

Onzekerheid en mogelijke beleidsrichtingen voor gemeenten in aanleg van laadinfrastructuur voor elektrische auto's¹

Freek Kuipéri, MSc
KWINK groep ²

Prof. Dr. Marina van Geenhuizen
Techniek, Bestuur en Management, TU Delft ³

Dr. Jan Anne Annema
Techniek, Bestuur en Management, TU Delft ⁴

Elektrisch rijden is een van de oplossingen om fossiel energiegebruik terug te dringen en de luchtkwaliteit in steden te verbeteren. Gemeenten spelen, als verantwoordelijke voor de lokale openbare ruimte, een sleutelrol in de totstandkoming van de benodigde laadinfrastructuur voor elektrische voertuigen. Gemeenten die voor deze opgave staan, worden evenwel geconfronteerd met meervoudige onzekerheid. Vanuit de behoefte aan een adaptief beleid om met onzekerheid om te gaan, biedt dit artikel een handvat aan gemeenten op twee punten. Ten eerste, om het aantal benodigde laadpalen per buurt te kunnen schatten en ten tweede, om met concrete onzekerheden om te kunnen gaan in lerend beleid. We geven eerst een overzicht van onzekerheden en berekenen vervolgens op basis van landelijk beleid en technologische ontwikkeling vier scenario's van vraag naar elektrische auto's voor 2020 en 2025. De scenario-uitkomsten vormen input voor een lokaal model waarmee het aantal benodigde laadpunten per buurt kan worden berekend. Uitgangspunt in het model is een energievergelijking waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen functies van de buurt en tussen demografische kenmerken. De bandbreedte in uitkomsten is groot, dit onderstreept de noodzaak van een adaptief beleid van gemeenten. Vervolgens richt de discussie zich op de vraag aan welke aspecten van EV beleid gemeenten een hoge waarde hechten. Dit vormt mede een uitgangspunt voor het opstellen van diverse beleidsrichtingen in een adaptief beleidskader. In een overzicht worden diverse soorten onzekerheid besproken, indicatoren/signalen voorgesteld en leeropties aangegeven. De conclusie is dat onzekerheid in vraag naar EV's en in technologische ontwikkeling diepgaande gevolgen heeft voor de vraag naar laadinfrastructuur per buurt en hiermee is een meervoudige en actieve monitoring en eventueel bijstelling van beleid noodzakelijk.

Trefwoorden: adaptief beleid, elektrische auto (EV), gemeenten, laadinfrastructuur, onzekerheid

¹ Dit paper is merendeels gebaseerd op het afstudeerwerk van F.T. Kuipéri aan de TU Delft, faculteit Technology, Policy and Management, MSc Management of Technology, 'Strategy to facilitate EV-infrastructure on local level'.

² KWINK groep, E: fkuperi@kwinkgroep.nl

³ TU Delft, E: m.s.vangeenhuizen@tudelft.nl

⁴ TU Delft, E: j.a.annema@tudelft.nl

1. Inleiding

Onderzoek wereldwijd wijst op het belang van een overgang naar duurzame vormen van energie. De voornaamste redenen zijn de opwarming van het klimaat en de hieruit volgende noodzaak van een reductie in CO₂ uitstoot (Jacobsson & Johnson, 2000); (IEA, 2014); (Kotter & Shaw, 2013) en de beperkte voorraden van fossiele energiebronnen, gekoppeld aan de noodzaak van zekerheid van energie beschikbaarheid (Catenacci, Verdolini, Bosetti, & Fiorese, 2013).

Een oplossingsrichting voor dit vraagstuk ligt deels besloten in het transportsysteem: een verschuiving van de conventionele, op olie gebaseerde, transportmiddelen naar transportmiddelen gebaseerd op elektrische aandrijving, waarbij de herkomst van elektriciteit bij voorkeur niet-fossiele verbranding is. Hiernaast is de bijdrage van elektrisch vervoer aan de reductie van lokale uitstoot van verbrandingsgassen en verbetering van de luchtkwaliteit met name in steden van belang (TNO, 2015) (Steinhilber, Wells, & Thankappan, 2013). In dit kader heeft de Nederlandse regering sinds 2011 doelen gesteld op het gebied van elektrisch vervoer en zijn maatregelen genomen die de adoptie van elektrisch vervoer door de markt moeten versnellen (Ministerie van Economische Zaken, 2011). Recent werd intensivering van dit beleid voorgesteld (Minister van Economische Zaken en Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu, 2016).

Wat betreft de aanschaf van elektrische auto's is aangetoond dat de belangrijkste factoren de actieradius van de batterij en de beschikbaarheid van een laadinfrastructuur zijn (APPM, 2014); (Namdeo, Tiwary, & Dziurla, 2014) (van Wee, Maat & de Bont, 2015). In het versnellen van de adoptie van elektrisch vervoer is de beschikbaarheid van een laadinfrastructuur dus één van de doorslaggevende factoren. Nederlandse gemeenten spelen een belangrijke rol bij de implementatie van laadinfrastructuur omdat zij de verantwoordelijke autoriteit voor de lokale publieke ruimte zijn. In de aanvraag, aanleg en facilitering van laadpunten zouden gemeenten dus een bepaalde beleidsrichting kunnen kiezen.

Vele wat grotere gemeenten in Nederland hebben evenwel geen beleid of ambitie ontwikkeld op het gebied van elektrisch vervoer (Buitelaar, 2015). Dit resulteert in een moeizaam proces van implementatie van laadinfrastructuur, die ook nog eens wordt bemoeilijkt door afwezigheid van marktpartijen vanwege niet sluitende business cases van laadpunten. Op dit moment is het voor de markt niet interessant om in laadpunten binnen de bebouwde kom te investeren wanneer daar geen mede-investering (subsidie) vanuit de overheid tegenover staat. Aan de andere kant hebben gemeenten vaak niet de specifieke kennis in huis om een beleid rondom laadpunten te ontwikkelen en vast te stellen voor de bebouwde kom. Juist gemeenten vormen een essentiële schakel in het succesvol implementeren van elektrisch rijden. Voornamelijk in grote steden is dit te zien in de uitrolplannen voor laadpunten in de komende jaren. Zo legt Amsterdam in 2016 250 nieuwe laadpunten aan en Den Haag 600 (Verlaan, 2016).

Gegeven deze achtergrond, hebben gemeenten behoefte aan onderzoek naar de mogelijke beleidsrichtingen waaruit zij zouden kunnen kiezen. De behoefte aan laadinfrastructuur in de stad is onderhevig aan diverse invloeden die elk onzeker zijn. Zo is de toekomstige vraag naar elektrische auto's onzeker, niet alleen op nationaal niveau maar ook op gemeentelijk en zelfs buurtniveau. Hoeveel behoefte er is aan laadpalen en op welke plaats precies, is dus in zekere mate onbekend. Technische ontwikkelingen in de manieren van opladen hebben eveneens invloed op de behoefte aan laadpalen, en zijn ook onzeker. Voor het omgaan met al deze onzekerheden door gemeenten lijkt 'adaptief' beleid nodig. Dit is een soort beleidsproces waarbij deelmaatregelen kunnen worden aangepast als de inzichten veranderen in de noodzaak van het doel van beleid of in de werkzaamheid van middelen om dat doel te bereiken (Marchau et al., 2010; Van Wee en Maat, 2015).

Gelet op het voorgaande zijn vanuit een beleidsoptiek de volgende vragen van belang:

Welke onzekerheden treden op in adoptie van elektrisch vervoer op lokaal niveau in de komende 5 tot 10 jaar en hoe kan hiermee in gemeentelijk beleid worden omgegaan, met voor- en nadelen? Uit welke beleidsrichtingen kunnen gemeenten kiezen om de laadinfrastructuur te bevorderen, rekening houdend met diverse onzekerheden en adaptief beleid?

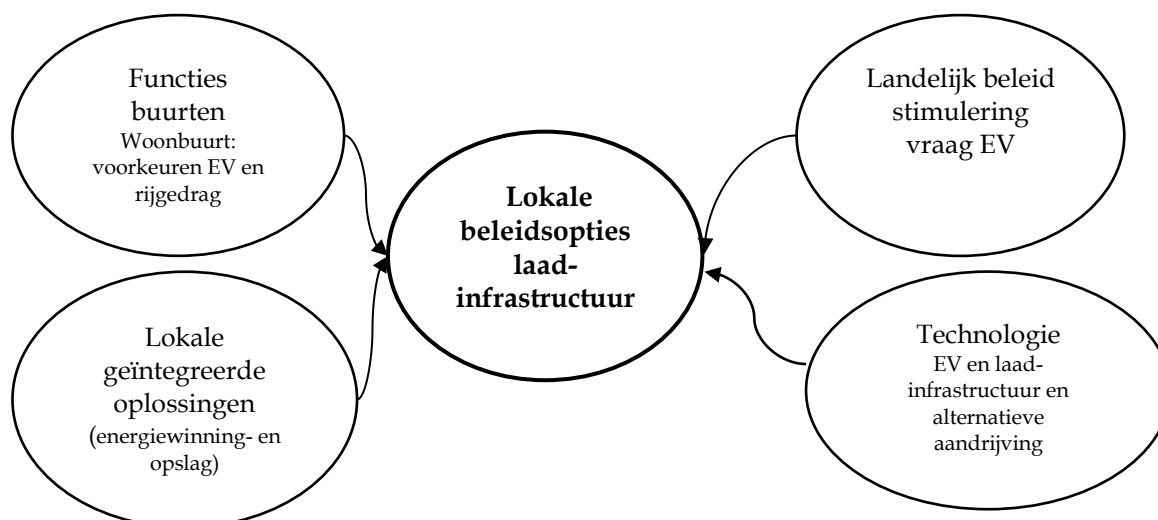
In eerder onderzoek is beleid ter stimulering van elektrisch vervoer geanalyseerd met de focus op nationaal beleid (van Wee, Maat, & de Bont, 2015). Hiernaast heeft Bureau APPM onderzoek gedaan naar het verband tussen gemeentelijk beleid om elektrisch vervoer te stimuleren en het aantal elektrische auto's in een gemeente (APPM, 2014). Ons artikel is anders omdat de nadruk ligt op onzekerheden in de toekomst wat betreft de vraag naar elektrische auto's, met het doel om gemeenten te adviseren over een passende beleidsaanpak.

