

Nieuwe inzichten over elektrisch vervoer in Nederland

Auke Hoekstra, Senior Advisor Electric Mobility aan de TU Eindhoven en initiatiefnemer SparkCity, a.e.hoekstra@tue.nl

16 november 2017

SparkCity



TU/e Technische Universiteit
Eindhoven
University of Technology

Samenvatting

Over het SparkCity model

Met het nieuwe SparkCity model van de TU Eindhoven kunnen adoptie en impact van elektrisch rijden beter worden voorspeld. Bijvoorbeeld hoeveel verkoopsubsidie nodig is, hoeveel laadpalen optimaal zijn en hoe smart charging optimaal kan worden ingevoerd. In de toekomst zal het model ook geschikt gemaakt worden voor de impact van autonoom rijden en autodelen. Nog belangrijker dan het kunnen doen van voorspellingen is dat marktpartijen het model kunnen gebruiken om samen gekwantificeerde scenario's uit te stippelen naar een toekomst die ze wenselijk achter.

Elektrisch wordt goedkoper maar facilitering van consumenten is hard nodig

Een belangrijke bevinding is dat elektrische auto's snel een lagere total cost of ownership (TCO) krijgen maar dat de verkopen niettemin achterblijven. Een gevolg daarvan is dat 100% elektrische nieuwverkopen in 2030 voor kopers geld oplevert (ook zonder subsidies) maar niet gehaald wordt als we niets doen.

Om de adoptie bij consumenten te versnellen pleiten wij voor:

1. TCO-voorlichting: analoog aan wat de overheid deed voor ledverlichting versus de gloeilamp.
2. Meer onderzoek naar wat welke doelgroep over de streep trekt: we stimuleren nu in den blinde.
3. Beter informatie over waar palen staan en of ze beschikbaar zijn: dit is al jaren een probleem.
4. Meer publieke palen: hier is duidelijk een snelgroeiende behoefte aan.
5. Stimuleren (bijv. via feed-in tariffs) van snelladers in wijken: dit reduceert het aantal laadpunten.
6. Slimme uitrolstrategieën per wijk: hiermee wordt met minder palen meer resultaat geboekt.

Richting fabrikanten zouden een ZEV-mandate en kilometerheffing optimaal zijn

Dat de elektrische aandrijving in toenemende mate goedkoper wordt betekent ook dat het aanscherpen van Europese CO2 normen steeds minder effectief wordt: elektrische auto's zullen steeds minder verkocht worden omdat ze noodzakelijk zijn voor een quotum en steeds meer omdat ze simpelweg aantrekkelijker zijn. Innovatiewetenschap leert ons dat fabrikanten van conventionele auto's waarschijnlijk de laatsten zullen zijn die dit aanvaarden.

Normen aanscherpen plaatst Europese autofabrikanten onzes inziens in de positie van de bekende kikker die gekookt wordt in water dat langzaam warmer wordt. Wat beter zou helpen is beleid dat hen aanmoedigt uit de pan te springen. Bijvoorbeeld een ZEV-mandate (Zero Emission Vehicle) zoals in China en Californië ingevoerd is.

Op termijn zal er ook gekeken moeten worden naar nieuwe verdienmodellen die voor rijksinkomsten zorgen zonder de EV op achterstand te zetten. Elektriciteit duurder maken voor elektrische auto's is niet realistisch (want er zijn overal stopcontacten) maar een kilometerheffing is dat wel. Wellicht kan er snel begonnen worden met een kilometerheffing alleen voor vrachtwagens.

Inleiding

Deze korte notitie geeft een aantal inzichten die tot stand gekomen zijn na de eerste simulaties met het nieuwe SparkCity model van de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e). De TU/e heeft drie *strategic areas* van onderzoek: *smart mobility*, *energy* en *health*. Het SparkCity model is een verbindende schakel tussen de eerste twee en wordt ontwikkeld in nauwe samenwerking met prof Maarten Steinbuch (vanuit mobiliteit) en prof Geert Verbong (vanuit energie).

SparkCity is een simulatiemodel dat energie en mobiliteit in kaart brengt met een focus op elektrische auto's en duurzame energie. Spark geeft aan dat die toekomst in toenemende mate elektrisch zal zijn maar ook dat het model de vonk wil laten overspringen om dat te versnellen. City geeft aan dat het model complete gebieden nabootst in de computer. SparkCity modelleert onder meer EV-adoptie, de uitrol van laadinfrastructuur en het slimme gebruik van laadinfrastructuur, zodanig dat de elektrische auto de transitie naar duurzame energie kan versnellen. Het bijzondere aan SparkCity is dat het een agent-based simulatie is op basis van GIS-kaarten.

De TU/e ziet dit model als een doorontwikkeling van de spreadsheet die ontwikkeld werd voor het rapport "Toekomstverkenning Elektrisch Rijden" dat door Ecofys en de TU/e werd geschreven in opdracht van de ministeries van Economische Zaken en Infrastructuur en Milieu [1]. Het kan ook gezien worden als een precisering van de spreadsheet die prof. Maarten Steinbuch ter beschikking stelt op zijn blog [2].

