

ECOFYS

sustainable energy for everyone

Eindrapport

Toekomstverkenning elektrisch
vervoer



Eindrapport

Toekomstverkenning elektrisch vervoer

Door: Maarten Cuijpers, Maarten Staats, Wouter Bakker (Ecofys), Auke Hoekstra (TU/e)

Review: Kornelis Blok (Ecofys)

Datum: 2 december 2016

Projectnummer: UENNL17103

© Ecofys 2016 in opdracht van: Ministerie van Economische Zaken

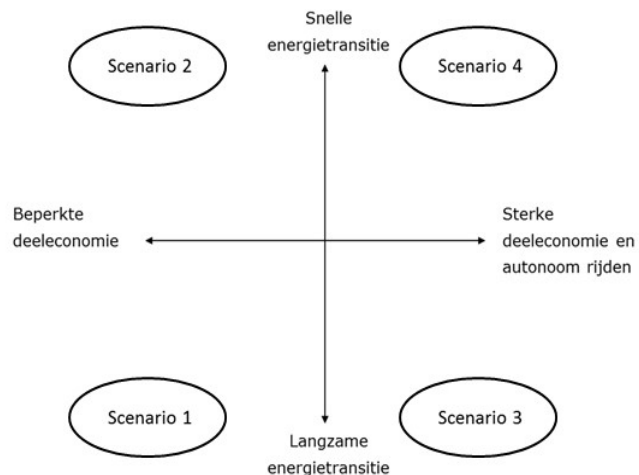
Managementsamenvatting

Dit rapport beschrijft de toekomstverkenning van Ecofys en TU/e naar elektrische voertuigen en de bijbehorende laadinfrastructuur voor elektrisch rijden in Nederland. In deze studie zijn vier scenario's tot 2035 voor de ontwikkeling van elektrisch rijden uitgewerkt, waarna de impact van deze scenario's op de benodigde laadinfrastructuur is gemodelleerd en geanalyseerd. De scope van het onderzoek is personenvoertuigen en bestelauto's, zwaar transport en bussen zijn niet meegenomen. De studie is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken.

Methode

Het onderzoek analyseert vier mogelijke scenario's voor de energietransitie, invulling van de mobiliteitsvraag en elektrische voertuigen en hun invloed op de benodigde laadinfrastructuur. De vier scenario's zijn zo gekozen dat zij qua ontwikkeling van belangrijke variabelen de uitersten weergeven. De scenario's zijn niet bedoeld om de toekomst exact te voorspellen, maar juist om een breed beeld te geven van de mogelijke ontwikkelingen.

De **snelheid van de energietransitie in transport** geeft weer hoe snel de transitie naar een duurzame energievoorziening verloopt en hoe snel de technologie van elektrisch vervoer zich ontwikkelt. Een snelle energietransitie betekent dat er sneller wordt overgeschakeld naar energieopwekking met duurzame bronnen zoals wind en zonne-energie, dat de kosten voor duurzame voertuigen en batterijen snel dalen en dat de kosten van fossiele technologie toenemen. Een langzame energietransitie betekent een beperkte toename van de hoeveelheid duurzame energie, een beperkte ontwikkeling van duurzame voertuigen en technologieën en blijvend lage kosten voor het gebruik van fossiele energiebronnen.



De **snelheid van de ontwikkeling van de deeleconomie en autonoom rijden** geeft weer of en hoe snel er wordt bewogen van de huidige invulling van de mobiliteitsbehoefte door individueel eigenaarschap van een voertuig naar een deeleconomie. Individueel eigenaarschap betekent dat mensen hun mobiliteitsbehoefte invullen met een voertuig dat zij zelf bezitten of leasen. Ontwikkeling richting deeleconomie of autonoom rijden betekent dat mensen hun mobiliteitsbehoefte invullen door het gebruik van deelauto's. De ontwikkeling van autonoom rijden kan op den duur de positie van deelauto's versterken, omdat dit zal leiden tot een intensiever gebruik en dus lagere kosten van deelauto's.