We inventariseren eerst de onzekere factoren die van invloed kunnen zijn op gemeentelijk beleid voor laadinfrastructuur en nemen vervolgens een belangrijke factor hiervan onder de loep, namelijk de vraag naar elektrische auto's landelijk gezien waarbij we scenario-analyse gebruiken (Sectie 2). De uitkomsten hiervan worden vervolgens vertaald in schattingen van het aantal benodigde laadpunten per type buurt in 2020 en 2025 (Sectie 3). In een volgende stap is onderzocht welke criteria (en in welke mate) gemeenten (onderverdeeld in grote en kleinere gemeenten) belangrijk vinden in hun beleid, variërend van kosten voor de gemeente tot onzekerheid in de toekomstige vraag naar elektrische auto's (Sectie 4). In de laatste stap wordt een aantal voorbeelden van opties gepresenteerd in het kader van een 'adaptief' beleid voor gemeenten en wordt aangegeven hoe hiermee kan worden omgaan (Sectie 5). In de conclusie volgen een samenvatting van de resultaten en suggesties voor toekomstig onderzoek.

2. Onzekerheid op landelijk en lokaal niveau

2.1 Invloeden, onzekerheid en benadering hiervan

Beleidskeuzen omtrent lokale laadinfrastructuur worden beïnvloed door een set van diverse factoren, sommige werken ook op landelijk of hoger niveau, andere werken alleen op lokaal niveau van de buurten (Figuur 1). Het gaat om een vereenvoudigd model omdat onderlinge relaties tussen de factoren niet zijn opgenomen.



Figuur 1: Vereenvoudigd diagram van invloeden op lokale beleidsopties laadinfrastructuur.

Alle factoren zijn onderhevig aan onzekerheid, de een meer dan de ander en de een meer op korte en de andere meer op langere termijn. Technologie en de ontwikkeling hierin bijvoorbeeld hebben merendeels op de langere termijn een impact. Zo zou gebruik van waterstof of van brandstofcellen als alternatieve energiebron de vraag naar elektrische auto's kunnen verminderen (Zheng et al., 2015). Een tweede invloed is het landelijk beleid in Nederland om de vraag naar elektrische auto's te stimuleren. Momenteel wordt vooral ingezet op de zakelijke leaseautomarkt, maar het profiel van de gebruiker en de stadsbuurten waar deze wonen zouden kunnen veranderen als de overheid haar beleid vooral richt op de particuliere markt en bijvoorbeeld op aankooppremies voor volledig elektrische auto's (Verlaan, 2016).

De vraag naar laadinfrastructuur op buurtniveau wordt bepaald door de dominante ruimtelijke functie: werken (kantoor/industrie), commercie (winkelen, horeca, eventueel, evenementen) en wonen. Bij wonen gaat het om de dichtheid van bewoning en voorkeuren van bewoners voor elektrisch rijden, maar ook om hun rijgedrag in de zin van voorkeuren voor lange/korte afstanden, wat het laadgedrag mede beïnvloedt.

De laatste en ook meest recente invloed is die van de opkomst van geïntegreerde oplossingen, waarbij alternatieve energiewinning wordt gekoppeld aan elektrische auto's als medium voor opslag. In de proeftuin op dit terrein, in de wijk Lombok in Utrecht, gaat het om een opslagsysteem (Vehicle2Grid) waarin een slimme laadpaal de auto-accu laadt met 100% zonne-energie en ontladst als het huishouden elektriciteit nodig heeft (Economic Board Utrecht, 2015). Veel is afhankelijk van de snelheid waarin accu's met meer vermogen op de markt komen en van de samenwerking met netbeheerders. Wat de voor- en nadelen zijn en hoe het beste kan worden afgestemd op de energiebehoeften en het rijgedrag van de bewoners, moet nog verder worden onderzocht.

Duidelijk is dat alle bovengenoemde factoren onzeker zijn. In de afgelopen decennia zijn er verschillende benaderingen ontwikkeld om met dergelijke onzekerheden om te gaan. We noemen hier alleen benaderingen waarin het bestaan van belangrijke onzekerheid wordt onderkend (van Geenhuizen & Nijkamp, 2003); (Manzo, Nielsen, & Prato, 2015):

1. 'Fiction thinking': denken over het vraagstuk zonder binnen de limieten van geldende beperkingen te blijven.
2. 'Scenario thinking': betekenisvolle toekomstige mogelijkheden onderzoeken en definiëren, eventueel deels buiten geldende beperkingen.
3. 'Evolutionary thinking': uitgaan van gedragsmechanisme dat voor constante verandering zorgt.
4. 'Learning thinking': uitgaan van positieve en negatieve feedbackloops die zorgen voor een lerend effect en aanpassen van beleid (adaptief beleid)

De benadering in dit artikel is 'learning thinking', in de vorm van ideeën voor adaptief gemeentelijk beleid, waarin ook van scenario's gebruik kan worden gemaakt. De reden hiervoor is dat elektrisch rijden een innovatieve technologie is waarin veel verandert en die sterk onder invloed staat van vraagsturing. In een dergelijke situatie biedt het meerwaarde om in lokaal beleid lerend vermogen op te nemen waardoor bijvoorbeeld veranderingen in de technologie en effecten van beleid op de vraag snel kunnen worden opgespoord en geabsorbeerd. In de rest van deze paragraaf is de aandacht gericht op een voorbeeld van scenario-analyse van de landelijke vraag naar elektrische auto's waarin zowel elementen zijn verwerkt van technologische onzekerheid als onzekerheid in nationaal beleid.

2.2 Scenario-analyse

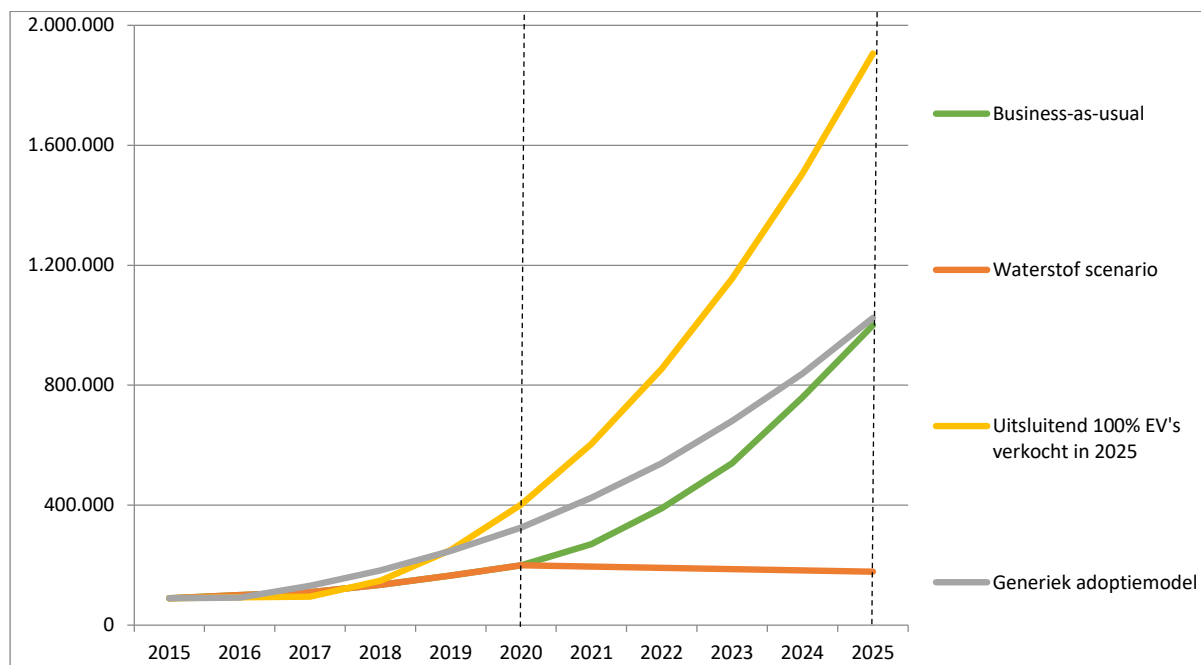
Het doel van de gekozen scenario-analyse is het illustreren van onderbouwde mogelijke ontwikkelingen op het gebied van de vraag naar elektrisch rijden. Voor deze scenario-analyse zijn onzekerheden in externe factoren, vanuit het perspectief van de gemeente, geïdentificeerd. Deze vormen mede de basis voor te formuleren opties in het adaptieve beleidskader (in 't Veld, 2013). Hierbij gaat het om stimulering van vraag naar elektrische auto's in landelijk beleid en om ontwikkelingen in technologie en adoptie door de markt.

