

Minder CO₂: Koop ik een elektrische auto of een set zonnepanelen?

Jaap Vleugel
TU Delft
j.m.vleugel@tudelft.nl

Frans Bal
HU Utrecht

**Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk
20 en 21 november 2014, Eindhoven**

Samenvatting

Minder CO₂: Koop ik een elektrische auto of een set zonnepanelen?

Verkeer en vervoer wordt gewoonlijk gezien als een (onvermijdelijk) gevolg van of voorwaarde voor andere keuzes, bijvoorbeeld een verplaatsings-, een locatiekeuze- of een aankoopbeslissing. Deze keuzes concurreren tot op zekere hoogte met elkaar binnen een bepaald (huishoud)budget. Hoe beperkter het budget en hoe langer de wensenlijst, des te sterker ligt de nadruk op het maken van de juiste keuzes. Naast het beschikbare budget kan bij sommige mensen ook de milieubelasting van het product een rol spelen bij de aanschaf en het gebruik. Maar wat doe je als milieu-onvriendelijk gedrag goedkoper is (meer oplevert) dan milieuvriendelijk(er) gedrag? Lijdt iemand schade wanneer ik zo blijf consumeren? Hou ik daar rekening mee? Dilemma's.

In deze bijdrage kijken we naar een tweepersoons huishouden dat minder CO₂ wil uitstoten zonder daarvoor qua mobiliteit of huiselijk comfort in te leveren. Het heeft deze opties: De aanschaf van een set zonnepanelen of de vervanging van de benzineauto door een hybride of volledig elektrische auto. Hierbij worden de financiële- en de milieu-consequenties bepaald en vervolgens vergeleken.

De eerste vraag die hierbij aan de orde komt is welke van deze twee opties de goedkoopste manier om minder CO₂, NO_x en PM₁₀ uit te stoten: een set zonnepanelen aanschaffen of de bestaande auto vervangen door een hybride/electrische auto? De tweede vraag is: Welke optie is het beste voor het milieu?

Beide antwoorden samennemend komen we uit bij de vraag welke de meeste CO₂-reductie per geïnvesteerde euro oplevert? De laatste vraag is of overheidssubsidies noodzakelijk zijn om consumenten in deze concrete situatie te stimuleren om te kiezen voor het meer/meest milieuvriendelijke alternatief. Om deze vragen te beantwoorden werd gebruik gemaakt van een door ons ontwikkeld rekenmodel dat gevoed werd met vrij verkrijgbare data.

De aanschaf van een set zonnepanelen blijkt de beste consumentenkeuze te zijn. Met een relatief beperkte investering kan interessante milieuwinst behaald worden. Een investering in een hybride of elektrische auto levert zeker milieuwinst op t.o.v. een conventionele benzinemotor, maar veel minder per geïnvesteerde euro dan PV-panelen. Wanneer PV-systemen gebruikt zouden worden voor de opwekking van elektriciteit voor plug-in hybride of volledig elektrische auto's ontstaat een nog positiever beeld met (quasi-)zelfvoorziening.

Subsidies van de overheid of energiebedrijven zijn niet noodzakelijk om een investering in zonnepanelen rendabel te maken. Ze zijn echter onontbeerlijk als de overheid de verdere uitrol van hybride of elektrische auto's wil faciliteren.

1. Inleiding

Stel u bent een milieubewuste consument en u wilt minder CO₂ uitstoten. U bent echter ook gewend aan een bepaald comfortniveau en wilt op dit gebied slechts beperkte compromissen sluiten. U bent zich ervan bewust (of voelt u zelfs schuldig over) dat uw CO₂-uitstoot samenhangt met uw energieverbruik en wil dit terugdringen. Wat te doen? U kunt bijvoorbeeld zuiniger huishoudelijke apparaten kopen of zelf uw elektra gaan opwekken, bijvoorbeeld door een set zonnepanelen te (laten) plaatsen. Als u al een auto bezit met een benzine- of dieselmotor, dan kunt u deze vervangen door een versie die (deels) elektrisch rijdt. In dit paper wordt een investering in zonnepanelen vergeleken met een vervanging van de bestaande auto.

Het paper gaat in op de volgende vragen:

- (1) Welke van deze twee opties is de goedkoopste manier om minder CO₂, NO_x en PM10 uit te stoten: een set zonnepanelen aanschaffen of uw bestaande auto vervangen door een elektrische auto?
- (2) Welke optie is de beste optie voor het milieu?
- (3) Welke optie heeft het hoogste milieurendement per geïnvesteerde euro?
- (4) Zijn overheidssubsidies noodzakelijk om consumenten in dit soort situaties te stimuleren om te kiezen voor meer milieuvriendelijke alternatieven?

