

Over brandstofprijzen en automobilititeit

Een beknopte analyse van prijs- en kostenelasticiteiten

Wim Groot

Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid
wim.groot@minienm.nl

Henk van Mourik

Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Directoraat-generaal Mobiliteit
henk.van.mourik@minienm.nl

**Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk
24 en 25 november 2011, Antwerpen**

Samenvatting

Over brandstofprijzen en mobiliteit

De afgelopen jaren zijn de prijzen van motorbrandstoffen tot recordhoogtes gestegen, maar het lijkt er op het eerste oog niet op dat er minder wordt gereden en de files er door zijn afgenomen. In deze bijdrage staat de relatie tussen hoge benzineprijzen en de automobilititeit centraal. Een veel toegepaste methode in de (vervoers)economie is die van de elasticiteiten. Aan de hand van die methode hebben we een beknopte analyse uitgevoerd van brandstofprijz- en kostenelasticiteiten van de afgelegde kilometers. Dit met doel om een uitspraak te kunnen doen over het effect van brandstofprijzen op de automobilititeit.

De beschikbare CBS data staan alleen voor de personenauto op benzine een consistente analyse toe van prijs- en kostenelasticiteiten. Daarom moet het CBS de brandstofafzet voor het wegverkeer nader detailleren naar het verbruik voor het personenverkeer en het vrachtverkeer, uiteraard met behoud van het bestaande onderscheid naar de energiedragers benzine, diesel en lpg.

De toegepaste regressieanalyse met jaarcijfers over de periode 1980 – 2009 wijst uit dat reële brandstofprijzen, economische groei en het aanbod van nieuwe wegcapaciteit samen een bevredigende verklaring geven voor de groei voor het vervoer met de personenauto op benzine. Voor de meeste elasticiteiten waardes hebben we waardes gevonden die lager liggen dan in de beschikbare literatuur. Dit geldt in het bijzonder voor de lange termijn elasticiteiten. Wat betekent dit voor de lange termijn gevolgen van een forse stijging van de prijs van ruwe olie? Een prijsstijging van 70 naar 100 dollar per barrel ruwe olie leidt tot een reductie van de hoeveelheid afgelegde kilometers met circa 2½%. Op basis van de ondergrens in de bestaande literatuur zou de reductie circa 3½% bedragen.

Naast het effect van kosten en prijzen op de afgelegde kilometers lijkt er - afgaande op de gevonden verhouding tussen prijs- en kostenelasticiteiten - geen sprake te zijn van prijs- en kostengevoeligheid van de efficiencyverbetering. Blijkbaar heeft de trend naar verzwaring van het wagenpark in termen van cilinderinhoud en comfortverbetering de energetisch gedreven verbetering van de brandstofefficiency gecompenseerd. Met een vrijwel constant verloop van het verbruik per kilometer tussen het eind van de jaren tachtig en 2009 als resultaat. Aanvullend onderzoek naar de achterliggende factoren van de ontwikkeling van de brandstofefficiency bij personenauto's lijkt dan ook gewenst.

1. Inleiding

In de loop van 2011 hebben de prijzen van motorbrandstoffen (prijzen aan de pomp) de records uit 2008 weer overtroffen. Een vast item in de discussies over hoge olieprijsen is de relatie tussen de prijs voor ruwe olie (in dollars op de wereldmarkt) en de brandstofprijs die de consument betaalt aan de pomp. Een ander onderdeel van deze discussie is de vraag in hoeverre de hoge benzineprijs van invloed is op de automobiliteit. Die relatie staat centraal in de discussie over de hoogte van brandstofprijselasticiteiten.

De brandstofprijs als belangrijk onderdeel van de prijs van transport is een van de factoren die de vraag naar transport beïnvloed. Regelmatig komt in het publieke debat ter sprake dat hoge brandstofprijzen nauwelijks effect hebben op het mobiliteitsgedrag en daarmee op het brandstofverbruik. Zo zijn de brandstofprijzen in de afgelopen jaren tot recordhoogtes gestegen, maar lijkt er op het eerste oog niet minder gereden te worden (Rosenthal, 2008) en zijn de files op het Nederlandse wegennet toegenomen. Beleidsmatig kennen brandstofprijzen twee belangrijke aspecten. Op de eerste plaats laat het huidige Regeerakkoord de mogelijkheid open om accijnzen op brandstoffen te verhogen onder gelijktijdige verlaging van de vaste lasten. Een en ander in overleg met de buurlanden. Ten tweede is er dikwijls de roep richting overheid om met het instrument accijnzen wat te doen aan de hoge prijs onder verwijzing naar het aanzienlijke aandeel van accijnzen, heffingen en BTW in de prijs aan de pomp (bij benzine circa 60%). Ten slotte beïnvloeden brandstofprijzen de mobiliteitsontwikkeling op lange termijn, die mede bepalend is voor de beleidsinzet op het terrein van bereikbaarheid.

In het vervolg van dit paper gaan we allereerst nader in op een aantal aspecten van brandstofprijzen en mobiliteit die al redelijk bekend zijn. Ofwel we concentreren ons op de vraag wat weten we al. Daarbij bezien we de relatie tussen de ruwe olieprijs en de benzine prijs aan de pomp. Vervolgens besteden we aandacht aan de ruime hoeveelheid bestaande literatuur op het terrein van brandstofprijselasticiteiten. Daarna concentreren we ons op het concept gegeneraliseerde reiskosten, van waaruit we de formele relaties afleiden voor brandstof*prij*s- en brandstof*kosten* (per km). Een uitvoerige afleiding is opgenomen als bijlage A. Dit deel mondt uit in een overzicht van de invloed van prijzen en kosten op de afgelegde kilometers, brandstofefficiency en brandstofverbruik. In de aanpak gaan we ook nader in op de kwaliteit van het beschikbare cijfermateriaal en de consequenties daarvan voor de te schatten elasticiteiten. Vooralsnog zijn de schattingen in dit paper beperkt tot de impact op de afgelegde kilometers van personenauto's op benzine. Deze beperking vloeit voort uit de kwaliteit van het beschikbare cijfermateriaal. Als onderzoeksmethode gebruiken we een regressieanalyse met tijdreeksen over de periode 1980-2009. In aansluiting op dit onderdeel volgen de voornaamste uitkomsten van deze studie naar prijs- en kostenelasticiteiten. In deze paragraaf toetsen we of reële brandstofprijzen, economische groei en aanbod van nieuwe wegcapaciteit een goede verklaring kunnen geven voor de mobiliteitsgroei. We sluiten af met conclusies.