Model

Het model dat voor deze studie is gebruikt bepaalt in 4 stappen de toename van het aantal elektrische auto's en de bijbehorende laadinfrastructuur:

1. **Gebruikerstypes** – Het model onderscheidt op basis van jaarkilometrage, type en lengte van de ritten 3 typen gebruikers voor personenauto's: privé-rijders, woonwerk-rijders en zakelijke rijders. Voor bestelauto's wordt een onderscheid gemaakt tussen aannemers, bezorgdiensten en serviceverleners. (Hoofdstuk 3.2.1.)
2. **TCO analyse** – Het TCO model berekent de *total cost of ownership* van een elektrisch voertuig ten opzichte van een fossiel voertuig voor de verschillende gebruikersgroepen. Er wordt o.a. rekening gehouden met aanschafkosten, restwaarde, gebruikskosten en belastingen. (Hoofdstuk 3.2.2.)
3. **Wagenpark stock analyse** – Op basis van het TCO verschil tussen elektrische en fossiele voertuigen voorspellen wij in welke mate welk type gebruiker over zal stappen op elektrische voertuigen. Hierbij wordt ook rekening gehouden met de informatie van de consument en diens bereidheid om over te stappen op een nieuwe technologie. Autodelen en autonoom rijden zijn gemodelleerd als ontwikkelingen die de totale omvang van het wagenpark verkleinen, waarbij deelvoertuigen vanwege hun hoge kilometrages voornamelijk elektrisch zijn. (Hoofdstuk 3.2.3.)
4. **Laadinfrastructuur analyse** – Op basis de aantallen en type elektrische voertuigen en het type gebruiker wordt voorspeld welke laadinfrastructuur benodigd is. Er wordt vanuit gegaan dat EV rijders primair thuis en op het werk zullen laden. Wanneer dit niet mogelijk is zal (semi-)publiek worden geladen. Wanneer er lange ritten gemaakt worden waarbij de batterijcapaciteit onvoldoende is zullen snelladers langs de snelweg (corridorladers) worden gebruikt. Deelvoertuigen hebben een eigen infrastructuur, waarbij autonoom rijden de mogelijkheid biedt om met een groot aantal deelvoertuigen een beperkt aantal (snel)laders te gebruiken. (Hoofdstuk 3.2.4.)

Uitkomsten

Total costs of ownership

In alle scenario's is de volledig elektrische auto een interessant alternatief voor *zakelijke rijders* vanwege hun hoge kilometrage. De lage bijtelling helpt, maar al snel is er ook zonder bijtellingsvoordeel een lagere TCO. Het wachten is vooral op voldoende elektrische middenklassers met voldoende grote range die vanaf 2017/2018 worden verwacht. Voor *woonwerkrijders* wordt een volledig elektrisch voertuig tussen 2018 en 2020 qua TCO een interessant alternatief. Voor *privérijders* wordt een volledig elektrisch voertuig tussen 2020 en 2027 qua TCO een interessant alternatief. Voor *bestelauto's* wordt een volledig elektrisch voertuig tussen 2019 en 2023 op basis van TCO een interessant alternatief. In alle gevallen is uitgegaan van een gemiddelde gebruiker, waarbij er binnen de verschillende gebruikersgroepen een grote variatie is tussen individuele gebruikers.

Adoptiesnelheid van elektrische voertuigen

De snelheid van de implementatie van elektrische voertuigen hangt sterk af van (1) de acceptatie van consumenten van elektrische voertuigen als een alternatief voor conventionele voertuigen en (2) de kennis van consumenten over de kostenvoordelen die elektrische voertuigen bieden ten opzichte van conventionele voertuigen over de levensduur. In een conservatief scenario verwachten wij ongeveer 133.000 elektrische voertuigen in Nederland in 2020, wat in een optimistisch scenario kan oplopen tot 327.000 voertuigen in 2020. In 2035 zal 40% tot 70% van de personenvoertuigen en bestelauto's in het Nederland wagenpark elektrisch zijn. In alle scenario's zal als eerste de zakelijke rijder overstappen op een elektrische auto door de voordelige TCO bij een hoog kilometrage.

Benodigde laadinfrastructuur

De behoefte aan werkkladers neemt in alle scenario's op korte termijn sterk toe, gedreven door laadvraag door de overstap van zakelijke en woonwerkrijders op elektrische voertuigen. Gedreven door een toenemend aantal EV rijders zonder eigen oprit en een toenemend aantal elektrische kilometers van PHEVs zal de vraag naar publiek (inclusief semipubliek) laden toenemen.