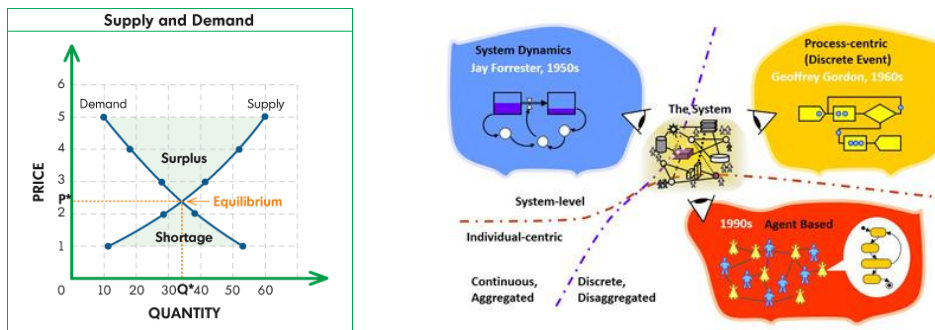
Het SparkCity model gaat uit van zogenaamde GIS-kaarten waarmee gebiedsgebonden infrastructuur in het model wordt ingeladen. Bijvoorbeeld: gebouwen, elektriciteitsnetten, wegen, parkeerplaatsen en oplaadpunten. Op deze wijze kan de interactie en mogelijke synergie tussen infrastructuren en vervoersmodaliteiten in het model worden meegenomen.



Figuur 1 Voorbeelden van gebieden die in het SparkCity model zijn ingeladen.

Onroerende zaken kunnen in het model worden omgezet in zogenaamde *agents*: entiteiten die in het model onafhankelijk gedrag kunnen vertonen en die individueel kunnen worden gemonitord. Vervolgens kunnen er aan het model andere agent worden toegevoegd: mensen en roerende zaken. Bijvoorbeeld: bewoners, werknemers, bezoekers en auto's.

Bijzonder is ook dat SparkCity een agent-based model is. In zo'n model is het mogelijk dat elke individuele agent anders is. Zo is de diversiteit/heterogeniteit die we in de realiteit waarnemen ook in het model gerepresenteerd (zie figuur 2). Daarnaast wordt de interactie van deze agenten in de ruimte en tijd gesimuleerd. Dat betekent bijvoorbeeld dat de impact van autonoom rijden en autodelen kan worden "nagespeeld" en gekwantificeerd in toekomstige versies van het model. Bij ons weten is dat met geen andere methodiek mogelijk.



Figuur 2 Traditioneel economisch evenwichtsmodel en drie manieren om socio-technische systemen te simuleren.

Voor het voorspellen van de adoptie van elektrisch rijden is in het model een belangrijke rol weggelegd voor de *Total Cost of Ownership (TCO)*. Dit begrip drukt uit hoeveel kosten een autogebruiker in totaal maakt bij het gebruik van de auto. Het gaat dus verder dan de aanschafprijs. Het SparkCity houdt rekening met een veelheid aan factoren. De belangrijkste staan genoemd in figuur 3.

Fuel costs	Maintenance costs	Vehicle class	Residual value
Fuel efficiency	Purchase subsidies	Luxury level	Battery capacity
Yearly mileage	Tax rebates	Vehicle power	Battery pack costs
Income	Lease or private	Discount rate	Ownership period

Total Cost of Ownership (TCO)

Figuur 3 Variabelen die in het SparkCity model invloed hebben op de TCO.

De TCO is verschillend voor elk van de duizenden potentiële autokopers in ons model. Gelukkig kan in een agent-based model de computer gebruikt worden om al deze verschillende situaties door te rekenen. Het proces wat daarbij doorlopen wordt is gevisualiseerd in figuur 4. In ons model zien we dat de TCO sterk terugloopt op basis van de dalende batterijprijs en de toenemende ervaring met het toepassen van elektrische aandrijflijnen in elektrische voertuigen.



Figuur 4 Gesimplificeerd aankoopproces in SparkCity.

Het probleem waar wij vervolgens tegenaan liepen is dat er een hoge correlatie is tussen het verschil in TCO en het aantal aankopen van een elektrisch voertuig (EV) maar dat lang niet iedereen voor wie een elektrisch voertuig goedkoper is ook daadwerkelijk tot aanschaf over gaat. Dit wijten wij aan een reeks niet financiële overwegingen. Bijvoorbeeld: de behoefte aan een grote actieradius (ook als die niet nodig

is); de beschikbaarheid van of bekendheid met laadinfrastructuur; het beperkte aantal beschikbare modellen in combinatie met esthetische/praktische eisen en merkentrouw; de beperkte leverbaarheid van modellen. Daarom hebben wij dit verschil ingeschat met wat wij een *disposition factor* genoemd hebben. Deze factor neemt af met de jaren en geeft aan dat een bepaald deel van de bevolking de elektrische auto momenteel niet aanschaft, zelfs niet als die goedkoper is.