Figuur 2 toont uitkomsten van verschillende scenario's. Zo is er een 'business-as-usual-scenario' (BAU) ontwikkeld waarin nationaal beleid ter stimulering van de vraag naar elektrisch rijden wordt voortgezet, zij het met een mogelijke verschuiving in gebruikers. In de Autobrief II wordt aangekondigd dat het beleid rond stimuleren van elektrisch rijden zal worden aangepast (Wiebes, 2015). Hierbij wordt het stimuleren van plug-in hybridemodellen (zowel verbrandingsmotor als elektrische aandrijflijn) afgebouwd en komt de focus te liggen op volledig elektrische modellen en derhalve mogelijk ook sterker op de markt van particulieren.

Verder is er een scenario ontwikkeld van 'volledig elektrische nieuw verkoop in 2025' dat gebaseerd is op de veronderstelling dat het landelijk beleid erin slaagt de ambitie van verkoop van volledig uitstootvrije nieuwe auto's te realiseren (Tweede Kamer, 2015-2016, Nader gewijzigde motie Jan Vos, kamerstuk 30 196, nr. 449). Een belangrijke voorwaarde is ook dat er voldoende aantallen betaalbare modellen van volledig elektrische auto's op de markt gaan komen, en dit lijkt mogelijk te zijn gelet op de recente aankondiging van verschillende autofabrikanten om eind 2017/begin 2018 meer betaalbare modellen te introduceren (Jessayan, 2016). Uitgaande van een lineaire toename in de verkoop van volledig elektrische auto's tussen 2018 en 2025 leidt dit tot bijna 1,9 miljoen (volledig) EV's in 2025. Dit is een omvangrijk verschil met het 'BAU scenario' dat in 2025 uitkomt op 1 miljoen. Ook in 2020 is er al een beduidend hoger aantal EV's vergeleken met dit scenario, namelijk 400.000 ten opzichte van 200.000.

Er is ook een zogenaamde generieke adoptiemodel ontworpen uitgaande van de bereidheid van consumenten om de overstap te maken van een fossiele brandstof voertuig naar een EV. Op basis van het generieke S-curve model van technologische adoptie is een regressie uitgevoerd van de ontwikkeling van het marktaandeel EV's. De groei is gebaseerd op de ontwikkeling in het marktaandeel van eerdere technologische innovaties (Ortt, Shah, & Zegveld, 2007) waarbij het marktaandeel van EV's in de afgelopen jaren volgens een logistische functie is 'doorgetrokken' naar 2020 en 2025. Groei als gevolg van het aflopen van de gunstige 0% bijtelling regeling is buiten beschouwing gebleven (Maarsen, 2014). Aan de hand van deze schatting zijn er in 2020 325.000 EV's in Nederland en in 2025 1.025.000.

Een vierde scenario is dat waterstof (of hieraan gerelateerde brandstofcel) de dominante duurzame brandstof wordt in de toekomst. In dit geval zijn geen laadpunten meer nodig en is de verwachting dat de overheid stopt met het stimuleren van elektrisch vervoer. Het is niet plausibel dat deze ontwikkeling zal optreden voor 2020 omdat de technologie momenteel nog niet volledig beschikbaar is. De verwachting is daarom dat het aantal EV's op de markt na 2020 terug zal lopen. Dit waterstof-scenario is in feite het meest drastische scenario vanuit het oogpunt van elektrisch rijden: het aantal EV's blijft in 2020 op minder dan 200.000 steken.



Figuur 2: Vier scenario's van vraag naar EV's, 2020 en 2025.

De voorgaande scenario's geven een indicatie van het aantal elektrische voertuigen in Nederland. De geschetste bandbreedte lijkt erg groot, maar dat valt nog te bezien gelet op de vele onzekerheden. Voor de korte termijn lijken het BAU- scenario en Generiek adoptiemodel scenario gebaseerd te kunnen worden op voortzetting van recente ontwikkelingen en stimuleringsbeleid. Maar later neemt de onzekerheid in deze toekomstbeelden sterk toe, bijvoorbeeld juist wat betreft vraagstimulering door de overheid. De overheid kan beleid afbouwen als de actieradius van EV's voldoende vergroot is en een mogelijk nadeel voor gebruikers is komen te vervallen. Tevens bestaat de kans dat er schonere en veel zuinigere benzine- en dieselmotoren op de markt worden gebracht waardoor de vraagstimulering van EV's minder opportuun wordt. Ook illustreert het waterstof-scenario dat benzine en diesel mogelijk worden vervangen door een heel andere CO₂-arme en schone brandstof dan elektriciteit. En tenslotte, als de urgentie van EV's blijft toenemen omdat de alternatieve technologische veranderingen juist achterblijven, zou de overheid kunnen besluiten te streven naar verkoop van alleen volledig elektrische nieuwe auto's in 2025. Een dergelijke ontwikkeling kan dan leiden tot een totaal ander toekomstbeeld met een veel hogere vraag naar laadpalen per buurt.

3. Ook onzekerheid omtrent aantal laadpunten per buurt

3.1 Type buurten en schatting van toekomstig aantal laadpunten

Voor gemeentelijk beleid is het om twee redenen belangrijk om op lokale schaal de vraag naar laadpunten te onderzoeken. Ten eerste, om het verwachte gebruik van een laadpunt en daarmee het verdienpotentieel van een laadpunt vast te stellen. Dit is belangrijk om op termijn marktwerking te bereiken. En ten tweede, om een minimale bezettingsgraad te waarborgen waardoor schaarse parkeerruimte niet nodeloos wordt opgeofferd.

In dit onderdeel wordt de vraag naar laadpunten in diverse typen buurten geschat, onder andere gebaseerd op de bovenstaande scenario's. Om een beeld te krijgen van de vraag naar laadpunten per buurt is het eerst nodig de diverse typen buurten te identificeren waartussen deze vraag verschilt. Hierbij zijn demografische en ruimtelijke kenmerken van buurten belangrijk. De indeling van de ruimte verschilt per buurt en dit heeft gevolgen voor de beschikbaarheid van het

aantal parkeerplekken. Daarnaast zijn er verschillen in vraag naar elektrische voertuigen op basis van buurtfunctie, zoals wonen, werken, winkelen (Hidrue, Parsons, Kempton, & Gardner, 2011); (Namdeo, Tiwary, & Dziurla, 2014); (Wirges, Linder, & Kessler, 2012) en op basis van demografische kenmerken, zoals inkomen en gezinssamenstelling, en rijgedrag (afstanden).

Eerst is gezocht naar een typering van buurten in de vraag naar laadpunten. Er is uitgegaan van de CBS-definitie van buurten (CBS, 2015) en er is een representatieve steekproef van 400 buurten uit ruim 3.800 buurten met een bevolkingsdichtheid van 2000 inwoners per km² en hoger onderzocht. De grens is bij deze bevolkingsdichtheid gelegd omdat in buurten met een lagere dichtheid over het algemeen particuliere oprijlanen beschikbaar zijn en parkeren/opladen in de openbare ruimte dus niet van toepassing is. Het huidige aantal laadpunten in de 400 buurten is vergeleken voor verschillende kenmerken van deze buurten. Hierbij zijn categorieën van buurten gemaakt aan de hand van de demografische kenmerken leeftijd, inkomen, aantal auto's per huishouden en aantal personen per huishouden, en is de ruimtelijke functie van een buurt meegenomen, op basis van drie typen, namelijk commerciële buurt, werkbuilt en woonbuurt. In een aantal gevallen bestaat overlap tussen de functie van buurten. Bij het vergelijken van het aantal laadpunten is een verschil gevonden tussen buurten met verschillende functies en indeling op basis van het inkomen in een buurt (significantie getest met MannWhitney toets, Sekaran & Bougie, 2009).

1. Commerciële buurt (winkels, horeca, eventueel evenementen);
2. Werkbuurt (kantoren, retail, industrie);
3. Woonbuurt met hoge inkomens;
4. Woonbuurt met lage inkomens.