Opbouw van het paper

Sectie 2 gaat in op het centrale probleem en het overheidsbeleid. Sectie 3 gaat in op de gebruikte methodologie en met name het gebruikte model en de dataset. In sectie 4 wordt het eerste alternatief, de investering in zonnepanelen, uitgewerkt. In sectie 5 wordt hetzelfde gedaan voor de investering in een elektrische auto. Sectie 6 wordt gebruikt om beide alternatieven met elkaar te vergelijken. In sectie 7 vindt u evaluatie, conclusies en aanbevelingen.

2. Huishoudelijk elektraverbruik en overheidsbeleid

Inleiding

Tussen 1995 en 2012 is het elektraverbruik van consumenten met 27% gestegen tot 25,027 miljard kWh per jaar (CBS, 2013). Onder invloed van de economische stagnatie sinds 2008 is er weliswaar sprake van een stabilisatie in het Nederlandse elektraverbruik, maar het ligt in de verwachting dat dit in de toekomst weer zal gaan stijgen. Hier zien we tegengestelde ontwikkelingen. Vooral dankzij EU regelgeving worden (veel) huishoudelijke apparaten zuiniger, tegelijk groeit hun aantal en worden deze apparaten ook vaker gebruikt (Milieucentraal, 2014a). Belangrijke aanjagers van deze tweede ontwikkeling zijn factoren zoals een groei van de mogelijkheden van apparaten, het creëren van nieuwe behoeftes door de industrie, de behoefte aan gemak en luiheid van de consument, veroudering van de bevolking en een groei van het aantal (eenpersoons) huishoudens. Energiebesparing heeft niet de hoogste prioriteit bij aanbieders en gebruikers van huishoudelijke apparaten. Mobiele apparaten, tv's en randapparatuur zijn bekende voorbeelden. Bij tv's zien we steeds

hogere resoluties en schermgroottes, die gepaard gaan met een stijgend verbruik. Veel van deze apparaten staan vrijwel altijd aan en dragen dus sterk bij aan het elektraverbruik. Ook zijn er apparaten die geen (zichtbare) aan/uitknop meer hebben. Er zijn geen (nog) maximumverbruiksnormen voor elektrische apparaten, wel minimumnormen voor stand-by verbruik.

Ook het rebound-effect (Herring, 2000) heeft invloed op de te bereiken energiebesparing. Dit zegt dat het zuiniger worden van een apparaat er toe kan leiden dat meer van dezelfde apparaten aangeschaft worden en deze ook langer aan staan. Vlak na de 'omschakeling' op zuiniger apparaten is er een relatief groot energiebesparingseffect, dat deels teniet wordt gedaan in de gebruikperiode. De spaar- of led lamp is een bekend voorbeeld van deze vanuit milieuoogpunt ongewenste gedragsaanpassing. Het 'schuldgevoel' valt blijkbaar bij veel mensen weg nadat zij zuiniger apparaten aangeschaft hebben. De ruimte voor energiebesparing door huishoudens wordt op deze wijze maar gedeeltelijk benut.

Actoren en instrumenten

Uit de bovenstaande inleiding komen drie belangrijke groepen belanghebbenden naar voren - producenten, consumenten en overheden – die allemaal een rol spelen in het elektraverbruik van consumenten. Producenten bieden de consument een pallet aan keuzes binnen bepaalde technische randvoorwaarden. Consumenten maken de keuzes. Overheden kunnen zowel de producenten als de gebruikers van apparaten (en daaraan gekoppelde diensten) via generieke of specifieke beleidsinstrumenten beïnvloeden.

Beleid en effectiviteit

Het Nederlandse energiebesparingsbeleid richt zich op het totale energiegebruik in Nederland. Daarbij conformeert het zich aan het EU beleid. Dit laatste gaat uit van 20% energiebesparing in 2020 t.o.v. 1990. Er zijn ons geen specifieke besparingsdoelstellingen voor het huishoudelijk elektraverbruik bekend. Volgens onderzoek van Boonekamp et al. (2001) zijn met name de autonome technologische ontwikkeling en de verhoging van de energieprijzen bepalend voor de verhoging van de energie-efficiëntie en daarmee van de mogelijke energiebesparing. In de periode 1995-2007 heeft overheidsbeleid waarschijnlijk gezorgd voor 18% van de 400 PJ lagere groei in het totale Nederlandse energieverbruik, wat overeenkomt met 72 PJ of 2% van het energiegebruik in 2007 (Tweede Kamer der Staten-Generaal, 2011). Zo'n geringe besparing over een periode van 12 jaar is een compleet fiasco en een teken dat klimaatbeleid door achtereenvolgende kabinetten niet serieus is genomen. Volgens deskundigen en belanghebbenden is het Nederlandse energiebesparingsbeleid inconsistent, te vrijblijvendheid en te weinig ambitieus (Algemene Rekenkamer, 2011).

