

Consumentenwaardering van veranderingen in actieradius: een meta-analyse

Alexandros Dimitropoulos

Vrije Universiteit Amsterdam, Department of Spatial Economics¹

Piet Rietveld

Vrije Universiteit Amsterdam, Department of Spatial Economics

Jos N. van Ommeren

Vrije Universiteit Amsterdam, Department of Spatial Economics

Wij voeren een meta-analyse uit van studies naar consumentenpreferenties voor elektrische voertuigen en voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden, om inzicht te geven hoe actieradius wordt afgewogen tegen investeringskosten. Onze resultaten wijzen uit dat consumenten bereid zijn om gemiddeld \$66 tot 75 te betalen om de actieradius met één mijl (1,6 km) te vergroten. Om de concurrentie met hun conventionele tegenhangers te kunnen aangaan, moeten auto's die een actieradius van 100 mijl (160 km) hebben, ceteris paribus ongeveer 60% goedkoper zijn. Conform intuïtie, maar in tegenstelling tot de meeste specificaties die in eerdere studies zijn toegepast, vinden we dat de marginale betalingsbereidheid van consumenten sterk afneemt met actieradius. Het uiteenlopen van de schattingen van de betalingsbereidheid tussen de bestudeerde studies kunnen worden toegeschreven aan verschillen in actieradii, aan de onderzoeksopzet en aan het land waar de studie is uitgevoerd. Onze bevindingen suggereren dat de korte actieradius een grote beperking is voor de grootschalige invoering van voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden en dat technologische ontwikkelingen die grotere actieradii mogelijk maken, hun marktpenetratie tot op zekere hoogte bevorderen.

Trefwoorden: actieradius, betalingsbereidheid, elektrisch voertuig, meta-analyse

¹ Vrije Universiteit Amsterdam, Department of Spatial Economics, De Boelelaan 1105, 1081 HV Amsterdam, T: +31(0)205982085, F: +31(0)205986004, E: a.dimitropoulos@vu.nl.

Dit manuscript is grotendeels gebaseerd op het artikel: Dimitropoulos, A., Rietveld, P., & van Ommeren, J. N. (2013). Consumer valuation of changes in driving range: A meta-analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 55, 27-45. De inhoud is gereproduceerd met toestemming van Elsevier.

1. Inleiding

De groeiende bezorgdheid over klimaatverandering en lokale luchtvervuiling, de toenemende olieprijs, en het herstel van de auto-industrie van de wereldwijde economische crisis, hebben in belangrijke mate bijgedragen aan de hernieuwde belangstelling voor elektrische auto's.² Deze bezorgdheid heeft er onder andere toe geleid dat de Nederlandse overheid, maar ook overheden van andere landen, ambitieuze plannen hebben geformuleerd om het aandeel van elektrische auto's te verhogen. De grootschalige invoering van volledig elektrische voertuigen wordt waarschijnlijk belemmerd door een aantal kenmerken ervan. In de literatuur worden, naast de aanzienlijk hogere aanschafprijs, ook factoren genoemd als de geringe actieradius, de lange oplaadtijd en de aanzienlijke kosten om een uitgebreid netwerk van oplaadpunten te ontwikkelen (zie bijvoorbeeld Beggs et al., 1981; Dagsvik et al., 2002; Tompkins et al., 1998).

De laatste decennia zijn er verscheidene studies naar consumentenpreferenties voor auto's gedaan, om zo het marktpotentieel van elektrische auto's en andere voertuigen die op alternatieve (niet fossiele) brandstoffen rijden in kaart te brengen. De meerderheid van deze studies maakt gebruik van *stated preference* om inzicht te krijgen in de preferenties van zowel huishoudens als de wagenparkbeheerders voor voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden (zie bijvoorbeeld Bunch et al., 1993; Golob et al., 1997; Mabit and Fosgerau, 2011). De meeste studies beschouwen de actieradius (de afstand die een voertuig op een volle tank of een volledig opgeladen accu kan afleggen) als een bepalende factor voor de preferentie voor auto's. De resultaten van deze studies wijzen doorgaans uit dat de korte actieradius voor consumenten een belangrijke reden is om kritisch te staan tegenover volledig elektrische voertuigen en voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden.

In de transportliteratuur is er geen consensus over het belang van actieradius voor het succes van voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden. De consumentenwaardering van een grotere actieradius verschilt substantieel tussen eerdere *stated preference*-studies. Dit paper maakt gebruik van een meta-analyse van 33 studies (gebaseerd op discrete-keuzemodellen of *contingent ranking*-modellen) naar de preferenties van consumenten voor voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden, om zodoende meer inzicht te krijgen hoe consumenten de actieradius en de aankoopprijs tegen elkaar afwegen. Om een schatting te maken van de waarde van een grotere actieradius, wordt de betalingsbereidheid voor de vergroting van de actieradius met een mijl (1,6 km) en die van een vergroting van de actieradius van 100 mijl (160 km), de actieradius van de meeste commercieel verkrijgbare elektrische auto's, naar 150 en 350 mijl (240 en 560 km) gemeten. Verder gebruiken we verschillende metaregressiemodellen om de bijdrage van methodologische en ruimtelijke factoren, de achterliggende oorzaken van de verschillen in uitkomsten tussen eerdere studies, te kwantificeren.

Wij geloven dat de hier gepresenteerde meta-analyse een waardevolle aanvulling is op eerder in dit veld uitgevoerde studies door middel van: (i) het combineren van de informatie van deze studies, (ii) het toekennen van de variatie van de schattingen van de betalingsbereidheid aan studie-specifieke kenmerken, en (iii) door toekomstig onderzoek naar consumentenpreferenties voor voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden te sturen.

De rest van het paper is als volgt georganiseerd. Sectie 2 geeft een overzicht van de literatuur over consumentenpreferenties voor voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden met daarbij extra aandacht voor de actieradius. Sectie 3 bespreekt de gebruikte methodologie om relevante studies te verzamelen en geeft overzichtsstatistieken van de betalingsbereidheid en de

² De termen 'auto' en 'voertuig' worden door elkaar heen gebruikt in dit paper. De term duidt alle soorten personenauto's, inclusief bestelwagens, pick-ups en SUV's. Twee- en driewielers en vrachtwagens vallen hier niet onder.

actieradius. Sectie 4 bespreekt de resultaten van verschillende metaregressiemodellen die de variatie in schattingen van de betalingsbereidheid in de literatuur verklaren. Sectie 5 presenteert de conclusies.

2. Preferenties voor voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden en betalingsbereidheid voor actieradius

Stated preference wordt al heel lang gebruikt om de preferenties van de consument in kaart te brengen voor producten die nog niet op de markt zijn, waardoor ze erg geschikt zijn om het marktpotentieel van voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden te onderzoeken (Beggs et al., 1981). *Stated preference*-technieken worden al meer dan drie decennia toegepast door econometristen en transportonderzoekers om de preferenties van consumenten voor voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden af te leiden (zie bijvoorbeeld Ewing and Sarigöllü, 1998; Hidrue et al., 2011; Morton et al., 1978).

Stated preference-methoden beschouwen goederen als bundels van attributen en individuen als nutsmaximaliserende economische entiteiten (Lancaster, 1966; McFadden, 1974). In de huidige context doen individuen een hypothetische aankoop van een auto en proberen daarbij hun nut te maximaliseren door de auto van hun voorkeur te kiezen (discrete-keuzemethode), of door de keuzemogelijkheden te rangschikken (*contingent ranking*-methode). Deze verschillende keuzemogelijkheden worden weergegeven als bundels van attributen die variëren tussen de alternatieven (bijv. brandstofsoort, operationele kosten, invloed op het milieu).

De keuzes of rangschikkingen worden geanalyseerd met behulp van discrete-keuzemodellen of rangordemodellen, zoals het multinomiale logitmodel of het geordende logitmodel. Onder bepaalde voorwaarden kunnen deze modellen berekenen hoe veranderingen in de attribuutniveaus doorwerken in de kans dat een bepaald alternatief wordt gekozen. Voor een nadere beschouwing van de theorie achter de ontwikkeling, gebruik en toepassing van *stated preference*-methodes verwijzen we naar Greene and Hensher (2010), Hensher et al. (2005), and Louviere et al. (2000).

De eerste poging om discrete-keuze- of *contingent ranking*-methodes te gebruiken om de preferenties van consumenten voor elektrische auto's te kwantificeren, vonden kort voor en na de tweede oliecrisis plaats in de Verenigde Staten en Australië (zie bijvoorbeeld Beggs et al., 1981; Calfee, 1985; Morton et al., 1978). Deze eerste studies gebruikten de resultaten van vrij kleine en niet-representatieve steekproeven en richtten zich alleen op elektrische auto's als alternatief voor auto's die op fossiele brandstoffen rijden. In deze onderzoeken werd verondersteld dat de actieradius van de elektrische auto's niet meer dan enkele tientallen kilometers is. Daarnaast werden alleen huishoudens met meerdere auto's ondervraagd, omdat die huishoudens naar verwachting minder negatief stonden tegenover de beperkte actieradius van de elektrische auto. De hoofdconclusie van deze studies was dat de kleine actieradius en de grote oplaadtijd voor grote belemmeringen konden zorgen voor de invoering van elektrische auto's.

De milieuwetgeving in Californië zorgde ervoor dat de elektrische auto in de jaren 90 opnieuw in de belangstelling kwam te staan (zie bijvoorbeeld Brownstone et al., 1996; Bunch et al., 1993; Golob et al., 1997). In dat decennium werden weer *stated preference*-onderzoeken naar auto's die op alternatieve brandstoffen rijden uitgevoerd in Australië (Hensher and Greene, 2001), Canada (Ewing en Sarigöllü, 1998) en Noorwegen (Dagsvik et al., 2002; Ramjerdi et al., 1996). Nieuw in deze studies was dat er niet alleen naar elektrische auto's als alternatief voor de conventionele verbrandingsmotor werd gekeken, maar ook naar andere technologieën. De studies in de jaren 90 hielden ook rekening met andere factoren die van belang zijn bij voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden, zoals de tijd die het kost om bij te tanken, de dekking van de laad- of tankinfrastructuur en de uitstoot van broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen. Ze vinden dat deze factoren een significante invloed hebben op de voertuigkeuze, maar dat waarschijnlijk

geen van de factoren van primair belang is.

De derde golf van onderzoeken overspoelde de wetenschappelijke wereld in het nieuwe millennium. De preferenties voor voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden werden onderzocht in Europese landen, zoals België (Knockaert, 2010), Nederland (Molin et al., 2007, Molin et al., 2012) en in de opkomende economieën in Azië (zie bijvoorbeeld Qian and Soopramanien, 2011). Vooruitlopend op de grote belofte die de brandstofceltechnologie met zich meebracht, werden waterstofauto's vaak als alternatief in keuze-experimenten opgenomen (zie bijvoorbeeld Mabit and Fosgerau, 2011; Mau et al., 2008).