2. De prijs van ruwe olie en de benzineprijs aan de pomp

Een belangrijke invloedsfactor voor de benzineprijs aan de pomp is de prijs van ruwe olie op de wereldmarkt. Maar die relatie is minder direct dan doorgaans verwacht. Wat zorgt

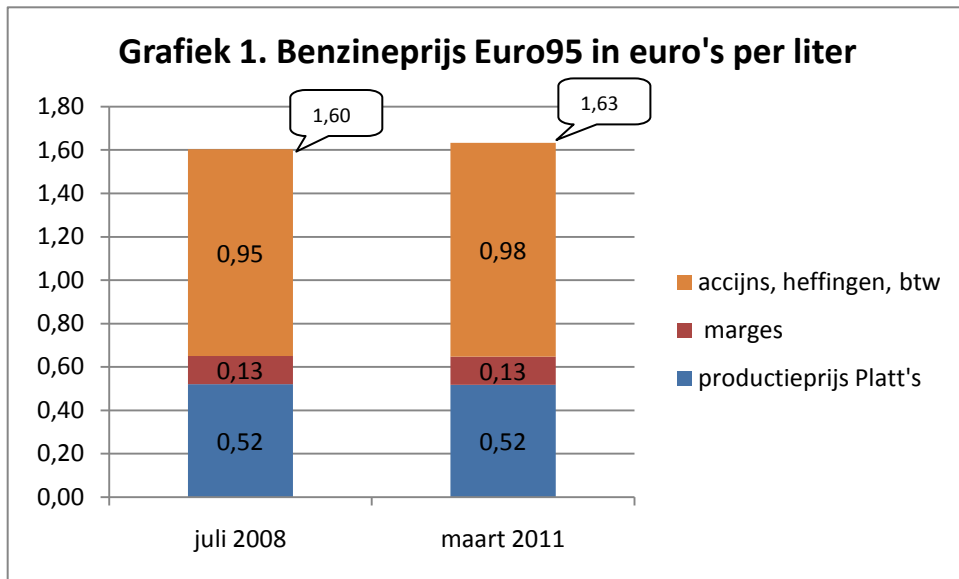
dan voor de prijsmutaties van benzine? Daartoe bezien we de opbouw van de benzineprijs meer in detail.

De benzineprijs bestaat uit drie delen, (1) de productprijs uit de raffinaderij ook wel de "kale" prijs genoemd, (2) accijnzen en heffingen en (3) marges voor distributie, marketing, stationsoperatie e.d. De raffinaderij zet ruwe olie om in bewerkte producten waaronder Euro95, die vervolgens worden verkocht. Dit tegen de prijs-af-raffinaderij (inclusief een winstmarge voor de raffinaderij). De af-raffinage-prijzen worden ook wel Platts prijzen genoemd¹. De handelsmarges² zijn ruwweg constant en bedragen circa 13 eurocent per liter. Het deel accijnzen/heffingen past de overheid in principe jaarlijks aan met de inflatie (indexering). Ten slotte fluctueert de BTW mee met de uiteindelijke pompprijs. Daarmee zorgt vooral de productprijs voor schommelingen in de pompprijs. Op de productprijs zijn tal van factoren van invloed. Bijvoorbeeld de wereldwijde verhouding tussen vraag en aanbod van benzine bepalend voor de prijs op de wereldmarkt, de verhouding tussen de dollar en de euro - zie hierna voor de belangrijke impact daarvan - en op langere termijn uiteraard het verloop van de ruwe olieprijs, doorgaans genoteerd in dollars. Door het relatief hoge aandeel van vaste delen als heffingen en accijnzen in de benzineprijs, is het prijsverloop van ruwe olie doorgaans veel heftiger dan dat van de brandstofprijzen. Het voorgaande kunnen we duidelijk maken door een vergelijking van de prijzen in maart 2011 met die van juli 2008, twee momenten met tot nu toe duidelijke pieken in de prijs van benzine. Maar met duidelijk afwijkende prijzen van ruwe olie in dollars.

Ter illustratie is in onderstaande grafiek de opbouw van de prijs van benzine (Euro95) voor de maand maart 2011 vergeleken met die van juli 2008. Uit de grafiek blijkt dat bij een gelijke "kale" productprijs van benzine van circa 52 eurocent per liter, de af-pomp prijs met 1,63 eurocent/liter circa 3 eurocent hoger uitvalt vergeleken met een prijs van 1,60 eurocent/liter in juli 2008. Vooral de gelijke "kale" prijs verdient enige toelichting. Op grond van de aanzienlijk lagere ruwe olieprijs in dollars - 114,60 dollar per barrel in maart 2011 tegen 134,75 dollar in juli 2008 - had een fors lagere prijs voor de hand gelegen. Maar een aanzienlijk gedaalde eurokoers (dollar per euro) van 1,577 naar 1,400 zorgt per saldo voor een vrijwel gelijke kale benzineprijs in euro's. Uiteindelijk is het verschil van 3 eurocent per liter als pompprijs toe te schrijven aan het hogere bedrag voor accijnzen, heffingen en btw.

¹ Platts is een onafhankelijk onderzoeksbureau dat dagelijks de af-raffinage prijzen van onder meer benzine en diesel publiceert.

² Distributie- en marketingkosten en groot- en detailhandelsmarges.



