

De elektrische auto: wie kan ermee uit de voeten?

Onderzoek naar het vervangingspotentieel van elektrische auto's

Jordy van Meerkerk
Planbureau voor de Leefomgeving
Jordy.vanMeerkerk@pbl.nl

Robert van den Brink
Goudappel Coffeng
RvdBrink@Goudappel.nl

Gerben Geilenkirchen
Planbureau voor de Leefomgeving
Gerben.Geilenkirchen@pbl.nl

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

Samenvatting

De elektrische auto staat momenteel volop in de belangstelling. De Nederlandse overheid stimuleert elektrisch rijden omdat het voordelen biedt voor milieu en economie en de olieafhankelijkheid vermindert. Het aanbod van elektrische auto's neemt snel toe, maar het succes van elektrisch rijden wordt ook bepaald door de vraag: de consument moet bereid zijn over te stappen naar een elektrische auto. Mogelijke belemmeringen bij die overstap zijn de actieradius, de oplaadtijd en het aantal oplaadmogelijkheden. Er wordt echter geregeld beweerd dat dit helemaal geen probleem is omdat de meeste autoritten toch korte ritjes zijn en de auto zoveel stilstaat dat er voldoende tijd is om op te laden. Deze bewering wordt in deze paper ontkracht.

Uit ons onderzoek blijkt dat momenteel maar een klein deel van de huishoudens in Nederland op basis van hun huidige verplaatsingsgedrag met een elektrische auto uit de voeten kan. Van alle huishoudens met één auto zou circa 5% hun huidige autoritten ook met een elektrische auto kunnen maken. Het resterende deel zou hun verplaatsingsgedrag moeten aanpassen indien ze een elektrische auto nemen, bijvoorbeeld door minder of kortere ritten te maken. Dit vormt een barrière voor de introductie van elektrische auto's. Huishoudens met meerdere auto's kunnen sneller met een elektrische auto uit de voeten omdat lange ritten met de andere auto gemaakt kunnen worden. Als we aannemen dat alle huishoudens met meerdere auto's één van hun auto's kan vervangen door een elektrische auto, dan zou circa 12% van alle auto's vervangen kunnen worden door een elektrische auto.

De actieradius en de oplaadmogelijkheden komen uit het onderzoek naar voren als belangrijkste belemmeringen. Als het aantal oplaadmogelijkheden toeneemt, neemt het potentieel ook snel toe: als iedereen thuis kan opladen verdrievoudigt het potentieel van éénautohuishoudens van 5% tot 14%. Een verdubbeling van de actieradius van de huidige elektrische auto's leidt eveneens tot een verdrievoudiging van het potentieel. De oplaadtijd is nauwelijks een belemmerende factor en oplaadmogelijkheden op het werk voegen ook weinig toe. Om belemmeringen in de gebruiksmogelijkheden van de elektrische auto weg te nemen, is het dus zinvol in te zetten op vergroting van de oplaadmogelijkheden en de actieradius van de auto's.

De inschattingen brengen overigens niet het daadwerkelijke marktpotentieel van elektrische auto's in beeld omdat we geen rekening houden met de bereidheid van huishoudens om hun verplaatsingsgedrag aan te passen. Ook andere eigenschappen die de vraag beïnvloeden zoals de kosten en veiligheidsaspecten zijn niet meegenomen.

1. Inleiding

De elektrische auto staat momenteel volop in de belangstelling en wordt door velen gezien als de auto van de toekomst. Afgelopen jaar zijn in Nederland de eerste volledig elektrisch aangedreven auto's op de markt verschenen. Nissan heeft medio 2011 de Leaf op de markt gebracht, die door een internationale vakjury als auto van het jaar 2011 is verkozen. Ook andere merken, waaronder Mitsubishi, Peugeot en Citroen hebben inmiddels elektrische auto's in de showroom staan en een groot aantal fabrikanten heeft aangekondigd de komende jaren elektrische modellen in productie te nemen (Grünig et al. 2011).

De introductie van elektrische auto's wordt gestimuleerd door de overheid. De overstap naar elektrische mobiliteit heeft namelijk verschillende voordelen: de afhankelijkheid van olie en de olieproducerende landen neemt af en het milieu is erbij gebaat. Ook voor de economie kan het voordelen bieden omdat Nederland veel toeleveranciers en kennis-, onderzoeks- en ontwikkelingsinstellingen heeft op het gebied van elektrisch rijden. Het vorige kabinet heeft daarom 65 miljoen euro uitgetrokken om elektrisch rijden te bevorderen en Nederland tot gidsland en internationale proeftuin te maken voor elektrisch rijden. Daarmee moet de basis worden gelegd voor de grootschalige introductie van elektrische auto's. Mede door dit beleid zou het aantal elektrische auto's in Nederland toenemen tot 200.000 in 2020 en 1 miljoen in 2025 (Ministerie van V&W 2009).

Het succes van elektrisch rijden is niet alleen afhankelijk van het aanbod van elektrische auto's, maar ook van de vraag. De consument moet bereid zijn om een elektrische auto aan te schaffen in plaats van een conventionele auto. Er is veel onderzoek gedaan naar de wijze waarop consumenten tot hun autokeuze komen. Op de privé-markt spelen kenmerken als prijs, comfort en veiligheid een belangrijke rol (Kieboom en Geurs 2009), terwijl op de zakelijke markt comfort en merk van groot belang zijn (RDC en AM 2010). Voor elektrische auto's spelen ook de actieradius, oplaadtijd en oplaadmogelijkheden een belangrijke rol (Ewing en Sarigöllu, 1998; Potoglou en Kanaroglou, 2007). Een nadeel van elektrische auto's is namelijk dat de afstand die met volle accu's kan worden afgelegd (de actieradius) klein is in vergelijking met conventionele auto's. De huidige generatie elektrische auto's zou volgens fabrikanten zo'n 150 kilometer kunnen afleggen met volle accu's, maar in de praktijk ligt dit waarschijnlijk aanmerkelijk lager. Het duurt bovendien lang om de accu's weer op te laden en het aantal oplaadpunten is nog gering. Dit zou de gebruiksmogelijkheden van de elektrische auto voor veel consumenten kunnen beperken.

