

Van Mourik Broekmanweg 6
2628 XE Delft
Postbus 49
2600 AA Delft

www.tno.nl

T +31 88 866 30 00
F +31 88 866 30 10
infodesk@tno.nl

TNO-rapport

TNO 2012 R10624

Afsluitende rapportage praktijkproef elektrisch rijden RWS

Datum	3 oktober 2012
Auteur(s)	Olaf Kievit, Job van de Kieft, Rene van Wezel, Robert Koffrie, Sam van Goethem Mark Bolech
Exemplaarnummer	TNO-060-DTM-2012-02824
Aantal pagina's	81 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	3
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat
Projectnaam	Monitoring praktijkproef elektrisch rijden
Projectnummer	057.01278

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

© 2012 TNO

Samenvatting

De Nederlandse overheid ziet elektrisch rijden als een zeer kansrijke optie om onze toekomstige automobilititeit te verduurzamen (klimaatdoelstellingen), de Nederlandse energiepositie te versterken en een structurele impuls aan onze economie te geven.

Elektrisch rijden is relatief nieuw en volop in ontwikkeling, waardoor er nog weinig ervaring is met elektrisch rijden in de praktijk. Daarom is besloten om in proeftuinen ervaring op te bouwen met elektrisch rijden. Dit project is onderdeel van een proeftuin die loopt bij Rijkswaterstaat. Het doel van de praktijkproef is tweeledig. RWS wil als wegbeheerder meer leren over toekomstige mobiliteit, anderzijds wil RWS zelf in 2015 een kwart van hun wagenpark laten bestaan uit elektrische voertuigen.

Om inzicht te verkrijgen in kosten, milieu-impact, gebruik, inzetbaarheid, onderhoud en andere zaken, zijn 26 elektrische voertuigen een jaar lang gemonitord en zijn de gebruikers bevraagd op hun ervaringen met elektrisch rijden.

Wat zeer opvallend naar voren komt uit de proef is dat de waardering onder de gebruikers toenam naarmate de proef vorderde. Op de vraag "zou u elektrisch rijden aanbevelen aan collegae voor dienstreizen?" werd aan het begin nog het cijfer 4,8 gegeven terwijl deze vraag een 7,7 scoorde aan het eind. Ook de algemene waardering voor de elektrische auto is significant positiever geworden van een 6,2 naar 7,5. Uit de interviews blijkt dat gebruikers in het begin echt pionieren en bezig zijn hun 'range anxiety'¹ te overwinnen: "Elektrisch rijden is plannen; het maakt je een bewuste bestuurder". De gebruikers krijgen meer gevoel voor energiegebruik en actieradius. De angst neemt af en daardoor neemt de waardering toe. Wat verder opvalt uit de proef is dat het ontbreken van geluid niet echt een rol heeft gespeeld. Ja, de auto is beduidend stiller maar toch wordt het voertuig goed opgemerkt in het verkeer. Dit wordt ondersteund door het feit dat er geen ongeval of schade gerapporteerd² is die hieraan is gelinkt.

Elektrisch rijden is ondanks de lage verbruikskosten nog relatief duur. De aanschafprijs voor elektrische auto's ligt hoger maar ook de hoge afschrijving heeft een grote invloed op de kosten per kilometer. Voor een elektrische auto wordt vooralsnog een lage restwaarde aangenomen omdat er nog onzekerheid is over de levensduur van de accu, het nog onbekend is hoe elektrische auto's tweedehands gewaardeerd worden en omdat de technologische ontwikkelingen bij de accu snel gaan. We zien echter dat de aanschafprijzen langzaam dalen en de restwaarde toeneemt. Een andere belangrijke factor is het aantal gereden kilometers. Met de huidige energieprijzen en benzineprijzen zijn de energiekosten minder dan 50% van de benzinekosten voor ondernemer en particulier. Voor Rijkswaterstaat is dit zelfs minder dan 20%. Door elektrische auto's goed in te zetten kan van dit verschil maximaal geprofiteerd worden.

¹ Range anxiety: de vrees om een bestemming niet te kunnen bereiken doordat de accu mogelijk voor de aankomst leeg raakt.

² Volgens ongevallenstatistiek is de kans op een geregistreerd ongeval met een personenauto bij de totaal afgelegde afstand in de praktijkproef (233.000 km) ongeveer 3%.

Op basis van werkelijk gemeten verbruik en gegevens van LeasePlan zijn in verschillende scenario's de kosten per kilometer berekend. Voor de situatie bij Rijkswaterstaat, uitgaande van 15.000 kilometer per jaar, wordt het break-even punt na 7 jaar gehaald. Voor particulieren zijn de totale houderschapskosten (Engels: *Total Cost of Ownership (TCO)*) van een elektrische auto vooralsnog hoger. Ondernemers daarentegen kunnen maximaal profiteren van belastingvoordelen en subsidies en zijn daarmee het goedkoopst uit per kilometer. De ondernemer kan bij hetzelfde gebruik van het voertuig al na het eerste jaar de meerkosten hebben terug verdiend.

De kosten van laadinfrastructuur zijn nog niet meegenomen in de Total Cost of Ownership, maar er is wel een bandbreedte aan te geven voor de kosten van een laadfaciliteit thuis, onderweg en op het werk. Voor een thuissituatie ligt de investering tussen de € 500 en € 1.700 (prijsniveau2012). Voor openbare parkeerplaatsen ligt deze tussen de € 5.000 en € 15000 en voor bedrijven tussen deze twee scenario's in.

De actieradius is in de praktijk kleiner dan door de autofabrikanten wordt opgegeven. Dit is op zich niet nieuw maar nu hebben we een jaar lang echt kunnen meten wat het verbruik wel is, inclusief wind- en temperatuurinvloeden. Met een werkelijk gemiddeld gemeten verbruik van 187 Wh/km en met een accucapaciteit van 16 kWh komen de Mitsubishi i-MiEV en de Peugeot iOn op een gemiddelde actieradius van 85 kilometer. Dit komt neer op 57% van de door Mitsubishi en Peugeot opgegeven actieradius van 150 km. De Nissan Leaf heeft een werkelijk gemiddeld gemeten verbruik van 235 Wh/km, hetgeen met een accucapaciteit van 24 kWh neerkomt op een gemiddelde actieradius van 102 kilometer. Dit is 64% van de door Nissan opgegeven actieradius van 160 km. Die verschillen in verbruikscijfers worden deels verklaard doordat energieverbruik onder ongunstige weersomstandigheden wel 50% hoger kan zijn (in deze praktijkproef) dan onder gunstige weersomstandigheden. Verder is de wettelijk verplichte manier van verbruiksbeoordeling nogal voorzichtig ten opzichte van het verbruik bij een gemiddelde praktijkinzet in het verkeer. Door deze twee zaken is het vaak lastig om het door de fabrikant –met een wettelijk verplichte meetmethode- vastgestelde verbruik in de praktijk te halen.

Elektrisch rijden voorkomt de uitstoot van lokale emissies. In deze proef is totaal 233.000 kilometer elektrisch gereden. Lokaal zijn de vermeden emissies 333 gram fijnstof en 5,6 kilogram stikstofoxides. Rekening houdend met de emissies bij elektriciteitsopwekking, werd netto 15,1 ton CO₂ uitstoot vermeden.

Deze proef gaat ook om de vraag of elektrisch rijden binnen de vloot van Rijkswaterstaat op te schalen is naar 400 auto's (een kwart van het RWS wagenpark). Dat lijkt, rekening houdend met het (merendeels conventionele) voertuiggebruik in de huidige vloot, haalbaar op een economisch verantwoorde manier. Voor succesvolle implementatie zijn van belang: een goede laadinfrastructuur, inzet bij de juiste groepen van gebruikers en betrokkenheid van de gebruikers bij de invoering. Deelnemers uit deze praktijkproef zouden als ambassadeurs kunnen worden ingezet. Door de beperkte actieradius, laadinfrastructuur en inzet van het voertuig integraal mee te nemen kan het aantal elektrisch gereden kilometers worden gemaximaliseerd. Dit, in combinatie met de verwachting dat elektrische auto's goedkoper in aanschaf en afschrijving zullen

worden, maakt dat het aannemelijk dat de transitie naar elektrisch rijden ook economisch verantwoord is.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding	7
1.1	Doelstelling en onderzoeksvragen	7
1.2	Opbouw van het rapport	9
2	Voertuigen en instrumentatie	10
2.1	Het wagenpark.....	10
2.2	Instrumentatie volledig elektrische voertuigen	11
2.3	Monitoring Toyota Prius plug-in hybride	12
3	Data-analyse.....	14
3.1	Dataverwerkingssysteem	14
3.2	Resultaten data-analyse	17
3.3	Meetuitkomsten Toyota Prius plug-in hybride	21
4	Gebruikerservaringen	23
4.1	Analyse van de gebruikersenquêtes	24
4.2	Conclusie gebruikersenquêtes	26
4.3	Interviews met betrokkenen praktijkproef RWS	27
4.4	Ervaring met reparatie, onderhoud en banden.....	33
5	Economische consequenties	34
5.1	Opvallende zaken uit de opbouw van de TCO	34
5.2	Belastingvoordelen, bijtelling en subsidies	35
5.3	Aannames voor restwaarde en levensduur	37
5.4	TCO op dit moment voor Rijkswaterstaat, ondernemer en particulier	39
5.5	Invloed van gereden aantal kilometers op de TCO	44
5.6	Invloed van restwaarde op de TCO	46
5.7	Invloed van aanschafprijs op de TCO	48
5.8	Verskil in energiekosten	49
5.9	Verrekenen van de kosten van laadinfrastructuur.....	51
5.10	Conclusie	54
6	Milieutechnische consequenties	55
6.1	Emissies ten gevolge van elektrisch rijden.....	55
6.2	Vermeden lokale emissies in deze proef.....	55
7	Vertaling naar de onderzoeksvragen.....	58
7.1	Wat zijn de gevolgen voor bestaande faciliteiten van de stroomvoorziening?.....	58
7.2	Wanneer laden gebruikers hun elektrisch voertuig op en hoe lang?	60
7.3	Waar laden gebruikers hun elektrisch voertuig op?	61
8	Conclusies en aanbevelingen	70
8.1	Implementatie en opschaling bij Rijkswaterstaat.....	70
8.2	Verdere conclusies en aanbevelingen.....	71
9	Ondertekening	73

Bijlage(n)

A Vragenlijst

B Overzicht van meetdata in de tijd

C Gemonitorde voertuigdata

1 Inleiding

Bij de presentatie, op 3 juli 2009, van het Plan van Aanpak Elektrisch Rijden heeft de Nederlandse regering aangegeven elektrisch rijden als een zeer kansrijke optie te zien in het licht van drie doelstellingen:

1. Het duurzaam maken van onze toekomstige automobilititeit (klimaatdoelstellingen 2020 en verder);
2. Het versterken van onze energiepositie; en
3. Het geven van een structurele impuls aan onze economie.

In datzelfde kader is besloten binnen de rijksoverheid een praktijkproef elektrisch rijden op te starten om de noodzakelijke praktische ervaring op te doen (Plan van Aanpak Praktijkproef Elektrisch rijden van 19 april 2010). Door de grootte van het wagenpark (circa 1700 voertuigen) en de diversiteit in voertuiggebruik is Rijkswaterstaat een voor de hand liggende rijksorganisatie om de praktijkproef bij uit te zetten. Zo is dus begonnen aan een praktijkproef met 26 voertuigen bij Rijkswaterstaat, waarvan vier voertuigen ook bij andere departementen gebruikt worden.

Begin 2011 is de praktijkproef van start gegaan met de ceremoniële overdracht van 6 Mitsubishi i-MiEVs aan staatssecretaris Atsma van Infrastructuur en Milieu. Samen met 2 Toyota Prius plug-ins, 6 Peugeot iOns en 12 Nissan Leafs vormen zij het wagenpark voor de praktijkproef. Het doel van de praktijkproef is tweeledig. RWS wil enerzijds als wegbeheerder meer leren over toekomstige mobiliteit, anderzijds wil RWS als groot wagenparkbeheerder de inzetbaarheid van elektrische voertuigen binnen het eigen wagenpark onderzoeken. De Staatssecretaris heeft bij de start van de praktijkproef gezegd ernaar te streven in 2015 een kwart van het wagenpark van RWS elektrisch te laten zijn.

Deze eindrapportage doet verslag van de gehele praktijkproef die heeft plaatsgevonden in de weken 48 van 2011 tot en met 26 van 2012.

1.1 Doelstelling en onderzoeksvragen

De praktijkproef bij Rijkswaterstaat vormt een onderdeel van de bredere verkenning die door de Rijksoverheid is ingezet van de potentie van elektrisch rijden in Nederland³. In dat kader paste ook een onderzoek binnen het overheidsapparaat, en in verband met de relatief grote voertuigvloot is voor de RWS-organisatie gekozen.

Het onderzoek heeft voor een groot deel richting gekregen door de onderzoeksvragen die eerder waren geformuleerd⁴. Omdat die doelstellende vragen zo'n belangrijke rol hadden in de opzet van de praktijkproef, worden ze in deze paragraaf beknopt aangehaald.

De onderzoeksvragen zijn op te splitsen in drie categorieën die gericht zijn op respectievelijk de omgeving, de gebruiker en het product.

³ Plan van Aanpak Elektrisch Rijden, Ministerie V&W, 3-7-2009

⁴ Plan van Aanpak Praktijkproef Elektrische Mobiliteit, RWS, 19-4-2010

1.1.1 *Omgeving*

- Wat zijn de gevolgen voor bestaande faciliteiten?

Deze onderzoeksvraag is grotendeels gericht op elektrische faciliteiten voor het kunnen opladen van de voertuigen. De onderzoeksvraag kan worden uitgesplitst in twee deelvragen:

- ✓ Hoeveel stroom wordt er daadwerkelijk verbruikt?
- ✓ Welke laadpatronen (vraag naar elektrische energie) zijn zichtbaar?

- Wat zijn de gevolgen voor overige weggebruikers?

Tijdens de praktijkproef zal ook gekeken worden naar de invloed van e-voertuigen op overige weggebruikers. Deze eventuele invloeden zullen door de gebruikers worden opgemerkt.

- Wat is de bereikte verduurzaming?

De bereikte verduurzaming wordt bepaald door de verandering in de uitstoot van onder andere CO₂, SO_x, NO_x, PM₁₀ en geluid in beeld te krijgen. Om de uiteindelijke uitstoot van e-voertuigen in beeld te krijgen, zal het verbruik en de gereden ritafstand van de e-voertuigen gemeten moeten worden.

1.1.2 *Gebruiker*

Binnen de praktijkproef wordt met gebruiker bedoeld op de overheidsmedewerkers die gebruik maken van de elektrische voertuigen.

- Welk gedrag (en gedragsverandering) van de gebruiker is waarneembaar?

Er zijn binnen RWS verschillende categorieën gebruikers. Deze verschillende categorieën zullen gedurende de praktijkproef ander gedrag vertonen. Om een correct beeld te kunnen vormen van de invloed van e-voertuigen op deze gebruikerscategorieën is het van belang ook tijdens de proef dit onderscheid te handhaven. Hierbij dienen, voor zover mogelijk, zoveel mogelijk gebruikerscategorieën met de praktijkproef mee te doen.

- Wat is de gebruikerservaringen, zowel op korte als lange termijn, wat is de veiligheidsbeleving?

Voor een goede grootschalige implementatie van e-voertuigen binnen het wagenpark van RWS en daarbuiten, is het van belang om een beeld te hebben van de gebruikerservaringen. Hierbij is het zeer relevant om veranderingen in gebruikerservaringen ook in beeld te krijgen. Gebruikers dienen daarom zowel in een vroeg stadium als in een laat stadium van de proef ondervraagd te worden. Een zeer belangrijk element binnen de gebruikerservaring is de veiligheidsbeleving.

- Wat zijn de gebruikerskosten, zowel vast als variabel?

Gedurende de proef zullen alle kosten in beeld moeten worden gebracht. Om op termijn een vertaling te kunnen maken naar een grootschalige invoering van e-voertuigen, dient tijdens de praktijkproef onderscheid te worden gemaakt in de volgende soorten kosten:

- ✓ Leasekosten
- ✓ Gebruikskosten (energie)
- ✓ Onderhoudskosten (vast en variabel)
- ✓ Onvoorziene kosten

1.1.3 *Product*

- Welk (en hoeveel) onderhoud is nodig?

De proef zal een beeld moeten vormen van het onderhoud dat een e-voertuig op dit moment nodig heeft. Bij het monitoren van het onderhoud dient onderscheid te worden gemaakt tussen vast en variabel onderhoud. Tevens zullen, zoals bij de vorige onderzoeksvraag al is aangegeven, de onderhoudskosten moeten worden

bijgehouden. Ook zal moeten worden bijgehouden wat de uitval is, zowel de frequentie als de duur. Dit geeft een beeld van de bedrijfszekerheid.

- Welke gebruikseffecten zijn zichtbaar?

Gedurende het jaar waarin de praktijkproef wordt gehouden, zullen als gevolg van het gebruik de prestaties van de e voertuigen gaan veranderen. Het gedrag van de gebruiker (en gebruikerscategorie) heeft hier ook invloed op. Het verbruik, de laadtijd en de batterijcapaciteit van de diverse voertuigen zijn van het grootste belang bij de beeldvorming rondom gebruikerseffecten. Deze dienen dan ook bijgehouden te worden. Indien mogelijk dienen deze gekoppeld te worden aan andere ritparameters.

- Voldoen de reeds gestelde veiligheidseisen bij grootschalig gebruik van e voertuigen?

Op dit moment (2009) bestaan er veiligheidseisen waar e voertuigen aan moeten voldoen om toegelaten te worden op de weg. Tijdens de proef zal gekeken moeten worden of het wenselijk is dat de bestaande veiligheidseisen worden aangepast. Dit zal tijdens de praktijkproef door de Dienst Wegverkeer worden geanalyseerd.

1.2 **Opbouw van het rapport**

Hoofdstuk 2 begint met een korte beschrijving van de voertuuginstrumentatie. Hoofdstuk 3 beschrijft de diepere analyse van data. Hoofdstuk 4 behandelt de gebruikerservaringen, zowel van de eindgebruikers (uit enquêtes) als van de leasemaatschappij (onderhoud, reparatie etc.). In Hoofdstuk 5 komen de economische gebruikaspecten aan bod, met scenario's voor privé-, zakelijk-, en leasegebruik. Daarbij wordt gerekend met de in het voertuig gemeten verbruiksdata. Hoofdstuk 6 geeft inzicht in de milieutechnische consequenties van elektrisch rijden. Hoofdstuk 7 maakt de vertaling naar de oorspronkelijke onderzoeksvragen en doelstelling en in hoofdstuk 8 worden tenslotte de conclusies gepresenteerd.

2 Voertuigen en instrumentatie

Dit hoofdstuk beschrijft de voertuigen waaruit het gemonitorde wagenpark bestaat en de sensoren en communicatieapparatuur (het meetsysteem) waarmee deze zijn uitgerust.

2.1 Het wagenpark

De volgende voertuigen doen mee in de proef (specificaties opgegeven door fabrikanten):



12x Nissan Leaf

Soort	Volledig elektrisch
Gewicht	1.525 kg
Accu capaciteit	24 kWh
Topsnelheid	145 km/u
Afmetingen lxbxh	445x177x150 cm
Actieradius	160 km
Acceleratie 0-100 km/u	11,9 sec.



6x Mitsubishi i-MiEV en 6x Peugeot iOn

Soort	Volledig elektrisch
Gewicht	1.085 kg
Accu capaciteit	16 kWh
Topsnelheid	130 km/u
Afmetingen lxbxh (cm)	347x147x161 cm
Actieradius	150 km
Acceleratie 0-100 km/u	15,9 sec.

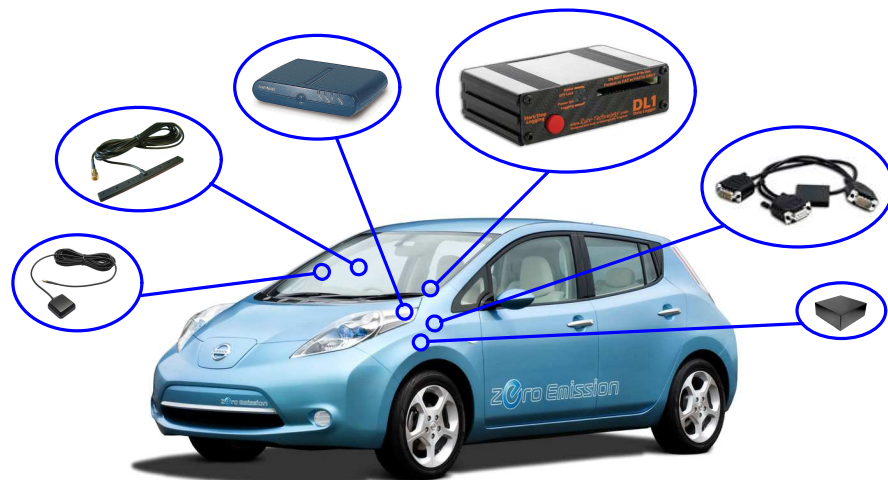


2x Toyota Prius Plug-in hybride

Soort	elektrisch/benzine
Gewicht	1.420 kg
Accu capaciteit	4.4 kWh
Topsnelheid	85 km/u elektrisch - 185 km/u op benzine
Afmetingen lxbxh	448x174x149 cm
Actieradius	25 km elektrisch, 730 km op benzine
Acceleratie 0-100 km/u	11,4 sec.

2.2 Instrumentatie volledig elektrische voertuigen

De 6 Mitsubishi i-MiEVs, 6 Peugeot IOns en 12 Nissan Leafs zijn uitgerust met een datalogger, een GPS module en een module om de data draadloos te versturen. De data werden verzameld in een centrale database. Onderzoeksvragen worden beantwoord door verschillende doorsnedes van die data te interpreteren. De systeemcomponenten die nodig zijn voor beschreven meten, opslaan en verzenden naar een centrale database vanuit elk elektrisch voertuig zijn weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Meetsysteem waar elk elektrisch voertuig in de praktijkproef van is voorzien. V.l.n.r.: GPS antenne, GPRS antenne, GPRS unit, datalogger, voertuigcommunicatie interface, aan/uit module datalogger

GPS-sensor

Het voertuig is voorzien van een GPS (Global Positioning System) sensor om positie-gerelateerde gegevens van de voertuigen te verkrijgen zoals locatie, snelheid en afstand. De GPS sensor is in onder de voorruit geplaatst en is aangesloten op de datalogger.

GPRS antenne en unit

De GPRS (General Packet Radio Service) antenne en unit zorgen ervoor dat de opgeslagen signalen van de datalogger via een mobiele telefoonverbinding naar een centrale database worden verzonden. De GPRS antenne is eveneens gepositioneerd onder de voorruit van de voertuigen, zodat er makkelijk verbinding kan worden gemaakt met een draadloos telefoonnetwerk.

Datalogger

Belangrijkste component van het meetsysteem is de datalogger waarin de signalen worden opgeslagen. Signalen die de datalogger opslaat zijn GPS-positie en digitale berichten van het voertuigcommunicatiesysteem. De datalogger slaat de gegevens eens per tien seconden op (frequentie van 0,1 Hz). Wanneer een voertuig rijdt of wordt geladen, dan worden de meetgegevens ongeveer om het kwartier naar de centrale database verzonden middels de aangekoppelde GPRS unit. De datalogger is in alle voertuigen aan de bestuurderszijde achter het dashboard weggewerkt.

Voertuigcommunicatie interface

Het is niet mogelijk om met de datalogger direct gegevens te 'lezen' van het voertuig-communicatiesysteem (de CAN-bus). Hiervoor is een aparte interface (verbindingmodule) nodig, die naast de datalogger is geplaatst.

Aan/uit module datalogger

Om zoveel mogelijk gegevens te kunnen verzamelen tijdens zowel het rijden als laden van de elektrische voertuigen wordt er van de datalogger verwacht dat deze gedurende deze handelingen ook functioneert. Op momenten dat het voertuig niet gebruikt wordt om te rijden of te laden is deze noodzaak er niet. Als de datalogger onnodig aan staat wanneer het voertuig niet gebruikt wordt, kan de 12V accu waarmee de datalogger gevoed wordt leegraken. Om dit te voorkomen wordt gebruik gemaakt van een kastje dat de datalogger alleen aanschakelt wanneer het voertuig op contact staat óf wanneer er geladen wordt.

2.3 Monitoring Toyota Prius plug-in hybride

Toyota heeft sinds 2010 een wereldwijd demonstratieprogramma met 600 voertuigen van het type Prius plug-in. Dit zijn voertuigen die zowel op benzine als op elektriciteit kunnen rijden. Twee van deze voertuigen zijn gedurende de praktijkproef elektrisch rijden aanwezig bij Rijkswaterstaat. Vanwege de aard van het demonstratieprogramma staat de fabrikant van deze voertuigen monitoring niet toe en zijn deze twee plug-in voertuigen niet uitgerust met het meetsysteem zoals omschreven in paragraaf 2.2. Om toch de voertuigen enigszins te kunnen meenemen in een vergelijking met de volledig elektrische voertuigen, is ruim twee weken lang de gereden afstand, geladen energie en aantal getankte liters brandstof bijgehouden.

Plug-in hybride voertuigen zijn bijzondere voertuigen qua energievoorziening. Dit type voertuig is een combinatie van een conventioneel-hybride en een elektrisch aangedreven voertuig. De opbouw van het voertuig lijkt sterk op de opbouw van een 'gewoon' hybride voertuig (waarvan de Toyota Prius een wijdverbreid voorbeeld is), echter met een groter accupakket dat van buiten het voertuig oplaadbaar is (vandaar de toevoeging "plug-in"). Vanwege deze twee

energievoorzieningen is het bepalen van het energieverbruik complexer dan bij conventionele of zuiver elektrische voertuigen.

Het gemiddelde energieverbruik wordt berekend met de volgende parameters:

- de gereden afstand.
- de geladen elektrische energie
- de hoeveelheid getankte brandstof

Om de nauwkeurigheid van de meting te vergroten is een vast referentiepunt gekozen in de meting. Het begin en het eind van de meetperiode zijn met dezelfde hoeveelheid energie aan boord, namelijk een volle brandstoftank en een volledig opgeladen accupakket.

Bepaling parameters brandstof- en elektriciteitsverbruik

Het bepalen van de gereden afstand is gedaan door het noteren van de kilometerstand van het voertuig bij elke tank- of laadsessie. De hoeveelheid getankte brandstof is overgenomen van de brandstofpomp, de hoeveelheid geladen elektrische energie is bepaald met een kilowattuurmeter gemonteerd in de laadkabel van het voertuig (Figuur 2).



Figuur 2 Oplaadkabel Toyota Prius plug-in met kilowattuurmeter voor het monitoren van de geladen energie van het net

3 Data-analyse

Dit hoofdstuk beschrijft het systeem van dataverwerking en de belangrijkste resultaten van de data-analyse. Paragraaf 3.3 beschrijft apart de meetresultaten van de Toyota Prius plug-in. De Prius was niet voorzien van monitoringsapparatuur maar is enkele weken handmatig gemeten en om die reden apart opgenomen in dit hoofdstuk.

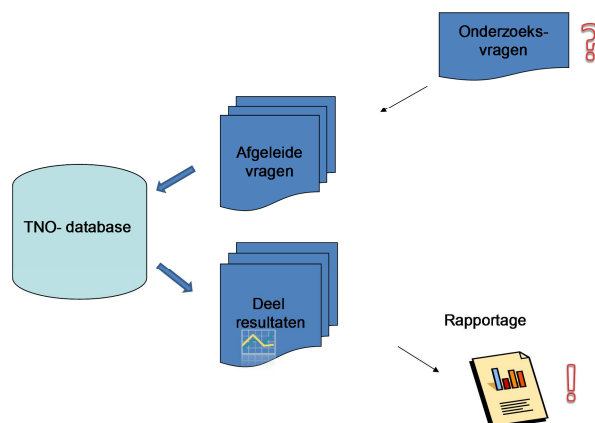
3.1 Dataverwerkingssysteem

In dit project zijn grote hoeveelheden data verzameld. Daarom is een dataverwerkingssysteem, waarin de data gemakkelijk ingeladen en gedeeltelijk geanalyseerd worden een must.

Het dataverwerkingssysteem richt zich op de analyse van de voertuigdata. Met dit systeem wordt een selectie van de onderzoeksvragen beantwoord. Voor de data-analyse is gekozen voor het programma MATLAB. In MATLAB is het mogelijk om diepgaande (statistische) berekeningen uit te voeren en deze via een “*custom built GUI*” (*Graphical User Interface*) te presenteren.

Om de gestelde onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden, wordt gebruik gemaakt van verschillende bronnen. Van twee bronnen, de voertuiggegevens en de enquêtegegevens, is berekend dat de hoeveelheid gegevens dusdanig groot is, dat geautomatiseerde verwerking het meest efficiënt en betrouwbaar is. De automatisch verwerkte gegevens worden in een database opgeslagen (hierna te noemen “TNO database”). Specifieke interviews en logboekgegevens worden handmatig verwerkt, en worden niet opgenomen in de TNO database.