De actieradius is normaalgesproken een belangrijk criterium voor de consument wanneer hij moet kiezen tussen voertuigen met een conventionele verbrandingsmotor of voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden. Bij nadere inspectie blijkt dat de impliciete afweging tussen actieradius en aanschafprijs tussen de studies uiteenloopt van enkele dollars tot enkele honderden dollars per mijl. In deze studie staat deze impliciete afweging centraal en om deze te schatten, gebruiken we betalingsbereidheid (in het engels: Willingness To Pay - WTP) voor een vergroting van de actieradius van één mijl en de betalingsbereidheid om de actieradius van 100 mijl naar 150 of 350 mijl te vergroten.

De betalingsbereidheid voor een marginale verandering (MWTP) in de actieradius wordt gedefinieerd als de verhouding van het marginaal nut van de actieradius en aanschafprijattributen:

$$MWTP = -(\partial U / \partial R) / (\partial U / \partial P), \quad (1)$$

waarbij U de stochastische nutsfunctie is van het individu, bestaande uit de actieradius van het voertuig R, de prijs P en een vector van andere variabelen. Wanneer de nutsfunctie lineair is in aanschafprijs en actieradiusvariabelen (en er geen interactie tussen deze twee variabelen en de andere variabelen zijn), dan is de MWTP gelijk aan het negatief van de verhouding van de coëfficiënt van actieradius β_R en de coëfficiënt van de aanschafprijs β_P :

$$MWTP = -\beta_R / \beta_P. \quad (2)$$

Bij schattingen van de MWTP in studies waarbij de effecten van actieradius en aanschafprijs niet lineair zijn, hangen de nutsspecificaties af van het referentieniveau waarop de MWTP is berekend. Als referentieniveau worden doorgaans de gemiddeldes genomen van actieradius en aanschafprijs in het *stated preference*-experiment en deze gemiddeldes verschillen aanzienlijk tussen de verschillende studies. Hierdoor wordt het moeilijk om de uitkomsten te vergelijken van studies die de nutsfuncties op verschillende manieren gespecificeerd hebben. Een manier om dit probleem te omzeilen, is het gebruik van de betalingsbereidheid (WTP) van vooraf bepaalde veranderingen in actieradius. De WTP van een verandering in actieradius van R_0 naar R_1 is de integraal van MWTP:

$$WTP_{R_0 \rightarrow R_1} = - \int_{R_0}^{R_1} \frac{\partial U / \partial R}{\partial U / \partial P} dR. \quad (3)$$

Wanneer de nutsfunctie lineair is in actieradius, is WTP het product van MWTP en de verandering in actieradius. Het blijkt dat de actieradius van de meeste commercieel verkrijgbare volledig elektrische voertuigen ongeveer 100 mijl is (Daziano, 2011). We berekenen de WTP van een toename van 50 mijl ten opzichte van het referentieniveau, wat op de korte termijn haalbaar zou moeten zijn voor volledig elektrische voertuigen, en een toename tot 350 mijl, wat vergelijkbaar is met de actieradii van de conventionele auto's.

Voordat we verdergaan met de statistische en econometrische analyse, willen we opmerken dat sommige studies de grondgedachte achter het gebruik van de standaard keuzemodellen

aanvechten. Kurani et al. (1994, 1996) zijn van mening dat de *stated preference*-methodes om de waardering van actieradius te schatten te simplistisch is, omdat consumenten geen diepgewortelde preferenties voor actieradius hebben. Doordat ze niet of nauwelijks met het fenomeen van een kleine actieradius bekend zijn, hebben ze al gauw de neiging hun betalingsbereidheid te overschatten. Tegelijkertijd blijkt uit een veldexperiment met de eerste gebruikers van volledig elektrische voertuigen in Berlijn (Franke and Krems, 2013; Franke et al., 2012) dat de meeste deelnemers aan het experiment prima met de beperkte actieradius van hun voertuig wisten om te gaan.

3. Beschrijvende analyse van de onderzoeksgroep en de effectgrootte

Een meta-analyse is een samenvatting van de bevindingen van een welbepaalde verzameling empirische studies op basis van statistische methodes (Glass, 1976). De afgelopen twee decennia zijn meta-analyses steeds populairder geworden in transportonderzoeken (zie bijvoorbeeld Abrantes en Wardman, 2011; Brons et al., 2005; Holmgren, 2007; Wardman and Ibáñez, 2012). Deze sectie toont de beschrijvende statistieken van de gebruikte data in deze studie en een statistische analyse om de oorzaken van de variatie in de schattingen van MWTP en WTP te achterhalen.

2.1. Beschrijvende analyse

De meeste *stated preference*-studies naar consumentenpreferenties voor voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden zijn verzameld via trefwoorden, en een kleiner deel is verkregen door contacten met onderzoekers. Onze zoektocht was eind 2011 voltooid en leverde meer dan 80 studies op. Alleen de studies waarin de betalingsbereidheid (WTP) voor een verandering in actieradius van een personenauto of bestelbusjes kon worden berekend, zijn in de meta-analyse opgenomen. Hierdoor liep het aantal studies terug tot 33. Deze studies leverden 129 schattingen op voor de MWTP en 118 voor de WTP.³ Doordat de data van de verschillende studies enigszins overlapt, is ons onderzoek uiteindelijk gebaseerd op de analyses van 21 unieke *stated preference*-studies. Tabel 1 geeft een samenvatting van de studies die in de meta-analyse zijn opgenomen, inclusief details over de locatie en de periode waarin de enquête heeft plaatsgevonden. Daarnaast is ook aangegeven van welke brandstoftechnologieën in de onderzoeksopzet de actieradii variabel waren. Tot slot is de gemiddelde schatting van de betalingsbereidheid per mijl geschat, alsmede de minimale en maximale schatting. De schattingen van de betalingsbereidheid zijn gecorrigeerd voor internationale en intertemporele verschillen in koopkracht en worden uitgedrukt in constante dollars van 2005. De jaarlijkse consumentenprijsindex (CPI) en de koopkrachtindex (van 2005) zijn ter beschikking gesteld door de OECD. Geen van deze studies maakt er melding van dat de respondenten enige ervaring hebben met voertuigen met een kleine actieradius, dus zullen we conclusies trekken op basis van de preferenties van individuen die geen ervaring hebben met een beperkte de actieradius.

Figuur 1 laat de verdeling van de MWTP zien. De verdeling is rechts-scheef met een gemiddelde van \$67 en een mediaan van \$55. De verdeling van de twee WTP-metingen is ook rechts-scheef. De gemiddelde betalingsbereidheid voor een toename van de actieradius van 100 naar 150 mijl is bijna \$3800 met een mediaan van \$3200, terwijl de waarde van een toename van 100 naar 350 mijl wordt gewaardeerd op gemiddeld \$17.200 met een mediaan van \$13.100. Dit betekent dat consumenten geen voorkeur hebben voor een gemiddelde conventionele auto als de auto met een actieradius van 100 mijl \$13.000-17.000 goedkoper is.

Aangenomen dat een nieuwe auto in de Verenigde Staten in 2005 ongeveer \$28.400 kostte

³ Het verschil van elf schattingen tussen MWTP en WTP komt door Ewing en Sarigöllü (1998, 2000), Hidrue et al. (2011), and Parsons et al. (2011).

(National Automobile Dealers Association, 2006), dan zou een auto met een actieradius van 100 mijl ceteris paribus 46-61% goedkoper moeten zijn om met zijn conventionele tegenhangers te kunnen wedijveren. Deze waarden zullen door de lagere operationele kosten van de voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden nog wel kunnen dalen. Daziano (2011) bespreekt deze kwestie in een vergelijking tussen volledig elektrische voertuigen, voertuigen die op fossiele brandstoffen rijden en hybrides, terwijl Delucchi en Lipman (2010) een uitgebreide analyse geven van de kosten over de gehele levensduur van volledig elektrische voertuigen, brandstofcel- en hybride voertuigen. Hoewel voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden kostentechnisch voordeliger zijn als er meer mee wordt gereden, verhindert hun kleine actieradius dat er echt veel mee gereden wordt.

Tabel 1: Samenvatting van de eerdere studies

Studie	Locatie	Jaar	Brandstof- technologieën waarvan actieradius verschilt in studie ^a	Aantal MWTP- schat- tingen	Betalingsbereidheid per mijl		
					Gem. schat.	Laagste schat.	Hoogste schat.
Batley en Toner (2003)	Leeds, VK	2002	Niet gespecificeerd	1	167	167	167
Batley et al. (2004)	Leeds, VK	2001	Niet gespecificeerd	6	35	31	36
Beggs en Cardell (1980), Beggs et al. (1981)	VS	1978	CV, VE	12	85	61	132
Brownstone en Train (1999), Brownstone et al. (2000), Kavalec (1999), McFadden en Train (2000)	Californië, VS	1993	CV, Methanol, CNG, VE	11	99	58	202
Bunch et al. (1993)	Californië, VS	1991	VAB, PH, VE	3	101	95	106
Calfee (1985)	Californië, VS	1980	VE	1	195	195	195
Christensen et al. (2010), Mabit (2010), Mabit en Fosgerau (2011)	Denemarken	2007	CV, Biodiesel, VE, Hy ^b	4	20	18	23
Dagsvik et al. (2002)	Noorwegen	1995	CV, LPG, VE, PH	4	25	14	30
Daziano (2011), Hess et al. (2006), Train en Sonnier (2005), Train en Weeks (2005)	Californië, VS	2000	VE	9	100	87	131
Ewing en Sarigöllü (1998, 2000)	Montreal, Canada	1994	VE	12	21	17	24
Golob et al. (1997)	Californië, VS	1994	CV, Methanol, CNG, VE	8	117	76	202
Hensher en Greene (2001)	Sydney, Australië	1994	CNG/LPG, VE	4	23	14	31
Hidrue et al. (2011), Parsons et al. (2011)	VS	2009	VE	9	55	29	82
Jensen (2010)	Denemarken	2010	CV, VE	2	20	20	20
Knockaert (2010)	Vlaanderen, België	2004	VAB, LPG, VE, Waterstof	9	39	31	45
Hess et al. (2012)	Californië, VS	2008	CNG, VE	4	43	36	49
Molin et al. (2007)	Amsterdam, Nederland	2006	Biodiesel, Hy, Waterstof	1	8	8	8
Molin et al. (2012)	Nederland	2011	VE	2	44	43	45
Nixon and Saphores (2011)	VS	2010	CNG, VS, Hy, Waterstof	2	182	46	317
Qian & Soopramanien (2011)	China	2009	VE	3	152	138	161
Ramjerdi et al. (1996)	Noorwegen	1994	VAB, VE	16	58	23	109
Tompkins et al. (1998)	VS	1995	CV, CNG/LPG, VE, PH, Alcohol	6	64	44	102