Door toenemende batterijgrootte en de veelal korte ritafstand in Nederland zal er op korte termijn in termen van absolute energievraag beperkt gebruik worden gemaakt van snellaadpunten langs de snelweg (corridorladings). Wel is het noodzakelijk een goed dekkend netwerk van snelladers te hebben in Nederland om de EV rijder het vertrouwen te geven dat er ook lange ritten met zijn volledig elektrische voertuig gemaakt kunnen worden. Hoewel ervaringen en interviews uitwijzen dat gebruikers op dit moment snelladers zien als een manier om langere afstanden te kunnen rijden zou dit op termijn kunnen veranderen en kunnen (semi)publieke lokale snelladers wellicht een alternatief zijn voor (semi)publieke parkeerladings. Meer onderzoek naar gebruikersvoorkeuren is nodig om te bepalen of en op welke manier snelladers deze rol op termijn kunnen vervullen.

Autodelen en autonoom rijden

Autodelen en autonoom rijden bieden de mogelijkheid om het aantal voertuigen in het Nederlandse wagenpark significant tot wel 50% te verminderen in 2050. Hiermee wordt ook een significante afname van de vraag naar laadpunten bereikt, tot wel 25% minder thuis-, werk- en (semi-)publieke laadpunten in 2035 ten opzichte van een scenario zonder autodelen en autonoom rijden. Door hun hoge jaarkilometrage hebben elektrische deelauto's een veel lagere TCO dan een conventioneel alternatief. Daardoor zullen ze voornamelijk elektrisch zijn. Autonoom rijden kan ervoor zorgen dat een deelauto gebruikers voor de deur oppikt en aflevert wat de deelauto propositie aantrekkelijker maakt. Volledig autonome voertuigen worden in het optimistische scenario verwacht tussen 2020 en 2025 en in het conservatieve scenario tussen 2030 en 2035. De ontwikkeling van autonoom rijden zal een sterke stimulans zijn voor snelladen, aangezien met een enkel snellaadstation een groot aantal autonome voertuigen van elektriciteit kan worden voorzien. De implementatiesnelheid van autonoom rijden is sterk afhankelijk van wet- en regelgeving die het toestaat dat er op de openbare weg autonoom wordt gereden.

Voor meer details over de uitkomsten van het rapport zie hoofdstuk 4, hoofdstuk 5.1 en annex B.

Aanbevelingen

Deze analyse laat zien dat er de komende jaren een snelle elektrificatie van de personenauto en bestelauto markt komt. Afhankelijk van stimulering en ontwikkelingen van technologie zal deze omslag al voor 2020 plaats kunnen vinden, maar gaat deze zeker plaats vinden tussen 2020 en 2025. Autodelen, sterk gestimuleerd door de opkomst van autonoom rijden kan een tweede disruptieve trend teweeg brengen, waarbij het aantal voertuigen terugloopt, maar de intensiteit van gebruik wordt verhoogd.

Om voorbereid te zijn op de bovenstaande veranderingen, die onder andere positief bijdragen aan de doelstellingen van de Nederlandse overheid op het gebied van luchtkwaliteit, broeikasgasemissies en de energietransitie komen wij met een aantal aanbevelingen voor overheid en bedrijfsleven. Zie hoofdstuk 6.2 voor meer detail.

Stimuleer werkladers

Zet tot 2020 in op een stijging van het aantal werklaadpunten om zo de laadbehoefte bij de zakelijke en woonwerkrijder te faciliteren. Een inventarisatie kan duidelijkheid verschaffen over de locaties met de grootste behoefte.

Faciliteer publiek laden

Zet tot 2020 in op een stijging van publieke (inclusief semipublieke) laadpunten. Zorg wel dat de groei niet sneller gaat dan de groei van elektrische voertuigen om de business case niet te ondermijnen.

Creëer een goed dekkend netwerk van snelladers langs de snelweg (corridorladers)

Bij een goed dekkend netwerk van snelladers zijn lange afstanden geen probleem meer en gaan consumenten sneller tot aanschaf van een EV over. Op de lange termijn kunnen snelladers in de stad mogelijk een deel van de vraag naar (semi-)publieke laadpalen wegnemen.

Zorg voor voorlichting over de TCO van elektrisch rijden

Deze analyse toont aan dat de TCO van elektrische voertuigen op korte termijn positief wordt ten opzichte van fossiele voertuigen. Door consumenten voor te lichten over de werkelijke kosten van een voertuig over de levensduur verwachten wij dat consumenten eerder een elektrisch voertuig overwegen aan te schaffen.

