

## Samenvatting

De belangstelling om wagens niet meer op benzine of diesel te laden rijden is sterk toegenomen. De groeiende aandacht voor het milieu en de fors slinkende voorraad fossiele brandstoffen is hieraan niet vreemd. Zo wordt er ondermeer veel verwacht van elektrische wagens. Het grootste nadeel van deze voertuigen is momenteel, naast de aankoopprijs, de beperkte actieradius. Vandaag kan men met een elektrisch voertuig ongeveer 150 km rijden. Het is belangrijk na te denken op welke manieren batterijen opgeladen kunnen worden en hoe de oplaadinfrastructuur in de verdeelpunten (stations) er moet uitzien.

In mijn onderzoek werd nagegaan wat de verwachte penetratiegraad van elektrische voertuigen in België zal zijn en welke factoren de opkomst ervan ondersteunen. Vervolgens werd getracht een antwoord te geven op de vraag hoe voertuigbatterijen efficiënt en comfortabel opgeladen kunnen worden. Er werd aandacht besteed aan zowel draadloze als niet-draadloze oplaadtechnieken. Bij deze laatste kan men denken aan oplaadpalen en batterijwisselstations. Oplaadpalen worden via een stroomdraad rechtstreeks verbonden met de wagen om de batterij op te laden. In batterijwisselstations kan een lege batterij via een drive-in systeem zeer snel voor een volle ingeruild worden. Daarnaast is er ruime aandacht voor draadloze systemen. Een fysieke connectie is dan overbodig. Er werd nagegaan welke technieken het best geschikt zijn voor het draadloos opladen van voertuigbatterijen. Magnetische resonante inductie lijkt hierbij de meeste voordelen te bieden.

Uit ons vooronderzoek bleek dat er weinig vergelijkende analyses bestaan tussen de diverse oplaadtechnieken. Een van de doelstellingen van deze masterproef was de verschillende oplaadsystemen vanuit verschillende oogpunten te vergelijken: technisch, financieel en strategisch.

Deze studie leert dat het *technisch* mogelijk is met de voorgestelde systemen de batterijen van elektrische voertuigen te laden. Met betrekking tot het draadloos opladen dient er nog verder onderzocht te worden hoe de straling voor mens en elektronica beperkt kan worden.

In dit onderzoek is een *economisch* model ontworpen dat op basis van een kasstroomanalyse de interne opbrengstvoet berekent. Er is vastgesteld dat op korte termijn oplaadpalen het meest kostenefficiënt zijn, gevolgd door het draadloos opladen en het omwisselen van batterijen in stations.

Tot slot scoorden experts de verschillende oplaadtechnieken volgens een set van *strategische* criteria. Ook vanuit dit strategisch oogpunt zien experts op korte termijn het meest potentieel om elektrische voertuigen via laadpalen op te laden. Op middellange termijn kan het draadloos opladen een valabele concurrent worden. Er wordt verwacht dat batterijwisselstations en draadloos opladen in eerste instantie weggelegd zijn voor nichemarkten zoals vrachtwagenvervoer (wisselstations), taxistandplaatsen en openbaar vervoer (draadloos opladen).

## Conclusie

In een eerste deel is de toekomst van elektrische voertuigen in België bestudeerd. Uit verschillende studies bleek dat er een grote mate van onzekerheid bestaat over het geschatte aantal EV op onze wegen in 2020. Volgens eerste schattingen worden er tussen de 200.000 en 1.000.000 elektrische wagens verwacht. Wij gingen factoren na waaraan voldaan dient te worden om de opkomst van EV te stimuleren. Zo zal, dankzij verdere technologische ontwikkelingen, aan sommige van deze factoren (zoals batterijperformantie en batterijkost) tegemoet gekomen worden. Andere factoren, zoals het creëren van een globale visie en een wettelijk kader om EV te stimuleren, vragen een doorgedreven initiatief van overheden. Daarnaast bleek het uitbouwen van een goede oplaadinfrastructuur een andere doorslaggevende factor te zijn. Dit laatste aspect werd verder uitgediept in deel twee, drie en vier.