3. Methodologie

Een model

In Microsoft Excel werd door ons een rekenmodel ontworpen waarmee verschillende gezinskeuzes paarsgewijs met elkaar vergeleken kunnen worden. Het model bevat een module voor CO₂-emissies en een module voor financiële berekeningen. Het model is een variant op een door ons in een eerdere studie ontwikkeld input-output model (Vleugel et al., 2014). De compactheid en slimme interface van dat model zorgen voor een dusdanige flexibiliteit dat het met beperkte inzet aan te passen is voor berekeningen op vele terreinen.

De parameterwaarden die in het model gebruikt zijn komen uit het publiek domein.

In principe zou een groot aantal varianten van vervangingsinvesteringen en gebruikstoepassingen van zowel zonnepanelen als auto's doorgerekend kunnen worden. Voor een congrespaper is dit onpraktisch. Wij hebben ons daarom beperkt tot een paar mini-scenario's met de grootste zeggingskracht.

De woning in de uitgangssituatie

Om de analyse te vereenvoudigen focussen wij in dit paper op een Nederlands gezin bestaande uit 2 personen. Volgens het CBS (2013) gebruikt dit gezin gemiddeld 3340 kWh per jaar. Dit gezin maakt in de uitgangssituatie uitsluitend gebruik van grijze stroom.

De auto in de uitgangssituatie

Het gezin heeft 1 auto die gedeeld wordt door de beide gezinsleden. Deze wordt voor alle voorkomende privé-activiteiten gebruikt.

Dit huishouden bezit een VW Golf uit 2009 met een benzinemotor. Het is eerste eigenaar van deze auto. Er wordt jaarlijks 12.000 kilometer mee afgelegd.

We gaan uit van twee elkaar uitsluitende keuzes binnen een gegeven budgetruimte. Deze ruimte is eenmalig beschikbaar. Om de drempel voor aanschaf niet te hoog te maken is het logisch om het beschikbare budget te beperken. Hier is gekozen voor een huishoudbudget van ongeveer € 20.000.

De opbouw van sectie 4 en 5 is zoveel mogelijk vergelijkbaar. Belangrijke elementen in de vergelijkende analyse zijn de volgende:

- bepaal de noodzakelijke investering binnen het investeringsbudget;
- bepaal het omslagpunt (break-even-punt) en de terugverdientijd/ afschrijvingsperiode;
- bepaal de wenselijkheid c.q. noodzaak van een overheidssubsidie;
- vergelijk de alternatieven;
- evalueer het resultaat.

In dit paper zijn alleen de strikt noodzakelijke technische aspecten opgenomen. De geïnteresseerde lezer kan meer dan voldoende specialistische informatie op internet vinden.

4. Een investering in zonnepanelen

4.1 Uitgangspunten

Een set zonnepanelen is de afgelopen jaren sterk in prijs gedaald door technologische ontwikkeling, een groeiende vraag en een groeiend aanbod. Werd in 2006 nog 4,80 per Watt piek (Wp: 1 Wp = 0,88 watt) betaald, in 2014 is dit gedaald tot gemiddeld € 1,89 per Wp (Milieucentraal, 2014b). Zoals tabel 1 laat zien liggen de feitelijke aanschafkosten van een compleet PV-systeem een stuk hoger en daarmee ook de kosten per Wp. Deze woning heeft een dak met een bruikbaar oppervlak van 8x6 meter (lengte*breedte). De instralingsfactor is 100%, wat overeenkomt met een hellingshoek van 35% voor de panelen bij een zuidelijke helling richting. De woning ligt in een gebied met gemiddeld 1000 zonuren per jaar. De jaaropbrengst is constant over de levensduur dankzij de aanschaf van A-kwaliteit PV-panelen en gematchte DC-AC converters en regelmatig onderhoud en schoonmaken van de PV-panelen.