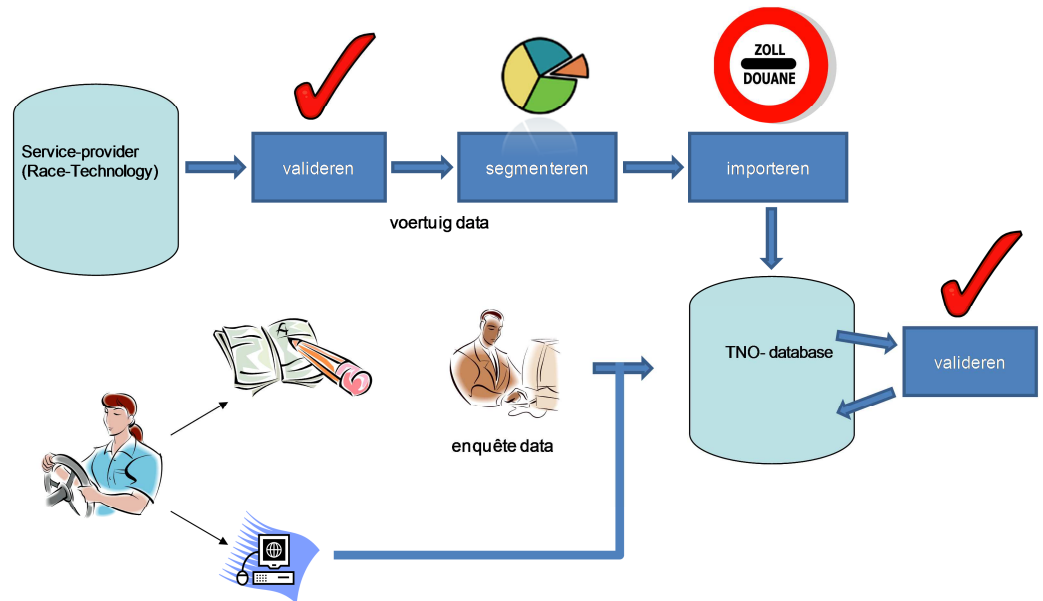
De gegevens in de TNO database worden gebruikt om afgeleide onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden en dragen daarmee bij aan de onderbouwing van deze rapportage. Het (deels geautomatiseerde) proces om van onderzoeksvragen tot onderbouwde resultaten te komen is schematisch weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3 Processtappen om van onderzoeksvragen tot onderbouwde (deel)resultaten te komen

3.1.1 Inname voertuiggegevens

Van de 24 volledig elektrische voertuigen uit de praktijkproef wordt tijdens het rijden en tijdens het laden elke 10 seconden een monster genomen van tussen de 16 tot en 18 (afhankelijk van het voertuigtype) parameters. Een lijst van de opgetekende voertuigparameters is als bijlage 1 aan dit rapport gehangen. Wekelijks resulteert dat in gemiddeld meer dan 127.000 monsters. Het proces om de voertuiggegevens in de TNO database te krijgen is, daarom grotendeels geautomatiseerd. Dit proces is schematisch weergegeven in Figuur 4.



Figuur 4 Processtappen om voertuigdata en enquêtedata in de TNO database te krijgen

Voordat de voertuigdata in de TNO database worden geïmporteerd, wordt deze opgesplitst (gesegmenteerd) in verschillende rij- en laadcycli. Hierdoor wordt de beantwoording van veel afgeleide onderzoeksvragen aanzienlijk vereenvoudigd.

Vanzelfsprekend dienen de data in de TNO database volledig en conform de werkelijkheid te zijn. Om dat te kunnen waarborgen worden de voertuigdata gecontroleerd, voordat deze in de TNO database worden weggeschreven. Bij deze controle (buiten de TNO database) wordt vooral op overschrijdingen van limieten van de gemeten parameters gecontroleerd. Voorbeelden daarvan zijn GPS tijd, GPS positie, voertuigsnelheid, batterijlading, kilometerstand, enz.. Het gaat daarbij dus om de controle op niet contextafhankelijke data.

Om ook de context afhankelijke data te kunnen controleren, zijn er tussentijdse controles op de data in de TNO database uitgevoerd. Enkele voorbeelden van tussentijds uitgevoerde controles zijn:

- Controle van de hoeveelheid geladen energie vs. de accucapaciteit;
- Controle van de verbruikte energie vs. de actieradius;
- Nagaan of de gemeten kilometerstanden van opeenvolgende rij- en laadcycli netjes op elkaar aansluiten;
- Controle van de werkelijke kilometerstanden op vastgelegde tijdstippen;
- Controle van het verloop van de bemonstertijden vs. de geregistreerde GPS tijd;

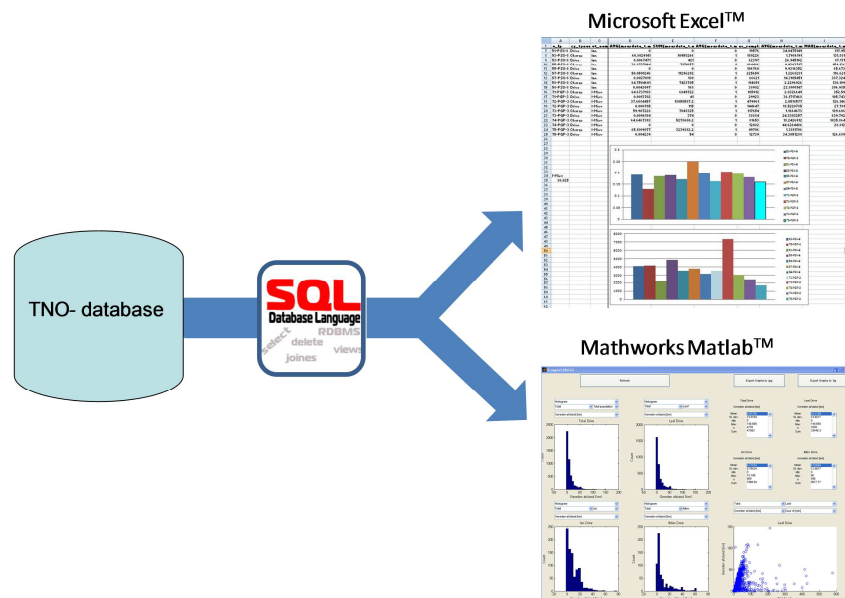
Deze (deels geautomatiseerde) controles bleken van groot praktisch nut om verstoorde data inname snel op te sporen en te verhelpen.

3.1.2 Verwerking voertuiggegevens

De 24 voertuigen uit de praktijkproef hebben bij elkaar over een periode van 42 weken bijna 10.000 rij cycli (ritten) en bijna 4000 laadcycli met in totaal meer dan 5 miljoen monsters opgeleverd. Vanwege de grote hoeveelheid data wordt dit grotendeels geautomatiseerd verwerkt.

Er is voor gekozen om de afgeleide onderzoeksvragen te vertalen in *Structured Query Language* (SQL) vragen, die direct door het database management van de gebruikte MySQL™ database kunnen worden uitgevoerd. De daarmee verkregen tussenresultaten zijn soms direct bruikbaar, maar veelal moet er nog een nabewerking plaats vinden.

Voor de nabewerking van de voertuiggegevens heeft TNO gebruik gemaakt van zowel Microsoft Excel™ (hierna te noemen: Excel), als ook van Matlab™ van de firma Mathworks (hierna te noemen: Matlab). Excel is daarbij vooral ingezet voor grafische representaties, eventueel in combinatie met eenvoudige nabewerkingen van de voertuigdata. Matlab is vooral voor de complexere nabewerkingen ingezet. Daarnaast heeft TNO binnen de Matlab omgeving een voor de praktijkproef samengestelde grafische interface ontwikkeld, waarmee veel voorkomende vraagstellingen snel en efficiënt kunnen worden ingevoerd en waarna de resultaten direct in het gewenste formaat worden weergegeven. Dit is in Figuur 5 schematisch weergegeven.



Figuur 5 Database gegevens worden middels SQL vragen uit de database gelezen en verwerkt in Excel en Matlab

3.1.3 Inname enquêtegegevens

Bij aanvang van de praktijkproef zijn de enquêtes in eerste instantie handmatig ingevoerd. Daarna is de inname geautomatiseerd. Bij de geautomatiseerde invoer (zie ook Figuur 4) krijgt de bestuurder een e-mail met daarin een link naar een online enquêteformulier. Na het invullen van het formulier worden de antwoorden automatisch in de TNO database gezet.

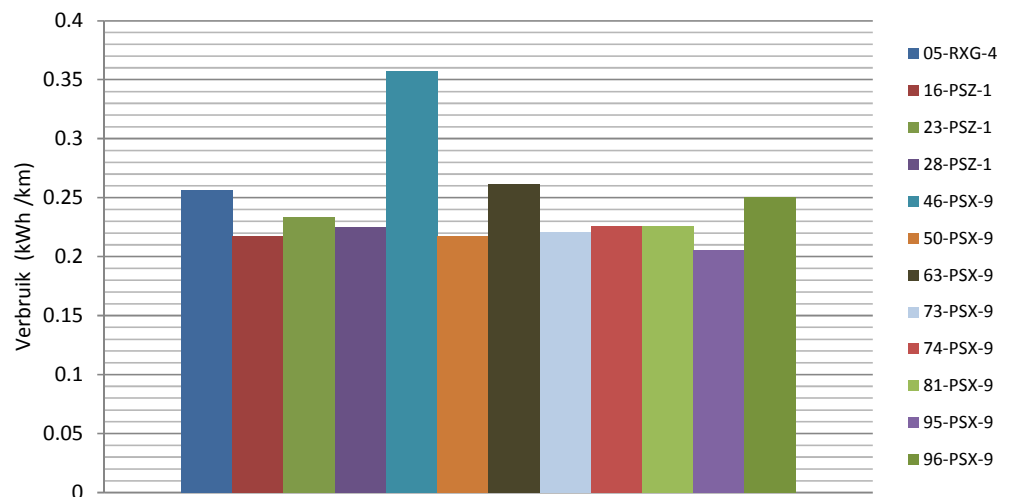
3.1.4 Verwerking enquêtegegevens

De verwerking van de enquêtegegevens wordt op dezelfde wijze uitgevoerd als de verwerking van de voertuiggegevens (zie Figuur 5), met als verschil dat hierbij alleen gebruik wordt gemaakt van Excel.

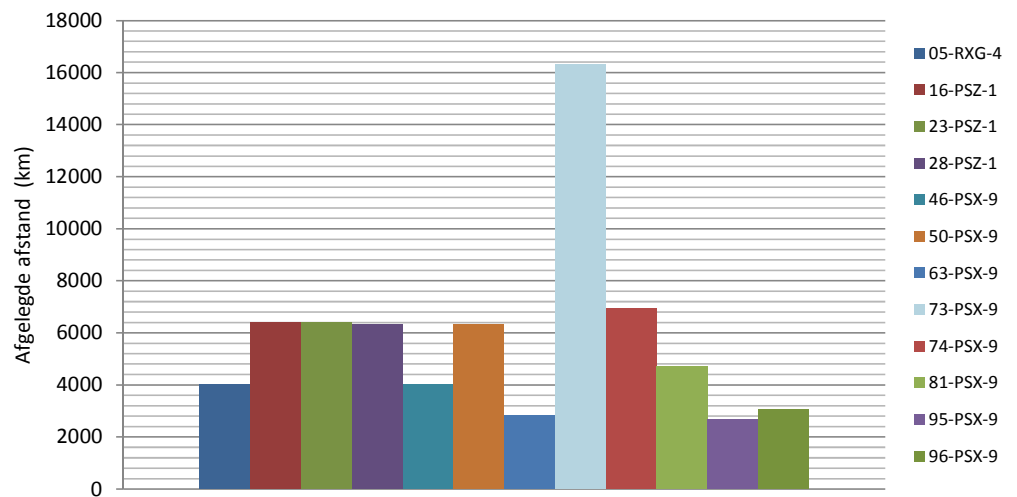
De verkregen deelresultaten uit de voertuiggegevens, gecombineerd met de deelresultaten van de enquêtegegevens en aangevuld met de analyse van de meer specifieke interviews en logboek gegevens, vormen de basis voor deze rapportage.

3.2 Resultaten data-analyse

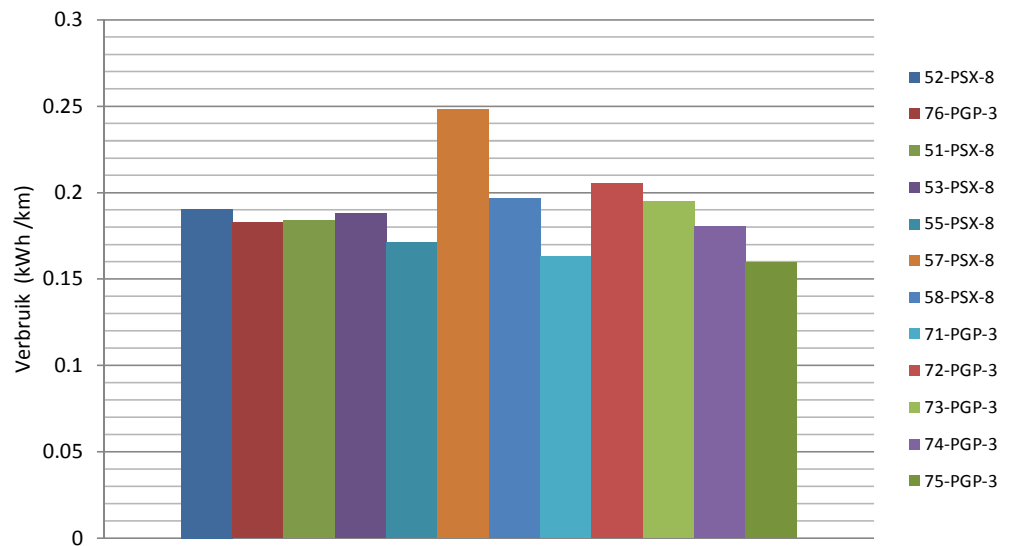
Uit de grote hoeveelheid data die tijdens de praktijkproef in de voertuigen werd opgetekend is een overvloed aan afgeleide gegevens en kengetallen af te leiden. Een nog enigszins hanteerbaar overzicht wordt gepresenteerd in bijlage B. Ook in hoofdstuk 7 (vertaling onderzoeksvragen) komt een gedetailleerde analyse van de uitkomsten aan bod. In deze paragraaf worden omwille van eenvoud en overzichtelijkheid enkel de belangrijkste data op een rijtje gezet. Dominant voor het kostenaspect van elektrisch rijden alsook om de (toekomstige) invloed op elektriciteitsvoorziening te kunnen afschatten, zijn de gegevens rond energiegebruik van de voertuigen.



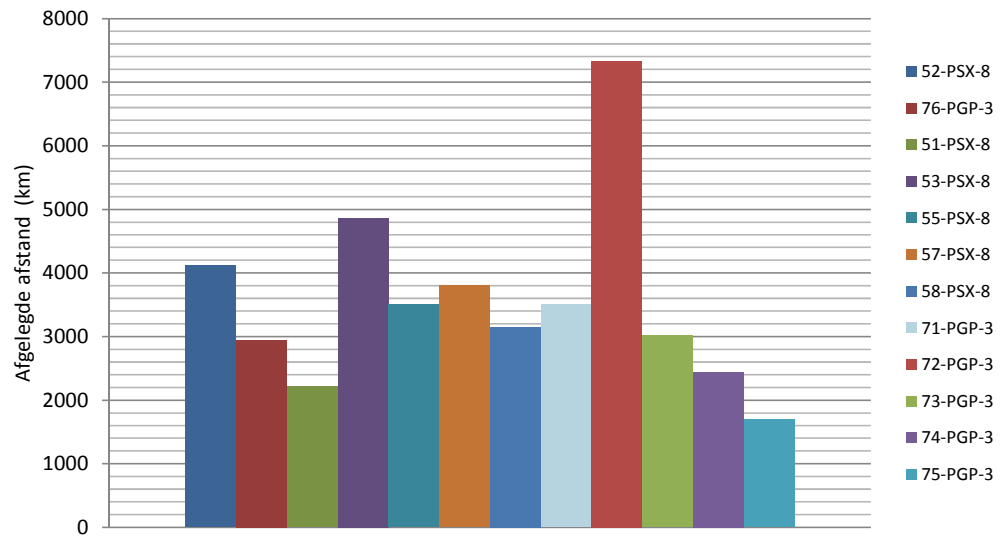
Figuur 6 Gemiddeld verbruik van de Nissan Leafs in kWh per km, over de totale monitoringsperiode (van medio september 2011 tot en met juni 2012)



Figuur 7 De afgelegde afstand van de Nissan Leafs in km, over de totale monitoringsperiode (van medio september 2011 tot en met juni 2012).

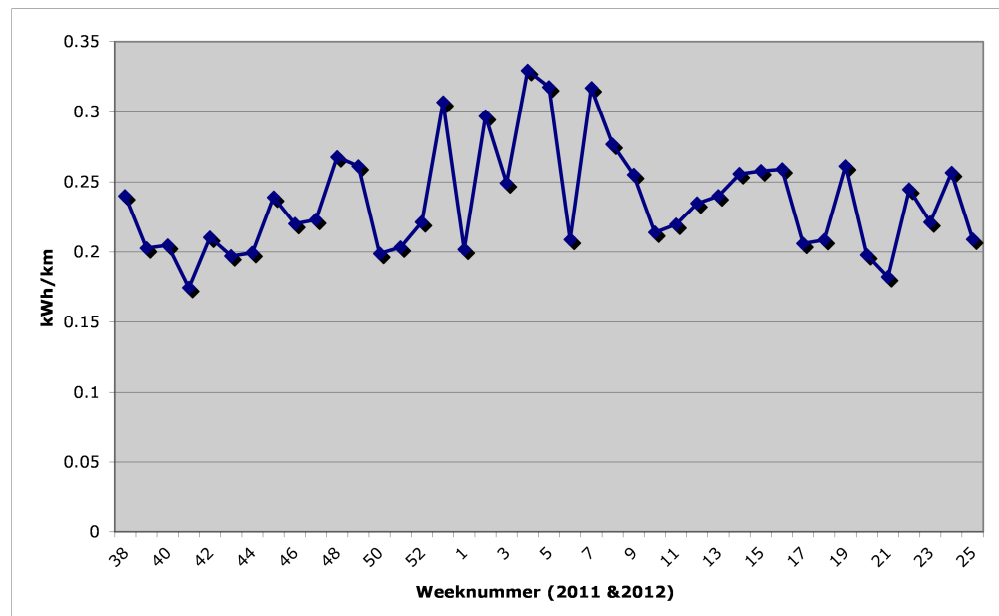


Figuur 8 Gemiddeld verbruik van de Mitsubishi i-MiEVs en Peugeot iOns in kWh per km, over de totale monitoringsperiode (van medio september 2011 tot en met juni 2012)

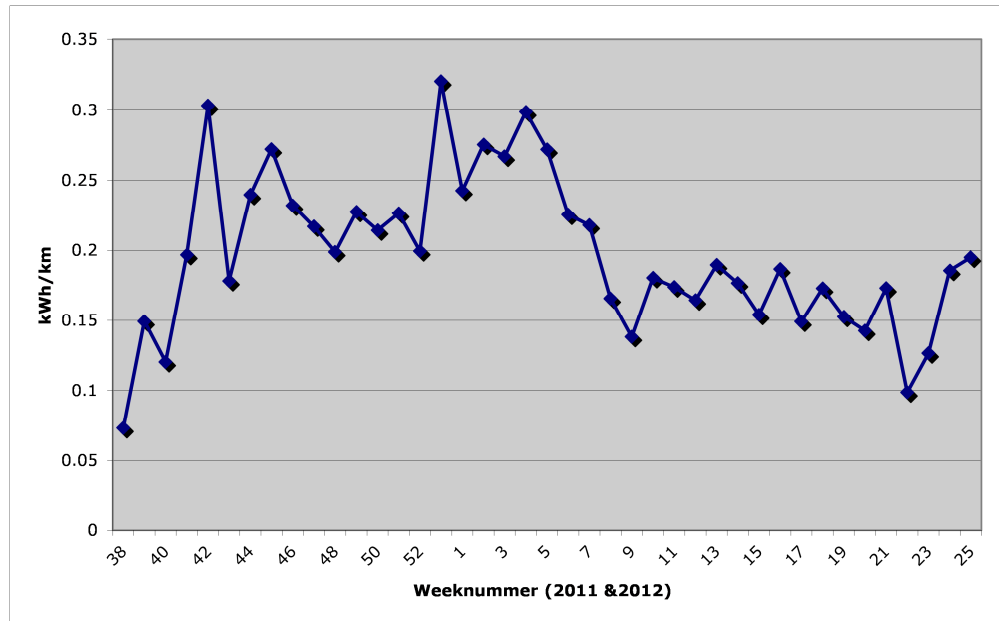


Figuur 9 De afgelegde afstand van de Mitsubishi i-MiEVs en Peugeot iOns in km, over de totale monitoringsperiode (van medio september 2011 tot en met juni 2012)

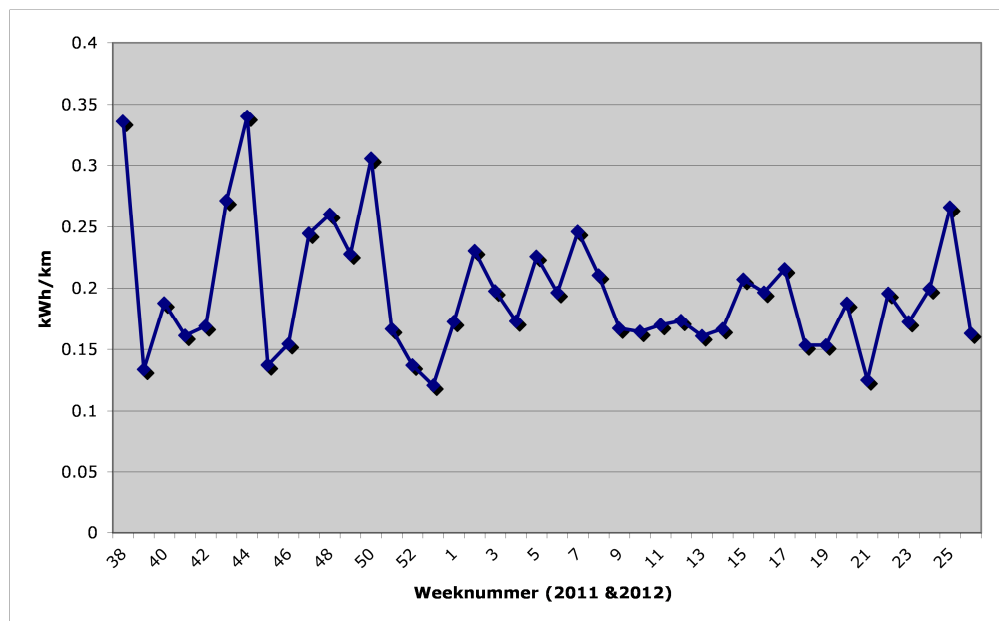
Omdat een elektrische auto –in de huidige vorm- slechts een bescheiden hoeveelheid energie beschikbaar heeft in zijn accu's is extra verbruik voor bijvoorbeeld klimaatbeheersing in de auto (verwarming/koeling, ontwaseming) erg belangrijk. In dat kader is ook gekeken naar variatie van energieverbruik met de tijd, omdat daarmee (in het bijzonder) meteorologische invloeden inzichtelijk worden. Bijvoorbeeld temperatuur en windsnelheid hebben een forse invloed op het verwachte verbruik van elektrische voertuigen. 50% meerverbruik vergeleken met 'neutrale' (lees gunstige) omgevingscondities lijkt plausibel.



Figuur 10 Gemiddeld verbruik van de totale groep Nissan Leafs als totaal opgenomen energie (in kWh) gedeeld door totaal afgelegde afstand (in km) op weekbasis. Omdat beide getallen niet direct in tijd gekoppeld zijn, kan de grafiek afwijkingen vertonen (bijv. energie geladen in week c voor afstand gereden in week d).



Figuur 11 Gemiddeld verbruik van de totale groep Peugeot iOns als totaal opgenomen energie (in kWh) gedeeld door totaal afgelegde afstand (in km) op weekbasis. Omdat beide getallen niet direct in tijd gekoppeld zijn, kan de grafiek afwijkingen vertonen (bijv. energie geladen in week c voor afstand gereden in week d).



Figuur 12 Gemiddeld verbruik van de totale groep Mitsubishi i-MiEVs als totaal opgenomen energie (in kWh) gedeeld door totaal afgelegde afstand (in km) op weekbasis. Omdat beide getallen niet direct in tijd gekoppeld zijn, kan de grafiek afwijkingen vertonen (bijv. energie geladen in week c voor afstand gereden in week d).

3.3 Meetuitkomsten Toyota Prius plug-in hybride

Aangezien de meting van elektrische energie-opname uit het laadpunt door de bestuurder van de auto zelf moet worden aangesloten, is ervoor gekozen om de meetperiode beperkt te houden tot circa twee weken.

Van één Prius plug-in (92-LZB-4) zijn de volgende meetgegevens vastgelegd:

- Gedurende 18 kalenderdagen (waarin drie weekenden vielen) werd in totaal 1416 km afgelegd;
- Voor het afleggen van die afstand werd 61,90 liter benzine en 47,83 kWh elektrische energie door het voertuig opgenomen;
- Dat levert een gecombineerd verbruik van 33,8 Wh/km plus 4,37 l/100 km. Omdat de verhouding tussen elektrisch en brandstof-aangedreven kilometers niet is gemeten is geschat dat ongeveer 20% van de kilometers vanuit het elektriciteitsnet gevoed was. Dat komt neer op een –puur elektrisch- verbruik van 169 Wh/km;
- De andere 80% van de kilometers werd door benzine van energie voorzien, met een –puur brandstofverbruik van 5.46 l/100 km.

Deze (beperkte) registratie heeft resultaten opgeleverd, die in lijn liggen met de verwachtingen. Zo is het elektrische verbruik iets lager dan dat van de Nissan Leaf (een wagen met een vergelijkbaar gewicht), hetgeen te verklaren is met de constatering dat met name op lagere snelheden (puur) elektrisch wordt gereden. Daarnaast wordt voor de verwarming gebruik gemaakt van de restwarmte van de verbrandingsmotor. Ook de brandstofverbruiksgegevens zijn ongeveer gelijk aan de *real world* verbruikscijfers van de ‘gewone’ hybride Toyota Prius⁵. Omdat het voorlopig de enige data zijn die binnen de praktijkproef voor de Prius plug-in werden opgetekend, worden ze hier met het nodige voorbehoud gepresenteerd.

De afgeschatte verbruiksgedaten zijn aanzienlijk hoger dan Toyota (conform voorschriften) opgeeft (2 l/100 km). Twee belangrijke opmerkingen daarbij:

1. verbruik van een plug-in hybride is sterk afhankelijk van het rittenprofiel (bijvoorbeeld veel korte of vooral lange ritten) en,
2. het verbruik is sterk afhankelijk van de mogelijkheid en wil van de gebruiker om de auto elektrisch te laden. Rekening houdend met de relatief kleine accu, die een vol elektrische actieradius van circa 18 km geeft (berekend op basis van gemeten gemiddelde verbruik), èn het feit dat de voertuigen intensief werden ingezet (bijna 26.000 km/jaar) lijkt in de praktijkproef de laadmogelijkheid van dit voertuigtype goed gebruikt.

Het verbruiksgetal 4,371 l/100km dat in dit geval werd gemeten is niet los te zien van het betreffende rittenprofiel en de betreffende bestuurder die heel regelmatig de auto aan een oplaadpunt heeft gekoppeld.

Wanneer de tankpasdata van de twee Toyota Prius plug-ins over de duur van de praktijkproef worden bekeken, komen ongeveer dezelfde getallen naar boven: de ene (93-LZB-4) tankte effectief 4.61 l/100km en de andere 4.54 l/100km op een totaal afgelegde afstand van 52.977, respectievelijk 41.500 km.

Het relatief gunstige brandstofverbruik geeft een niet compleet beeld omdat de hoeveelheid elektrische energie die over de hele periode is opgenomen onbekend

⁵ [TNO: MON-RPT-2010-00114--CO2 “Uitstoot van personenauto’s in norm en praktijk” in opdracht van ministerie van VROM (2010)]

is. Het brandstofverbruik ligt wel iets hoger (5 %) dan het brandstofverbruik gedurende de eerder genoemde meetperiode. Mogelijk is buiten deze meetperiode iets minder consequent geladen, of mogelijk waren gemiddeld net wat energieongunstiger ritten en/of weersomstandigheden aan de orde.

4 Gebruikerservaringen



Een belangrijke doelstelling van de praktijkproef is het opdoen van ervaring. Zowel op het niveau van de organisatie, als dat van de individuele gebruikers. Om de gebruikerservaringen te polsen - en ook in de tijd te kunnen volgen - zijn bij aanvang en afsluiting van testperiodes van drie maanden enquêtes afgenomen bij de berijders.

In paragraaf 4.1 worden de uitkomsten van de gebruikersenquêtes gepresenteerd. Vanwege privacy werd op vrijwillige basis aan de deelnemers gevraagd hun naam op te geven. Om deze reden is niet altijd de koppeling te maken met deelnemers die meerdere perioden hebben gereden. Waar mogelijk is er een koppeling gemaakt tussen de enquête als nulmeting en een tweede enquête van dezelfde persoon.

De gebruikers kregen een link naar de enquête (zie bijlage voor de gebruikte vragenlijst) per e-mail toegezonden. Met die link kon de enquête online worden beantwoord, waarbij de antwoorden direct in de dataopslag terechtkwamen.

Paragraaf 4.3 beschrijft de interviews die gehouden zijn met betrokken mensen in deze proef. Dit zijn niet alleen deelnemers zelf maar ook stakeholders als wagenparkbeheerders en onderhoudsplanners maar ook mensen bij betrokken ministeries.

4.1 Analyse van de gebruikersenquêtes

4.1.1 *Eigenschappen van het voertuig:*

V1 Deze auto maakt meer geluid dan de gemiddelde brandstofauto:

Gemiddeld wordt de elektrische auto als beduidend stiller ingeschat dan een conventionele (score $1,9 \pm 1,7$ op een schaal van 10 helemaal mee eens tot 1 helemaal mee oneens).