Disclaimers

Hoewel de wijze waarop het model is aangepakt een wetenschappelijke basis kan claimen, en hoewel er vele wetenschappelijke bronnen zijn benut bij de constructie van het model, zijn verkoopvoorspellingen geen *peer-reviewed science*. Verkoopvoorspellingen liggen vrijwel altijd buiten de "comfort zone" van wetenschappers en er is meestal (zo ook in dit geval) geen sponsoring voor. Omdat wij het SparkCity model zien als een verbetering van voorgaande modellen op dit gebied die wij ontwikkelden, voelden wij ons toch geroepen een poging doen om enige bevindingen en aanbevelingen over te dragen. Ons doel hiermee is echter niet om te zeggen "zo is het". Wij willen vooral samen met alle stakeholders verschillende scenario's in het model uitwerken die een gezamenlijk pad naar hoge adoptie tegen lage kosten oplevert. Zo zou bijvoorbeeld een poging kunnen worden gedaan om beleidsmaatregelen door te rekenen als een aanpassing van de bijtelling, het invoeren van een energielabel, het starten van een voorlichtingscampagne, het extra stimuleren van auto's uit het lagere segment, et cetera.

Deze notitie heeft niet de pretentie een volledig adviesrapport te zijn. Het is slechts een poging van de TU/e om (ongevraagd en onbetaald) kennis aan het debat rond elektrisch rijden in Nederland bij te dragen. Mocht een volledig rapport gewenst zijn dan willen we graag eerst afstemming over waar vanuit specifieke stakeholders precies behoefte aan is en of de behoefte groot genoeg is om de bijbehorende tijdsbesteding te rechtvaardigen.

Bij de ontwikkeling van het SparkCity model hebben wij waardevolle ondersteuning gekregen vanuit de adviesbureaus EV Consult en Over Morgen. Ook hebben wij financiële steun ontvangen van de stichting ElaadNL en het Nationaal Kenniscentrum Laadinfrastructuur. Wij willen hen daarvoor hartelijk danken. Zij zijn echter niet verantwoordelijk voor de uitspraken die wij doen in deze notitie.

De resultaten op basis van het model zoals het nu is, zijn slechts een eerste stap. Wij zullen de komende maanden en zelfs jaren meer validaties uitvoeren met de stakeholders van onder meer NKL en ElaadNL om het model verder te verbeteren.

Er is nog geen rekening gehouden met zelfrijdende deelauto's. Hadden wij dezelfde aannames ingevuld als in het reeds genoemde model [1] dan zouden er vooral in latere jaren (na circa 2025) een afname van het aantal voertuigen en van het aantal laadpunten in de stad zijn geconstateerd. Bij de ontwikkeling van het SparkCity model hebben wij wel expliciet rekening gehouden met het feit dat zelfrijdende deelauto's een disruptieve verandering (vooral verbetering) van de openbare ruimte met zich meebrengen die goed gemodelleerd moet worden. Dit was één van de redenen om voor een gebiedsgebaseerd agent-based model te kiezen zoals kort werd aangestipt in de inleiding.

Er is geen rekening gehouden met de interactie tussen wijken. De bedoeling is om op termijn alle voorspellingen te baseren op verschillende voorbeeldwijken en dit op te schalen naar Nederland. Wij kwamen er in de afgelopen maanden echter achter dat de tweedehands markt in groot detail moet worden uitgewerkt om de interacties tussen wijken goed te kunnen modelleren. Simpel gezegd: een wijk waar vooral tweedehandsauto's worden gekocht is afhankelijk van het aanbod dat wordt geschapen in

wijken waar vooral nieuwe auto's worden verkocht. Daarom hebben wij het model nu gebaseerd op een gemiddelde wijk met circa zesduizend representatieve gebruikers.

De inschatting in deze notitie is niet meer dan dat: een inschatting. Wij denken dat deze zich zeker kan meten met andere/eerdere inschattingen maar er is simpelweg te weinig bekend om een nauwkeurige inschatting te maken. Het belangrijkste probleem is dat we zeker weten (op basis van onze enquêtes) dat de EV-rijder van de toekomst heel andere ervaringen en disposities zal hebben ten opzichte van EV's dan de EV-rijder van nu, laat staan de conventionele autorijder. De Tesla rijders zijn momenteel de beste proxy van deze EV-rijder van de toekomst maar hij of zij is op andere gronden weer minder representatief. Onder meer omdat de huidige Tesla's alleen in het topsegment worden aangeboden. Er is volstrekt onvoldoende marktonderzoek gedaan onder EV-rijders (zeker publiek beschikbaar marktonderzoek) en dit leidt tot grote onzekerheden in ons model. Het leidt overigens ook tot grote onzekerheden in het evalueren van de kosteneffectiviteit van beleidsmaatregelen. Ook is op dit moment volstrekt onduidelijk welke aantallen elektrische auto's er na 2018 beschikbaar komen. Dat is niet alleen belangrijk omdat je auto's die uitverkocht zijn niet kan kopen. Het is ook belangrijk omdat grotere verkopen leiden tot grotere prijsdalen (door het verder aflopen van de leercurve).