Tabel 1 Financiële aspecten van elektraverbruik per huishouden

Home electricity Use			
Technical and cost data	Solar Panel	Grid Power	
Acquisition cost p/panel	€ 477	€ 0	Purchase cost p/connection
Installation costs p/panel on flat roof	€ 42		
Operational costs (cleaning etc.) p/yr	€ 0		
Disposal costs	€ 0	€ 0	Disposal costs
Total cost p/panel	€ 519	€ 0	Fixed cost [/connection
Number of panels	14	1	Number of connections to grid
Total cost of solar panels	€ 7.435		
Cost DC-AC converter (10-15 yr, 2x € 1250)	€ 2.500		
Electrical eng - AC cable to E-meter	€ 500		
Electrical eng - add E-meter 'group' 1-phase	€ 0		
Purchase subsidy for solar panels	€ 0		
Total cost solar system over tech life (TCO)	€ 10.435	€ 19.205	Total cost of E-consumption (TCO)
Max tech life of panels in years	25		
Yearly cost of installed system	€ 417		
E-production per PV-panel in Wp p/yr	265		
E-production per PV-panel in kWh p/yr	233		
Total E-production in Wp p/yr	3978		
Peak E-production in kWh p/yr	3500		
Actual E-consumption in kWh p/yr	3340		
Feed-in in kWh p/yr	160		
Investment calculations			
(Pseudo) E-cost p/kWh over tech life	€ 0,12	€ 0,23	E-cost p/kWh with fixed e-prices
PV system cost per Wp	€ 2,62		
Saved E-cost p/yr	€ 768	€ 768	E-cost p/household p/yr
Feed-in tariff of E-energy per kWh	€ 0,07		
Income from feed-in p/yr	€ 11		
Saved E-cost + income from feed-in p/yr	€ 779	2	E-price rise before inflation in % p/yr
Payback period with constant E-price (yr)	13,4	11	Payback period with x % E-price rise p/yr
Saved E-cost over tech life	€ 19.205	€ 31.508	Saved E-cost over tech life
Return on investment	€ 8.770	€ 21.073	Return on investment

Bronnen tabel 1: Het aantal panelen en de installatie- en montagekosten zijn bepaald door Milieucentraal, 2014c, Solarshop-europe.net, 2014 en Zonnepanelen-installateurs-info, 2014 te combineren.

Uiteraard zijn op details andere keuzes te maken, maar wie dat doet mist een belangrijk doel van dit paper, namelijk het blootleggen van individuele dilemma's.

4.2 Analyse

Uit tabel 1 komt naar voren dat een investering in zonnepanelen rendeert, mits de bewoners voldoende lang in deze woning blijven wonen. Het is ook duidelijk dat een aanschafsubsidie de terugverdientijd (sterk) kan bekorten, maar niet per se noodzakelijk is. De terugleververgoeding heeft slechts een minimale invloed op de investeringskeuze.

In de media ziet men regelmatig (veel) lagere investeringsbedragen en een (veel) kortere terugverdientijd. Dit kan verklaard worden uit een aantal factoren. Het kan zijn dat een consument het advies krijgt om maar een deel van zijn/haar verbruik uit PV-panelen te halen om de investeringskosten te drukken of om feed-in (terug levering aan het net) te voorkomen, omdat de feed-invergoeding gelijk is aan het vrij lage producententarief (verschilt wel per energiebedrijf).

Als wel voor een dekkend PV-systeem wordt gekozen, dan kan er sprake zijn van collectieve inkoop of lage kwaliteit PV-panelen. Nog minder positief is dat veel aanbieders goochelen met de kosten. Zo wordt regelmatig 'vergeten' te vermelden dat een DC-AC converter toch minstens 1x vervangen moet worden. Ook installatie- en -aanpassingskosten worden ofwel vergeten of variëren zeer sterk per aanbieder. De groeiende vraag trekt ook de nodige beunhazen aan. Zowel bij de installatie als de matching van de panelen met de DC-AC converter, de huisinstallatie en de verbruiksapparaten gaat het nodig mis, waardoor veel PV-systemen niet de optimale opbrengst en levensduur zullen bereiken. Ook is niet elk dak technisch geschikt voor deze techniek.

Rendementsberekeningen moeten vanwege dit gebrek aan transparantie met de nodige voorzichtigheid gebruikt worden.

Nu zou het ideaal zijn wanneer een gezin dat heel weinig elektriciteit gebruikt en dus goed bezig is voor het milieu, ook het hoogste financiële rendement zou behalen. Helaas is het situatie in de praktijk complexer; hoe meer iemand verbruikt, hoe meer hij of zij er financieel op vooruit gaat (zie tabel 2).