V2 Ik merk dat deze auto -vergeleken met een gewone brandstofauto- door andere verkeersdeelnemers:

Niet significant, maar gevoelsmatig een klein beetje later dan een conventionele auto wordt opgemerkt (score $4,4 \pm 2,2$ op een schaal van 10 eerder wordt opgemerkt tot 1 later wordt opgemerkt).

V3 Het remgevoel in deze auto is in vergelijking met een gewone brandstofauto:

Een beetje beter dan in conventionele auto. (score $6,5 \pm 1,5$ op een schaal van 10 veel beter tot 1 veel slechter).

4.1.2 *Praktische inzetbaarheid van het voertuig*

V4 De actieradius van deze elektrische auto is voor mij, zoals ik hem nu gebruik:

Gemiddeld onvoldoende, maar er is ook een deel van de gebruikers dat (bij het betreffende gebruik van het voertuig) tevreden is. De spreiding in antwoorden is bij deze vraag erg groot. (score $4,2 \pm 3$ op een schaal van 10 voldoende tot 1 onvoldoende).

V5 De ruimte in de elektrische auto is

Voldoende (score $6,3 \pm 2,2$ op een schaal van 10 erg ruim tot 1 erg krap).

4.1.3 *Rijkwaliteiten van het elektrische voertuig*

V6 Ik vind de wegligging en stabiliteit:

Ruim voldoende (score $7,1 \pm 2,2$ op een schaal van 10 zeer goed tot 1 zeer slecht).

V7 Ik ervaar het weggedrag van deze auto als:

Ruim voldoende (score $7,4 \pm 1,8$ op een schaal van 10 voorspelbaar tot 1 onvoorspelbaar).

V8 De geschiktheid van het elektrische voertuig voor inhalen op de snelweg vind ik

Ruim voldoende (score $6,8 \pm 2,3$ op een schaal van 10 zeer goed tot 1 zeer slecht).

4.1.4 *Rijstijl van de gebruiker in het elektrische voertuig*

V9 Optrekken: (uw rijstijl)

Gematigd dynamisch (score $6,7 \pm 2,3$ op een schaal van 10 heel vlot tot 1 kalm en beheerst).

V10 Afremmen (uw rijstijl)

Gematigd (score $4,6 \pm 2,1$ op een schaal van 10 sportief (liefst een zo kort mogelijke remweg) tot 1 beheerst (rustig uitrollen en remmen)).

V11 Rijstijl in de elektrische auto vergeleken met de rijstijl in een brandstof-auto

Nauwelijks anders (score $5,2 \pm 2,0$ op een schaal van 10 veel sportiever tot 1 veel rustiger).

4.1.5 *Energievoorziening*

V12 Het opladen van de auto:

Relatief eenvoudig (score $6,9 \pm 2,8$ op een schaal van 10 eenvoudig tot 1 omslachtig).

V13 Mogelijkheden voor opladen

Onvoldoende (score $4,0 \pm 2,4$ op een schaal van 10 ruim voldoende tot 1 onvoldoende).

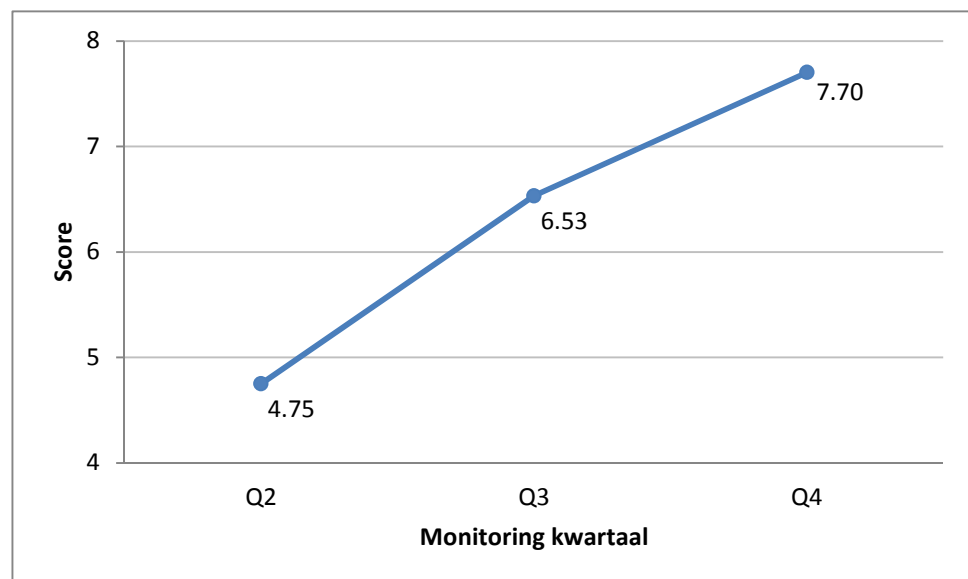
V14 Onvoorbereid op weg gaan vind ik met deze auto

Nauwelijks mogelijk (score $3,5 \pm 2,5$ op een schaal van 10 mogelijk tot 1 onmogelijk).

4.1.6 *Algemene waardering*

V15 Zou u elektrisch rijden aanbevelen aan collega's voor dienstreizen?

Ja, in de meeste gevallen wel (score $6,7 \pm 2,9$ op een schaal van 10 ja tot 1 nee). Dit is een van de uitzonderlijke vragen waarbij de perceptie significant verschuift tijdens de praktijkproef. Naarmate de proef vordert bevelen meer gebruikers de elektrische auto aan bij collega's voor dienstgebruik (de bedenkingen nemen af zou men ook kunnen stellen). In kwartaal 1 was de vraagstelling anders, en in onderstaande grafiek is Q1 daarom niet meegenomen.



Figuur 13 Ontwikkeling van de score op aanbeveling aan collega's voor dienstgebruik over de drie kwartalen van monitoring.

V16 De bijdrage van elektrisch rijden aan een beter milieu

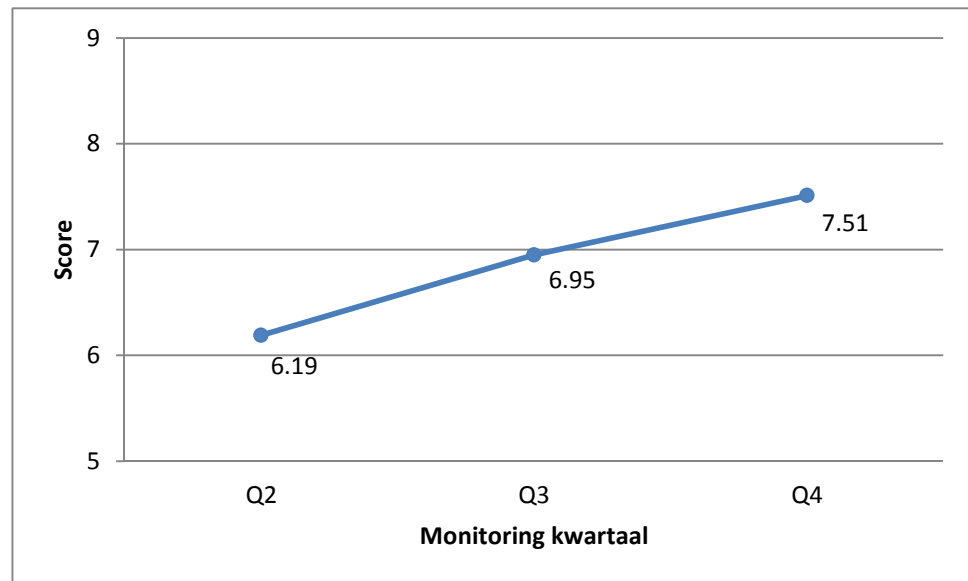
Goed, zondermeer (score $8,2 \pm 2,2$ op een schaal van 10 zeer goed tot 1 zeer slecht).

V17 Algemeen rapportcijfer voor de elektrische auto

Ruim voldoende (score $7,1 \pm 1,9$ op een schaal van tien tot een).

Dit is een van de uitzonderlijke vragen waarbij de perceptie significant verschuift tijdens de praktijkproef. Naarmate de proef vordert neemt de algehele waardering

toe. In kwartaal 1 was de vraagstelling anders, en in onderstaande grafiek is Q1 daarom niet meegenomen.



Figuur 14 Ontwikkeling van de algemene waardering van de elektrische auto over de drie kwartalen van monitoring.

4.2 Conclusie gebruikersenquêtes

De gebruikers vinden de elektrische auto aanzienlijk stiller dan een conventionele. Desondanks wordt de auto ongeveer evengoed opgemerkt in het verkeer. Het remgedrag van de auto verschilt niet met dat van een gewone auto.

De praktische inzetbaarheid wordt nog niet volledig gewaardeerd door beperkingen in actieradius, maar de ruimte in de auto is in orde.

Zowel de wegligging/stabiliteit, het weggedrag, als de geschiktheid voor het inhalen op de snelweg scoren een ruime voldoende (goed, vlot, goed). Voor wat betreft de energievoorziening wordt het opladen zelf als eenvoudig ingeschat. De mogelijkheden voor opladen of het zonder voorbereidingen op reis gaan, scoren onvoldoende bij de gebruikers. De overall waardering van de elektrische auto tenslotte is ruim voldoende, en de auto wordt door de gebruikers aanbevolen aan collega's. Opmerkelijk is de iets lagere uitkomsten voor de waardering van de elektrische auto in het winterkwartaal. Hier zal waarschijnlijk de invloed van lage buitentemperatuur meespelen (verwarming kost actieradius), mogelijk ook meer nadeel van wind in dat kwartaal.

In het algemeen is er echter sprake van een toenemende waardering van de elektrische gedurende de praktijkproef. Hoe de hogere waardering ontstond is niet onderzocht. Mogelijk is een realistischer en positiever kijk op de mogelijkheden en onmogelijkheden van de auto ontstaan: Waar eerst bedenkingen bestonden over een praktische inzetbaarheid, is het besef gegroeid dat de elektrische auto op veel plaatsen en voor veel doelen een goed bruikbaar alternatief is. In vervolgonderzoek (al dan niet bij Rijkswaterstaat) zou deze vraag nader onderzocht kunnen worden.

4.3 Interviews met betrokkenen praktijkproef RWS

Om directe input te krijgen van diverse mensen die aan de praktijkproef deelnemen of helpen om de praktijkproef te organiseren, zijn interviews gehouden. De vragen in deze interviews waren open van karakter, al hadden de interviewers een lijstje met vragen / aandachtspunten om geen onderwerpen over te slaan. In de rest van dit hoofdstuk worden de meest in het oog springende ervaringen en meningen weergegeven.

4.3.1 *Aanschaf van de auto's*

De elektrische voertuigen zijn door Rijkswaterstaat zelf aangeschaft en vervolgens bij LeasePlan in beheer gegeven. De aanschafprijs van de elektrische voertuigen ligt voorlopig hoog. Diverse geïnterviewde betrokkenen gaven aan dat door de politieke ambitie om in 2015 een kwart van het RWS park elektrisch te laten rijden, er een natuurlijke druk is om dit te laten gebeuren. Maar een voorwaarde is dat ook de financiële ruimte gevonden wordt. In de praktijk kunnen namelijk meer dan 2 conventionele VW Polo's worden gekocht voor de prijs van één Nissan Leaf. Nu zijn die twee voorbeeldauto's niet helemaal vergelijkbaar, en verschilt ook hun soort inzet in de vloot van RWS. Toch is het prijsverschil opmerkelijk, en onderstreept het dat er nog een serieuze drempel is wanneer er wordt overgeschakeld van conventioneel naar elektrisch rijden.

In diverse interviews (betrokkenen bij "inkoop" of "beheer") komt naar voren dat er nog veel onbekend is rondom elektrische voertuigen. Zo zijn er grote vragen over commerciële inzetbaarheid, exploitatiekosten en restwaarde. Die vragen brengen risico's met zich mee, die bijvoorbeeld in het beheer (en de kostendoorberekening) meegenomen moeten worden. Voor de afschrijving zit een belangrijke onzekerheid bij de levensduur van de accu (oplaadbare batterij). Dit is de duurste en meest kritische component van een elektrisch voertuig. Door de snelle ontwikkeling in techniek is (volgens een van de geïnterviewden) vrijwel zeker dat zo'n accu over 3 jaar verouderd is. Niet zozeer door achteruitgang in technische conditie van het accupakket, maar door de snelle ontwikkelingen in techniek en economische veroudering. Ook overheidsbeleid speelt mee: wat gebeurt er op termijn met het fiscale regime rond het elektrische voertuig? Dit vertaalt zich naar hogere afschrijving / relatief duur leasecontract. Het is overigens wel zo dat –onder andere door goede ervaringen met de 'gewone' hybride Toyota Prius (zonder stekker)- elektrische auto's als de Nissan Leaf (net als de Opel Ampera en de Renault Fluence ZE overigens) als volwaardig worden beschouwd. De restwaarde na drie jaar (de standaard leaseperiode) wordt op ongeveer een kwart geschat. Conventionele auto's (waarmee zeer uitgebreide ervaring bestaat) worden qua restwaarde na dezelfde periode op een derde van de aanschafprijs gewaardeerd.

4.3.2 *Ingebruikname en gebruikservaringen*

In verschillende interviews komt onwennigheid bij gebruikers aan de orde door het ontbreken van een koppeling. Het elektrische voertuig rijdt als een 'automaat' waardoor bijvoorbeeld per ongeluk onbedoeld wordt geremd. Naar verluidt moesten veel berijders daaraan wennen.

Bij een tussentijdse sessie om ervaringen van gebruikers onderling uit te wisselen, werd een heel enthousiaste sfeer opgemerkt.

“De opgegeven range, gebaseerd op past performance, klopt niet altijd. Wim(25) rijdt ‘m twee keer zo snel leeg. En als ik dan instap begin ik met een range van 80 kilometer en eindig ik met 115 kilometer.”

Tegenover het algemene enthousiasme over elektrisch rijden, staan twee majeure bezwaren: de beperkingen in actieradius en de beschikbaarheid van oplaadpunten. Diverse geïnterviewde gebruikers hebben een paar keer het schildpad-waarschuwingsteken op het dashboard zien aangaan. Daarna is er nog zo'n 8 km effectief bereik over. Eén van de gebruikers is ook echt stilgevallen. De door de fabrikant opgegeven actieradius van de auto's wordt niet gehaald (36 tot 43 % minder dan opgegeven), zeker bij ongunstige weersinvloeden (wind, regen). In de praktijk speelt de beperkte actieradius mee bij de afweging om wel of niet een elektrische auto te gebruiken (er zijn namelijk altijd ook conventionele auto's beschikbaar). Bij afspraken waar je echt niet te laat mag komen wordt toch af en toe een conventionele auto genomen. Blijkbaar is het vertrouwen in het elektrische voertuig nog niet rotsvast.

“Toen ik een belangrijke afspraak had heb ik toch voor de gewone auto gekozen...”

Opvallend is het enthousiasme over de Nissan Leaf voor die gebruikers die zowel de Leaf als de Mitsubishi i-MiEV / Peugeot iOn hebben ervaren. Over het algemeen wordt de Nissan Leaf als een stuk mooier en ruimer ervaren dan de Mitsubishi i-MiEV. Daarbij moet worden bedacht dat de rij-eigenschappen en prestaties van deze twee soorten auto's behoorlijk verschillen.

Veel geïnterviewden merken hierbij op dat autorijden ook om gevoel gaat. Emoties voor het rijden van een bepaalde auto (die lekkerder rijdt) zijn nu vaak leidend, in plaats van de vervoersbehoefte. De wagenparkbeheerder ziet juist mogelijkheden voor de inzet van elektrische voertuigen, wanneer de vervoersbehoefte leidend gemaakt wordt. De elektrische voertuigen lijken vooral geschikt als niet-persoonsgebonden auto's. Een mix van auto's kan in dat beeld het vervoer voor een mix van personen verzorgen. Voor de korte ritten pak je de elektrische auto, en voor lange een conventionele of hybride. Maar voor zo'n soort oplossing moet de emotie van de bestuurder wijken.

Veel van de geïnterviewde gebruikers voelen zich als een ambassadeur voor elektrisch rijden. Er wordt veel over elektrisch rijden gesproken, maar er zijn relatief weinig mensen met praktijkervaring. Diverse gebruikers gaven aan ook anderen in hun omgeving te informeren of zelfs bij andere onderdelen van de overheid over de ervaringen te gaan vertellen.

Een opmerkelijke ervaring die door een paar gebruikers werden opgemerkt is het opkomen van een veel actievere rijstijl door bewustzijn van lagere geluidsproductie en beperkte actieradius. Er is sprake van minder hard rijden, bewuster omgang met energiegebruik en af te leggen afstand. En qua tijd maakt het eigenlijk niet zoveel uit. Die rust (“Zen” kwaliteit) lijkt echt te horen bij elektrisch rijden.

4.3.3 *Inzetbaarheid*

Een aantal geïnterviewden schat, met de ervaring tot nu toe, in dat het primaire bedrijfsproces bij vervanging van gewone auto's door elektrische voertuigen op de

meeste plaatsen niet in de knoop hoeft te raken. De elektrische auto's worden breed toegepast als pool- en afdelingsauto (voor algemeen gebruik). Vooral in de districten zijn er prima mogelijkheden voor de inzet van elektrische voertuigen. Opmerkelijk enthousiast over de inzetbaarheid van de elektrische auto blijkt de douane. Ze zijn blij met de goede (groene) uitstraling. De beperkte actieradius van elektrische voertuigen kapt een aantal toepassingen af, maar maakt het voertuig zeer geschikt voor bijvoorbeeld inzet op een luchthaven als Schiphol.

“Actieradius en laadinfrastructuur, dat zijn de grootste uitdagingen voor het elektrisch rijden.”

4.3.4 *Laden*

De meeste gebruikers lijken snel gewend aan de noodzaak tot opladen van het voertuig. Vaak went men zich vanaf dag 1 aan om direct na aankomst de laadstekker aan te sluiten. In verreweg de meeste gevallen is het opladen geen probleem. Bij veranderingen in routine c.q. vergeten om te laden kunnen wel problemen ontstaan. Een gebruiker meldde een keer piketdienst te hebben gedraaid met de elektrische auto. In dat geval kon hij gebeld worden voor een spoedgeval. In dat geval (waarin de eventueel maximaal af te leggen afstand net binnen de actieradius van het voertuig paste) was het echt zaak voortdurend rekening te houden met bijladen.

“Elektrisch rijden is plannen; het maakt je een bewuste bestuurder”

In de praktijk komt, naar mening van de geïnterviewde gebruikers, de actieradius op ongeveer 70 tot 90 km. De fabrieksopgave zit ongeveer 20% hoger en de weersomstandigheden hebben ook veel invloed. Met vier personen in de auto bij regen en kou rijden zorgde in één geval voor een tegenvallend kleine range. Op vergelijkbare wijze is de ervaring van deze gebruikers dat normaal laden uit een 230 V-stopcontact tot 9 uur voor de Nissan Leaf vergt (16 kWh) en maximaal 7 uur voor de Mitsubishi i-MiEV (10 kWh) (gelijk aan de afgeleide Peugeot iOn). Opladen blijkt vaak minder tijd te kosten dan de maximale tijd die de fabrikanten opgeven, vooral omdat de accu's vaak maar deels leeg worden gereden. Voor de gebruikers die thuis willen laden is vaak een oplossing gezocht: permanent in de vorm van een buiten-contactdoos of publieke laadpaal, of tijdelijk, bijvoorbeeld met een verlengkabel. Juist de tijdelijke oplossingen geven vaak vragen over veiligheidsrisico's. Zo werden problemen met hete verlengkabels (*strikt genomen niet toegestaan voor opladen*), een kapotte tijdschakelaar en het niet aandurven van 's nachts laden opgetekend.

“Je bent echt aan het pionieren. Gewoon maar rijden en kijken hoever je komt en waar je kunt laden.”

In de werksituatie zijn laadvoorzieningen cruciaal. Bij deze praktijkproef kunnen die vaak op eigen terrein (privaat) gerealiseerd worden, of als dat terrein semipubliek is, kan een openbare laadpaal worden geïnstalleerd. De techniek werkt daarbij nog

niet altijd feilloos: in de praktijk zijn een paar keer laadstoringen opgetreden doordat de datacommunicatie vanuit de paal niet naar behoren functioneerde. Laden op andere plaatsen / onderweg gaat niet altijd goed. Een van de gebruikers meldde in Amsterdam stil te hebben gestaan: de stekker van de laadkabel bleek niet te passen. Soms gaan gebruikers wat eerder op pad om voor aanvang van de afspraak een (provisorische) oplaadvoorziening te kunnen regelen. De meeste adressen hebben immers nog geen laadvoorzieningen voor elektrische voertuigen. Slechts één geïnterviewde gebruiker heeft snelladen geprobeerd (bij een taxibedrijf in de buurt dat snelladers heeft). Daar werd in 12 minuten genoeg bijgeladen voor de resterende dag. Voor de meeste geïnterviewden lijkt snelladen vooralsnog vooral een theoretische optie. Mede door inspanningen van Rijkswaterstaat zal daar echter binnenkort verandering in komen. Door een wetwijziging mogen er commerciële snellaadpunten langs de snelweg worden geplaatst en de verwachting is dat er daarmee een dekkend netwerk zal ontstaan.

“Daar sta je dan, met een stekker die niet op de laadpaal past...”

4.3.5 *Techniek / onderhoud*

Voor wat betreft onderhoud is er nog weinig ervaring omdat de auto's pas een paar onderhoudsbeurten hebben gehad. Zodoende zijn er nog geen significante gegevens over benodigd onderhoud. Er zijn wel enkele kleine schadegevallen (plaatschade, parkeerongelukjes) en enkele kleine mankementen:

- Mankement aan laadkabel, alle kabels vervangen door importeur.
- Drie, vier keer een auto die niet meer wilde laden.

De voor onderhoud verantwoordelijke dienst bij LeasePlan verwacht tussen 80 en 90% onderhoudsbehoefte vergeleken met een equivalente auto met benzinemotor. 60% -wat fabrikanten wel noemen- vond de geïnterviewde te optimistisch. Mogelijk is het genoemde percentage ook een commerciële uiting van de fabrikant / importeur. Mede op basis van de mening van de Risk Management afdeling lijkt de geïnterviewde 80% relatieve onderhoudsbehoefte realistischer.

Er lopen bij de vlootbeheerder geen technische meetprogramma's (bijvoorbeeld op veroudering auto's / slijtage), en daartoe wordt geen noodzaak gevoeld. Men kijkt met vertrouwen naar batterijveroudering door ervaringen met de (gewone) Prius: een exemplaar van 12 jaar werkt nog uitstekend door accu-conditionering (dankzij een batterij management systeem). Bovendien zijn recentelijk vervangingsaccu's voor elektrische voertuigen goedkoop gemaakt (in de prijslijst) omdat de fabrikanten er vanuit gaan dat die toch niet verkocht hoeven te worden. Dat gegeven straalt vertrouwen uit, geeft vertrouwen in de markt.

Voor wat betreft de behoefte aan bandenvervanging, verwacht LeasePlan wel een verschil in bandenslijtage tussen conventionele en elektrische voertuigen. Bij conventionele auto's wordt groter motorvermogen met meer bandenslijtage verbonden, omdat dan een groter koppel via de banden wordt overgebracht. Bij elektrische auto's levert het hoge koppel bij lage snelheden een relatief grote acceleratiekracht en dus meer slijtage aan de banden.

“We verwachten minder onderhoud, maar niet zo weinig als de fabrikanten aangeven”

4.3.6 *Organisatorisch*

Regelen van laadvoorzieningen / vergunningen etc.

- Het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties heeft een circulaire uitgebracht over de voorwaarden voor plaatsing van laadinfra bij overheidsdiensten. Deze geeft maximale vrijheid voor gebouwbeheerders om invulling te geven aan laadbehoefte (binnen de bestaande veiligheidskaders). Gebouwbeheerders kunnen zelf details en gewenste vorm afstemmen op de plaatselijke behoefte en mogelijkheden.
- De discipline rondom het opladen van pool-auto's valt de geïnterviewde betrokkenen mee: mensen nemen zelf verantwoordelijkheid voor laden en afspraken maken.
- Er moet voor oplaadvoorzieningen gezorgd worden, eerst en vooral op het werk. Normaal is bestellen bij de rijksoverheid een standaardprocedure. Maar laadinfrastructuur is nog geen standaardproduct. Ook komt de vraag op of de werkgever laadinfra moet verzorgen bij de medewerker thuis, want men geeft tenslotte ook een tankpas. Eén van de gebruikers deed zelf ervaring op met het aanvragen van een publieke laadpaal in zijn woonplaats. Hier moest uiteindelijk de wethouder direct voor benaderd worden om bezwaren (voortkomend uit zeer strenge interpretatie lokale regels) op te lossen.
- Infrastructuur voor laden van elektrische auto's staat volop in de belangstelling, ook politiek. Momenteel wordt de plaatsing van (snel)laadvoorzieningen op iedere verzorgingsplaats langs de snelwegen voorbereid. Hiertoe is ook de kennisgeving aangepast.

4.3.7 *Veiligheid*

Bij LeasePlan is een ploeg opgeleid voor onderhoud van elektrische auto's, omdat het elektrisch voertuig heel andere veiligheidseisen heeft dan een conventioneel voertuig. Het betreft veelal ex-monteurs, die thans vooral worden ingezet om onderhouds-aanvragen te beoordelen. Verder zijn nog geen experts aangenomen. De opleiding gebeurde samen met opleidingsinstituut Innovam in Nieuwegein.

“Op de eerste dag meteen ruzie met een fietser die mij totaal niet had horen aankomen...”

4.3.8 *Belangstelling in de organisatie*

Als pool-auto zijn de elektrische voertuigen geschikt, maar niet als de auto naar 3 verschillende afspraken op een dag moet. Dat zou met een ruimere beschikbaarheid van snelladers wel kunnen veranderen. Er moet een netwerk van laadvoorzieningen komen waarmee je in de praktijk uit de voeten kunt. Er werd bijvoorbeeld opgemerkt dat een elektrische auto die meestal op een vaste plek staat te laden –in plaats van ingezet te worden- geen goede reclame voor elektrisch rijden vormt. Een dekkend netwerk van laadpunten (en wellicht snellaad-mogelijkheden) is nodig om elektrische voertuigen breed in te kunnen zetten. De noodzaak om vooruit te plannen (laden, voorzieningen checken etc.) werkte blijkbaar afschrikwekkend.

“Mensen reageren enthousiast, je voelt je echt een soort ambassadeur van het elektrisch rijden.”

4.3.9 Toekomstverwachtingen

Tot slot was er een open vraag naar de verwachtingen over hoe elektrisch rijden zich zal ontwikkelen.

- Eén geïnterviewde verwacht binnen nu en 4 jaar 24% elektrisch rijden bij RWS (in pas met de uitspraken van de staatssecretaris).
- Wil het een groter succes worden, dan moet er iets aan de laadvoorzieningen gedaan worden. Maar dan gaat het ook echt gebeuren; Binnen nu en 3, 4 jaar.
- “Energie zal decentraliseren, ondanks belangen van grote energiemaatschappijen”; elektrische voertuigen vervullen daar een rol in; slimme netten, ook op het niveau van een huishouden.
- Elektrisch rijden is een optie om mee te nemen in overwegingen voor duurzame energievoorziening, maar niet de enige. Belemmeringen voor het samenvloeien van markten moeten zoveel mogelijk tegen worden gehouden. Betaald terug leveren van energie aan het net moet van de grond komen. En dat moet dan zowel vanuit voertuig als vanuit de regelgeving geregeld worden.
- Volgens een geïnterviewde is de reductie van CO2 uitstoot inmiddels minder belangrijk geworden dan energiepositie en economische boost. Focus is verschoven van milieu naar die laatste 2 punten. Het thema elektrisch rijden is de geitenwollen ok ontgroeid.
- Het voordeel van elektrisch rijden moet volgens een geïnterviewde opwegen tegen een hogere aanschafprijs. Er moet flink met het elektrische voertuig gereden worden, meer dan 10 à 15000 km. Naar schatting is meer dan 25.000 km nodig om het een beetje terug te verdienen (gevoelsmatig). Hangt ook af van levensduur. Als het voertuig 7 à 8 jaar mee kan met dezelfde accu kan het interessant worden. De prijs zal waarschijnlijk niet snel naar beneden gaan.
- Volgens een van de bevroegden kan elektrisch rijden echt een ruime toepassing krijgen binnen RWS. 400 (binnen de 900 personenauto's van RWS) is zeker haalbaar. Financieel is een beetje de vraag welke kant het op gaat. In energie en onderhoud zal elektrisch rijden vast een flink voordeel opleveren. Zo'n auto inzetten op 15000 km/jaar is niet interessant. Er komen nu jaarlijks zo'n 200 nieuwe personenauto's per jaar bij RWS. Reguliere vervanging van bijvoorbeeld 45 % EV, maakt de doelstelling net haalbaar. Of dus inderdaad een pool van auto's (met een groter deel daarvan elektrisch) met sturen en corrigeren van gedrag.
- Voor 2020 is zo'n 7 tot 8% elektrische voertuigen inzet voor LeasePlan. Dat zal in de praktijk zo rond de 10.000 auto's zijn. Overall zal vooral de zakelijke markt elektrisch gaan rijden en niet de particuliere markt.
- We zitten in een energietransitie. Welke energiedragers in de toekomst gebruikt worden, en in welke verhouding kan de geïnterviewde niet direct zeggen. Er is nog steeds veel ontwikkeling in verbrandingsmotoren. Benzine en diesel blijven nog lang een belangrijke rol spelen vooral voor lange afstand en goederenvervoer.