De vraag is echter of de actieradius en de oplaadtijden daadwerkelijk een belemmering zijn voor de gemiddelde automobilist. Sommigen stellen dat dit helemaal geen probleem hoeft te zijn omdat de meeste autoritjes toch korte ritjes zijn, waarbij de accu's bij lange na niet leeg raken. Ook de lange oplaadtijd hoeft geen belemmering te vormen want de auto zou toch het grootste deel van de dag stilstaan. In deze paper kijken we of deze stelling juist is: kunnen huishoudens hun huidige autoverplaatsingen daadwerkelijk met een elektrische auto maken? En welke factoren spelen daarbij een rol? Zijn de oplaadmogelijkheden een

beperkende factor? In hoeverre is de beperkte actieradius een probleem en wat betekent het als die actieradius toeneemt? En in hoeverre vormt de lange oplaadtijd een knelpunt?

Om deze vragen te beantwoorden hebben we het autogebruik in Nederland onderzocht. We veronderstellen dat automobilisten gehecht zijn aan de wijze waarop ze zich momenteel verplaatsen en dus idealiter hun huidige verplaatsingsgedrag niet willen aanpassen bij de overstap naar een elektrische auto. We kijken daarom of ze hun huidige autoverplaatsingen ook met een elektrische auto kunnen realiseren, rekening houdend met de actieradius, de oplaadtijden en de beschikbaarheid van oplaadmogelijkheden. Dit geeft inzicht in de mate waarin automobilisten hun verplaatsingsgedrag moeten aanpassen indien zij zouden overstappen naar een elektrische auto en welke factoren daarop van invloed zijn. We veronderstellen dat naarmate meer mensen hun gedrag moeten aanpassen of naarmate de aanpassingen in gedrag groter zijn, de kans kleiner wordt dat automobilisten voor een elektrische auto zullen kiezen en het marktpotentieel van elektrische auto's lager ligt. Hoe groot dat marktpotentieel daadwerkelijk is blijkt niet uit dit onderzoek, we kijken enkel naar het vervangingspotentieel¹ op basis van het huidige autogebruik en houden bijvoorbeeld geen rekening met de kosten van de auto.

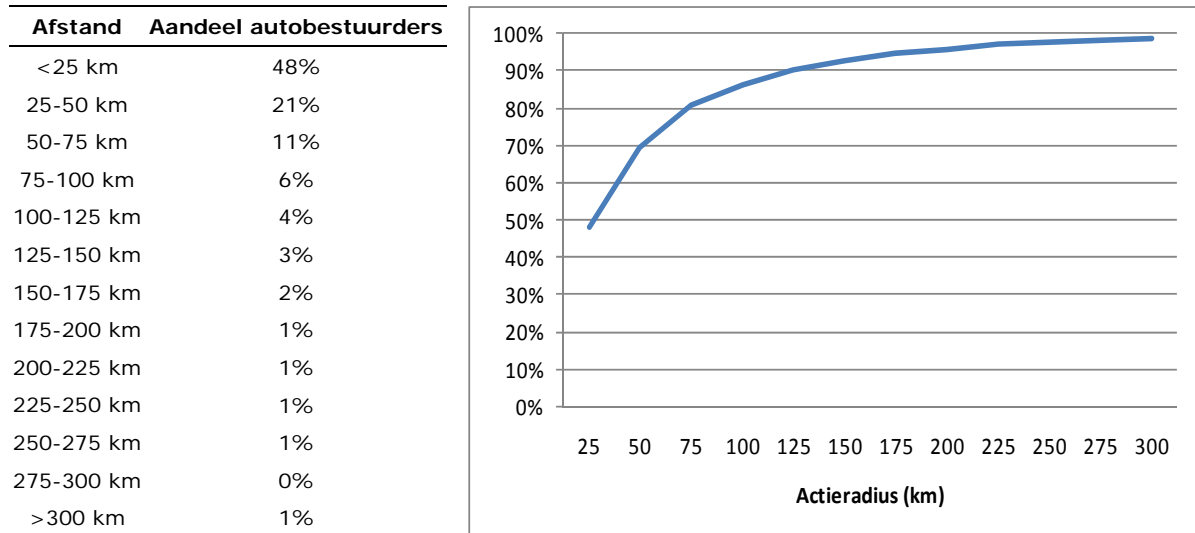
2. Hoe bepaal je het vervangingspotentieel van elektrische auto's?

Om het vervangingspotentieel van elektrische auto's in kaart te brengen zijn verschillende methodes denkbaar. Een eerste analyse op basis van het Mobiliteitsonderzoek Nederland (MON) 2008 laat zien dat de gemiddelde automobilist dagelijks circa 50 kilometer aflegt met de auto. De huidige elektrische auto's hebben volgens de fabrikanten over het algemeen een actieradius van zo'n 150 kilometer. Ook al is dit in de praktijk waarschijnlijk aanmerkelijk lager, dan nog lijkt dit niet direct een probleem. Kijken we echter naar de spreiding in het gemiddelde autokilometrage per dag, zoals weergegeven in de tabel bij figuur 1, dan blijkt dat zo'n 30% van de automobilisten meer dan 50 kilometer aflegt op een dag. Als we dit afzetten tegen de actieradius van de elektrische auto, dan blijkt bij een actieradius van 75 kilometer zo'n 80% van de automobilisten uit de voeten te kunnen met een elektrische auto. Bij een actieradius van 100 kilometer loopt dit op tot meer dan 85%, zie figuur 1. Het potentieel van de elektrische auto lijkt inderdaad dus groot, maar bij deze analyse is met een aantal zaken geen rekening gehouden:

1. Elektrische auto's kunnen worden opgeladen gedurende de tijd dat ze geparkeerd staan, waardoor het maximale bereik op een dag wordt verhoogd. Dit zou niet alleen thuis kunnen maar bijvoorbeeld ook op het werk. Hierdoor is het werkelijke potentieel groter.
2. Automobilisten kunnen de beschikking hebben over meerdere auto's. Hierdoor kan het werkelijke potentieel eveneens hoger uitvallen. Omgekeerd kunnen verschillende bestuurders gedurende de dag gebruik maken van dezelfde auto. Dit zou het werkelijke potentieel weer verlagen.