Bevindingen

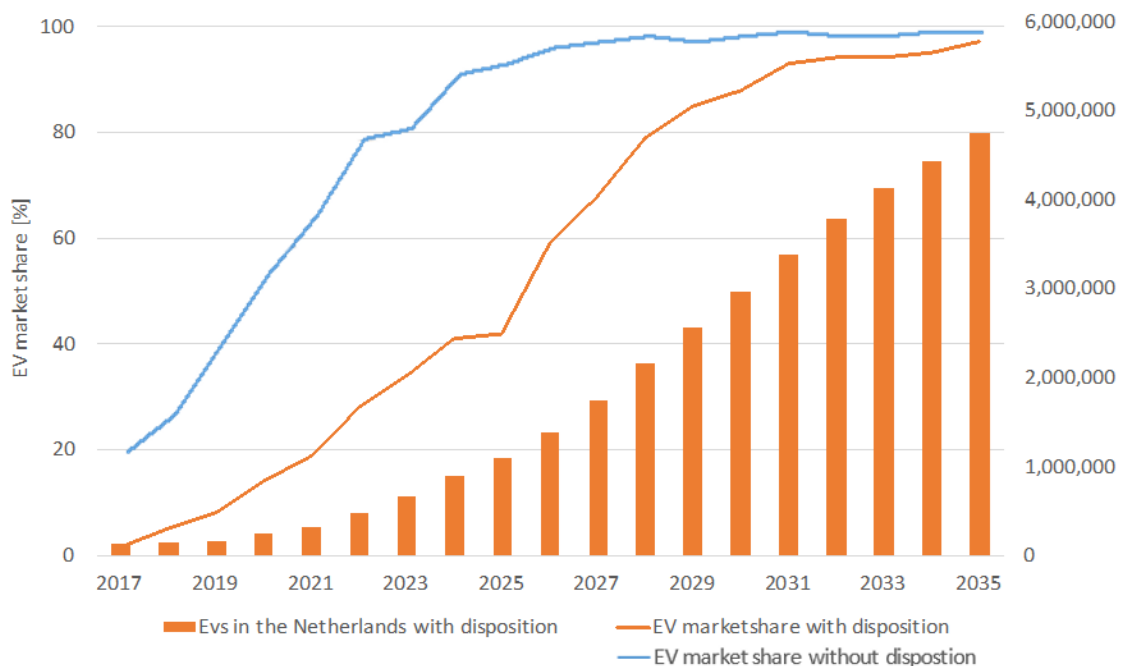
De TCO van de EV wordt snel lager dan die van een conventionele auto

Volgens ons model heeft de EV nu al een lagere TCO voor ongeveer 20% van de potentiële autokopers en geldt dat in 2021 voor 50% en in 2030 voor vrijwel 100%. Vooral de voorspellingen na 2020 – als de markt iets volwassener is geworden – kunnen we met relatief grote zekerheid doen. Nu is de situatie vooral in het topsegment gunstig. De C-klasse en vooral A-klasse zullen er iets langer over doen om langs zij te komen. Wat in het bijzonder opvalt is de positieve TCO van tweedehands elektrische auto's. Zie ook figuur 5 voor de TCO van nieuwverkoppen.

Nota bene: om het punt duidelijk te maken hebben we EV's en conventionele auto's qua stimulering aan elkaar gelijkgesteld. Dus geen voordeel qua bijtelling en wegenbelasting. In verband met de kalibratie zijn we wel uitgegaan van daadwerkelijke verkoopprijzen dus er is wel een bpm-voordeel.

De adoptie blijft achter bij de TCO

We kunnen in het model constateren dat de adoptie sterk achterblijft bij wat je gezien de TCO zou mogen verwachten. Wij schrijven die toe aan niet financiële zaken zoals: de onbekendheid met het fenomeen elektrisch rijden en hoe je daarvan de TCO berekend; de behoefte aan een grote actieradius (ook als die niet nodig is); de beschikbaarheid van of bekendheid met laadinfrastructuur; het beperkte aantal beschikbare modellen in combinatie met esthetische/praktische eisen en merktrouw; en de beperkte leverbaarheid van modellen. Vooral die eerste factor – onbekendheid met elektrisch rijden en de lage TCO ervan – verdient wat ons betreft veel aandacht. Wij maken de vergelijking met ledverlichting waarbij het de consument lange tijd ook niet duidelijk was dat de hogere aanschafprijs gecompenseerd werd door het lagere energiegebruik. We gaan hier bij de aanbevelingen nader op in. Figuur 5 toont het resultaat als we alle parameters instellen op een manier die naar ons inzicht het best aansluit bij de werkelijkheid.



