen beschrijven.

Omdat *state space*-modellen, zeker in combinatie met een methodebreuk, erg gevoelig kunnen zijn voor steekproefruis, is extra aandacht besteed aan het beperken van deze gevoeligheid. In het model wordt voor elke waarneming

expliciet gemodelleerd in welke mate het een grote afwijking – een zogenoemde uitbijter – betreft. Hoe sterker het uitbijterkarakter van een waarneming, hoe minder sterk deze waarneming in de trendschatting wordt meegewogen.

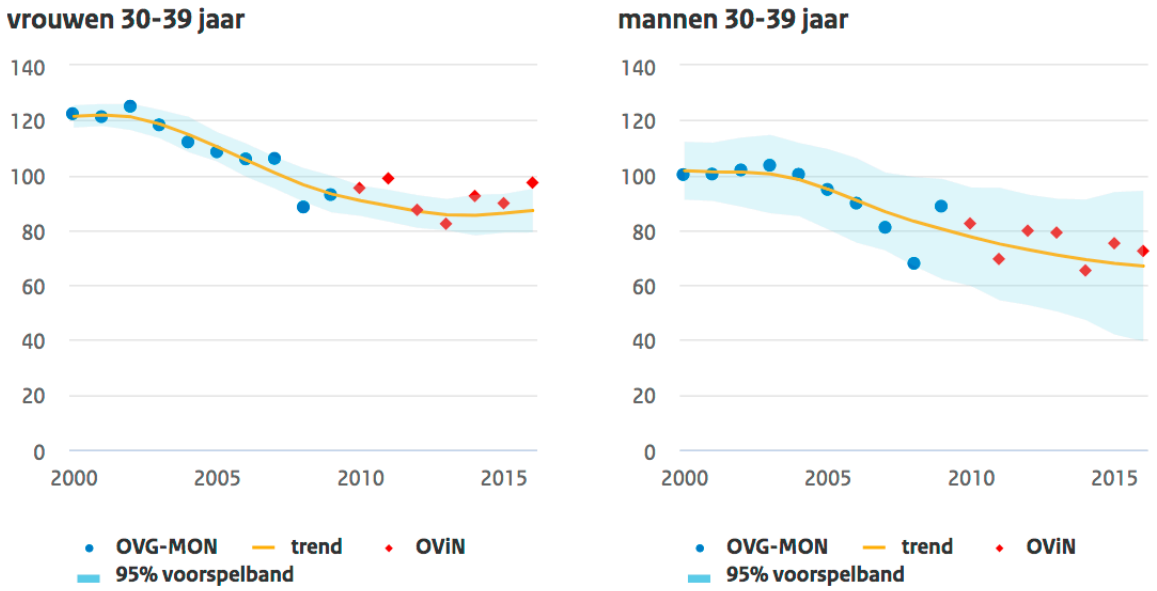
Deze uitbijtermodellering maakt de voorheen aparte modellering van de effecten van de onterechte vakantiemobiliteit in MON 2004 en 2005 overbodig en lijkt bij de vervoerwijze fiets ook afdoende om de overmatige invloed van de grote uitbijters in 2014 te voorkomen. Evenals voor het Mobiliteitsbeeld 2015 zijn de trends waar nodig gecorrigeerd voor weersinvloeden.

Bij de analyses is rekening gehouden met het verloop van de steekproefgrootte (binnen elke groep). Hoe kleiner het aantal respondenten in een bepaalde groep (in een bepaald jaar), hoe minder gewicht de betreffende steekproefuitkomst krijgt. Dit komt ook tot uiting in de breedte van de 95 procent-voorspelbanden (zie onderstaande figuur).

Omdat het *state space*-model niet gevoelig genoeg is om de voor de autobestuurder relatief grote en dynamische invloed van de economische crisis te beschrijven, is het *state space*-model – alleen voor de autobestuurder – uitgebreid met een parametrische S-vormige kromme, zoals ook voorheen gebruikt werd. Deze kromme beschrijft de directe verandering door de economische crisis met een S-vormige periode van verandering, met aanvang in 2008 en voltooiing in 2010. De grootte van deze verandering wordt per deelgroep door het model geschat. Het herstel van de crisis vanaf 2011 wordt voor alle deelgroepen beschreven als een vast deel van het voor die groep geschatte crisiseffect. Anders gezegd: er is aangenomen dat de (herstel)fractie voor alle groepen gelijk is.

Voor de autopassagier bleek het *state space*-model(nog) niet in staat om de motieven vrijetijd en overige goed te kunnen onderscheiden. Het resultaat voor het totaal van deze twee motieven is betrouwbaar, maar de splitsing ervan niet. Daarom worden in dit Mobiliteitsbeeld de decompositieresultaten voor de autopassagier vooralsnog alleen voor de som van de motieven vrijetijd en overige gepresenteerd en niet voor de afzonderlijke motieven.

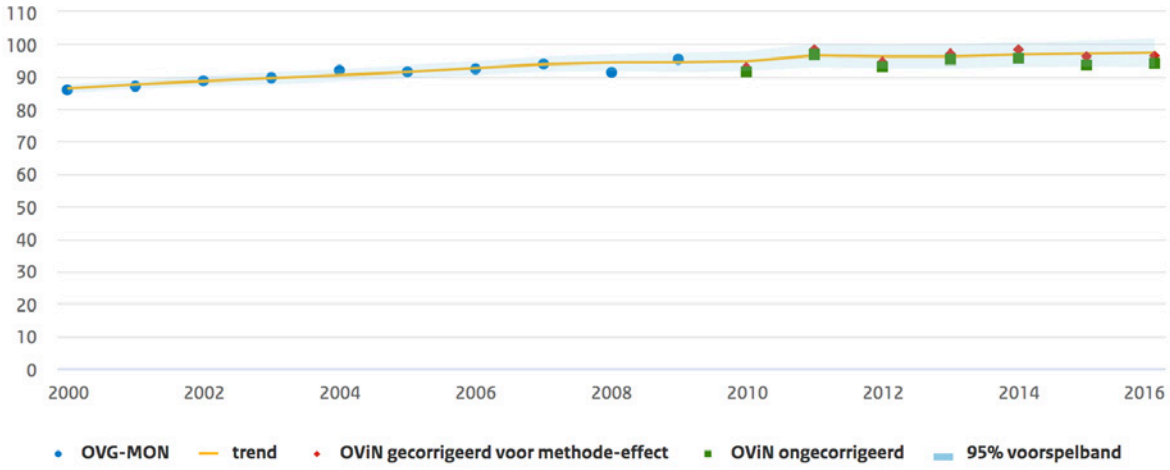
Onderstaande figuur illustreert de resultaten aan de hand van de ontwikkeling van het aantal winkelritten per persoon voor mannelijke en vrouwelijke automobilisten van 30-39 jaar.



Figuur 1: ontwikkeling van het aantal winkelritten per persoon van 30- tot 39-jarige autobestuurders.

Uit bovenstaande figuur 1 wordt duidelijk dat er voor de twee afgebeelde groepen niet merkbaar sprake is van een methode-effect van de overgang van MON naar OViN. Er zijn echter groepen waarbij dit wel het geval is. Voor alle groepen is daarom een OViN-methode-effect geschat, zowel voor de ritfrequentie als voor de ritafstand.

De schatting van de trend van het totaal aantal kilometers als autobestuurder, gebaseerd op de sommatie over alle groepen (geslacht, leeftijd en motief), wordt weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 2. Totaal aantal kilometers (in miljarden) van autobestuurders.

Verschillen StatLine en KiM

De mobiliteitsgegevens op CBS StatLine (http://cbs.statline.nl) komen hoger uit dan de cijfers van het KiM. Dat komt doordat de CBS-cijfers bestaan uit de OViN-kilometers aangevuld met een bijschatting van het aantal vakantiekilometers. De KiM-trends zijn alleen gebaseerd op de OVG, MON- en OViN-gegevens, dus exclusief de vakantiebijschatting.

Verdieping van de verklaring van het treingebruik 2005-2016.

Om de ontwikkeling van het treingebruik te kunnen verklaren in het Mobiliteitsbeeld, is in vorige jaren steeds gebruikgemaakt van een methodiek die gebaseerd is op landelijke ontwikkelingen van determinanten van treingebruik en elasticiteiten om het effect van deze ontwikkelingen op treingebruik te bepalen. Omdat de toename van het treingebruik steeds minder goed met deze methodiek verklaard kon worden, hebben we dit jaar gebruikgemaakt van meer diepgaande analyses met het Landelijk Model Systeem (LMS) van de dienst Water, Natuur en Leefomgeving van Rijkswaterstaat.

Het KiM veronderstelt dat het treingebruik wordt beïnvloed door verschillende demografische, ruimtelijke en sociaaleconomische factoren, door veranderingen in de kenmerken van de dienstverlening en de tarieven en door veranderingen in alternatieve modaliteiten. Met het LMS zijn simulaties uitgevoerd (runs) van het treingebruik in 2004, 2010 en 2014 om de effecten van al deze factoren op treingebruik af te kunnen leiden. Van deze jaren is veel informatie beschikbaar omtrent de beïnvloedende factoren (groeifactoren). Deze informatie is in samenwerking met ProRail en NS aangevuld. In een volgende stap zijn de resultaten hiervan geëxtrapoleerd naar de periode 2005-2016. Voor meer informatie, zie: Rapport 'Verdieping verklaring gebruik van openbaar vervoer 2005-2016'.

	2005	**2016**
Aantal inwoners	100	104,2
Werkzame personen	100	105,2
Huishoudinkomen	100	103,5
Studentenkilometers trein	100	114,0
Aantal auto's (totaal)	100	115,9
Schiphol	100	144,2
Brandstofprijs	100	96,6
Congestie hoofdwegennet	100	109,0
Level of service trein		
• Reistijd in voertuig	100	97,0
• Reistijd voor overstappen	100	83,8
• Reistijd i.v.m. frequenties	100	84,0
Treintarief	100	111,5

Tabel 1. Ontwikkeling verklarende factoren van treingebruik 2005-2016

Geraadpleegde bronnen.

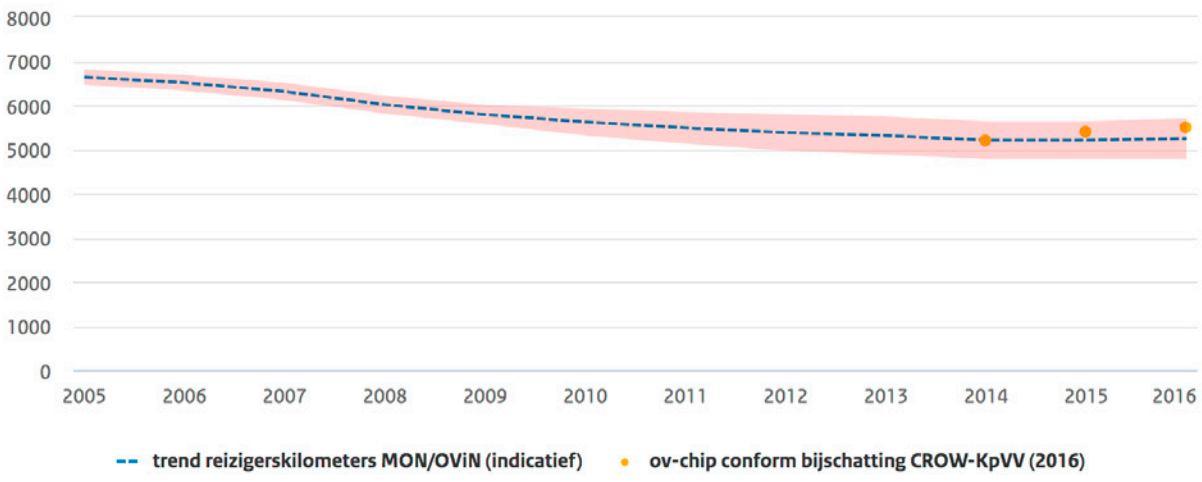
KiM (2017). *Verdieping verklaring gebruik van openbaar vervoer 2005-2016*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (te verschijnen).

Gebruikscijfers bus, tram en metro.

Vanwege een methodebreuk in 2011 (waarin de zogeheten WROOV-reeks ophield te bestaan) moet worden uitgeweken naar een andere bron om een indicatief beeld te krijgen van de ontwikkeling van het gebruik van bus, tram en metro over de periode 2005-2016.

Met de publicatie van CROW-KpVV (2016) waren in 2016 voor het eerst sinds 2011 weer gebruikscijfers van bus, tram en metro bekend. Deze cijfers zijn berekend op basis van ov-chipkaartdata. Vorig jaar zijn ook op een geaggregeerd niveau ov-chipkaartdata over de jaren 2013-2015 vrijgegeven via de zogeheten Landelijke Productregisseur (LPR) van de door de vervoerders opgerichte Service Verlening Openbaar Vervoer. De meerwaarde van de CROW-KpVV-data is dat de gebruikte cijfers van verschillende vervoerders en regio's optimaal vergelijkbaar worden gemaakt en bij elkaar kunnen worden opgeteld, bijvoorbeeld voor de uniforme omgang met vergeten check-ins en check-outs. In de LPR-data is dat op dit moment nog niet het geval. Het KiM werkt daarom voor het Mobiliteitsbeeld niet met de LPR-data en neemt de CROW-KpVV-ramingen over.
CROW-KpVV raamt het gebruiksvolume van reizigerskilometers in 2014 en 2015 op ruim 5 miljard (CROW, 2016), en voor 2016 op 5,5 miljard (CROW, 2017). Dat past goed binnen de bandbreedte (grijze lijnen om de trendlijn in onderstaande figuur) die het KiM schat voor het gebruik van bus, tram en metro. Die schatting is gemaakt op basis van data uit doorlopend onderzoek door het CBS naar het verplaatsingsgedrag van mensen in Nederland over alle vervoerwijzen (MON, respectievelijk OViN). De datareeks MON/OViN lijkt daarom bruikbaar voor een indicatie van de ontwikkeling over een langere periode.

Omdat het aantal ov-verplaatsingen in de steekproef van MON/OViN klein is, zijn uitspraken over de ontwikkeling van het totale gebruiksvolume op basis van deze dataset slechts indicatief. Meer gefundeerde uitspraken over de langjarige ontwikkeling in het totale gebruik van bus, tram en metro, zijn mogelijk zodra een langere reeks van jaren met ov-chipkaartdata beschikbaar is.



Figuur 1: Ontwikkeling trend reizigerskilometers bus, tram metro 2005-2015 (in miljarden reizigerskilometers) Bron: MON/OViN, bewerking KiM. CROW-KpVV (2016).

Geraadpleegde bronnen.

CROW-KpVV (2016). Factsheet vervoeromvang regionaal ov 2014 en 2015. Ede: CROW-KpVV.

CROW (2017). Stads- en streekvervoer in 2016 licht gegroeid. In: V&V Bericht, oktober 2017. Ede: CROW.

Modellering regionale analyses personenvervoer.

Inleiding

Voor de regionale analyses van het Mobiliteitsbeeld 2017 zijn de pendelverplaatsingen gericht op de kerngemeentes van stedelijke gewesten gemodelleerd. De stadsgewestelijke indeling is gebaseerd op een CBS-gewestindeling (Vliegen, 2005).

In de regionale analyses worden drie herkomst-bestemmingsrelaties (HB-relaties) onderscheiden:
HB-1 - pendelverplaatsing binnen kerngemeente;
HB-2 - pendelverplaatsing van/naar kerngemeente naar/van gemeentes in hetzelfde stadsgewest;
HB-3 - pendelverplaatsing van/naar kerngemeente naar/van gemeentes buiten het stadsgewest.

Het doel van de analyse is een beschrijving te geven van de verandering van de pendelmobiliteit in 2016 ten opzichte van het basisjaar 2005. De analyse richt zich op pendelverplaatsingen, pendelkilometers, gemiddelde pendelafstand, gemiddelde pendelduur en de modal split voor de bovengenoemde drie HB-relaties. Er is onderscheid gemaakt naar de hoofdvervoerwijzen autobestuurder, trein, bus-tram-metro, fiets en overige hoofdvervoerwijzen.

Modelaanpak

De analyse is uitgevoerd op basis van MON-OViN-gegevens uit de periode 2004 tot en met 2016. Het modelleren van deze mobiliteitsgegevens wordt bemoeilijkt door de MON-OVIN-methodebreuk in 2010. Het, analoog aan de landelijke KiM-trends (zie Data en methodieken: '*Onderzoek Verplaatsingen in Nederland*'), modelleren van de methodebreuken is op dit detailniveau rekentechnisch te intensief en vanwege de, met de lagere celvulling samenhangende, relatief grote steekproefruis niet of nauwelijks uitvoerbaar.

Dit probleem is omzeild door een aanpak te volgen waarbij geen methodebreuken gemodelleerd hoeven te worden. Deze aanpak maakt gebruik van het gegeven dat de aandelen in het landelijk totaal(NL-)totaal van de combinaties van HB, gewest en vervoerwijze geen significante MON-OViN-methodebreuken vertonen. De (door modellering *gesmoothte*) aandelen worden gebruikt om de wel voor de MON-OViN-methodebreuk gecorrigeerde landelijke KiM-trends per vervoerwijze op te splitsen in de bijdragen van alle HB-gewest-combinaties. Hiermee vervalt de noodzaak van het expliciet modelleren van de methodebreuk op het detailniveau van alle HB-gewest-vervoerwijze-combinaties.

Het opsplitsen van de KiM-trends met behulp van aandelen per vervoerwijze, vraagt om de volgende aanpassingen.

Ritten versus verplaatsingen

De KiM-trends gelden voor ritten, de regionale analyses voor verplaatsingen. De KiM-trends zijn vertaald naar verplaatsingsniveau door correctie voor de verhouding tussen ritten en verplaatsingen in de MON-periode (de KiM-trends zijn namelijk op MON-niveau gedefinieerd). Deze aanpassing wordt uitgevoerd onder de aanname dat de verhouding tussen ritten en verplaatsingen constant is in de analyseperiode.

Motief 'werkgerelateerd' versus 'woon-werk'

De KiM-trends hanteren het motief werkgerelateerd (de som van de motieven woon-werk + zakelijk), in de regionale analyse gaat het om het motief woon-werk (pendel). Ook dit vraagt een correctieslag. Deze correctie is gecombineerd met de bovengenoemde vertaling van ritten naar verplaatsingen door de werkgerelateerde ritten (KiM-motief woon-werk + zakelijk) te vertalen naar het niveau van woon-werkverplaatsingen. Dit is gedaan onder de aanname dat de verhouding tussen werkgerelateerde en de woon-werk-mobiliteit constant is gedurende de analyseperiode.