¹ Daar waar in deze paper wordt gesproken over vervangingspotentieel van de elektrische auto, wordt bedoeld op het vervangingspotentieel vanuit het perspectief van de huidige autoverplaatsingen.

3. De afgelegde afstand met de auto kan van dag tot dag verschillen. Het feit dat een automobilist zijn verplaatsingen op één willekeurige dag ook met een elektrische auto had kunnen maken, wil niet zeggen dat hij dit ook op andere dagen kan doen. Het werkelijke vervangingspotentieel is hierdoor kleiner.



Figuur 1: Vervangingspotentieel elektrische auto's op basis van het totale aantal autokilometers per autobestuurder per dag (bron: MON 2008)

Deze simpele aanpak op basis van het autogebruik van autobestuurders geeft dus maar beperkt inzicht in het vervangingspotentieel van de elektrische auto: het laat weliswaar zien dat veel ritten ook met een elektrische auto gemaakt kunnen worden, maar laat niet zien of en in hoeverre huishoudens hun huidige verplaatsingspatroon daadwerkelijk met een elektrische auto kunnen realiseren. We hebben daarom onderzoek gedaan naar de wijze waarop huishoudens hun auto('s) gebruiken: hoeveel auto's hebben huishoudens tot hun beschikking, hoeveel kilometers worden daarmee gemaakt, met welk doel en hoe lang staan de auto's op verschillende locaties geparkeerd? Vervolgens hebben we onderzocht of deze verplaatsingen gemaakt kunnen worden met een elektrische auto, gegeven een aantal aannames over de actieradius, de oplaadtijd en de oplaadmogelijkheden.

3. Methodiek voor analyses van het autogebruik per huishouden

3.1 Analyse van het autogebruik op een dag

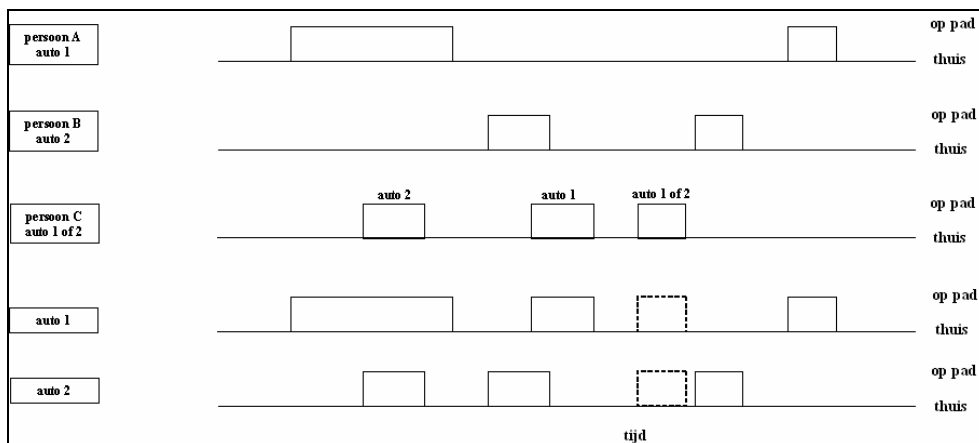
We gebruiken het Mobiliteitsonderzoek Nederland (MON) om inzicht te krijgen in de wijze waarop huishoudens in Nederland hun auto('s) gebruiken. Het MON geeft inzicht in het verplaatsingsgedrag van de Nederlandse bevolking: hoe verplaatsen mensen zich, wanneer, waarheen en met welk doel? Het onderzoek wordt uitgevoerd via een schriftelijke enquête. De respondenten wordt gevraagd gedurende één dag hun eigen verplaatsingsgedrag en dat van de overige leden in het huishouden bij te houden. Het MON geeft geen inzicht in

vakantieverplaatsingen en verplaatsingen in het buitenland. De analyses in deze paper zijn gebaseerd op het MON 2008.²

Bepaling gebruikspatroon per auto

Uit het MON wordt niet rechtstreeks duidelijk hoe huishoudens hun auto('s) gebruiken, omdat alleen de verplaatsingen van personen zijn opgenomen. Indien een huishouden maar één auto ter beschikking heeft, kan echter op basis van de autoverplaatsingen³ van de verschillende leden van het huishouden eenvoudig worden bepaald hoeveel kilometers zijn afgelegd met die auto, welke bestemmingen zijn aangedaan en hoe lang de auto op verschillende plaatsen heeft stilgestaan.

Voor huishoudens met meerdere auto's is niet direct af te leiden welke auto is gebruikt voor welke rit. Figuur 2 illustreert hoe we in dat geval de autoverplaatsingen van de verschillende leden van het huishouden hebben toegekend aan de auto's. Uit het MON is voor iedere auto uit het huishouden bekend welke persoon de hoofdgebruiker is. Aangenomen is dat de hoofdgebruiker altijd gebruik maakt van de eigen auto. In de figuur geldt dit voor persoon A en B. Van persoon C, die geen hoofdgebruiker is, is alleen bekend dat die op bepaalde tijdstippen gebruik heeft gemaakt van één van de twee auto's. Voor iedere rit is bepaald welke auto's tot zijn beschikking stonden op die tijd en locatie. Aangenomen is dat alleen thuis van auto wordt gewisseld. Voor de eerste en tweede rit van persoon C is duidelijk welke auto is gebruikt omdat op dat moment maar één van de auto's beschikbaar was. Voor de derde rit waren beide auto's beschikbaar: in die gevallen nemen we aan dat auto 1 is gebruikt, ofwel de auto waarmee die dag de eerste verplaatsing is gemaakt⁴.