4.4 Ervaring met reparatie, onderhoud en banden



Vanuit de leasemaatschappij wordt een onderhoudshistorie bijgehouden waarbij alles rond reparatie, onderhoud en banden (ROB) per voertuig wordt geregistreerd. In deze rapportage zijn daaruit relevante gebeurtenissen voor de proef overgenomen.

Afgelopen jaar zijn de volgende zaken voorgekomen:

- Mitsubishi i-MiEV
 - Lampje vervangen
 - Assistentieverlening in verband met lege accu en niet voorhanden zijnde van de juiste laadkabel
 - Accucapaciteit optimalisatie gecombineerd met een beurt. De aard van deze optimalisatie is nagevraagd bij Mitsubishi Nederland. Het betreft het opnieuw in balans brengen van de individuele cellen die samen het accu-pakket vormen. De speciale procedure levert een duidelijk beter resultaat dan met het batterijmanagementsysteem (on-board accu controle systeem, dat binnen grenzen ook de balans kan beïnvloeden) gehaald wordt.
- Peugeot iOn
 - Geparkeerd voertuig aangereden door ander voertuig, kleine plaatschade
 - Verlichting gerepareerd
 - Verlichting binnen aan laten staan, bijladen was noodzakelijk
- Nissan Leaf
 - Laadkabel vervangen
 - Verlichting gerepareerd
 - Winterbanden vervangen door zomerbanden
- Toyota Prius plug-in hybride
 - Kabelsets tussen de twee Priussen omgewisseld om met meetapparatuur de laadstroom te kunnen meten.

De algemene indruk is dat er geen mankementen aan de orde waren die specifiek zijn voor elektrische auto's. Laadkabels en met name de verschillende stekkers leveren soms wat lastige situaties op met in één geval een noodzakelijke assistentieverlening. Overigens is het belangrijk op te merken dat bij nieuwe auto's heel gebruikelijk is dat er weinig of geen onderhoudsbijzonderheden zijn. Op basis van de ervaring tot nu toe kan nog niet geconcludeerd worden of een elektrische auto andere onderhouds-kenmerken en -kosten heeft dan een conventionele. Zaken als bandenslijtage zullen pas na langer gebruik beter te vergelijken zijn met de conventionele auto.

5 Economische consequenties



Wanneer men een auto aanschaft is het naast de aanschafkosten belangrijk wat de verbruikskosten en onderhoudskosten zijn. De Total Cost of Ownership (TCO) neemt al deze kosten mee, uitgedrukt in euro per kilometer. Daarmee kunnen de kosten van een elektrische auto op een eerlijke manier vergeleken worden met die van een conventionele auto.

Voor een elektrische auto zijn veel kosten nog onzeker. Voor een conventionele auto zijn de kosten bekend en gebaseerd op jarenlange ervaring en statistische gegevens. Het elektrische rijden is echter volop in ontwikkeling en relatief nieuw. Door gebrek aan gegevens en ervaring moeten bepaalde kosten worden geschat op basis van aannames. Zo'n aanname is bijvoorbeeld dat banden sneller slijten doordat elektrische auto's een hoger koppel bij lage snelheden hebben of dat remmen juist minder snel slijten doordat je regeneratief (op de motor) remt. Maar het netto effect hiervan op onderhoudskosten is nog onvoldoende bekend. Over de veroudering van de accu in de praktijk is ook nog te weinig bekend. Dit is een belangrijke onzekerheid die ervoor zorgt dat de restwaarde van de elektrische auto doorgaans conservatief en dus lager ingeschat wordt.

Dit hoofdstuk beschrijft de opbouw van de kosten van elektrische en conventionele auto's. Daarbij wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bevindingen uit het proefproject bij Rijkswaterstaat. Om echt een goede vergelijking te kunnen maken dienen ook de kosten van laadinfrastructuur te worden meegenomen. Deze kosten zijn echter sterk situatieafhankelijk. Daarom is een discussie over de kosten van laadinfrastructuur in een aparte paragraaf opgenomen en deze categorie kosten is niet meegenomen in de TCO.

5.1 Opvallende zaken uit de opbouw van de TCO

TCO gaat om de opbouw van de kosten over de gehele gebruiksperiode. Deze kostenopbouw verschilt op een aantal punten tussen een elektrische auto en een conventionele auto. Samen met de afdeling Risk Management van LeasePlan zijn de volgende verschillen benoemd:

- De aanschafprijs voor de drie typen elektrische auto's ligt hoger dan voor hun referentievoertuigen. Dit komt vooral door de accu's en de nog beperkte productievolumes.
- Voor een elektrische auto wordt een aanzienlijk lager percentage aangenomen voor de restwaarde als fractie van de nieuwwaarde. Dit kan tot 2 keer zo laag zijn als voor een conventionele auto. Het lager inschatten van de restwaarde heeft 3 oorzaken:
 - Er is nog veel onzekerheid over veroudering en levensduur van de accu. Omdat de accu een groot deel van de prijs bepaalt, heeft dit een grote invloed op de restwaarde.
 - Er is nog geen tweedehandsmarkt voor elektrische auto's. De elektrische auto is relatief nieuw en de eerste generatie is net op de markt, waardoor het nog niet bekend is hoe handelaren en consumenten de tweedehands elektrische auto waarderen.
 - Veroudering van technologie speelt een belangrijke rol bij de afwaardering. Ook volgens de auto-industrie zal de technologische ontwikkeling snel gaan. Dit betekent dat een eerste generatie elektrische auto's qua techniek snel achterhaald zal zijn. Daarbij is het niet waarschijnlijk dat nieuwe technologie makkelijk toe te passen zal zijn in een ouder model auto.
- Energiekosten zijn aanzienlijk lager dan bij een conventionele auto. Het verschil in variabele en vaste kosten geeft ook de invloed van het aantal gereden kilometers aan. Door de lagere variabele kosten bij elektrisch rijden zal het totaalbeeld ten opzichte van een conventionele auto gunstiger worden naarmate er meer wordt gereden.
- Eigenaren en gebruikers van elektrische voertuigen komen in aanmerking voor een reeks fiscale stimuleringsmaatregelen en subsidies die niet van toepassing zijn op conventionele voertuigen (of slechts in beperkte mate als het om zeer zuinige conventionele voertuigen gaat).

5.2 Belastingvoordelen, bijtelling en subsidies

Voor elektrisch rijden zijn er verschillende financiële voordelen zoals bepaalde subsidies en het ontbreken van BPM en wegenbelasting. Welke voordelen van toepassing zijn, hangt af van de doelgroep. Deze paragraaf geeft de verschillende kortingen en subsidies die van toepassing zijn voor Rijkswaterstaat, de ondernemer en particulier op basis van de huidige financiële regelingen (bron: AgentschapNL, Rijksoverheid.nl). Hieronder volgt een beschrijving van verschillende financiële regelingen die op dit moment gelden. Het is uiteraard niet zeker of en hoelang de regelingen blijven bestaan.

- Milieu Investering Aftrek⁶ (MIA): de MIA biedt ondernemers die investeren in milieuvriendelijke bedrijfsmiddelen een extra belastingaftrek. Tot 36 procent van het investeringsbedrag mag worden afgetrokken van de fiscale winst, uitgaande van een vennootschapsbelasting van 25%. Het percentage van de aftrek is afhankelijk van de milieueffecten en de gangbaarheid van het bedrijfsmiddel.

⁶ <http://www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/elektrisch-vervoer>

- Vrije Afschrijving Milieu-investeringen (Vamil): Vamil biedt een liquiditeits- en rentevoordeel. Ondernemers die VAMIL voor een bedrijfsmiddel toepassen mogen dit bedrijfsmiddel willekeurig ofwel vrij afschrijven.

Rekenvoorbeeld¹: Stel de aanschafprijs van een elektrische auto is € 30.000. Het netto voordeel van 75% Vamil is gemiddeld 3% van de totale aanschafwaarde, dus € 900. Het netto voordeel van de MIA is bij 36% aftrek en 25% belastingtarief (vennootschapsbelasting): $36\% \times 25\% \times 30.000 = € 2.700$. De combinatie van MIA en Vamil levert daarmee een netto korting van € 3.600 op de aanschafprijs.

- Kleinschalige investeringsaftrek⁷ (KIA): KIA is een investeringsaftrek voor bedrijfsmiddelen. De hoogte van het voordeel hangt af van het geïnvesteerde bedrag. De belastingplichtige die in een kalenderjaar investeert in bedrijfsmiddelen, kan een bedrag dat volgt uit Tabel 1 van de winst over dat jaar aftrekken.

Tabel 1 Voorwaarden voor de KIA

meer dan	maar niet meer dan	bedraagt de kleinschaligheidsinvesteringsaftrek
-	€ 2.300	0
2.300	55.248	28% van het investeringsbedrag
55.248	102.311	€ 15.470
102.311	306.931	€ 15.470 verminderd met 7,56% van het gedeelte van het investeringsbedrag dat de € 102.311 te boven gaat
306.931	-	0

- Bijtelling: Als je in een auto van de zaak rijdt, moet de werkgever een bedrag bij het salaris tellen voor het voordeel dat je van privégebruik hebt. Dit bedrag is de zogenaamde bijtelling. De hoogte van de bijtelling is een percentage van de catalogusprijs van de auto dat afhangt van de CO₂-emissie. De werkgever houdt over de bijtelling loonbelasting/premie volksverzekeringen en een inkomensafhankelijke bijdrage Zorgverzekeringswet (Zvw) in. Het nettoloon gaat hierdoor omlaag. De bijtelling voor elektrische auto's is op dit moment zo geregeld dat als het kenteken voor 1 januari 2014 wordt toegekend, de bijtelling voor 60 maanden 0% is. Voor zuinige en minder zuinige auto's varieert de bijtelling van 14% voor bijvoorbeeld een Toyota Prius tot 20% voor een Renault Megane. Per 1 juli 2012 gelden de volgende zoals in Tabel 2⁸.

Tabel 2 CO₂ uitstootgrenzen per 1 juli 2012 voor bepaling van de bijtelling

	Benzine	Diesel
0%:	50 gram of minder CO ₂ per kilometer	50 gram of minder CO ₂ per kilometer
14%:	51 tot en met 102 gram CO ₂ per kilometer	51 tot en met 91 gram CO ₂ per kilometer
20%:	103 tot en met 132 gram CO ₂ per kilometer	92 tot en met 114 gram CO ₂ per kilometer
25%:	133 gram CO ₂ per kilometer	115 gram CO ₂ per kilometer

⁷ <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/belastingtarieven/inkomstenbelasting/investeringsaftrek>

⁸ <http://www.belastingdienst.nl/>

- Lokale subsidies: sommige gemeentes, zoals Amsterdam, geven een lokale subsidie uit voor ondernemers en soms ook voor particulieren.
- Belastingen op personenauto's en motorrijwielen (BPM): de BPM van personenauto's wordt deels berekend op basis van de catalogusprijs en deels op basis van de CO₂-uitstoot (zuinigheid). Elektrische auto's en zeer zuinige auto's zijn vrijgesteld van BPM.
- Motorrijtuigenbelasting (MRB): Benzineauto's met een uitstoot tot 110 g/km en dieselauto's tot 95 g/km zijn vrijgesteld van MRB. De vrijstelling van de MRB voor zeer zuinige auto's vervalt per 1 januari 2014. Deze maatregel geldt voor zowel nieuwe personenauto's als bestaande personenauto's. Personenauto's die niet meer dan 50 gram CO₂ per kilometer uitstoten, zoals elektrische auto's en de meeste plug-in hybrides, zijn tot en met 2015 vrijgesteld van MRB. In de berekeningen in dit hoofdstuk is MRB vrijstelling meegenomen, ook in het geval dat de gebruiksduur na 2015 doorloopt.

Tabel 3 geeft een overzicht van 3 scenario's en welke voordelen daarbij van toepassing zijn:

- Rijkswaterstaat die als organisatie de elektrische auto aanschaft en deze in beheer geeft aan LeasePlan.
- Een ondernemer die een elektrische auto op de zaak aanschaft .
- Een particulier die een elektrische auto aanschaft.

Tabel 3 Van toepassing zijnde financiële voordelen

Financiële regelingen	Rijkswaterstaat		Ondernemer		Particulier	
	Leaf	Megane	Leaf	Megane	Leaf	Megane
Type auto						
MIA 36%	-	-	ja	-	-	-
KIA 28%	-	-	ja	-	-	-
VAMIL 75%	-	-	ja	-	-	-
BPM vrijstelling	ja	-	ja	-	ja	-
Lokale subsidie	-	-	ja*	-	ja*	-
Bijtelling voordeel	-	-	-	-	ja**	-
MRB vrijstelling***	ja	-	ja	-	ja	-

* Afhankelijk van vestigingsplaats en geldende regelingen

** Wanneer de particulier een leaseauto van zijn werk heeft

*** Vrijstelling vervalt na 2015 voor elektrische auto's en plug-in hybrides

5.3 Aannames voor restwaarde en levensduur

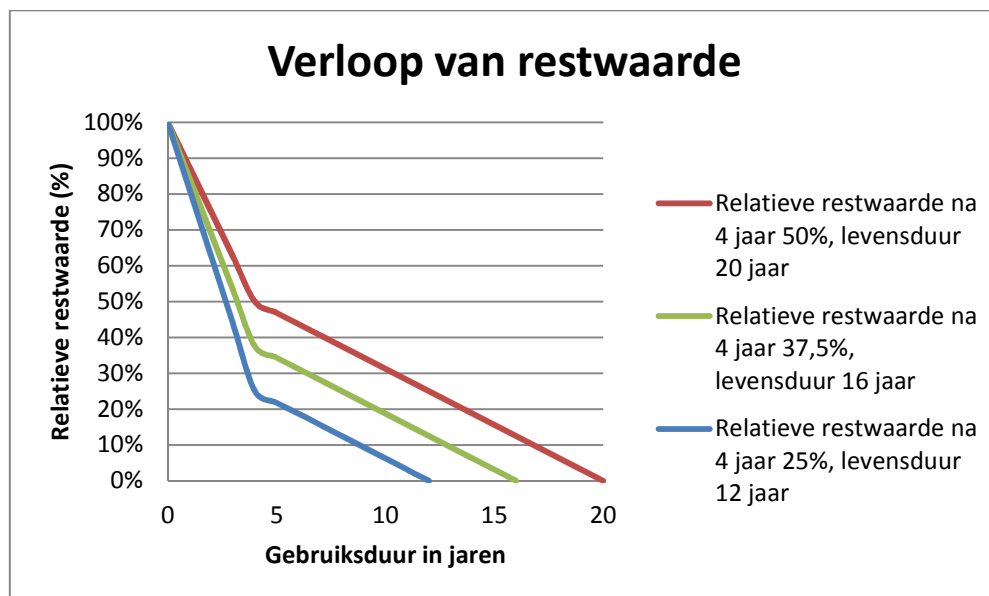
Naast het aantal gereden kilometers heeft restwaarde een grote invloed op het terugverdienmoment. Op dit moment wordt de relatieve restwaarde (restwaarde gedeeld door nieuwprijs) na 4 jaar door LeasePlan ruwweg een factor twee lager ingeschat dan de restwaarde van een conventionele auto. Op het moment dat de restwaarde van elektrische auto's toeneemt, en er dus over de gebruiksduur minder afgeschreven wordt, komt de elektrische auto qua TCO dicht bij de conventionele auto.

Het is nog niet duidelijk wat de werkelijke levensduur van de accu zal zijn en hoe de elektrische auto gewaardeerd zal worden op de 2^e hands markt. Onderstaande

analyse is dus niet bedoeld als een voorspelling, maar als een voorbeeldberekening om de invloed van aannames m.b.t. afschrijving en levensduur van elektrische auto's op de TCO-vergelijking inzichtelijk te maken.

Figuur 15 geeft een aanname voor het verloop van de restwaarde voor de elektrische auto en conventionele auto. De knik in de grafiek is gebaseerd op gegevens van LeasePlan die een relatieve restwaarde na 4 jaar hanteert van ongeveer 25% voor een elektrische auto (blauwe lijn) en 50% voor een conventionele auto (rode lijn). In Figuur 15 geeft de groene lijn een alternatief scenario weer waarin is aangenomen dat de relatieve restwaarde van een elektrische auto na 4 jaar 37,5% is. Daarbij is voor de levensduur 16 jaar aangenomen.

Voor het gemak is een lineair verloop voor de eerste 4 jaar en vanaf 4 jaar tot het einde van de levensduur van het voertuig aangenomen.



Figuur 15 Aannames voor het verloop van de relatieve restwaarde en levensduur voor de elektrische auto en conventionele auto en een alternatief scenario waarbij de relatieve restwaarde tussen die van de conventionele auto en de huidige elektrische auto in ligt.

Voor de levensduur van een elektrische auto is 12 jaar genomen. De levensduur van voertuigbody en elektrische aandrijving zijn zeker vergelijkbaar met die van conventionele auto. Maar over de levensduur van de accu bestaat nog onzekerheid. Die onzekerheid hebben we vertaald in een kortere aangenomen economische levensduur voor de elektrische voertuigen.

In paragraaf 0 staan enkele voorbeelden met variërende relatieve restwaarde om de gevoeligheid van de TCO met betrekking tot restwaarde te illustreren. In de overige paragrafen is gerekend met een levensduur van 12 jaar en 25% relatieve restwaarde voor de elektrische auto en een levensduur van 20 jaar en 50% relatieve restwaarde voor de conventionele auto.

5.4 TCO op dit moment voor Rijkswaterstaat, ondernemer en particulier

Hoe de TCO eruit ziet, hangt af vanuit welk perspectief wordt gekeken. Bepaalde voordelen gelden niet voor iedere doelgroep. Zaken als energieprijzen zijn anders voor een particulier dan voor een ondernemer of voor een grootverbruiker als RWS. In deze paragraaf wordt per doelgroep de TCO berekend bij de huidige stand van zaken met betrekking tot brandstofprijzen en fiscale regelingen. Als referentievoertuig voor de i-MiEV en iOn is een Renault Clio 1.2 16V 75 Collection 5d genomen. Voor de Nissan Leaf is het referentievoertuig Renault Megane Energy TCe 115 Stop&Start Expression 5d. De Renault Megane is zuiniger dan de Clio en komt in de voorbeelden dan ook uit op een langere terugverdientijd. In paragraaf 5.8 wordt ook een vergelijk gemaakt met een minder zuinig model van de Renault Megane om ook de gevoeligheid van de TCO voor het type auto te illustreren.

De kosten zijn als volgt berekend:

- Op basis van aannames is een relatief restwaardeverloop bepaald voor de conventionele auto en elektrische auto (zie paragraaf 0)
- Aan de hand van die relatieve restwaarde en aanschafkosten is voor verschillende de gebruiksduren berekend welke absolute restwaarde het voertuig nog heeft aan het einde van de gebruiksduur.
- De netto investering over de gebruiksduur is berekend als het verschil van de aanschafkosten in jaar 0 en de restwaarde aan het eind van de gebruiksduur, waarbij de restwaarde met een rentevoet is omgerekend naar de netto huidige waarde.
- De cumulatieve variabele kosten zijn berekend als de som over de gebruiksduur van de jaarlijkse variabele kosten die per jaar met een rentevoet zijn omgerekend naar de netto huidige waarde..
- Per gebruiksduur zijn de vaste en variabele kosten bij elkaar opgeteld tot totale kosten over de gebruiksduur.

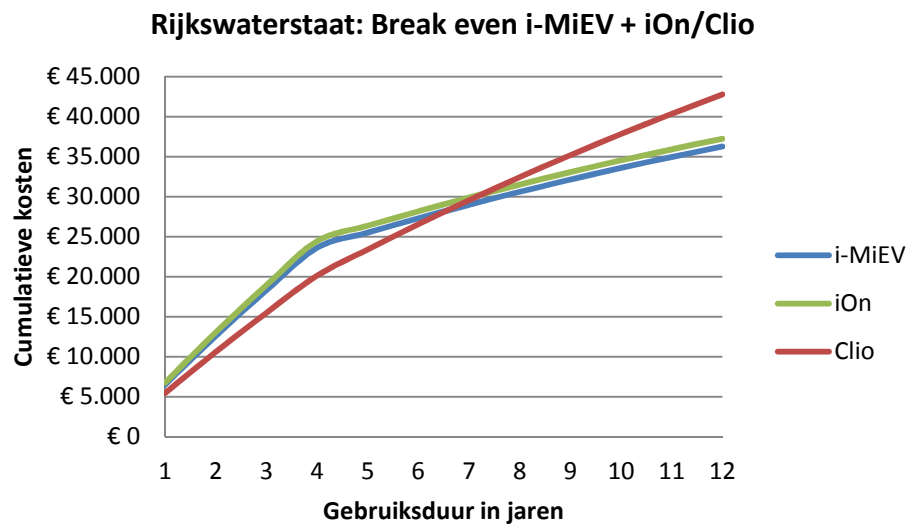
Dit resulteert in een grafiek die de cumulatieve kosten weergeeft als functie van de gebruiksduur.

5.4.1 *Rijkswaterstaat*

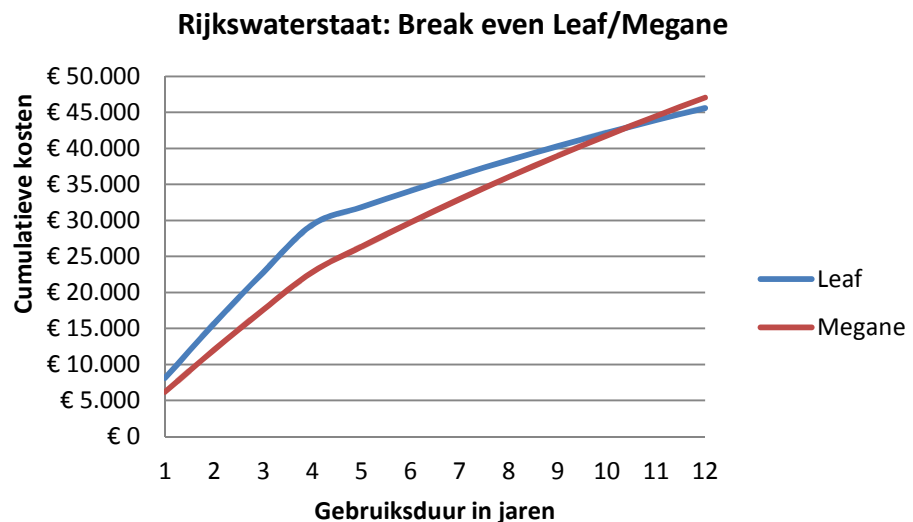
Net als in de proef wordt er hier van uitgegaan dat RWS zelf de voertuigen aanschaft en ze aan LeasePlan in beheer geeft. De TCO wordt berekend op basis van deze aannames:

- 15.000 km per jaar
- Inclusief 21% BTW
- Vrijstelling voor BPM en motorrijtuigenbelasting (aangenomen dat deze na 2015 doorloopt)
- Geen verdere belastingvoordelen
- Rentevoet 4%
- Restwaarde na 4 jaar: conventionele auto 50%, elektrische auto 25% (voor aannames restwaarde zie paragraaf 5.3)
- Aanschafkorting van 20% voor zowel de elektrische als conventionele auto.
- Energiekosten (excl. BTW) € 0,071 per kWh (RWS betaalt geen accijns en is grootverbruiker)
- Brandstofkosten (excl. BTW) € 1,59 per liter (benzine)

Figuur 16 en Figuur 17 geven het verloop van de cumulatieve kosten van i-MiEV, iOn en Leaf als functie van de gebruiksduur voor Rijkswaterstaat met daarbij de kosten voor aanschaf en brandstof meegerekend zoals deze op het moment van schrijven zijn. De i-MiEV, iOn en Leaf hebben een hogere aanschafwaarde, en in eerste instantie ook hogere afschrijving, maar door de lagere verbruikskosten stijgen de cumulatieve kosten gemiddeld minder snel dan bij een conventionele Renault Clio. Met bovenstaande aannames ligt het terugverdienmoment voor Rijkswaterstaat rond 7 jaar na aanschaf voor de i-MiEV en iOn en rond 11 jaar voor de Leaf.



Figuur 16 Vergelijking van TCO voor Mitsubishi i-MiEV, Peugeot iOn en Renault Clio voor Rijkswaterstaat. De terugverdientijd is bij genoemde aannames 7 jaar.



Figuur 17 Vergelijking van TCO voor Nissan Leaf en Renault Megane voor Rijkswaterstaat. De terugverdientijd is bij genoemde aannames 11 jaar.

In het geval van Rijkswaterstaat is het nog niet mogelijk om binnen de gebruiksduur van 4 jaar de elektrische auto terug te verdienen.

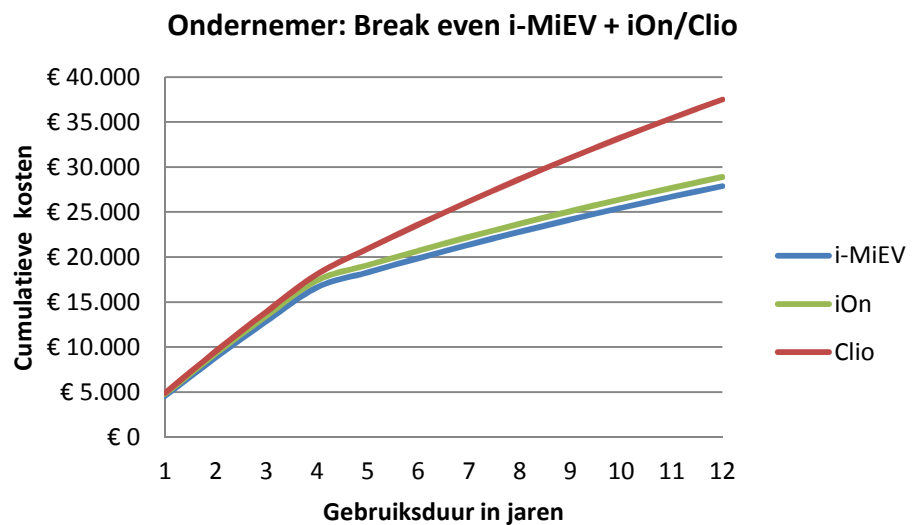
Het terugverdienmoment bepalen is één manier om te kijken of elektrisch rijden interessant is. Je kunt als particulier, organisatie of bedrijf ook kijken naar de meerkosten die betaald moeten worden als je ondanks de langere terugverdientijd toch elektrisch wilt rijden. Op het moment dat Rijkswaterstaat besluit de elektrische auto's aan te schaffen voor een gebruiksduur van 4 jaar dan zijn de meerkosten op dit moment voor een i-MiEV ten opzichte van Clio ongeveer € 870 per jaar wat neerkomt op € 0,06 per kilometer. Voor de Leaf zijn die meerkosten bij een gebruiksduur van 4 jaar ongeveer € 1.650 per jaar wat neerkomt op € 0,11 per kilometer, uitgaande van 15.000 kilometer per jaar.

5.4.2 *Ondernemer*

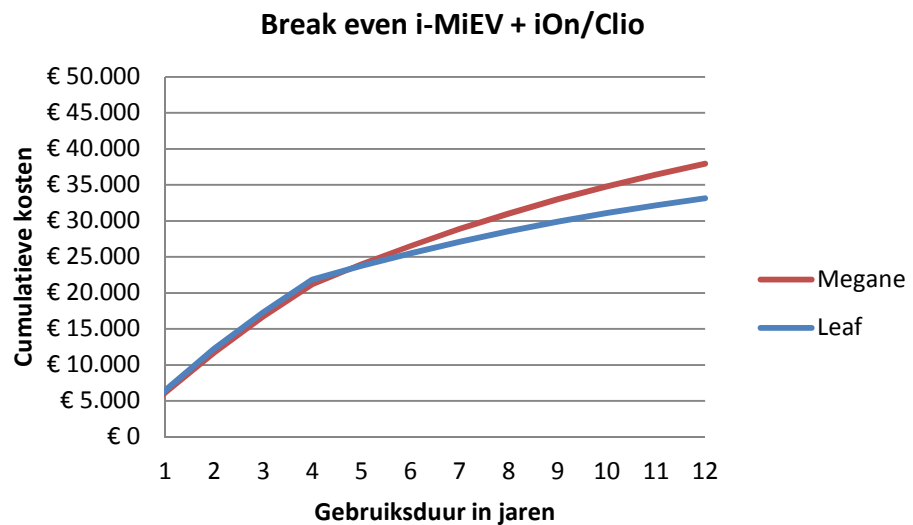
De ondernemer kan, anders dan Rijkswaterstaat, gebruik maken van belastingvoordelen en terugvordering van BTW. Dit zorgt voor een andere TCO. Voor de berekeningen zijn de volgende aannames gedaan:

- 15.000 km per jaar
- Alle kosten exclusief BTW
- Belastingvoordeel MIA, VAMIL en KIA
- Vrijstelling voor BPM en motorrijtuigenbelasting
- Lokale subsidie van € 5000
- Rentevoet 8%
- Restwaarde na 4 jaar voor conventionele auto 50% voor elektrische auto 25% (voor aannames restwaarde zie paragraaf 5.3)
- Energiekosten (excl. BTW) € 0,20 per kWh
- Brandstofkosten (excl. BTW) € 1,59 per liter

Figuur 18 en Figuur 19 geven het verloop van de cumulatieve kosten van i-MiEV, iOn en Leaf over het aantal gebruiksjaren voor de ondernemer, met daarbij de kosten voor aanschaf en brandstof van dit moment. De belastingvoordelen voor de EV zijn terug te zien in het relatief kleine verschil in aanschafwaarde ten opzichte van de conventionele auto. Met bovenstaande aannames verdient een i-MiEV of iOn zich voor de ondernemer al in het eerste jaar terug. Bij de Leaf is de terugverdientijd 5 jaar. De meerkosten zijn in die periode echter marginaal.