Tabel 2 Gevoeligheidsanalyse (exclusief inflatie)

Actual energy consumption p/yr	Investment in €	ROI in €	ROI %
2200	7897	4753	60
3340	10435	8770	84
5000	14130	14620	104

Bron: Eigen berekeningen.

In de praktijk treden nog schaalvoordelen op bij de aanschaf en installatie, waardoor de aanschaf van meer panelen nog wat gunstiger zal zijn, resp. minder panelen wat duurder zullen worden. Vanwege de eenvoud is deze detaillering weggelaten.

Vervolgens kan de jaarlijkse vermindering van de milieubelasting door het gebruik van zonnepanelen bepaald worden (tabel 3).

Tabel 3 Milieuaspecten van huishoudelijk energiegebruik en -opwekking

Environmental impact			
	EF Solar Power in g/kWh	Actual E-consumption in kWh p/yr	3340
CO2	0	Est. total CO2-Emissions p/yr in gram	0
NOx	0	Est. total NOx-Emissions p/yr in gram	0
PM10	0	Est. total PM10-Emissions p/yr in gram	0
	EF Grid Power in g/kWh	Actual E-consumption in kWh p/yr	3340
CO2	605	Est. total CO2-Emissions p/yr in gram	2020700
NOx	0,5	Est. total NOx-Emissions p/yr in gram	1670
PM10	0,01	Est. total PM10-Emissions p/yr in gram	33

Bron: Eigen berekeningen. Emissieparameters uit Vleugel et al. (2014).
De emissiefactoren zijn conform de Nederlandse energiemix.

4.3 Conclusie

Aan het gebruik van zonnepanelen zijn aantoonbare financiële- en milieuvoordelen verbonden. Op het eerste gezicht lijkt dit een gunstige combinatie. Toch zit hier een adder onder het gras. Het is aantrekkelijk om zoveel mogelijk PV-vermogen te installeren en deze elektra ook te verbruiken, dan wel terug te leveren aan het energiebedrijf. Iemand met veel dakoppervlak zou zelfs kunnen overwegen om voor zijn burens elektra te gaan produceren. De vraag is hoe deze (schijnbare) zelfvoorziening zich verhoudt tot overheidsbeleid dat (algemene) energiebesparing probeert te bevorderen. Door over te gaan op zonnepanelen wordt niet minder energie gebruikt, het wordt alleen milieuvriendelijker opgewekt. De winning van grondstoffen, de productie en het vervoer van de panelen naar de eindgebruiker gaan gepaard met milieuschade. We zien hier een aantal interessante ethische vragen opkomen.

5. Een investering in een elektrische of hybride auto

5.1 Uitgangspunten

Met het gegeven budget van ongeveer € 20.000 is een comfortabele auto met benzinemotor aan te schaffen.

Een groeiend aantal autofabrikanten biedt elektrische of hybride automodellen aan, maar in dit prijssegment is maar een beperkt aanbod. Dit is te verklaren uit het feit dat een accupakket voor een geloofwaardige actieradius € 15-20.000 kost en erg veel ruimte inneemt. Een pakket met deze kostprijs vinden we in de duurdere

middenklasse (€ 40.000 en hoger, waar het ongeveer 50% van de prijs van de auto bepaalt (ANWB, 2014a). Accu's zijn nog duur vanwege de het ontbreken van schaalvoordelen bij de productie en de beperkte energiedichtheid (opslagvermogen per volume-eenheid), waardoor veel volume en dus ruimte nodig is voor een bepaalde actieradius. Naarmate de productie van accu's en hun energiedichtheid toeneemt kunnen de kostprijs en het ruimtebeslag van accu's verder dalen (resp. de actieradius toenemen).

Vandaar dat voor kleinere auto's vooralsnog alleen hybride aandrijving aantrekkelijk is.

Bij hybride auto's worden twee typen motoren ingebouwd, wat de montage ingewikkelder en dus duurder maakt. Ook het motormanagement is complexer dan bij één type motor. Een elektrische motor is technisch wel een stuk eenvoudiger en daarmee goedkoper te produceren.

Op dit moment kennen elektrische auto's vrijstelling van BPM en wegenbelasting.