Figuur 2: Het toewijzen van auto's aan verplaatsingen binnen een huishouden met meerdere auto's

² Het MON is begin 2010 overgegaan naar het CBS en gaat sindsdien verder onder de naam OViN (Onderzoek Verplaatsingen in Nederland). Ten tijde van dit onderzoek waren er nog geen OViN data beschikbaar.

³ Bij de verplaatsingen in het MON wordt onderscheid gemaakt tussen autobestuurders en autopassagiers. De analyses zijn alleen gebaseerd op de verplaatsingen van autobestuurders om dubbeltelling te voorkomen.

⁴ Dit is een willekeurige aanname. Op basis van een gevoeligheidsanalyse is onderzocht in hoeverre deze aanname van invloed is op de resultaten. Hieruit blijkt dat de resultaten niet significant wijzigen indien de onbekende ritten aan auto 2 worden toegewezen in plaats van aan auto 1.

Bepaling vervangingspotentieel van elektrische auto's

Nadat de ritten van de verschillende personen in het huishouden zijn toegewezen aan de auto's, ontstaat inzicht in het gebruik van de auto's. In totaal zijn van ongeveer 13.500 auto's de ritten geanalyseerd. Op basis van de ritafstanden, de tijdsduur tussen de ritten en de parkeerlocatie (thuis, op het werk of elders) is nagegaan welke deel van deze auto's vervangen kan worden door een elektrische auto. Daarbij zijn verschillende aannames gebruikt over de actieradius, de oplaadmogelijkheden en de laadduur van de accu.

Actieradius

De actieradius van de huidige elektrische auto's is over het algemeen nog klein in vergelijking met conventionele auto's. Hoewel er modellen op de markt zijn met een actieradius oplopend tot zo'n 400 kilometer, ligt de actieradius van de meeste auto's volgens de fabrieksopgave rond de 150 kilometer.⁵ In de praktijk ligt dit bovendien lager. De fabrieksopgave is namelijk gebaseerd op een gestandaardiseerde testcyclus die niet representatief is voor het gemiddelde autogebruik in Nederland. Zo wordt in de praktijk gemiddeld vaker en gedurende langere tijd met hoge snelheden gereden dan in de test, waardoor het energieverbruik hoger ligt. Ook wordt in de test geen rekening gehouden met het gebruik van de airco, variatie in weersomstandigheden en verschillen in rijstijl. Deze factoren kunnen eveneens tot een hoger energieverbruik leiden in de praktijk.

Naast het verschil tussen de werkelijke actieradius en de fabrieksopgave kan ook *range anxiety* een rol spelen, ofwel de bezorgdheid van de automobilist om met lege accu langs de weg te eindigen zonder oplaadpunt in de buurt. Om dit te vermijden zullen automobilisten een veiligheidsmarge inbouwen waardoor de volledige actieradius nooit helemaal benut wordt. Naarmate de angst groter is, zal ook de veiligheidsmarge groter zijn. Aanvankelijk kan de marge vrij hoog zijn, maar eerste proeven in Engeland laten zien dat range anxiety snel afneemt naarmate autorijders vertrouwd raken met de mogelijkheden van de elektrische auto.⁶ Het is dus de vraag in hoeverre dit werkelijk een probleem vormt.

Alles bij elkaar zal het bereik van een hedendaagse elektrische auto in de praktijk lager uitvallen dan de fabrieksopgave. Eerste ervaringen laten een werkelijke actieradius zien die zo'n 50% lager ligt dan de fabrieksopgave.⁷ De werkelijke actieradius van de huidige elektrische auto's zal dus meer in de buurt liggen van 75 kilometer. Overigens gaat dit naar verwachting de komende jaren wel toenemen. We hebben daarom ook onderzocht wat een grotere actieradius betekent voor het vervangingspotentieel.

Oplaadmogelijkheden en laadduur

De laadduur van elektrische auto's is onder meer afhankelijk van de accucapaciteit en zal daarom van auto tot auto verschillen. Bij de Nissan Leaf duurt het ongeveer 8 uur om de lege accu's weer volledig op te laden via een 200V-stopcontact. We hebben dit

⁵ Zie ook: <http://www.elektrischeauto.nl/modellen/>

⁶ <http://cabled.org.uk/news/first-years-findings/0#news-archive>

⁷ Autoweek, 22^e jaargang, nr. 5; Lowtech Magazine (10 mei 2010)

aangehouden als uitgangspunt voor onze analyses, maar hebben ook gekeken naar het effect van kortere oplaadtijden op het vervangingspotentieel.

De oplaadmogelijkheden zijn afhankelijk van de beschikbaarheid van openbare laadpalen en de mogelijkheden om thuis of op het werk op te laden. In eerste instantie hebben we aangenomen dat alleen thuis opgeladen kan worden en bovendien alleen als men over een eigen parkeerterrein beschikt. Voor verschillende woningtypen hebben we aannames gedaan over de kans dat men op eigen terrein kan parkeren. Aangenomen is dat dit voor flats en bovenwoningen niet mogelijk is, voor herenhuizen en grachtenpanden wordt de kans op 10% geschat, voor rijtjeshuizen op 20%, voor twee-onder-één-kap woningen op 80% en voor vrijstaande woningen, bungalows en boerderijen op 100%. Uiteraard hebben we ook onderzocht wat er gebeurt als deze percentages toenemen. We hebben daarnaast gevarieerd met de mogelijkheid om op het werk te kunnen opladen.

Op basis van de aannames over actieradius, oplaadtijd en oplaadmogelijkheden is bepaald welk deel van de auto's vervangen kan worden door een elektrische auto. Als uitgangspunt is daarbij gehanteerd dat auto's niet voor vervanging in aanmerking komen indien:

- met de auto ritten worden gemaakt die langer zijn dan de actieradius, of
- met de auto meerdere ritten worden gemaakt op een dag en er tussen die ritten onvoldoende tijd is om de accu's voldoende op te laden om die ritten te maken, of
- de auto gedurende 24 uur meer elektriciteit gebruikt dan er geladen kan worden.