Figuur 18 Vergelijking van TCO voor Mitsubishi i-MiEV, Peugeot iOn en Renault Clio voor de ondernemer. Het terugverdienmoment ligt bij genoemde aannames vanaf het eerste jaar.



Figuur 19 Vergelijking van TCO voor Nissan Leaf en Renault Megane voor de ondernemer. De terugverdientijd is bij genoemde aannames na 5 jaar.

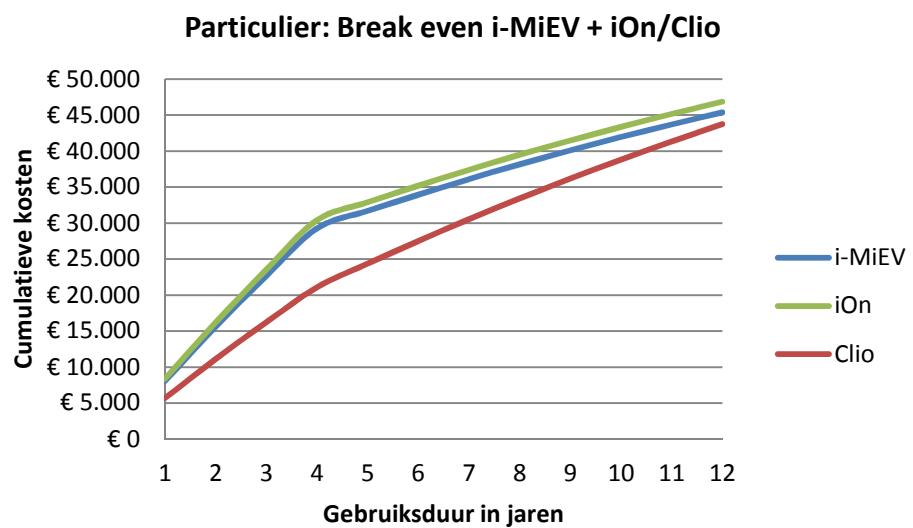
5.4.3 Particulier

De particulier doet er het langst over om de elektrische auto terug te verdienen. Belastingvoordelen en BTW terugvordering zijn niet van toepassing voor particulieren. Lokale subsidies zijn slechts beperkt beschikbaar. De particulier schaft in dit geval een elektrische auto aan met de volgende aannames:

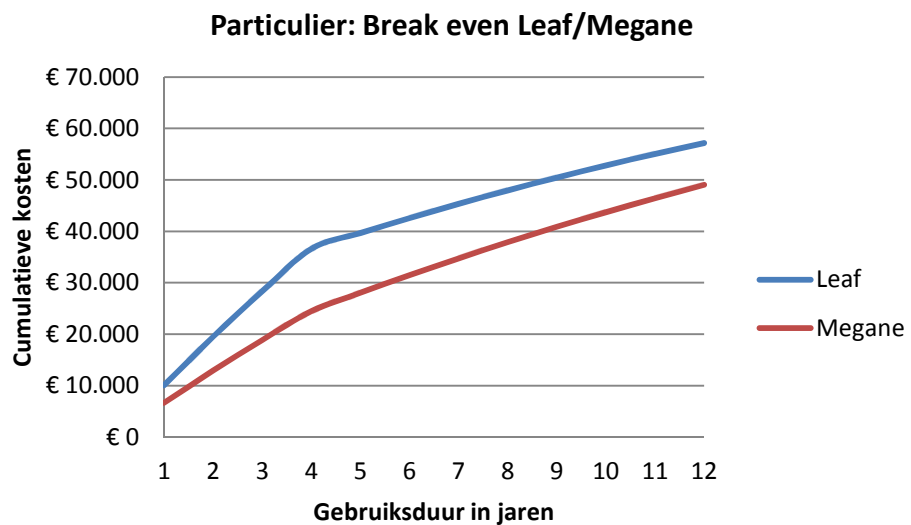
- 15.000 km per jaar
- Rentevoet van 4%
- Restwaarde na 4 jaar voor conventionele auto 50% voor elektrische auto 25% (voor aannames restwaarde zie paragraaf 5.3)
- Inclusief 21% BTW

- Vrijstelling voor BPM en motorrijtuigenbelasting
- Geen overige belastingvoordelen
- Geen lokale subsidie

Figuur 20 en Figuur 21 geven het verloop van de kosten voor i-MiEV, iOn en Leaf voor de particulier met daarbij de kosten voor aanschaf en brandstof meegerekend zoals ze op het moment van schrijven zijn. De particulier heeft anders dan vrijstelling van BPM en MRB geen belastingvoordelen en er zijn niet veel subsidies gericht op elektrisch rijden voor deze doelgroep. Daarbij betaalt de particulier BTW over de hogere aanschafprijs, wat het absolute verschil in aanschafkosten nog hoger maakt. Met bovenstaande aannames is de terugverdiertijd voor de particulier voor alle beschouwde modellen voorbij 12 jaar.



Figuur 20 Vergelijking van TCO voor Mitsubishi i-MiEV, Peugeot iOn en Renault Clio voor particuliere eigenaar. De terugverdiertijd is bij genoemde aannames voorbij 12 jaar.



Figuur 21 Vergelijking van TCO voor Nissan Leaf en Renault Megane voor de particulier. De terugverdientijd is bij genoemde aannames voorbij 12 jaar.

5.5 Invloed van gereden aantal kilometers op de TCO

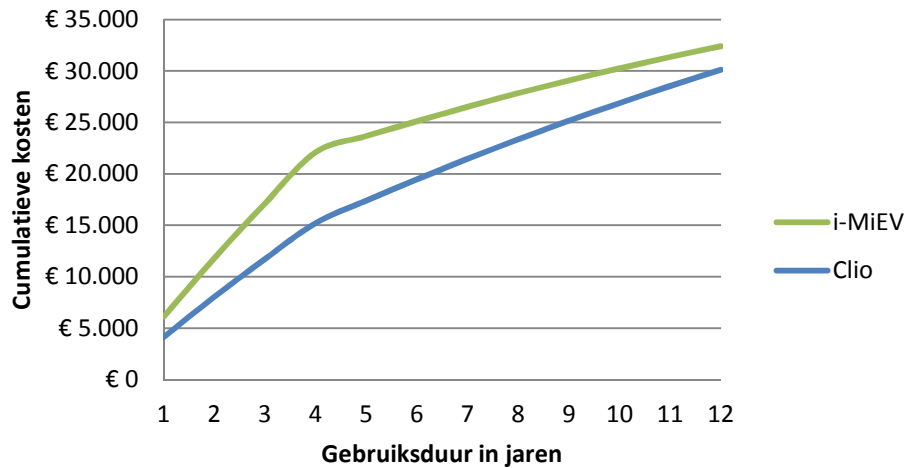
Bij een hoger jaarkilometrage weegt het voordeel van lagere brandstofkosten voor de elektrische auto zwaarder mee in de TCO. In de praktijkproef is relatief weinig gereden. Dit komt door de gekozen manier waarop de elektrische auto's zijn ingezet: gebruikers konden vrijwillig voor een elektrische auto kiezen. Voor de TCO ten tijde van de proef heeft dit als gevolg dat de elektrische auto relatief duur is. Om een indruk te geven staan in Figuur 22, Figuur 23 en Figuur 24 de kosten op basis van werkelijk gereden kilometers in de proef. Waar in de vorige paragrafen uitgegaan werd van 15.000 kilometer per jaar, zijn hier dus de in de proef gereden kilometers gebruikt als uitgangspunt. Hier wordt wederom aangenomen dat RWS de elektrische auto's aanschaft en in beheer geeft aan LeasePlan. Normaal gesproken neemt de restwaarde minder snel af met een lager kilometrage. Voor dit voorbeeld is de relatieve restwaarde gehanteerd zoals in paragraaf 5.3 beschreven bij 15.000 kilometer op jaarbasis.

- Aantal kilometers omgerekend per jaar (standen van 9 maanden zijn geëxtrapoleerd naar 12 maanden):
 - i-MiEV 4.652 km
 - iOn 4.809 km
 - Leaf 7.780 km
- Inclusief 21% BTW
- Geen belastingvoordeel
- Vrijstelling voor BPM en motorrijtuigenbelasting
- Geen overige belastingvoordelen
- Rentevoet 4%
- Restwaarde na 4 jaar voor conventionele auto 50% voor elektrische auto 25% (voor aannames restwaarde zie paragraaf 5.3).
- Aanschafkorting van 20% op conventionele en elektrische voertuigen
- Energiekosten (excl. BTW) € 0,071 per kWh (RWS betaalt geen accijns en is grootverbruiker)

- Brandstofkosten (excl. BTW) € 1,59 per liter

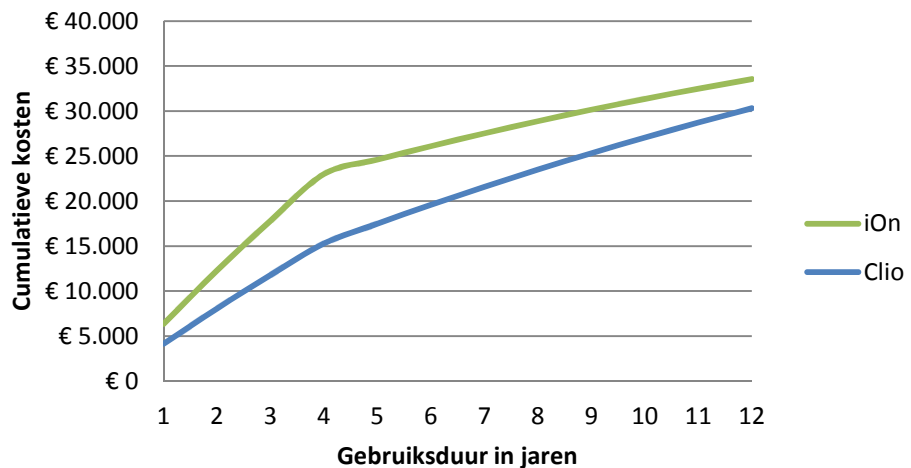
Het terugverdienmoment voor de 3 voertuigtypes ligt bij de jaarkilometrages zoals gereden in de proef op 16 of 17 jaar. Dit geeft goed weer hoe belangrijk het gereden aantal kilometers is voor de TCO. Bij de i-MiEV betekent het verschil tussen bijna 5.000 kilometer en 15.000 een terugverdienmoment in het 16^e jaar of in het 7^e jaar.

Break even i-MiEV /Clio bij jaarlijks 4.652 kilometer

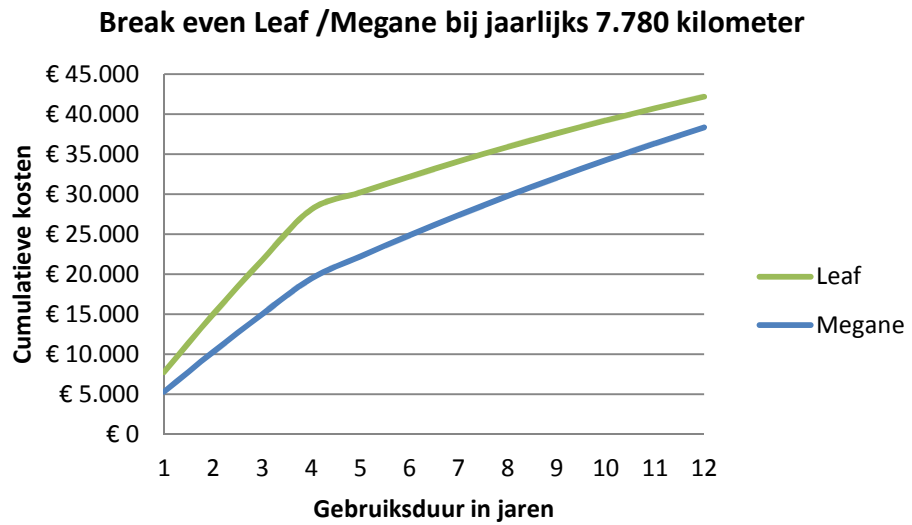


Figuur 22 Vergelijking van TCO voor i-MiEV en Clio voor Rijkswaterstaat op basis van kilometrage in de proef. De terugverdiendtijd is bij genoemde aannames voorbij de 12 jaar.

Break even iOn /Clio bij jaarlijks 4.809 kilometer



Figuur 23 Vergelijking van TCO voor iOn en Clio voor Rijkswaterstaat op basis van kilometrage in de proef. De terugverdiendtijd is bij genoemde aannames voorbij de 12 jaar.



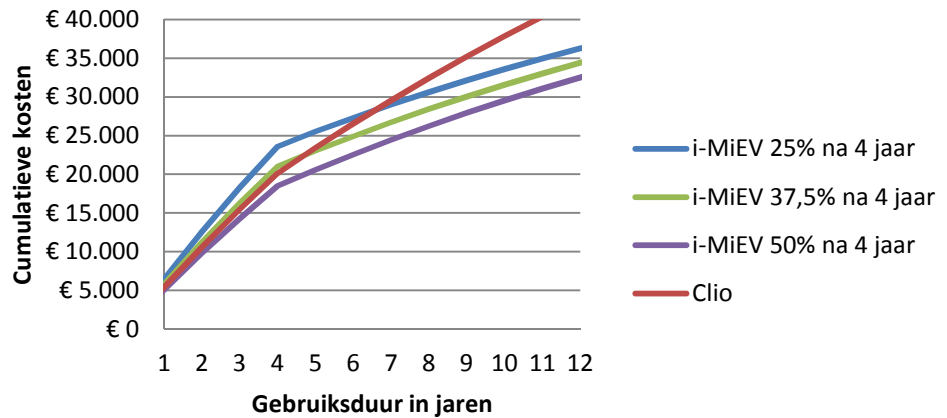
Figuur 24 Vergelijking van TCO voor Nissan Leaf en Renault Megane voor Rijkswaterstaat op basis van kilometrage in de proef. De terugverdientijd is bij genoemde aannames voorbij de 12 jaar.

5.6 Invloed van restwaarde op de TCO

Figuur 25 en Figuur 26 vertalen de verschillende aannames m.b.t. restwaardeverloop uit paragraaf 5.3 in de TCO voor de i-MiEV resp. Leaf voor de situatie van Rijkswaterstaat, en laten het effect zien op de terugverdientijd.

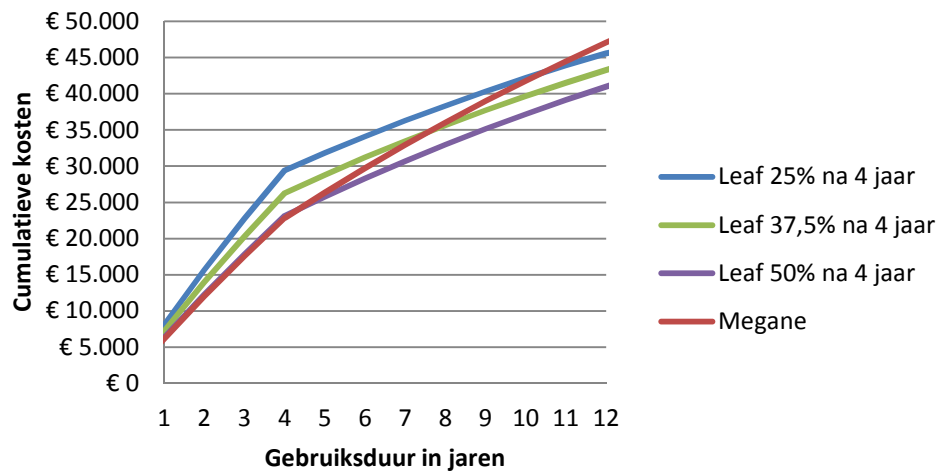
Een relatieve restwaarde van 37.5% i.p.v. 25% na vier jaar verkort de terugverdientijd voor beide modellen met zo'n 2 jaar. Wordt voor elektrische voertuigen eenzelfde restwaardeverloop aangenomen als voor conventionele voertuigen, dan zien we dat elektrische voertuigen - bij de huidige prijzen en het geldende belastingregime - al bij een korte gebruiksduur kunnen concurreren met conventionele voertuigen.

Invloed van restwaarde i-MiEV



Figuur 25 Invloed van restwaardeverloop op de terugverdiëntijd voor een i-MiEV voor Rijkswaterstaat. Hierbij zijn 3 scenario's gehanteerd, waarbij de relatieve restwaarde na 4 jaar 25%, 37,5% of met 50% gelijk is aan de relatieve restwaarde van een conventionele auto. Dit leidt tot een terugverdienmoment in het 7^e jaar, het 5^e jaar, resp. het 1^e jaar.

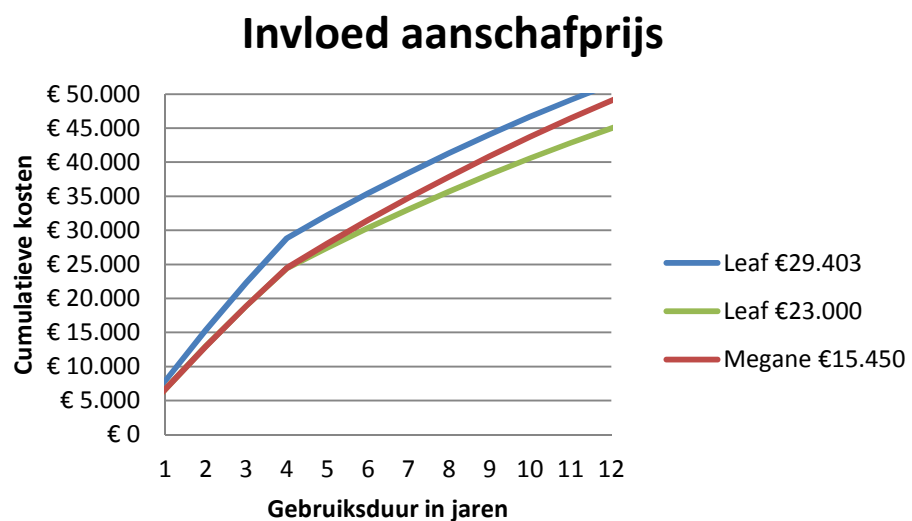
Invloed van restwaarde Leaf



Figuur 26 Invloed van restwaardeverloop op de terugverdiëntijd voor Leaf voor Rijkswaterstaat. Hierbij zijn 3 scenario's gehanteerd waarbij de relatieve restwaarde na 4 jaar 25%, 37,5% of met 50% gelijk is aan de relatieve restwaarde van een conventionele auto. Dit leidt tot een terugverdienmoment in het 11^e jaar, het 8^e jaar, resp. het 5^e jaar.

5.7 Invloed van aanschafprijs op de TCO

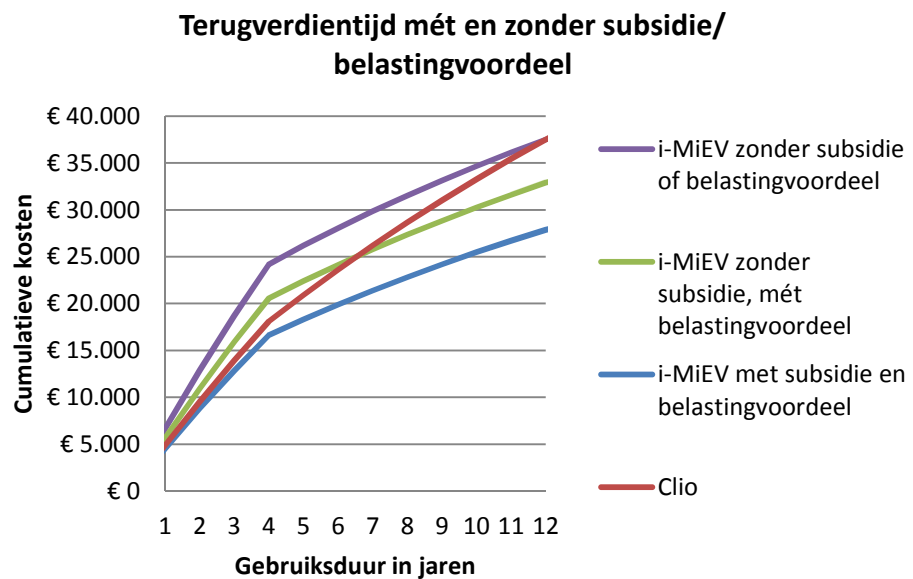
De aanschafprijs voor elektrische voertuigen is hoog vergeleken met conventionele auto's. Een Nissan Leaf kost, inclusief de BPM-vrijstelling, ongeveer anderhalf keer zoveel als een vergelijkbare conventionele Renault Megane. De verwachting is dat de aanschafprijs van elektrische auto's zal gaan dalen. De netto catalogusprijs voor een Leaf is € 29.403 en voor een Megane € 15.450 (exclusief BPM). Figuur 27 laat zien wat er gebeurt met de TCO van het perspectief van een particuliere gebruiker als de aanschafprijs voor een Leaf lager wordt. Daarbij is nog wel uitgegaan van BPM-vrijstelling voor elektrische auto's.



Figuur 27 De grafiek geeft 3 lijnen met cumulatieve kosten: Leaf met huidige aanschafprijs, Leaf met de aanschafprijs van € 23.000 en een Megane met de huidige aanschafprijs.

Op dit moment is de terugverdientijd in het geval van een particulier die een Leaf aanschaft 20 jaar. Om de Leaf terug te verdienen na 4 jaar moet deze ongeveer 6.500 euro goedkoper worden.

Subsidies en belastingvoordelen zorgen nu voor lagere aanschafkosten voor elektrische voertuigen. Vooral de ondernemer profiteert van belastingvoordelen voor elektrisch rijden. MIA, KIA, VAMIL en lokale subsidies leveren een behoorlijke korting op (tot wel 40%) en spelen op dit moment een belangrijke rol bij de overweging van een onderneming om elektrisch te gaan rijden. Figuur 28 laat zien hoe de TCO eruit ziet voor de ondernemer wanneer deze geen MIA, KIA, Vamil of lokale subsidie zou ontvangen bij de aanschaf van een i-MiEV.

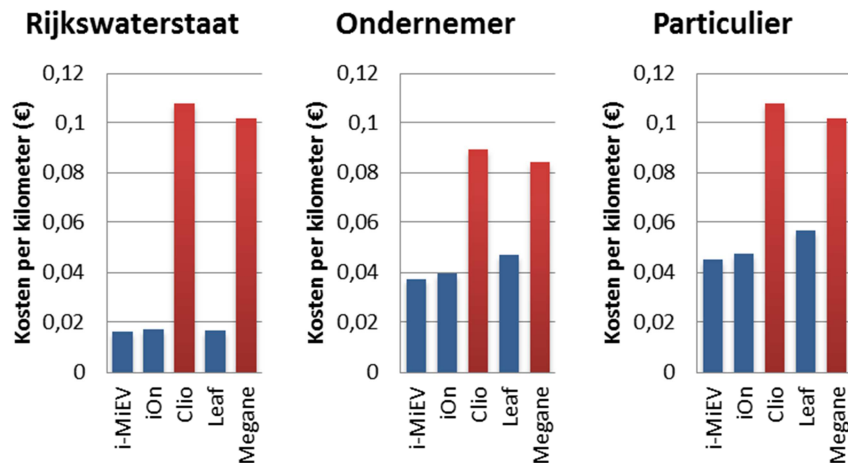


Figuur 28 Een i-MiEV zonder MIA, KIA, Vamil en lokale subsidie heeft voor de ondernemer een terugverdiëntijd van 12 jaar. Met belastingvoordeel (MIA, KIA en Vamil) is dat 7 jaar. Wanneer de ondernemer ook een lokale subsidie van €5.000 ontvangt is die terugverdiëntijd 1 jaar.

5.8 Verschil in energiekosten

Bij elektrisch rijden wordt de TCO voor een belangrijk deel bepaald door het gereden aantal kilometers. De energiekosten voor een elektrische auto zijn lager per kilometer dan die van een conventionele auto. Figuur 29 laat de energiekosten per kilometer zien voor Rijkswaterstaat, de ondernemer en de particulier. Belangrijkste verschillen zijn dat Rijkswaterstaat en de particulier BTW betalen en die niet kunnen terugvorderen en dat Rijkswaterstaat een lagere prijs betaalt voor stroom doordat geen energiebelasting betaald wordt en omdat Rijkswaterstaat een grootverbruikerstarief betaalt. De volgende gegevens zijn gebruikt:

- 21% BTW
- Energiekosten (excl. BTW) € 0,20 per kWh
- Energiekosten (excl. BTW) Rijkswaterstaat € 0,071 per kWh
- Verbruik elektrische voertuigen zoals gemeten in praktijkproef
- Verbruik conventionele voertuigen zoals opgegeven door LeasePlan

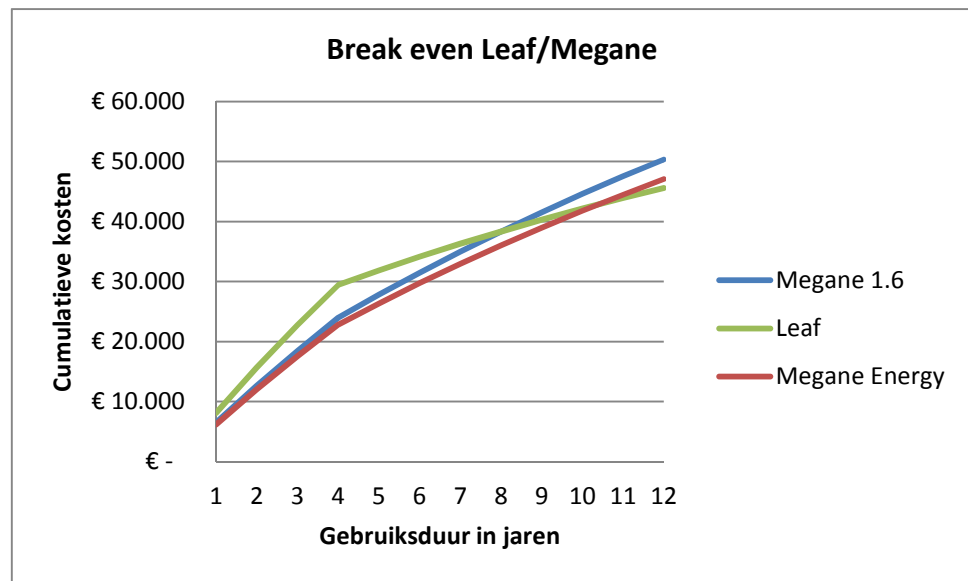


Figuur 29 Energiekosten per kilometer voor Rijkswaterstaat, de ondernemer en de particulier.

Voor Rijkswaterstaat zijn de energiekosten voor een EV gemiddeld per kilometer minder dan 20% van die van een conventionele auto. De ondernemer en particulier betalen minder dan 50% ten opzichte van de energiekosten van een conventionele auto.

Het energieverbruik en daarmee samenhangende BPM vormt een belangrijk onderdeel van de TCO. Daarmee maakt het ook uit welke specifieke voertuigen vergeleken worden. In de gegeven berekeningen is bij de Leaf uitgegaan van de relatief zuinige Renault Megane Energy TCe 115 Stop&Start Expression 5d die zelfs zuiniger is dan de kleinere Renault Clio. Wordt in plaats van dit model bijvoorbeeld de Renault Megane 1.6 16V 100 Expression 5d genomen dan is de terugverdientijd 2 jaar korter. In Figuur 30 is dit terug te zien met bijbehorende aannames:

- 15.000 km per jaar
- Inclusief 21% BTW
- Vrijstelling voor BPM en motorrijtuigenbelasting (aangenomen dat deze na 2015 doorloopt)
- Geen verdere belastingvoordelen
- Rentevoet 4%
- Restwaarde na 4 jaar: conventionele auto 50%, elektrische auto 25% (voor aannames restwaarde zie paragraaf 5.3)
- Aanschafkorting van 20% voor zowel de elektrische als conventionele auto.
- Energiekosten (excl. BTW) € 0,071 per kWh (RWS betaalt geen accijns en is grootverbruiker)
- Brandstofkosten (excl. BTW) € 1,59 per liter (benzine)



Figuur 30 Nissan Leaf vergeleken met 2 modellen Renault Megane: zuinige Megane Energy en minder zuinige Megane 1.6 16V

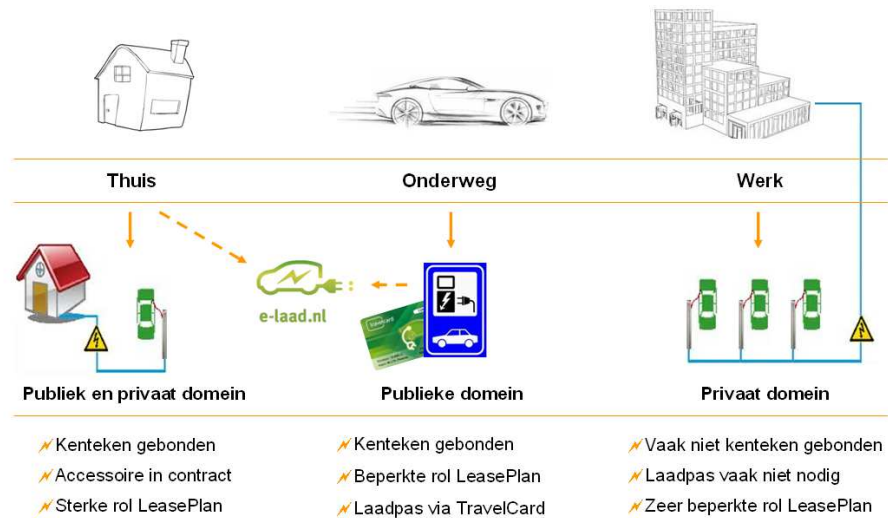
5.9 Verrekenen van de kosten van laadinfrastructuur

Om echt een goede vergelijking te kunnen maken moeten ook de kosten van laadinfrastructuur worden opgenomen in de TCO. Laadinfrastructuur is nodig om elektrisch te kunnen rijden en de kosten voor pompstations zijn ook verrekend in de literprijs bij conventionele auto's. Op basis van de door Rijkswaterstaat aangelegde laadinfrastructuur is het echter lastig om een realistische doorvertaling te maken naar kosten per kilometer. De kosten zijn afhankelijk van de locaties en eventueel al bestaande aansluitingen. Daarnaast hangen deze kosten ook sterk af van allerlei keuzes. Leg je bijvoorbeeld infrastructuur aan waar in de toekomst op doorgebouwd kan worden of is het goed genoeg als het voor de huidige situatie voldoet? Ook de mogelijkheden om thuis en onderweg te laden maken het lastiger om hier eenduidig een uitspraak over te doen. Verder maakt het uit hoeveel auto's per dag zullen laden bij een laadpunt.