HB-relaties aanvullen tot NL-totaal

Om de opsplitsing van het landelijke totaal (NL-totaal) op basis van aandelen te kunnen uitvoeren, moeten de gemodelleerde mobiliteitsaandelen ten opzichte van NL-totaal gelden.
De drie 'HB-relaties van de regionale analyses beschrijven gezamenlijk uiteraard niet het Nederlandse totaal maar alleen de mobiliteit gericht op de kerngemeentes van de gewesten.
Om de aandelen in de totale Nederlandse pendelmobiliteit te kunnen beschrijven, wordt een extra (25ste) gewest toegevoegd en een vierde HB-relatie gedefinieerd.
Het extra gewest omvat de rest van Nederland, buiten de in de analyse gehanteerde gewesten. Binnen dit extra gewest

wordt geen kerngemeente gedefinieerd.
De vierde HB-relatie representeert de pendelmobiliteit binnen of tussen de (25) gewesten waarbij geen kerngemeente wordt aangedaan.

Hoewel nu de gehele Nederlandse mobiliteit wordt beschreven, resteert nog het probleem dat de mobiliteit tussen kerngemeentes van verschillende gewesten (onderdeel van HB-3) dubbel wordt geteld. Deze mobiliteit wordt namelijk overeenkomstig het doel van deze analyse voor beide gewesten meegenomen. Daardoor beschrijven de op basis hiervan berekende aandelen niet exact de aandelen binnen het NL-totaal.

Dit dubbeltellingsprobleem wordt opgelost door de te modelleren aandelen uitsluitend te baseren op de pendelmobiliteit naar een kerngemeente. Hiermee wordt voor elke kerngemeente de uitgaande pendelmobiliteit genegeerd. Onder de goed verdedigbare aanname dat de ingaande pendelmobiliteit naar die gemeente gelijk is aan de uitgaande pendelmobiliteit, wordt in feite met de halve pendelmobiliteit gewerkt. Onder deze aanname zijn de aandelen van de inkomende (=halve) pendelmobiliteit bruikbaar omdat ze gelijk kunnen worden verondersteld aan de (oorspronkelijk te modelleren) aandelen van de totale pendelmobiliteit. Om de juiste aandelen voor alle HB-relaties te krijgen, worden ook de aandelen van andere HB-relaties gebaseerd op de halve pendelmobiliteit.

Op deze wijze worden per vervoerwijze en per jaar de ruwe aandelen over alle combinaties van de vier HB-relaties en de 25 gewesten berekend. Op basis van de gemodelleerde (*gesmoothte*) ruwe aandelen kan de totale NL-pendelmobiliteit per vervoerwijze (zoals afgeleid uit de KiM-trends) worden opgesplitst in de pendelmobiliteit voor alle combinaties van HB, gewest, vervoerwijze en jaar.

Deze opsplitsingsstrategie is uiteindelijk alleen gebruikt voor het modelleren van de verplaatsingen.
Voor de doelvariabele 'kilometer' blijkt opsplitsing van de KiM-trends tot minder nauwkeurige resultaten te leiden dan het alternatief, waarbij de kilometers in een tweetrapsproces worden bepaald op basis van een directe modellering van kilometer per verplaatsing (km/verpl) en vermenigvuldiging met de *gesmoothte* verplaatsingen: km = km/verpl x verpl.
De oorzaak hiervan is dat de kilometergegevens relatief meer positieve 'uitbijters' bevatten dan de verplaatsingen. Deze grotere afwijkingen hangen samen met combinaties van relatief hoge verplaatsingsgewichten en relatief lange afstanden. Bij het direct modelleren van de pendelafstand (km/verpl) spelen relatief grote ophooggewichten een kleinere rol omdat ze zowel in de teller (kilometers) als in de noemer (verplaatsingen) voorkomen.
Voor de doelvariabele 'duur per verplaatsing' (duur/verpl) is de opsplitsingsaanpak eenvoudigweg niet mogelijk omdat er (nog) geen op te splitsen KiM-trend van de duur beschikbaar is. Duur per verplaatsing wordt daarom ook direct gemodelleerd.

Databewerking aandelen: additieve log-ratio-transformatie

Modellering van de verplaatsingen op basis van de aandelen in het Nederlandse totaal, vraagt om nog een extra databewerkingsstap. Omdat aandelen per definitie begrensd zijn tussen 0 en 1, kunnen ze niet gemodelleerd worden met standaard statistische methodieken. Door toepassing van de additieve log-ratio-transformatie[2] zijn de begrensde aandelen vertaald naar onbegrensde waarden (tussen -∞ en +∞), waardoor analyse met standaardmethodieken mogelijk wordt[3].

De additieve log-ratio-transformatie (alr) wordt (per vervoerwijze) als volgt op de ruwe aandelen (x) toegepast (de indices voor vervoerwijze en jaar zijn voor de overzichtelijkheid weggelaten):

$$alr(x) = y = ln\frac{x_1}{x_D}; ln\frac{x_2}{x_D} \dots\dots\dots\dots ln\frac{x_{D-1}}{x_D}$$

2 Aitchison, J. (1986). The statistical analysis of compositional data.

3 Het is in principe mogelijk om specifiek op aandelen gerichte statistische methodieken te gebruiken, zoals Dirichlet-regressie – een multivariate vorm van beta-regressie. De (in R-pakketten) beschikbare methodieken zijn echter te beperkt voor toepassing in deze analyse. Zo vertonen ze systematische afwijkingen bij het modelleren van zeer kleine aandelen (die in deze analyse algemeen voorkomen), ontbreekt expliciete modellering van het tijdreekskarakter en ontbreekt de flexibiliteit voor bijvoorbeeld toepassing binnen de voor deze analyse relevante mixed-model-aanpak.

Hierbij is de referentiereeks (bij de gebruikte indices wordt D als laatste groep beschouwd).

Gesmoothte aandelen $(\hat{x})$ worden verkregen door terugtransformatie (per vervoerwijze) van de gemodelleerde y-waarden $(\hat{y})$:

$$\hat{x}_i = exp(\hat{y}_i)/(exp(\hat{y}_1) + exp(\hat{y}_2) \dots \dots \dots .. + exp(\hat{y}_{D-1}) + 1)$$

$$\hat{x}_D = 1/(exp(\hat{y}_1) + exp(\hat{y}_2) \dots \dots \dots .. + exp(\hat{y}_{D-1}) + 1)$$

Per vervoerwijze en jaar worden vervolgens de verplaatsingen voor elk groep i (combinatie van HB en gewest) bepaald door elk aandeel te vermenigvuldigen met de verplaatsingen van de KiM-trend voor de overeenkomstige vervoerwijze en het desbetreffende jaar. Hiermee wordt, per vervoerwijze, gegarandeerd dat de gemodelleerde mobiliteit gesommeerd over alle combinaties van HB en gewest exact overeenkomt met de landelijke KiM-trend[4].

De modellering

Voor deze analyse worden drie modellen van de pendelmobiliteit geschat:

1. verplaatsingen (verpl);
2. kilometer per verplaatsing (km/verpl);
3. duur per verplaatsing (duur/verpl).

De verplaatsingen worden niet direct gemodelleerd, maar in de vorm additief-log-ratio-getransformeerde aandelen (zie boven). Kilometer per verplaatsing en duur per verplaatsing worden direct – zonder transformaties – gemodelleerd. De pendelkilometers worden niet gemodelleerd maar afgeleid uit de twee eerste modellen:

(km = km/verpl x verpl).

Aangezien het om een groot aantal tijdreeksen gaat die onderling veel gemeen hebben, ligt multivariate-modellering in de vorm van een *mixed-effects-model* voor de hand.[5] Standaard mixed-effects-modellen kunnen echter niet omgaan met ontbrekende waarnemingen en de gegevens van onderhavige analyse zijn niet compleet. Van de 485 reeksen bevatten er 8 voor geen enkel jaar waarnemingen en van de resterende 477 reeksen, die uiteindelijk gemodelleerd worden, ontbreekt 16 procent van de jaargegevens.

Een methodische oplossing voor de incompleetheid van de gegevens is gevonden in het gebruik van *functional principal components analysis* (FPCA). Dit is een specifieke vorm van *functional data analysis*. *Functional data analysis* (FDA) is een multivariate statistische methodiek met als belangrijkste karakteristiek dat de waarnemingen een bepaalde ordening vertonen, bijvoorbeeld in tijd (tijdreeksen) of ruimte (bijv. afbeeldingen). In de FPCA-variant van *functional data analysis* wordt principale-componenten-analyse gebruikt om de hoofdcomponenten van de variatie in de tijd te beschrijven. In veel gevallen kunnen de reeksen voldoende nauwkeurig gereconstrueerd worden door een beperkt aantal principale componenten te behouden en de overige componenten te negeren[6].

In de analyses is gebruikgemaakt van een versie van FPCA die gericht is op het modelleren van multivariate tijdreeksen waarvan sommige (of alle) reeksen incompleet zijn, onder de voorwaarde dat er, willekeurig verspreid over de reeksen, voor alle jaren ruim voldoende gegevens beschikbaar zijn. *Smoothing* vindt plaats op het niveau van de

4 Vertaald van het ritten-motief werkgerelateerd naar het verplaatsingsmotief woon-werk.

5 Dit is mede omdat individuele modellering van de (afzonderlijke) reeksen vrijwel onmogelijk is vanwege de aanzienlijke steekproefruis, de aanwezigheid van niet-complete reeksen en de potentiele niet-lineariteit van het tijdverloop.

6 Dit leidt tevens tot een aantrekkelijke reductie van de dimensie van de data, waardoor de rekentijd aanzienlijk beperkt kan worden.

covariantiestructuur[7] en niet op het niveau van de tijdreeksen. Deze FPCA-versie is beschikbaar in het R[8]-pakket *refund*.

Multivariate tijdreeksen kunnen in de gebruikte aanpak gezien worden als een steekproef van krommen die stochastisch worden gemodelleerd als onafhankelijke realisaties van een random functie met een onbekend gemiddelde en een onbekende covariantiestructuur. Dit geeft deze aanpak een *mixed effects*-karakter[9].

De gebruikte FPCA-versie kan als volgt als een (lineair) mixed-effects-model geformuleerd worden:

$$Y_i(t) = \mu(t) + \sum_{k=1}^{k=N} \xi_{i,k}\, \phi_k(t) + \varepsilon_i(t)$$

$$\xi_{i,k} \sim N(0, \lambda_k) \qquad \varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$$

Met:
μ: het gemiddelde verloop (fixed effect)
ξ: de PC-scores (random effect)
ϕ: de basisfuncties
ε: de meetfout
i = de tijdreeksenindex (van de alr-getransformeerde aandelen)
t = de tijdindex (jaren)

Invloedrijke waarnemingen
Omdat met steekproefgegevens wordt gewerkt, komen toevallige afwijkingen wetmatig voor en zal per definitie ook een beperkt aantal zeer grote[10] afwijkingen voorkomen. Deze onvermijdelijke waarnemingen met relatief grote steekproefafwijkingen[11] kunnen een probleem vormen als ze invloedrijk zijn: dat wil zeggen als ze een overmatig grote invloed hebben op de analyseresultaat.
Om de stabiliteit van het analyseresultaten te vergroten, is het van belang om de invloed van de grootste afwijkingen te beperken.

Een eenvoudige benadering om de grootste afwijkingen (per reeks) te detecteren is het verwijderen van waarnemingen die meer dan een bepaald aantal malen de standaardafwijking van het gemiddelde afwijken. Deze benadering is op deze dataset verre van optimaal, omdat de bepaling van het gemiddelde en standaardafwijking voor deze relatief korte reeksen zelf zeer gevoelig is voor grote afwijkingen (uitbijters). Daardoor is de kans groot dat de potentieel invloedrijke waarnemingen ten onrechte niet worden gedetecteerd of dat niet-invloedrijke waarnemingen ten onrechte worden verwijderd.

Uiteindelijk is een 'robuuste', voor uitbijters ongevoelige – variant van deze eenvoudige methodiek toegepast. Hierbij is

7 Het gaat om de refund-functie fpca.sc -> functional principal components analysis by smoothed covariance

8 R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (https://www.R-project.org)

9 Bij de in het Mobiliteitsbeeld 2017 gerapporteerde resultaten zijn alleen de resultaten voor reeksen met minimaal vijf waarnemingen (jaren) meegenomen. De schattingen voor reeksen met minder waarnemingen worden te onbetrouwbaar geacht. De informatie van reeksen met minder waarnemingen is echter wel in de analyse gebruikt en heeft daarmee vanwege de mixed-effects-benadering (borrowing strenght) bijgedragen aan de nauwkeurigheid van de schattingen van alle andere reeksen.

10 Onder een normaalverdeling (met gemiddelde 0 en standaardafwijking sigma) is heeft bijvoorbeeld 5 procent van de steekproef een absolute afwijking > 2 sigma, en 0,3 procent een absolute afwijking > 3 sigma. In deze analyse betreft dat theoretisch enkele honderden respectievelijk enkele tientallen gevallen.

11 Afwijkende waarnemingen worden vaak uitbijters genoemd. Deze term wordt hier niet gebruikt omdat een uitbijters meestal gezien worden als 'abnormale waarnemingen' die kunnen wijzen op een registratiefouten of kunnen wijzen op tekortkomingen (en verbetermogelijkheden) van het model. In dit geval gaat het veelal om 'niet-abnormale' waarnemingen, maar om door steekproefruis veroorzaakte relatief grote afwijkingen waardoor die betreffende waarneming mogelijk een overmatig invloed op de resultaten heeft.

als (robuuste) centrale maat de mediaan gebruikt in plaats van het gemiddelde en als (robuuste) spreidingsmaat de *mean absolute deviation* (mad) in plaats van de standaardafwijking[12].
In deze aanpak moet uiteindelijk een afkapcriterium gekozen worden; hoeveel maal de spreidingsmaat (mad) moet een waarneming van de mediaan afwijken om als potentieel invloedrijk te worden afgevlagd? Vanwege enige asymmetrie in de verdeling van de waarnemingen is voor positieve en negatieve afwijkingen een apart afkapcriterium gehanteerd.

Op basis van de afkapcriteria wordt een aantal positieve en/of negatieve waarnemingen als potentieel invloedrijk afgevlagd. Vervolgens is de vraag wat met deze afgevlagde waarnemingen te doen.

Een voor de hand liggende optie is om deze waarnemingen volledig uit de analyse te verwijderen. Omdat hiermee ook informatie wordt verwijderd, is in deze analyse onderzocht in hoeverre handhaving van een minder invloedrijke versie van de afgevlagde waarnemingen de analyseresultaten zou kunnen verbeteren. In deze gevallen wordt het teken van de afwijking gehandhaafd, maar wordt de afwijking (ten opzichte van de mediaan) teruggebracht tot een bepaalde fractie van de spreidingsmaat (mad).

Modelparameterinstellingen

Voor elk van de drie modellen (verplaatsingen, kilometer per verplaatsing en duur per verplaatsing) moeten uiteindelijk parameterinstellingen worden bepaald.
Het gaat om de volgende parameters:

- **npc:** het aantal mee te nemen principale componenten (npc).
  Karakteristieke waarden voor npc zijn 2 tot 4 componenten.
- **nbasis**: het aantal B-spline basisfuncties dat gebruikt wordt voor het schatten van de gemiddelde verloop en voor de *bivariate smoothing* van het covariantieoppervlak.
  Karakteristieke waarden voor nbasis zijn 3 tot 7 à 8 basisfuncties.
  Met de hogere aantallen basisfuncties wordt het centrale deel van de reeksen (de economische crisis) nauwkeuriger beschreven, dit gaat echter ten koste van extra onzekerheid aan de einden van de reeks (waar focus van deze analyse op ligt).
- **kapneg** en **kappos**: afkapwaarden voor het afvlaggen van negatieve respectievelijk positieve (te veel) afwijkende waarnemingen.
  Het gaat hier om afwijkingen ten opzichte van de mediaan. Hierbij wordt als spreidingsmaat de mad (*mean absolute deviation*) gebruikt.
  Een waarneming wordt afgevlagd als deze meer dan kapneg x mad of kappos x mad van de mediaan afligt.
  Karakteristieke waarden voor de parameters kapneg en kappos zijn 1,5 tot 3.
- **vervneg** en **vervpos**: Mad-fractie voor bepaling van de vervangingswaarde van de negatieve of positieve afgevlagde waarnemingen (naast de optie om de waarneming geheel te verwijderen).
  Deze waarnemingen worden dus óf geheel weggelaten óf vervangen door een minder afwijkende waarde met hetzelfde teken.
  Als de waarneming niet wordt weggelaten, wordt een afgevlagde negatieve afwijking vervangen door: mediaan - vervneg x mad en een positieve door: mediaan + vervpos x mad.
  Karakteristieke waarden van de parameters vervneg en vervpos zijn 0 tot 0,6.

Om de parameters te optimaliseren zijn binnen de gebruikte programmatuur geen *likelihood*-gebaseerde beoordelingscriteria voorhanden.
Daarom is naar de optimale parameterinstelling bepaald door meerdere modelvarianten met verschillende combinaties van parameterinstellingen te beoordelen op basis van hun rmse (root mean square error). De rmse is hierbij voor alle modelvarianten bepaald voor de modelprestaties op een referentieset waarvoor waarnemingen die meer dan twee keer de mad van de mediaan afwijken zijn verwijderd.

12 Een benadering waarbij de afwijkingen ten opzichte van een robuuste lineaire regressieschatting worden beschreven in plaats van ten opzichte van de mediaan, leidt in theorie tot zuiverder resultaten. Deze benadering is echter niet gebruikt omdat dit met de incomplete reeksen van deze analyse een toevoeging van nog een complex modelleringsprobleem zou betekenen. Daarnaast wordt de mediaan-benadering als afdoende beschouwd omdat de hellingen van de regressielijnen beperkt zijn in relatie tot de spreiding van de steekproefruis.

Bij het beoordelen van de rmse-resultaten is de nadruk gelegd op de prestaties op de einden van de reeks (de jaren 2004, 2005, 2015 en 2016), omdat deze analyse zicht richt op het kwantificeren van de verschillen tussen 2005 en 2016.

De uiteindelijk gebruikte parameterinstellingen staan in onderstaande tabel waarbij:
npc = aantal gebruikte principale componenten;
nbasis = aantal basisfuncties voor B-spline smoothing van gemiddelde en covariantie;
kapneg = afkapgrens voor afvlaggen van negatieve afwijkingen (in termen van mad t.o.v. mediaan);
kappos = afkapgrens voor afvlaggen van positieve afwijkingen (in termen van mad t.o.v. mediaan);
vervneg = vervangingsfactor (x mad) van afgevlagde negatieve afwijkingen (met optie geheel weglaten);
vervpos = vervangingsfactor (x mad) van afgevlagde positieve afwijkingen (met optie geheel weglaten).