Vervolgens is de vraag naar laadpunten geschat met behulp van een bestaand model (Wirges, Lindner, & Kessler, 2012). Dit model maakt gebruik van het aantal EV's in de scenario's en verschillen tussen de hierboven geïdentificeerde type buurten. De formule is opgesteld op basis van een energie vergelijking met als uitgangspunt dat de hoeveelheid energie die een EV gebruikt gelijk is aan de hoeveelheid energie die wordt opgeladen. Op basis van rij- en laadgedrag en kenmerken van de laadtechnologie is vervolgens een vergelijking opgesteld, waarbij de totale energie die alle EV's in een buurt op een dag gebruiken gelijk wordt gesteld aan de totale energie die alle laadpunten in een buurt leveren op een dag. Daarbij wordt alleen gekeken naar publiek opgeladen stroom, daarom is de correctiefactor $R_{n,t}$ toegevoegd (Wirges, Linder, & Kessler, 2012):

$$C_{n,t} = \frac{(e_t * d_t * R_{n,t})}{(P_t * 24h * U_n)} * EV_{n,t} \quad (1)$$

De variabelen in het model zijn in een aantal gevallen dynamisch. Dit wordt weergegeven met een subscript t. De variabelen die afhankelijk zijn van de buurt, hebben het subscript n.

De volgende variabelen zijn gebruikt:

1. $C_{n,t}$ = vraag naar laadpunten in een buurt is de afhankelijke variabele van het model en wordt berekend aan de hand van de formule.
2. e_t = energiegebruik EV per kilometer. Dit energiegebruik is afhankelijk van technologische voortuitgang in de batterij en aandrijfsysteem. Aangenomen is dat deze 0,16 kWh/km bedraagt in 2020 en tussen de 0,14 kWh/km en 0,16 kWh/km in 2025 (Abrams, 2013).

3. d_t = gemiddeld afgelegde afstand EV per dag. De gemiddelde afgelegde afstand per aandrijftype wordt jaarlijks door het CBS bepaald. Wanneer het type EV rijder verandert, zal ook de gemiddelde afgelegde afstand veranderen. In het model is de huidige gemiddelde afgelegde afstand van een auto gebruikt, 30,7 km per dag (CBS, 2016).
4. $EV_{n,t}$ = aantal EV's in een buurt (n). Dit aantal is afhankelijk van het totale aantal EV's in Nederland en onzeker (zie uitkomsten scenario's).
5. P_t = energie-overdracht van oplaadpunt naar EV per uur. Deze is afhankelijk van het vermogen van het laadpunt en type laadpunt. In het model is uitgegaan van laadpunten in de publieke ruimte. Deze laadpunten hebben momenteel een gemiddelde energie-overdracht van 7,5 kW. De verwachting is dat het vermogen van laadpunten verder zal stijgen. Voor 2025 is daarom voor een bandbreedte tussen de 7,5 kW en 8,5 kW gekozen.
6. U_n = bezettingsgraad laadpunt in een buurt n. Dit is het percentage van de tijd dat het laadpunt actief energie aan het overbrengen is. Huidige laadpunten hebben een gemiddelde bezettingsgraad van 8%; dit is relatief laag vanwege aansluiting gedurende de hele nacht terwijl de batterij op een gegeven moment volledig opgeladen is en er niet meer energie wordt overgebracht. Naarmate de parkeerdruk in de buurt toeneemt, ontstaat de behoefte aan een hogere bezettingsgraad. In het model is met 8% bezettingsgraad gerekend.
7. $R_{n,t}$ = correctiefactor voor het type buurt, vastgesteld volgens het huidige aantal EV's en laadpunten in verschillende type buurten.

De correctiefactor (voor elk van de vier typen buurt) is gebaseerd op gemiddeld inkomen in een buurt, aantal bezoekers in een buurt (afhankelijk van de functie), de verhouding tussen de hoeveelheid energie die geladen wordt in de publieke ruimte en op private parkeergelegenheid. Wanneer de demografische eigenschappen van de EV-rijder veranderen, moet de correctiefactor opnieuw worden bepaald. De mate waarin op dit moment leaseauto's worden gebruikt, is meegenomen (zie punt 3) in de afstand afgelegd per dag (CBS, 2016). Bij een verschuiving naar privaat bezit, zal aanvullend onderzoek verandering in demografische eigenschappen en rijgedrag van de EV-rijder aan het licht moeten brengen.

De schatting van het toekomstig aantal laadpunten per type buurt bestaat uit twee stappen. Op basis van de verzamelde gegevens van de huidige situatie in de 400 buurten is de correctiefactor $R_{n,t}$ voor de verschillende typen buurt bepaald. Vervolgens is deze correctiefactor gebruikt om het toekomstig aantal laadpunten te schatten voor het aantal EV's uit de verschillende scenario's die eerder zijn omschreven. Dit levert een gemiddeld aantal laadpunten per vierkante kilometer in de verschillende buurten op voor 2020 (tabel 1) en met diverse bandbreedte voor 2025 (tabel 2). De verschillen tussen de scenario's en de diverse bandbreedte in 2025 zijn erg groot (tabel 2), met name tussen het waterstof-scenario en het scenario 'uitsluitend 100% EV verkocht in 2025'.

Het is zinvol erop te wijzen dat het model de mogelijkheid biedt om de toekomstige vraag naar laadpunten te schatten per buurt en per scenario, maar het type laadfaciliteit en locatie van laadpunten in een buurt vallen hier buiten. In dit opzicht bestaan weer aparte onzekerheden, die deels door de marktvraag en ook door regelgeving worden beïnvloed.

Tabel 1: Aantal laadpunten (gemiddelden) per km² in type buurten en scenario's in 2020.

Scenario's →	Business-as-usual Waterstof	Uitsluitend volledig elektrische voertuigen verkocht in 2025	Generiek adoptiemodel
Type buurt ↓			
Laag inkomen woonbuurt	6	12	10
Hoog inkomen woonbuurt	10	20	16
Werkbuurt	16	32	26
Commerciële buurt	22	46	37

Tabel 2: Aantal laadpunten (gemiddelden) per km² in type buurten en scenario's in 2025.

Scenario's →	Business-as-usual Generiek adoptiemodel	Waterstof	Uitsluitend volledig elektrische voertuigen verkocht in 2025
Type buurt ↓			
Laag inkomen woonbuurt	20 - 26	4 - 5	36 - 46
Hoog inkomen woonbuurt	24 - 31	4 - 6	43 - 56
Werkbuurt	39 - 50	7 - 9	70 - 90
Commerciële buurt	58 - 75	10 - 13	105 - 136

3.2 Technologie ontwikkeling laadpalen: additionele onzekerheid

De huidige laadtechnologie bestaat uit een paal waaraan een kabel is bevestigd om energie over te dragen van het elektriciteitsnet naar de EV. Wanneer deze methode verandert, kan dit reden zijn voor een veranderende vraag, omdat er bijvoorbeeld geen laadpaal meer nodig is. In het opstellen van beleid is het dus belangrijk om een indicatie te hebben van de dynamiek en onzekerheid in laadtechnologie. De volgende ontwikkelingen doen zich voor:

1. Snelladen: het vermogen is hoger dan bij traditioneel laden en de benodigde energie stroomt dus sneller naar de EV. Snelladen wordt op dit moment al op vele plaatsen geïmplementeerd in Nederland, bijvoorbeeld bij de Superchargers van Tesla en de snellaadstations van Fastned (Fastned, 2015). EV-modellen die nu op de markt komen, zijn ook geschikt voor deze technologie. De verwachting is dat deze technologie de komende jaren verder wordt uitgerold. Weliswaar zijn de kosten van snelladen hoger, maar de vraag naar snellaad punten zal voornamelijk ontstaan op locaties waar EV-rijders bereid zijn meer te betalen omdat ze snel energie nodig hebben, zoals verzorgingsplaatsen langs de snelweg en parkeerterrein bij winkelcentra. Mede hierdoor kan snelladen rendabel zijn zonder facilitering of stimulering door de gemeente. Ten eerste is een hogere bezettingsgraad mogelijk (kort laden, af en aan rijden i.p.v. langdurig parkeren) en ten tweede zijn EV-rijders bereid meer te betalen vanwege hun behoefte aan snel energie laden.
2. Inductief laden: door gebruik van een plaat in de grond en aan de onderkant van de EV, is energie-overdracht mogelijk zonder kabels. Deze technologie bevindt zich op dit moment in een pilot fase (Zheng, et al., 2015); (van Kerkhof & van Sloten, 2014). Voor de implementatie van een inductief laadsysteem zal extra technologie in de EV moeten worden gebouwd. Autofabrikanten kiezen bij additieve technologie, zoals destijds airco en automatische deurvergrendeling, vaak voor een optionele strategie. Inductief laden zal dan in eerste instantie waarschijnlijk als optie worden aangeboden. De uitwerking op de locaties moet nog worden gezien, bijvoorbeeld of auto's paarsgewijs van dezelfde plaat gebruik kunnen maken.

Hiernaast zijn er ook ontwikkelingen om het laden van het aantal auto's per paal te vergroten en beter te stroomlijnen. Het gaat om laadpunten met meerdere uitgangen (inktvismodel) maar ook om regelgeving over de tijd waarin individuele gebruikers kunnen opladen (time slot) en over toestaan/verbieden van het ontkoppelen van auto's van anderen. In dit verband wordt regelgeving onderzocht en ontworpen (Bonges III & Lusk, 2016).