3. Brandstofprijselasticiteiten uit overzichtsstudies

In mei 2010 hebben het PBL en het CE een uitvoerige studie gedaan naar de effecten van prijsbeleid in verkeer en vervoer (PBL/CE, 2010). Deze studie geeft vooral op basis van literatuur een wetenschappelijk onderbouwd beeld van de prijsgevoeligheid van de vraag naar personen- en goederenvervoer. De effecten van prijsmaatregelen binnen de sector verkeer en vervoer spelen in de beleidsvorming en in het maatschappelijk debat een belangrijke rol en staan geregeld ter discussie. Uit de studie blijkt dat de vraag naar personen- en goederenvervoer over het algemeen inelastisch is: de relatieve prijsverandering is groter dan de relatieve verandering van de transportvraag die daaruit volgt. In onderstaande tabel zijn de voornaamste uitkomsten van de PBL/CE-studie op het terrein van de brandstofprijselasticiteiten voor het personenautoverkeer nog eens samengevat. Daarbij beperken we ons tot de uitkomsten voor het autobezit en het autogebruik in het personenverkeer. Omdat de studies van Hanley en van Graham en Glaister van relatief oude datum zijn (2002), hebben we de uitkomsten van de meta-analyse van Brons et al. (2007) aan dit overzicht toegevoegd. Overigens past hierbij wel de kanttekening dat ook de meta-analyse van Brons et al. weer grotendeels is gebaseerd op relatief oud cijfermateriaal.

Uit de verschillende overzichtsstudies ontstaat een redelijk consistent beeld van brandstofprijselasticiteiten voor het autobezit en het autogebruik³. Het beperkte aantal Nederlandse studies gaf PBL/CE geen aanleiding tot correctie van de resultaten uit de internationale overzichtsstudies. Uit deze studies volgt een bandbreedte voor de korte termijn brandstofprijselasticiteit van het autogebruik van -0,1 tot -0,2; voor de lange termijn gelden waarden van -0,3 tot -0,5.

³ Deze conclusie trekt PBL/CE ook voor het brandstofverbruik (PBL/CE, 2010, p. 34). Omdat dit document zich beperkt tot het autogebruik zijn in de tabel de gevonden waarden voor het brandstofverbruik achterwege gelaten.

Tabel 1. Brandstofprijselasticiteiten voor autobezit en autogebruik in het personenautoverkeer uit 1) Hanly et al., (2002), 2) Graham en Glaister (2002) en 3) Brons et al., (2007)

		Korte termijn (1 jaar)		Lange termijn (5-10 jaar)	
		gemiddelde	bandbreedte	Gemiddelde	bandbreedte
autobezit	1	-0.08 (n=8)*	-0.21 ↔ -0.02	-0.25 (n=8)	-0.63 ↔ -0.10
	3	-0.08 (n = 222)		-0.24 (n = 222)	
km's per auto	1	-0.10 (n = 2)	-0.14 ↔ -0.06	-0.3 (n=3)	-0.55 ↔ -0.11
	3	-0.12 (n = 222)		-0.29 (n = 222)	
autokm's	1	-0.10 (n = 3)	-0.17 ↔ -0.05	-0.29 (n=3)	-0.63 ↔ -0.10
	2	-0.15 (n = 31)	-0.58 ↔ -0.01	-0.31 (n=72)	-1.02 ↔ -0.07
	3	-0.20 (n = 222)		-0.53 (n=222)	

*) n = aantal studies waarop de elasticiteit is geschat

4. Aanpak: regressieanalyse

Veranderingen in brandstofprijzen leveren bruikbare informatie voor een analyse van de effecten op het verplaatsingsgedrag. Een veel gebruikte vorm voor de invloed van brandstofprijzen op het verplaatsingsgedrag zijn elasticiteiten⁴. Met een dergelijke analyse zijn onder meer brandstofprijs- en -kostenelasticiteiten te schatten. Een dergelijke aanpak kan nuttige informatie opleveren voor de verklaring van de mobiliteitsontwikkeling. Op één terrein is ons onderzoek uitgebreider uitgevoerd dan veel vergelijkbare studies over dit onderwerp. De analyse beperkt zich niet tot prijselasticiteiten, maar betreft ook kostenelasticiteiten in de beschouwing. Dit vanwege de onlosmakelijke samenhang tussen brandstofprijzen, efficiency van het brandstofverbruik en brandstofkosten.

Kern van dit paper document zijn schattingen van brandstofprijs- en kostenelasticiteiten van de verkeersvraag. Veel literatuur op dit terrein is echter gericht op de vraag naar brandstof. Op basis van deze literatuur leiden we in deze notitie de relevante prijs- en kostenelasticiteiten af van de verkeersvraag, brandstofefficiency en het brandstofverbruik. De volledige afleiding is weergegeven in bijlage A. Hier volstaan we met de belangrijkste uitkomsten, die zijn samengevat in tabel 2.

Centraal in dit onderzoek staan de elasticiteiten die het effect weergeven van (mutaties in) de brandstofprijs per liter en brandstofkosten per kilometer op (mutaties in) het verkeersvolume. Deze aanpak biedt als voordeel met de schatting van twee elasticiteiten, t.w. η_{Tr} en $\eta_{Tr}(1-\eta_{sp})$, de overige elasticiteiten eenvoudig zijn af te leiden. De schatting van beide elasticiteiten is het onderwerp van de paragraaf 5, waarin we mobiliteit proberen te verklaren uit reële brandstofprijzen, economische groei en het aanbod van nieuwe wegcapaciteit. De schattingen zijn uitgevoerd met jaarcijfers voor de periode 1980 – 2009. Maar eerst bezien we in hoeverre de beschikbare data de schatting van de elasticiteiten mogelijk maken.