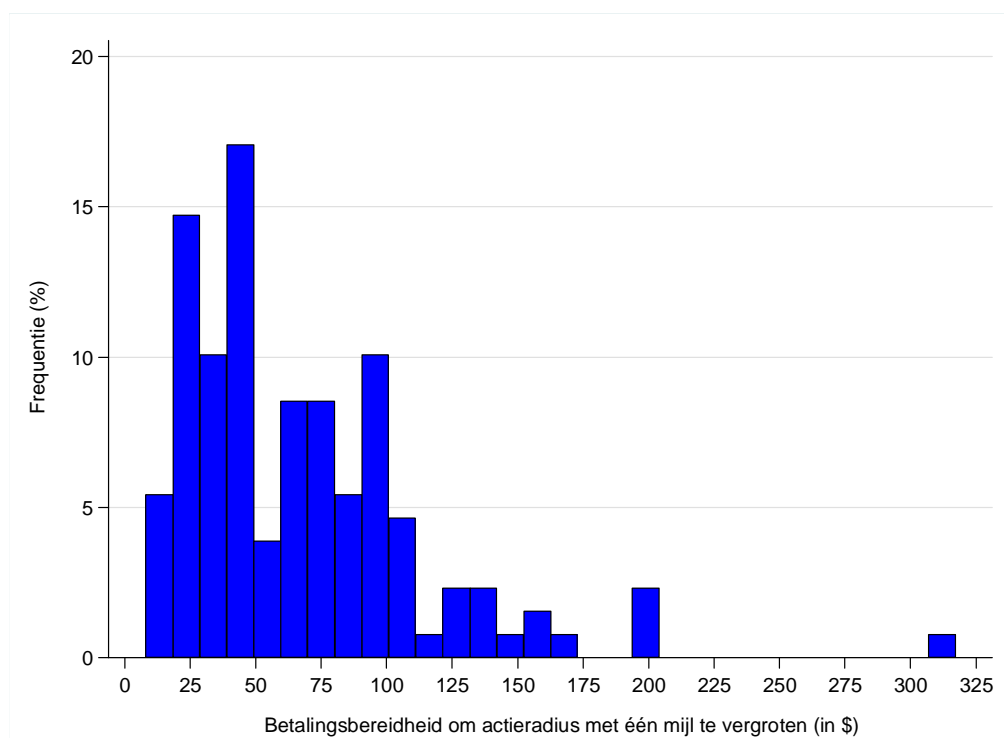
Opmerkingen: De schattingen van de MWTP zijn gecorrigeerd voor koopkracht en uitgedrukt in constante dollars van 2005.

^a CV: Voertuig dat op een conventionele brandstof rijdt (benzine of diesel); VAB: Voertuig dat op een alternatieve

brandstof rijdt; VE: Volledig elektrische auto; Hy: Hybrideauto; PH: Plug-inhybride, herlaadbare hybrideauto; Niet gespecificeerd: De respondenten hebben geen informatie gekregen over de brandstoftechnologie van de alternatieven.

^bChristensen et al. (2010) analyseert alleen de respondenten die binaire keuzes tussen CV's en VE's maken.

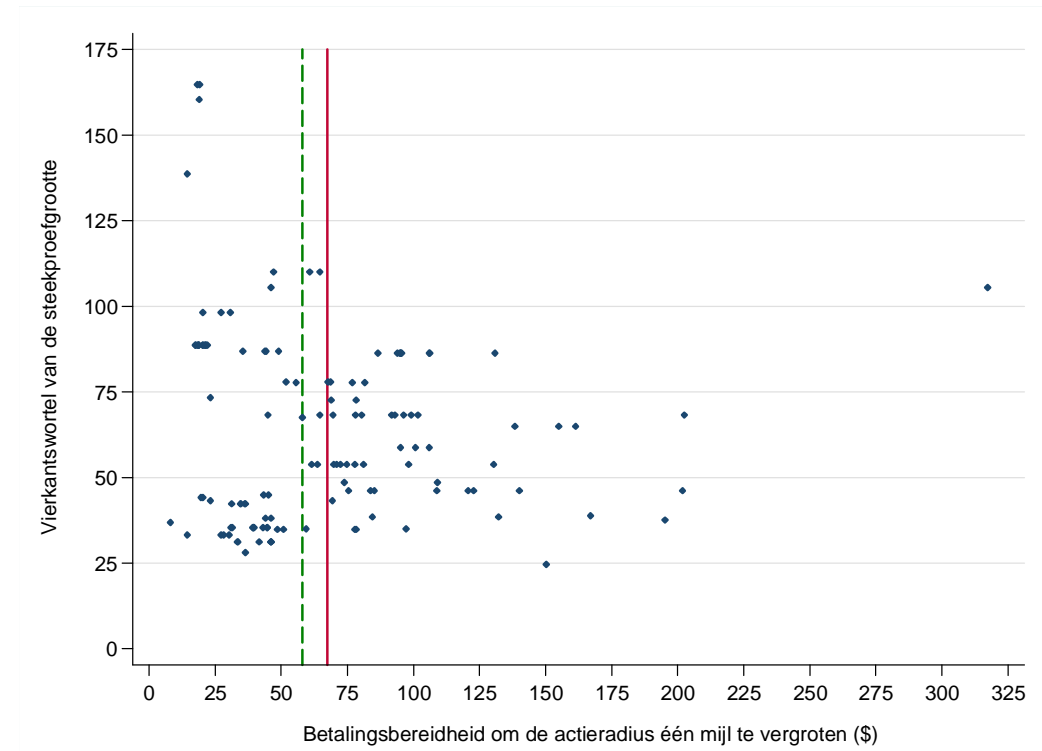
Hoewel deze beschrijvende analyse een indruk geeft van de orde van grootte van de betalingsbereidheid, houdt het geen rekening met de sterke correlatie tussen de schattingen. Deze correlatie ontstaat doordat veel studies dezelfde data gebruiken (Florax, 2002; Stanley and Jarrell, 1989). Daarnaast hebben alle schattingen hetzelfde gewicht gekregen, ongeacht de grootte van de steekproef.



Figuur 1: Verdeling van MWTP. Opmerking: de schattingen zijn gecorrigeerd voor koopkracht en uitgedrukt in constante dollars van 2005.

De trechterplot in Figuur 2 dient twee doelen. Het eerste doel is om een mogelijke publicatiebias op te sporen in onze steekproef, omdat er een neiging in de literatuur is om alleen resultaten te publiceren die bepaalde theorie onderschrijven (Stanley, 2005). Het tweede doel is om het belang te illustreren van steekproefgrootte op de uiteindelijke schattingen. De grafiek, waarbij de wortel van de steekproefgrootte⁴ is uitgezet tegen de schatting van de MWTP, laat zien dat de gemiddelde MWTP waarschijnlijk wordt verhoogd door studies met een kleinere steekproef. Indien de WTP identiek zou zijn voor alle studies en er geen enkele selectie zou zijn in het publiceren van studies, dan zouden de schattingen van WTP symmetrisch verdeeld zijn rond de werkelijke waarde (zie ook de discussie in Stanley, 2005). De grafiek is echter rechts-scheef, wat kan duiden op een mogelijke publicatiebias. Dit resultaat kan er echter ook op duiden dat er veel heterogeniteit in de opgenomen studies zit (Stanley, 2005), dus kunnen we op grond van de trechterplots niet 100% zeker concluderen dat er per se sprake is van publicatiebias.

⁴ De steekproefgrootte wordt gedefinieerd als het aantal waarnemingen gebruikt voor de schatting van het keuze- of rangschikkingsmodel in kwestie, en is gelijk aan het aantal gemaakte keuzes of het aantal door de respondenten gerangschikte scenario's.



Figuur 2: Trechterplot van de MWTP voor actieradius. De doorgetrokken lijn geeft het ongewogen gemiddelde van de MWTP aan, de onderbroken lijn is de ongewogen mediaan van de MWTP.

Gezien de bovenstaande discussie is het belangrijk om de studies van wegingsfactoren te voorzien, om zodoende de effecten van correlatie, heterogeniteit en mogelijke publicatiebias op de meta-informatie te verkleinen.

Tabel 2 geeft de ongewogen en de gewogen overzichtsstatistieken van de metingen van de betalingsbereidheid. In de tweede rij zijn de schattingen omgekeerd evenredig gewogen op basis van het aantal keren dat dezelfde dataset is gebruikt voor andere studies die in deze meta-analyse zijn opgenomen. Hierdoor zijn de schattingen van de MWTP en de WTP geclusterd in 21 datasets.⁵ De derde rij heeft gewichten die de invloed van zowel de correlatie⁶ als de heterogeniteit in de grootte van de betalingsbereidheid tussen de studies moet verkleinen. De gebruikte wegingsfactoren w_{ij} , zijn gelijk aan het product van de steekproefgrootte n_i , waarbij i de grootte van het effect is, en de inverse van het aantal waarnemingen per dataset d_j , getrokken van dataset j :⁷

$$w_{ij} = n_i / d_j \quad (4)$$

De overzichtsstatistieken laten geen wezenlijke verschillen zien in de MWTP's en WTP's tussen de verschillende wegingsmethodes. Wel wijzen ze op een kleine overschatting van de mediane effectgrootte bij het ongewogen gemiddelde.

⁵ Bunch et al. (1993) en Tompkins et al. (1998) zitten in hetzelfde cluster, omdat de data van de twee experimenten in laatstgenoemde studie zijn samengevoegd.