Faciliteer slim laden

Slim laden betekent laden op momenten dat er geen pieken op het elektriciteitsnet zijn, terwijl er wel een overschot is aan goedkope duurzame energie uit zon en wind. Het werkt daarmee kostenverlagend voor EV rijders, netbeheerders en energieleveranciers. Vooral thuisladers en straatladers hebben hier voordeel bij omdat zij 's-nachts goedkope stroom af kunnen nemen. Nederland is momenteel één van de koplopers op dit gebied en verdere ontwikkeling biedt ook kansen in het buitenland voor Nederlandse bedrijven.

Stimuleer autodelen en autonoom rijden

Autodeelconcepten leiden tot minder voertuigen in het totale wagenpark en zijn bij uitstek geschikt voor elektrificatie. Autonoom rijden leidt tot meer autodelen en dit leidt tot meer EV's en minder auto's in totaal. Onderzoek wat er aangepast moet worden in wet- en regelgeving om autonoom rijden mogelijk te maken. Het dringt mogelijk files terug, reduceert verkeersongelukken en luchtvervuiling. De consument krijgt meer mobiliteitsopties tegen lagere kosten.

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	3
Methode	3
Model	4
Uitkomsten	4
Aanbevelingen	6
1 Inleiding	10
1.1 Aanleiding van de opdracht	10
1.2 Doel en resultaat	10
2 Huidige status elektrisch vervoer en laadinfrastructuur in Nederland	11
2.1 Elektrische voertuigen in Nederland	11
2.1.1 Ontwikkeling aantal elektrische voertuigen	11
2.1.2 Beleidsmaatregelen	11
2.2 Elektrische laadinfrastructuur in Nederland	12
2.2.1 Toegankelijkheid laadinfrastructuur	12
2.2.2 Doelstellingen Nederlandse overheid	13
3 Methodologie	14
3.1 Overzicht variabelen	14
3.1.1 Technologievariabelen	15
3.1.2 Beleidsvariabelen	17
3.1.3 Invulling mobiliteitsvraag	17
3.1.4 Samenstelling wagenpark en invulling oplaadvraag	18
3.2 Analytisch model	18
3.2.1 Gebruikersprofielen	19
3.2.2 TCO analyse	21
3.2.3 Wagenpark stock analyse	21
3.2.4 Model benodigde laadinfrastructuur	21
4 Scenario's en resultaten	28
4.1 Scenario 1: Basis scenario	30
4.1.1 Overzicht resultaten scenario 1	30
4.1.2 Assumpties voor scenario 1	31
4.2 Scenario 2: versnelde energietransitie	32
4.2.1 Overzicht resultaten scenario 2	32
4.2.1 Assumpties voor scenario 2	33
4.3 Scenario 3: Versnelde ontwikkeling deelauto's en autonoom rijden	35
4.3.1 Overzicht resultaten scenario 3	35

4.3.2	Assumpties voor scenario 3	36
4.4	Scenario 4: Versnelde energietransitie en ontwikkeling deelauto's en autonoom rijden	37
4.4.1	Overzicht resultaten scenario 4	38
4.4.2	Assumpties voor scenario 4	39
4.5	Gevoeligheden van het model	40
5	Conclusies en aanbevelingen	42
5.1	Conclusies	42
5.1.1	Adoptie van elektrische voertuigen	42
5.1.2	Impact op laadinfrastructuur	42
5.1.3	Impact op beleidsdoelen	44
5.2	Aanbevelingen	45
5.2.1	Stimuleer de uitrol van werkladers	45
5.2.2	Faciliteer publiek parkeerladen	45
5.2.3	Faciliteer een goed dekkend netwerk van corridorladers	46
5.2.4	Geef TCO voorlichting over elektrisch rijden	47
5.2.5	Faciliteer slim laden	47
5.2.6	Stimuleer autodelen en autonoom rijden, vooral met wet- en regelgeving	48
6	Appendix	49
6.1	Appendix A: Bronvermelding	49
6.2	Appendix B: Resultaten van benodigde laadinfrastructuur in tabelvorm	50
6.3	Appendix C: Verdere toelichting gebruikersprofielen	52
6.4	Appendix D: Verdere toelichting TCO analyse	54
6.5	Appendix E: Verdere toelichting wagenpark stock analyse	59
6.6	Appendix F: Verdere toelichting model benodigde laadinfrastructuur	60
6.7	Appendix G: Over de auteurs	64