Figuur 5 Respectievelijk: percentage EV's met een lagere TCO (blauw), percentage EV's dat wordt verkocht (rood) en aantal EV's in het totale wagenpark.

In de figuur vallen drie zaken op:

1. Het aantal EV's met een lagere TCO neemt snel toe naar vrijwel 100% in 2028 (blauwe lijn).
2. De verkoop neemt minder snel toe met 88% in 2030 (rode lijn).
3. In 2030 is het totale aantal EV's drie miljoen (rode balken). Dat is circa 1/3 van het wagenpark¹.

Daarbij passen echter enkele kanttekeningen. Ten eerste gaan wij ervan uit dat de belastingvoordelen voor elektrische auto's snel worden afgebouwd. Dit is geen normatief oordeel maar een politieke inschatting van onze kant. Het zou interessant zijn om met de politiek zelf, verschillende scenario's door te rekenen. Ten tweede betekent dit niet – zoals abusievelijk in de pers is gemeld – dat wij het doel van 100% elektrische voertuigen in 2030 onrealistisch achten. Het betekent echter wel dat er extra maatregelen nodig zijn (zie aanbevelingen hierna). Tenslotte is er geen rekening gehouden met zelfrijdende deelauto's. Zelfrijdende deelauto's zouden het aantal voertuigen sterk doen afnemen en de aantrekkelijkheid van elektrische auto's vergroten. Ze spelen echter vooral na 2025 en hun impact qua absolute aantallen zal daarom in 2030 nog relatief beperkt zijn.

Het Europese “waterbed” wordt steeds minder belangrijk voor schone auto's

Tot voor kort leek de adoptie van schone auto's vooral gedreven te worden door Europese regels over de CO₂-uitstoot per fabrikant. Daarbij was het van belang om alles in Europees verband te doen want strengere regels in het ene land leverde voor de fabrikant extra speelruimte op in een ander land. De disruptieve innovatie van elektrisch rijden is deze dynamiek echter aan het veranderen.

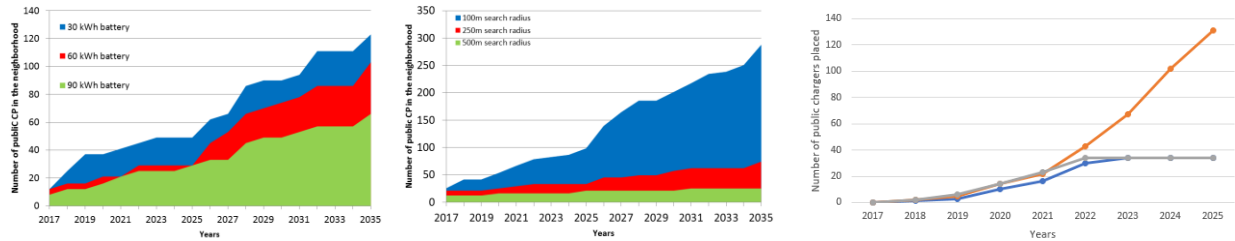
Zodra de elektrische auto namelijk goedkoper wordt zal deze niet worden geproduceerd en aangeschaft vanwege de Europese normen maar simpelweg omdat hij superieur is. Sterker nog, de CO₂ normen hebben het gevaar in zich dat ze alleen incrementele verbetering stimuleren. De fabrikanten van auto's zijn als de kikker in een steeds warmere pan met water die er door de geleidelijkheid van het proces niet aan denkt om het water uit te springen tot hij gekookt is. Bovendien heeft deze methode ook tot de huidige situatie geleid waarin het verschil tussen test en werkelijkheid qua CO₂-uitstoot intussen opgelopen is tot 40% zodat zowel de uitstoot als de verkoopbrochure sterk uit de pas lopen met de werkelijkheid.

In plaats daarvan moet de overheid inzetten op het vliegwiel van innovatie waarbij een nieuwe oplossing (in dit geval de elektrische aandrijving in combinatie met de batterij en laadinfrastructuur) voor een steeds toenemende versnelling zorgt tegen steeds lagere kosten. Dat wijst op regelgeving die speciaal de elektrische auto faciliteert en stimuleert.

Het gewenste aantal publieke palen is hoog en lokaal snelladen verdient stimulering

Met SparkCity kan laadgedrag in detail worden doorgerekend. Dat verschilt natuurlijk per wijk maar enkele algemene observaties kunnen gemaakt worden. Zo kunnen we rekening houden met het feit dat EV-rijders bereid zijn verder te lopen naarmate hun batterij leger is. Gebruikmakend van dit mechanisme kunnen we laten zien dat een toenemende batterijcapaciteit leidt tot een lagere behoefte aan laadpunten (figuur 6 links). Ook zijn er veel minder laadpunten nodig als de gemeente de paal minder dicht bij een EV-berijder plaatst (figuur 6 midden), waarbij de uiteindelijke loopafstand overigens veel minder sterk toeneemt dat je misschien zou denken.