3.3 Verdienmodel

Het is nog onzeker welk verdienenmodel voor de laadinfrastructuur dominant zal worden. Momenteel is de business case voor de exploitatie van laadpunten nog niet sluitend (PwC, 2012). Er zijn verschillende business cases die kunnen resulteren in verschillende type laadinfrastructuur. Zo worden laadpunten in de straat bij openbare parkeerplekken gerealiseerd, maar zijn er in toenemende mate ook bedrijven die laadstations langs snelwegen en rond steden

aanleggen. Het is nog onzeker welk model qua verdienpotentieel uiteindelijk dominant zal worden. Het voorgaande model ter schatting van aantal laadpunten per buurt gaat uit van laadpunten op parkeerplaatsen in de publieke ruimte.

4. Beleidsrichtingen en voorkeur gemeente

In dit onderdeel verleggen we de aandacht naar gemeentelijk beleid en naar hun mogelijke voorkeuren wat betreft twee hoofdbeleidsrichtingen, faciliteren en stimuleren (APPM, 2014).

Bij faciliteren kiezen de gemeenten ervoor de aanleg van de EV-infrastructuur te ondersteunen door een juridisch model te creëren voor plaatsing van laadpunten in de openbare ruimte. Er zijn verschillende modellen met elk uiteenlopende eigenschappen ten opzichte van de risico's:

1. Opdrachtenmodel: de gemeente geeft opdrachten voor het plaatsen van laadpunten, waarna de gemeente eigenaar wordt van de laadpunten. De exploitatie dient de gemeente dan zelf te organiseren.
2. Concessiemodel: de gemeente schrijft een concessie uit voor een vooraf vastgestelde periode waarin een inschrijver het recht heeft laadpunten te implementeren en exploiteren.
3. Vergunningenmodel: de gemeente verleent een vergunning aan een partij die een laadpunt implementeert en daarna eigenaar is van een laadpunt. Realisatie en exploitatie komen voor rekening van de private vergunninghouder.

Naast het faciliteren kunnen gemeenten ervoor kiezen stimuleringsmaatregelen te treffen om het aantal laadpunten te vergroten. De voornaamste stimuleringsmaatregelen zijn:

1. Subsidiëren: de aanleg van laadpunten kan worden gesubsidieerd, waarbij onderscheid kan worden gemaakt tussen subsidie voor bedrijven of voor burgers.
2. Parkeervoordelen: de gemeente kan parkeervoordelen hanteren voor elektrische voertuigen. Dit kan meerwaarde bieden voor laadpuntexploitanten om laadpunten aan te leggen, vanwege de mogelijkheid inkomsten te genereren door reserveringskosten te vragen.
3. Reservering laadpunten: de gemeente kan het mogelijk maken dat exploitanten laadpunten reserveren voor EV-rijders waardoor zij gegarandeerd een laadpunt hebben. Dit creëert meerwaarde voor de EV-rijder waardoor het verdienpotentieel wordt verhoogd.

De hier genoemde mogelijkheden zijn slechts een selectie. Zo stelt bijvoorbeeld de stad Vancouver minimumeisen aan het aantal laadpunten in parkeergarages bij nieuwbouw van appartementen. En in steden in Noorwegen worden EV's toegestaan op busbanen en hebben zij privileges op bepaalde parkeerterreinen. Vooral in stadsdelen met filevorming en gebrek aan goedkoop parkeerterrein kan dit een stimulans vormen voor overgaan op elektrisch rijden (Figenbaum et al., 2015) Dit zijn tevens mogelijkheden die Nederlandse gemeenten zouden kunnen overwegen.

Uiteraard kunnen gemeenten er ook voor kiezen niets te doen, niet te faciliteren en ook niet stimuleren, of alleen bewoners te informeren. Elke wijze van ingrijpen (of niet ingrijpen) heeft verschillende uitkomsten op criteria die van belang zijn voor een gemeente zoals de kosten voor de gemeente, effecten op luchtkwaliteit, enzovoort. Met een multi-criteria-analyse (MCA) kan worden geanalyseerd welke beleids optie de voorkeur verdient maar gezien alle onzekerheden (zie vorige paragrafen) is het uitvoeren van een MCA (nog) niet zinvol. Wel is het interessant om alvast criteria en wegingsfactoren voor die criteria te identificeren. In hoeverre bestaat er verschil tussen grote en kleinere gemeenten in hun percepties van het belang van bepaalde criteria? En

wat zouden deze verschillen in percepties - voorzichtig gesteld - kunnen betekenen voor een bepaalde beleidsoptie? Bevolkingsomvang lijkt bij verschillen in percepties bijvoorbeeld van belang omdat grotere gemeenten relatief meer buurten herbergen met een hoge bevolkingsdichtheid die een openbare laadinfrastructuur rechtvaardigt en zij ook meer risico kunnen nemen in het omgaan met onzekerheden.

Medio 2015 is een enquête uitgezet onder beleidsmedewerkers in de gemeentelijke organisatie op het gebied van elektrisch rijden. Hen is gevraagd naar het relatieve belang van verschillende criteria die een rol spelen bij de afweging tussen verschillende beleidsopties om een laadinfrastructuur te faciliteren/stimuleren, zoals kosten, consistentie, veiligheid, et cetera. Het belang is gemeten op een 10-punts schaal. Een totaal van 30 gemeenten is willekeurig gekozen uit drie verschillende grootteklassen van gemeenten: 10 uit een totaal van 32 gemeenten met meer dan 100.000 inwoners; 10 uit een totaal van 42 gemeenten met meer dan 50.000 en minder dan 100.000 inwoners; en 10 uit de ruim 300 gemeenten met minder dan 50.000 inwoners. Naar verhouding zijn kleine gemeenten in de steekproef ondervertegenwoordigd, hetgeen bij de interpretatie moet worden meegenomen.

In tabel 3 staan de trends in het belang dat wordt gehecht aan de diverse aspecten in de keuze van faciliteren/stimuleren van een EV laadinfrastructuur en van gerelateerde beleidsopties. De trends die naar voren komen, zijn het grote belang dat gemiddeld wordt gehecht aan het kostenaspect en de veiligheid van het laadpunt (0,88 en 0,85) en het relatief geringere belang voor het behalen van doelen van luchtkwaliteit (0,61). Opmerkelijk is dat het punt van onzekerheid in de vraag naar laadpunten ook gemiddeld relatief minder belangrijk wordt gevonden (0,69).

Sommige aspecten lijken door grote gemeenten inderdaad significant anders te worden gewaardeerd dan door middelgrote gemeenten waarbij de grens in inwoneraantal waarboven de voorkeuren anders zijn, verschilt per criterium (zie tabel 3):

1. De complexiteit van de aanvraagprocedure voor bewoners (bijvoorbeeld een systematische beantwoording van aanvragen voor laadpunten) wordt door gemeenten met meer dan 100.000 inwoners significant belangrijker gevonden dan door kleinere gemeenten. Hoge bebouwingsdichtheden en parkeerdruk maken het ingaan op de vraag naar een laadpunt in bepaalde wijken in deze steden mogelijk een hachelijke zaak.
2. Een milieuvriendelijke uitstraling van de gemeente wordt door gemeenten met meer dan 50.000 inwoners significant belangrijker gevonden dan door kleinere gemeenten. Of dit ook inderdaad de situatie is in de categorie kleinste gemeenten, zou met een verhoogde steekproef verder verduidelijkt moeten worden.
3. Gemeenten met meer dan 150.000 inwoners vinden het minder belangrijk dan kleinere gemeenten dat laadpunten overal in de gemeente uniform zijn.
4. De onzekerheid over de toekomstige vraag naar laadpunten (en EV's) wordt door gemeenten met minder dan 150.000 inwoners belangrijker gevonden dan door grotere gemeenten.
5. Tot slot hechten gemeenten met meer dan 100.000 inwoners een significant groter belang aan het behalen van luchtkwaliteitsdoelen dan kleinere gemeenten.

Grotere gemeenten lijken hiermee een sterkere voorkeur te hebben voor een beleidsrichting met een actievere facilitering van EV-infrastructuur (opdrachten model of sterk sturend concessiemodel) dan kleinere gemeenten, omdat ze de toekomstige onzekerheid in de vraag minder belangrijk vinden en een milieuvriendelijke uitstraling en behalen van de luchtkwaliteitsdoelen belangrijker vinden.

Aan een sterkere intentie om laadpunten te faciliteren liggen bij grotere gemeenten de volgende twee redenen ten grondslag. Grote gemeenten (G4) hebben meer budget beschikbaar dan

middelgrote gemeenten, voornamelijk vanuit de mogelijkheid om luchtkwaliteitsgelden in te zetten (Minister van Volkshuisvesting, 2011). Hiernaast hechten grote gemeenten een grotere waarde aan luchtkwaliteit, mogelijk ook vanwege het risico op sancties wanneer niet wordt voldaan aan Europese eisen (Kenniscentrum InfoMil, 2015). Zij lopen een groter risico omdat luchtkwaliteit op hun grondgebied vaak lager is vanwege hoge verkeersdruk, en dit versterkt de urgentie om luchtkwaliteit te verbeteren met elektrisch vervoer en laadinfrastructuur.