1 Inleiding

1.1 Aanleiding van de opdracht

De Nederlandse overheid stimuleert het gebruik van elektrische voertuigen (EV) vanuit vier invalshoeken: mobiliteit, energietransitie, klimaatverandering en het economisch verdienpotentieel. De mate waarin elektrische voertuigen worden aangeschaft is mede afhankelijk van de beschikbaarheid van een goede laadinfrastructuur, die aansluit bij de wensen van de EV rijders. Nationale en lokale overheden hebben een belangrijke rol in de totstandkoming van de laadinfrastructuur door onder andere het stimuleringsbeleid voor elektrische mobiliteit en ruimtelijke ordening.

Voor een visie op laadinfrastructuur is het van belang te weten hoe elektrisch rijden en de wensen van de gebruikers in Nederland zich kunnen ontwikkelen. Hier gaat het onder andere om het aantal en het type benodigde laders. Het Ministerie van Economische Zaken heeft aan Ecofys en TU/e opdracht gegeven een lange termijn scenariostudie uit te voeren waarin de mogelijke ontwikkelingen in elektrisch rijden in Nederland en de benodigde laadinfrastructuur worden geanalyseerd.

1.2 Doel en resultaat

Het doel van dit onderzoek is de mogelijke ontwikkelscenario's in het bezit en gebruik van elektrische auto's en de benodigde laadinfrastructuur op te stellen en te analyseren. Deze scenario's geven een goed overzicht van de verschillende richtingen waarin elektrisch rijden en de laadinfrastructuur zich in Nederland op kan gaan bewegen. De resultaten van deze scenario's bieden zo een instrument om het stimuleringsbeleid voor elektrische voertuigen en laadinfrastructuur voor de komende jaren te bepalen.

In hoofdstuk 2 wordt de huidige status van elektrische vervoer en de laadinfrastructuur uiteen gezet. In hoofdstuk 3 worden de belangrijkste variabelen die van invloed zijn op de ontwikkeling van elektrisch rijden en de laadinfrastructuur geïdentificeerd en wordt het model besproken. In hoofdstuk 4 worden de mogelijke scenario's gepresenteerd, de aannames in de scenario's uiteengezet en worden de belangrijkste resultaten weergegeven. In hoofdstuk 5 worden conclusies getrokken en worden de resultaten doorvertaald naar een handelingsperspectief voor de Nederlandse overheid.

2 Huidige status elektrisch vervoer en laadinfrastructuur in Nederland

Verbetering van techniek en kostenreducties hebben elektrische voertuigen de afgelopen jaren een interessant alternatief gemaakt voor auto's op benzine, diesel of gas. Dit in combinatie met het Nederlandse stimuleringsbeleid heeft er toe geleid dat Nederland op dit moment een internationale koploper is op het gebied van elektrisch rijden. In samenhang met de toename van het aantal EV's is ook het aantal oplaadpunten sterk gestegen.

2.1 Elektrische voertuigen in Nederland

2.1.1 Ontwikkeling aantal elektrische voertuigen

Op basis van de motortechniek en gebruikte brandstoffen worden twee soorten elektrische voertuigen onderscheiden:

- Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)¹: Plugin hybride voertuigen hebben twee parallel geschakelde motoren: een gewone verbrandingsmotor en een elektromotor.
- Battery Electric Vehicle (BEV): Een BEV rijdt volledig op elektriciteit.

In oktober 2016 waren er 101.444 elektrische voertuigen in Nederland. Het overgrote deel (circa 95%) van de huidige elektrische voertuigen in Nederland betreft personenauto's. Deze personenauto's zijn voornamelijk PHEV's, goed voor meer dan 80% van de elektrische vloot. Projecties in de Nationale Energie Verkenning 2016 (ECN, 2016) voorspellen onder voorgenomen beleid zo'n 160.000 elektrische voertuigen in Nederland in 2020.

2.1.2 Beleidsmaatregelen

De snelle groei van het aantal elektrische voertuigen in Nederland is deels te verklaren door toegepaste beleidsmaatregelen, waaronder de fiscale stimuleringsmaatregelen ten gunste van elektrische voertuigen. De belangrijkste maatregelen zijn weergegeven in de onderstaande tabel.