3.2 Analyse van het autogebruik op meerdere dagen

Het MON geeft inzicht in het verplaatsingsgedrag gedurende één dag. We weten niet hoe de auto's op andere dagen worden gebruikt en overschatten daarom het vervangingspotentieel van elektrische auto's.⁸ Om dit te ondervangen hebben we soortgelijke analyses gedaan aan de hand van het Longitudinaal Verplaatsingsonderzoek (LVO) dat eind jaren tachtig is uitgevoerd door Goudappel Coffeng. In het LVO is de automobilititeit van huishoudens gedurende acht weken onderzocht. Het LVO geeft inzicht in de variatie van het autogebruik van dag tot dag en brengt het vervangingspotentieel daarmee beter in kaart.

Het LVO kent een aantal beperkingen voor ons onderzoek:

- Het LVO is meer dan twintig jaar oud en geeft dus geen goed beeld van het huidige autogebruik. We hebben echter soortgelijke analyses uitgevoerd met één dag uit het LVO als met het MON zijn gedaan. De resultaten van deze analyses liggen goed in lijn. We veronderstellen daarom dat het LVO bruikbaar is voor onze doeleinden.
- De resultaten van de analyses met het LVO kunnen niet uitgesplitst worden naar huishoudkenmerken of type woonomgeving, omdat die kenmerken ontbreken.
- Het LVO geeft geen inzicht in de woonlocatie van de huishoudens, daarom zijn in de analyses geen oplaadkansen per woningtype gebruikt. In plaats daarvan is één

⁸ De analyses op basis van het MON leveren desalniettemin waardevolle informatie op, onder meer over het vervangingspotentieel van verschillende typen huishoudens en in verschillende woonomgevingen.

oplaadkansen gehanteerd voor alle huishoudens van 40%, die is afgeleid van statistieken van het CBS over het aantal woningen met carport, garage of eigen erf.

- Het is niet mogelijk de autoritten van huishoudens met meer dan één auto in het LVO toe te kennen aan een auto omdat gegevens over de hoofdgebruiker van de auto en locatie van de auto over de dag ontbreken. Met het LVO zijn daarom alleen analyses uitgevoerd voor huishoudens met één auto.

Het LVO bevat net als het MON weinig of geen vakantieverplaatsingen omdat het onderzoek buiten de vakantieperiodes heeft plaatsgevonden. De actieradius van de huidige generatie elektrische auto's zal echter in veel gevallen ontoereikend zijn voor vakantieverplaatsingen, zeker voor vakanties in het buitenland. In het onderzoek nemen we daarom aan dat automobilisten die een elektrische auto overwegen aan te schaffen voor hun vakanties vervangend vervoer nodig hebben of andere modaliteiten gebruiken, zoals het vliegtuig of de trein. De inschattingen in deze paper houden geen rekening met vakantieverplaatsingen.

4. Resultaten

4.1 Vervangingspotentieel op basis van het autogebruik op één dag

De analyses met het MON laten zien dat 30% van de auto's vervangen kan worden door een elektrische auto. Dit vervangingspotentieel is gebaseerd op de uitgangspunten uit de vorige paragraaf: een actieradius van 75 kilometer, een oplaadtijd van 8 uur en de aannames over de oplaadkansen per woningtype. Deze uitgangspunten kunnen worden beschouwd als representatief voor de huidige situatie. Er is nog geen rekening gehouden met de mogelijkheid om elders dan thuis op te kunnen laden. Indien we aannemen dat ook op het werk kan worden opgeladen, dan neemt het potentieel toe tot zo'n 54%. Tabel 1 geeft inzicht in de variatie van het vervangingspotentieel binnen verschillende segmenten. De uitsplitsing naar stedelijkheidsgraad is gebaseerd op de adressendichtheid in de woonomgeving van het huishouden. Uit de tabel blijkt onder meer dat:

- Het vervangingspotentieel niet verschilt tussen werk- en weekenddagen. In het weekend worden weliswaar minder ritten gemaakt met de auto, maar deze ritten zijn gemiddeld langer dan de ritten die doordeweeks worden gemaakt.
- De stedelijkheidsgraad sterk bepalend is voor het vervangingspotentieel. In niet-stedelijke gebieden is het potentieel ongeveer 50% terwijl dit in zeer stedelijke gebieden slechts 10% is. Inwoners van (zeer) stedelijke gebieden maken per dag gemiddeld minder en kortere ritten dan inwoners van niet of weinig stedelijke gebieden, maar dit wordt volledig teniet gedaan door het (veronderstelde) gebrek aan oplaadmogelijkheden in (zeer) sterk stedelijk gebied. De kans op een eigen parkeerplaats is daar namelijk klein.
- Het vervangingspotentieel nauwelijks verschilt tussen inkomensklassen. Enerzijds maken huishoudens met hogere inkomens per dag meer en langere autoritten, waardoor hun potentieel lager ligt. Anderzijds beschikken deze huishoudens vaker over een eigen parkeerterrein en dus over een oplaadmogelijkheid, waardoor hun potentieel weer toeneemt. Per saldo compenseren deze effecten elkaar.

- Het vervangingspotentieel iets hoger ligt bij huishoudens die in het bezit zijn van meerdere auto's. Dit komt wellicht omdat vooral met de tweede auto relatief weinig kilometers gemaakt worden. Daarnaast hebben huishoudens met meerdere auto's gemiddeld vaker de beschikking over een eigen parkeerterrein.

Categorieën	Indeling	Week	Werkdagen	Weekend
Stedelijkheidsgraad	Niet stedelijk	49%	48%	50%
	Weinig stedelijk	42%	42%	42%
	Matig stedelijk	30%	30%	30%
	Sterk stedelijk	21%	21%	21%
	Zeer sterk stedelijk	10%	10%	10%
Inkomen	Euro <15000	31%	30%	35%
	Euro 15000 - 30000	32%	32%	31%
	Euro 30000 - 50000	31%	32%	30%
	Euro 50000 - 80000	30%	29%	30%
	Euro > 80000	29%	29%	28%
Autobezit huishouden	Eén auto	29%	29%	28%
	Meerdere auto's	33%	32%	34%
Gemiddeld		30%	30%	30%

Tabel 1 Vervangingspotentieel van verschillende segmenten op basis van het MON (de percentages hebben betrekking op de auto's).