Tabel 3: Score van gemeenten op belang van aspecten EV laadinfrastructuur; asteriks geeft grootte grenzen aan waarboven significant verschil voorkomt tussen gemeenten (Kruskal Wallis test, met 0,05 als significantiegrens; N = 30)

Aspecten	Gemiddelde Score	50.000 inwoners (10 waarnemingen)	100.000 inwoners (10 waarnemingen)	150.000 inwoners (10 waarnemingen)
Kosten voor gemeente	0,88			
Veiligheid van laadpunt	0,85			
Complexiteit procedure voor inwoners	0,74		*	
Complexiteit procedure voor gemeente	0,71			
Milieuvriendelijke uitstraling gemeente	0,71	*		
Uniformiteit in laadpunten	0,70			*
Onzekerheid in toekomstige vraag	0,69			*
Luchtkwaliteitsdoelen behalen	0,61		*	

Kleine (middelgrote) gemeenten hebben waarschijnlijk een terughoudender opstelling tegenover het faciliteren van een EV-infrastructuur. Onzekerheid over toekomstige vraag vinden relatief kleine gemeenten (minder dan 150.000 inwoners), gegeven een beperkter budget, een belangrijk obstakel (zie tabel 3). Bij een actieve faciliterende beleidsrichting is het risico voor de gemeenten immers groter. Hiernaast lijken kleine gemeenten (minder dan 100.000 inwoners) het behalen van luchtkwaliteitsdoelen minder belangrijk te vinden dan grotere gemeenten, mogelijk omdat zij minder met problemen van luchtkwaliteit worden geconfronteerd. Uit dit indicatieve overzicht van verschillend belang dat door gemeenten aan aspecten van laadinfrastructuur wordt gehecht, kan worden afgeleid dat regionale samenwerking voordelen kan opleveren. Regionale samenwerkingen tussen gemeenten kunnen een kans bieden aan kleinere gemeenten om kennis te bundelen en de kosten te verlagen. In Nederland werken Amsterdam en kleine gemeenten op het gebied van oplaadpunten samen in de Metropoolregio Amsterdam; een vergelijkbaar initiatief is genomen in de regio BrabantStad.

Een mogelijkheid die recent aan gemeenten is geboden is het afsluiten van een Green Deal omtrent laadinfrastructuur. Hierbij kunnen gemeenten gebruik maken van een subsidie van het Rijk voor de aanleg van laadpunten. Voorwaarde is dat de gemeente zelf en een private partij elk € 500 per laadpaal meefinancieren (RVO, 2015). Gemeenten zien deze cofinanciering vaak als een subsidie waar de voorkeur niet naar uitgaat, zoals hierboven beschreven. Ook heeft cofinanciering met een private partij niet de voorkeur van gemeenten omdat de gemeente geen zeggenschap meer heeft nadat het laadpunt is gerealiseerd (Jong, 2015). Tevens speelt mee dat gemeenten verantwoordelijk zijn voor het vinden van een private investeerder, dit is een ingewikkelde eis omdat gemeenten hiermee minder goed zijn vertrouwd (RVO, 2015). Sinds 2014 is het Nationaal Kennisplatform publieke Laadinfrastructuur (NKL) het centrale aanspreekpunt voor innovatie rond publieke infrastructuur, inclusief afspraken zoals die in een Green Deal.

5. Adaptief beleidskader voor EV-infrastructuur

In deze paragraaf wordt invulling gegeven aan mogelijke implicaties voor gemeenten van verschillende vormen van onzekerheid, dit met behulp van een advies over monitoring en andere leeropties. Waar zinvol, wordt ook onderscheid benadrukt tussen grote en kleine gemeenten omdat Sectie 4 laat zien dat ze waarschijnlijk enigszins verschillen in beleidsvoorkeuren.

Onzekerheid speelt altijd een rol bij het voorbereiden en formuleren van beleid en adaptief beleid is een vorm om hiermee om te gaan (van Wee & Maat, 2015). Adaptief beleid is er op gericht om gedurende de uitvoering van het beleid aanpassingen aan te brengen die voortkomen uit de leercurve die wordt doorlopen en uit externe ontwikkelingen die plaatsvinden en worden beoordeeld op belang. Bij adaptief beleid wordt een bepaald doel gesteld, met bijbehorende initiële beleidsrichting. Vervolgens worden ontwikkelingen gemonitord waarbij het beleid wordt aangepast aan de waargenomen ontwikkelingen, zodat een lerende beleidscyclus ontstaat (Marchau, Walker, & van Wee, 2010). Bij het opstellen van adaptief beleid worden de volgende stappen doorlopen:

1. Inventariseren van ontwikkelingen als gevolg van onzekerheid over externe factoren.
2. Bepalen van indicatoren van veranderende ontwikkeling, op basis waarvan kan worden gemeten en gemonitord. In ons geval gaat het om een veelheid en diversiteit aan informatiebronnen, zoals strategieplannen van autofabrikanten, landelijke en stedelijke statistiek en berichten in de media.
3. Vaststellen van leeropties die op het beleid kunnen worden toegepast wanneer ontwikkelingen optreden die afwijken van de initiële richting.

In tabel 4 staan de soort onzekere ontwikkeling, signalen en indicatoren over mogelijke verandering en informatiebronnen met data/gegevens hieromtrent, en monitoring/leeropties wat betreft de diverse thema's in die onzekere ontwikkeling. Er wordt gemeenten geadviseerd met zekere regelmaat de signalen in het adaptieve beleidskader te inventariseren, te beoordelen en het beleid waar nodig, bij te sturen. We lichten drie voorbeelden toe van omgaan met onzekerheid: inductief laden en snelladen (grote gemeenten), snelladen in verschillende type buurten en onzekere vraag naar EV's.

Tabel 4: Voorbeelden van adaptieve beleidsprocessen.

Soort onzekerheid	Signalen/indicatoren (<i>informatiebron</i>)	Thema: Monitoring/Leeroptie
<i>-Beleid (verandering)</i>		
Andere typen EV gebruikers en meer EV gebruikers	Stimuleringsmaatregelen voor tweedehands EV en/of aankoopsubsidie op volledig elektrische voertuigen (<i>nationaal beleid/Kamerstukken; media</i>)	<i>EV rijders wonen mogelijk ook in andere buurten</i> Advies: monitor demografische kenmerken van EV rijders en de daaruit volgende aantallen in buurten regelmatig, en stel zo nodig de berekening van (typen) laadpunten bij.
Minder EV gebruikers (nationaal beleid)	Stopzetten stimuleringsbeleid (<i>nationaal beleid/Kamerstukken; media</i>)	<i>Teruglopend aantal EV's</i> Advies: monitor de verwachte aantallen in een buurt regelmatig (bijv. elk kwartaal). Overweeg bij teruglopende groei in aantal EV een reactief beleid laad infrastructuur te voeren (vergunningen).
Lokale geïntegreerde initiatieven	Eerste lokale initiatieven van integratie zonne-energie winning, opslag en opladen EV (<i>gemeentelijk/regionaal beleid omtrent experimenten; media</i>)	<i>Andere elektriciteit toevoer naar laadpalen, EV als opslagmedium</i> Advies: monitor in hoeverre opladen EV los van het net kan plaatsvinden (groep van huishoudens) en in hoeverre laadpalen overbodig kunnen worden.

-Technologische ontwikkeling		
Inductief laden	Eerste automodellen met inductief laden op de markt (strategieplannen autoproducenten; RVO ⁵)	<i>Andere wijze van laden</i> Advies: laadplekken vooralsnog reactief faciliteren (vergunningen) en monitor vraag naar omzetting in inductie laden (bij concessiemodel grote steden: korte looptijd)
	Overwegend automodellen met inductief laden (strategieplannen autoproducenten; RVO)	(Laten) ombouwen van laadpunten naar inductie laadplekken.
Adoptie waterstof voertuigen	Bescheiden aantal automodellen met brandstofcellen op de markt (strategieplannen autoproducenten; RVO)	<i>Teruglopend aantal EV's</i> Advies: geen aanpassing van beleidsrichting maar monitor regelmatig het aantal waterstof voertuigen in vergelijking tot EV (data RVO).
	Overwegend automodellen met brandstofcellen (strategieplannen autoproducenten; RVO)	Advies: monitor ontwikkeling om tempo ontmanteling van laadinfrastructuur te bepalen en aandacht naar 'waterstof tankstations' te verleggen.
Snelladen wint terrein	Groeiend aantal initiatieven/ vergunningaanvragen voor snellaadstations (strategieplan aanbieders snellaad stations; RVO; statistiek gemeentelijke vergunningaanvragen)	<i>Sneller laden en meer kans op initiatief van de markt</i> Advies: onderzoek in hoeverre snellaadstations in/bij woonbuurt inpasbaar zijn naast conventioneel laden en of deze gekoppeld kunnen worden. Bij geschiktheid voor markt: pas vergunningenmodel toe in winkel-en werkbuurten (voor retail, grote werkgevers, bedrijven zoals Fastned, etc.). Bij concessiemodel grote steden: korte looptijd. Monitor ontwikkelingen in de regio.
-Markt adoptie		
Aantal EV's in buurten Specifiek: veranderende bevolkingsopbouw (renovatie/ gentrification grote gemeenten)	Aantal EV's in buurt is aanzienlijk boven verwachting of aanzienlijk beneden verwachting (gemeentelijke statistiek; data RVO; media)	<i>Meer/minder EV dan verwacht per buurt</i> Advies: monitor ontwikkelingen; pas realisatie van aantal laadpunten aan; stel zo nodig verwachtingen bij. Advies w.b. bevolkingsopbouw: monitor demografische kenmerken buurten, bepaal of buurt nog binnen oorspronkelijke typering valt en stel zo nodig het aantal laadpunten bij.
	Aantal EV's in buurt is volgens verwachting of beperkt afwijkend (bijv. +/- 10%)	Advies: geen aanpassingen nodig; ontwikkelingen blijven monitoren.