Model / parameter	npc	nbasis	kapneg	kappos	vervneg	vervpos
Verplaatsingen	3	4	2	2	0,0	0,4
Kilometer per verplaatsing	2	3	2	2	0,0	0,0
Duur per verplaatsing	4	4	1.75	2.25	0,0	0,4

Tabel 1. Parameterinstellingen per model

Geraadpleegde bronnen

Aitchison, J. (1986). *The statistical analysis of compositional data.* London-New York: Chapman and Hall.

R Core Team (2016). *R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing*. Vienna, Austria. Geraadpleegd via https://www.R-project.org/.

Vliegen, M. (2005). *Grootstedelijke agglomeraties en stadsgewesten afgebakend*. Voorburg/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek.

Beschrijving van de ramingsmethodiek ter verklaring van de ontwikkelingen in reistijdverlies, verkeersprestatie en reistijdbetrouwbaarheid.

Om de ontwikkeling van het reistijdverlies[13] en andere indicatoren van bereikbaarheid te kunnen verklaren, wordt een methodiek toegepast die gebaseerd is op waarnemingen van enerzijds de te verklaren en anderzijds de verklarende factoren. De toegepaste methodiek wordt in deze tegel toegelicht. We bespreken eerst de verklaring van het reistijdverlies (1). Daarna komen de verklaring van de verkeersomvang (2) en van de reistijdbetrouwbaarheid, extreme reistijden, totale en gemiddelde reistijd (3) aan de orde.

Methodiek ter verklaring van reistijdverlies.

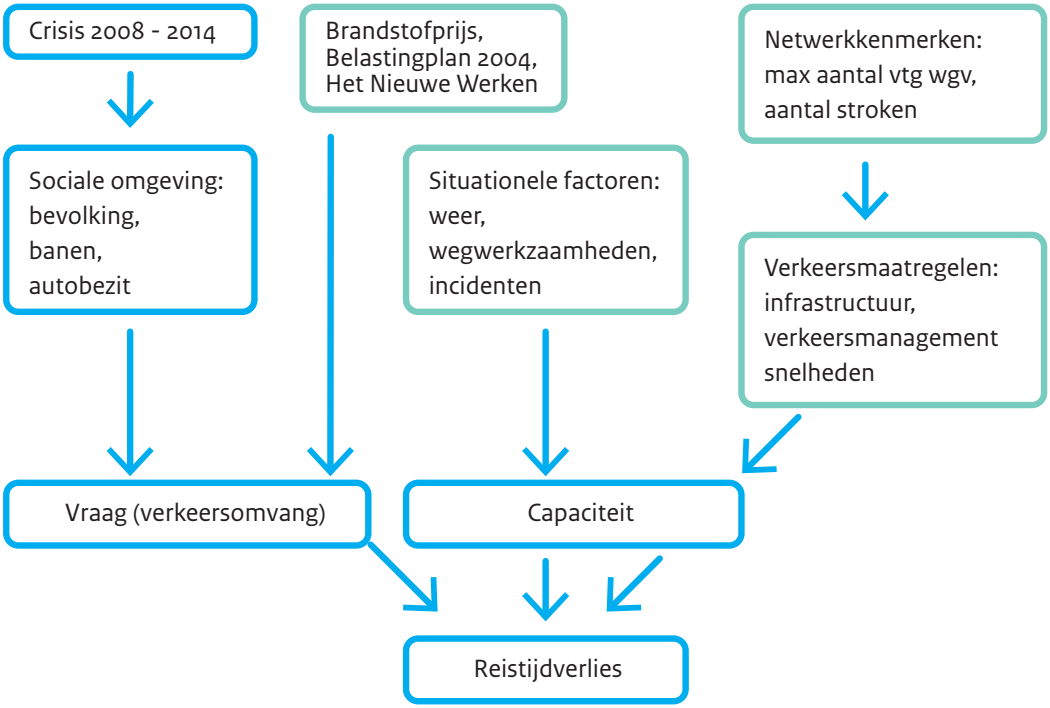
De eerste stap is de opstelling van een theoretisch verklaringsmodel. De tweede stap is de identificatie van de beschikbare gegevens om de verschillende factoren te meten. De derde stap is het koppelen en analyseren van de gegevens. In deze stap worden de hypothesen getoetst die in het theoretisch model geformuleerd zijn. De vierde stap is het formuleren van conclusies op basis van de resultaten van de analyses en het presenteren van de bevindingen.

Theoretisch model ter verklaring van reistijdverlies

De veronderstelling is dat het reistijdverlies op het hoofdwegennet veroorzaakt wordt door de verhouding tussen vraag en aanbod. Op de weg manifesteert dit zich in de intensiteit (aantal voertuigen dat een bepaald punt passeert) ten opzichte van de capaciteit (aantal voertuigen dat maximaal kan passeren). In essentie gaat het om de hoeveelheid verkeer ten opzichte van de hiervoor beschikbare capaciteit van de infrastructuur (I/C-verhouding, zie bijvoorbeeld Rijkswaterstaat, 2011 en Van Wageningen-Kessels et al., 2014). Als de intensiteit de capaciteit nadert, ontstaat er congestie. Een weg heeft niet een vaste capaciteit. Er zijn immers verschillende 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 om de veranderingen in het reistijdverlies op het netwerk over een periode van meerdere jaren. Het gaat hierbij om inzicht in de invloed van structurele factoren. Verondersteld wordt dat demografische en sociaaleconomische factoren van invloed zijn op veranderingen in de vraag en daardoor op de omvang van het aantal voertuigen op de weg. Beleidsmaatregelen zoals de aanleg van nieuwe wegen, wegverbreding, verandering van de maximaal toegestane snelheid en benutting door dynamische routeinformatie kunnen ingrijpen op de verkeersomvang, op de wegcapaciteit of op beide. Daarnaast zijn er situationele factoren die van invloed zijn op de capaciteit van de weg zoals ongevallen, wegwerkzaamheden en weersomstandigheden.

13 Het reistijdverlies van voertuigen (voertuigverliesuren) wordt berekend door het rijden in files (tot 50 km/uur) en een vertraagde afwikkeling van het verkeer (tussen 50 en 100 km/uur) af te zetten tegen een referentiesnelheid van 100 km/uur. Deze referentiesnelheid is een benadering van de gemiddelde snelheid bij de vrije afwikkeling van het verkeer. Deze maat (VVU100) wordt gebruikt om het totale reistijdverlies op het hoofdwegennet weer te geven.



Figuur 1. Conceptueel model ter verklaring van het reistijdverlies

Voor verklarende analysen beschikbare gegevens

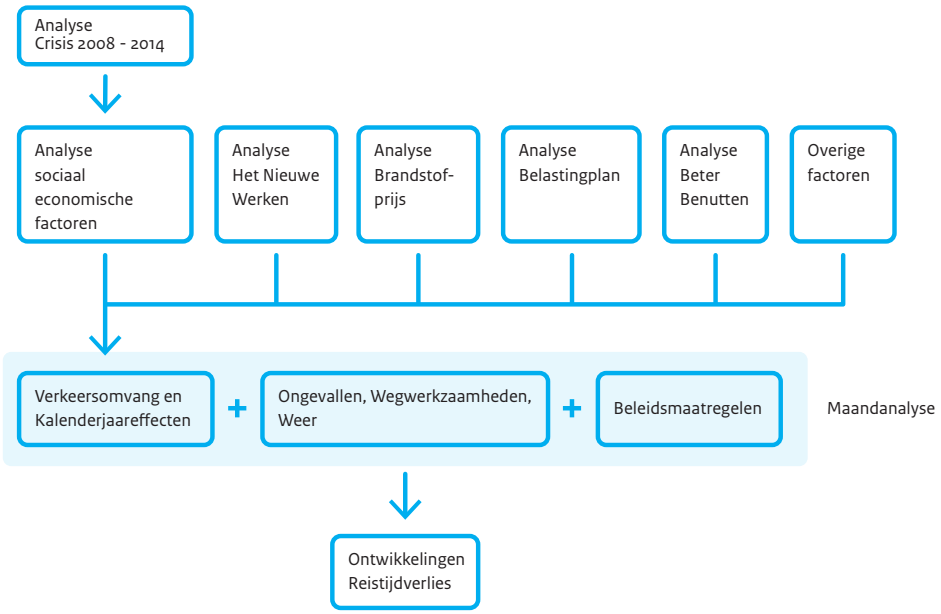
De tijdbasis waarop gegevens beschikbaar zijn, verschilt per gegevenstype. Van sommige factoren zijn gegevens per jaar per gemeente (bevolking, banen en autobezit) of per jaar per regio (bruto binnenlands product, bbp) beschikbaar, van andere factoren (verkeersomvang, reistijdverlies, wegwerkzaamheden, incidenten) 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 circa 1.000 meter lang en betreffen het hoofdwegennet in de Randstad, Noord-Brabant, rond Arnhem en Nijmegen en enkele delen van de verbindingen naar het noorden, oosten en zuiden.

Om de variabelen ruimtelijk aan elkaar te kunnen koppelen, worden de gegevens aan een netwerk gekoppeld. Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving (WVL) heeft de verkeersgegevens van 2016 gekoppeld aan het netwerk (het Nationaal Wegenbestand) van 2016 in plaats aan dat van 2010, zoals in voorgaande jaren. Daardoor zijn de beschrijvende en verklarende analysen van de bereikbaarheid op het hoofdwegennet 2005-2016 gebaseerd op een iets andere selectie van wegvakken dan de analysen van 2005-2015. Dit heeft tot gevolg dat de resultaten op sommige punten anders zijn (bijvoorbeeld: de toename van vrachtverkeer 2005-2015 is nu 5,5 procent in plaats van 7,6 procent, lagere effecten van extra stroken op reistijdverlies in de Zuidvleugel van de Randstad, lager effect van verkeersmanagement op onbetrouwbaarheid). De in 2016 toegenomen dichtheid van het verkeer lijkt mede een rol te hebben gespeeld bij het lagere effect van verkeersmanagement op onbetrouwbaarheid.

Overzicht van de analysen ter verklaring van het reistijdverlies

De basis van de analyse ter verklaring van de ontwikkeling van het reistijdverlies, is de zogenoemde maandanalyse, de analyse per maand per wegvak. De ontwikkeling van het reistijdverlies wordt verklaard door drie groepen van variabelen (figuur 2). De eerste twee –beleidsmaatregelen en situationele factoren (ongevallen, wegwerkzaamheden en weersomstandigheden) – worden direct bepaald door het maandmodel. De derde groep – de verkeersomvang en de kalenderjaareffecten (voor elk kalenderjaar en onderscheiden naar Randstad en rest van Nederland) – wordt met de maandanalyse een aparte coëfficiënt geschat en het effect berekend in de doorrekening, zie 1.4).
Aan het effect van deze derde groep op reistijdverlies liggen de volgende factoren ten grondslag, namelijk: sociaaleconomische factoren, Het Nieuwe Werken, de brandstofprijs, het Belastingplan 2004 en het programma Beter Benutten. Om het effect van deze achterliggende factoren te kunnen bepalen, waren aparte analysen nodig. Dit komt omdat van deze factoren op een ander detailniveau gegevens beschikbaar zijn of omdat ze op maar een gedeelte van de te verklaren variabele inwerken. Het verschil tussen het totale effect van deze achterliggende factoren en het gezamenlijke effect van de verkeersomvang en de kalenderjaareffecten, is het effect van overige factoren. De analysen voor het bepalen van het effect van sociaaleconomische factoren, Het Nieuwe Werken, de brandstofprijs en het Belastingplan 2004 komen aan de orde in de volgende paragrafen. Het effect van Beter Benutten is beschreven in een aparte publicatie (CVS, 2017). De reden waarom dit niet meegenomen is in de maandanalyse, is dat het hier om heel specifieke maatregelen gaat die van invloed zijn op bepaalde trajecten gedurende een bepaald deel van de dag (06.00-10.00 uur en 15.00-19.00 uur) en het jaar (niet in de zomermaanden).

Ter voorbereiding van het Mobiliteitsbeeld 2017 is een variant van de maandanalyse ontwikkeld waarin de effecten van sociaaleconomische factoren in plaats van de kalenderjaareffecten als verklarende variabelen zijn opgenomen. Deze analyse is ter validatie van de effecten van de sociaaleconomische factoren uitgevoerd. Eerst bespreken we de effecten van beleidsmaatregelen en situationele factoren op reistijdverlies.



Figuur 2. Structuur verklarende analyse reistijdverlies hoofdwegennet

De bepaling van de effecten van beleidsmaatregelen en situationele factoren op reistijdverlies

De basis voor de verklaring van het reistijdverlies wordt geboden door toepassing van een multipele regressie van de beschikbare gegevens per wegvak per maand. In de afgelopen vijftien jaar zijn diverse andere analyseniveaus getest (onder andere het dagniveau), maar deze boden tot op heden geen stabiele resultaten.
Met de regressie 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 afgezonderd van de effecten van trendmatige ontwikkelingen in verkeersomvang, weersinvloeden, wegwerkzaamheden en ongevallen.

Invloedsgebieden

Voor elke maatregel wordt niet alleen nagegaan wat de invloed is op de wegvakken waarop de maatregel is aangelegd, maar ook op aansluitende wegvakken en kruisende wegen waarop de maatregel doorwerkt (tabel 1). 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. De invloedsgebieden zijn gedefinieerd op basis van verkennende analysen waarbij verschillende lengtes tot 20 kilometer vanaf het maatregelgebied zijn getest. Omdat de wegvakken verschillen in lengte (de meeste zijn 1 tot 1,5 kilometer lang), is bij de berekening rekening gehouden met de omvang van de wegvakken.

	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	+	+	+	+	+	+	+
Nieuwe wegen						+	+
DRIP's en BermDRIP's	-	+	+	+	-	-	-
Verandering maximum snelheid en/of trajectcontroles	-	+	+	-	-	-	-
Wegwerkzaamheden	+	+	+	-	-	-	-
Ongevallen	+	+	+	-	-	-	-
Kijkfiles bij ongevallen	kijkfiles op andere rijbaan 2,5 km voor en achter wegvak met ongeval						
TDI's	voor: 3-2 km, 2-1 km en 1-0 km; ter hoogte van; achter: 0-1 km, 1-2 km en 2-3 km						

Tabel 1. Invloedsgebieden. Bron: KiM.

Ongevallen worden op basis van registraties door de verkeerscentrales (2008-2015) en bergers (2000-2007) per kwartier gekoppeld aan wegvakken. Gegevens over werkzaamheden (op basis van Meldwerk[14] (2000-2013) en SPIN[15] (2013-2016)), zijn omgezet naar de procentuele reductie in capaciteit die hiervan het gevolg zijn, en zijn daarna eveneens per kwartier aan de wegvakken gekoppeld.

Partiële regressiecoëfficiënten

Om de effecten te bepalen, zijn eerst partiële regressiecoëfficiënten berekend met een regressieanalyse. In deze analyse wordt de ontwikkeling van het reistijdverlies per wegvak per maand verklaard uit beleidsmaatregelen, ongevallen, wegwerkzaamheden, weersomstandigheden, de capaciteit (maximum aantal voertuigen per doorsnede op een wegvak[16]), het kalenderjaar (onderscheiden binnen en buiten de Randstad), de maand en de verkeersomvang. Omwille van het overzicht is de invloed van ongevallen, wegwerkzaamheden en weersomstandigheden hieronder aangeduid als situationele factoren. Bij de weersomstandigheden worden neerslagsom, temperatuur, zicht en windsnelheid per uur en speciale weersomstandigheden (onder andere ijsdagen en dagen met mist) per meetstation onderscheiden.

14 Landelijk informatiesysteem over wegwerkzaamheden.

15 Systeem Planning en Informatie Nederland.

16 Op basis van NWB 2005, omdat dit voor de onderzoeksperiode de eerste en meest complete indicaties zijn voor de capaciteit.

Y_{iv}	=	$c_v + \beta M_{gp} + \gamma S_{gi} + \delta T_{jr} + \phi K_m + \kappa V_{iv} + \varepsilon_{iv}$	(1)
Y_{iv}	=	reistijdverlies per maand i en per wegvak v	
c_v	=	constante per wegvak v (impliciet, door *meancentering*)	
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 kalenderjaar *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*	
β, γ, δ, ϕ en κ	=	partiële regressiecoëfficiënten	
ε_{iv}	=	error (de niet door de voorgaande factoren verklaarde variatie in reistijdverlies van maand i en wegvak v)	

Met deze regressieanalyse werden circa 1.500 coëfficiënten geschat (waarvan circa 1.400 voor de componenten van circa 350 beleidsmaatregelen), waarvan circa 90 procent statistisch significant is ($\alpha < 0{,}05$). De verklaarde variantie (r^2) heeft een ordegrootte van 0,5. Bij de interpretatie van de resultaten moet wel rekening worden gehouden met een zekere marge. Dit laatste komt met name voort uit de beschikbaarheid van de data. De hoogte van deze marge is kwantitatief moeilijk vast te stellen. We gaan uit van een marge van enkele procenten op de effectpercentages.

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 ten opzichte van het basisjaar (2000). Alle effecten zijn afzonderlijk gerelateerd aan het basisjaar (als reistijdverlies in het basisjaar op 100 is gesteld en door de eerste determinant met 10 procent stijgt en door de tweede met 5 procent, dan is het gezamenlijke effect 115 procent). Om de effecten te bepalen wordt gebruikgemaakt van de hoofdwegen waarvan voldoende gegevens beschikbaar zijn (zie figuur '*Ontwikkeling van verkeer(links) en reistijdverlies (rechts) 6-10 en 15-19 uur op hoofdwegen in 2016 t.o.v. 2015*' in Verdieping en verklaring 'De ontwikkeling in verkeersprestatie en reistijdverlies op het hoofdwegennet tussen 2005 en 2016 verschilt sterk tussen regio's'). De berekening is gebaseerd op de wegvakken waarvan in elke twee achtervolgende jaren gegevens beschikbaar zijn.

80 km/uur-zones

Bij de effecten van de 80 kilometer/uur-zones is een correctie toegepast, omdat in deze effecten ook het verschil zit tussen de snelheidslimiet van 100 km/uur die voor de invoering van deze zones van toepassing was en de limiet 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.