Het verschil in vervangingspotentieel tussen huishoudens met één auto en huishoudens met meerdere auto's is relatief klein: 29% versus 33%. Hierbij moet echter worden bedacht dat deze percentages betrekking hebben op de auto's en niet op de huishoudens. Van alle auto's in huishoudens met meerdere auto's kan, vanuit mobiliteitsperspectief, 33% worden vervangen door een elektrische auto. Omdat al deze huishoudens ten minste twee auto's hebben, zal het aandeel van de huishoudens dat ten minste één van hun auto's kan vervangen door een elektrische auto hoger liggen.

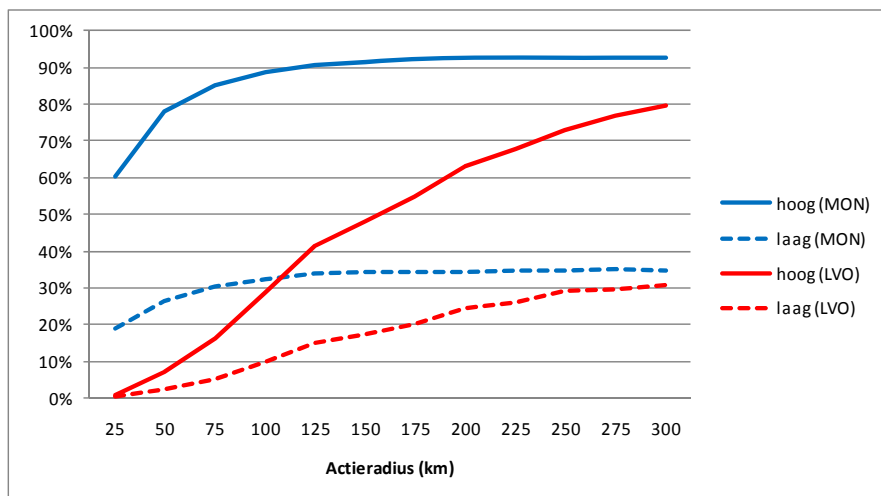
De resultaten van de analyses met het MON laten zien dat de mogelijkheid om thuis te kunnen laden zeer bepalend is voor het vervangingspotentieel. We hebben daarom ook gekeken hoe groot het vervangingspotentieel is indien iedereen thuis zou kunnen opladen. Het vervangingspotentieel neemt in dat geval fors toe tot 78%. Indien we veronderstellen dat ook iedereen op het werk zou kunnen opladen, dan is het vervangingspotentieel 83%. Oplaadmogelijkheden op het werk voegen in dat geval dus niet zoveel meer toe.

4.2 Vervangingspotentieel op basis van autogebruik op meerdere dagen

De voorgaande analyses zijn gebaseerd op het autogebruik op één dag. Als we het autogebruik gedurende meerdere weken bekijken, dan daalt het vervangingspotentieel flink. De analyse op basis van het LVO resulteert voor de uitgangssituatie in een potentieel van 5%, terwijl dit op basis van het MON 30% was. Indien we aannemen dat ook op het werk kan worden opgeladen, dan stijgt het potentieel naar 7%. Indien we aannemen dat

iedereen thuis kan opladen, dan bedraagt het potentieel zo'n 14% en als iedereen én thuis én op het werk kan opladen is dat 16%. De mogelijkheid om op het werk te laden voegt dus ook in de LVO-analyses weinig toe. Let wel: de analyses met het LVO hebben alleen betrekking op huishoudens met één auto terwijl in de analyses met het MON alle huishoudens zijn meegenomen.

Naast de oplaadmogelijkheden zijn ook de oplaadtijd en de actieradius van invloed op het vervangingspotentieel van elektrische auto's. Figuur 3 geeft de relatie tussen de actieradius en het vervangingspotentieel. De figuur laat zien dat het vervangingspotentieel in de LVO-analyses toeneemt bij een grotere actieradius. Bij een actieradius van 25 kilometer is het potentieel nihil. Bij een toename van de actieradius tot 75 kilometer groeit het potentieel tot 5% in de lage variant, waarin de oplaadmogelijkheden uit de uitgangssituatie zijn gebruikt. In de hoge variant, waarin wordt verondersteld dat iedereen thuis en op het werk kan opladen, ligt het potentieel op 16% bij een actieradius van 75 kilometer. Een verdubbeling van de actieradius tot 150 kilometer leidt grofweg tot een verdrievoudiging van het potentieel: in de lage variant groeit het potentieel van 5% naar 16% en in de hoge variant van 16% naar 48%. Een verhoging van de actieradius heeft dus veel effect. Ook de invloed van het aantal oplaadmogelijkheden komt duidelijk naar voren: in de lage variant loopt het vervangingspotentieel op tot zo'n 30% bij een actieradius van 300 kilometer en in de hoge variant loopt het potentieel op tot circa 80%.



Figuur 3: Relatie tussen actieradius en vervangingspotentieel in MON en LVO (laag = oplaadmogelijkheden uit uitgangssituatie, hoog = iedereen kan thuis en op het werk opladen)

Ter illustratie is in de figuur ook de relatie tussen actieradius en vervangingspotentieel uit het MON weergegeven. De MON-analyses laten een ander beeld zien: het potentieel is met een actieradius van slechts 25 kilometer al vrij hoog en groeit verder bij een toename van de actieradius tot zo'n 100 kilometer. Naarmate de actieradius nog hoger wordt is de extra toename van het potentieel gering. Boven de 150 kilometer is nauwelijks nog sprake van een toename van het potentieel. Zoals verwacht zijn de verschillen in vervangingspotentieel tussen de LVO- en MON-analyses het grootst bij een lage actieradius. Als we naar de

autoverplaatsingen op één dag kijken (MON) is er namelijk nog een redelijke kans dat een auto net die dag niet al teveel kilometers maakt en dus voor vervanging in aanmerking komt, maar als het autogebruik gedurende een langere periode in ogenschouw wordt genomen (LVO) dan is de kans op langere verplaatsingen veel groter en daalt het potentieel sterk bij een lage actieradius.