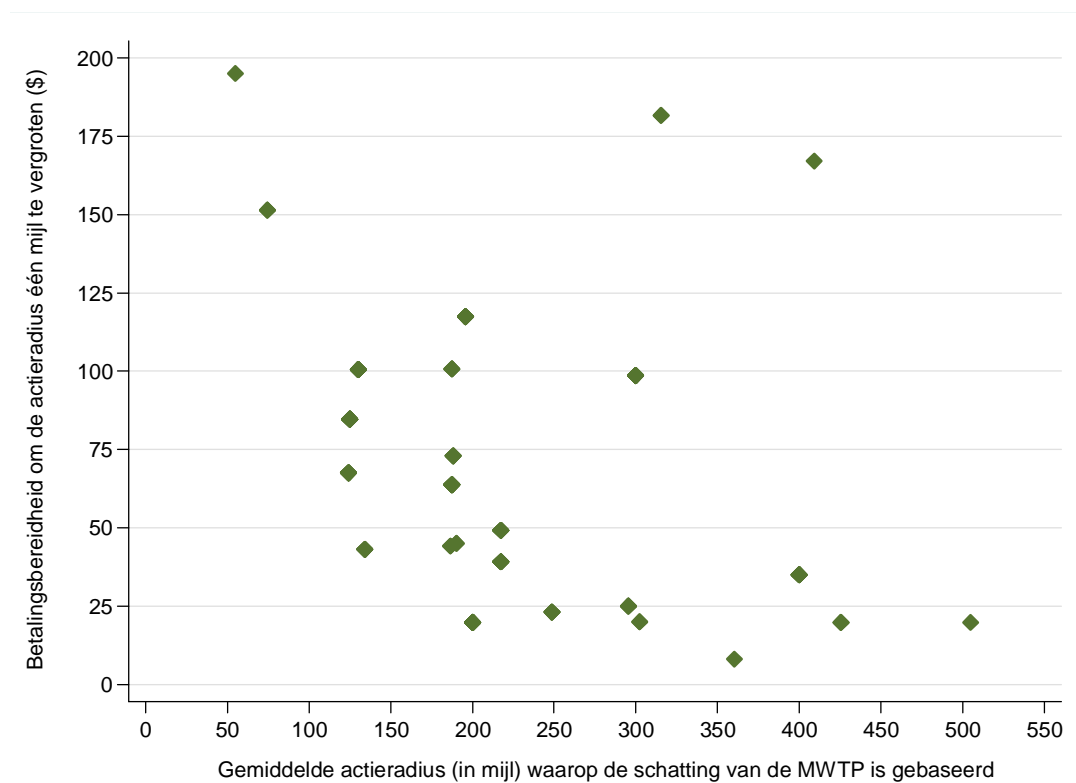
⁶ Hoewel deze methode rekening lijkt te houden met de correlatie tussen de schattingen van betalingsbereidheid door veel steekproeven van dezelfde dataset te nemen, merkt Florax (2002) op dat hierdoor alleen de invloed van heteroscedasticiteit wordt verminderd, maar niet de invloed van correlatie.

⁷ De literatuur over meta-analyses geeft als ideale wegingsfactoren de inverses van de variantie in de schatting van de effectgroottes. Deze varianties zijn slechts voor heel weinig schattingen te berekenen. De gangbare praktijk (bijvoorbeeld Brons et al., 2008; de Blaeij et al., 2003) is om in plaats daarvan de steekproefgrootte als wegingsfactor te kiezen. Voor een vergelijkbaar onderzoek, zie Van Houtven et al. (2007).

Tabel 2: Overzichtsstatistieken van de MWTP- en WTP-schattingen bij verschillende wegingsfactoren.

Wegingsmethode van de schatting	Marginale betalingsbereidheid			Betalingsbereidheid 100-150 mijl			Betalingsbereidheid 100-350 mijl		
	Gem.	Mediaan	95%-bet.	Gem.	Mediaan	95%-bet.	Gem.	Mediaan	95%-bet.
Ongewogen	66.9	54.8	49.3 - 84.5	3795	3242	2774 - 4817	17227	13078	12634 - 21819
Gewogen door de inverse van het aantal observaties per dataset	74.5	45.2	48.1 - 100.9	3807	2661	2657 - 4958	17025	11293	11182 - 22867
Gewogen door het product van de inverse van het aantal observaties per dataset en de steekproefgrootte in de eerdere studie	66.5	41.7	29.0 - 103.9	3887	3230	2328 - 5445	16799	10186	8322 - 25276
Aantal schattingen		129			118			118	

Opmerking: De 95%-betrouwbaarheidsintervallen zijn berekend op basis van heteroscedasticiteit-robuste standaardfouten, geclusterd per *stated preference*-dataset. De MWTP- en WTP-schattingen zijn gecorrigeerd voor koopkracht en uitgedrukt in constant dollars van 2005.



Figuur 3: Gemiddelde MWTP voor actieradius per *stated preference*-dataset uitgezet tegen de gemiddelde in het onderzoek gebruikte actieradius.

Zoals in Sectie 2 al was vermeld, is er tussen de verschillende studies in onze meta-analyse geen consensus over hoe actieradius moet worden opgenomen in de nutsfunctie van de consumenten. Gevoelsmatig zou de MWTP moeten dalen met actieradius. Het is niet redelijk te verwachten dat een marginale toename op een referentieniveau van 100 kilometer dezelfde waarde heeft als eenzelfde toename op een referentieniveau van 500 kilometer. De meeste studies in onze meta-analyse gaan echter uit van een constant marginaal nut van actieradius. Een grafische weergave van de gemiddelde MWTP per *stated preference*-dataset uitgezet tegen de gemiddelde actieradius waarop de schatting van de MWTP is berekend (Figuur 3), ondersteunt de keuze voor een

lineaire nutsfunctie niet.⁸ De grafiek laat zien dat de MWTP afneemt met de gemiddelde actieradius. Mogelijk neemt de MWTP lineair af met de inverse van de gemiddelde actieradius. Deze bevinding maakt het mogelijk om een nutsspecificatie te maken die lineair is in de logaritmische transformatie van actieradius, terwijl een coderingssysteem met dummyvariabelen nog altijd gebruikt kan worden.

2.2. Heterogeniteit tussen eerdere studies: een bivariate analyse

De overzichtsstatistieken van de waardering van actieradius kunnen belangrijke richtlijnen en ijkpunten opleveren voor beleidsmakers, producenten en onderzoekers die geïnteresseerd zijn in de potentiële vraag naar voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden. Daarnaast is het belangrijk om de heterogeniteit in de schattingen van de effectgrootte in de eerdere studies te erkennen, de karakteristieken van deze studies te identificeren die verantwoordelijk zijn voor deze heterogeniteit en tot slot om het effect hiervan te kwantificeren. Heterogeniteit tussen de verschillende studies kan ontstaan door onder andere ruimtelijke verschillen, tijdsverschillen (jaar waarin de studie is uitgevoerd) en verschillen in de eigenschappen van de voertuigen, of door methodologische verschillen, zoals het ontwerp van de *stated preference*-enquête of de gebruikte statistische modellen.

Tabel 3 geeft beschrijvende informatie over de heterogeniteit tussen de WTP-schattingen tussen verschillende groepen van studies. De onderverdelingen zijn gebaseerd op: (I) het land waarin de studie is uitgevoerd, (II) de tijdspanne waarin het onderzoek is uitgevoerd, (III) de manier waarin actieradius is opgenomen in de nutsfunctie van de consument, (IV) de minimale en maximale actieradius in de onderzoeksopzet, (V) de brandstoftechnologieën waarbij het marginaal nut van actieradius van belang is, (VI) het al dan niet meenemen van de optie om snel bij te tanken of op te laden (vooral als de actieradius alleen voor volledig elektrische voertuigen verschilt), en (VII) de manier waarop de marginale nutten van actieradius en aanschafprijs zijn gemodelleerd. Voor elke onderverdeling geeft de tabel de gemiddelde MWTP's en WTP's per groep, plus de resultaten van een standaard T-toets die de statistische significantie van de verschillen van de gemiddeldes tussen de referentiegroep en alle andere groepen onderzoekt. Tabel 3 hanteert een bivariate aanpak, Sectie 4 geeft een multivariate analyse.

De waardering van actieradius varieert significant tussen verschillende regio's. De meerderheid van de studies is uitgevoerd in de Verenigde Staten en Europa. Onze analyse laat zien dat actieradius veel belangrijker is voor Amerikanen dan voor Europeanen. De gemiddelde MWTP in de VS is meer dan twee keer zo hoog als in Europa. In de VS is meer behoefte aan een grotere actieradius en dit verschil vloeit mogelijk voort uit de grotere reisafstanden, de lagere dichtheden van activiteiten in stedelijke gebieden en een minder uitgebreid openbaarvervoernetwerk (Kenworthy en Laube, 1999). Het verschil in waardering van actieradius kan misschien ook deels worden toegeschreven aan een groter gevoel van vrijheid en onafhankelijkheid door de auto in de VS (FIA Foundation, 2003). Daarnaast is de afgelegde afstand per auto per jaar groter in de VS dan in de Europese landen die in onze dataset zijn opgenomen (Euromonitor, 2012).

We vinden ook dat de waardering van actieradius in Canada, China en Australië significant verschilt van die in Europa of de VS, maar omdat deze landen slechts door één studie zijn vertegenwoordigd, kunnen hier geen conclusies aan worden verbonden. De actieradii in de studie van China zijn betrekkelijk klein, terwijl die in de studie van Australië betrekkelijk groot zijn. Dit verschil in actieradii kan een verklaring zijn voor de waargenomen verschillen in de

⁸ Hoewel onze studie is gebaseerd op 21 *stated preference*-datasets, tekent Figuur 3 24 waarnemingen. De reden hiervoor is dat de gemiddelde actieradii beschouwd door Bunch et al. (1993) en de twee modellen van Tompkins et al. (1998) van elkaar verschillen, en dat de studie van Ramjerdi et al. (1996) verschillende gemiddelde actieradii beschouwt voor volledig elektrische voertuigen en voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden, terwijl de studie ook nog marginale nutten van actieradius geeft voor de verschillende brandstoftechnologieën.

(M)WTP tussen de landen.

Studies die in de late jaren 70 en de vroege jaren 80 zijn uitgevoerd, hebben significant hogere schattingen van de MWTP dan de studies die vanaf de jaren 90 zijn uitgevoerd. Hier zijn twee belangrijke verklaringen voor te geven: 1) alle studies in onze onderzoeksgroep van voor 1990 zijn uitgevoerd in de VS, waar de waardering van een grotere actieradius hoger is, en 2) de actieradii waren relatief klein in de oudere studies. In een van deze oudere studies waren kleine actieradii expliciet verbonden met andere onaantrekkelijke eigenschappen van volledig elektrische voertuigen, zoals de lange oplaadtijden en de hoge kosten bij het vervangen van de accu (Beggs et al., 1981).

De T-toetsen van de verschillen in de gemiddeldes tussen de verschillende nutsspecificaties laten zien dat de schattingen van de MWTP en de WTP worden beïnvloed door de modellering van de nutsfuncties van de consumenten. Het gebruik van dummyvariabelen voor actieradius resulteert in significant lagere schattingen dan het gebruik van lineaire specificaties. Aan de andere kant leiden nutsfuncties die kwadratisch zijn in actieradius tot hogere schattingen dan modellen met lineaire nutsfuncties. Het verschil tussen lineaire en logaritmische specificaties is statistisch insignificant, behalve voor de WTP van 100 tot 350 mijl. Sectie 4 laat echter zien dat deze bevinding niet robuust is in de multivariate analyse.

Tabel 3: Verschillen in de gemiddeldes van MWTP en WTP tussen verschillende groepen van studies.