Het effect van demografische en sociaaleconomische factoren op reistijdverlies

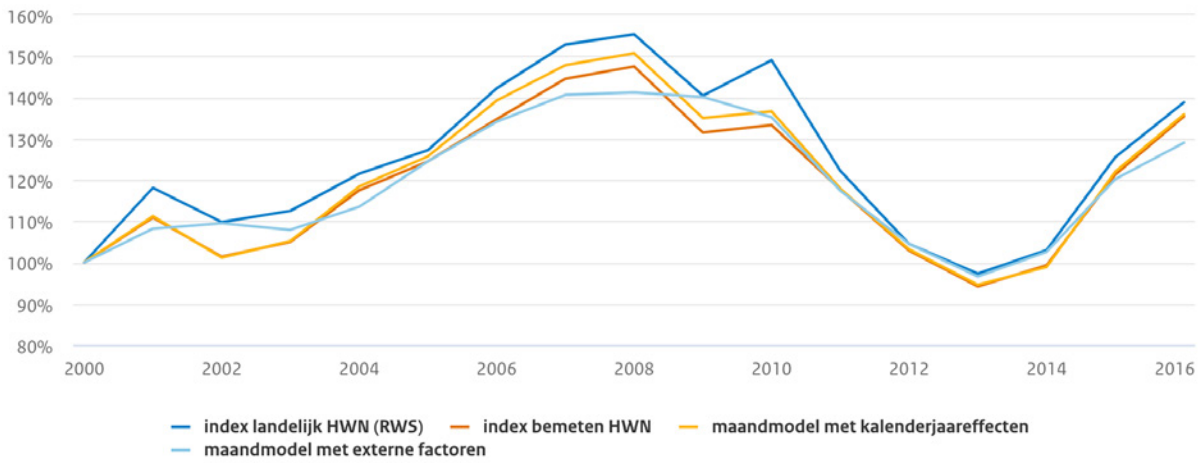
Effect van demografische en sociaaleconomische factoren

Om het effect te bepalen van de bevolkingsontwikkeling, het aantal banen, het autobezit, het binnenlands bruto product (bbp) en de bruto toegevoegde waarde van de btw-zakelijke dienstverlening op het reistijdverlies, worden met een multiplicatief model log-lineaire regressieanalysen uitgevoerd per wegvak op jaarbasis. Deze 'externe' of 'maatschappelijke' (M) verklarende factoren zijn beschikbaar per jaar per gemeente of COROP-gebied. De veranderingen in deze externe factoren van de gemeenten (of regio's) binnen een straal van 30 kilometer van een wegvak, worden gerelateerd aan de veranderingen in het reistijdverlies op dat wegvak. Omdat de uitbreidingen met extra stroken sinds 2010 grote invloed hebben op veranderingen in het reistijdverlies, bleek het noodzakelijk dat deze factor aan het model toegevoegd moest worden. De geschatte coëfficiënten β zijn significant (a<0,01), kunnen geïnterpreteerd worden als elasticiteiten en zijn toegepast om het effect van inwoners, banen, autobezit en btw-zakelijke dienstverlening te bepalen.

$$Y_{vj} = \beta_0 \,.\, M1_{gvj}^{\beta_1} .\; M2_{gvj}^{\beta_2} .\; M3_{gvj}^{\beta_3} .\; S_{gij}^{\beta_4} \qquad (2)$$

Y_{vj}	=	reistijdverlies per wegvak v en jaar j
β_0	=	constante
M_{gvj}	=	het effect van maatschappelijke factoren (bevolkingsomvang, banen per inwoner, autobezit per inwoner) per gemeente *g*, per wegvak v en jaar *j*
S_{gvj}	=	het effect van extra stroken per gemeente *g*, per wegvak *v* en per jaar *j*
β_i	=	elasticiteiten die het effect van factor i op reistijdverlies aangeven

Ter voorbereiding van het Mobiliteitsbeeld 2017 is een variant van de maandanalyse ontwikkeld waarin de effecten van sociaaleconomische factoren als verklarende variabelen zijn opgenomen in plaats van de kalenderjaareffecten. Ook is de regionale verkeersomvang als extra verklarende variabele naast de verkeersomvang per wegvak toegevoegd. Doel hiervan is om na te gaan of de sociaaleconomische factoren ook direct in de maandanalyse meegenomen kunnen worden. Uit deze maandanalyse blijkt dat deze factoren gezamenlijk het reistijdverlies bijna net zo goed verklaren als het maandmodel met verkeersomvang per wegvak en de kalenderjaareffecten (figuur 3). De afwijking per jaar is gemiddeld respectievelijk 4 procent voor de verklaring met externe factoren tegen 1 procent voor de verklaring met kalenderjaareffecten. Omdat het maandmodel met kalenderjaareffecten het reistijdverlies en de effecten van de beleidsmaatregelen beter kunnen verklaren, wordt de maandanalyse met sociaaleconomische factoren voor het Mobiliteitsbeeld niet toegepast, maar het toont aan dat de sociaaleconomische effecten de belangrijkste onderliggende factoren zijn van de kalenderjaareffecten.



Figuur 3. Verklaringen reistijdverlies 2000-2016 vergeleken met de ontwikkelingen

Effect van personen- en vrachtverkeer op reistijdverlies

Om het effect te bepalen van de ontwikkeling van het vrachtverkeer op de ontwikkeling van het reistijdverlies, wordt conform formule 1 met een regressie per wegvak per maand de ontwikkeling van het reistijdverlies verklaard, maar hierbij wordt de omvang van het verkeer onderscheiden naar personen- en vrachtverkeer, beide uitgedrukt in personenauto-equivalenten (PAE's), waarbij een vrachtauto voor 1,75 personenauto's wordt gerekend. Deze analyse heeft betrekking op alle maanden en wegvakken waarvoor aandelen van personen- en vrachtverkeer bekend zijn (voor de latere jaren vrijwel altijd, voor de beginperiode is er meer uitval). Het aandeel van het vrachtverkeer in het effect van het totale verkeer wordt toegepast op het effect van de externe factoren die worden bepaald met formule 2.

Effect van de economische crisis 2008-2014

Als gevolg van de recessie in de jaren 2008-2014 is de vraag naar verkeer en vervoer afgenomen. Om de omvang van het effect van deze recessie op het autogebruik en de congestie op het hoofdwegennet te bepalen, is nagegaan hoe de verkeersomvang geweest zou zijn indien de trend van 2000-2008 zou zijn voortgezet tijdens de periode 2008-2014. Het effect van de recessie 2008-2014 is bepaald door een trendanalyse toe te passen op de ontwikkeling van de verkeersomvang in de jaren voorafgaand aan de recessie (2000 tot en met 2007). Hiermee wordt de gemiddelde groei vastgesteld in de situatie zonder recessie. Deze groei kon in de periode 2008-2014 worden verwacht als er geen recessie zou zijn opgetreden. Het effect van de terugval in economische ontwikkeling is geraamd door de geëxtrapoleerde ontwikkeling te vergelijken met de waargenomen ontwikkeling. Zo kan een indicatie worden verkregen van het effect van de economische terugval op de verkeersomvang. Op basis van de waargenomen verhouding tussen beide factoren is deze indicatie vervolgens vertaald naar het effect op het reistijdverlies.

Het effect van Het Nieuwe Werken

In de analysen van sociaaleconomische factoren is het effect van Het Nieuwe Werken inbegrepen. Er is immers een verband geschat tussen de veranderingen in banen zoals deze daadwerkelijk in gemeenten plaatsvonden en de waargenomen veranderingen in het reistijdverlies op de hoofdwegen. Het Nieuwe Werken heeft geleid tot verplaatsingen die niet gemaakt zijn en daardoor bijdroegen aan een afname van reistijdverlies, of tot het verschuiven van verplaatsingen van de spits naar dal periode. Om deze effecten te bepalen zijn aparte analysen uitgevoerd bij de werkende bevolking in Nederland.

Omdat van de verschillende vormen van Het Nieuwe Werken en de daarbij behorende mobiliteit onvoldoende informatie beschikbaar was uit de Nationale Enquête Arbeidsomstandigheden (NEA) en andere CBS statistieken, heeft het KiM enquêtes laten uitvoeren onder netto circa 14.000 werkenden in Nederland van 2014 tot 2016. De resultaten daarvan zijn geëxtrapoleerd naar de periode 2000-2016. Voor meer informatie hierover, zie KiM (2017). Het onderzoek naar de effecten van Het Nieuwe Werken is nog niet afgerond. De uitkomsten hiervan hebben daarom een voorlopig karakter.

Effect van de brandstofprijs op reistijdverlies

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 -0,16624 volgens het automarktmodel Dynamo van onderzoeks- en adviesbureau MuConsult. Voor het vrachtverkeer is alleen met diesel rekening gehouden en is de elasticiteit -0,13. Dit betreft de kortetermijnelasticiteit gewogen voor woon-werkverkeer, zakelijke en overige reismotieven. Deze elasticiteit komt ongeveer overeen met de 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 2000-2016 zijn adviesprijzen beschikbaar van 2000-2009 en consumentenprijzen aan de pomp van 2009-2016 (bron: CBS). De groeicijfers van de pompprijzen van 2009-2016 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. De verhouding tussen de verkeersontwikkeling en de ontwikkeling in het reistijdverlies is in de periode 2000-2016 op het hoofdwegennet 1 : 2,5. Deze verhouding is toegepast om het effect van de brandstofprijs op reistijdverlies te bepalen.

Effect van Belastingplan 2004 op reistijdverlies

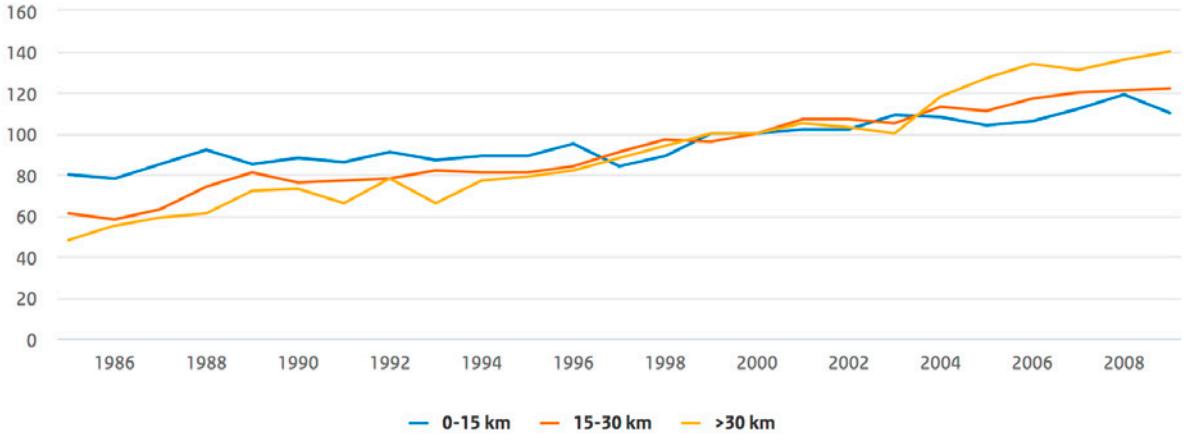
Vanaf 1 januari 2004 mocht zowel het woon-werkverkeer als het zakelijk verkeer met de eigen auto (en andere vervoerswijzen) voor 0,18 euro per kilometer onbelast vergoed worden (vanaf 2006 met 0,19 euro. Voorheen was dit 0,00 euro bij een afstand onder 10 kilometer en boven 30 kilometer en gemiddeld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

Ex-antestudie

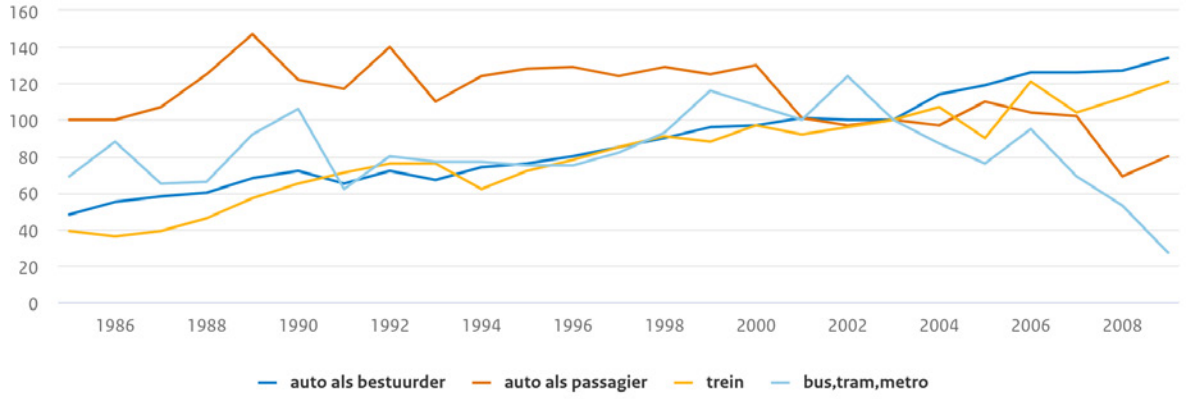
Modelberekeningen met het Landelijk Model Systeem (CPB, 2004) wijzen uit dat de fiscale maatregel leidt tot een toename van de mobiliteit; een toename die zich met name voordoet op werkdagen in de ochtend- en avondspits. De verwachting was een toename van iets minder dan 3 procent automobiliteit, leidend 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.

Ontwikkelingen in woon-werkverkeer

Tussen 2003 en 2009 bleek 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 4). Op woon-werk afstanden boven 30 kilometer (figuur 5) 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 procent).



Figuur 4. 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 5. 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.

Ex-postevaluatie van de fiscale wijziging woon-werkverkeer in 2004

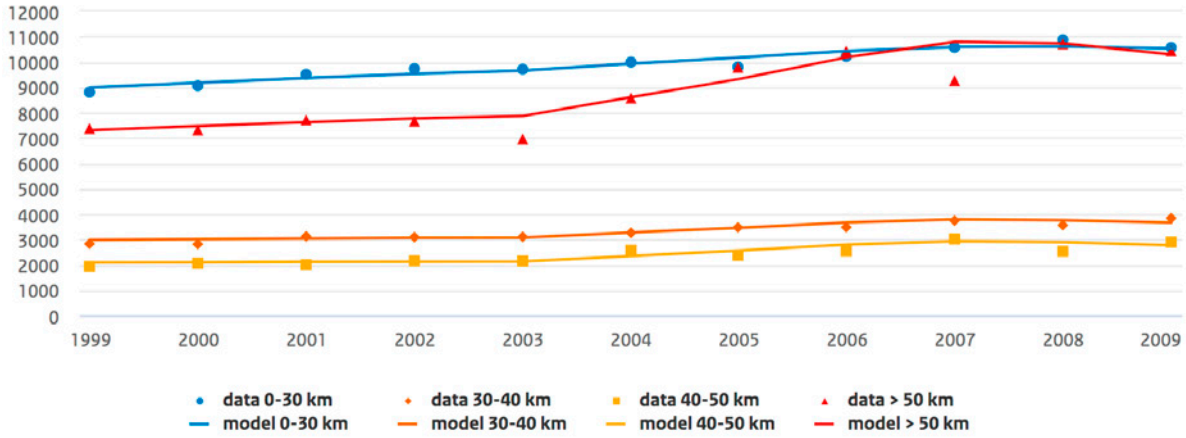
In deze paragraaf kijken we eerst naar de mogelijkheid van een methodebreuk in het OVG/MON in 2004 en daarna naar de ex-postanalyse van de effecten van de fiscale wijziging woon-werkverkeer in 2004 op het autogebruik en het reistijdverlies.

Methodebreuk

In 2004 werd het Onderzoek Verplaatsingsgedrag (OVG), dat werd uitgevoerd door het CBS, vervangen door het Mobiliteitsonderzoek Nederland (MON), dat werd uitgevoerd door de toenmalige Dienst Verkeer en Scheepvaart (DVS) van Rijkswaterstaat (nu onderdeel van Water, Verkeer en Leefomgeving). Volgens analyses van betrokken deskundigen is er geen aanwijzing dat er daarbij sprake was van een methodebreuk.
In aanvulling op deze analyses heeft het KiM 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 6). 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 kilometer 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 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 6 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 6. Gemeten ontwikkeling en geschatte groeikrommen van de afgelegde afstanden woon-werk in de spits, 1999-2009. Bron: KiM.

Verklarende tijdreeksanalyse autogebruik

Om het effect te onderzoeken 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 multipele 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 (bbp) als extra verklarende variabele. De bevolkingsomvang, het aantal werkzame personen, autobezit, bbp 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;
   - bbp.

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 multipele 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 (zoals 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-werkverkeer in de periode 2003-2009 ten opzichte van de periode 2000-2003.

De regressievergelijking is als volgt:

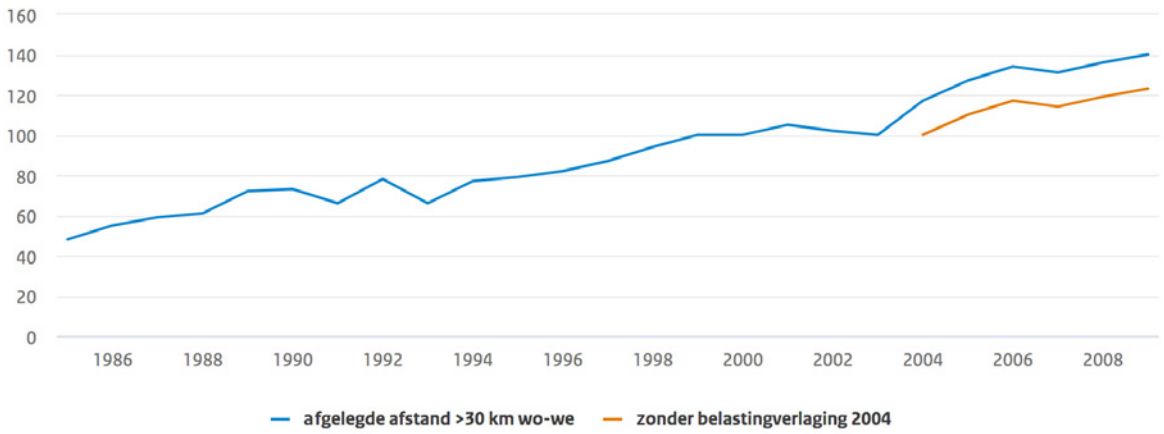
Y_j	=	$c + \beta Be_j + \gamma Ba_j + \delta A_j + \phi Bp_j + \kappa T_j + DD_j + \varepsilon_j$
Y_j	=	Afgelegde kilometers woon-werk boven 30 kilometer per jaar j
c	=	constante
Be_j	=	de bevolkingsomvang per jaar *j*
Ba_j	=	het aantal werkzame personen per jaar *j*
A_j	=	het aantal personenauto's per jaar j
Bp_j	=	bruto binnenlands product bbp)
T_j	=	de lineaire trend per jaar j
D_j	=	dummy variabele (1985-2003 = 0; 2004-2009 = 1)
β, γ, δ, ϕ, D en κ	= =	partiële regressiecoëfficiënten
ε_{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 2). De analyse met het bbp als extra verklarende factor geeft ongeveer hetzelfde resultaat. Op kortere afstanden daarentegen is er geen sprake van significante toenamen. Er zijn ook regressieanalysen 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.

	Regressie zonder bbp		Regressie met bbp	
R^2	0,9915		0,9915	
	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

Tabel 2. Regressie op afgelegde afstand met de auto als bestuurder in de spits voor woon-werk boven 30 kilometer, 1985-2009[17]. Bron: KiM.