Er is nog beperkte ervaring met de kosten van onderhoud en reparatie van elektrische en hybride auto's. Uit Duits onderzoek komt naar voren dat de onderhoudskosten van elektrische auto's 35% lager liggen dan die van auto's met conventionele motoren. Dit onderzoek kwam bij een jaarkilometrage van 8.000 (wij rekenen met 12.000 km/jaar) uit op € 2350 tegen € 3650. Een elektrische motor heeft minder onderdelen die kunnen slijten, er hoeft geen olie ververs te worden, der is geen koppeling en uitlaat, terwijl regeneratief remmen slijtage aan remmen vermindert (ANWB, 2014b). Bij het bepalen van de kosten per maand is het belangrijkste probleem dat de restwaarde van de auto lastig te bepalen is, vooral vanwege de onzekerheid over de technische levensduur en technische prestaties van de accu gedurende de levensduur. De laadcapaciteit loopt terug en daarmee de restwaarde. De vervangingsprijs van een accu is onbekend. Als de accu korter meegaat dan de auto, dan is vervanging niet rendabel bij de huidige prijs van een accupakket. Dit verklaart ook waarom elektrische leaseauto's nauwelijks meer te verkopen zijn tegen een redelijke prijs. Wanneer sloop of strippen meer op zou leveren dan verkoop op de tweede hands markt, dan kunnen grote vraagtekens gezet worden bij de milieuvoordelen van elektrische auto's.

Bij de gebruikskosten wordt bij conventionele auto's sterk gefocussed op de energiekosten. Een elektrische automotor heeft een efficiëntie van ongeveer 8 km/kWh, wat bij 0,23 cent/kWh gelijk is aan € 0,03/km (Olino (2009)). Dit is fors lager dan de brandstofkosten van een conventionele auto. Echter, de brandstofkosten zijn maar een gering deel van de totale kosten van elektrische auto's.

Vanwege gebrek aan ervaringsgegevens zijn diverse kostenposten van elektrische en hybride auto's alleen te schatten. Wij hanteren hier de volgende aannames:

- de onderhouds- en reparatiekosten van een hybride auto zijn 25% en die van een elektrische auto 35% lager dan die van een vergelijkbare conventionele auto
- vanwege het accupakket wordt met extra afschrijvingskosten gerekend, namelijk 17% voor elektrische auto's, tegen 12% voor benzineauto's (voor een

periode van 6 jaar (Elektrische auto (2014)), waardoor de restwaarde van een elektrische auto lager ligt dan die van een vergelijkbare conventionele auto. De restwaarden in tabel 5 zijn schattingen. Een volledig elektrische auto heeft een groter accupakket en krijgt daarom een hogere aftrek voor de restwaarde.

De praktijk leert dat door autofabrikanten en instanties als de ANWB gepubliceerde autogegevens, zoals energiegebruik, te optimistisch zijn. Wij hebben waar mogelijk gebruik gemaakt van gegevens die gebaseerd zijn op onafhankelijke gebruikstesten.

In de analyse wordt met de volgende, redelijk vergelijkbare, automodellen gewerkt (zie tabel 4). Vanwege het ontbreken van prijstechnisch interessante hybride of elektrische VW Golf modellen wordt verondersteld dat onze kopers niet merktrouw zijn.

Tabel 4 De gekozen automodellen

Car brand	Type ¹⁾	Technology	Purchase price
VW Golf (sept 2009)	1.4 59KW TREND	Benzine	19.690
VW Golf (sept 2014)	VII 1.2TSI 63 KW TREND	Benzine	19.750
Toyota Yaris (2014)	Comfort 1.5	HSD ²⁾	17.995
Renault ZOE (2014)	Life	EV	20.990

Bron: ANWB (2014c).

Toelichting: 1) 3 deuren, handmatige versnellingsbak. 2) HSD = 1 benzinemotor van 1.5 liter en 2 elektromotoren.

5.2 Analyse

Vervolgens kunnen de financiële en milieuconsequenties van deze alternatieven bepaald worden. In het eerste geval wordt de total cost of ownership (TCO) van de alternatieven over de bezitsperiode vergeleken. De TCO is hier als volgt berekend:

$$TCO = (\text{aanschafprijs} - \text{restwaarde}) + \text{reparatie- en onderhoudskosten} + \text{wegenbelasting} + \text{verzekering} + \text{brandstofkosten} \quad (1)$$

Vanwege het ontbreken van data zijn de verzekeringskosten van de hybride en de elektrische auto gelijk gesteld aan die van de VW Golf 2014.

In tabel 5 zijn de resultaten te vinden.

Uit dit overzicht kan geconcludeerd worden dat dit huishouden binnen het gegeven budget de huidige auto zowel door een conventionele als door een hybride of elektrische auto kan vervangen. Als het kiest voor de hybride auto dan spaart het mede vanwege de vrijstelling voor BPM en wegenbelasting ook nog geld uit. Voor het milieu is de volledig elektrische auto de beste keuze. Deze heeft wel de hoogste aanschafprijs en de hoogste TCO. Ook hier zijn we weer een interessant dilemma optreden.