Inductief en snelladen.

Voor grote gemeenten kan het advies zijn om actief te faciliteren, eventueel in de vorm van een concessiemodel. Gelet op het voorgaande, lijken bij een concessiemodel de volgende punten van belang:

1. Het minimum en maximum aantal laadpunten per buurt kan worden gespecificeerd en hiervoor kan het eerder besproken energievergelijkingmodel om het aantal laadpunten op buurtniveau te berekenen en monitoren, worden gebruikt.

⁵ RVO = Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (www. rvo.nl).

2. Het verbinden van een bij voorkeur korte looptijd aan de concessie vanwege onzekerheid over toekomstige technologische ontwikkeling (inductief laden en snelladen) (bijv. maximaal 3 jaar).

Samenhangend met de geschetste onzekerheden kan hiernaast met additionele maatregelen een business case laadpunten beter worden ondersteund en de kosten van een concessie verminderd. Voorbeelden hiervan zijn het reserveren van laadpunten invoeren, venstertijden vaststellen waarbinnen geen/wel toeslag moet worden betaald, koppeling van in toekomst mogelijk winstgevendende snellaadpunten aan normaallaadpunten in woonbuurten. Hiernaast kan rekening worden gehouden met het ondernemen van activiteiten op het schaalniveau van de regio, want schaalvergroting leidt mogelijk tot kostenvoordelen, waarvan ook middelgrote/kleine gemeenten kunnen profiteren omdat minder middelen beschikbaar zijn en zij gevoeliger lijken voor onzekerheid in de vraag naar EV's. Hiernaast lijken de laatsten ook minder de urgentie te voelen om laadpunten te faciliteren, bijvoorbeeld vanuit milieuvriendelijkheid en verbetering van luchtkwaliteit.

Snelladen wint terrein: verschillende type buurten.

Een indicatie van laadgedrag kan worden gegeven op basis van drie typen buurten.

1. Woonbuurt: laden voornamelijk 's nachts; vraag naar normale laadpunten.
2. Werkbuurten: laden overdag gedurende werktijd; vraag voornamelijk naar normale laadpunten maar ook naar snellaadpunten voor bezoekers.
3. Winkelbuurten: laden overdag in kort tijdsbestek; vraag naar snellaadpunten.

Afhankelijk van de individuele kenmerken van buurten en de type EV-rijders die in een buurt geïdentificeerd worden, kan voor de individuele buurt een indicatie van het type vraag worden gemaakt (Helmus & van den Hoed, 2015). In winkel- en werkbuurten kan een vergunningenmodel worden gehanteerd om optimaal in te spelen op de marktwerking. In winkelbuurten kunnen snellaadpunten een kans bieden aan ondernemers wanneer zij een vergunning kunnen verkrijgen. In werkbuurten kan de samenwerking met bedrijven voor een rendabele business case zorgen. Kleine gemeenten sluiten zich ook vanuit deze invalshoek bij voorkeur aan bij aangrenzende grote gemeenten, dit tevens om monitoren mogelijk te maken.

Vraag naar EV verschuift naar volledig elektrisch.

Een signaal voor een verschuiving in het type EV gebruikers is het landelijk fiscaal beleid voor volledig elektrische auto's. Dit beleid wordt de komende jaren stapsgewijs ingevoerd (Wiebes, 2015). Mogelijk zal dan een verandering plaatsvinden in het type EV gebruiker (zijn/haar rijgedrag) en betreffende buurt, maar ook kan de vraag naar het type laadinfrastructuur belangrijk verschuiven. Volledig elektrische auto's hebben een grotere accu waardoor laden langer duurt en het waarschijnlijk lijkt dat de vraag naar snellaadpunten zal toenemen naarmate er meer volledig elektrische auto's komen. Dit zijn belangrijke punten van overweging in de gemeentelijke beleidsvoering.

Conclusie

In de uitrol en groei van elektrisch vervoer is een duidelijke rol weggelegd voor gemeenten in de ontwikkeling van een laadinfrastructuur. Vanuit de gemeentelijke beleidsoptiek zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

Welke onzekerheden treden op in adoptie van elektrisch vervoer op lokaal niveau in de komende 5 tot 10 jaar en hoe kan hiermee in gemeentelijk beleid worden omgegaan, met voor- en nadelen? Uit welke beleidsrichtingen kunnen gemeenten kiezen om de laadinfrastructuur te bevorderen, rekening houdend met diverse onzekerheden en adaptief beleid?

Het meervoudige karakter van de onzekerheid waarmee gemeenten in aanleg van EV laadinfrastructuur worden geconfronteerd, omvat de gevolgen van het nationale stimuleringsbeleid zelf en deels in samenhang hiermee, de technologische ontwikkeling qua laden en aandrijving. Op buurtniveau spelen de demografische kenmerken en het rijgedrag van de bewoners een rol, terwijl recentelijk de elektrische auto in een lokaal experiment direct wordt gekoppeld aan decentrale winning van energie (zon) en mede als opslagmedium hiervoor dient. Tegen deze achtergrond is vooral aandacht besteed aan de vraag uit welke beleidsrichtingen gemeenten kunnen kiezen om een laadinfrastructuur aan te leggen, rekening houdend met deze onzekerheden in de komende 5 tot 10 jaar.

Een afweging van de implicaties van de beleidsrichtingen in Sectie 4, wijst op verschillen tussen typen gemeenten naar omvang en daarom is het lastig om initiële beleidsrichtingen te formuleren waaruit gemeenten kunnen kiezen. Vanwege de verschillen kan regionale samenwerking op het gebied van de EV-infrastructuur een lonende strategie zijn. Daarbij kunnen gemeenten als initiële strategie actief faciliteren door middel van een concessiemodel of reactief faciliteren door middel van een vergunningenmodel.

Een discussie van onzekerheden in de vraag naar EV's, met name de ontwikkeling van externe factoren (scenario analyse in Sectie 2), brengt naar voren dat actieve monitoring van de ontwikkelingen noodzakelijk is en dat de individuele verschillen op buurt niveau groot zijn, zowel tussen typen buurten onderling als tussen de diverse scenario's (Sectie 3). In dit verband is een adaptief beleidskader ontworpen voor gemeenten waarin de onzekerheden worden benoemd en indicatoren/signalen met informatiebronnen worden voorgesteld om de ontwikkelingen te kunnen monitoren en de initiële beleidsrichting eventueel bij te sturen. Bij het schatten van de toekomstige vraag naar laadpunten is een model op basis van een energiebalans aangereikt. Deze kan worden gebruikt om de vraag naar laadpunten per buurt te schatten.

Reflectie

Dit artikel biedt een handvat aan gemeenten bij het kiezen van een beleidsrichting in het bevorderen van een EV laadinfrastructuur. Hierbij moet rekenschap worden gegeven van enkele tekortkomingen in dit artikel. De steekproef van de enquête onder gemeenten voldoet niet geheel aan de standaard voor representativiteit, maar vanwege de substantiële respons uit de groep grote en middelgrote gemeenten denken wij toch valide uitspraken te hebben kunnen doen. In een vervolgstudie zou meer aandacht aan representativiteit moeten worden gegeven. De resultaten zijn nader onderzocht door middel van twee interviews bij gemeenten, een grote en een middelgrote gemeente. In zekere zin hebben de resultaten hierdoor een voorlopig karakter en moeten uitgebreider worden getoetst in vervolgonderzoek. Niettemin blijft de kern van de resultaten hetzelfde: de meervoudige onzekerheid in vraag naar EV's en in technologische ontwikkeling kan diepgaand uitwerken op de vraag naar laadinfrastructuur per buurt en hiermee is een meervoudige en actieve monitoring en eventueel bijstelling van beleid (adaptief beleid) door gemeenten noodzakelijk.