Om het effect van de wijziging van de onbelaste vergoeding beter inzichtelijk te maken, is figuur 7 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 7. Ontwikkeling verplaatsingsafstand boven 30 km afstand woon-werk in de spits en effect van de belastingverlaging 2004. Bron: KiM.

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

17 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.

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-anteraming van de verhoging van de vrijstelling van de vergoeding voor woon-werkverkeer in het *Belastingplan 2004*.
In de periode 2005-2016 valt het effect van de afschaffing van de vergoedingslimiet in 2004 buiten de onderzoeksperiode. Het effect is in die periode op 7 procent gesteld in plaats van 8 procent.

Methodiek ter verklaring van de verkeersomvang

Om de ontwikkeling van de verkeersomvang te verklaren, wordt een methodiek toegepast die vergelijkbaar is als voor het reistijdverlies. De samenstelling van de verklarende factoren verschilt echter van formule 1. In plaats van de verkeersomvang zijn demografische en sociaaleconomische factoren opgenomen: bevolking, banen per inwoner, autobezit per inwoner, btw-zakelijke dienstverlening en (in aparte analysen ter controle) bbp.

$$V_{iv} = c_v + \beta_p B_{iv} + \gamma_s S_{iv} + \phi_m M_m + \eta_v V_{iv} + \varepsilon_{iv} \qquad (3)$$

V_{iv}	=	verkeersomvang uitgedrukt in voertuigkilometers afgelegd per maand i en wegvak v
c_v	=	constante per wegvak v (impliciet, door meancentering)
B_{iv}	=	indicatoren die aangeven of een beleidsmaatregel in een maand i en op een wegvak v actief is ("1") of niet ("0") (aangevend het verschil voor en na introductie van de maatregel) en of wegvak v binnen het invloed gebied van beleidsmaatregel p ligt
S_{iv}	=	situationele factoren (weer, wegwerkzaamheden, ongevallen) per maand i
		per wegvak v en de reciproke van capaciteit per wegvak v
M_m	=	kalendermaand m
V_{iv}	=	de sociaaleconomische factoren per maand i en wegvak v
$\alpha, \beta, \delta, \phi, \gamma, \eta$	=	partiële regressiecoëfficiënten die het effect aangeven van een factor op de maandelijkse trend per wegvak van de te verklaren variabele
ε_{iv}	=	error

De verklaring van de ontwikkeling van het vrachtverkeer is op dezelfde wijze bepaald als van de totale verkeersomvang met enkele aanpassingen. Van de externe factoren is alleen het bbp meegenomen binnen een straal van 30 kilometer ten opzichte van elk wegvak. Bij de brandstofprijs is alleen naar diesel gekeken. Bij de berekening van de verkeersomvang van het vrachtverkeer wordt onderscheid gemaakt tussen de ochtendspits, avondspits en de dalperiode.

Methodiek ter verklaring van reistijdbetrouwbaarheid, extreme reistijden, totale en gemiddelde reistijd.

De methodiek ter verklaring van de onbetrouwbaarheid van de reistijd, extreme reistijden, totale reistijd (in voertuigminuten) en gemiddelde reistijd (in gemiddelde rijtijd per kilometer) is in hoofdlijnen gelijk aan die ter verklaring van het reistijdverlies. Hiervoor worden regressies uitgevoerd conform formule 1. Wel zijn er enkele verschillen in de berekeningswijze, omdat de te verklaren variabelen anders gedefinieerd zijn. Gemiddelde reistijd en onbetrouwbaarheid van de reistijd, zoals uitgedrukt in de standaardafwijking (SD) op wegvakniveau, zijn gedefinieerd in reistijd per kilometer weglengte. De variabelen reistijdverlies, extreme reistijden en totale reistijd zijn gedefinieerd in absolute waarden (uren tijdverlies). Voor definities van reistijdbetrouwbaarheid en extreme reistijden zie: '*De toename van de onbetrouwbaarheid en de extreme reistijden was in 2016 vergelijkbaar met die van het reistijdverlies, Achtergrond: Definitie van onbetrouwbaarheid en extreme reistijdverliezen*'.

Om de genoemde variabelen te kunnen verklaren, 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, extreem reistijdverlies en de totale reistijd worden de absolute waarden van de uren voor de regressievergelijking *ge-meancentered*: er wordt als het ware een wegvakspecifieke constante meegenomen. Voor de verklaring van de gemiddelde reistijd (rijtijd per kilometer) en de onbetrouwbaarheid uitgedrukt in de standaardafwijking, gaan we uit 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 de gemiddelde reistijd (rijtijd per kilometer) is 'intensiteit' gebruikt. Er is geen *meancentering* uitgevoerd voor de verklaring van de onbetrouwbaarheid, uitgedrukt in de standaardafwijking, en voor de verklaring van de extreme reistijden, uitgedrukt in reistijdverlies boven 3 x SD en ten minste 50 procent boven de gemiddelde reistijd.

Het effect van externe factoren, Het Nieuwe Werken, brandstofprijs en Belastingplan 2004

Het effect van de externe factoren op onbetrouwbaarheid, extreme reistijden, totale en gemiddelde reistijd is bepaald met een regressie per jaar per wegvak, met deze variabelen als afhankelijke variabele en reistijdverlies als onafhankelijke variabele. Omdat dit in een log-lineair model gedaan is, leverde dit elasticiteiten op waarmee het effect van externe factoren op reistijdverlies doorvertaald is naar de andere afhankelijke variabelen.

Het effect van ongevallen

Om vast te stellen wat het invloedsgebied is van ongevallen op de extreme reistijden, zijn eerst regressiecoëfficiënten geschat voor verschillende gebieden en perioden (tabel 3). De indicator voor extreme reistijden hiervoor is het 'reistijdverlies op kwartieren' met de 10-20 procent langste reistijd. Vervolgens is nagegaan hoeveel variantie verklaard wordt bij de keuze voor verschillende invloedsgebieden en -perioden (tabel 4). Hieruit blijkt dat een invloedsgebied van 20 kilometer voor en achter het wegvak met het ongeval, en één uur na de periode van meestal één uur tijdens het ongeval de meeste variantie in reistijdverlies verklaart. Verondersteld wordt daarom dat dit de beste keuze is.

Invloedsperiode	20-10 km voor	10-5 km voor	< 5 km voor	Direct	< 5 km na	5-10 km na	10-20 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

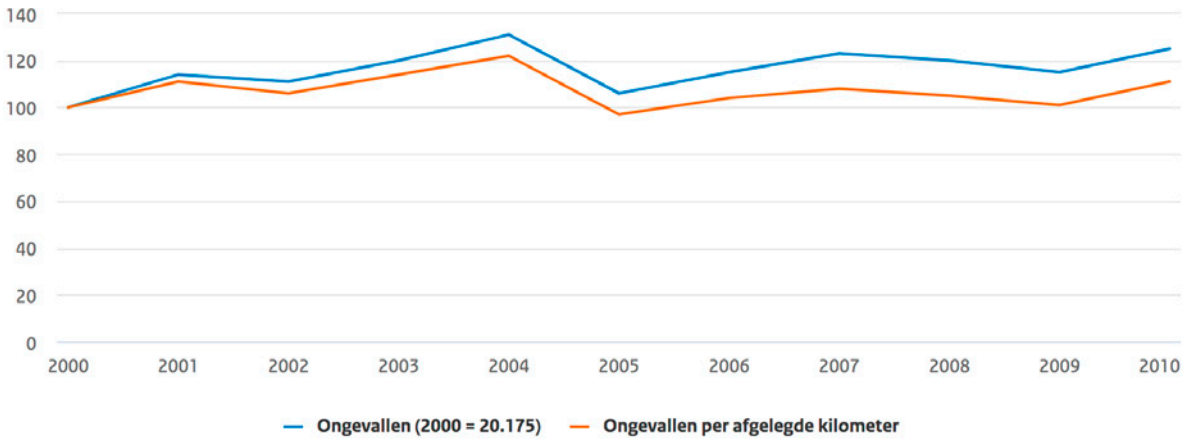
Tabel 3. Regressiecoëfficiënten van wegen en perioden rond de locatie en het tijdstip van ongevallen van 2001 tot 2009. Bron: KiM.

		Ruimtelijk invloedsgebied			
		Alleen direct	tot 5 km	tot 10 km	tot 20 km
Invloedsperiode	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

Tabel 4. Verklarende variantie in reistijdverlies (R2) bij verschillende gebieden en perioden van invloed van ongevallen, van 2001 tot 2009. Bron: KiM.

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 ongevallen in werkelijkheid toeneemt. Figuur 8 geeft op basis van deze registraties een zo goed mogelijke raming van de ongevallen in de periode 2000-2010[18]. 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.



Figuur 8. Raming aantal ongevallen op basis van registraties door bergers en verkeerscentrales op het hoofdwegennet (vooral voor 2006 is sprake van onderregistratie). Bron: KiM/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 5). Van de circa 124.000 incidenten in 2009 zijn er circa 23.000 ongevallen. De invloed van deze overige incidenten op reistijdverlies, onbetrouwbaarheid en extreme reistijden is nog niet eerder bepaald.

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

Tabel 5. Aantal incidenten geregistreerd door de verkeerscentrales op het hoofdwegennet in 2009. Bron: KiM/DVS.

18 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.

Geraadpleegde bronnen

CPB (2004). *Effecten van Belastingplan 2004 op mobiliteit en milieu*. CPB-notitie opgesteld in samenwerking met de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) en Milieu- en natuurplanbureau (MNP). Den Haag: Centraal Planbureau.

Groot, W. (2012). *Over brandstofprijzen en automobiliteit, Een beknopte analyse van prijs- en kruis elasticiteiten.* Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.

KiM (2017). *Effecten van Het Nieuwe Werken op mobiliteit en congestie 2000-2016*. In voorbereiding. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.

Rijkswaterstaat (2011). *Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen, Handboek, versie 3*. Den Haag: Rijkswaterstaat.

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

Wageningen-Kessels, F. van, Hoogendoorn, S.P., Vuik, K. & Lint, H. van (2014).*Traffic Flow Modeling: a Genealogy*. Paper for Transportation Research Board Annual Meeting 2014. Washington DC.

Methodiek ter verklaring van het effect van externe factoren en van recessie.

Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving (WVL) heeft de verkeersgegevens van 2016 gekoppeld aan het netwerk (het Nationaal Wegenbestand) van 2016 in plaats aan dat van 2010, zoals in voorgaande jaren. Daardoor zijn de beschrijvende en verklarende analysen van de bereikbaarheid op het hoofdwegennet 2005-2016 gebaseerd op een iets andere selectie van wegvakken dan de analysen van 2005-2015. Dit heeft tot gevolg dat de resultaten op sommige punten anders zijn (bijvoorbeeld: de toename van vrachtverkeer 2005-2015 is nu 5,5 procent in plaats van 7,6 procent, lagere effecten van extra stroken op reistijdverlies in de Zuidvleugel van de Randstad, lager effect van verkeersmanagement op onbetrouwbaarheid). De in 2016 toegenomen dichtheid van het verkeer lijkt mede een rol te hebben gespeeld bij het lagere effect van verkeersmanagement op onbetrouwbaarheid.

Om te bepalen wat in de periode 2005-2016 het effect is van externe factoren op het reistijdverlies op de hoofdwegen, is een aparte regressie uitgevoerd per jaar per wegvak. Hiervoor is nagegaan in welke mate veranderingen in bevolking, banen, autobezit en het bruto binnenlands product (bbp) per gemeente, op de wegvakken die binnen een afstand van 30 kilometer liggen, hebben bijgedragen aan de verkeersomvang (voertuigkilometers) en het reistijdverlies per voertuigkilometer. Zie Van der Loop (2012; 2014) voor een verantwoording over de methodiek die is gebruikt om het reistijdverlies en de verkeersomvang te verklaren.

Als gevolg van de recessie in de jaren 2008-2014, is de vraag naar verkeer en vervoer afgenomen. Om de omvang van het effect van deze recessie op het autogebruik en de congestie op het hoofdwegennet te bepalen, is nagegaan hoe de verkeersomvang geweest zou zijn indien de trend van 2000-2008 zou zijn voortgezet tijdens de periode 2008-2014. Het effect van de recessie 2008-2014 is bepaald door een trendanalyse toe te passen op de ontwikkeling van de verkeersomvang in de jaren voorafgaand aan de recessie (2000 tot en met 2007). Hiermee wordt de gemiddelde groei vastgesteld in de situatie zonder recessie. Deze groei kon in de periode 2008-2014 worden verwacht als er geen recessie zou zijn opgetreden. Het effect van de terugval in economische ontwikkeling is geraamd door de geëxtrapoleerde ontwikkeling te vergelijken met de waargenomen ontwikkeling. Zo kan een indicatie worden verkregen van het effect van de economische terugval op de verkeersomvang. Op basis van de waargenomen verhouding tussen beide factoren is deze indicatie vervolgens vertaald naar het effect op het reistijdverlies.

Effecten van 'Het Nieuwe Werken'.

Het Nieuwe Werken

Het Nieuwe Werken (HNW) beoogt werken effectiever, efficiënter en plezieriger te maken voor zowel de organisatie als de medewerker. Dit gebeurt door de medewerker centraal te stellen en deze – binnen bepaalde grenzen – de ruimte en vrijheid te geven om zelf te bepalen hoe, waar, wanneer, waarmee en met wie hij/zij werkt (Bijl, 2009). De componenten van HNW die van invloed zijn op de congestie (zie tabel 1), zijn: werken op een andere werklocatie in plaats van op een ander vast werkadres (thuis, op een andere vestiging van het bedrijf of op een flexkantoor), de werktijd op het vaste werkadres aanpassen om de spits met de auto of openbaar vervoer te mijden, zakelijke reizen met de auto vermijden (door bijvoorbeeld televergaderen) en werken tijdens de reis (in de trein).

Omdat van de verschillende vormen van HNW en de daarbij behorende mobiliteit onvoldoende informatie beschikbaar was uit de Nationale Enquête Arbeidsomstandigheden (NEA) en andere CBS statistieken, heeft het KiM enquêtes laten uitgevoerd onder circa 14.000 werkenden in Nederland van 2014 tot 2016. Het KiM heeft een methodiek ontwikkeld om met deze data en data uit andere bronnen (CBS, I&M) niet alleen de ontwikkeling in het HNW van 2000-2016 te beschrijven, maar ook de effecten hiervan op gebruik van auto, openbaar vervoer en fiets en congestie te schatten. Met de enquêtegegevens zijn de omvang en kenmerken van Het Nieuwe Werken van 2013 tot en met 2015 bepaald. Om de ontwikkeling van het Nieuwe Werken van 2000 tot 2016 te beschrijven en de effecten op mobiliteit en congestie te bepalen zijn de resultaten van de verklarende analysen geëxtrapoleerd naar de periode 2000-2016 op basis van verplaatsingsgegevens van het OViN, arbeidsgegevens van het NEA en andere bronnen van het CBS. Voor meer informatie hierover, zie KiM (2017). Het onderzoek naar de effecten van Het Nieuwe Werken is nog niet afgerond. De uitkomsten hiervan hebben daarom een voorlopig karakter.

	Aandeel van werkenden (%)		
	2014	**2015**	**2016***
Varianten met thuiswerken			
1. Thuiswerken met thuis als vast werkadres (is geen HNW)	6,4	6,1	6,0
2. a) Thuiswerken (i.p.v. op vast werkadres) en daardoor de spits met de auto mijden	16,9	17,4	17,5
b) Thuiswerken (i.p.v. op vast werkadres) zonder daardoor de spits met de auto te mijden (men reist gewoonlijk met de auto buiten de spits of met een andere vervoerwijze)(wordt niet als HNW beschouwd)	12,1	12,5	12,6
3. De spits met auto mijden door op dezelfde dag thuis en op vast werkadres te werken	8,1	8,5	8,6
Op andere vestiging of flexkantoor			
4. Werken op andere vestiging van bedrijf	1,1	1,0	1,0
5. Werken op een flexkantoor	5,3	6,2	6,2
Werktijden schuiven			
6. Schuiven met werktijden op vast werkadres om de spits met auto te mijden (zonder thuiswerken)	10,3	10,9	11,2
7. Schuiven met werktijden om de spits met ov te mijden	4,1	4,9	5,0
Overige vormen van HNW			
8. Het mijden van autogebruik voor zakelijke reizen	1,4	1,2	1,2
9. Werken tijdens de reis	Onb.	7,8	7,8

* Extrapolatie

Tabel 1. Aandeel werkenden in Nederland met acht vormen van Het Nieuwe Werken 2014-2016. Bron: KiM.

Geraadpleegde bronnen

Bijl, D. (2009). *Aan de slag met Het Nieuwe Werken*. Geraadpleegd via: http://www.nieuwwerken.nl.

KiM, (2017). *Effecten van Het Nieuwe Werken op mobiliteit en congestie 2000-2016*. (nog te verschijnen). Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.

Berekening van reistijdverlies op provinciale en gemeentelijke wegen

De reistijdverliezen op provinciale en gemeentelijke wegen zijn berekend door rijsnelheden uit de databank van het verkeerskundig IT-bedrijf INRIX te koppelen met intensiteiten van de Nationale Databank Wegverkeersgegevens (NDW). De ontwikkeling van de rijsnelheden van INRIX blijkt overeen te komen met de snelheden gemeten met detectielussen. Van de wegen waarvan geen gemeten intensiteiten beschikbaar zijn, zijn de intensiteiten per wegtype geschat op basis van de wegen waarvan deze wel beschikbaar zijn.
Om na te gaan of de jaarlijkse ontwikkeling van het reistijdverlies bepaald kan worden door INRIX-data te koppelen aan intensiteiten van de NDW, is ter validatie als eerste stap nagegaan in welke mate de snelheden van INRIX overeenkomen met die van NDW. INRIX levert een gemiddelde snelheid van wegsegmenten tot 1,6 kilometer en van 16 subsegmenten van elk segment. Voor elke NDW-detector is het corresponderende INRIX-subsegment bepaald. Daarna is een vergelijking is gemaakt tussen NDW-detector snelheid en INRIX-snelheid voor alle 36 maanden en elk kwartier van de dag in zoverre data beschikbaar waren.