¹ Waarbij zoals aangegeven dus geen rekening gehouden is met zelfrijdende deelauto's. Zelfrijdende deelauto's zouden het aantal voertuigen sterk doen afnemen en de aantrekkelijkheid van elektrische auto's vergroten.



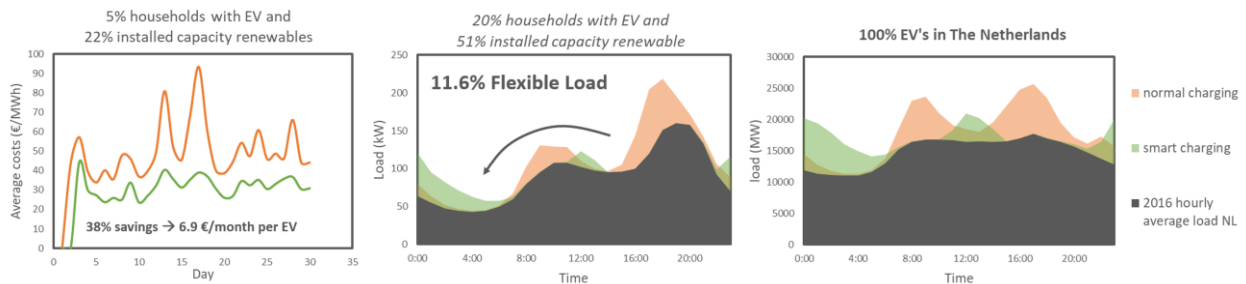
Figuur 6 Aantal publieke laadpunten in verschillende scenario's. Links: minder laadpunten als de batterij groter wordt. Midden: minder laadpunten als de gemeente de EV-rijder verder laat lopen. Rechts: het Governance scenario voor het Zeeheldenkwartier komt in 2022 in de problemen wat aangeeft dat het aantal acceptabele plekken beperkt is.

Verder hebben wij geëxperimenteerd met de zogenaamde *governance* benadering waarbij vooraf plekken worden gereserveerd die vervolgens worden ingevuld naarmate het aantal EV's toeneemt. Deze benadering reduceert volgens ons model het aantal laadpunten wat nodig is en laat het proces soepeler verlopen dan het paal-volgt-auto proces dat vooral in de aanvangsfase de aangewezen benadering is.

Wij kwamen er echter achter dat gemeenten snel in de situatie kunnen komen dat zij alle plekken voor publieke palen "opgebruiken" waarvan zij het politiek haalbaar achten om ze toe te wijzen. Dit leidt tot twee vervolconclusies. De eerste is dat het plaatsen van palen de komende vijf jaar eigenlijk in elke realistische situatie een no-regret optie is. De tweede is dat snelladers in de stad een goede optie kunnen zijn om meer auto's te kunnen laten opladen terwijl het aantal publieke palen beperkt blijft. Wij willen hier de komende tijd graag meer onderzoek naar doen.

Er is een interessante business case voor smart charging

Naar ons weten is SparkCity het eerste model in Nederland dat de effecten van smart charging gedetailleerd kan doorrekenen. Op basis van realistische rijpatronen kan een slim algoritme bepalen hoe het moment van laden kan worden geoptimaliseerd zodanig dat het samenvalt met pieken in duurzame opwekking waarop de prijs van stroom laag is en de piek op het elektriciteitsnet laag. Daarbij wordt onder andere gebruik gemaakt van *merit-order matching* zoals in werkelijkheid gebeurt op de spotmarkt.



Figuur 7 Smart charging kan geld besparen en leidt tot een lagere piek in elektriciteitsgebruik.

Figuur 7 laat zien dat er goedkoper geladen kan worden en dat het vermogen om piekbelasting op het net te voorkomen groot is als er gebruik gemaakt wordt van slim laden. Het laat ook zien dat er voldoende winstpotentieel is om dit op basis van marktwerking vorm te laten krijgen, mits de overheid hier een duidelijk en flexibel juridisch kader voor schept.

Bevestiging van het beeld dat de elektrische aandrijving snel de overhand krijgt

De overheid is terecht huiverig om technologische keuzes te maken. Als de overheid echter een verandering wil bewerkstelligen in een terrein waarop disruptieve innovatie gaande is ligt het gevaar op de loer dat het overgrote deel van de investeringen besteed wordt aan de dominante maar verouderde

technologie. Het gevolg is dat er veel geld wordt besteed aan het bereiken van marginale verbeteringen in technologie die eigenlijk aan uitfasering toe is.

De elektrische aandrijving is een goed voorbeeld. Naast de verbrandingsmotor (voornamelijk de benzinemotor en dieselmotor) is het de enige technologie momenteel een serieuze optie is voor het aandrijven van voertuigen. Wij tekenen daarbij aan dat auto's die op waterstof of mierenzuur rijden ook gebruik maken van een elektrische aandrijving. Zij hebben slechts een kleinere batterij.