⁴ Zie voor een uitvoerig overzicht van de stand van zaken PBL/CE, (2009). Toegespitst op dit terrein geeft de elasticiteit de relatieve verandering weer van de hoeveelheid afgelegde kilometers als gevolg van een relatieve verandering in de brandstofprijs. Daarmee is de elasticiteit een dimensieloze grootheid, die veel wordt toegepast in economisch onderzoek. .

Tabel 2. Prijs- en kostenelasticiteiten verkeersvraag, brandstofefficiency en brandstofverbruik: de theorie

	brandstofkosten per km	brandstofprijs per liter
brandstofverbruik	$\eta_{Tr} - \left(\frac{\eta_{sp}}{1 - \eta_{sp}} \right)$	$\eta_{Tr}(1 - \eta_{sp}) - \eta_{sp}$
verkeersvolume	η_{Tr}	$\eta_{Tr}(1 - \eta_{sp})$
brandstofefficiency	$\frac{\eta_{sp}}{1 - \eta_{sp}}$	η_{sp}

Voor het schatten van prijs- en kostenelasticiteiten zijn data nodig over prijzen en het verbruik van brandstoffen. Op het terrein van brandstofprijzen is voldoende gedetailleerd materiaal voorhanden. Maar het ontbreken van voldoende gedetailleerde data voor het brandstofverbruik per vervoersmodaliteit beperkt de mogelijkheden om kostenelasticiteiten te schatten. Overleg met het CBS en PBL heeft geleid tot de conclusie dat alleen gegevens van de brandstofafzet betrouwbaar genoeg zijn om voor onderzoek te gebruiken. Daarbij gaat het om afzetgegevens voor het wegverkeer, verdeeld naar de brandstofsoorten benzine, diesel en lpg⁵.

Omdat de afzet van benzine vrijwel volledig op rekening komt van het personenvervoer (het vrachtverkeer verbruikt uitsluitend diesel) zijn *prijs*elasticiteiten af te leiden voor benzine, diesel en lpg voor het personenvervoer en een *kosten*elasticiteit voor benzine. Omdat de afzet van diesel niet nader is onderverdeeld naar personen- resp. goederenvervoer, is de *kosten*elasticiteit niet adequaat te schatten. Een en ander vatten we nog eens samen in onderstaande tabel. Op basis van het voorgaande is voor deze notitie gekozen de analyse te richten op het benzineverbruik van personenauto's, omdat alleen het cijfermateriaal hiervan een consistente schatting toelaat van de relevante prijs- en kostenelasticiteiten.

Tabel 3. Te schatten elasticiteiten personen- en goederenvervoer *)

		personenvervoer	vrachtvervoer a)
prijselasticiteit	benzine	v	-
	diesel	v	v
	lpg	v	-
kostenelasticiteit	benzine	v	-
	diesel	-	-
	lpg	-	-

*) v = beschikbaar, resp. van toepassing; - = niet beschikbaar, resp. niet van toepassing; a) vrachtauto's plus trekkers

Een en ander leidt ook tot de conclusie dat voor een goede analyse van mobiliteit en brandstofverbruik de huidige mate van detaillering van de data ontoereikend is. Daartoe zou het CBS de afzet voor het wegverkeer nader moeten detailleren naar het verbruik door het personenverkeer en vrachtverkeer, uiteraard met behoud van het huidige onderscheid naar de energiedragers benzine, diesel en lpg.

⁵ CBS, Motorbrandstoffen voor vervoer; afzet. Deze statistiek geeft data over de afzet in Nederland van motorbrandstoffen voor vervoer.

5. Uitkomsten: prijs- en kostenelasticiteiten

De formele afleiding van de elasticiteiten geschetst in de vorige paragraaf toetsen we hier vervolgens empirisch. Als onderzoeksmethode gebruiken we een regressieanalyse met tijdreeksen van jaarcijfers over de periode 1980-2009. Op basis van de gevonden relaties zijn in onderstaande tabel de gevonden waarden van de elasticiteiten weergegeven. In bijlage B zijn de geschatte relaties integraal weergegeven. Hierna bespreken we in het kort de betekenis van geschatte coëfficiënten van de reële brandstofprijs, -kosten en het aanbod van extra strookkilometers voor de mobiliteit in voertuigkilometers.

Tabel 4. Prijs- en kostenelasticiteiten verkeersvraag, brandstofefficiency en brandstofverbruik: uitkomsten

termijn	brandstofkosten per km		brandstofprijs per liter	
	kort	lang	kort	lang
brandstofverbruik	—	—	—	—
verkeersvolume	-0,12	-0,17	-0,14	-0,20
brandstofefficiency	—	—	—	—

De prijselasticiteiten liggen met deze waarden aan de onderkant van de marges die in de literatuur zijn aangegeven (PBL/CE, 2010, pp. 31-35). Dit geldt vooral voor de lange termijn elasticiteit.

Wat betekenen bovenstaande uitkomsten voor de veranderingen in afgelegde kilometers als gevolg van een verandering in de prijs van ruwe olie? Voor de beantwoording van deze vraag hebben we aansluiting gezocht bij een niveau van de ruwe olieprijs in dollars die recentelijk is aangegeven in antwoorden op Kamervragen in het kader van de Nationale Markt- en Capaciteitsanalyse (NMCA) met als zichtjaar 2030. Daar is uitgegaan van een ruwe olieprijs van 70 dollar per vat (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2011, p. 11). Als we ter illustratie een stijging van de ruwe olieprijs aannemen tot 100 dollar per vat, leidt dat tot een stijging van de prijs van benzine van circa 1,40 euro per liter Euro95 naar 1,57 euro per liter⁶. Uitgaande van de gevonden lange termijn prijselasticiteit van -0,2 leidt een dergelijke prijsmutatie tot een reductie van de voertuigkilometers op lange termijn met circa 2½%. Door het sterk kromlijnige verband tussen voertuigkilometers en congestie, zal de vermindering van de congestie groter uitvallen dan die van de voertuigkilometers.