Deel twee - 'Oplaadmogelijkheden voor elektrische wagens' onderzocht hoe deze laadinfrastructuur er kan uitzien. Deze studie hield rekening met drie oplaadmogelijkheden: laadpalen, batterijwisselstations en draadloze oplaadtechnieken. In het verder analyseren van de draadloze oplaadmogelijkheden bleek dat verre veld technieken omwille van efficiëntie- en veiligheidsaspecten het minst geschikt zijn om elektrische wagens te laden. Magnetische inductie (in het nabije veld) en magnetische resonante inductie (in het middellange veld) zijn hiertoe beter in staat.

In deze studie werd een voorkeur uitgesproken voor magnetische resonante inductie (WiTricity). Dankzij magnetische resonante inductie is het, mits een goede frequentiesturing, minder noodzakelijk zender en ontvanger zeer goed te positioneren ten opzichte van elkaar om een hoge efficiëntie te bereiken. Via magnetische inductie is de positionering van zender en ontvanger wel zeer belangrijk. Dit maakt het systeem minder gebruiksvriendelijk doordat de wagen zeer specifiek gestationeerd zal moeten worden. Bovendien is de koppeling via WiTricity-laden sterk. Dankzij deze sterke koppeling ontstaat er minder strooistraling in de omgeving van de wagen.

In een derde deel zijn de drie oplaadmogelijkheden dieper geanalyseerd vanuit een technologisch, economisch en strategisch perspectief.

Daaruit bleek dat het voor de drie voorgestelde laadtechnieken technisch haalbaar is om EV van energie te voorzien. Vanuit een financieel standpunt zijn batterijwisselstations de duurste oplaadtechniek. Zo dienen wisselstationuitbaters minstens 90<sup>1</sup> euro per wisselbeurt aan te rekenen. Indien voor een abonnementsformule gekozen wordt waardoor cliënten onbeperkt van batterij kunnen wisselen is een abonnementsprijs van 1.000 euro noodzakelijk. In de financiële analyse is vastgesteld dat de interne opbrengstvoet van batterijwisselstations slechts beperkt afhankelijk zijn van de kostprijs van energie. Dit is niet zo bij laadpalen of draadloze laadtechnieken en dit omdat batterijwisselstations een erg hoge investering vragen wat infrastructuur en batterijvoorraad betreft.

Uit de financiële analyse blijkt dat het kostenverschil tussen laadpalen en draadloos laden miniem is. Zo is draadloos laden bij een interne opbrengstvoet van 15% en een verwachte elektriciteitskost van 0,18 euro/kWh slechts 5 eurocent/kWh duurder. In een

---

<sup>1</sup> Bij een gewenste interne opbrengstvoet van 15%

abonnementsformule kost een jaarabonnement draadloos laden bij ditzelfde scenario 25 euro meer. Ondanks dit kleine prijsverschil moeten uitspraken zoals *draadloos laden is bijna even goedkoop als laadpalen* genuanceerd worden. In het financiële model is de kostprijs van een draadloos systeem immers geschat volgens eerste indicatieve gegevens. Exacte kostcijfers zijn tot op heden niet publiek bekend.

De hoge mate van onzekerheid m.b.t. de vraag naar EV (zie hoofdstuk 3) maakt dat private investeringen zich meestal richten op de minst kostelijke korte termijn technologieën, ondanks de mogelijkheid dat hogere kosten in een andere technologie, hogere opbrengsten kunnen leveren op lange termijn (Stern, 2006). Vanuit deze visie zijn laadpalen op korte termijn te verkiezen.

In dit werk hebben experts de drie systemen strategisch vergeleken en gescoord. Uit het onderzoek bleek dat ook vanuit dit standpunt de voorkeur uitgaat naar laadpalen.