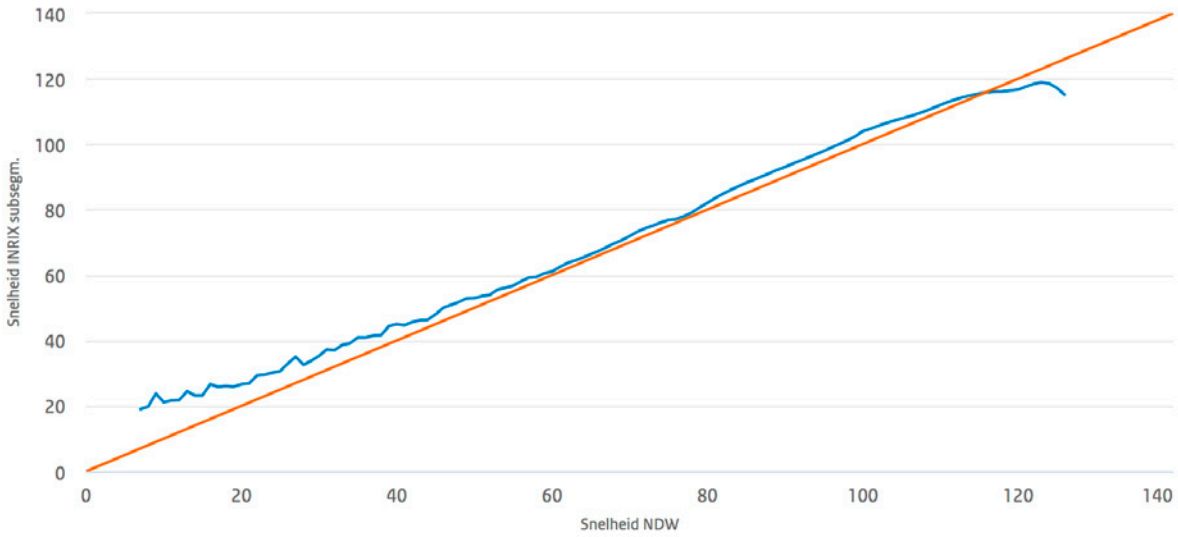
Hierbij bleek het volgende:

- De snelheden op subsegmenten van INRIX bleken circa 3 tot 7 minuten later te veranderen dan die van NDW.
- De rijsnelheden van INRIX van opeenvolgende minuten zijn gecorreleerd.
- Elke ongeveer 6 maanden kunnen definities van INRIX-segmenten veranderen. Daardoor hebben slechts weinig segmenten een gelijke lengte over de periode van 3 jaar.
- Op verschillende momenten waarop de lengtes van segmenten veranderen, lijkt het algoritme waarmee gemiddelde snelheden berekend worden door INRIX ook te veranderen. Dit leidt tot veranderingen in snelheden tot enkele kilometers per uur.
- Als gevolg van blokken van ontbrekende data is de structuur van de data onregelmatig.

Om bovenstaande problemen te ondervangen, zijn de INRIX-data met 5 minuten vervroegd en is uitgegaan van kwartiergemiddeldes. Daarnaast zijn alleen segmenten gebruikt waarvan data van de hele periode beschikbaar zijn en waarvan de lengte niet substantieel veranderde. Ook zijn correcties in snelheid toegepast vanwege mogelijke veranderingen in het onderliggende algoritme. Voor de validatie van de snelheden zijn de data van mei 2014 buiten beschouwing gelaten vanwege het ontbreken van veel data.

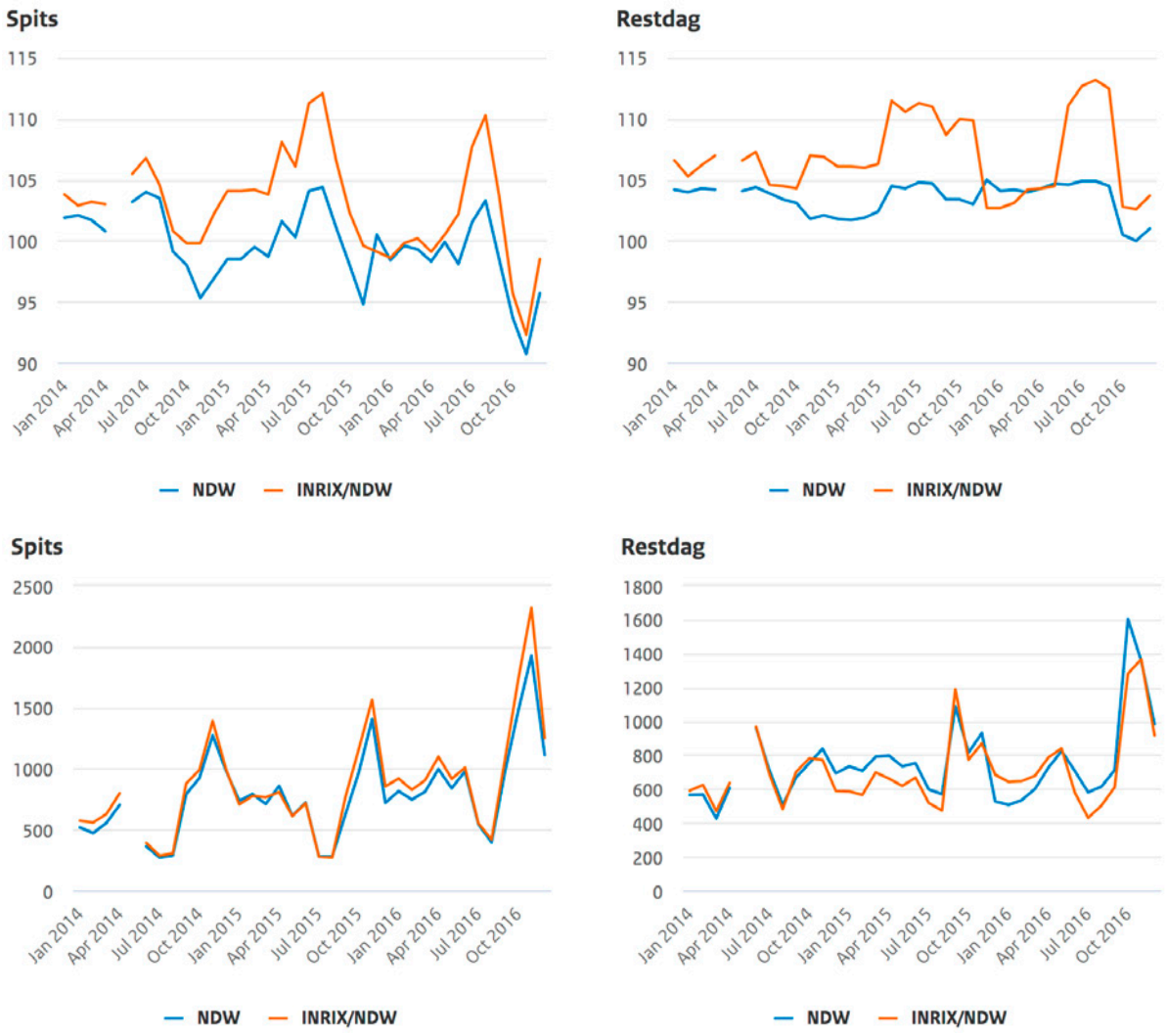
De validatie is toegepast op 4.125 locaties in de dataset, waarvan zich 184 locaties op het onderliggend wegennet bevonden (162 op provinciale wegen en 22 op gemeentelijke wegen) en de overige op het hoofdwegennet. De vergelijkingen van snelheden zijn gemaakt voor elk kwartier over drie jaar, resulterend in bijna 250 miljoen datapunten. Dat betekent dat er voldoende data beschikbaar zijn om algemene conclusies te trekken over de twee typen snelheidsberekeningen.

Uit deze stap kan geconcludeerd worden dat de gemiddelde snelheid zoals gemeten door INRIX goed overeen komt met de gemiddelde snelheid zoals gemeten door de NDW (figuur 1). Wel zijn er afwijkingen voor rijsnelheden onder 30 km/uur en boven 110 km/uur. De snelheden boven 100 km/uur zijn niet van belang om reistijdverlies (tot een referentiesnelheid van 100 km/u) te bepalen en de snelheden onder 30 km/uur komen slechts zelden voor (0,04 procent van de tijd). Bij hele lage rijsnelheden is het bekend dat de NDW-detectoren minder nauwkeurig worden. Dat is een mogelijke verklaring voor de afwijking bij lage snelheden. Bij hoge rijsnelheden op segmenten met variabele maximumsnelheden tonen de INRIX-snelheden soms vreemde patronen. Mogelijk werkt hier het INRIX-fusion algoritme niet optimaal. Dat is een mogelijke verklaring voor de afwijking bij hoge snelheden.



Figuur 1. Samenhang tussen snelheden van NDW en INRIX op 3.600 INRIX-subsegmenten per kwartier op hoofdwegen met een maximumsnelheid van 100 km/uur in december 2016 (blauwe punten) vergeleken met perfecte correlatie (rode lijn). Bron: KiM.

In een tweede stap ter validatie zijn snelheden en voertuigverliesuren op hoofdwegen ook onderscheiden naar piek- en dalperioden (figuur 2). De overeenkomst tussen de ontwikkeling van reistijdverlies op basis van INRIX/NDW en NDW-alleen ondersteunt de veronderstelling dat het verschil tussen de gemiddelde snelheid vooral veroorzaakt wordt door de INRIX-problemen bij hogere snelheden, en dat in het snelheidsinterval waar de reistijdverliezen ontstaan (tussen 30 km/u en 100 km/u) de overeenkomst tussen beide databronnen groot is.



Figuur 2. Vergelijking van rijsnelheid (km/u, boven) en reistijdverlies op hoofdwegen (onder) per maand 2014-2016 tussen detectielussen (NDW) alleen en de combi van mobiele data (INRIX) en detectielussen (NDW) in de spits (7-9; 16-18 uur) en restdag. Bron: KiM.

Om bovenstaande redenen en vanwege de kleine verschillen tussen beide ontwikkelingen, lijkt de combinatie van INRIX met NDW geschikt om de jaarlijkse ontwikkeling van het reistijdverlies op hoofdwegen, provinciale en gemeentelijke wegen tamelijk nauwkeurig te bepalen. De betrouwbaarheid kan nog verbeteren als bovenstaande relatief kleine vertekeningen met betrekking tot vertraging, correlatie en dergelijke opgehelderd en vermeden kunnen worden, en als de intensiteitsprofielen van regionale en doorgaande gemeentelijke wegen worden bepaald met een groter aantal meetpunten.

Na de validatiefase is het aantal voertuigverliesuren berekend op rijkswegen, provinciale en doorgaande gemeentelijke wegen met alle INRIX-subsegmenten (circa >20.000) die over de hele meetperiode van drie jaar beschikbaar waren en waarvan de definitie van het segment niet (of niet te veel) veranderd is gedurende deze periode. Per wegklasse is uit de (eerder gekoppelde) NDW-data voor elk kwartier voor elke dag in de meetperiode een gemiddelde intensiteit bepaald. Door de INRIX-snelheden, de gemiddelde NDW-intensiteiten en de referentiesnelheden te combineren, zijn vervolgens de voertuigverliesuren berekend.
De analyse is uitgevoerd voor zeven verschillende wegtypes: vier op het onderliggend wegennet (met een lokale maximumsnelheid van 50, 60, 70 en 80 km/u) en drie op het hoofdwegennet (met een lokale maximumsnelheid van 70, 80 en 100+ km/u). Om het reistijdverlies te bepalen, is gekozen voor een vaste referentiesnelheid, omdat deze het mogelijk maakt om veranderingen over de jaren met elkaar te kunnen vergelijken en omdat dit het mogelijk maakt

om de effecten van beleidsmaatregelen te bepalen en met elkaar te kunnen vergelijken. De referentiesnelheden (respectievelijke 45, 50, 55, 60, 55, 80 en 100 km/u) zijn gebaseerd op de gemiddelde snelheid tijdens de dal periode (10.00-15.00 uur) op wegtypen met een gelijke maximum toegestane snelheid (MuConsult, 2016).

De ontwikkeling van het reistijdverlies op rijkswegen op basis van deze analyse komt goed overeen met de berekeningen van het KiM. Er zijn weliswaar verschillen zichtbaar, maar dat kan liggen aan een iets verschillende selectie van wegsegmenten. De snelheden van INRIX betreffen het hele netwerk, terwijl de snelheden van Rijkswaterstaat het gedeelte met detectielussen betreft, die met name op wegen met relatief veel congestie liggen. Daarnaast is voor de INRIX/NDW-berekening een algemeen intensiteitsprofiel toegepast dat is gebaseerd op een gemiddelde over een selectie van segmenten, terwijl de berekening van Rijkswaterstaat de gemeten intensiteit betreft.

Geraadpleegde bronnen

MuConsult (2016). *Reistijdverlies op provinciale en stedelijke wegen 2011-2014. Methodiekontwikkeling*. Amersfoort: MuConsult.

Berekening van de maatschappelijke kosten door files en vertragingen.

De meest gangbare methode om de maatschappelijke kosten door files en vertragingen (ook wel aangeduid als economische verlieskosten) te berekenen, is door het reistijdverlies (uitgedrukt in aantal voertuigverliesuren) te vermenigvuldigen met de reistijdwaardering van de voertuigverliesuren.[19] Deze methode is aangevuld met een aantal andere elementen, namelijk uitwijkgedrag, reistijdonbetrouwbaarheid en indirecte effecten. In de berekening wordt onderscheid gemaakt tussen directe en indirecte kosten. De directe kosten bestaan uit de som van de kosten van reistijdverliezen, onbetrouwbaarheid van de reistijd en de bijbehorende uitwijkkosten. De indirecte kosten zijn de effecten van files en vertragingen op andere markten dan het wegverkeer. Dit wordt hieronder verder toegelicht.
Files leiden niet alleen tot wachtende automobilisten, maar ook tot uitwijkgedrag[20]. Als gevolg van files gaan mensen eerder of later van huis, rijden ze om, kiezen ze een ander vervoermiddel of een andere bestemming. Ze kunnen bijvoorbeeld besluiten om de verplaatsing niet te maken en thuis te werken. De kosten van dit uitwijkgedrag worden meegenomen als onderdeel van de 'maatschappelijke kosten' van files en vertragingen. Rekening houdend met de uitwijkkosten, vallen de totale congestiekosten bijna twee keer zo hoog uit als de kosten van reistijdverlies. Dat blijkt uit een onderzoek van Koopmans & Kroes (2004) naar de werkelijke maatschappelijke kosten van files en vertragingen.
Naast de kosten van de reistijd nemen we ook de kosten van de reistijdonbetrouwbaarheid mee. Betrouwbaarheid gaat over de mate waarin de reistijd zeker is, ofwel over de variatie rondom de gemiddelde reistijd. Deze variatie voor het verkeer op de hoofdwegen wordt vastgesteld op basis van empirisch onderzoek. De empirische methode wordt sinds 2010 toegepast om de kosten van de onbetrouwbaarheid te bepalen. Daarbij wordt de reistijdvariatie (uitgedrukt in uren standaardafwijking van de reistijd) vermenigvuldigd met de bijbehorende economische en maatschappelijke waardering van een grotere betrouwbaarheid van reistijden.[21]

Files en vertragingen kunnen ook effecten hebben op andere markten dan het wegverkeer. Dit noemen we de indirecte effecten. Dit zijn dezelfde indirecte effecten die kunnen optreden bij de aanleg of verbetering van infrastructuur. De openbaarvervoersmarkt is één van die andere markten. Files kunnen daar als gevolg van uitwijkgedrag leiden tot een groter aantal ov-reizigers in de piekuren, waardoor kostbare extra capaciteit is vereist. Hierdoor zou het exploitatietekort van de ov-bedrijven kunnen toenemen. Omdat de totale indirecte effecten meestal niet groter zijn dan 30 procent van de totale directe effecten, is deze marge (van 0 tot 30 procent) ook gehanteerd bij de berekening van de maatschappelijke kosten door files en vertragingen (VenW & EZ, 2004). Onderstaande tabel geeft de hoogte van de verschillende posten die samen de totale maatschappelijke kosten door files en vertragingen vormen.

	2016
Kosten gemiddelde reistijdverliezen	1,08
Bijbehorende uitwijkkosten reistijdverliezen	0,95
Kosten onbetrouwbaarheid reistijden	0,55
Bijbehorende uitwijkkosten onbetrouwbaarheid	0,24
Totale directe kosten	2,8
Indirecte kosten	0 tot 0,9
Totale kosten	2,8 tot 3,7

Tabel 1. Maatschappelijke kosten door files en vertragingen (in miljarden euro's) op hoofdwegen in Nederland in 2016 (prijspeil 2016). Bron: berekeningen KiM op basis van diverse bronnen.

19 Voor een gangbare reistijdwaardering per motief, zie Steunpunt Economische Expertise (SEE): https://www.rwseconomie.nl/kengetallen/documenten/publicaties/2016/2016/bereikbaarheid/kengetallen-bereikbaarheid.

20 Uitwijkkosten zitten dicht aan tegen de schedule delay-kosten uit dynamische modellen van verkeerscongestie.

21 Voor 2010 werd gewerkt met een opslag voor de onbetrouwbaarheid gebaseerd op een kengetal dat Van Reisen (2006) heeft berekend op basis van het SMARA-model van het Planbureau voor de Leefomgeving.

Geraadpleegde bronnen

Koopmans, C.C. & Kroes, E.P. (2004). Werkelijke kosten van files tweemaal zo hoog. *Economisch Statistische Berichten*, 2-4-2004, 154-155.

VenW & EZ (2004). *Indirecte effecten infrastructuur. Aanvulling op de Leidraad OEI.* Den Haag: Ministerie van Verkeer en Waterstaat en ministerie van Economische Zaken.

Reisen, M. van (2006). *Incidentele files: De en kenmerken, de kosten het beleid.* Amsterdam: SEO Economisch Onderzoek.

De Bereikbaarheidsindicator (BBI).

Positionering

In de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR) 2012 is als nieuwe indicator de Bereikbaarheidsindicator (BBI) geïntroduceerd. Daarbij is ervoor gekozen bereikbaarheid te meten als alle moeite die reizigers en verladers en vervoerders van vracht moeten doen om een bepaalde bestemming te bereiken. Een verplaatsing van A naar B gaat namelijk niet vanzelf. De reiziger, vervoerder of verlader voelt weerstand tegen de reis omdat zijn budget aan geld, tijd en inspanning voor reizen beperkt is. Met het begrip 'bereikbaarheid' willen we al deze weerstand van de reiziger om van A naar B te komen vangen. De BBI wil in beeld brengen wat de relatieve bereikbaarheidskwaliteit van gebieden is: hoe zijn gebieden met relatief goede en relatief slechte bereikbaarheid verdeeld over de kaart? Daartoe wordt de 'reisweerstand' van alle reizen naar een gebied opgeteld en vergeleken met het landelijke gemiddelde. Niet alle deelaspecten van de reisweerstand kunnen in de BBI goed worden meegenomen. Dat geldt nu alleen voor die aspecten die zich laten vertalen naar 'reistijd'.