Vergeleken met LMS-uitkomsten⁷ is de korte termijn kostenelasticiteit van het verkeersvolume goed vergelijkbaar. Maar de lange termijn kostenelasticiteit van het verkeersvolume komt in dit paper duidelijk lager uit dan de marge van -0,28 tot -0,45 die het LMS aangeeft bij variërende kostenverhogingen (PBL/CE, 2010, p. 33). Ook recent herschatten door Significance van het LMS op dit punt verandert weinig aan deze conclusie. Voor de meeste reismotieven blijken de kostenelasticiteiten op kilometerbasis weinig te zijn veranderd vergeleken met de vorige versie van het LMS (Significance,

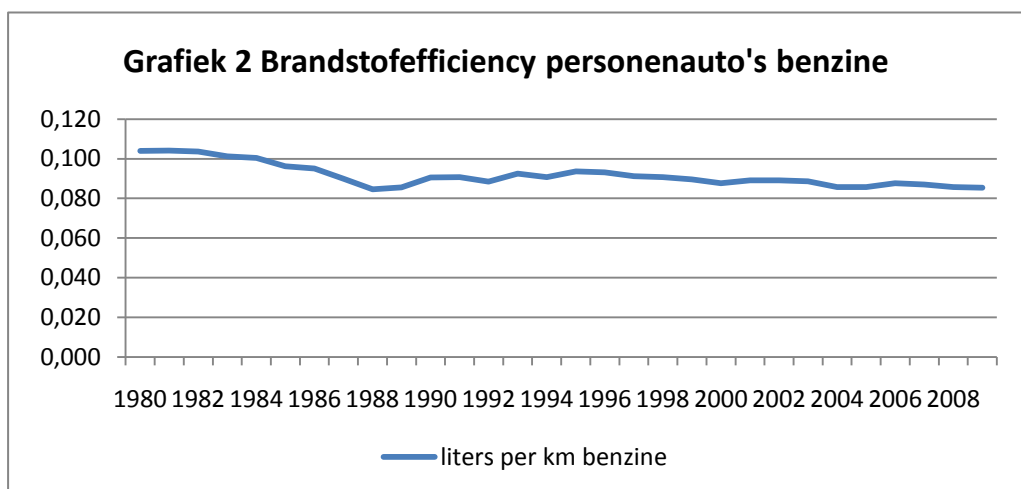
⁶ Voor accijnzen, dollarkoers e.d. is uitgegaan van de niveaus van maart 2011.

⁷ -0,13 aangehaald in PBL/CE, 2010, p. 33.

2011, p. 120). Overigens moeten we wel opmerken dat elasticiteiten uit verschillende studies niet zonder meer met elkaar zijn te vergelijken. In dit paper hebben we als onderzoeksmethode regressieanalyse toegepast met recente data, terwijl veel metaonderzoek en modelstudies op dit terrein zijn gebaseerd op relatief verouderd cijfermateriaal. Daarnaast zijn veel prijselasticiteiten afgeleid uit de vraag naar brandstof, terwijl wij rechtstreeks de verklarende factoren van de mobiliteitsgroei in beeld brengen.

Voor de strooklengte hoofdwegennet geldt volgens de geschatte relaties dat 1% uitbreiding ervan (ruwweg 125 km) op korte termijn leidt tot circa 0,4% extra aanbod van mobiliteit. Op lange termijn levert deze capaciteitsuitbreiding een extra aanbod van 0,5% voertuigkilometers op.

Bij de verhouding tussen de prijs- en kostenelasticiteiten past nog een aantal kanttekeningen bij de brandstofefficiency. Een stijging van de prijs per liter kan leiden tot een reductie van de afgelegde kilometers **en** een beperking van het brandstofverbruik per kilometer door gedragsverandering (*voetje van het gaspedaal*⁸). Door deze gedragsverandering kan de mutatie in de kosten per kilometer relatief geringer zijn dan de mutatie in de prijs per liter. Of in termen van elasticiteiten: absoluut gezien zal de kostenelasticiteit van de afgelegde kilometers dan groter zijn dan de prijselasticiteit. Maar aangezien in bovenstaande uitkomsten de kostenelasticiteit absoluut gezien lager uitvalt dan de prijselasticiteit zou dat kunnen duiden op ongevoeligheid van de efficiencyverbetering voor een verandering in de brandstofprijs⁹. Overigens spoort het ontbreken van de invloed van veranderingen in de reële benzineprijs op de efficiency ook met vergelijking (4) uit bijlage B. Nader onderzoek naar de achterliggende factoren van de efficiencyontwikkeling lijkt dan ook geboden. Want zoals blijkt uit grafiek 2 is het opmerkelijk dat het benzineverbruik per kilometer bij personenauto's sinds het eind van de jaren tachtig tot 2009 nauwelijks meer is afgenomen. Blijkbaar is de trend van efficiencyverbetering gecompenseerd door de voortdurende verhoging van de gemiddelde cilinderinhoud van het wagenpark. Ook de continue comfortverbeteringen (elektrische voorzieningen, airco e.d.) hebben bijgedragen aan deze compensatie.



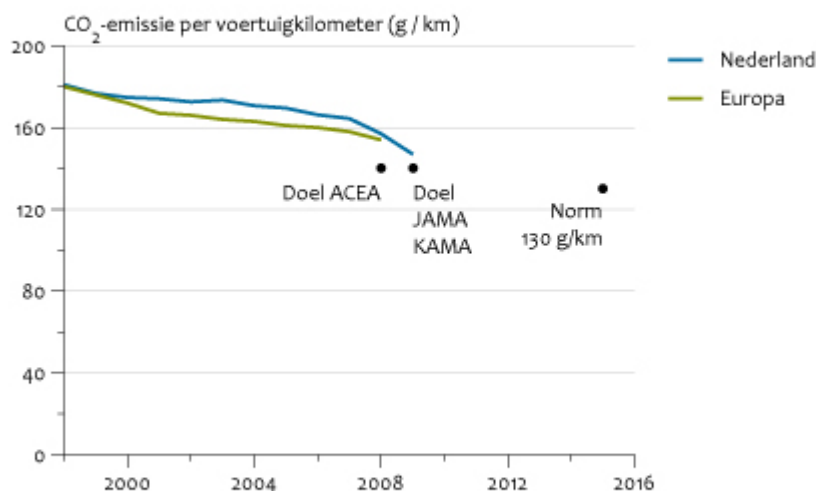
⁸ Uiteraard kan deze gedragsverandering naar minder brandstofverbruik zich ook voordoen in de vorm van de aanschaf van een zuiniger type auto.