4.3 Effecten van verbeteringen van de accu's

In figuur 3 is een vaste relatie verondersteld tussen actieradius en oplaadtijd. Er zijn geen verbeteringen verondersteld in de accu- en laadtechnologie. De relatie tussen actieradius en oplaadtijd is lineair verondersteld: een twee keer grotere actieradius leidt tot een twee keer langere oplaadtijd. De aannames uit de uitgangssituatie dienen als uitgangspunt: een (werkelijke) actieradius van 75 kilometer en een oplaadtijd van 8 uur. Deze relatie is grofweg gebaseerd op de huidige generatie elektrische auto's. De ontwikkeling van de accutechnologie zal de komende jaren echter verder gaan. Het is goed denkbaar dat de actieradius verder toeneemt zonder dat dit gepaard gaat met langere laadtijden. Omgekeerd is het ook denkbaar dat de laadtijden korter worden zonder beperking van de actieradius (dit kan nu al via snelladers). We hebben ook onderzocht welk effect dat heeft.

De oplaadtijd van de accu blijkt nauwelijks van invloed op het vervangingspotentieel. Bij de huidige aanname van 8 uur bedraagt het vervangingspotentieel van huishoudens met één auto circa 5%. Als we aannemen dat de laadtijd wordt gehalveerd tot 4 uur, dan neemt het potentieel toe tot 6%. Als we nog verder gaan en veronderstellen dat de accu binnen een half uur volledig kan worden opgeladen, dan neemt het potentieel toe tot 7%.⁹ In de hoge variant vinden we soortgelijke effecten: het potentieel neemt nauwelijks toe bij een kortere laadtijd. Daarbij moet echter worden opgemerkt dat we niet hebben gekeken naar de mogelijkheden om elders dan thuis en op het werk te laden. We verwachten dat de auto juist thuis en op het werk relatief lang geparkeerd staat, wat de beperkte effecten van snelladen kan verklaren. Juist op plekken waar de auto relatief kort geparkeerd staat, zoals bij winkelcentra, zou snelladen wel effect kunnen hebben. Dit is niet onderzocht.

Het vergroten van de actieradius heeft wel effect, zoals al bleek uit figuur 3. In die figuur werd echter nog een harde koppeling verondersteld tussen actieradius en oplaadtijd: een grotere actieradius leidde tot een navenant langere oplaadtijd. Als we die koppeling loslaten en de oplaadtijd 'vastzetten' op 8 uur, ongeacht de actieradius, dan blijkt het potentieel nauwelijks toe te nemen. Wederom blijkt dat de auto gedurende de dag lang genoeg stilstaat om de accu's voldoende op te laden. De actieradius op zichzelf is dus wel een beperkende factor, maar de oplaadtijd is dat in onze analyses niet of nauwelijks.

4.4 Het effect van beperkte gedragsaanpassingen

In de voorgaande analyses is aangenomen dat automobilisten hun verplaatsingsgedrag niet aanpassen: we hebben onderzocht of ze hun huidige autoritten ook met een elektrische auto kunnen maken. Dit is een rigide voorwaarde: in werkelijkheid zal in ieder geval een

⁹ Huidige snelladers zijn grofweg in staat om in een half uur de accu voor zo'n 75 à 80% op te laden.

deel van de automobilisten best bereid zijn hun gedrag aan te passen aan de mogelijkheden van een elektrische auto, bijvoorbeeld door af en toe een auto te huren voor lange verplaatsingen of deze verplaatsingen met de trein te maken. We hebben daarom ook gekeken of het potentieel toeneemt indien we onze voorwaarde iets versoepelen.

Als we toestaan dat de elektrische auto op maximaal 1 op de 20 dagen niet volstaat, dan verdubbelt het potentieel in de lage variant van 5% naar 10%. Als we deze eis verder versoepelen naar 1 op de 10 dagen, dan verdubbelt het potentieel nogmaals tot 20%. Als we de actieradius verdubbelen naar 150 kilometer dan neemt het potentieel toe van 17% naar respectievelijk 25% en 32%, zie ook tabel 2. Er zijn dus relatief veel huishoudens die hun auto maar af en toe zo intensief gebruiken dat een elektrische auto niet volstaat. In de tabel zijn ook de potentiële weergegeven voor de hoge variant, waar iedereen thuis en op het werk kan opladen. Hier zien we dezelfde effecten van het versoepelen van de voorwaarden: het potentieel loopt snel op tot wel 90% bij een actieradius van 150 kilometer en de voorwaarde dat de elektrische auto op 9 van de 10 dagen moet volstaan.

Mogelijkheden vervangend vervoer	Lage variant		Hoge variant	
	75 km	150 km	75 km	150 km
<i>Nooit</i>	5%	17%	16%	48%
<i>1 op de 20 dagen</i>	10%	25%	35%	73%
<i>1 op de 10 dagen</i>	20%	32%	57%	90%

Tabel 2: Vervangingspotentieel bij mogelijkheden voor vervangend vervoer

4.5 Vervangingspotentieel van huishoudens met meer dan één auto

De analyses met het LVO zijn vanwege de eerder genoemde redenen alleen uitgevoerd voor huishoudens met één auto. Uit het MON bleek echter dat het vervangingspotentieel in huishoudens met meerdere auto's iets hoger ligt dan in huishoudens met één auto. Dit verschil was weliswaar beperkt, maar we hebben in die analyses geen rekening gehouden met de mogelijkheid voor huishoudens om alle lange ritten met één auto te maken. Op die manier kan het potentieel van huishoudens met meerdere auto's verder toenemen. Indien we veronderstellen dat alle huishoudens met meerdere auto's in staat zijn om één van hun auto's te vervangen door een elektrische auto, dan zou zo'n 16% van alle huishoudens die momenteel een auto bezitten een elektrische auto kunnen rijden. Van alle auto's zou circa 12% vervangen kunnen worden door een elektrische auto.