Groep	Marginale betalingsbereidheid		Betalingsbereidheid	100 to 150 mijl	100 to 350 mijl
	Observaties	Gemiddelde	Observaties	Gemiddelde	Gemiddelde
Land/Regio waar onderzoek is uitgevoerd					
VS	65	90.1***	59	5149***	22788***
Canada	12	20.8***	7	1131***	5073***
Australië	4	25.0***	4	1250***	6250***
China	3	151.5***	3	7577***	37885***
Europa	45	43.8	45	2409	11424
Jaar waarin onderzoek is uitgevoerd					
1978 - 1989	13	93.2**	13	4245	20588
1990 - 1999	64	63.8	59	3888	17196
2000 - 2011	52	64.1	46	3548	16317
Manier waarop actieradius in nutsfunctie is verwerkt					
Logaritmisch	11	47.4	11	3215	9934***
Kwadratisch	8	93.4*	8	7863***	24944
Met dummyvariabelen	21	40.6***	10	2401**	9624***
Lineair	89	73.2	89	3658	18289
Beschouwde actieradii					
Minimale actieradius meer dan 150 mijl	13	21.5***	13	1606***	6608***
Maximale actieradius minder dan 100 mijl	4	162.4***	4	6771**	31775
Maximale actieradius >100 mijl en minimale actieradius <150 mijl	112	68.8	101	3959	18017
Brandstoftechnologieën waarbij actieradius van belang is					
Anders	79	65.1	79	3765	16621
Marginaal nut van actieradius alleen voor elektrische auto's	50	69.8	39	3856	18454
Mogelijkheid om snel op te laden (bij elektrische auto)					
Niet beschikbaar voor elektrische auto's	14	78.6	14	3929	19646
Beschikbaar voor elektrische auto's	115	65.5	104	3777	16901
Aannames van de verdeling van de marginale nutten van actieradius en prijs					
Anders	123	62.5**	112	3,575*	16,031**
Lognormale verdeling voor beide marginale nutten	6	158.2	6	7910	39549

Opmerking: T-toetsen onderzoeken de statistische significantie van de verschillen tussen het groepsgemiddelde en het gemiddelde van de referentiegroep (de laatste categorie van de groepering, waarvan het gemiddelde

schuingedrukt is). T-toetsen leggen niet de beperkende aanname op dat de varianties tussen de groepen gelijk zijn. ***, ** en * geven aan dat het verschil statistisch significant is op een niveau van 1, 5 of 10%. De schattingen van de MWTP en WTP zijn gecorrigeerd voor koopkracht en uitgedrukt in constante dollars van 2005.

Verder onderzoeken we of de schattingen van de MWTP en WTP afhangen van de grootte van de actieradii in de *stated preference*-enquêtes. Het blijkt dat de studies met een maximumactieradius van 100 mijl beduidend hogere schattingen en studies met een minimumactieradius van 150 mijl beduidend lagere schattingen opleveren.

De verschillende brandstoftechnologieën verschillen in actieradius en de invloed op het bijtankgedrag van de automobilist. Tabel 3 laat zien dat de verschillen tussen de gemiddeldes van de MWTP en WTP van volledig elektrische voertuigen en die van andere brandstoftechnieken (inclusief volledig elektrische voertuigen) klein en statistisch insignificant zijn.

De waardering van de veranderingen in actieradii kunnen afhankelijk zijn van de benodigde tijd om een voertuig bij te tanken en het gemak om de benodigde tankinstallaties te vinden. Als het bijtanken van een voertuig dat op alternatieve brandstoffen rijdt niet langer dan enkele minuten duurt en de dichtheid van de tankinstallaties hoog is, zal een grote actieradius redelijkerwijs minder belangrijk worden. De tijd die het kost om bij te tanken is vooral belangrijk voor volledig elektrische voertuigen, waarbij momenteel drie opties worden aangeboden: (I) standaard opladen, wat meestal 6 à 10 uur duurt om een accu met een actieradius van 100 mijl (160 km) op te laden, (II) snel opladen, waarbij de accu in 20 minuten tot 80% van zijn volledige capaciteit wordt opgeladen en (III) de accu verwisselen, waarbij de accu binnen vijf minuten wordt vervangen door een volledig opgeladen exemplaar bij een gespecialiseerd station. Het verwisselen van accu's verschuift het probleem van lange oplaadtijden naar een mogelijk probleem van een te klein netwerk van oplaadstations. Dit obstakel is ook van belang voor andere technologieën van voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden, zoals voertuigen die op aardgas rijden, of brandstofcelvoertuigen, en dan vooral in het begin van hun ontwikkeling.

In de bestudeerde studies zit een groot verschil tussen de wijze waarop de tijd om een voertuig op te laden en de dichtheid van tankinstallaties in de onderzoeksopzet zijn opgenomen. Niet altijd wordt duidelijk hoe deze factoren zijn meegenomen. Onze analyse laat zien dat studies die voor elk brandstoftype specifieke marginale nutten voor actieradius berekenen, in combinatie met hypothetische oplaadtijden van twee uur of meer, tot hogere schattingen van de MWTP en WTP leiden. Hoewel deze verschillen niet statistisch significant zijn in de bivariate analyse, zijn ze wel verschillend in de hierna besproken multivariate analyse.

Het econometrische model dat is gebruikt om de data te analyseren, kan de resultaten ook beïnvloeden. In overeenstemming met Hensher en Greene (2003) en Sillano en Ortúzar (2005) vinden we dat de waarden van de MWTP en WTP aanzienlijk hoger zijn in logitmodellen met toevalsparameters, waarbij de marginale nutten van aanschafprijs en actieradius lognormaal verdeeld zijn. Dit heeft te maken met de lange staart van de lognormale verdeling. Hensher en Greene (2003) en Sillano en Ortúzar (2005) komen met een alternatieve methode om deze overschatting te voorkomen. Het vastzetten van de prijscoëfficiënt kan de gemiddelde MWTP ook overschatten, maar dit effect is doorgaans kleiner dan wanneer wordt aangenomen dat beide coëfficiënten lognormaal verdeeld zijn.

4. Analyse van de metaregressie

De hierboven behandelde bivariate analyse is handig om mogelijke factoren te identificeren die de schattingen van de MWTP en WTP van actieradius beïnvloeden, maar een multivariate benadering is nodig om de invloed van elke afzonderlijke factor te schatten. We gebruiken een lineair metaregressiemodel, waarbij we de logaritmische transformatie van de MWTP- en WTP-schattingen (in honderden dollars van 2005) als afhankelijke variabelen. Er is een aantal redenen om een logaritmische transformatie toe te passen: (I) de onderzoeksgroep bevat louter positieve MWTP- en WTP-schattingen, (II) de verdeling van deze schattingen is sterk rechts-scheef en (III) onze steekproef bevat een aantal uitbijters. Daarnaast vermindert de logaritmische transformatie het probleem van heteroscedasticiteit (Konstantopoulos and Hedges, 2009).

Het algemene metaregressiemodel dat de variatie van de logaritme van de MWTP-schattingen k verklaart, kan als volgt worden beschreven:

$$\ln(MWTP_k) = \alpha + \beta_R F(R_k) + \beta_L L_k + \beta_D D_k + \varepsilon_k, \quad (5)$$

waarbij $F(R)$ een functie van de in de studie gehanteerde actieradii is, L een vector van dummyvariabelen voor de verschillende onderzoeklocaties is, D een vector van variabelen is van verschillende aspecten van de onderzoeksopzet en ε de storingsterm is met een gemiddelde van nul en een gegeven variantie. De coëfficiënten α en vector β zullen worden geschat met een (gewogen) kleinstekwadratenmethode. De metaregressiemodellen voor de twee WTP's zijn vergelijkbaar met Vergelijking (5) voor de MWTP.

We beschouwen twee specificaties van het model om de variatie in de MWTP voor actieradius te verklaren. De specificaties verschillen alleen in de onderzochte aspecten van de actieradius in de eerdere studie. Het eerste model beschouwt de natuurlijke logaritme van de gemiddelde actieradius en diens interactie met een dummyvariable die aangeeft of de actieradii alleen voor volledig elektrische voertuigen verschilt, of ook voor andere brandstoftechnologieën in de eerdere studie.⁹ Ingegeven door de uitkomst van de bivariate analyse in Sectie 3.2, maakt het tweede model gebruik van twee dummyvariabelen die de gevoeligheid van de MWTP op de in de studie gehanteerde minimum- en maximumactieradius onderzoekt. We kijken verder naar de elasticiteit van de MWTP en het verschil tussen de maximum- en minimumactieradius. De specificatie van Model 2 wordt ook gebruikt om de variatie in WTP-schattingen te verklaren. Tabel 4 geeft een samenvatting van de definities van de in de metaregressiemodellen gebruikte variabelen, en hun gewogen en ongewogen gemiddeldes.

De metaregressiespecificaties die zoals Model 2 zijn opgezet, bevestigen de in de bivariate analyse verworven inzichten, namelijk dat studies die een maximale actieradius van 100 mijl hanteren, aanzienlijk grotere effectgroottes schatten, terwijl studies die een minimale actieradius van 150 mijl op beduidend lagere schattingen van de MWTP en WTP uitkomen. Verder nemen de WTP's toe met de vergroting van de actieradius. Dit resultaat blijft bestaan als we voor de twee hierboven genoemde extreme gevallen controleren, en bevestigt dat de schattingen van de

⁹ De gemiddelde actieradius wordt gemeten in honderden mijlen. Wanneer de marginale nutten van actieradius voor elk brandstoftype afzonderlijk worden bepaald, betreft de gemiddelde actieradius die van het brandstoftype waarvoor het marginale nut is geschat. We hebben ook een metaregressiemodel getoetst dat lineair is in de gemiddelde actieradius in het model. De prestatie van dit model is veel slechter en de coëfficiënt van de gemiddelde actieradius is statistisch insignificant. Onze verkennende analyse laat zien dat een metaregressiemodel dat lineair is in de inverse van actieradius als alternatief kan worden gebruikt. De conclusies die uit deze specificaties kunnen worden getrokken, zijn vergelijkbaar met de conclusies die hier worden gepresenteerd.

WTP gevoelig zijn voor het aanbod van verschillende attributen (zie bijvoorbeeld Hensher, 2004). We bevestigen ook dat de specificatie van de nutsfunctie met betrekking tot de actieradius de geschatte MWTP's en WTP's significant beïnvloedt. Dit komt natuurlijk doordat de schattingen van de MWTP en WTP gebaseerd zijn op de vorm die de nutsfunctie in het model heeft. Verschillende functionele vormen hebben verschillende eigenschappen en dat beïnvloedt onherroepelijk de grootte van de schattingen. Nutsfuncties die kwadratisch zijn in actieradius leiden tot grotere effectgroottes dan lineaire specificaties, hoewel dit verschil alleen statistisch significant is voor de WTP voor een verandering van 100 naar 150 mijl. Aan de andere kant resulteren logaritmische modellen in significant lagere schattingen van de MWTP. Hun invloed op de WTP-schattingen is minder uitgesproken. Specificaties met dummyvariabelen hebben voornamelijk in de OLS-modellen een significant negatieve invloed op de MWTP. De WLS-schattingen leveren hier weinig nieuwe inzichten op.