⁹ Strikt genomen zou er bij de gevonden elasticiteiten zelfs sprake zijn van een averse reactie, maar dat lijkt niet plausibel.

Voor de Verenigde Staten komen Busse et. al. (2009) tot ruwweg dezelfde conclusie: "While vehicles changed fairly little in terms of average fuel efficiency over this period (1987-2008), this does not mean that there was no improvement in technology to make engines more fuel-efficient. The average horsepower of available models increased substantially over the sample years, a trend that pushed toward high fuel consumption, working against any improvements in fuel efficiency technology (Busse et. al. 2009, p. 11). Ook Schipper wijst in dezelfde richting als hij stelt: "...yet most of the potential fuel savings were negated by overall increased power and weight.." (2011, p. 358).

Daarnaast benadrukken we dat deze conclusie weliswaar geldig is voor de hier onderzochte periode 1980-2009, maar vooral in meest recente jaren is sprake van een aanzienlijke verbetering van de brandstofefficiency, afgemeten aan de gemiddelde CO₂ - uitstoot van nieuwe personenauto's. De afname van de CO₂ - uitstoot tussen 2007 en 2009 is zelfs nog iets groter dan de gehele afname in de tien jaar daarvoor. Deze trendbreuk is goed te zien in onderstaande figuur ontleend aan het *Compendium voor de Leefomgeving*¹⁰. De analyse in het Compendium verklaart de sterke daling van de CO₂ - uitstoot van nieuwe auto's door een toename van de vraag naar kleine, relatief zuinige auto's onder meer als gevolg van belastingmaatregelen die de verkoop van zuinige auto's bevorderen. Maar ook de hoge brandstofprijzen in de eerste helft van 2008 hebben waarschijnlijk bijgedragen aan de toegenomen vraag naar kleine en zuinige auto's. Overigens past bij de verschuiving naar nieuwe, zuinige auto's wel de kanttekening in hoeverre deze trend weer leidt tot vaker en verder rijden. In de literatuur heet dit fenomeen het *rebound* effect, ook bekend op het terrein van energiebesparing (M. aan de Brugh, 2011).

CO₂-uitstoot nieuwe personenauto's



Bron: RDW, T&E.

PBL/feb10/0134
www.compendiumvoordeleefomgeving.nl

¹⁰ Het Compendium voor de Leefomgeving is een website met feiten en cijfers over milieu, natuur en ruimte in Nederland. Het is een uitgave van het CBS, het PBL en Wageningen UR. In de grafiek staan ACEA, JAMA en KAMA voor de koepelorganisaties van respectievelijk Europese, Japanse en Koreaanse autofabrikanten, waarmee de Europese Commissie eind jaren negentig convenanten heeft afgesloten om de CO₂ - uitstoot te beperken. Volgens de huidige regelgeving mag de gemiddelde CO₂ - uitstoot van nieuwe auto's in 2015 in de EU maximaal 130 g/km bedragen.

6. Conclusies

Reële brandstofprijzen, economische groei en aanbod van nieuwe wegcapaciteit geven een bevredigende verklaring voor de groei van de mobiliteit van het personenvervoer per benzineauto. Als onderzoeksmethode is een regressieanalyse gebruikt met tijdreeksen van jaarcijfers over de periode 1980-2009. De beschikbare CBS data staan alleen voor de personenauto op benzine een consistente analyse toe van prijs- en kostenelasticiteiten. Daarom zou het CBS de brandstofafzet voor het wegverkeer nader moeten detailleren naar het verbruik door het personenverkeer en vrachtverkeer, uiteraard met behoud van het huidige onderscheid naar de energiedragers benzine, diesel en lpg.

In de empirische analyse zijn voor de meeste elasticiteiten waardes gevonden die lager liggen dan in de beschikbare literatuur. Dit geldt voornamelijk de lange termijn elasticiteiten.

Afgaande op de uitkomsten van de gevonden verhouding tussen de prijs- en kostenelasticiteiten lijkt er geen sprake te zijn van prijs- en kostengevoeligheid van de efficiency verbetering. Blijkbaar heeft de trend naar verzwaring van het wagenpark in termen van cilinderinhoud en comfortverbetering de verbetering van de brandstof efficiency gecompenseerd. Met een vrijwel ongewijzigd verloop van het verbruik per kilometer tussen het eind van de jaren tachtig en 2009 als resultaat. Maar hierbij benadrukken we dat in de meest recente jaren duidelijk sprake is van een zichtbare verbetering van de brandstofefficiency, afgemeten aan de gemiddelde CO₂-uitstoot van nieuwe personenauto's. Daarnaast lijkt aanvullend onderzoek naar de achterliggende factoren van het verloop van de brandstofefficiency gewenst.

Voor de NMCA analyse is becijferd dat een stijging van de ruwe olieprijs van 70 dollar per barrel naar 100 dollar leidt tot een reductie van de afgelegde hoeveelheid autokilometers op lange termijn met circa 2½%.

Literatuur

Brons, M., P. Nijkamp, E. Pels & P. Rietveld (2007) A meta/analysis of the price elasticity of gasoline demand. A SUR approach, *Energy Economics*, 2007, 30-5, 2105 – 2123.

Brugh, M. aan de (2011, 14 en 15 mei). Lekker veel rijden in die nieuwe zuinige auto, *NRC Weekend*.