De BBI-score en BBI-index voor de auto

De BBI-score drukt de gemiddelde hemelsbrede snelheid uit van alle met de auto gemaakte verplaatsingen. Om de gemiddelde snelheid te bepalen, wordt voor de afstand gerekend met de *hemelsbrede* afstanden en voor de reistijd met de van deur-tot-deur-reistijden *over het wegennet*. Bij het bepalen van de reistijden wordt daardoor rekening gehouden met omrijden als gevolg van ontbrekende schakels in het netwerk en vertraagde verkeersafwikkeling door congestie. Daarnaast houdt de indicator rekening met het aantal reizigers: vaker gemaakte verplaatsingen wegen zwaarder. De BBI-score (uitgedrukt in kilometers per uur) wordt zelden opzichzelfstaand gebruikt. Gebruikelijker is de BBI-score te vergelijken met een landelijk gemiddelde, waardoor de BBI-index ontstaat. Bij het presenteren van regionale verschillen wordt deze BBI-index gebruikt. Omdat de hemelsbrede snelheden sterk verschillen naar afgelegde afstand, wordt hiervoor bij de berekening van de BBI-index gecorrigeerd door het toepassen van een zogeheten referentielijn (vergelijken met de verhouding op nationaal niveau).

De BBI verder uitgewerkt voor het ov

De BBI is ook toe te passen als een gebiedsindicator voor de bereikbaarheidskwaliteit van het integrale ov-systeem, dus trein, tram, bus en metro samen. Deze toepassing is in 2017 verder ontwikkeld (KiM, 2017). Uitgangspunt was net als bij de auto de specificatie en methodiek volgens de SVIR-BBI en het BBI handboek (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2014). Door zoveel mogelijk volgens dezelfde methodiek en specificaties te werken als bij de BBI-auto zijn integrale analyses van auto- en ov-bereikbaarheid mogelijk geworden. Waar nodig is de berekeningsmethode van de BBI-ov aangepast aan de kenmerken van een reis per openbaar vervoer. De belangrijkste aanpassing is het rekenen met gepercipieerde reistijden. Een belangrijk verschil tussen reizen per openbaar vervoer en reizen per auto is dat een ov-reis bestaat uit verschillende ketencomponenten. Waar een autoreis veelal maar één zo'n component kent (rijden), heeft een ov-reiziger te maken met voor-, hoofd- en natransport, en overstappen.
De reistijdbeleving voor al deze verschillende reiscomponenten in een reisketen is niet identiek. Een minuut in de trein zitten is wat anders dan een minuut fietsen, en een minuut lopen is wat anders dan een minuut op het perron wachten. De reiziger ervaart een minuut die gemoeid is met wachten, overstappen, of staan in het voertuig als zwaarder dan een minuut die reizend wordt doorgebracht op een zitplaats in een normaal bezette trein of bus. De *subjectieve* reistijd van deur-tot-deur is door ervaren ongemak dus hoger dan de *objectieve* reistijd (de kloktijd). Een minuut wachttijd onder normale omstandigheden telt bijvoorbeeld ongeveer twee keer zo zwaar als een minuut zuivere reistijd in het voertuig (OECD/ITF, 2014; KiM 2015). Voor iedere reisrelatie (of set van reizen) moeten voor alle reistijdcomponenten de gepercipieerde reistijden bepaald worden. Opgeteld vormen ze de 'gegeneraliseerde ov-reistijd'. Hoe lager de gegeneraliseerde reistijd op een verbinding, hoe beter de bereikbaarheid.

Definitie BBI-ov

De BBI-ov-score drukt de gemiddelde (hemelsbrede) snelheid uit van alle per ov gemaakte verplaatsingen naar een bestemmingsgebied. Bij het bepalen van de gemiddelde snelheid wordt steeds gerekend met het snelste ov-alternatief op de vervoersrelatie en de gepercipieerde reistijden. De BBI-ov score wordt uitgedrukt in kilometers per uur. Net als bij de auto hangt ook in het ov de totale reisweerstand samen met de reislengte. In het ov spelen bijvoorbeeld het relatief langzame voor- en natransport naar de halte een rol, dat bij korte reizen een groter aandeel van de totale reistijd omvat dan bij lange reizen. Daarom worden ook voor het ov de BBI-scores gerelateerd aan een (voor het ov eigen) landelijke

referentielijn. Zodoende geeft de BBI-ov-index de verhouding weer tussen de BBI-score en de referentiewaarde (de landelijk gemiddelde snelheid voor die afstandsklasse). Ook de referentiewaarde voor het openbaar vervoer wordt weer bepaald op basis van de gepercipieerde reistijd.

Gebruik LMS impliceert mogelijkheden en onmogelijkheden

Voor het rekenen met de BBI wordt gebruik gemaakt van data uit het LMS (Landelijk Model Systeem Verkeer en Vervoer). Gebruik van data uit een model wil overigens nog niet zeggen dat het ook altijd gaat om artificiële, berekende cijfers. Voor de berekening van reistijden zijn namelijk zo goed als mogelijk de 'ware' reistijden in het model opgenomen. En door gebruik te maken van de cijfers voor de omvang van het verkeer uit het in het model gehanteerde basisjaar, gebaseerd op bestaande vervoersregistraties, wordt zo goed mogelijk aangesloten op de praktijk. Gebruik maken van het LMS impliceert echter mogelijkheden en onmogelijkheden. Doordat het model voor alle gemaakte ov-reizen deze subjectieve reistijd uitrekent, en die als output vasthoudt, kan deze subjectieve reistijd worden benut als grootheid voor de BBI-ov om zo goed mogelijk aan te sluiten op de door de reiziger ervaren reistijd van deur tot deur in een keten met verschillende reistijdcomponenten.

De kwaliteit van de *uitvoering* van de dienstregeling (dus inclusief de gevolgen van vertraagde of uitgevallen treinen of bussen, zoals het missen van geplande overstappen, of drukte in het ov) is nog niet uitgewerkt in het LMS, net als de meeste andere verkeersmodellen. Daarvoor ontbreken ook de regionale data. Het effect van onbetrouwbaarheid op de reistijd, en de kans om geen zitplaats te hebben, zijn in het LMS alleen impliciet meegenomen in de keuzegeneigdheid voor het ov als geheel, zonder dit plaats-, tijd- of reisspecifiek te maken. Overigens zijn ook voor de auto zaken als de onvoorspelbaarheid van de reistijd of verschil in comfort tussen weg- of voertuigtypen niet uitgewerkt.

BBI geeft géén exacte locatie van knelpunten

De BBI is ontwikkeld om te laten zien wat de relatieve bereikbaarheid van gebieden is, als resultante van de achterliggende ruimtelijke structuur, netwerken en verkeerskwaliteit. De indicator komt daarmee los van het direct denken in knelpunten binnen de verschillende vervoerwijzen. De BBI geeft dus niet de exacte locatie van het achterliggende knelpunt aan. Als bijvoorbeeld een gemeente relatief niet zo goed bereikbaar is, betekent dat nog niet dat ook de oorzaak van de relatief lage score zich in diezelfde gemeente bevindt. De bereikbaarheidsindicator kijkt naar het geheel van de reizen naar een gebied, dus óók naar het deel van de reisweg buiten dat gebied. De BBI is dus geen knelpunten-analyse, maar een aanvulling daarop, die de focus teruglegt naar het doel (bereikbaarheid verbeteren) in plaats van het middel (knelpunten oplossen) en zo het zoekgebied voor oplossingen kan verbreden.

Geraadpleegde bronnen

OECD/ ITF (2014). *Valuing convenience in public transport*, ITF round tables, No 156. Parijs, 2014.

KiM (2015). *Effecten van veranderingen in reistijd en daaraan gerelateerde kwaliteitsaspecten in het openbaar vervoer*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.

KiM (2017). *De bereikbaarheidsindicator uitgewerkt voor openbaar vervoer: BBI-ov. Het beleidskader, uitwerking en toepassing.* Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.

I&M (2014). *De SVIR bereikbaarheidsindicator, handleiding voor toepassing in MIRT en Beter Benutten.* Amersfoort: MuConsult B.V./ Move Mobility.

Berekening maatschappelijk belang.

Het KiM gebruikt de betalingsbereidheid van burgers en bedrijven om het maatschappelijk belang van mobiliteit te bepalen en te beschrijven. Deze betalingsbereidheid wordt afgemeten aan de kosten die consumenten en bedrijven maken voor mobiliteit. Dit is een ondergrens voor de betalingsbereidheid, omdat er ook consumenten en bedrijven zijn die bereid zouden zijn meer voor mobiliteit te betalen als dit wordt gevraagd.

De kosten die consumenten maken voor mobiliteit, bestaan uit de som van: (A) consumptieve bestedingen van huishoudens aan vervoer, (B) verzekeringen voor verkeer en vervoer, (C) motorrijtuigenbelasting, (D) tijdkosten voor woon-werk- en overige verplaatsingen. De consumptieve bestedingen zijn op het niveau van de hoofdkostenposten (aankoop voertuigen, gebruik van privévoertuigen en vervoersdiensten) te vinden in de Nationale Rekeningen van het CBS. Het KiM maakt gebruik van de gedetailleerdere COICOP-classificatie van het CBS.[22] De uitgaven aan verzekeringen voor verkeer en vervoer bestaan uit de geboekte premies. De uitgaven aan motorrijtuigenbelasting zijn rechtstreeks te vinden in de Nationale Rekeningen van het CBS. (zie Maatschappelijk belang Achtergrond: '*Tijdkosten voor burgers en bedrijven*').

De kosten die bedrijven maken voor mobiliteit, bestaan uit de som van: (A) inkoop van transportdiensten door bedrijven, (B) eigen vervoer met eigen vrachtvoertuigen, (C) uitgaven aan het zakelijk bestelverkeer, (D) uitgaven aan auto's van de zaak, (E) tijdkosten van zakelijke personenverplaatsingen (de tijdkosten van het goederenvervoer zijn al meegerekend bij A, B en C). De inkoopkosten van transportdiensten worden bepaald over de transportdiensten die binnenlands zijn geproduceerd door zowel de transportsector als andere sectoren (nevenproductie) en ingevoerde transportdiensten. Deze kosten zijn rechtstreeks te vinden in de gedetailleerde gebruikstabellen van de Nationale Rekeningen van het CBS. Voor het bepalen van de kosten aan eigen vervoer tellen eigen vrachtwagens en trekker-opleggercombinaties mee. Het aantal gereden kilometers van elk wordt vermenigvuldigd met de kosten per kilometer. De uitgaven aan het zakelijk bestelverkeer worden vastgesteld door het aantal gereden kilometers met zakelijke bestelwagens te vermenigvuldigen met de kosten per kilometer. Auto's van de zaak zijn leaseauto's en auto's op naam van bedrijven. Daarvan worden de kosten aan brandstof, rente en afschrijvingen bepaald. Ten slotte worden de tijdkosten van de zakelijke personenverplaatsingen hierbij opgeteld. (zie Maatschappelijk belang Achtergrond: '*Tijdkosten voor burgers en bedrijven*').

22 De Classification of Individual Consumption according to Purpose (COICOP) is een classificatie van consumptieve uitgaven die wordt beheerd door de Verenigde Naties. Deze ligt ten grondslag aan de classificaties die voor consumptieve uitgaven worden gebruikt binnen onder andere de Nationale Rekeningen, de Consumentenprijsindex en het Budgetonderzoek (https://www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/methoden/classificaties/coicop).

Reistijdwaarderingen

Het KiM heeft in 2013 het rapport 'De maatschappelijke waarde van kortere en betrouwbaardere reistijden' uitgebracht. Het rapport geeft de waardering in geld van kortere en betrouwbaardere reistijden voor verschillende vervoerswijzen en vervoersmotieven voor het jaar 2010 (KiM, 2013).

Er is gebruikgemaakt van zogenoemd *stated preference*-onderzoek, waarbij de respondenten situaties krijgen voorgelegd waarin de kosten van de reis, de reistijd en de betrouwbaarheid van de reistijd variëren. Uit de keuzes die respondenten maken, kan worden afgeleid hoe zij reistijd, betrouwbaarheid van de reistijd en geld tegen elkaar afwegen.

De dataverzameling voor het personenverkeer en -vervoer is in twee stappen verlopen. Bij de eerste steekproef zijn de respondenten gerekruteerd uit het grootste onlinepanel van Nederland (PanelClix) met 240.000 deelnemers en is gewerkt met een internetenquête (aantal respondenten: 5.760). Bij de tweede steekproef zijn de respondenten (1.430) op dezelfde wijze gerekruteerd als bij de vorige grote praktijkonderzoeken, namelijk bij benzinestations langs snelwegen, in parkeergarages, op treinstations, bij tram- en bushaltes, op luchthavens (Schiphol en Eindhoven) en in jachthavens (pleziervaart). Voor het goederenvervoer is volledig gewerkt met face-to-face-interviews vanwege de grotere complexiteit van de vragenlijst (aantal respondenten: 812).

In het onderzoek zijn de laatste relevante nationale en internationale wetenschappelijke ontwikkelingen verwerkt. De *stated preference surveys* zijn opgesteld in samenwerking met het ministerie en de verschillende sectororganisaties als NS, ProRail, ANWB, EVO, Transport en Logistiek Nederland, Centraal Bureau voor de Rijn- en Binnenvaart, Schiphol en KLM. Daarnaast heeft een brede klankbordgroep van internationale wetenschappers regelmatig meegelezen en feedback gegeven op conceptstukken en -resultaten.

De reistijdwaardering wordt periodiek vastgesteld door een groot praktijkonderzoek onder reizigers, vervoerders en verladers. In de tijd tussen twee praktijkonderzoeken worden de waarderingsgetallen in lopende prijzen jaarlijks verhoogd met de inflatie en met de reële inkomensontwikkeling die gebaseerd op de helft van de reële loonontwikkeling.

Omdat het laatste praktijkonderzoek betrekking heeft op waarderingen voor het jaar 2010, staan in de onderstaande tabel 1 de jaarlijkse groeicijfers van de loonontwikkeling en de inflatie die gebruikt zijn om de reistijdwaarderingen van 2010 te actualiseren naar de jaren 2011 tot en met 2016.

Inkomensstijging (%per jaar), bron CPB	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**
Loonvoet bedrijven, nominaal	0,50	1,70	2,90	1,90	1,00	0,60	1,70
Prijs particuliere consumptie	1,30	2,30	2,50	2,50	1,00	0,60	0,30
Loonvoet bedrijven, reëel	-0,79	-0,59	0,39	-0,59	0,00	0,00	1,40
Helft van de reële loonvoetstijging	-0,39	-0,29	0,20	-0,29	0,00	0,00	0,70

Tabel 1. Bepaling reële inkomensstijging 2010-2016 ten behoeve van de indexering van de reistijdwaardering (in procenten t.o.v. voorafgaand jaar). Bron: CPB 2017a en CPB 2017b.

Voor de reistijdwaardering in lopende prijzen worden de afzonderlijke reistijdwaarderingen voor 2010 opgehoogd met de reële inkomensstijging en de inflatie.

Reistijdwaardering auto	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
woon-werk	9,25	9,44	9,69	9,90	10,00	10,06	10,16
zakelijk	28,49	29,06	29,84	30,50	30,81	30,99	31,30
overig	7,50	7,65	7,86	8,03	8,11	8,16	8,24
gemiddeld auto	9,13	9,31	9,56	9,77	9,87	9,93	10,03

Reistijdwaardering bus, tram, metro	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
woon-werk	7,75	7,91	8,12	8,30	8,38	8,43	8,51
zakelijk	20,41	20,82	21,38	21,85	22,07	22,20	22,42
overig	6,00	6,12	6,29	6,42	6,49	6,53	6,59
gemiddeld bus, tram, metro	6,75	6,89	7,07	7,23	7,30	7,34	7,42

Reistijdwaardering trein	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
woon-werk	11,50	11,73	12,05	12,31	12,43	12,51	12,63
zakelijk	20,46	20,87	21,43	21,90	22,12	22,26	22,48
overig	7,00	7,14	7,33	7,49	7,57	7,61	7,69
gemiddeld trein	9,32	9,51	9,76	9,98	10,08	10,14	10,24

Tabel 2. Reistijdwaardering per persoon per uur per vervoerwijze en motief (in euro, lopende prijzen) Bron: KiM.

Geraadpleegde bronnen

KiM, (2013). *De maatschappelijke waarde van kortere en betrouwbaardere reistijden*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.

Model voor wegverkeer en congestie.

Inleiding

Met het Middenlangetermijnmodel maakt het KiM jaarlijks prognoses van het totale wegverkeer en van het verkeer en het reistijdverlies op het hoofdwegennet. Voor de prognoses voor de nabije toekomst tot en met 2021 is dit model geactualiseerd op basis van gegevens tot en met 2015. Hieronder worden de achtergronden beschreven, evenals de uitkomsten van de schattingen (Francke & Wüst, 2016).

Modelvergelijkingen

Het model bestaat uit het volgende stelsel simultane vergelijkingen:

Verkeersprestatie van het totale wegverkeer op Nederlands grondgebied (*WV*) per inwoner (*inw*)[23]

$$\ln\left(\frac{WV}{inw}\right) = \alpha_1 \ln(bbp) + \alpha_2 \ln(cap) + \alpha_3 \ln(brn) + \beta_1 \qquad (1)$$

De hoeveelheid wegverkeer per inwoner neemt toe als het bruto binnenlands product (*bbp*) en de beschikbare capaciteit van het hoofdwegennet (*cap*) toenemen, en daalt als de brandstofkosten (*brn*) toenemen.

Verkeersprestatie op het hoofdwegennet (*HWN*)

$$\ln\left(\frac{HWN}{WV}\right) = \alpha_4 \ln(bbp) + \alpha_5 \ln(cap) + \alpha_6 \ln(VVU) + \beta_2 \qquad (2)$$

Het aandeel van het verkeer op het hoofdwegennet in het totale wegverkeer neemt toe als het bbp en de beschikbare capaciteit van het hoofdwegennet toenemen, en daalt als de voertuigverliesuren (*VVU*) op het hoofdwegennet toenemen.

Reistijdverliezen op het hoofdwegennet (*VVU*[24])

$$\ln(VVU) = \alpha_7 \ln\left(\frac{HWN}{cap}\right) + \beta_3 \qquad (3)$$

De voertuigverliesuren op het hoofdwegennet nemen toe als het verkeer op het hoofdwegennet toeneemt en dalen als de capaciteit van het hoofdwegennet toeneemt.

De verklarende variabelen zijn:
bbp – indexcijfer (2000 = 100) van het bruto binnenlands product;
cap – het aanbod van hoofdwegen in rijstrookkilometers;
brn – de reële gemiddelde brandstofprijs in euro's;
inw – het aantal inwoners van 20 tot 65 jaar.

De structuurvergelijkingen (vergelijkingen 1, 2 en 3) van het model zijn gezamenlijk (ook wel simultaan) geschat.
De prognoses voor het totale wegverkeer worden gemaakt met vergelijking 1. Omdat ze afhangen van de uitkomsten van de andere vergelijkingen, zijn vergelijkingen 2 en 3 niet direct geschikt om prognoses te maken. Prognoses van de verkeersprestatie en het reistijdverlies op het hoofdwegennet kunnen worden gemaakt nadat deze twee vergelijkingen in hun herleide vorm zijn omgezet.