Tabel 5 geeft de uitkomsten van de vier metaregressiemodellen. We geven de uitkomsten van de ongewogen (OLS) en gewogen (WLS) regressies.¹⁰ De gewichten staan beschreven in Vergelijking (4). De literatuur gebiedt ons enige voorzichtigheid te betrachten bij het interpreteren van de ongewogen regressie, omdat veel observaties afkomstig zijn van dezelfde datasets en vanwege de mogelijke publicatiebias. De gewogen regressie kent meer waarde toe aan goed ontworpen studies met grote steekproeven, vermindert de correlatie tussen de resultaten die van dezelfde studie afkomstig zijn, vermindert de publicatiebias en houdt rekening met heteroscedasticiteit. De resultaten van de gewogen modellen vormen daarom de basis voor verdere discussie.

De resultaten van het eerste metaregressiemodel suggereren dat de geschatte MWTP niet-lineair afneemt met de in de studie beschouwde actieradius en dat deze bijzonder gevoelig voor veranderingen is. Deze bevinding dringt aan op een zorgvuldige afweging en het vooraf testen van de actieradii in *stated preference*-studies. Daarnaast suggereert de uitkomst dat de minderheid van de studies met een niet-lineaire nutsspecialisatie van actieradius accurater zijn.

¹⁰ Dimitropoulos et al. (2013) bespreken ook de resultaten van random-effects panel-data modellen, die correlatie tussen studies expliciet meeneemt. De resultaten van deze modellen zijn vrijwel identiek aan de resultaten die hier worden besproken.

Tabel 4: Definities en gemiddeldes van de in de metaregressieanalyse gebruikte verklarende variabelen.

Variabele	Beschrijving	Ongewogen gemiddelde	Gewogen gemiddelde
Gemiddelde actieradius (log)	Natuurlijke logaritme van de gemiddelde actieradius in the studie (gemeten in honderden mijlen).	0.68	0.84
Interactie met actieradius	Gemiddelde actieradius (log) in wisselwerking met een dummy die aangeeft of de actieradius alleen voor elektrische auto's varieert, of ook voor andere brandstoftechnologieën.	0.15	0.11
Max. actieradius < 100 mijl	= 1 als de maximale actieradius in de studie minder dan 100 mijl is = 0 anders	0.03	0.05
Min. actieradius > 150 mijl	= 1 als de minimale actieradius in de studie meer dan 150 mijl is = 0 anders	0.10	0.34
Actieradiusinterval (log)	Natuurlijke logaritme van de breedte van het interval waarbinnen de actieradii variëren in de studie (gemeten in honderden mijlen).	0.80	1.04
Kwadratisch	= 1 als de nutsfunctie kwadratisch is in actieradius = 0 anders.	0.06	0.03
Logaritmisch	= 1 als de nutsfunctie een logaritmische transformatie van actieradius bevat = 0 anders.	0.09	0.30
Dummyvariabelen	= 1 als de nutsfunctie een reeks dummyvariabelen van verschillende actieradii bevat = 0 anders.	0.16	0.14
Geen snellaadmogelijkheid	= 1 als de marginale nutten specifiek voor elektrische auto's zijn en het opladen meer dan twee uur duurt in de studie = 0 anders	0.11	0.02
Verhouding van lognormalen	= 1 als de WTP-schatting van een logitmodel met toevalsparameters komt dat lognormale verdelingen hanteert voor het marginale nut van zowel actieradius als aanschafprijs = 0 anders.	0.05	0.09
VS	= 1 als de studie in de Verenigde Staten is uitgevoerd = 0 anders.	0.50	0.46

Opmerking: De wegingsfactoren die zijn gebruikt om de gewogen gemiddeldes te berekenen, staan beschreven in Vergelijking 4.

Model 1 maakt verder onderscheid tussen MWTP-schattingen van studies die actieradii alleen van volledig elektrische voertuigen laten variëren, van schattingen op basis van het marginale nut van actieradius van verschillende type volledig elektrische voertuigen, en van MWTP-schattingen waarbij ook de actieradius van andere brandstoftechnologieën is gekeken. Het is belangrijk om op te merken dat er een verschil van bijna 100 mijl is tussen de gemiddelde actieradius in de eerste groep (153 mijl) en de tweede (252 mijl). We vinden dat de elasticiteit van MWTP ten opzichte van actieradius significant hoger is wanneer de schattingen afkomstig is van modellen waarbij de actieradius van de verschillende types volledig elektrische voertuigen wordt gekeken. De afwijking van de elasticiteit komt waarschijnlijk niet van de technologie van volledig elektrische voertuigen zelf, aangezien de specifieke actieradiusdummy voor volledig elektrische voertuigen statistisch insignificant is wanneer de actieradii niet in de econometrische specificatie van het model zijn opgenomen. In plaats daarvan komt het vermoedelijk door de significant lagere actieradii van de volledig elektrische voertuigen. De MWTP is elastisch voor verhogingen van de actieradius bij kleine actieradii (rond 150 mijl) en inelastisch bij grotere actieradii (ongeveer 250 mijl). Hieruit blijkt dat de MWTP afneemt met actieradius, maar dat deze afname steeds trager gaat. De bevindingen wijzen uit dat actieradius op de volgende manier in de nutsfunctie van de consument moeten worden opgenomen: (I) op een niet-lineaire wijze en (II) niet als zelfstandig attribuut, maar ook in wisselwerking met andere attributen, zoals de tijd die het kost om bij te tanken en de dekking van de tankinfrastructuur.

De metaregressiespecificaties die zoals Model 2 zijn opgezet, bevestigen de in de bivariate analyse verworven inzichten, namelijk dat studies die een maximale actieradius van 100 mijl hanteren, aanzienlijk grotere effectgroottes schatten, terwijl studies die een minimale actieradius van 150 mijl op beduidend lagere schattingen van de MWTP en WTP uitkomen. Verder nemen de WTP's toe met de vergroting van de actieradius. Dit resultaat blijft bestaan als we voor de twee hierboven genoemde extreme gevallen controleren, en bevestigt dat de schattingen van de WTP gevoelig zijn voor het aanbod van verschillende attributen (zie bijvoorbeeld Hensher, 2004). We bevestigen ook dat de specificatie van de nutsfunctie met betrekking tot de actieradius de geschatte MWTP's en WTP's significant beïnvloedt. Dit komt natuurlijk doordat de schattingen van de MWTP en WTP gebaseerd zijn op de vorm die de nutsfunctie in het model heeft. Verschillende functionele vormen hebben verschillende eigenschappen en dat beïnvloedt onherroepelijk de grootte van de schattingen. Nutsfuncties die kwadratisch zijn in actieradius leiden tot grotere effectgroottes dan lineaire specificaties, hoewel dit verschil alleen statistisch significant is voor de WTP voor een verandering van 100 naar 150 mijl. Aan de andere kant resulteren logaritmische modellen in significant lagere schattingen van de MWTP. Hun invloed op de WTP-schattingen is minder uitgesproken. Specificaties met dummyvariabelen hebben voornamelijk in de OLS-modellen een significant negatieve invloed op de MWTP. De WLS-schattingen leveren hier weinig nieuwe inzichten op.

Tabel 5: Resultaten van de ongewogen en gewogen logaritmische transformaties van MWTP en WTP.

Variabele	Marginale betalingsbereidheid (Model 1)		Marginale betalingsbereidheid (Model 2)		Betalingsbereidheid 100-150 mijl		Betalingsbereidheid 100-350 mijl	
	OLS	WLS	OLS	WLS	OLS	WLS	OLS	WLS
Gemiddelde actieradius (log)	-0.441** (0.185)	-0.461** (0.199)	-	-	-	-	-	-
Interactie met actieradius	0.905*** (0.317)	-1.092** (0.501)	-	-	-	-	-	-
Max. actieradius < 100 mijl	-	-	1.524*** (0.174)	1.774*** (0.186)	1.363*** (0.385)	1.933*** (0.479)	1.420*** (0.384)	1.909*** (0.453)
Min. actieradius > 150 mijl	-	-	-0.568*** (0.142)	-0.572*** (0.197)	-0.462** (0.200)	-0.324 (0.254)	-0.469** (0.196)	-0.378 (0.237)
Actieradiusinterval (log)	-	-	0.110 (0.107)	0.233 (0.137)	0.227 (0.142)	0.512*** (0.175)	0.261* (0.150)	0.516*** (0.169)
Kwadratisch ^a	0.182 (0.132)	0.244 (0.178)	0.026 (0.179)	0.072 (0.293)	0.540*** (0.180)	0.626* (0.334)	0.049 (0.145)	0.169 (0.247)
Logaritmisch ^a	0.594*** (0.144)	-0.457* (0.240)	-0.560*** (0.140)	-0.439** (0.185)	-0.071 (0.324)	0.112 (0.310)	-0.566* (0.316)	-0.361 (0.300)
Dummyvariabelen ^a	-0.061 (0.173)	0.202 (0.302)	-0.534*** (0.085)	-0.414** (0.148)	-0.328** (0.138)	-0.022 (0.245)	-0.533*** (0.119)	-0.338 (0.197)
Geen snellaadmogelijkheid	0.226* (0.127)	0.303 (0.212)	0.379*** (0.106)	0.512*** (0.157)	0.430*** (0.123)	0.741*** (0.226)	0.467*** (0.120)	0.784*** (0.205)
Verhouding van lognormalen	0.626* (0.341)	1.224** (0.521)	0.546* (0.264)	1.051** (0.456)	0.623** (0.249)	1.179*** (0.386)	0.637** (0.242)	1.206*** (0.381)
VS	0.654*** (0.141)	0.636*** (0.211)	0.742*** (0.112)	0.626*** (0.194)	0.641*** (0.136)	0.465 (0.270)	0.629*** (0.133)	0.390 (0.244)
Constante	-0.529** (0.192)	-0.630* (0.322)	-1.015*** (0.110)	-1.181*** (0.149)	2.840*** (0.128)	2.466*** (0.267)	4.422*** (0.128)	4.120*** (0.246)
Observaties	129	129	129	129	118	118	118	118
R ²	0.66	0.72	0.74	0.83	0.65	0.67	0.64	0.70
R ² -aangepast	0.64	0.70	0.73	0.82	0.62	0.64	0.61	0.68
Gemiddelde kwadratische fout	0.42	0.48	0.36	0.37	0.41	0.45	0.41	0.44

Opmerking: De robuuste standaardfouten, geclusterd op *stated preference*-dataset, staan tussen haakjes. ***, ** en * geven aan dat de parameter statistisch significant is op een niveau van 1%, 5% en 10% respectievelijk. De voor de WLS gebruikte gewichten zijn de producten van de steekproefgrootte in de eerdere studies en de inverse van het aantal verschillende schattingen dat op basis van de dataset is gedaan, zoals beschreven in Vergelijking 4.