Busse, M.R., C.R. Knittel & F. Zettelmeyer (2009) Pain at the pump: the differential effect of gasoline prices on new and used automobile markets, NBER paper 15590.

Graham, D. & S. Glaister (2002) *Review of income and price elasticities of demand for road traffic*, London, Centre for Transport Studies, Imperial College of Science, Technology and Medicine.

Hanly, M., J. Dargay & P. Goodwin (2002) *Review of Income and Price Elasticities in the demand for road traffic*, London, ESRC Transport Studies Unit Centre for Transport Studies.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2011) *Schriftelijke vragen NMCA: brief aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal*, IENM/BSK-2011/5608, Den Haag.

PBL/CE (2010) *Effecten van prijsbeleid in verkeer en vervoer: kennisoverzicht*, Bilthoven/Den Haag.

Rosenthal, E. (2008, 6 september) Hoe duur de benzine ook is, de Europeaan blijft autorijden, *de Volkskrant* (vertaald en overgenomen uit The New York Times).

Schipper, L. (2011) Automobile use, fuel economy and CO₂ emissions in industrialized countries: encouraging trends through 2008? *Transport Policy* 18, 358-372.

Significance (2011) *Schattingen van keuzemodellen voor het LMS 2011: technische rapportage*, Den Haag: Significance

Bijlage A Afleiding van elasticiteiten vanuit gegeneraliseerde reiskosten

In paragraaf 5 zijn onder meer prijs- en kostenelasticiteiten geraamd van de verkeersvraag. Veel literatuur op dit terrein is echter gericht op de vraag naar brandstof. In deze bijlage leiden we op basis van deze literatuur de relevante prijs- en kostenelasticiteiten af van de verkeersvraag, brandstofefficiency en het brandstofverbruik. Startpunt zijn de gegeneraliseerde reiskosten per voertuigkilometer. Omdat het onderzoek zich primair richt op brandstofkosten maken we een onderscheid naar brandstofkosten en overige kosten, waaronder bijvoorbeeld tijdskosten. We beginnen met de onderstaande drie vergelijkingen voor de gegeneraliseerde reiskosten, de brandstofkosten en verkeersomvang (mobiliteit).

$$(1) \quad g = r + k$$

g = gegeneraliseerde reiskosten per voertuigkilometer (euro/vtgkm)

r = brandstofkosten in euro/vtgkm

k = overige kosten in euro/vtgkm

$$(2) \quad r = \frac{p}{s}$$

p = prijs per liter brandstof (euro/liter)

s = aantal kilometers per liter brandstof (efficiency, km/liter).

$$(3) \quad T = N.d$$

T = verkeersvolume (voertuigkilometers)

N = wagenpark (aantal auto's)

d = afgelegde afstand (km/jaar)

De algemene gedaante voor een vergelijking van een elasticiteit is:

$$(4) \quad \eta_{yx} = \frac{\partial y}{\partial x} \frac{x}{y} = \frac{\partial \log y}{\partial \log x}$$

In vergelijking (4) geeft de elasticiteit η_{yx} de procentuele verandering weer van het gevolg (y) gedeeld door de procentuele verandering van de oorzaak (x).

Toegesplitst op het verband tussen de gegeneraliseerde kosten en het verkeersvolume is uit vergelijking (3) onderstaande elasticiteit af te leiden:

$$(5) \quad \eta_{Tg} = \frac{\partial \log T}{\partial \log g} = \frac{\partial \log N}{\partial \log g} + \frac{\partial \log d}{\partial \log g} = \eta_{Ng} + \eta_{dg}$$

Vergelijking (5) geeft de elasticiteit van het verkeersvolume in relatie tot de gegeneraliseerde reiskosten als de som van de elasticiteiten van het wagenpark en de afgelegde afstand, beide in relatie tot de gegeneraliseerde kosten.

Voor de overstap naar brandstofkosten definiëren we het aandeel van de brandstofkosten in de gegeneraliseerde reiskosten α :

$$(6) \quad \alpha = \frac{p}{s \cdot g}$$

Uit (5) en (6) volgt vervolgens de brandstofkostenelasticiteit van het verkeersvolume η_{Tr} :

$$(7) \quad \eta_{Tr} = \frac{\partial \log T}{\partial \log r} = (\eta_{Ng} + \eta_{dg}) \cdot \alpha$$

Ten slotte is de brandstofprijselasticiteit van het verkeersvolume te schrijven als:

$$(8) \quad \eta_{Tp} = \frac{\partial T}{\partial p} \cdot \frac{p}{T} = \frac{\partial \log T}{\partial \log p} = (\eta_{Ng} + \eta_{dg}) \cdot \alpha \cdot (1 - \eta_{sp})$$

waarin η_{sp} de prijselasticiteit voorstelt van de brandstofefficiency.

$$(9) \quad \eta_{sp} = \frac{\partial s}{\partial p} \cdot \frac{p}{s} = \frac{\partial \log s}{\partial \log p}$$

Uit bovenstaande relaties is op te maken dat de brandstofprijselasticiteit van het verkeersvolume (η_{Tp}) is af te leiden uit de elasticiteit van de gegeneraliseerde kosten (per voertuigkilometer) van de afgelegde kilometers (η_{Tg}) door te corrigeren voor het aandeel van de brandstofkosten in de totale gegeneraliseerde kosten (α) en voor de brandstofprijselasticiteit van de brandstofefficiency (η_{sp}). Het volgende voorbeeld probeert een en ander nog wat te verduidelijken. Stel dat de prijselasticiteit van de brandstofefficiency gelijk is aan 1.0. In dat geval zou de hoeveelheid afgelegde kilometers ongevoelig zijn voor veranderingen in de brandstofprijs *per liter*. Immers, de

automobilist ervaart in dat geval geen mutatie in de gegeneraliseerde reiskosten *per kilometer*. De mutatie van de brandstofprijs per liter wordt volledig gecompenseerd door de verbetering van de brandstofefficiency. Deze verbetering van de efficiency werkt vervolgens wel volledig door in een vermindering van het brandstofverbruik. De prijselasticiteit van het brandstofverbruik is in dit geval -1.