De elektrische aandrijving heeft als belangrijkste voordelen een circa driemaal hogere efficiency dan de verbrandingsmotor en dit verschil wordt in de toekomst niet materieel anders. Het verschil zou in theorie kunnen teruglopen naar tweemaal efficiënter bij ver uitontwikkelde vrachtwagens maar is in de huidige praktijk is de elektromotor eerder viermaal efficiënter. Daarnaast zijn de kosten van het ontwikkelen en produceren van een elektrische aandrijflijn veel lager, iets wat er bijvoorbeeld voor zorgt dat elektrische auto's met een kostprijs van een ton qua acceleratie kunnen concurreren met verbrandingsmotoren van een miljoen. Daarbij is een extra voordeel dat de efficiency van zulke krachtige elektromotoren nauwelijks afneemt terwijl de efficiency van een krachtige verbrandingsmotor dramatisch laag is. Zo verbruikt de krachtigste Tesla Model S in de stad ongeveer 0,2 kWh/km terwijl een Bugatti Veyron al snel 20x zoveel gebruikt. In ons model zien we ook dat de lagere kosten van de elektrische aandrijving meer uitgesproken worden als het aantal implementaties toeneemt. Tenslotte heeft de elektrische aandrijflijn geen onderhoud nodig.

Tegenover deze duidelijk en toenemende kostenvoordelen staan de kosten van de batterij. Omdat de batterijkosten snel en voorspelbaar dalen (dit hebben wij in ons model in detail meegenomen) is het totaalplaatje helder: vanaf circa 2021 heeft de elektrische auto voor ruim de helft van de autokopers een lagere TCO dan een auto met verbrandingsmotor. Bij dat jaartal moeten we een kleine slag om de arm nemen omdat er wel meer modellen op de markt moeten komen in de A, B en C klassen en omdat de beschikbaarheid van de EV's in alle klassen voldoende moet zijn.

Bevestiging van het beeld dat de elektrische aandrijving veel minder CO2 uit stoot

We hebben de CO2 uitstoot in het model nog niet exact doorgerekend (dit staat wel op de planning) maar de literatuurverkenning die we hebben uitgevoerd geeft aan dat het voordeel van de elektrische auto met voortschrijdend inzicht en opschaling van de productie van batterijen steeds verder toeneemt. Dit blijkt onder meer uit een recent onderzoek van MIT [3] ([zie hier](#) voor het resultaat in Nederland).

De voorsprong van de elektrische aandrijving neemt verder toe als de volgende zaken in de berekeningen worden meegenomen: de vergroening van de opwekking over de levensduur van de auto; het inkopen van groene stroom (standaard voor de meeste laadpunten en EV-rijders); het produceren van batterijen met duurzame stroom (zoals bijvoorbeeld in de Tesla Gigafactory gebeurt); het recyclen van batterijen. Dit zijn allemaal scenario's die we desgewenst kunnen doorrekenen met SparkCity (al vergt dit natuurlijk wel een tijdsinvestering).

Aanbevelingen

De bevindingen bergen impliciet al een aantal aanbevelingen in zich maar een aantal hele concrete ideeën die ons het afgelopen half jaar (al of niet op basis van de stimulaties) hebben bereikt willen wij graag kort expliciet delen.

Zet analoog aan ledverlichting in op TCO-voorlichting

Als iets duidelijk wordt uit onze simulaties is het wel dat het gat gedicht moet worden tussen wat goed is voor de portemonnee van de burger en wat hij of zij daadwerkelijk aanschaft. Wij trekken hier een parallel met ledverlichting waarbij de overheid op het moment dat ledverlichting een lagere TCO kreeg dit onder de aandacht begon te brengen bij burgers met labels en dergelijke waarna uiteindelijk een verbod op gloeilampen volgde. Als we echt naar 100% EV verkopen in 2030 willen zullen we een soortgelijk pad uit moeten stippelen.

Bijzondere aandachtspunten daarbij:

1. Geeft bijzondere aandacht aan de tweedehandsmarkt waar het TCO-voordeel van de EV het grootste is maar waar dit het minst goed bekend lijkt te zijn.
2. Negeer de NEDC-normen en gebruik in Nederland realistische waarden voor energiegebruik van EV en conventionele auto en voor de range van de elektrische auto.
3. Probeer kopers er niet alleen van te overtuigen dat een EV minder CO₂-uitstoot maar besteed vooral aandacht aan de total cost of ownership van de auto. Dit is wettelijk voor autoverkopers en daarom is het van belang om dit bijvoorbeeld op een Eco-label op te nemen.
4. Neem misverstanden over de batterij weg. Bijvoorbeeld door breed gedragen informatie te delen over de levensduur van de batterij van verschillende fabrikanten.

Al met al kan een relatief beperkte investering hier onzes inziens grote resultaten boeken.