^a De referentiecategorie omvat nutsfuncties die lineair zijn in actieradius.

Wanneer alleen van volledig elektrische voertuigen het marginale nut van actieradius wordt geschat en in de studie de mogelijkheid om snel op te laden niet wordt gegeven, wordt de consumentenwaardering van veranderingen in actieradii significant groter. Hoewel het uitsluiten van de mogelijkheid om snel op te laden een extreem geval is, blijkt er wel uit dat actieradius en de tijd die het kost om bij te tanken wederzijds afhankelijk zijn. Dit wijst erop dat voor voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden, waarbij de oplaadtijd lang kan zijn (bijvoorbeeld volledig elektrische voertuigen), een belangrijk deel van het negatieve nut van de consumenten kan worden teruggebracht door opties die de oplaadtijd naar redelijke niveaus terug te brengen, bijvoorbeeld snellaadstations en stations waar de accu gewisseld kan worden.

De metaregressieanalyse bevestigt dat logitmodellen met toevalsparameters die uitgaan van een lognormale verdeling voor de marginale nutten van aanschafprijs en actieradius substantieel hogere MWTP- en WTP-schattingen oplevert. Dit is waarschijnlijk een artefact van de vorm van de lognormale verdeling. Aan de vaklieden de taak om alternatieve manieren te vinden om te waarborgen dat het marginale nut van een attribuut het verwachte teken heeft in deze context. De leidraad aangeleverd door Hensher en Greene (2003) en Sillano and Ortúzar (2005) kan hierbij nuttig zijn.

De econometrische resultaten onthullen verder dat Amerikanen inderdaad meer waarde hechten aan actieradius dan bestuurders in Europa en andere landen. De MWTP van Amerikanen is ongeveer het dubbele, terwijl hun WTP ook substantieel hoger is. Aangezien de schattingen voor Australië, Canada en China zijn gebaseerd op slechts één studie, kunnen we verder weinig meer zeggen over ruimtelijke verschillen in de waardering van actieradius. Wel hebben we nagegaan of andere factoren nog invloed hadden op de MWTP's en WTP's, te weten: (I) het grondoppervlak van het land waar het onderzoek plaatsvond, (II) de gemiddelde met de auto afgelegde reisafstand en (III) het vervoersaandeel van de trein en de auto in personenvervoer in het desbetreffende land. Het effect van de laatste twee variabelen was statistisch insignificant in de onderzochte specificaties

5. Conclusies

Nadat een poging tot grootschalige invoering in de jaren 90 mislukte, komen elektrische voertuigen sinds kort weer van de lopende band rollen en staan ze hoog op de agenda bij beleidsmakers als milieuvriendelijke alternatieven voor voertuigen met een verbrandingsmotor. De literatuur suggereert echter dat technologische doorbraken die een aanzienlijk langere actieradius mogelijk maken van cruciaal belang zijn voor een succesvolle marktpenetratie.

We hebben een meta-analyse uitgevoerd op 33 discrete-keuze- en *contingent ranking*-onderzoeken die consumentenvoorkeuren voor voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden onderzoeken, om zodoende inzicht te verkrijgen hoe actieradius tegen aanschafkosten wordt afgewogen. Gebaseerd op 129 schattingen van de marginale betalingsbereidheid (MWTP) vinden we dat consumenten bereid zijn om gemiddeld een bedrag tussen de \$66 en \$75 te betalen voor een verhoging van de actieradius met één mijl. In overeenstemming met intuïtie, vinden we dat de MWTP afneemt naarmate de actieradius toeneemt. Wel gaat deze afname steeds trager. Uit onze analyse blijkt verder dat een actieradius van 100 mijl, die gebruikelijk is voor de huidige generatie volledig elektrische voertuigen, door kopers van nieuwe auto's flink wordt afgestraft. We tonen ook aan dat de grote verschillen in MWTP- en WTP-schattingen tussen de eerdere onderzoeken voor een groot deel kunnen worden toegeschreven aan verschillen in actieradius, aan de onderzoeksopzet en aan het land waar het onderzoek is uitgevoerd.

Ons overzicht laat zien dat er, *ceteris paribus*, een zeer beperkt marktpotentieel is voor voertuigen met een actieradius die gangbaar is voor die van de huidige generatie commerciële elektrische

voertuigen, tenzij ze tegen een veel lagere prijs (gemiddeld \$17.000) worden aangeboden.¹¹ Er moet wel bij vermeld worden dat dit getal op zichzelf geen inzicht geeft in de WTP van consumenten voor volledig elektrische voertuigen, omdat er ook met andere verschillen tussen volledig elektrische voertuigen en conventionele auto's rekening gehouden moet worden. Onder de voorwaarde dat de grootschalige invoering van volledig elektrische voertuigen een beleidsdoel is, steunen onze bevindingen de voortzetting van onderzoek en ontwikkeling gericht op de verlaging van de kosten van de accu van elektrische voertuigen en de ontwikkeling van technologieën die langere actieradii mogelijk maken. In de beginfase van de adoptie van volledig elektrische voertuigen kunnen ontwikkelingen in de aanbodkant wezenlijk worden geholpen door beleid dat bestuurders bewust maakt van de actieradius die ze nodig hebben en hoe ze deze beter kunnen benutten (Zie ook Franke en Krems, 2013).

Verder bevelen we aan dat toekomstige onderzoeken in dit veld (i) gebruikmaken van een grote verscheidenheid aan actieradii in de *stated preference*-onderzoeksopzet, (ii) experimenteren met de functionele vorm van de nutsfunctie, zolang het marginaal nut van actieradius maar positief en afnemend is, (iii) verkennen in welke mate de consumentenwaardering van actieradius afhangt van de tijd die nodig is om de voertuig dat op alternatieve brandstoffen rijdt bij te tanken en de dekking van tankinstallaties en (iv) nog eens beter kijkt naar de mate waarin de waardering van de actieradius wordt beïnvloed door verschillen in eigenschappen van het voertuig en het gebruiksdoel ervan in de keuzesets van de respondenten. In het licht van de mogelijke bijdrage van voertuigen die op alternatieve brandstoffen rijden aan de beperking van de aantasting van het milieu en de afhankelijkheid van olie, zullen deze inzichten helderheid verschaffen welke beleidsprikkels noodzakelijk zijn om hun acceptatie door consumenten te stimuleren.

Dankwoord

De auteurs willen graag de volgende mensen willen bedanken: Stephane Hess, Michael Hidrue, Anders Fjendbo Jensen, Jasper Knockaert, Mark Koetse, Eric Molin, Lixian Qian, Farideh Ramjerdi, Didier Soopramanien en Jeremy Toner voor hun nuttige bijdrage aan het onderzoek, en Biagio Ciuffo, Michelle Hallack, Chaug-Ing Hsu, Willett Kempton, Eric Kroes, Sylvie Ludig, Jérôme Massiani, Jacques Poot, Vincent van den Berg, twee anonieme referenten voor hun constructieve commentaar op eerdere versies van dit paper en Jesper de Groot voor de Nederlandse vertaling. Natuurlijk zijn de auteurs zelf verantwoordelijk voor alle resterende fouten of onvolledigheden. We willen de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO) hartelijk danken voor hun financiële steun.

¹¹ Actieradius wordt uiteraard per consument anders gewaardeerd. Hoewel de meta-analyse uitgaat van de gemiddelde consument, is het redelijk te verwachten dat de MWTP van actieradius ook afhangt van het inkomen, intensiteit van het autogebruik en de beschikbaarheid van andere auto's in het huishouden.

Referenties

- Abrantes, P.A.L. and Wardman, M.R. (2011) Meta-analysis of UK values of travel time: an update. *Transportation Research Part A*, 45(1), 1-17.
- Batley, R. and Toner, J. (2003) Hierarchical elimination-by-aspects and nested logit models of stated preferences for alternative fuel vehicles. Paper presented at the *European Transport Conference*. Strasbourg, 8-10 October.
- Batley, R.P., Toner, J.P. and Knight, M.J. (2004) A mixed logit model of UK household demand for alternative-fuel vehicles. *International Journal of Transport Economics*, 31(1), 55-77.
- Beggs, S.D. and Cardell, N.S. (1980) Choice of smallest car by multi-vehicle households and the demand for electric vehicles. *Transportation Research Part A*, 14(5), 389-404.
- Beggs, S., Cardell, S. and Hausman, J. (1981) Assessing the potential demand for electric cars. *Journal of Econometrics*, 17(1), 1-19.
- Brons, M., Nijkamp, P., Pels, E. and Rietveld, P. (2005) Efficiency of urban public transit: A meta analysis. *Transportation*, 32(1), 1-21.
- Brons, M., Nijkamp, P., Pels, E. and Rietveld, P. (2008) A meta-analysis of the price elasticity of gasoline demand: A SUR approach. *Energy Economics*, 30(5), 2105-2122.
- Brownstone, D., Bunch, D.S., Golob, T.F. and Ren, W. (1996) A transactions choice model for forecasting demand for alternative-fuel vehicles. *Research in Transportation Economics*, 4, 87-129.
- Brownstone, D., Bunch, D.S. and Train, K. (2000) Joint mixed logit models of stated and revealed preferences for alternative-fuel vehicles. *Transportation Research Part B*, 34(5), 315-338.
- Brownstone, D. and Train, K. (1999) Forecasting new product penetration with flexible substitution patterns. *Journal of Econometrics*, 89(1), 109-129.
- Bunch, D.S., Bradley, M., Golob, T.F., Kitamura, R. and Occhiuzzo, G.P. (1993) Demand for clean-fuel vehicles in California: A discrete-choice stated preference pilot project. *Transportation Research Part A*, 27(3), 237-253.
- Calfee, J.E. (1985) Estimating the demand for electric automobiles using fully disaggregated probabilistic choice analysis. *Transportation Research Part B*, 19(4), 287-301.
- Christensen, L., Kveiborg, O. and Mabit, S.L. (2010) The market potential for electric vehicles – what do potential users want? Paper presented at the *12th World Conference on Transport Research*. Lisbon, 11-15 July.
- Dagsvik, J.K. and Liu, G. (2009) A framework for analyzing rank-ordered data with application to automobile demand. *Transportation Research Part A*, 43(1), 1-12.
- Dagsvik, J.K., Wennemo, T., Wetterwald, D.G. and Aaberge, R. (2002) Potential demand for alternative fuel vehicles. *Transportation Research Part B*, 36(4), 361-384.
- Dagsvik, J.K., Wetterwald, D.G., Aaberge, R. (1996) *Potential demand for alternative fuel vehicles*. Statistics Norway Discussion Paper 165. Oslo, February.
- Daziano, R.A. (2011) *Conditional-logit Bayes estimators for consumer valuation of electric vehicle driving range*. Working paper. School of Civil and Environmental Engineering, Cornell University, Ithaca, NY.
- de Blaeij, A., Florax, R.J.G.M., Rietveld, P. and Verhoef, E. (2003) The value of statistical life in road safety: A meta-analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 35(6), 973-986.
- Delucchi, M.A. and Lipman, T.E. (2010) Lifetime cost of battery, fuel-cell, and plug-in hybrid electric vehicles. *Electric and Hybrid Vehicles: Power Sources, Models, Sustainability, Infrastructure and*

the Market ed. G. Pistoia, pp. 19-60. Elsevier, Amsterdam.