23 De te verklaren variabelen worden met hoofdletters weergegeven, de verklarende variabelen met kleine letters.

24 Het gaat om VVU100, met referentiesnelheid 100 km/uur.

De bijbehorende herleidevormvergelijkingen voor de verkeersprestatie (HWN) en de reistijdverliezen (VVU) op het hoofdwegennet zijn:

$$\ln(HWN) = \frac{\alpha_1 + \alpha_4}{1-\alpha_6\alpha_7}\ln(bbp) + \frac{\alpha_2 + \alpha_5 - \alpha_6\alpha_7}{1-\alpha_6\alpha_7}\ln(cap) + \frac{\alpha_3}{1-\alpha_6\alpha_7}\ln(brn) + \frac{1}{1-\alpha_6\alpha_7}\ln(inw) + \frac{\beta_1 + \beta_2 + \alpha_6\beta_3}{1-\alpha_6\alpha_7} \quad \textbf{(4)}$$

Aantal waarnemingen: 19		**Coëfficiënt**	**standaardfout**	**p-waarde**
HWN/cap	α_7	5,259 (4,039)	0,790 (0,004)	0,000 (0,000)
Intercept	β_3	31,921 (25,436)	4,199 (0,000)	0,000 (0,000)

$$\ln(VVU) = \frac{\alpha_7(\alpha_1 + \alpha_4)}{1-\alpha_7\alpha_6}\ln(bbp) + \frac{\alpha_7(\alpha_2 + \alpha_5 - 1)}{1-\alpha_7\alpha_6}\ln(cap) + \frac{\alpha_7\alpha_3}{1-\alpha_7\alpha_6}\ln(brn) + \frac{\alpha_7}{1-\alpha_7\alpha_6}\ln(inw) + \frac{\beta_3 + \alpha_7(\beta_1 + \beta_2)}{1-\alpha_7\alpha_6} \quad \textbf{(5)}$$

Alle coëfficiënten van de herleidevormvergelijkingen 4 en 5 worden hiermee direct afgeleid uit de geschatte coëfficiënten α_1 t/m α_7 en β_1 t/m β_3 van de structuurvergelijkingen 1, 2 en 3.

Resultaten

De huidige resultaten zijn verkregen door de vergelijkingen 1, 2 en 3 te schatten op basis van gegevens uit de periode 1998 tot en met 2015. Onderstaande tabellen geven de resulterende coëfficiënten. Tussen haakjes staan de waarden van het model geschat op waarnemingen tot en met 2014, zoals gebruikt in het Mobiliteitsbeeld 2015 (KiM, 2015).

Vergelijking 1 Structuurvergelijking voor het totale wegverkeer op Nederlands grondgebied. Bron: KiM.

Aantal waarnemingen: 19		**coëfficiënt**	**standaardfout**	**p-waarde**[A]
Bbp	α_1	0,493 (0,601)	0,048 (0,048)	0,000 (0,000)
Cap	α_2	0,000[B] (0,000)	0,000 (0,000)	0,000 (0,000)
Brn	α_3	-0,001(-0,054)	0,030 (0,029)	0,017 (0,060)
Intercept	β_1	0,234 (-0,022)	0,144 (0,003)	0,104 (0,000)

A De p-waarde kwantificeert de statistische significantie van de geschatte coëfficiënt. Waarden lager dan 0,05 worden in de regel als statistisch significant beoordeeld.

B In de simultane schattingsprocedure is opgelegd dat deze coëfficiënt op basis van theoretische overwegingen groter of gelijk aan nul moet zijn. In de huidige schatting is deze restrictie bindend.

Vergelijking 2 Structuurvergelijking voor aandeel wegverkeer op hoofdwegennet. Bron: KiM.

Aantal waarnemingen: 19		**Coëfficiënt**	**standaardfout**	**p-waarde**
Bbp	α_4	0,337 (0,308)	0,177 (0,083)	0,000 (0,000)
Cap	α_5	0,282 (0,215)	0,180 (0,047)	0,000 (0,000)
VVU100	α_6	-0,091 (-0,080)	0,042 (0,024)	0,001 (0,001)
Intercept	β_2	-4,612 (-3,887)	1,075 (0,017)	0,000 (0,000)

Vergelijking 3 Structuurvergelijking reistijdverliezen hoofdwegennet. Bron: KiM.

Aantal waarnemingen: 19		**Coëfficiënt**	**standaardfout**	**p-waarde**
HWN/cap	α_7	5,259 (4,039)	0,790 (0,004)	0,000 (0,000)
Intercept	β_3	31,921 (25,436)	4,199 (0,000)	0,000 (0,000)

Met de geschatte coëfficiënten α_1 t/m α_7 en β_1 t/m β_3 van de structuurvergelijkingen 1, 2 en 3 kunnen alle coëfficiënten van de herleidevormvergelijkingen 4 en 5 worden berekend.

Vergelijking 4 Herleidevormvergelijking voor wegverkeer op het hoofdwegennet. Bron: KiM.

$$\ln(HWN) = \alpha_8 \ln(bbp) + \alpha_9 \ln(cap) + \alpha_{10} \ln(brn) + \alpha_{11} \ln(inw) + \beta_4$$

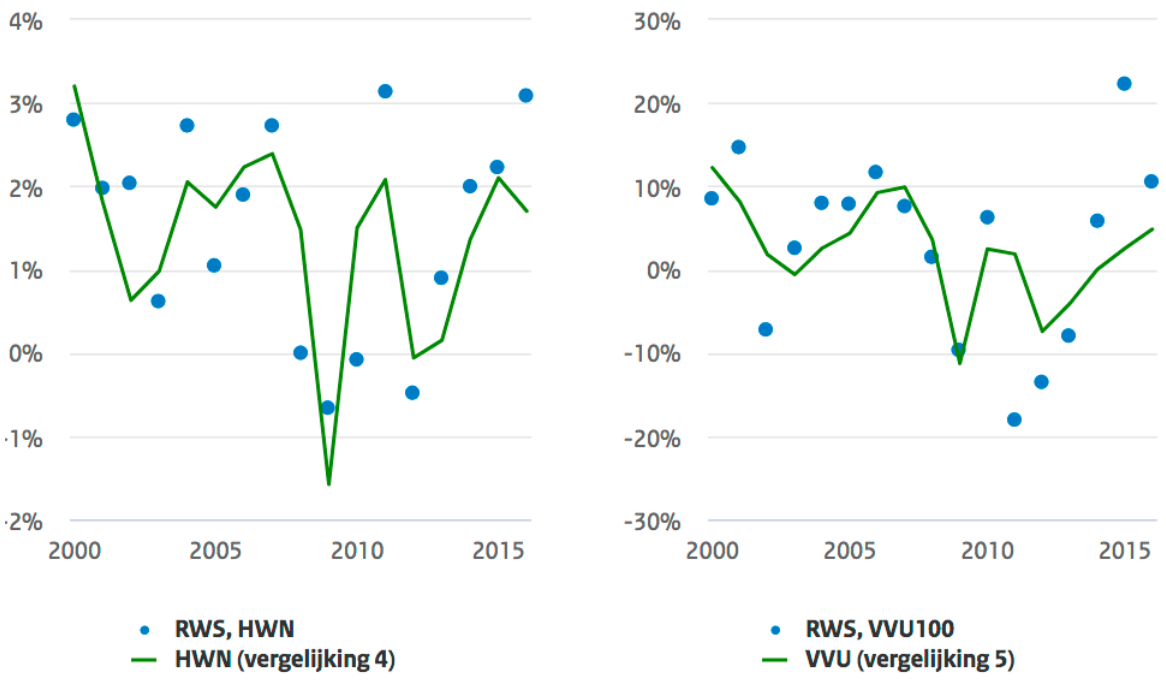
		Coëfficiënt
Bruto binnenlands product (bbp)	α_8	0,561 (0,687)
Strooklengte hoofdwegen (cap)	α_9	0,514 (0,407)
Brandstofprijs (brn)	α_{10}	-0,001 (-0,041)
Inwoners (inw)	α_{11}	0,676 (0,756)
Intercept	β_4	-4,926 (-4,492)

Vergelijking 5 Herleidevormvergelijking voor reistijdverliezen op het hoofdwegennet (VVU100). Bron: KiM.

$$\ln(VVU) = \alpha_{12}\ln(bbp) + \alpha_{13}\ln(cap) + \alpha_{14}\ln(brn) + \alpha_{15}\ln(inw) + \beta_5$$

		Coëfficiënt
Bruto binnenlands product (bbp)	α_{12}	2,952 (2,775)
Strooklengte hoofdwegen (cap)	α_{13}	-2.554 (-2,396)
Brandstofprijs (brn)	α_{14}	-0,004 (-0,165)
Inwoners (inw)	α_{15}	3,557 (3,053)
Intercept	β_5	6,017 (7,292)

De onderstaande figuren tonen de in groeicijfers uitgedrukte resultaten voor het hoofdwegennet (vergelijkingen 4 en 5) voor de verkeersprestatie en de reistijdverliezen. De vergelijkingen zijn een benadering van de werkelijkheid en de groene lijnen van de vergelijkingen vallen niet exact samen met de waarnemingen van Rijkswaterstaat (RWS).



Figuur 1. Groeicijfers, zwarte bollen: RWS-cijfers, groene lijn: modelschatting
Links: Verkeersprestatie op het hoofdwegennet (vergelijking 4)
Rechts: Reistijdverliezen op het hoofdwegennet (vergelijking 5)

Geraadpleegde bronnen

Francke, J.M. & Wüst, J.C. (2017). *Trendprognose wegverkeer 2017-2022 voor RWS*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid. Geraadpleegd via: https://www.kimnet.nl/publicaties/rapporten/2017/04/25/trendprognose-wegverkeer-2017-2022-voor-rws.

KiM (2015). *Mobiliteitsbeeld 2015*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.

Methodiek toekomstige ontwikkeling luchtvaartpassagiers

Om het verwachte aantal passagiersbewegingen in de luchtvaart te berekenen, is gebruik gemaakt van een vereenvoudigde versie van het Middellangetermijnmodel dat SEO voor het KiM heeft ontwikkeld (Boonekamp et al., 2014). Voor deze nationale verkenning is alleen gekeken naar de ontwikkeling van de vervoersvraag en daarom is geen gebruik gemaakt van het modelonderdeel over de aanbodstructuur op luchthavens en de competitie tussen luchthavens. Wel is gebruik gemaakt van de segmentatie naar reizigersgroepen (*inbound business*, *outbound business*, *leisure inbound*, *leasure outbound* en *transfer*) en van de verklarende variabelen (relevante wereldhandel, bbp, kerosineprijs en de kostenefficiëntie in de luchtvaart) die met hun elasticiteiten de ontwikkeling van de vervoersvraag bepalen.
De toekomstige ontwikkeling van de verklarende variabelen is ontleend aan de meest recente Macro Economische Verkenning (MEV) en de Actualisatie van de Middellangetermijnverkenning (MLT) 2018-2021 van het CPB (CPB, 2017a en 2017b).

	2016	**2017**	**2018**	**2022**	**2022**
					2015=100
Olieprijs (Brent, niveau in dollars per vat)	43,3	49,3	49,5	54,4	126
	% mutatie per jaar			2019-2022	
Relevante wereldhandel goederen&diensten	3,6	4,3	4,0	4,6	130
Bruto binnenlands product	2,2	3,3	2,5	1,6	113

Tabel 1. Ontwikkeling economie, 2016-2022. Bron: CPB.

Voor 2017 en 2018 wordt een aanzienlijke groei verwacht van het aantal passagiersbewegingen als gevolg van dalende luchtvaarttarieven en het economisch herstel. De dalende tarieven worden mede veroorzaakt door de sterk gedaalde olieprijzen, die vanwege *hedging*[25] vertraagd doorwerken in de tarieven. Na 2017 verwacht het KiM een groeivertraging van het aantal passagiersbewegingen, doordat de olieprijzen dan weer oplopen.

iljoen reizigersbewegingen	**2016**	**2017**	**2018**	**2022**	**2022**
					2016=100
Schiphol	63,5	68	70	74,92	118
Regionale velden	6,8	7	8	9,54	141
Totaal Nederland	70,3	76	78	84,46	120

Tabel 2. Ontwikkeling reizigersbewegingen luchtvaart, 2016-2022. Bron: KiM.

Het aandeel van Schiphol daalt in de beschouwde periode door de opkomst van Eindhoven Airport. Bovendien komt in 2019 ook de operatie op Lelystad Airport op gang. Onder de gehanteerde veronderstellingen verwacht het KiM voor 2022 een toename van het aantal passagiersbewegingen op Schiphol naar 75 miljoen en een toename voor de regionale luchthavens naar 9,5 miljoen.
Benadrukt moet worden dat de ontwikkelingen in de luchtvaart erg gevoelig zijn voor variabelen als olieprijs en economische groei, die in de praktijk sterk veranderlijk zijn. De hier gepresenteerde raming moet dus met een flinke bandbreedte worden gehanteerd.

25 Met hedging dekken luchtvaartmaatschappijen een deel van het risico af van toekomstige veranderingen in de kerosineprijs. Daardoor werken prijsschokken geleidelijk door in de kosten van de luchtvaartmaatschappijen

Geraadpleegde bronnen

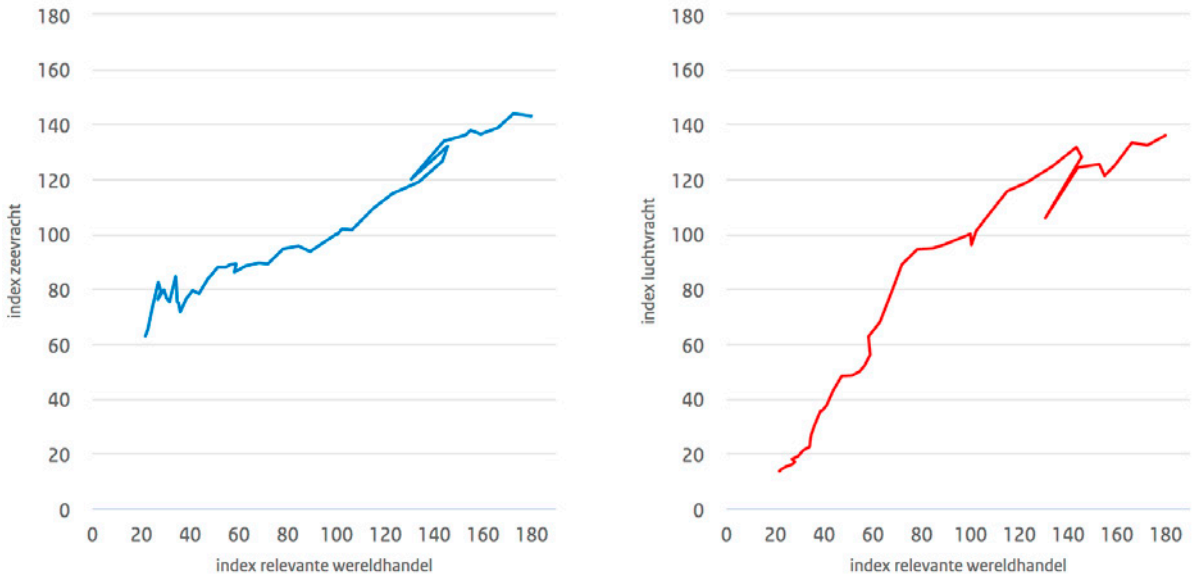
Boonekamp, T., Veldhuis, J. & Lieshout, R. (2014). *Korte- en middellange termijn prognosemodel luchthavens; Vervoersprognose voor Nederlandse luchthavens.* Amsterdam: SEO.
hhtt p://www.seo.nl/pagina/article/korte-en-middellange-termijn-prognosemodel-luchthavens

CPB (2017a). *Actualisatie Middellangetermijnverkenning (MLT)*. Den Haag: Centraal Planbureau. Geraadpleegd via:http://www.cpb.nl/publicatie/actualisatie-middellangetermijnverkenning-2018-2021.

CPB (2017b). *Macro Economische Verkenning 2018*. Den Haag: Centraal Planbureau. Geraadpleegd via: http://www.cpb.nl/publicatie/macro-economische-verkenning-mev-2018.

Methodiek verwachtingen voor de zee- en luchtvracht

De verwachtingen voor de zee- en luchtvracht voor 2017 zijn een extrapolatie van de ontwikkeling in de eerste zes à zeven maanden van 2017. De verwachting voor de zeevracht in 2022 is gebaseerd op een middellangetermijnverkenning met het BasGoed-model (het Basismodel Goederenvervoer van Rijkswaterstaat). Op verzoek van het KiM heeft onderzoeksbureau Significance (2017) hiermee een modelberekening uitgevoerd op basis van het trendscenario van de Nationale Energie Verkenning 2017 (PBL, 2017). Voor de raming van de zee- en luchtvracht in 2018 en voor de luchtvracht in 2022 is een verband geschat tussen de ontwikkeling van de zee- respectievelijk luchtvracht en het volume van de relevante wereldhandel van goederen en diensten. Er is een duidelijk positief verband tussen de groei van de wereldhandel en de overslag van zee- en luchtvracht in Nederland (zie figuur 1). Het verband tussen wereldhandel en luchtvracht verloopt daarbij iets steiler dan bij de zeevracht.



Figuur 1. Ontwikkeling van het volume van de relevante wereldhandel en de omvang van de zeevracht (links) en de luchtvracht (rechts) tussen 1970 en 2016 (index 2000=100).

De relaties tussen de exogene variabele 'wereldhandel' enerzijds en de endogene variabelen 'luchtvracht' en 'zeevracht' anderzijds zijn geschat op basis van de procentuele mutaties per jaar in de periode 1991-2016. Dit ziet er als volgt uit:

Luchtvracht = 1,0503 Wereldhandel - 0,0084 (% p/j, 1991-2016)
Zeevracht = 0,7112 Wereldhandel - 0,0144 (% p/j, 1991-2016)
Deze schattingsresultaten zijn toegepast met de geraamde volumegroei van de relevante wereldhandel van goederen en diensten in de jaren 2017-2022. Daarbij leidt 1 procent groei van de relevante wereldhandel in goederen en diensten (exclusief energie) tot iets meer dan 1 procent groei van de luchtvracht en tot iets meer dan 0,7 procent groei van de zeevracht.

Geraadpleegde bronnen

PBL (2017). *Nationale Energieverkenning 2017*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Significance (2017). *BasGoed runs Mobiliteitsbeeld 2017*. Den Haag: Significance.

Dit is een uitgave van het

Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Postbus 20901 | 2500 EX Den Haag
www.rijksoverheid.nl/ienm

oktober 2017