Om deze reden is laadinfrastructuur in dit rapport apart meegenomen. Deze paragraaf beschrijft wel 3 scenario's met bijbehorende kosten, om op die manier een bandbreedte te geven voor mogelijke uitgaven. Deze scenario's worden ook door LeasePlan gebruikt om een beeld te krijgen van kosten en mogelijke diensten, zoals te zien in Figuur 31. De drie scenario's zijn: thuis laden, onderweg laden en op het werk laden.

Elektrisch rijden

Laad propositie LeasePlan



Figuur 31 laadscenario's volgens LeasePlan



Figuur 32 bandbreedte voor de kosten van laadinfrastructuur van eenvoudig stopcontact tot geavanceerde snellaadpaal.

5.9.1 Thuis

Voor dit scenario gaan we uit van een huis met de mogelijkheid om op eigen terrein de auto op te laden. De bandbreedte varieert tussen:

- De meest simpele oplossing waarbij een stopcontact op de gevel wordt geplaatst. Hiermee kan alleen langzaam geladen worden.
 - Het aanbrengen van een extra groep in de meterkast met een complete aansluiting kost gemiddeld € 282 (Vereniging Eigen Huis, 2012)
 - een spatwaterdicht wandcontactdoos op de gevel uiting kost gemiddeld € 244 (Vereniging Eigen Huis, 2012)
- Een veiliger oplossing waarmee sneller en intelligent geladen kan worden.
 - Het aanbrengen van een extra groep in de meterkast met een complete aansluiting kost gemiddeld € 282 (Vereniging Eigen Huis, 2012)
 - wandmodel laadstation 1 fase 16A 230V, CEE contactdoos + RFID controller (voor communicatie met het voertuig voor intelligent laden) kost €1.380 (bron. www.ev-box.nl, 2012)

Hiermee liggen de kosten voor een thuisinstallatie tussen de €500 en €1700.

5.9.2 *Onderweg*

Voor dit scenario is het uitgangspunt een laadpaal op een openbare parkeerplaats waarbij een overheid is betrokken bij de plaatsing van de paal.

- Voor langzaam laden kan gedacht worden aan:
 - EV-BOX Laadstation (paalmodel) 3-Fase, 2x EV-contactdozen (Type 2) +Mode 3 + GSM/GPS+ kWh meter kost € 3.050 (bron.www.ev-box.nl, 2012)
 - RVS paal met bord met een EV pictogram kost € 190 (bron.www.ev-box.nl, 2012)
 - Aanleggen van data- en elektrische bekabeling, voorbereiding aansluiting voor 400V 16A (bron: offerte Rijksgebouwendienst 27-9-2010, per locatie 2 laadpunten) kan variëren tussen € 4.000 en € 12.000per locatie (meerdere palen mogelijk, per paal twee laadpunten), afhankelijk van bestaande aansluitingen.

Hiermee liggen de kosten per paal tussen de € 5000 en € 15.000 waarmee 2 auto's tegelijk opgeladen kunnen worden. Deze paal zal door een overheid of in opdracht van een overheid geplaatst worden.

Bij dit scenario is uitgegaan van langzaam laden. Voor een snellaadpaal, waarbij binnen 30 minuten geladen kan worden, zijn de kosten ongeveer €20.000, exclusief benodigde bekabeling en aansluiting. Deze kosten zijn fors hoger dan een normale paal, maar er kunnen meer auto's opgeladen worden per tijdseenheid. Dit maakt het interessant voor plaatsing langs de snelweg en bij grootverbruikers. Dat de snellaadpaal een prijsontwikkeling doormaakt, blijkt uit een overeenkomst tussen Nissan en andere partijen en de overname van Epyon door ABB. Er wordt in persberichten⁹ gesproken over halvering van de prijs binnen afzienbare tijd.

Voor gebruikers zullen de kosten hoger liggen dan voor normaal laden. Het bedrijf New Motion rekent tussen de 5 en 8 euro per laadbeurt¹⁰ waarbij de accu 80% geladen wordt binnen 30 minuten. Hiervoor is tevens een laadpas nodig voor € 100 per jaar.

5.9.3 *Op het werk*

Voor dit scenario gaan we uit van een laadpaal op eigen terrein van een bedrijf. Het hangt af van de situatie, maar hierbij is de bandbreedte voor de kosten alles tussen die van de opties openbaar en thuisgebruik in:

- Een oplossing waarmee sneller en intelligent geladen kan worden:
 - Het aanbrengen van een extra groep in de meterkast met een complete aansluiting kost gemiddeld € 282 (Vereniging Eigen Huis, 2012).
 - wandmodel laadstation 1 fase 16A 230V, CEE contactdoos + RFID controller (voor communicatie met het voertuig voor intelligent laden) kost € 1.380 (bron.www.ev-box.nl, 2012).
- En voor grotere bedrijven/ locaties met intensief gebruik:
 - EV-BOX Laadstation (paalmodel) 3-Fase, 2x EV-contactdozen (Type 2) +Mode 3 +GSM/GPS +kWh meter kost € 3.050 (bron.www.ev-box.nl, 2012).

⁹ <http://www.thegreencarwebsite.co.uk/blog/index.php/2011/09/20/nissan-partnerships-set-up-to-create-more-quick-charge-points/>

¹⁰ <https://www.thenewmotion.com/laadpas-activatie/>

- RVS paal met bord met een EV pictogram kost € 190 (bron: www.ev-box.nl, 2012).
- Aanleggen van data- en elektrische bekabeling, voorbereiding aansluiting voor 400V 16A (bron: offerte Rijksgebouwendienst 27-9-2010) kan variëren tussen € 4.000 en € 12.000 per locatie (meerdere paden mogelijk), afhankelijk van bestaande aansluitingen.

Hiermee liggen de kosten per paal tussen de € 500 en € 15.000 van simpele wandcontactdoos tot geavanceerde paal op een locatie waarbij alle kabels nog gelegd dienen te worden.

5.10 Conclusie

Financiële overwegingen vormen op dit moment een belangrijke factor bij de acceptatie van elektrische auto's. Maar vooralsnog zijn er fiscale en andere prikkels nodig om elektrisch rijden financieel aantrekkelijk te maken. Die stimuli kunnen van twee kanten komen: of het elektrisch rijden subsidiëren en daardoor goedkoper maken (door bijvoorbeeld BPM-vrijstelling en investeringsaftrek) of het alternatief duurder maken (bijv. door hogere bijtelling voor conventionele auto's te rekenen). Een andere conclusie die getrokken kan worden is dat op dit moment vooral voor zakelijk gebruik, dus voor ondernemers, elektrisch rijden qua kosten interessant begint te worden. Voor particuliere aanschaf is het verschil met conventionele voertuigen nog erg groot en daarmee de drempel hoger.

De TCO wordt vooral beïnvloed door aanschafprijs (elektrische auto's zijn duurder dan conventionele auto's), restwaarde (nog weinig praktijkervaring met elektrische auto's waardoor de restwaarde relatief laag wordt ingeschat) en gereden kilometers (elektrische auto's hebben lagere verbruikskosten, een voordeel dat bij hogere jaarkilometrages groter wordt). Naarmate de aanschafprijs daalt en de restwaarde stijgt voor elektrische auto's, zal de TCO over de gebruiksduur dalen. Het aantal gereden kilometers is iets dat door bedrijven en gebruikers zelf beïnvloed kan worden door goed te kijken naar de manier waarop de elektrische auto het beste ingezet kan worden.

Het verrekenen van laadinfrastructuur in de TCO is nog lastig. Laadinfrastructuur en elektrisch rijden vormen een kip-ei verhaal. Zonder infrastructuur zullen mensen minder snel een elektrische auto overwegen en zonder elektrische auto's zal investering in een laadpaal zich niet meteen terugbetalen. Daarom zijn deze kosten nu los opgenomen.

6 Milieutechnische consequenties



Eén van de redenen om elektrisch te rijden is dat de emissies van kooldioxide (CO₂), stikstofoxides (NO_x), en fijnstof verlaagd worden. CO₂ speelt een belangrijke rol bij de opwarming van de aarde en voor de gezondheid is het van belang om zo min mogelijk vervuilende emissies uit te stoten. Je kunt op twee manieren kijken naar vermeden emissies: over de gehele keten en lokaal. Over de gehele keten is niet gemeten in deze proef maar paragraaf 6.1 zal hier op in gaan op basis van bestaande onderzoeken. Paragraaf 6.2 beschrijft de lokaal vermeden emissies op basis van de proef.

6.1 Emissies ten gevolge van elektrisch rijden

Is elektrisch rijden wel zo goed voor het milieu als energie niet van duurzame energiebronnen komt? Dit is een veel gestelde vraag als het om elektrisch rijden gaat. Zoals in de volgende paragraaf wordt beschreven is er een echt milieuvoordeel (qua giftige uitstoot) en ook een echt klimaatvoordeel (qua broeikasgasemissies) wanneer een conventioneel voertuig wordt ingewisseld voor een vergelijkbaar voertuig dat op de huidige Nederlandse (vaak niet-groene) stroom rijdt. Om de discussie helemaal zuiver te krijgen zou gekeken moeten worden naar hoe de (toekomstige) extra stroomvraag van elektrische voertuigen door de elektriciteitsleveranciers geacommodeerd zal worden. In praktische termen: wanneer –in de toekomst- tienduizenden EV's aan het net worden gekoppeld om hun accu's bij te laden, wat voor soort elektriciteitscentrale wordt dan 'bijgeschakeld'? Gaat het om een CO₂-arm windmolenpark, een zonnepaneelinstallatie of een kolencentrale? Die keuzes kunnen gevolgen hebben voor het antwoord op deze vraag. Er is op dit ogenblik nog geen eenduidig antwoord. Wel is het zo dat EVs ondanks hoge CO₂ emissies per kWh van centrales (zelfs 'vuile'), toch voordeel kunnen hebben omdat ze zeer zuinig met de kWhs omgaan. Het ligt in de lijn der verwachting dat de CO₂ uitstoot per kWh opgewekte energie op middellange termijn lager wordt doordat meer duurzame energiebronnen worden ingezet, maar ook is een verslechtering denkbaar wanneer niet of beperkt duurzame energiebronnen worden ingezet (wat onwaarschijnlijk is).

6.2 Vermeden lokale emissies in deze proef

In deze paragraaf wordt een onderbouwde schatting van de vermeden emissies gegeven. Daarbij wordt op grond van de met de verschillende elektrische

voertuigen afgelegde afstanden berekend hoeveel lokale uitstoot een gekozen referentievoertuig zou hebben veroorzaakt, uitgaande van een representatieve mix van binnenstad-, buitenweg- en snelwegkilometers. In deze berekening zitten dus enkele vereenvoudigingen. Voor dit ogenblik geven ze echter de beste inschatting van de vermeden uitstoot die gegeven kan worden. Daarbij is voor de uitstoot aan NO_x en fijnstof de lokaal vermeden emissie het meest relevant (want van invloed op de luchtkwaliteit ter plaatse), terwijl voor CO₂ juist de totale emissie belangrijk is. Om die reden worden voor NO_x en fijnstof alleen lokaal vermeden emissies bekeken, terwijl voor CO₂ de netto vermeden uitstoot (vermeden lokale uitstoot minus de CO₂ uitstoot ten gevolge van de benodigde elektrische energieopwekking op afstand) wordt gegeven.

De in de proefperiode door de 12 Nissan Leafs afgelegde afstand is 128.000 km. Voor de 6 Mitsubishi i-MiEVs gaat het om 52.000 km en voor de 6 Peugeot iOns om 34.000 km. Gebruik makend van de emissiefactoren van equivalente referentievoertuigen (voor de verschillende elektrische voertuigen), en een ketenemissie van 545 g CO₂ per in Nederland opgewekte kWh¹¹ elektrische energie kunnen de vermeden emissies berekend worden. In tabel 3 worden de lokaal voorkomen emissies aan NO_x en fijnstof gegeven.

Tabel 4 Totaalomvang vermeden emissies in de totale praktijkproef (tot en met week 26).

Auto's	e-km's afgelegd	Referentie	Fijnstof (lokaal) / g	Stikstofoxides (lokaal) / kg	Kooldioxide (totaal) / ton
12 * Leaf	128.000	Megane	138	3,1	7,4
6 * i-MiEV	52.000	Clio	56	1,2	4,1
6 * iOn	34.000	Clio	37	0,8	2,5
2 * Prius pi	19.000 ¹²	Megane	102	0,5	1,1
Totaal	233.000		333	5,6	15,1

De vermeden emissies zijn hierbij benaderd met een emissiemodel¹³ dat uitstoot van de referentievoertuigen (hier de Renault Megane en Clio) benadert op basis van Euro- en gewichtsklassen. De vermeden fijnstofemissies zijn gebaseerd op een geschatte afname van remstof door regeneratief remmen.

Om de wat abstracte getallen in maatschappelijk perspectief te plaatsen kunnen de volgende vergelijkingen worden gemaakt. 333 gram vermeden fijnstof komt overeen met het verschil in 35,8 miljoen m³ lucht tussen Centrum Utrecht (27.5 µg/m³) en West Terschelling (18.2 µg/m³). 5,6 kilogram vermeden NO_x emissie komt overeen met het verschil in 251 miljoen m³ lucht tussen Centrum Utrecht (30.1 µg/m³) en West Terschelling (7.8 µg/m³). De vermeden emissies verbeteren zo bezien de kwaliteit van een flink volume lucht tot het niveau van één van de schoonste plekken in Nederland. De vermeden uitstoot aan kooldioxide van 15,1 ton komt overeen met 5187 liter aardolie wat gelijk staat aan 33 vaten.

De absolute hoeveelheden vermeden emissies zijn bescheiden door de beperkte omvang van de proef.

¹¹ Beantwoording feitelijke vragen over de brief Groene economische groei. Rijksoverheid Nov 2011

¹² Uit het net gevoed kilometrage van de 2 Toyota Prius plug-ins is circa 20% van het totaal.

¹³ Emissiefactoren afgeleid op basis van Versit+, TNO.



Figuur 33 Tot eind juni 2012 zijn effectief 33 vaten olie bespaard door in deze praktijkproef elektrisch te rijden. Eén vat is 159 liter.

7 Vertaling naar de onderzoeksvragen

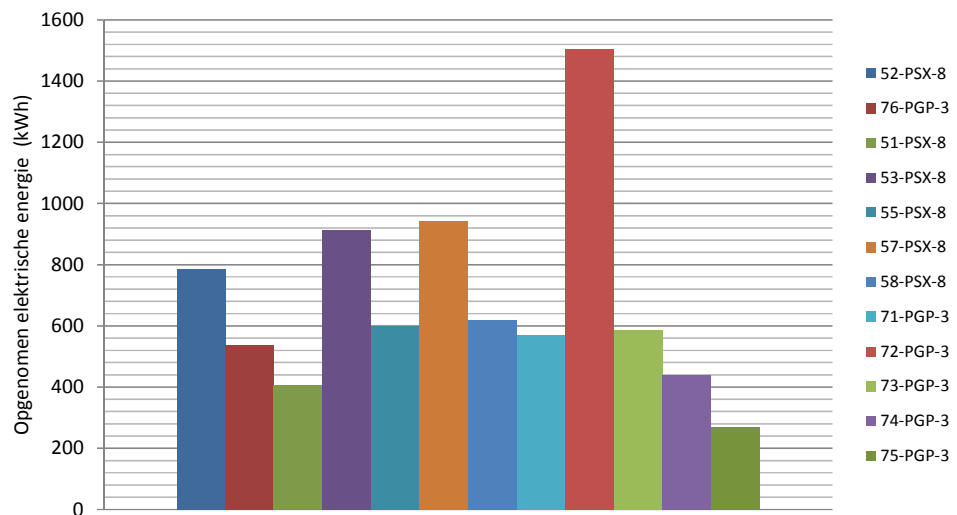
In dit hoofdstuk zijn de bevindingen per onderzoeksvraag weergegeven. Waar mogelijk zijn de antwoorden in perspectief geplaatst met betrekking tot de doelstelling van 400 elektrische auto's binnen het wagenpark van Rijkswaterstaat in 2015. Er worden door allerlei partijen voorspellingen van aantallen elektrische auto's in Nederland in Nederland gedaan. Die gaan zelfs tot 1 of 2 miljoen in 2020. Meer conservatieve schattingen geven aan dat in 2020 140.000¹⁴ elektrische auto's op de Nederlandse wegen rijden. Voor het rekenvoorbeeld wordt hier van 200.000 elektrische auto's uitgegaan.

7.1 Wat zijn de gevolgen voor bestaande faciliteiten van de stroomvoorziening?

Voor de belasting op het net is belangrijk zicht te krijgen op de elektriciteitsbehoefte van de elektrische voertuigen en de verdeling van die 'extra' elektriciteitsvraag over de tijd. De totale hoeveelheid benodigde elektrische energie is – ook bij grotere aantallen elektrische voertuigen geen probleem voor de stroomproductie.

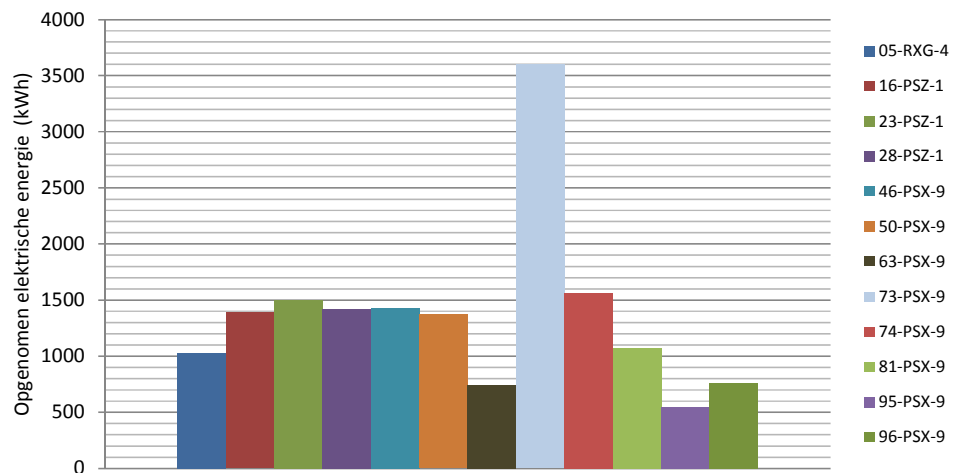
Nu is vooral de vraag of lokaal de benodigde stroom geleverd kan worden zonder overbelasting van het netwerk. Op termijn gaat dit ook op wijk, stad, en regionaal niveau van belang worden en de data die nu verzameld worden geven inzicht in wat er (voorlopig) verwacht mag worden.

7.1.1 Hoeveel elektrische energie wordt er daadwerkelijk verbruikt?



Figuur 34 **i-MiEV en iOn**: energie-opname cumulatief gedurende monitoring in kWh. In totaal opgenomen door deze voertuigen: 8,18MWh (bij een in totaal afgelegde afstand van 43.773 km)

¹⁴ 2011, ING Economisch Bureau – *Invloed elektrische auto op autobranche tot 2020 beperkt*



Figuur 35 **Leaf**: energie-opname gedurende monitoring tot nu toe in kWh. In totaal opgenomen door deze voertuigen: 16,44 MWh (op een totaal afgelegde afstand van 70.022 km)

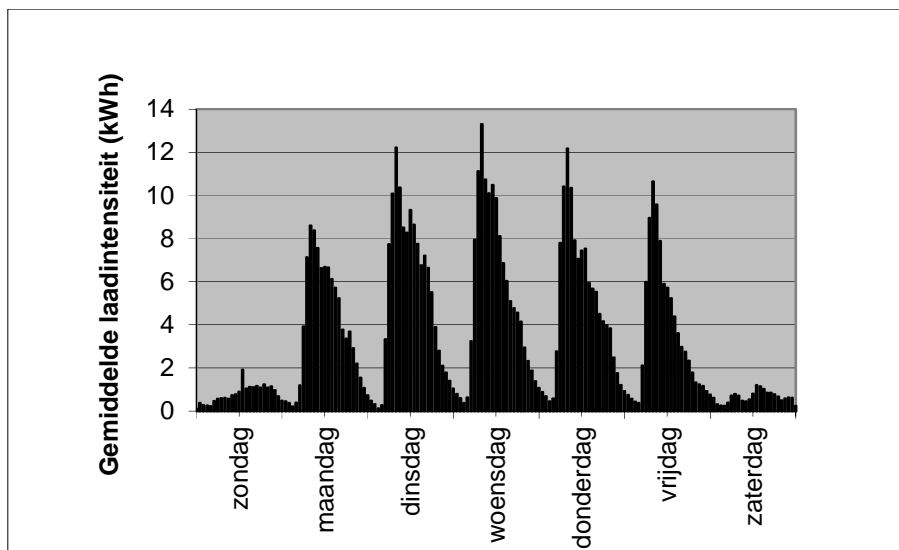
Gemiddeld verbruikt een elektrisch voertuig uitgaande van 15.000 kilometer per jaar 4327 kWh per jaar. Ter vergelijking: een gemiddeld Nederlands huishouden verbruikt 3480 kWh per jaar. Daarmee kun je stellen dat een elektrische auto het energieverbruik in de orde van een huishouden extra betekent.

Om dit verbruik in verhouding te plaatsen is gekeken naar het totale verbruik in Nederland van 121.815.000 MWh¹⁵:

- 400 elektrische auto's (doelstelling RWS) betekent 1.731 MWh, 0,0014% van het totale verbruik in Nederland
- 200.000 elektrische auto's (schatting aantal EV's in 2020) betekent 865.400 MWh, 0,7% van het totale verbruik in Nederland

¹⁵ CBS.nl – Elektriciteitsbalans: aanbod en verbruik in Nederland in 2011

7.2 Wanneer laden gebruikers hun elektrisch voertuig op en hoe lang?



Figuur 36 Gemiddelde laadintensiteit als functie van het moment in de week (per dag maatstrepen bij 12 en 24 uur). Getoond wordt de hoeveelheid elektrische energie die per tijdseenheid door de vloot van 24 BEV in de praktijkproef, gezamenlijk wordt opgenomen.

Figuur 36 laat zien dat gedurende de proef de “piekbelasting” op woensdagochtend ligt met iets meer dan 13 kW voor de gezamenlijke vloot¹⁶.

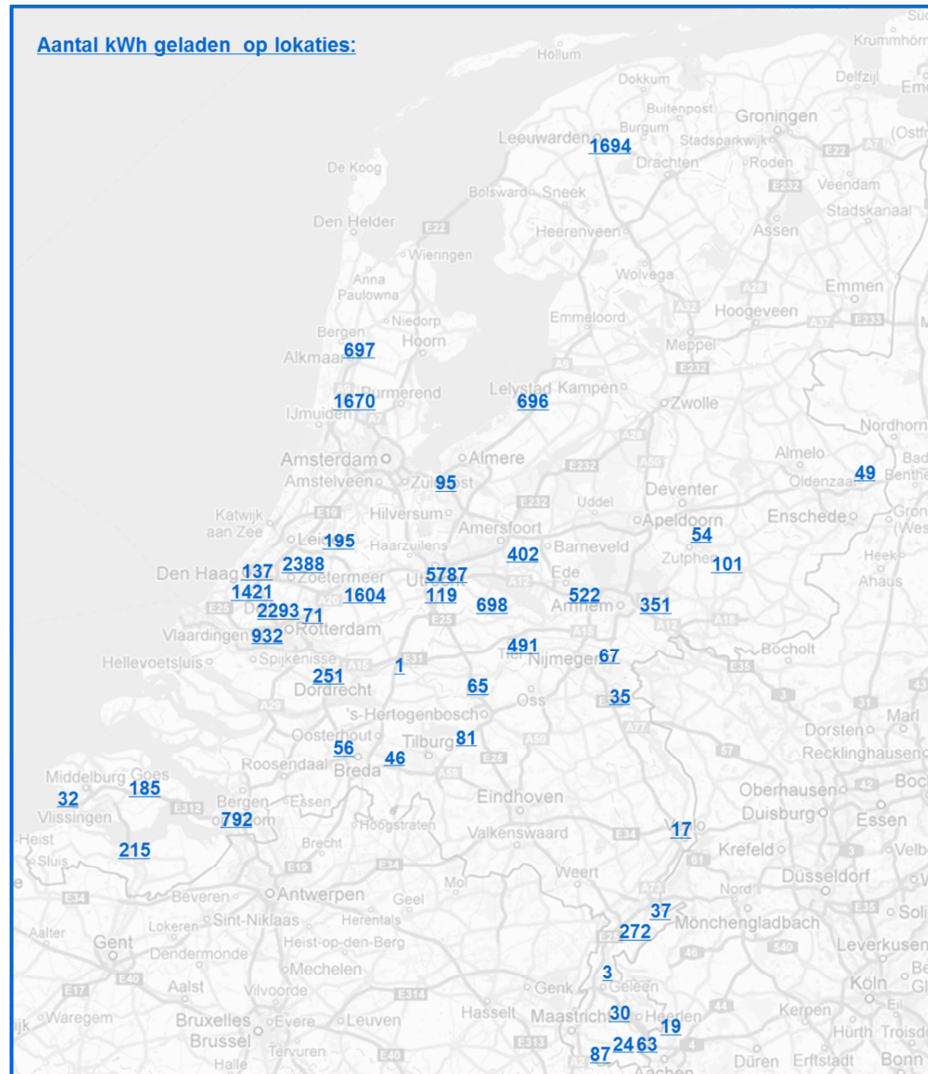
Om de piekbelasting in verhouding te plaatsen is gekeken naar het totale aanbod in opgesteld vermogen in Nederland van 26.636 MW¹⁷:

- 400 elektrische auto’s (doelstelling RWS) betekent 0,21 MW, 0,0008% van het totaal opgesteld vermogen in Nederland
- 200.000 elektrische auto’s (schatting aantal EV’s in 2020) betekent 108 MW, 0,4% van het totaal opgesteld vermogen in Nederland

¹⁶ Hierbij moet worden opgemerkt dat deze “piekbelasting” feitelijk weer een gemiddelde is over alle weken binnen de praktijkproef! De werkelijke piekbelasting zal dus hoger zijn.

¹⁷ CBS.nl Opgesteld elektrisch vermogen in Nederland in 2010

7.3 Waar laden gebruikers hun elektrisch voertuig op?



Figuur 37 Overzicht van locaties waar de elektrische auto's in de praktijkproef werden geladen. De hoeveelheid op die locatie opgenomen elektrische energie is aangegeven in kilowattuur (kWh).

In principe is elke laadcyclus individueel terug te leiden. Sommige –vooral zeer kleine- laadcycli zijn hierbij weggefilterd¹⁸ om naast een correcte som van geladen energie, ook het juiste aantal laadbeurten te krijgen.

- Uit de data is af te leiden dat slechts af en toe (naar schatting minder dan 1% van de gevallen) energie werd ingenomen op een laadpunt dat niet onder de rijksdienst valt. Dit kunnen bijvoorbeeld bezoeken aan civiele instanties betreffen of laadstops onderweg bij een 'tankstation'.
- Er is sporadisch gebruik gemaakt van de mogelijkheid tot snelladen (met hogere vermogens tot ca. 50 kW).

¹⁸ Soms wordt door het meetsysteem een laadcyclus als twee gebeurtenissen opgetekend, met een mini-"schaduw" laadbeurt als artefact. De totale hoeveelheid energie (gesommeerd) verandert niet, maar het aan laadbeurten wordt door de filtering gecorrigeerd.

7.3.1 *Wat zijn de gevolgen voor de overige weggebruikers?*

Uit de gebruikersenquêtes blijkt dat de elektrische auto's als aanzienlijk stiller worden ervaren. Dat geldt misschien ook voor medeweggebruikers, maar dit is niet onderzocht. Tegelijkertijd hebben de gebruikers niet het idee dat de auto later wordt opgemerkt dan een conventionele. Er zijn geen ongevallen geweest gedurende de proef die te koppelen zijn aan het ontbreken van geluid.

7.3.2 *Wat is de bereikte verduurzaming?*

In totaal is in de praktijkproef 233.000 kilometer volledig elektrisch gereden. Hierbij zijn effectief de volgende emissies vermeden:

- 333 gram fijnstof
- 5,6 kilogram NO_x
- 15,1 ton CO₂ netto

Bij het CO₂-getal is rekening gehouden met de ketenemissies aan CO₂ in verband met elektriciteitsopwekking. Voor de luchtverontreinigende uitstoot (fijnstof en NO_x) wordt juist lokaal gekeken omdat deze emissies daar het meest schadelijk zijn voor de gezondheid (vooral voor luchtkwaliteit in dichtbevolkte gebieden). Die vermeden uitstoot is dus niet gecorrigeerd voor de uitstoot van deze stoffen op afstand, ten gevolge van de elektriciteitsopwekking.