Tabel 5 Vergelijking van de 4 automodellen

		Car brand and model			
		VW Golf 2009	VW Golf 2014	Toyota Yaris 2014	Renault ZOE 2014
		Data	Data	Data	Data
Acquisition cost p/car		€ 19.690,00	€ 19.750,00	€ 17.995,00	€ 20.990,00
Depreciation % p/yr (6 yr)		12	12	17	17
Rest value (6 yr)		€ 7.950,00	€ 7.400,00	€ 6.500,00	€ 5.000,00
Repair/maintenance (6 yr)		€ 2.819,20	€ 3.051,40	€ 1.983,41	€ 1.983,41
Energy use (liter/100 km)		8	6,70		
Petrol %		100%	100%	20%	0%
Petrol factor		1	1	0,2	0
Petrol price p/ltr		€ 1,77	€ 1,77	€ 1,77	
Fuel price p/km		€ 0,11	€ 0,09	€ 0,03	
E-price per kWh				€ 0,23	€ 0,23
Road tax p/year		€ 511,30	€ 567,60	€ 0,00	€ 0,00
Insurance cost p/year		€ 813,00	€ 915,00	€ 915,00	€ 915,00
Energy consumption					
Average distance in km p/yr		12000	12000	12000	12000
Litre Fuel p/100km		8	6,70	6	
kWh Electricity p/100km				20	20
Average Ltr Fuel useage p/yr		960	804	144	
Average kWh Electricity useage p/yr				1920	2400
Financial Impact					
Fuel cost p/yr		€ 1.699,20	€ 1.423,08	696,480	€ 552,00
Total cost of ownership (6 yr)		€ 17.582,70	€ 18.307,08	€ 15.089,89	€ 19.440,41
Environmental impact					
	Fuel EF in g/Ltr				
CO2	2650	Average CO2 emissions in gram p/yr	2544000	2130600	381600
NOx	11	Average NOx emissions in gram p/yr	10.560	8844	1584
PM10	2,58	Average PM10 emissions in gram p/yr	2476,8	2074,32	371,52
	Electricity EF in g/kWh				
CO2	605			1161600	1452000
NOx	0,5			960	1200
PM10	0,01			19,2	24
Aggregated av. level of emissions p/yr					
	Est. total CO2-emissions in gram p/yr	2544000	2130600	1543200	1452000
	Est. total NOx-emissions in gram p/yr	10560	8844	2544	1200
	Est. total PM10-emissions in gram p/yr	2476,8	2074,32	390,72	24

Bron: Eigen berekeningen. De aanschafkosten, afschrijvingspercentage, reparatie- en onderhoudskosten, restwaarde, brandstofverbruik, MRB en verzekeringskosten komen uit ANWB (2014c).

6. Een vergelijking van de alternatieven

Tenslotte komen we uit bij de vergelijking van beide typen investeringen.

Tabel 6 Vergelijking van de investeringsalternatieven

Comparison of investment alternatives					
Financial impact	Home Electricity Use		Car brand and model		
	Solar Panel	Grid Power	Petrol	Plugin Hybrid	Electric
TCO	€ 10.435	€ 19.205	€ 18.307	€ 15.090	€ 19.440
Investment horizon	25	25	6	6	6
Environmental impact	Home Electricity Use		Car brand and model		
	Solar Panel	Grid Power	Petrol	Plugin Hybrid	Electric
Est. total CO ₂ -Emissions p/yr in gram	0	2020700	2130600	1543200	1452000
Est. total NO _x -Emissions p/yr in gram	0	1670	8844	2544	1200
Est. total PM ₁₀ -Emissions p/yr in gram	0	33	2074,32	390,72	24

Bron: Eigen berekeningen.

Per geïnvesteerde euro levert een investering in zonnepanelen de meeste milieuwinst op. Het hoge rendement maakt het ook mogelijk om een 'revolving' fund te creëren, waardoor panelen zich (grotendeels) terugverdienen. Dit geldt zeker indien rekening gehouden wordt met een jaarlijkse stijging van de elektratarieven.

7. Evaluatie, conclusies en aanbevelingen

Het antwoord op de eerste drie onderzoeksvragen is dat zonnepanelen de beste keuze vormen, zowel vanuit financieel- als vanuit milieuoogpunt. Het voordeel is dat een investering in PV-panelen alle emissies terugbrengt. Ook is er een positieve invloed op de energiemix. Een zeker rebound effect lijkt echter onafwendbaar.