5. Conclusies en discussie

Er wordt regelmatig beweerd dat actieradius en oplaadtijd geen beperkingen zijn om in een elektrische auto te rijden omdat de meeste autoritten korte ritjes zijn en de auto het grootste deel van de dag stilstaat. In deze paper hebben we onderzocht of die stelling juist is. Hiervoor hebben we gekeken naar de wijze waarop huishoudens hun auto(s) momenteel gebruiken. Vervolgens hebben we onderzocht of ze hun huidige autoverplaatsingen ook met een elektrische auto zouden kunnen maken, gegeven de actieradius, oplaadmogelijkheden en oplaadtijd van elektrische auto's.

De resultaten van het onderzoek laten zien dat 95% van de éénautohuishoudens hun huidige verplaatsingsgedrag zou moeten aanpassen als ze zouden overstappen naar een elektrische auto. De meeste autoritten zijn weliswaar relatief kort, maar de meeste huishoudens maken ook geregeld langere ritten of gebruiken de auto gedurende een dag zo intensief dat een elektrische auto niet zou volstaan. Het feit dat zoveel huishoudens hun verplaatsingsgedrag moeten aanpassen vormt een barrière voor de overstap naar elektrische mobiliteit.

Huishoudens met meerdere auto's kunnen sneller uit de voeten met een elektrische auto: het merendeel blijkt in staat om ten minste één van hun auto's te vervangen door een elektrische auto zonder aanpassingen van hun verplaatsingsgedrag. Het potentieel wordt verder vergroot als we aannemen dat deze huishoudens bereid zijn om ritten te verplaatsen van de ene naar de andere auto: als lange ritten zoveel mogelijk met één auto worden gemaakt is de kans groot dat de andere auto vervangen kan worden door een elektrische auto. Als we veronderstellen dat alle huishoudens met meerdere auto's één van hun auto's kan vervangen door een elektrische auto, dan kan circa 12% van alle auto's worden vervangen door een elektrische auto.

Uit het onderzoek blijkt dat de actieradius en de mogelijkheid om op te laden op dit moment de grootste beperkingen vormen. De actieradius van de huidige elektrische auto's bedraagt volgens de fabrieksopgave veelal zo'n 150 kilometer, maar is volgens praktijkproeven circa de helft daarvan. Indien de actieradius daadwerkelijk 150 kilometer zou zijn, dan zou zo'n 17% van alle éénautohuishoudens met een elektrische auto uit de voeten kunnen zonder het verplaatsingsgedrag te hoeven aanpassen. Het vergroten van de actieradius is voor autofabrikanten dus een kans om de vraag naar elektrische auto's te vergroten.

Onder de aanname dat alleen huishoudens met een eigen oprit thuis kunnen opladen is het vervangingspotentieel met name in stedelijk gebied beperkt, omdat weinig huishoudens daar beschikken over een eigen oprit. Als we aannemen dat iedereen thuis zou kunnen opladen dan zou 14% van de éénautohuishoudens met een elektrische auto uit de voeten kunnen. Het loont dus om het aantal oplaadmogelijkheden bij huis te vergroten. Oplaadmogelijkheden op het werk voegen in dat geval weinig meer toe. Als iedereen thuis kan opladen en de (werkelijke) actieradius toeneemt tot 150 kilometer, dan blijkt ongeveer één op de twee éénautohuishoudens met een elektrische auto uit de voeten te kunnen. Het potentieel neemt in dat geval dus sterk toe.

Snelladers in de buurt van de woning of het werk vergroten het potentieel van elektrische auto's nauwelijks. Auto's staan over het algemeen vrij lang geparkeerd bij de woning of bij het werk, waardoor er ook met langere oplaadtijden nog voldoende tijd is om de accu's op te laden. Snelladers op locaties waar de auto relatief kort geparkeerd staat, hebben wellicht wel effect. Dit hebben we niet onderzocht maar het verdient aanbeveling dit in een vervolgonderzoek wel te doen.

We hebben in dit onderzoek enkel gekeken of automobilisten hun huidige autoritten met een elektrische auto zouden kunnen maken. In tegenstelling tot wat geregeld wordt beweerd zullen veel huishoudens bij een kleine actieradius en lange oplaadtijden in combinatie met beperkte oplaadmogelijkheden wel degelijk hun verplaatsingsgedrag moeten aanpassen als ze overstappen naar een elektrische auto. Dit vormt een barrière voor de introductie van elektrische auto's. PBL onderzoekt momenteel hoe consumenten deze barrière ervaren en welk belang zij hechten aan kenmerken als actieradius en oplaadtijd in vergelijking met andere autokenmerken als de kosten en veiligheidsaspecten. Dat onderzoek geeft inzicht in de omvang van de barrières en in de kansen voor elektrische auto's en geeft daarmee een beeld van het marktpotentieel. De resultaten van het onderzoek worden eind 2011 verwacht.

Literatuur

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

Grünig, M, M. Witte, D. Marcellino, J. Selig en H van Essen (2011), *Impacts of electric vehicles - deliverable 1. An overview of electric vehicles on the market and in development*, Delft: CE Delft.

Kieboom, S.F. en K.T. Geurs (2009), *Energielabels en autotypekeuze, effect van het energielabel op de aanschaf van nieuwe personenauto's door consumenten*, Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.

Ministerie van V&W (2010), *Plan van Aanpak Elektrisch Rijden*, Kamerstuk 31305, Nr. 145, Tweede Kamer der Staten-Generaal, Den Haag.

MuConsult (2010), *Dynamo 2.2, technische eindrapportage*, Amersfoort: MuConsult.

Potoglou, D. en P.S. Kanaroglou (2007), *Household demand and willingness to pay for clean vehicles*, *Transportation Research Part D*, 12, p. 264-274.

RDC en Automobiel Management (2010), *Fiscus, milieu en de zakenauto. Nationaal zakenauto onderzoek 2010*, Amsterdam: RDC.