Handelingsperspectief

Gemeenten worden geconfronteerd met een omvangrijke en meervoudige onzekerheid omtrent implementatie van publieke laadinfrastructuur voor EV's op buurtniveau. Het voeren van een stapsgewijs beleid met mogelijkheid van monitoring en bijsturen lijkt in deze situatie het meest gepast, hoewel er verschillen kunnen bestaan tussen grote en kleine gemeenten in urgentie en omgaan met onzekerheid. Daarbij is het belangrijk om voor ogen te houden dat met name de technologie nog volop in ontwikkeling is, inclusief de koppeling van EV batterijen aan het energiesysteem. Dit artikel biedt een adaptief beleidskader dat gemeenten kan helpen bij het bijstellen van de beleidsmaatregelen. Tevens verschilt de vraag naar laadinfrastructuur per type buurt. Om dit verschil inzichtelijk te maken, biedt dit artikel een model om de vraag naar laadpunten in een buurt te schatten.

Referenties

Agentschap NL. (2013). Tussenevaluatie proeftuinen hybride en elektrisch rijden. Utrecht: Agentschap NL.

APPM. (2014). Onderzoek naar effectiviteit van elektrisch vervoer beleid van Nederlandse gemeenten. Opgehaald op 17 februari 2016, van URL: <http://www.harmjanidema.nl/wordpress/wp-content/uploads/141110-De-gemeente-elektrisch.pdf>.

Bonges III, H., & Lusk, A. (2016). Addressing electric vehicle (EV) sales and range anxiety through parking layout, policy and regulation. *Transportation Research Part A*, (83), 63-73.

Buitelaar, S. (2015, Januari). Gemeente: geen geld, geen beleid voor elektrisch rijden. *Binnenlands bestuur*. Opgehaald op 14 oktober 2015, van URL: <http://www.binnenlandsbestuur.nl/ruimte-en-milieu/nieuws/gemeenten-geen-geld-geen-beleid-voor-elektrisch.9458059.lynkx>.

Catenacci, M., Verdolini, E., Bosetti, V., & Fiorese, G. (2013). Going electric: Expert survey on the future of battery technologies for electric vehicles. *Energy Policy* (61), 403-413.

CBS. (2015, Februari 2). Kerncijfers wijken en buurten 2004-2014. Opgehaald op 12 april 2015, van URL: <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/dossiers/nederland-regionaal/cijfers/incidenteel/maatwerk/wijk-buurtstatistieken/kwb-recent/default.htm>.

De Jong, A. (2015, Juni 9). Interview verificatie bevindingen onderzoek. (F. Kuiperi, Interviewer)

Economic Board Utrecht. (2015, November 27). Utrechtse wereldprimeur Vehicle-to-Grid groeit uit tot regionaal energiesysteem. Opgehaald op Mei 17, 2016, van EBU Economic Board Utrecht, URL: <http://www.economicboardutrecht.nl/nieuws/utrechtse-wereldprimeur-vehicle-grid-groeit-uit-tot-regionaal-energiesysteem>.

Fastned. (2015). Snelladen langs de snelweg. Opgehaald op 14 oktober 2015, van Fastned: <http://fastned.nl/nl>.

Figenbaum, E., Assum, T., Kolbenstvedt, M. (2015) Electromobility in Norway: Experiences and Opportunities, *Research in Transportation Economics*, 50, 29-38.

Helmus, J., & van den Hoed, R. (2015). Unraveling User Type Characteristics: Towards a Taxonomy for Charging Infrastructure. Congress: *EVS28*, Goyang, Korea.

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

IEA. (2014). World Energy Outlook 2014. *International Energy Agency*, London.

in 't Veld, R. (2013, December). Het hachelijke lot van scenario's. *Binnenlands Bestuur*. Opgehaald op 7 december 2015, van URL: <http://www.binnenlandsbestuur.nl/bestuur-en-organisatie/opinie/ingezonden/het-hachelijke-lot-van-scenario-s.9178556.lynkx>.

Jacobsson, S., & Johnson, A. (2000). The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research. *Energy Policy*, 28(9), 625-940.

Jessayan, H. (2016, Maart 31). Betaalbare Tesla moet elektrisch rijden verder brengen. *Fincancieel Dagblad*.

Kenniscentrum InfoMil. (2015). Wet milieubeheer. Opgehaald op 18 februari 2016, van InfoMil, URL: <http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/luchtkwaliteit/wettelijk-kader/wet-milieubeheer/>.

Koot, J. (2015, April). Elektrische auto's massaal geëxporteerd. *Financieel Dagblad*. Opgehaald op 6 mei 2015, van URL: <https://fd.nl/economie-politiek/1099299/elektrische-auto-massaal-geexporteerd>.

Kotter, R., & Shaw, S. (2013). Micro to macro investigation. *NSR e-mobility*. Opgehaald op 18 mei 2016, van URL: <http://e-mobility-nsr.eu/nl/infocentrum/>.

Maarsen, H. (2014, December). Hoge verkopen van elektrische auto's in Nederland. *Financieel Dagblad*.

Manzo, S., Nielsen, O., & Prato, C. (2015). How uncertainty in input and parameters influences transport model: output of a four-stage case study. *Transport Policy* (38), 64-72.

Marchau, V., Walker, W., & van Wee, G. (2010). Dynamic adaptive transport policies for handling deep uncertainty. *Technological Forecasting & Social Change* (77), 940-950.

Minister van Economische Zaken en Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu. (2016, Maart 11). *Kamerbrief over voortgangsrapportages Groene Groeibeleid*. Opgehaald op 17 mei 2016, van Rijksoverheid, URL:

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2016/03/11/kamerbrief-over-voortgangsrapportages-groene-groeibeleid>.

Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu. (2011). *Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit*. Den Haag.

Ministerie van Economische Zaken. (2011). *Plan van aanpak 2011-2015: Elektrisch rijden in de versnelling*. Opgehaald op 21 september 2015, van URL:

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/richtlijnen/2011/10/03/bijlage-2-plan-van-aanpak-elektrisch-vervoer-elektrisch-rijden-in-de-versnelling>.

Namdeo, A., Tiwary, A., & Dziurla, R. (2014). Spatial planning of public charging points using multi-dimensional analysis of early adopters of electric vehicles for a city region. *Technology Forecasting & Social Change* (89), 188-200.

Ortt, R., Shah, C., & Zegveld, M. (2007). Strategies to commercialise breakthrough technologies. In Hashem Sherif & Jonathan Linton (Eds.), *16th International Conference on Management of Technology*, 1-21. Miami Beach: John Wiley & Sons Ltd. and Blackwell Publishing.

PWC. (2015, September 2). Nulmeting NKL brengt dialoog op gang. Opgehaald op 17 mei 2016, van NKL, URL: http://nklnederland.nl/uploads/files/Rapport_PwC_Nulmeting_NKL.pdf.

RVO. (2015, Juni 9). Green Deal voor laadinfrastructuur elektrisch vervoer. Opgehaald op 24 juni 2015, van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, URL:

<http://www.rvo.nl/actueel/nieuws/green-deal-voor-laadinfrastructuur-elektrisch-vervoer>.

Sekaran, U., & Bougie, R. (2009). Research methods for business, *6th Revised edition*, 261-299, John Wiley & Amp, Inc., New Jersey.

Steinhilber, S., Wells, P., & Thankappan, S. (2013). Socio-technical inertia: understanding the barriers to electric vehicles. *Energy Policy* (60), 531-539.

TNO. (2015). Energie- en milieu-aspecten van elektrische personenvoertuigen. Delft.

Triantaphyllou, E. (2000). Multi-Criteria Decision Making Methods: A comparative study. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Tweede Kamer. (2016, Maart 29). *Nader gewijzigde motie Jan Vos*. Opgeroepen op 17 mei 2016, van Tweede Kamer, URL:

<https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/moties/detail?id=2016Z06335&did=2016D13030>.

van Geenhuizen, M., & Nijkamp, P. (2003). Coping with uncertainty: an expedition into the field of new transport technology. *Transportation, Planning and Technology* (26), 449-467.

van Kerkhof, M., & van Sloten, R. (2014). Nederland inductieland? APPM. Opgehaald op 14 april 2015 van URL: <http://bit.ly/2aIGZhS>.

van Wee, B., Maat, K., & de Bont, C. (2015, April). Beleid om elektrische auto's te stimuleren. *Vervoerswetenschap*, 51(2), 92-109.

van Wee, B., & Maat, K. (2015, Maart). Adaptief beleid nodig voor elektrische auto. *Tijdschrift Milieu* (2). 33-36.

Verlaan, J. (2016, Februari 26). Ook jij rijdt straks in een elektrische auto. NRC. Opgehaald op 17 mei 2016 van URL: <http://www.nrc.nl/next/2016/02/26/paal-moet-elektrische-rijders-lokken-1591809>.

Wiebes, E. (2015, Juni 19). Autobrief 2. Opgehaald op 22 september 2015, van Rijksoverheid, URL: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2015/06/19/autobrief-ii>.

Wirges, J., Linder, S., & Kessler, A. (2012). Modelling the development of a regional charging infrastructure for electric vehicles in time and space. *European Journal of Transport and Infrastructure Research* (12), 319-416.

Zheng, C., Chen, R., Faraci, E., Zahid, Z., Senesky, M., Anderson, D., Lin, C. (2015). High efficiency contactless power transfer system for electric vehicle battery charging. *Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics* (3), 65-74.