Overheidssubsidies zijn niet noodzakelijk om een investering in PV-panelen rendabel te maken. Wel is een bepaald minimum investeringsbudget noodzakelijk en een redelijke tijdshorizon. Goede PV-systemen zijn niet goedkoop, maar scoren beter qua rendement en levensduur dan goedkopere systemen.

Vervanging van een conventionele benzineauto door een hybride of een volledige elektrische auto levert zeker milieuwinst op. Het is interessant om in een vervolgstudie te kijken hoeveel groter die zou zijn wanneer PV-systemen gebruikt zouden worden voor de opwekking van elektriciteit voor plug-in hybride of volledig elektrische auto's en daarmee een situatie van (quasi-)zelfvoorziening op gezinsniveau gerealiseerd zou kunnen worden.

Hybride en volledig elektrische auto's zijn bij de huidige aanschafprijzen zonder subsidie financieel niet interessant voor een particuliere autobezitter. Vrijstelling voor BPM en wegenbelasting alsmede subsidies van overheden en energiebedrijven om eigen laadpalen aan te schaffen etc. zijn onontbeerlijk als de overheid de aanschaf van hybride of elektrische auto's wil stimuleren.

In een vervolgonderzoek kunnen de bereikte resultaten ook gebruikt worden voor een maatschappelijke kosten-batenanalyse naar de voor- en nadelen van grootschalige subsidiëring van milieuvriendelijker alternatieven. Gezien de grote bedragen die met deze subsidies gepaard gaan lijkt dat geen verkeerde keuze.

Referenties

Algemene Rekenkamer (2011). Energiebesparing, ambities en resultaten, Den Haag.

ANWB (2014a). <http://www.anwb.nl/auto/themas/elektrisch-rijden/wat-kost-het>.

ANWB (2014b). <http://www.anwb.nl/auto/nieuws/2012/november/elektrische-auto-goedkoper-in-onderhoud>.

ANWB (2014c). www.anwb.nl/auto/autokosten.

Boonekamp, P.G.M., H. Mannaerts, H.H.J. Vreuls en B. Wesselink (2001). Protocol monitoring energiebesparing. ECN-rapportnummer ECN-C-- 01-129; RIVM-rapportnummer 408137005. Bilthoven/Den Haag: CPB, ECN, Novem en RIVM.

CBS (2013). Verbruik van elektriciteit, cijfers-nl0020002g18.xls. Download van CBS Statline 19 september 2013.

Elektrische auto (2014). <http://www.elektrischeauto.name/>.

Herring, H. (2000). Is energy efficiency environmentally friendly?, *Energy & Environment*, 11, p. 313-326. Zie ook CBS Statline 16 januari 2012. Gas- en elektriciteitsverbruik per woning het laagst in stedelijke gebieden.

Milieucentraal (2014a). Geciteerd in De Volkskrant 27-4-14 Verbruik van steenkool in Nederland afgelopen 20 jaar nauwelijks veranderd.

Milieucentraal (2014b). <http://www.milieucentraal.nl/themas/energiebesparen/zonnepanelen/kosten-en-baten-van-zonnepanelen>.

Milieucentraal (2014c). Advies op maat op 6 september 2014. http://adviesopmaat.milieucentraal.nl/MC-AoM2/MC_AoM/kb_Zonnepanelen?init=true&utm_source=mc&utm_medium=banner&utm_campaign=zonnepanelen.

Olino (2009). <http://www.olino.org/articles/2009/02/17/kosten-van-elektrische-auto>.

Solarshop-europe.net (2014). http://www.solarshop-europe.net/product_info.php?products_id=2556.

Vleugel, J.M. en F. Bal (2014). Cleaner air in seaport container terminals: assessing cleaner fuels, in: C. A. Brebbia and G. Passerini (eds.), *Environmental Impact II*, WIT Transactions on Ecology and the Environment 181, WIT Press, Southampton, ISBN 978-1-84564-762-9, pp 25-36.

Tweede Kamer der Staten-Generaal (2011). Energiebesparing: ambities en resultaten, 33 016 nr. 4, kst-33016-4.pdf, Den Haag.

Zonnepanelen-installateurs-info (2014). http://www.zonnepanelen-installateurs.info/montage-en_installatiekosten_zonnepanelen.html; <http://www.zonnepanelen-info.nl/zonnepanelen/rekenhulp-terugverdientijd/#instraling>.