De hiervoor afgeleide elasticiteiten, die betrekking hebben op de afgelegde kilometers en de brandstofefficiency, kunnen we ten slotte combineren tot de elasticiteiten voor het brandstofverbruik. Een en ander leidt tot onderstaande tabel met alle relevante elasticiteiten voor dit onderzoek.

Tabel A1. Prijs- en kostenelasticiteiten verkeersvraag, brandstofefficiency en brandstofverbruik

	brandstofkosten per km	brandstofprijs per liter
brandstofverbruik	$\eta_{Tr} - \left(\frac{\eta_{sp}}{1 - \eta_{sp}} \right)$	$\eta_{Tr}(1 - \eta_{sp}) - \eta_{sp}$
verkeersvolume	η_{Tr}	$\eta_{Tr}(1 - \eta_{sp})$
brandstofefficiency	$\frac{\eta_{sp}}{1 - \eta_{sp}}$	η_{sp}

Bijlage B De geschatte prijs- en kostenrelaties

In een eenvoudige relatie voor de vraag naar voertuigkilometers proberen we vraag- en aanbodelementen een plaats te geven. Als vraagfactoren figureren reële prijzen en kosten en de inkomensontwikkeling, als aanbodfactor de infrastructuur in de vorm van strookkilometers hoofdwegennet. Met een vertragingstructuur in de vergelijking brengen we tot uitdrukking dat vertraagde doorwerking van verklarende variabelen op de te verklaren variabele mogelijk is. Bij de hier toegepaste Koyck-transformatie gaat men er vanuit dat de betrokken variabele zich gedraagt als een oneindig dalende geometrische reeks. Een belangrijk voordeel van een dergelijke aanpak is dat de geschatte relatie zowel de korte- als de lange termijn elasticiteit oplevert. In onderstaande specificatie hebben we aangenomen dat de reële prijzen c.q. kosten en de strookkilometers een verdeelde vertragingstructuur kennen. De inkomensvariabele – vorm gegeven door het volume van de particuliere consumptie – komt onvertraagd voor in de vergelijking. Een en ander leidt tot onderstaande specificatie:

$$\ln vtgkmben - \lambda \ln vtgkmben_{-1} = \alpha \ln pbenltr + \beta (\ln vcons - \lambda \ln vcons_{-1}) + \lambda \ln strklngt \quad (1)$$

$\ln$ = natuurlijk logaritme

λ = Koyck-coëfficiënt

$vtgkmben$ = voertuigkilometers personenauto's benzine

$pbenltr$ = reële prijs benzine (per liter)
 $vcons$ = volume particuliere consumptie
 $strklngt$ = strooklengte hoofdwegennet (km)

Iteratie van λ tussen 0,1 en 0,9 leverde als beste schattingsresultaat onderstaande vergelijking op¹¹:

$$\ln vtgkmben = \lambda \ln vtgkmben_{-1} - 0,14 \ln pbenltr + 0,31 (\ln vcons - \lambda \ln vcons_{-1}) + 0,39 \ln strklngt + 3,55 \quad (2)$$

(-) (-3,61) (3,22)

(3,07) (4,23)

waarin: $\lambda = 0,3$ $R_c^2 = 0,958$ D.W. = 1,81 periode: 1981 - 2009

Uit deze vergelijking volgt een korte termijn brandstofprijselasticiteit van de afgelegde kilometers van -0,14 en een lange termijn elasticiteit van $-0,14/(1-\lambda) = -0,20$. Met dezelfde theoretische specificatie zijn vervolgens de relaties geschat om de kostenelasticiteiten te kunnen afleiden. Een en ander heeft geleid tot onderstaande relatie:

$$\ln vtgkmben = \lambda \ln vtgkmben_{-1} - 0,12 \ln kbenkm + 0,33 (\ln vcons - \lambda \ln vcons_{-1}) + 0,31 \ln strklngt + 3,83 \quad (3)$$

(-) (-3,90) (3,53)

(2,53) (4,66)

$kbenkm$ = reële kosten benzine (per km)

waarin: $\lambda = 0,3$ $R_c^2 = 0,960$ D.W. = 1,57 periode: 1981 - 2009

De korte termijn brandstofkostenelasticiteit is -0,12; de lange termijn waarde is $-0,12/(1-\lambda) = -0,17$.

Uit de voorgaande relaties kan worden opgemaakt dat de prijselasticiteiten van de afgelegde kilometers – absoluut gezien – hoger uitvallen dan de kostenelasticiteiten van de afgelegde kilometers. Daaruit volgt de conclusie dat er geen sprake is van een significante invloed van de reële benzineprijs op de efficiency (km per liter). Want als er sprake is van een positieve invloed van de reële brandstofprijs op de efficiency zal de kostenelasticiteit – weer absoluut gezien – hoger uitvallen dan de prijselasticiteit¹². Voor de volledigheid hebben we daarom ook een rechtstreekse relatie geschat die de efficiency ontwikkeling probeert te verklaren uit het verloop van de reële benzineprijs.

$$\ln effben = -0,002 \ln pbenltr + 2,4 \quad (4)$$

(-0,014) (3,7)

$effben$ = kilometers per liter benzine (km/liter)

waarin: $R_c^2 = -0,0357$ D.W. = 0,217 periode: 1980 - 2009

¹¹ De toegepaste schattingsmethode is multiële regressie. Onder de coëfficiënten staan de t-waarden vermeld. R_c^2 is de voor vrijheidsgraden gecorrigeerde correlatiecoëfficiënt. D.W. is de Durbin-Watson statistic voor autocorrelatie tussen de residuen.

¹² Zie voor een nadere onderbouwing van deze relaties bijlage A.