De netto vermeden uitstoot aan kooldioxide van 15,1 ton betekent dat effectief 5187 liter aardolie minder verbrand werd.

De effecten zijn bij opschaling:

- Bij 400 elektrische voertuigen á 15.000 kilometer per jaar bij de huidige mix van energiebronnen is dit:
 - 6,5 kg fijnstof
 - 144 kg NO_x
 - 390 ton CO₂
- Bij 200.000 elektrische auto's á 15.000 kilometer per jaar is dit:
 - 3.214 kg fijnstof
 - 71.928 kg NO_x
 - 196 kiloton CO₂

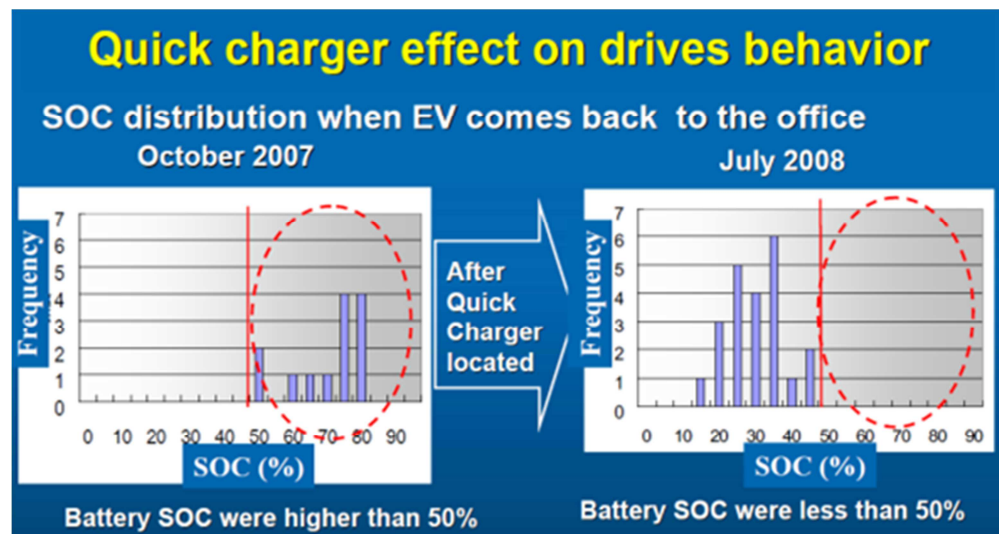
Stel dat uitsluitend groene energie gebruikt wordt bij 200.000 elektrische auto's á 15.000 kilometer per jaar dan leidt dat tot een vermindering van 558 kiloton CO₂. Dit is 0.33% van de totale CO₂ uitstoot in Nederland op dit moment¹⁹.

¹⁹ Compendium voor de leefomgeving – 168 Mton CO₂ emissie in 2011 in Nederland

7.3.3 *Welk gedrag (en gedragsverandering) van de gebruiker is waarneembaar?*
Opvallend is de aarzeling om elektrische auto's altijd te gebruiken, en daarnaast de uitgesproken voorkeur voor een Nissan Leaf ten opzichte van een Mitsubishi i-MiEV of Peugeot iOn. Beide effecten met elkaar gecombineerd zorgen ervoor dat de auto's beperkt worden ingezet. Vooral het winterkwartaal (Q3 in de praktijkproef, begin 2012) kwam dit tot uitdrukking. Mogelijk speelt vertrouwen in de auto's onder winterse omstandigheden een rol omdat de actieradius minder is door onder andere het gebruik van verwarming.

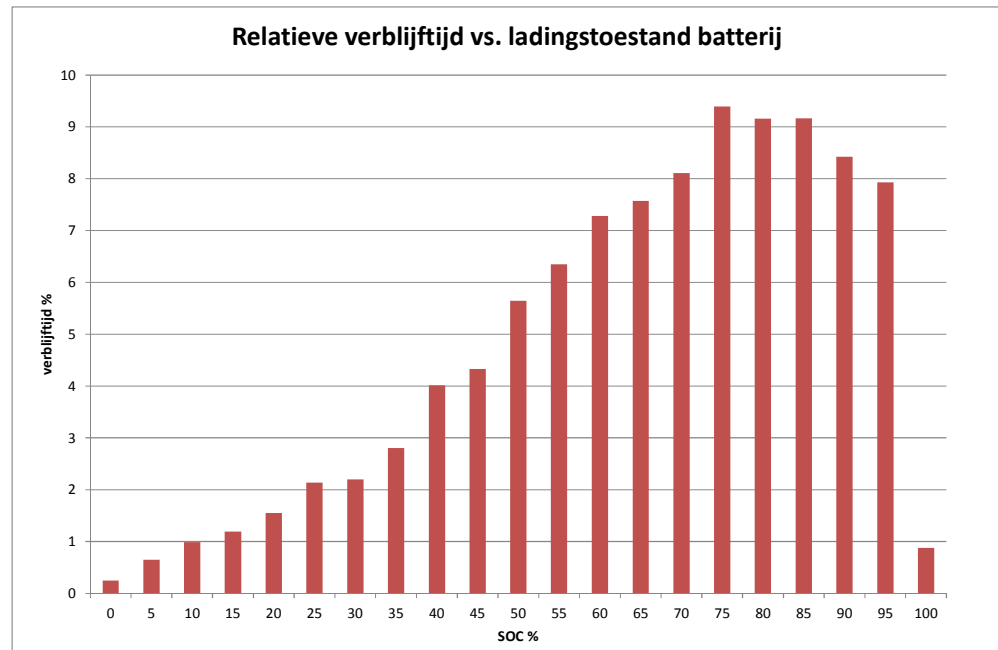
De gebruikers in de proef reden gemiddeld gezien kortere ritten en gebruikten energie ver onder de maximale capaciteit van de batterijen. Dit kan komen door *range anxiety* dat op zijn beurt weer veroorzaakt kan worden door enerzijds het nog niet gewend zijn aan elektrisch rijden maar anderzijds ook door het ontbreken van laadinfrastructuur. Uit de enquête blijkt dat gebruikers vinden dat er te weinig laadinfrastructuur aanwezig is. Die mening zal waarschijnlijk veranderen op het moment dat er meer laadpalen beschikbaar zijn. Uit eerder onderzoek in Japan bleek niet alleen de mening maar ook daadwerkelijk het gedrag te veranderen.

Dit onderzoek²⁰ laat zien dat gebruikers in eerste instantie niet leegreden en zelfs boven 50% SOC (state Of Charge = hoe vol zit de batterij) bleven. Nadat er snelladers in de testregio werden geplaatst durfden gebruikers verder te rijden met de elektrische auto en zat de SOC vaker onder de 50%. Dit onderzoek laat zien dat een betere laadinfrastructuur gebruikers meer vertrouwen geeft om verder te rijden en tot een betere inzet van elektrische voertuigen leidt.



Figuur 38 Bereidheid in een Japanse praktijkproef om met nog maar deels volle accu te rijden voor (links) en na de introductie van snellaadpalen (rechts).

²⁰ T. Anegawa TEPCO 2009



Figuur 39 Distributie van ladingstoestand (percentage van maximale lading) in de tijd over de hele monitoring periode. De auto's worden maar weinig gebruikt met een lage ladingstoestand.

In ieder geval is opvallend dat in het laatste kwartaal juist véél gebruik is gemaakt van de elektrische voertuigen (praktisch evenveel als in de twee daaraan voorafgaande kwartalen samen). De aansporingen vanuit de programmaleiding, het betere weer en het toenemend vertrouwen / bekendheid met de voertuigeigenschappen hebben hieraan mogelijk bijgedragen. Dit komt ook terug uit de gebruikersenquêtes over het laatste kwartaal.

7.3.4 *Wat is de gebruikerservaring, zowel op korte als lange termijn, en wat is de veiligheidsbeleving?*

De gebruikerservaring is in het algemeen positief. De eigenschappen van de auto's en het rijden worden gemiddeld als goed ervaren. Wel is het zo dat de auto niet zondermeer inzetbaar wordt geacht; er komt meer voorbereiding en planning bij kijken dan bij een conventionele auto. Een belangrijk punt van ontevredenheid zit in de beperkte actieradius van de voertuigen, en de beperkte mogelijkheden om de auto's bij te kunnen laden.

7.3.5 *Wat zijn de gebruikerskosten, zowel vast als variabel?*

Uit het hoofdstuk over de Total Cost of Ownership blijkt dat bij het huidige gebruik, en voor de meeste categorieën gebruikers, er nog een aanzienlijke meerprijs betaald moet worden om elektrisch te rijden. Anderzijds is ook duidelijk dat hogere restwaarde (minder onzekerheid over levensduur van het voertuig) al erg zou helpen om de business case beter te maken. Pas wanneer daar bovenop ook een lagere aanschafprijs komt, is er een duidelijk kostenvoordeel voor elektrisch rijden. Dat wordt inderdaad verwacht: bij een sterk groeiende markt voor EVs wordt over tien tot vijftien jaar een gelijke aanschafprijs voor de verschillende aandrijflijntechnieken voorspeld²¹.

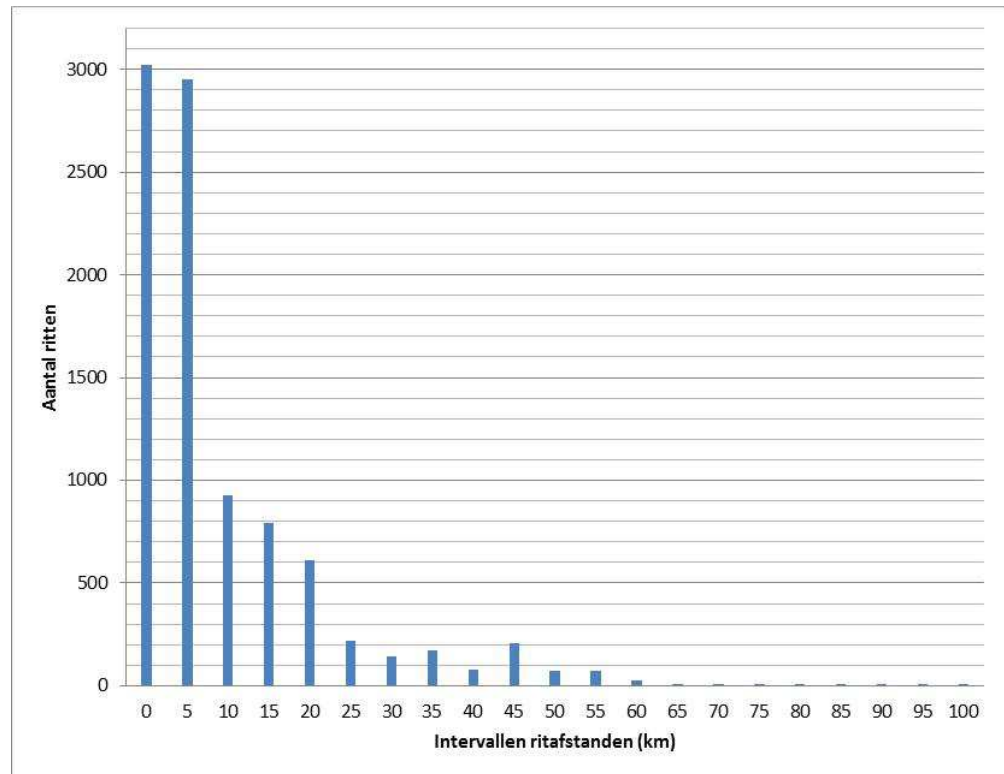
²¹ McKinsey, "A portfolio of drivelines for Europe"

7.3.6 *Welk (en hoeveel) onderhoud is nodig?*

Er is relatief vaak een garagebezoek of service door de importeur is geweest, maar dat had veelal te maken met kleine beginproblemen (ondeugdelijke laadkabel) en onwennigheid van de gebruikers (vergeten te laden, negeren van waarschuwing e.d.). Dit zou kunnen verbeteren wanneer een groep meer 'ervaren' gebruikers in de voertuigen zou rijden. Verder zijn er geen voor elektrische voertuigen specifieke onderhoudsbehoefte geconstateerd. Het sporadisch gebruik van een elektrische auto (uit pool) blijkt geen ideale combinatie met de nieuwe techniek.

7.3.7 *Welke gebruikseffecten zijn zichtbaar*

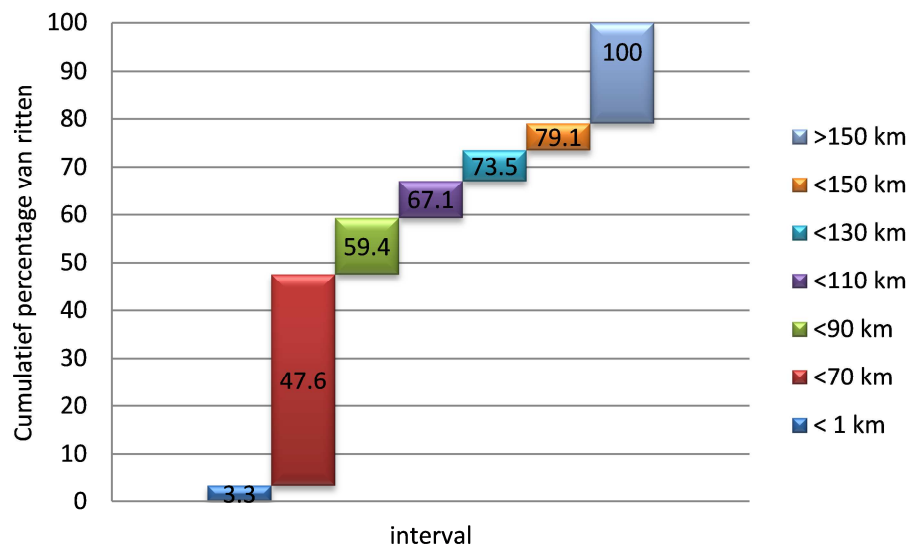
Op het gebied van energieverbruik zijn effecten zichtbaar. Na gewenning gaat de gebruiker meer ontspannen of juist sportiever rijden. Daarnaast zijn, op basis van enkele steekproefsgewijs uitgevoerde controles, geen significante verschillen gevonden in eigenschappen voor en na gebruik. Eigenlijk worden die ook niet verwacht over de beperkte monitoringperiode van circa negen maanden. Op basis van gemeten data is geanalyseerd of er een terugval in effectief beschikbare accucapaciteit over de tijd zichtbaar is. Daar blijkt geen sprake van. Mogelijk is er een kleine teruggang in de accu's, maar zonder directe meting aan de kale accu's (met het oog op veiligheid en garantiebepalingen) blijken deze niet uit de schijnbare laadcapaciteit. Naast het feit dat hoogstens een kleine terugval verwacht wordt in de beperkte periode van monitoring, kan het batterij management systeem de veronderstelde, kleine, capaciteitsvermindering compenseren. Vervolgonderzoek is gewenst om meer licht werpen op lange termijn effecten in de accu's, temeer omdat de onzekerheden over accuveroudering, voorlopig een rem op de brede uitrol van elektrische auto's vormt.



Figuur 40 Verdeling van geregistreerde ritafstanden (enkele reis). De intervallen zijn in kilometers lopen van het getoonde getal x tot $(x + 5)$.

Uit de data is goed te zien dat de elektrische voertuigen voor relatief korte ritten ingezet worden. We weten niet of deze ritten hetzelfde zijn bij conventionele auto's omdat de elektrische auto's als extra naast de reeds beschikbare conventionele poolvoertuigen (*on-top-of*) worden aangeboden. Het staat de gebruiker vrij om te kiezen of hij elektrisch rijdt. Deze resultaten laten echter wel duidelijk zien hoe de elektrische auto nu gebruikt wordt.

Ook kan het huidige gebruik van de conventionele voertuigen in de vloot van Rijkswaterstaat bekeken worden. Op basis van ruim 11 duizend dagrapporten van auto's die persoonsgebonden of als poule-voertuig werden ingezet (in totaal zijn dat zo'n duizend auto's), kan de verdeling van dagafstanden worden bepaald. Die verdeling is gegeven in Figuur 41.



Figuur 41 Cumulatieve percentages van dagtotalen gereden in auto's van de huidige (conventionele) vloot bij Rijkswaterstaat.

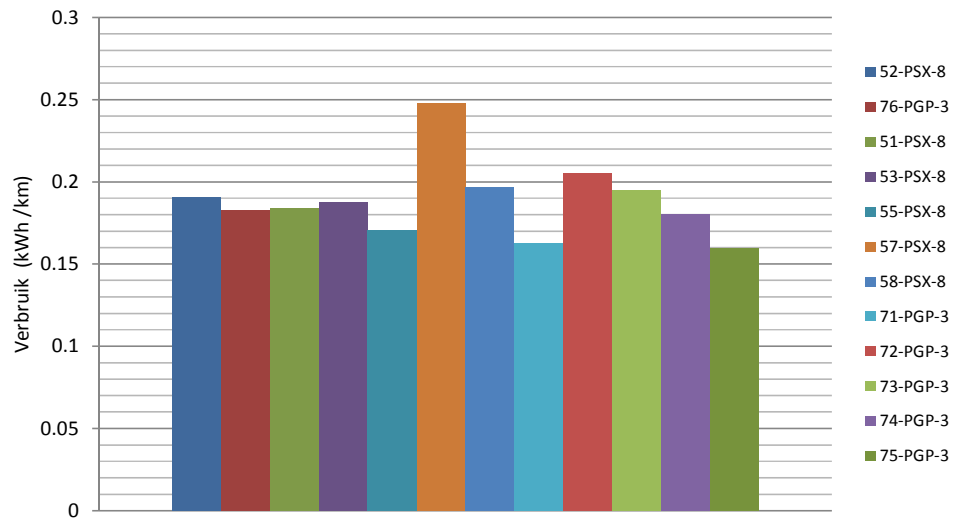
In totaal heeft Rijkswaterstaat 1634 voertuigen. Figuur 41 geeft de verdeling van ritafstanden binnen 857 persoonsgebonden voertuigen die alleen voor zakelijk verkeer worden ingezet. Hiervan rijdt 59.4% minder dan 90 kilometer en zou vervangen kunnen worden door een elektrische auto. Dit komt neer op 509 elektrische auto's waarmee de doelstelling van 400 elektrische auto's zeker behaald wordt.

7.3.8 *Voldoen de reeds gestelde veiligheidseisen bij grootschalig gebruik van elektrische voertuigen?*

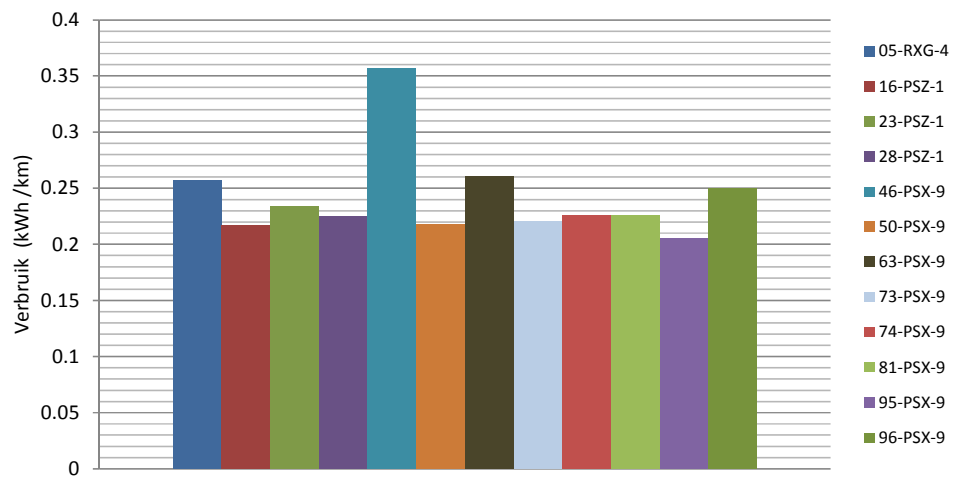
Op dit ogenblik in de praktijkproef zijn er in ieder geval geen punten opgevallen die wijzen op het niet voldoen van de gestelde veiligheidseisen, ook niet bij grootschalig gebruik.

7.3.9 *Hoe hangen actieradius en energieverbruik af van gebruiksomstandigheden?*

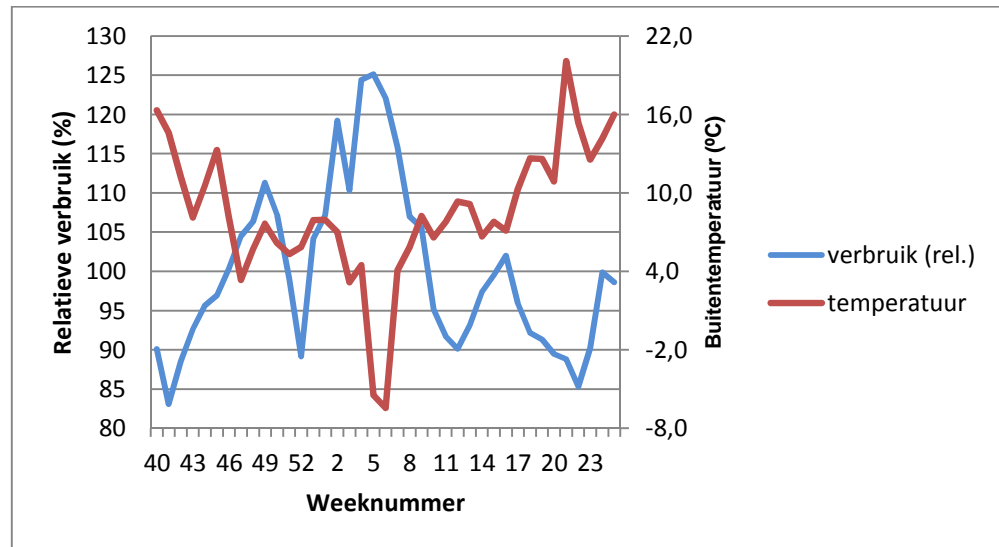
Het energieverbruik van elektrische voertuigen wordt bepaald door de toegepaste technologie, de massa van het voertuig (sterk beïnvloed door de grootte van de accu), ritpatronen (incl. verdeling stadsweg, buitenweg, snelweg), de rijstijl van de bestuurder (incl. effectief benutten van regeneratief remmen), weersomstandigheden en andere factoren. Het energieverbruik bepaalt vervolgens de actieradius, de energiekosten en een groot deel van de impact van (PH)EVs op het milieu. Ook heeft het invloed op de frequentie van laden en de hoeveelheid uit het net opgenomen energie. In de gemonitorde periode van de praktijkproef hebben de volledig elektrische voertuigen 113.965 km gereden en daarvoor 24,6 MWh elektrische energie geladen. Het gemiddelde verbruik in de monitoring periode komt uit op 216 Wh/km (oftewel 21,6 kWh op 100 km).



Figuur 42 Mitsubishi i-MiEV en Peugeot iOn: gemiddelde verbruik in kWh/km in de monitoring periode. Het gemiddelde voor de 6 Peugeots is 197 Wh/km, en voor de 6 Mitsubishi's 177 Wh/km (samen gemiddeld 187 Wh/km). Het verschil is goeddeels toeval en wordt verklaard doordat de iOn relatief wat vaker op de snelweg werd ingezet dan de i-Miev (met hogere snelheden en dito verbruik).

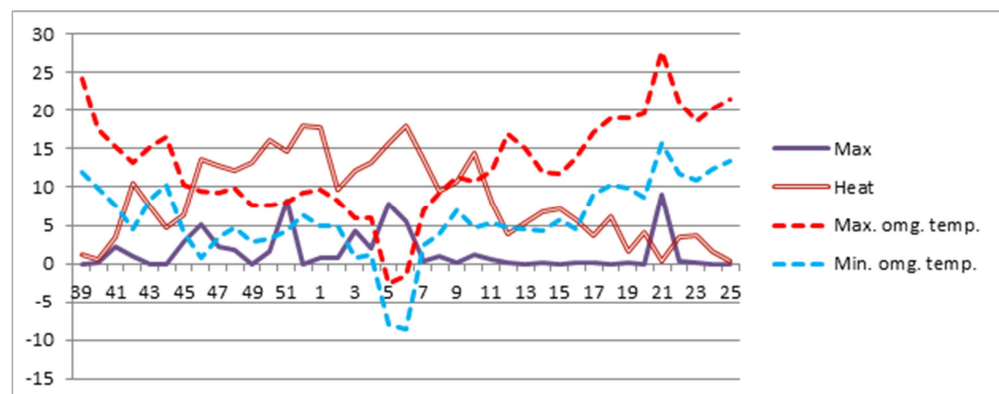


Figuur 43 Gemiddeld verbruik van de Nissan Leafs in kWh/km over de volledige monitoring periode (9 maanden). Het gemiddelde over de 12 Nissans samen is 235 Wh/km.



Figuur 44 **Seizoensinvloed** Relatieve verbruik in de praktijkproef (100% referentie is het gemiddelde over alle gereden kilometers, onafhankelijk van autotype) als functie van weeknummer. Duidelijk is in deze grafiek de invloed van de seizoenen zichtbaar. Het gemiddelde verbruik was 219 Wh/km; in de meest ongunstige week is het verbruik maar liefst 1,5 keer hoger dan in de gunstigste week.

Met dit werkelijk gemeten verbruik kan ook de werkelijke actieradius worden bepaald. Dat de actieradius in de praktijk kleiner is dan door de autofabrikanten opgegeven wordt, is op zich niet nieuw. Nu hebben wij echter driekwart jaar lang echt gemeten wat het verbruik in deze specifieke toepassing is, inclusief wind- en temperatuurinvloeden. Met een gemiddeld werkelijk gemeten verbruik van 187 Wh/km bij een accucapaciteit van 16 kWh komen de i-MiEV en iOn op een praktijkradius van 85 kilometer t.o.v. 150 kilometer. Dit is 57% van de opgegeven actieradius. De Nissan Leaf heeft een gemiddeld werkelijk gemeten verbruik van 235 Wh/km wat neerkomt op een actieradius van 102 kilometer t.o.v. 160 kilometer. Dit is 64% van de opgegeven actieradius. Bij het afwijkende, hogere, praktijkverbruik moet wel bedacht worden dat de fabrikanten een wettelijk verplichte meetmethode gebruiken. Die meetmethode geeft klaarblijkelijk geen goede afspiegeling van wat in deze praktijkproef aan verbruik werd gemeten.



Figuur 45 **Seizoensinvloed** In aanvulling op Figuur 44 een grafische weergave van warmtevraag ("heat"), ventilator tempo ("max") en omgevingstemperatuur.

8 Conclusies en aanbevelingen

De praktijkproef elektrisch rijden bij de Rijksoverheid heeft een schat aan praktijkgegevens opgeleverd.

De ervaringen van de gebruikers van elektrische voertuigen en andere betrokkenen bij de praktijkproef zijn uitgebreid geïnventariseerd via enquêtes. Een opvallend resultaat hiervan is de over het algemeen positieve waardering voor het elektrisch rijden en de geleidelijke toename van die waardering in de tijd. Maar er zijn ook punten waarover de gebruikers ontevreden zijn. Dat heeft te maken met de beperkingen van de nog relatief jonge techniek: De actieradius van de auto's wordt als onvoldoende ervaren en dat telt zwaar omdat ook oplaadvoorzieningen onvoldoende beschikbaar zijn naar mening van de gebruikers. In de praktijk valt de actieradius ruim een derde lager uit dan de fabrieksopgave. Dat komt doordat de fabrieksopgave wordt gemeten met een –overigens wettelijk verplichte- methode die èn minder dynamisch is dan de gewone verkeerspraktijk èn geen rekening houdt met meerverbruik door verwarming of airconditioning. In deze proef werd op de qua weersomstandigheden ongunstigste dagen een gemiddeld energiegebruik vastgesteld dat 50% hoger uitviel dan dat op de mooiste dagen in de meetperiode.

Wat de milieutechnische consequenties van elektrisch vervoer betreft is berekend wat de vermeden emissies zijn over deze praktijkproefperiode. Bij een totaal van 233.000 elektrisch gereden kilometers (waarvan iets meer dan de helft met on-board meetapparatuur gemonitord), komt dit neer op 333 gram fijnstof en 5,6 kilogram NO_x stikstofoxides (lokaal) en 15,1 ton CO₂ (globaal). Bij het CO₂-getal is rekening gehouden met de ketenemissies in verband met elektriciteitsopwekking. Bij een grotere inzet van de voertuigen zijn (aanzienlijk) hogere vermeden emissies te bereiken.

Samenvattend: er is aanzienlijke en groeiende waardering voor elektrisch rijden en de gebruikers zien goede kansen voor de auto's, ondanks de beperkingen van deze nog opkomende techniek (zoals actieradius en laadpunten). De uitdaging in de praktijkproef was om de auto's meer in te zetten en dat blijkt goed gelukt. De totale afgelegde afstand in het laatste monitoringkwartaal (63.281 km) was meer dan in de twee voorgaande kwartalen bij elkaar (49.318 km). Uit deze getallen blijkt op de best denkbare wijze een groeiende waardering voor elektrisch rijden onder de deelnemers aan de praktijkproef.

8.1 Implementatie en opschaling bij Rijkswaterstaat

Een belangrijke conclusie uit de praktijkproef is dat grootschalige toepassing van elektrische voertuigen binnen de vloot van Rijkswaterstaat mogelijk lijkt. Het voor 2015 gewenste aandeel elektrische auto's is realiseerbaar. Daarbij zal er wel rekening gehouden moeten worden met het soort inzet waarvoor elektrische voertuigen zich lenen, in relatie tot de eigenschappen van de nu verkrijgbare elektrische auto's. Maar ook dan lijkt het gewenste aandeel zonder grote moeilijkheden haalbaar.