Dimitropoulos, A., Rietveld, P. and van Ommeren, J.N. (2013) Consumer valuation of changes in driving range: A meta-analysis. *Transportation Research Part A*, 55, 27-45.

Euromonitor (2012) Euromonitor Passport Global Market Information Database. <http://www.euromonitor.com/passport-gmid>.

Ewing, G.O. and Sarigöllü, E. (1998) Car fuel-type choice under travel demand management and economic incentives. *Transportation Research Part D*, 3(6), 429-444.

Ewing, G. and Sarigöllü, E. (2000) Assessing consumer preferences for clean-fuel vehicles: A discrete choice experiment. *Journal of Public Policy & Marketing*, 19(1), 106-118.

FIA Foundation (2003) *The automobile and society*. FIA Foundation, London.

Florax, R.J.G.M. (2002) *Accounting for dependence among study results in meta-analysis: Methodology and applications to the valuation and use of natural resources*. Research memorandum 2002-2005. Vrije Universiteit Amsterdam, February.

Franke, T. and Krems, J.F. (2013) Interacting with limited mobility resources: Psychological range levels in electric vehicle use. *Transportation Research Part A*, 48, 109-122.

Franke, T., Neumann, I., Bühler, F., Cocron, P. and Krems, J.F. (2012) Experiencing range in an electric vehicle: understanding psychological barriers. *Applied Psychology*, 61(3), 368-391.

Glass, G.V. (1976) Primary, secondary, and meta-analysis of research. *Educational Researcher*, 5(10), 3-8.

Golob, T.F., Torous, J., Bradley, M., Brownstone, D., Crane, S.S. and Bunch, D.S. (1997) Commercial fleet demand for alternative-fuel vehicles in California. *Transportation Research Part A*, 31(3), 219-233.

Greene, W.H. and Hensher, D.A. (2010) *Modeling Ordered Choices: A Primer*. Cambridge University Press, Cambridge.

Hensher, D.A. (2004) Identifying the Influence of Stated Choice Design Dimensionality on Willingness to Pay for Travel Time Savings. *Journal of Transport Economics and Policy*, 38(3), 425-446.

Hensher, D.A. and Greene, W.H. (2001) Choosing between conventional, electric and LPG/CNG vehicles in single-vehicle households. *The Leading Edge of Travel Behaviour Research* ed. D.A. Hensher, pp. 725-750. Pergamon Press, Oxford.

Hensher, D.A. and Greene, W.H. (2003) The Mixed Logit model: The state of practice. *Transportation*, 30(2), 133-176.

Hensher, D.A., Rose, J.M. and Greene, W.H. (2005) *Applied Choice Analysis: A Primer*. Cambridge University Press, Cambridge.

Hess, S., Fowler, M., Adler, T. and Bahreinian, A. (2012) A joint model for vehicle type and fuel type choice: Evidence from a cross-nested logit study. *Transportation*, 39(3), 593-625.

Hess, S., Train, K.E. and Polak, J.W. (2006) On the use of a modified latin hypercube sampling (MLHS) method in the estimation of a mixed logit model for vehicle choice. *Transportation Research Part B*, 40(2), 147-163.

Hidrue, M.K., Parsons, G.R., Kempton, W. and Gardner, M. (2011) Willingness to pay for electric vehicles and their attributes. *Resource and Energy Economics*, 33(3), 686-705.

Holmgren, J. (2007) Meta-analysis of public transport demand. *Transportation Research Part A*, 41(10), 1021-1035.

Jensen, A.F. (2010) Development of a stated preference experiment for electric vehicle demand. M.Sc. Thesis, DTU Transport, Denmark.

Kavalec, C. (1999) Vehicle choice in an aging population: Some insights from a stated preference survey for California. *The Energy Journal*, 20(3), 123-138.

Kenworthy, J.R. and Laube, F.B. (1999) Patterns of automobile dependence in cities: an international overview of key physical and economic dimensions with some implications for urban policy. *Transportation Research Part A*, 33(7), 691-723.

Knockaert, J. (2010) Economic and technical analysis of road transport emissions. Ph.D. Thesis, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium.

Konstantopoulos, S. and Hedges, L.V. (2009) Analyzing effect sizes: Fixed-effects models. *The Handbook of Research Synthesis and Meta-analysis* eds H.M. Cooper, L.V. Hedges and J.C. Valentine, pp. 279-293. Russell Sage Foundation, New York.

Kurani, K.S., Turrentine, T. and Sperling, D. (1994) Demand for electric vehicles in hybrid households: An exploratory analysis. *Transport Policy*, 1(4), 244-256.

Kurani, K.S., Turrentine, T. and Sperling, D. (1996) Testing electric vehicle demand in 'hybrid households' using a reflexive survey. *Transportation Research Part D*, 1(2), 131-150.

Lancaster, K.J. (1966) A new approach to consumer theory. *Journal of Political Economy*, 74(2), 132-157.

Louviere, J.J., Hensher, D.A. and Swait, J.D. (2000) *Stated Choice Methods: Analysis and Applications*. Cambridge University Press, Cambridge.

Mabit, S.L. (2010) *Market potential for renewable fuel passenger cars: The stated preference data description and modelling*. Project Report.

Mabit, S.L. and Fosgerau, M. (2011) Demand for alternative-fuel vehicles when registration taxes are high. *Transportation Research Part D*, 16(3), 225-231.

Mau, P., Eyzaguirre, J., Jaccard, M., Collins-Dodd, C. and Tiedemann, K. (2008) The 'neighbor effect': Simulating dynamics in consumer preferences for new vehicle technologies. *Ecological Economics*, 68(1), 504-516.

McFadden, D. (1974) Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. *Frontiers in Econometrics* ed. P. Zarembka, pp. 105-142. Academic Press, New York.

McFadden, D. and Train, K. (2000) Mixed MNL models for discrete response. *Journal of Applied Econometrics*, 15(5), 447-470.

Molin, E., Aouden, F. and van Wee, B. (2007) Car drivers' stated choices for hydrogen cars: Evidence from a small-scale experiment. Paper presented at the 86th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington D.C., 21-25 January.

Molin E., van Stralen, W. and van Wee B. (2012) Car drivers' preferences for electric cars. Paper presented at the 91st Transportation Research Board Annual Meeting, Washington D.C., 22-26 January.

Morton, A., Metcalf, E.I., Strong, S.T. and Venable, A. (1978) *Incentives and acceptance of electric, hybrid and other alternative vehicles*. Report to the U.S. Department of Energy. Arthur D. Little Inc., Cambridge, MA, November.

National Automobile Dealers Association (2006) *NADA DATA Report*. NADA Industry Analysis, McLean, VA, May.

Nelson, J.P. and Kennedy, P.E. (2009) The use (and abuse) of meta-analysis in environmental and natural resource economics: An assessment. *Environmental and Resource Economics*, 42(3), 345-377.

Nixon, H. and Saphores, J.D. (2011) *Understanding household preferences for alternative-fuel vehicle technologies*. MTI Report 10-11, Mineta Transportation Institute, San Jose State University.

Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD) and Eurostat (2007) *Purchasing Power Parities and real expenditures: 2005 benchmark year*. OECD Publishing, Paris.

Parsons, G.R., Hidrue, M.K., Kempton, W. and Gardner, M.P. (2011) *Can vehicle-to-grid revenues help electric vehicles on the market?* Working Paper 2011-21. Department of Economics, University of Delaware, Newark, DE.

Qian, L. and Soopramanien, D. (2011) Heterogeneous consumer preferences for alternative fuel cars in China. *Transportation Research Part D*, 16(8), 607-613.

Ramjerdi, F., Rand, L., Sætermo, I. and Ingebrigtsen, S. (1996) *Car ownership, car use and demand for alternative fuel vehicles*. TØI Report 342. Institute of Transport Economics (TØI), Oslo.

Segal, R. (1995) Forecasting the market for electric vehicles in California using conjoint analysis. *The Energy Journal*, 16(3), 89-112.

Sillano, M. and Ortúzar, J. de D. (2005) Willingness-to-pay estimation with mixed logit models: Some new evidence. *Environment and Planning A* 37(3), 525-550.

Stanley, T.D. (2005) Beyond publication bias. *Journal of Economic Surveys*, 19(3), 309-345.

Stanley, T.D. and Jarrell, S.B (1989) Meta-regression analysis: A quantitative method of literature surveys. *Journal of Economic Surveys*, 3(2), 54-67.

Tompkins, M., Bunch, D., Santini, D., Bradley, M., Vyas, A. and Poyer, D. (1998) Determinants of alternative fuel vehicle choice in the continental United States. Paper presented at the 77th *Transportation Research Board Annual Meeting*, Washington D.C., 11-15 January.

Train, K. and Sonnier, G. (2005) Mixed logit with bounded distributions of correlated partworths. *Applications of Simulation Methods in Environmental and Resource Economics* eds R. Scarpa and A. Alberini, pp. 117-134. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA.

Train, K. and Weeks, M. (2005) Discrete choice models in preference space and willingness-to-pay space. *Applications of Simulation Methods in Environmental and Resource Economics* eds R. Scarpa and A. Alberini, pp. 1-16. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA.

Van Houtven, G., Powers, J. and Pattanayak, S.K. (2007) Valuing water quality improvements in the United States using meta-analysis: Is the glass half-full or half-empty for national policy analysis? *Resource and Energy Economics*, 29(3), 206-228.

Wardman, M. and Ibáñez, J.N. (2012) The congestion multiplier: Variations in motorists' valuations of travel time with traffic conditions. *Transportation Research Part A*, 46(1), 213-225.