Geef opdracht tot het doen van betere enquêtes

Nederland geeft flink wat geld uit aan stimulering maar weet nauwelijks aan wie die stimulering ten goede komt en hoeveel impact deze heeft gehad. De TU/e heeft (samen met de UU) twee voor Nederland grootschalige enquêtes gedaan onder Nederlandse EV-rijders maar dat ging slechts om respectievelijk 240 en 350 personen. Als we dat vergelijken met Noorwegen en Californië dan vinden daar enquêtes plaats onder groepen van duizenden representatief geselecteerde respondenten door sociale wetenschappers die hierin gespecialiseerd zijn.

Daarbij gaat het niet alleen om (zeer beperkte) financiële ondersteuning maar vooral om medewerking in het achterhalen van wie die EV-rijders zijn zodat ze benaderd kunnen worden. Bij een bijtellingsvoordeel zou deze informatie bijvoorbeeld bij de belastingdienst bekend moeten zijn en deze adreslijst zou, zonder hem vrij te geven, gebruikt kunnen worden om deze mensen met een enquête te benaderen.

Met de resultaten zou het SparkCity model veel nauwkeuriger kunnen worden en tegelijkertijd wordt het veel beter mogelijk om de kosteneffectiviteit van verschillende beleidsmaatregelen af te wegen.

Betrouwbare informatie over laadinfrastructuur

Momenteel komt het nog te vaak voor dat EV-rijders een laadpunt aantreffen die ze volgens hun app zouden moeten kunnen gebruiken terwijl dat in de praktijk niet zo is. Vaak is het laadpunt al langere tijd defect of is het al enige tijd buiten gebruik. Dit terwijl de status elk half uur zou moeten worden

doorgegeven. Verder worden verkeerd ingevoerde palen zelden verwijderd wat leidt tot veel palen in de app die in werkelijkheid niet bruikbaar zijn.

Natuurlijk zou de markt dit op moeten pakken maar juist omdat de markt bestaat uit vele concurrenten zou de overheid een mooie rol kunnen spelen door deze voor iedereen belangrijke verbetering te realiseren. En de kosten zijn relatief erg beperkt.

Investeren in laadinfrastructuur

Het stimuleren van laadinfrastructuur is vergeleken met aankoopsubsidie en zeker bijtelling een zeer kosteneffectief middel. Als de overheid het primaat wil leggen bij marktwerking zou ze nog steeds kunnen stimuleren door bijvoorbeeld een *feed-in tariff* (uiteraard voor een beperkte periode) in te voeren. Ook onderzoek naar de optimale implementatiestrategie voor een bepaalde wijk is volgens ons model een zeer kosteneffectieve maatregel (al is er bij die aanbeveling wel sprake van belangenverstrengeling aangezien ons model daarvoor mede ontwikkeld is).

Zet in Europees verband in op een ZEV-mandaat

Zoals aangegeven onder bevindingen is er een verschuiving gaande waarin EV's niet langer meer geproduceerd en verkocht worden omdat de CO2 norm dan wordt gehaald door een fabrikant maar puur omdat ze een lagere TCO hebben voor de koper.

De vraag is dus hoe je die positieve feedback loop kunt versterken en daarbij heeft een CO2 plafond al snel geen waarde meer. Een alternatief is om net als in China en Californië een zero emissie mandaat na te streven. Het is even slikken voor de fabrikanten maar uiteindelijk ook beter voor hen dan een pan met steeds warmer wordend water waarin ze als een kikker worden gekookt.

Kijk verder dan de huidige bijtellingsregeling

De bijtellingsregeling zoals hij nu is heeft duidelijke voordelen boven de regeling in het verleden. In het verleden is de regeling voor $\frac{3}{4}$ terecht gekomen bij "schone" diesels en van de overige $\frac{1}{4}$ is een flink deel van de stimulering in plug-in hybriden met een beperkt bereik gaan zitten. De huidige regeling die alleen volledig elektrische auto's stimuleert is aanzienlijk kosteneffectiever.

Er moet gezien onze resultaten echter meer nadruk komen om auto's uit het A, B en C segment omdat juist deze segmenten voor de grote groei kunnen zorgen terwijl een euro subsidie bij goedkopere auto's relatief meer verschil maakt. Zo bezien is het goed dat er een plafond is aangebracht in de bijtelling maar wellicht zou er gekeken moeten worden naar aanvullende maatregelen voor auto's in het A en C segment. Verder bereikt de huidige regeling alleen de leaserijder en om maximale adoptie te realiseren moet ook de privé rijder worden bereikt.

Na circa 2021 kan logischerwijs de regeling snel worden afgebouwd en ook in de periode ernaar toe is stimulering steeds minder nodig als puur wordt gekeken naar het verschil in TCO tussen een elektrische en brandstofauto. Na circa 2025 is het zelfs zaak dat er over alternatieve inkomstenbronnen wordt nagedacht. Bijvoorbeeld een kilometerheffing voor alle voertuigen. Wellicht kan een eerste snelle stap een kilometerheffing voor vrachtwagens zijn. Ervaringen uit omliggende landen leren ons dat invoering van een kilometerheffing voor zwaar vervoer in de meeste recente gevallen in circa twee jaar kan worden gerealiseerd.