8.2 Verdere conclusies en aanbevelingen

Een volgende conclusie is dat er verder geïnvesteerd moet worden in de aanschaf van de auto's en in de laadinfrastructuur. Dat levert op dit ogenblik nog aanzienlijke meerkosten ten opzichte van conventioneel vervoer op. Oplopende brandstofprijzen, prijsverlaging van toekomstige EV modellen en een intensiever gebruik van de elektrische auto's kunnen elektrisch vervoer ook al op korte termijn interessant maken. Voor Rijkswaterstaat is, onder de huidige omstandigheden en bij een gebruik van 15.000 km per jaar, een terugverdientijd voor de meerkosten ten opzichte van de conventionele referentie, van circa zeven jaar het geval. Aan een gebruiksduur van 4 jaar zijn dus meerkosten verbonden. Die komen gebaseerd op aannames in hoofdstuk 5 neer op ongeveer € 870 per jaar per auto. Dit is omgerekend 6 cent per kilometer meerkosten om op dit moment elektrisch te rijden. Ondernemers daarentegen kunnen door diverse voordelen en aftrekmogelijkheden, bij hetzelfde gebruik van het voertuig al na het eerste jaar de meerkosten hebben terug verdiend. Voor een particulier tenslotte is elektrisch rijden voorlopig niet rendabel uit TCO-oogpunt (terugverdientijd meer dan 12 jaar). Ook niet-economische effecten zijn van belang. Zo kan de voorbeeldfunctie die de overheid vervult met betrekking tot een lagere milieubelasting een belangrijk aspect zijn.

Hieronder staan de belangrijkste aanbevelingen voor een mogelijke implementatie van een groot elektrisch wagenpark:

Zorg voor voldoende en goede laadinfrastructuur

Het ontbreken van adequate laadinfrastructuur is één van de punten die duidelijk uit de enquête naar voren komt. Bij de opschaling is het van belang dat er voldoende laadpunten beschikbaar zijn met de juiste stekker. Er bestaan al apps voor de smartphone, die aangeven waar de laadpunten zijn en zelfs of ze op dat moment beschikbaar zijn.

Zet de elektrische auto in op de juiste plaats

Kijk naar de gehele bestaande vloot. Welke gebruikers leggen alleen korte afstanden af? Welke gebruikers leggen sporadisch langere afstanden af? Voor deze gebruikers volstaat een pool van elektrische auto's met enkele conventionele auto's.

Maatregelen voor meer inzet van de elektrische auto

In de praktijkproef is geconstateerd dat het extra toevoegen van elektrische auto's aan een pool van conventionele auto's niet tot intensief gebruik leidt. Bij twijfel of uit automatisie kiezen mensen dan vaak toch voor de benzineauto, terwijl elektrisch rijden goed mogelijk zou zijn geweest. Om het aantal elektrisch gereden kilometers te maximaliseren en elektrisch rijden tot een succes te maken is het belangrijk om zowel stimuli als richtlijnen in te zetten.

Voorlichting

Rond elektrisch rijden zijn voor veel mensen nog onduidelijkheden. Past de stekker wel? Hoe ver kan ik nu echt rijden? Hoelang duurt het laden? Waar kan ik laden? Is het gevaarlijk? Goede communicatie is hierbij zeer belangrijk. Breng mensen goed op de hoogte van feiten en begeleid ze bij de inzet van elektrische auto's.

Hiermee zorg je voor vertrouwen in de mogelijkheden van elektrisch rijden en manage je verwachtingen.

Maak elektrisch rijden een positieve ervaring

Laat mensen het elektrisch rijden uitproberen en ervaren, organiseer een interne competitie om bijvoorbeeld wie de meeste elektrische kilometers maakt of het verst durft te rijden. Stimuleer storytelling zodat collega's ervaringen delen.

9 Ondertekening

Delft, 3 oktober 2012

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'O' followed by 'kievit'.

Olaf Kievit
Projectleider

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'J' followed by 'van de Kieft'.

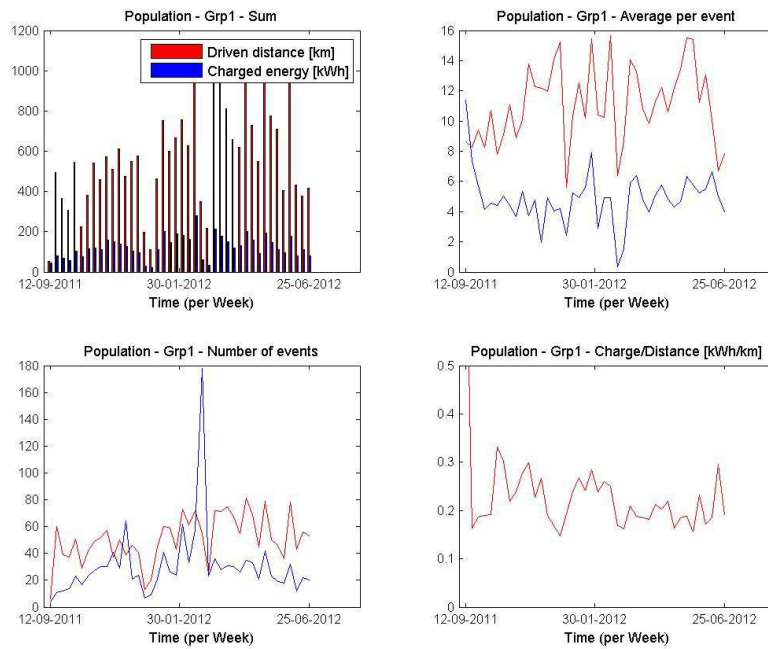
Job van de Kieft
Auteur

A Vragenlijst

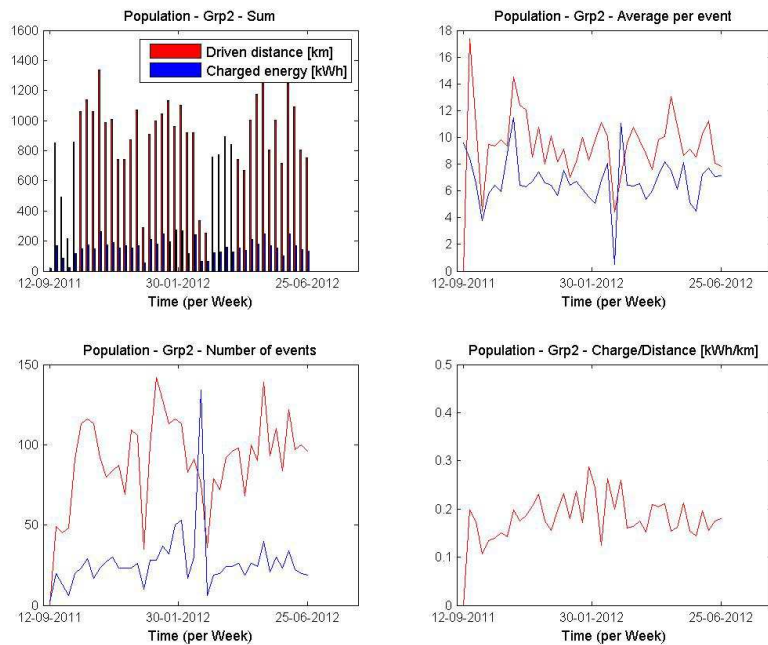
Om een zo volledig mogelijk beeld te krijgen van de verwachtingen van elektrisch rijden (vooraf) en de daadwerkelijke ervaringen tijdens het actief deelnemen aan de praktijkproef, worden vragenlijsten onder de gebruikers uitgezet. Dit gebeurt bij aanvang van de deelname (als nulmeting, om de verwachtingen te kunnen peilen). Bij de vragenlijst wordt een korte instructie gegeven om te bereiken dat zo goed mogelijk de eigen ervaringen of verwachtingen moeten worden aangegeven. Ook is er een korte uitleg van de gebruikte schaal van 10 tot 1.

Eerst enkele vragen over de eigenschappen van deze auto	
<i>Deze auto maakt meer geluid dan de gemiddelde brandstofauto :</i>	
Helemaal mee eens	Helemaal mee oneens
<i>Ik merk dat deze auto -vergeleken met een gewone brandstofauto- door andere verkeersdeelnemers:</i>	
eerder wordt opgemerkt	later wordt opgemerkt
<i>Het remgevoel in deze auto is in vergelijking met een gewone brandstofauto:</i>	
veel beter	veel slechter
Enkele vragen over de praktische inzetbaarheid van de elektrische auto	
<i>De actieradius van deze elektrische auto is voor mij, zoals ik hem nu gebruik:</i>	
Voldoende	Onvoldoende
<i>De ruimte in de elektrische auto is:</i>	
Erg ruim	Erg krap
Rijkwaliteiten van de elektrische auto	
<i>Ik vind de wegligging en stabiliteit:</i>	
Zeer goed	Zeer slecht
<i>Ik ervaar het weggedrag van deze auto als:</i>	
voorspelbaar	onvoorspelbaar
<i>De geschiktheid van het elektrische voertuig voor het inhalen op de snelweg vind ik</i>	
Zeer goed	Zeer slecht
Vragen over de rijstijl van de gebruiker in deze auto	
<i>Optrekken:</i>	
Heel vlot	Kalm en beheerst
<i>Afremmen</i>	
Sportief: liefst een zo kort mogelijke remweg	Beheerst: Rustig uitrollen en remmen
<i>Rijstijl in de elektrische auto vergeleken met de rijstijl in een brandstof-auto</i>	
Veel sportiever	Veel rustiger
Energievoorziening	
<i>Het opladen van de auto vind ik:</i>	
Eenvoudig	Omslachtig
<i>Mogelijkheden voor opladen</i>	
Ruim voldoende	Onvoldoende
<i>Onvoorbereid op weg gaan vind ik met deze auto:</i>	
Mogelijk	Onmogelijk
Algemene waardering voor de elektrische auto	
<i>Zou u elektrisch rijden aanbevelen aan collegae voor dienstreizen?</i>	
Ja	Nee
<i>De bijdrage van elektrisch rijden aan een beter milieu vind ik</i>	
Zeer goed	Zeer slecht
<i>Algemeen rapportcijfer voor de elektrische auto</i>	
tien	een

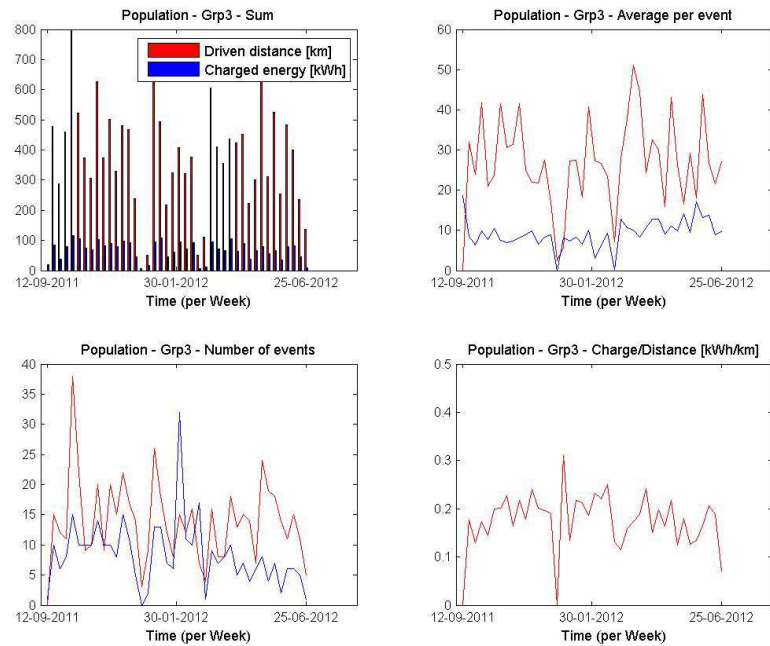
B Overzicht van meetdata in de tijd



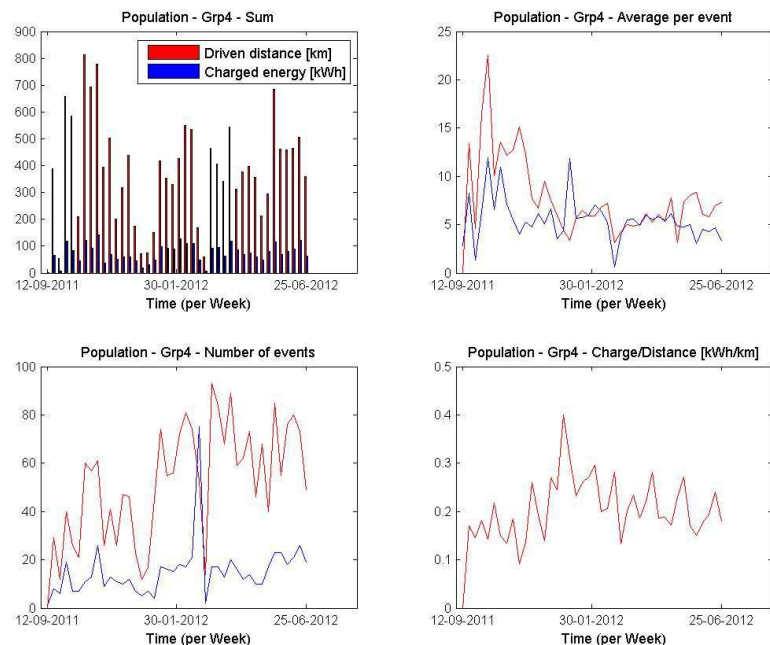
Figuur 46 Vergelijking geladen hoeveelheid energie en totaal afgelegde afstand (op week basis) voor de elektrische auto's in gebruikersgroep 1 (RWS Poolauto / dienstauto zonder privégebruik, minder dan 20.000 km/jr en regionaal gebruik). "Events" voor ritten respectievelijk laadbeurten.



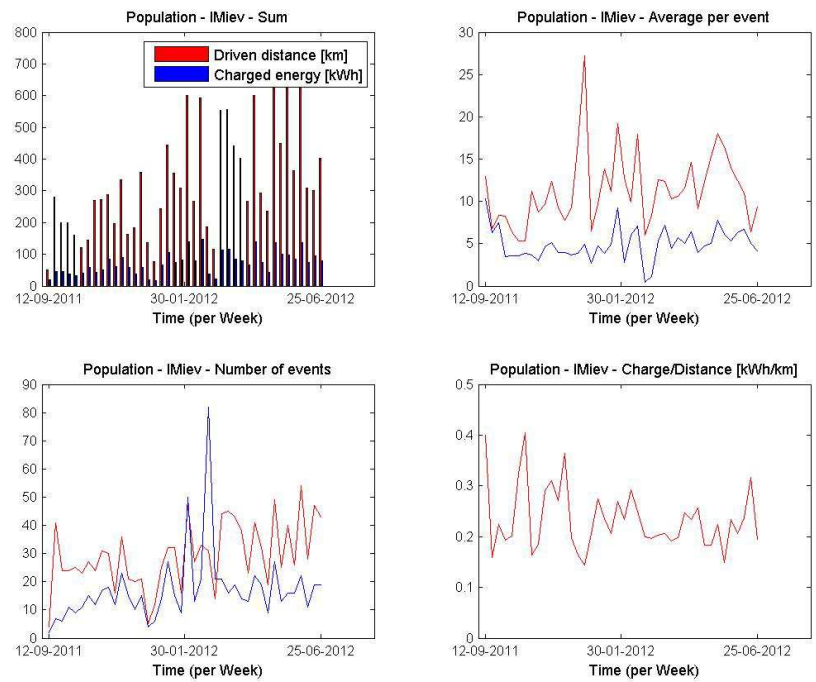
Figuur 47 Vergelijking geladen hoeveelheid energie en totaal afgelegde afstand (op week basis) voor de elektrische auto's in gebruikersgroep 2 (RWS Poolauto / dienstauto zonder privégebruik, meer dan 20.000 km/jr en regionaal of landelijk gebruik).



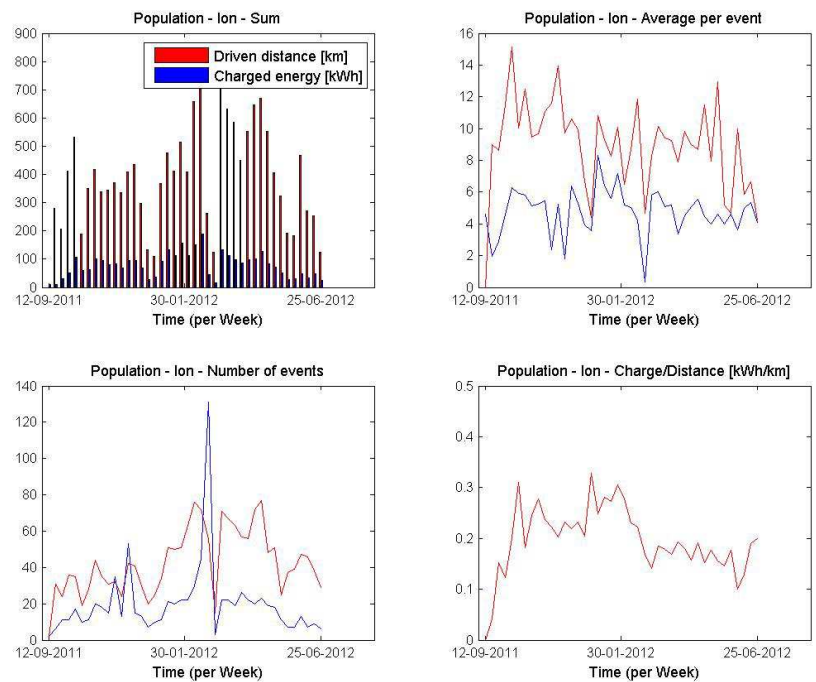
Figuur 48 Vergelijking geladen hoeveelheid energie en totaal afgelegde afstand (op week basis) voor de elektrische auto's in gebruikersgroep 3 (RWS persoonsgebonden auto, zogeheten RPA met of zonder privégebruik) De Prius plug-ins vallen in deze groep, maar werden niet gemonitord. "Events" voor ritten respectievelijk laadbeurten.



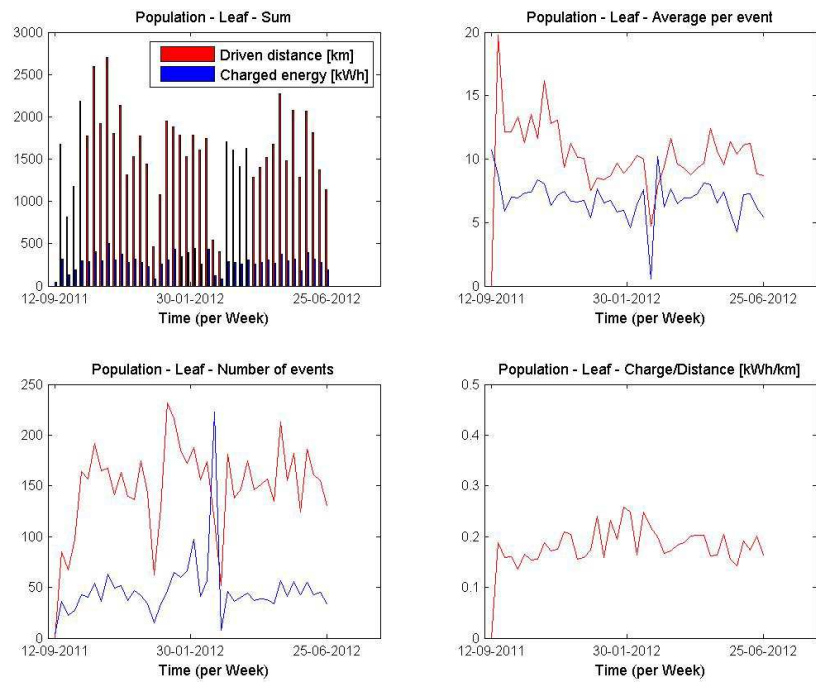
Figuur 49 Vergelijking geladen hoeveelheid energie en totaal afgelegde afstand (op week basis) voor de elektrische auto's in gebruikersgroep 4 (Poolauto, Overige Ministeries / Departementen).



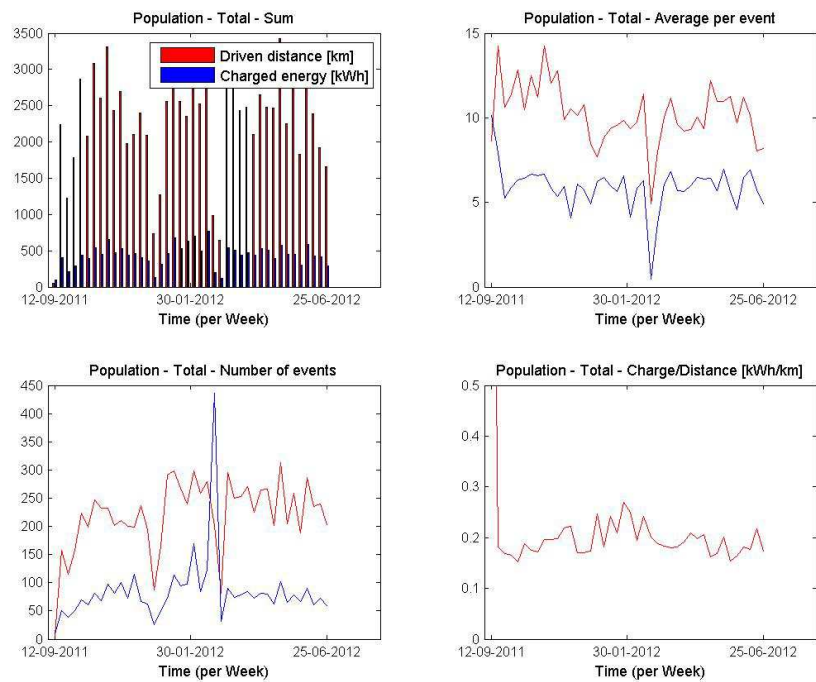
Figuur 50 Vergelijking geladen hoeveelheid energie en totaal afgelegde afstand (op week basis) voor de elektrische auto's van het type Mitsubishi i-MiEV. "Events" voor ritten respectievelijk laadbeurten.



Figuur 51 Vergelijking geladen hoeveelheid energie en totaal afgelegde afstand (op week basis) voor de elektrische auto's van het type Peugeot iOn.

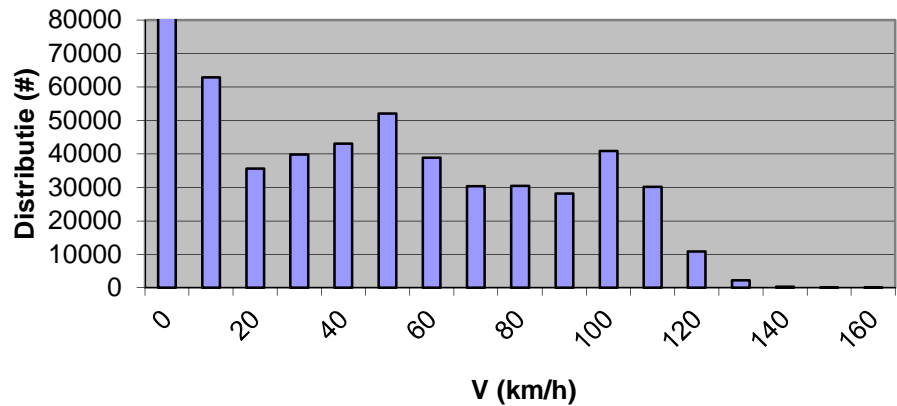


Figuur 52 Vergelijking geladen hoeveelheid energie en totaal afgelegde afstand (op week basis) voor de elektrische auto's van het type Nissan Leaf. "Events" voor ritten respectievelijk laadbeurten.



Figuur 53 Vergelijking geladen hoeveelheid energie en totaal afgelegde afstand (op week basis) voor hele groep volledig elektrische auto's (24 in totaal) in de praktijkproef.

Snelheidsverdeling

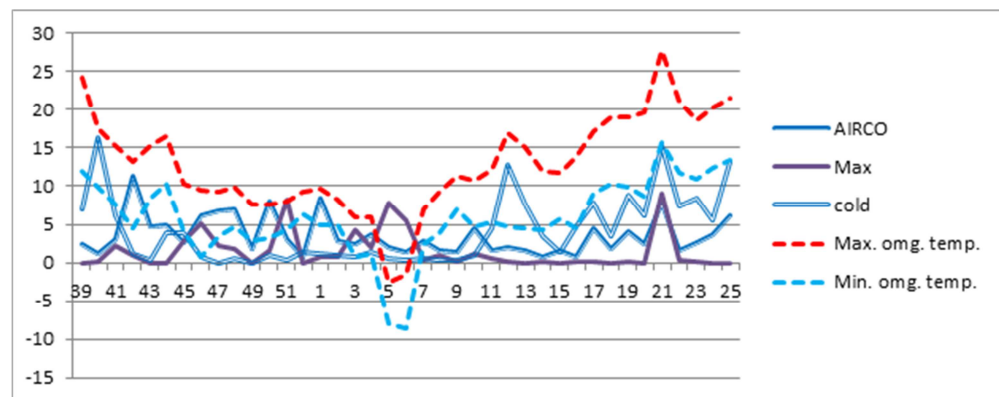


Figuur 54 Verdeling van geregistreerde momentane snelheden (per 10 s een meting in elke auto) in categorieën. De categorie tot 10 km/u is zwaar oververtegenwoordigd (meer dan 180.000 datapunten) door stilstand en de 'naloop' van de registratie-apparatuur na bereiken van de bestemming omdat een stop (voor voorrang, stoplicht of file etc.) in de gekozen proefopzet niet te onderscheiden is van parkeren.

Op basis van de snelheidsverdeling in Figuur 54 is de afschatting van vermindering van fijnstof emissies gebaseerd. De snelheidsverdeling laat zien dat relatief vaak met de elektrische auto's op de snelweg is gereden. Merk hierbij op dat de figuur op tijdbasis is terwijl de emissie op kilometerbasis wordt afgeschat. Dan tellen de data bij 100 km/u dus twee keer zo zwaar als die bij 50 km/u. De vermeden fijnstofemissie is afgeschat op 1,08 mg/km door vermindering van de remstof (want voor een deel vind de afremming regeneratief –op de motor- plaats). De fijnstof emissies door slijtage van banden en wegdek gaan gewoon door en zijn in de praktijk veel groter dan die van de remvoeringen. Zodoende is de vermeden emissie aan fijnstof dus klein.

A.1.1 Invloed van verwarming en airco.

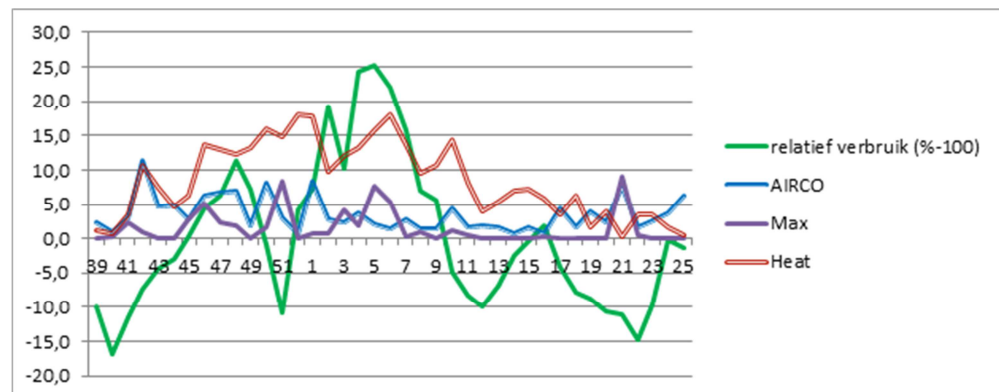
Het effect van de ventilator op de klimaatregeling is -energie technisch gezien- het meest van invloed wanneer de verwarming aan staat.



Figuur 55 Verband tussen temperatuur, airco en verwarming

De relatie tussen warmtevrage en temperatuur lijkt ook (negatief) gecorreleerd:

Tussen de grote stroomverbruikers (verwarming en airco, samen met de “max”-stand) en het energieverbruik zit een correlatie. Deze is het meest duidelijk bij de verwarming. De interpretatie van de stand van de “max” knop is lastig omdat er vaak binnen 1 week zowel voertuigen zijn met de verwarming aan als ook de airco. Deze informatie is bijgevoegd om een zo volledig mogelijk beeld te schetsen, maar harde conclusies worden op basis van deze informatie niet getrokken.



De dip in het verbruik rond week 51/52 is nog niet verklaard. In week 52 is erg weinig gereden. Misschien is er in die tijd ook (nog) minder geladen.

C Gemonitorde voertuigdata

Monitoring van de elektrische voertuigen houdt in dat een aantal signalen afkomstig van het voertuig worden opgeslagen om gebruikt te worden voor verdere verwerking. Welke signalen gemonitord worden is per voertuig weergegeven in onderstaande tabel.

	eenheid	Nissan Leaf	Peugeot iOn	Mitsubishi i-MiEV	Toyota Prius
Afgelegde weg	[km]	x	x	x	
Opgenomen vermogen uit het net	[kWh]	x	x	x	
Positie voertuig (GPS)	[lat,long][timestamp]	x	x	x	
Optioneel					
Lading van de batterij	[%]	x			
Batterijtemperatuur	[°C]				
Omgevingstemperatuur	[°C]	x			
Klimaatcontrole/airco	[aan/uit]		x	x	
Handige extra's					
Kachelventilator snelheid	[uit/stand n]		x	x	
Airco maximaal stand	[aan/uit]		x	x	
Temperatuurstanden	[koud/warm]		x	x	
Oplader aangesloten	[niet/wel]	x			