Laadpalen zijn relatief goedkoop en staat technologisch op punt. Verder zijn consumenten vertrouwd met het systeem om elektrische toestellen via het net op te laden. Oplaadpalen kennen een eenvoudige werking en zijn efficiënt. Een van de aandachtspunten voor laadpalen is veiligheid. Zo zullen de stroomkabels regelmatig gecontroleerd moeten worden op beschadigingen en kan er bij een foutieve aansluiting gevaar ontstaan. Verder is de gebruikservaring niet optimaal. Er is een manuele handeling van de gebruiker vereist om de batterij te laden en de laadsnelheid via een normale laadpaal is erg traag (4-8 uur). Snellaadpalen kunnen deze gebruikssnelheid verhogen, maar zijn naast erg duur, nadelig voor de levensduur van de batterij.

Experts zien weinig potentieel op korte termijn voor het laden van EV via batterijwisselstations. Dergelijke stations vragen een hoge investering (in infrastructuur en in batterijvoorraad), zijn erg standaardafhankelijk en moeilijk aanpasbaar bij technologische veranderingen. Bovendien is een continue controle van de kwaliteit van de batterijen vereist. Gebruikers die een batterij van inferieure kwaliteit in de wagen geplaatst krijgen en na enkele kilometers stilvallen, zullen het wisselstation verantwoordelijk stellen. Aan de andere kant zijn dergelijke wisselsystemen extreem snel en veilig. Bovendien zorgt het voor een ongeziene gebruikservaring, die zelf hoger is dan de huidige manier van tanken. Doordat de batterijen centraal gestockeerd worden kunnen deze op zeer efficiënte wijze worden geladen.

Op middellange termijn zijn er mogelijkheden om EV via draadloze laadtechnieken te laden. De gebruikservaring bij draadloos laden is erg hoog. Automobilisten kunnen de wagen laden zonder al te veel handelingen. Dit verhoogt de veiligheid naar de gebruiker toe. Doordat er geen rechtsreeks contact vereist is, is er weinig gevaar voor elektrocutie. Daarnaast zijn draadloze laadsystemen erg onderhoudsvriendelijk. Er is weinig slijtage van de onderdelen doordat er geen rechtstreeks contact ontstaat tussen zender en ontvanger. Verder onderzoek is noodzakelijk om de efficiëntie te verbeteren en de opgewekte straling te beperken. Belangrijk om op te merken is dat draadloos laden, het als enige laadtechniek mogelijk maakt de wagen dynamisch te laden. Op die manier kan er energie verzonden worden naar het EV tijdens het rijden.

In een vierde deel werden aanbevelingen, mogelijke afzetmarkten en verder onderzoek toegelicht.

Laadpalen zullen in een eerste fase een cruciale rol spelen voor het laden van EV. Er wordt verwacht dat de ontwikkeling van draadloze laadtechnieken en batterijwisselstations zich in eerste instantie zal concentreren op nichemarkten. Voor batterijwisselstations wordt gedacht aan wegtransport, voor het draadloos laden aan het laden van wagenparken van bedrijven, openbaar vervoer en het voorzien van draadloze energie aan wachtplaatsen voor taxi's.

Tot slot vermelden we enkele actiepunten die de ontwikkeling van oplaadinfrastructuur zullen bevorderen.

- Het opstellen van een visie en een (inter)nationaal masterplan door de overheid, autoconstructeurs, laadpuntproducenten en energieleveranciers. Daarbij gaat de aandacht ondermeer naar de invloed en plaats van EV en haar laadinfrastructuur op korte en lange termijn.
- Het vastleggen van standaarden voor laadpalen, batterijwisselstations en draadloze laadtechnieken.
- Het verder onderzoeken van de behoeften, de afstandsvrees en betalingsbereidheid van consumenten voor oplaadinfrastructuur.
- Het verder onderzoeken wat de verwachte gebruiksgraad van laadpunten, hetzij laadstations, batterijwisselstations of draadloze laadsystemen, zal zijn.