¹ Ook wel Range Extended Electric Vehicle (REEV) genoemd.

Tabel 1: Fiscale stimuleringsmaatregelen elektrisch vervoer (RVO, 2016)

Financieel instrument	Beleid rond 2011	Huidig beleid
Motorrijtuigenbelasting (MRB)	Vrijstelling bij uitstoot lager dan 88 gram CO ₂ /km	Vrijstelling voor BEV, half tarief voor PHEV (bij uitstoot lager dan 50 CO ₂ per km)
Belasting van Personenauto's en Motorfietsen (BPM)	Vrijstelling bij uitstoot lager dan 110 gram CO ₂ /km (benzine) en 95 gram CO ₂ /km (diesel).	Vrijstelling voor BEV, gereduceerd tarief voor PHEV (o.b.v. uitstoot CO ₂ per km)
Bijtelling leaserijders	Vrijstelling bij uitstoot lager dan 50 gram CO ₂ /km	4% voor BEV, 15% voor PHEV (bij uitstoot lager dan 50 CO ₂ per km)
Investeringsaftrek door MIA	Mogelijk voor BEV en PHEV	Mogelijk voor BEV en PHEV

Naast fiscale maatregelen heeft de Rijksoverheid elektrisch rijden onder andere gestimuleerd door samen met een samenwerkingsverband van verschillende organisaties (het Formule-E Team) kennis te delen en initiatieven te ondernemen. Dit is recent vastgelegd in de Green Deal Elektrisch Vervoer 2016-2020. In deze Green Deal wordt afgesproken om elektrisch rijden verder te stimuleren, door onder andere het stimuleren van de consumentenmarkt en het slim integreren van elektrisch vervoer in het elektriciteitsnet. Ook stimuleert de Nederlandse overheid overdracht van kennis en innovatie door middel van het Nederlands Kennisplatform Laadinfrastructuur (NKL).

2.2 Elektrische laadinfrastructuur in Nederland

Naast een ontwikkeling van zowel de verschillende soorten als het aantal elektrische voertuigen, is er ook een ontwikkeling in de laadinfrastructuur voor deze voertuigen. Er wordt een onderscheid gemaakt in type laadinfrastructuur op basis van toegankelijkheid (wie kan er laden) en laadsnelheid (hoe snel er geladen kan worden).

2.2.1 Toegankelijkheid laadinfrastructuur

Niet alle laadpunten zijn voor alle elektrische voertuigen toegankelijk. Op basis van locatie en toegankelijkheid van de laadpalen zijn vijf verschillende categorieën te onderscheiden², zie onderstaande tabel.

² In de cijfers elektrisch vervoer van RVO wordt een onderscheid gemaakt tussen publieke en semi-publieke laders. Onder semi-publieke laders valt voor een groot gedeelte (zo'n 75%, 11.250 totaal) laders op het terrein van een werkgever die primair bedoeld zijn voor de werknemers, en ook gebruikt kunnen worden door bezoekers. Deze worden aangevuld met zo'n 1.125 werkladers die niet interoperabel zijn. In dit onderzoek worden deze laders als werkladers aangeduid. De overige semi-publieke laders (25%, 3750 totaal) zijn laders bij winkelcentra, etc. specifiek bedoeld voor bezoeker of klanten. Deze laders worden in dit onderzoek samen genomen met publieke laders.

Tabel 2: Laadpunt categorieën, omschrijving, huidige vermogen en aantallen

Categorie	Omschrijving	Vermogen	Aantal oktober 2016
Thuislaadpunt	Laadpunten op eigen terrein van huiseigenaren	3.4 - 11 KW	60.000
Werklaadpunt	Laadpunten op eigen terrein van bedrijven, toegankelijk voor werknemers of bezoekers van het bedrijf	3.4 - 11 KW	12.400
Publiek laadpunt	Publieke laadpunten in de openbare ruimte en semipublieke laadpunten bij winkelcentra	3.4 - 11 KW	14.050
Corridorlaadpunt	Snellaadpunten bij tankstations	44 kW tot 200 kW (grotere vermogens richting de toekomst mogelijk)	579
Autodeellaadpunt	Laadpunten bij gereserveerde parkeerplaatsen voor deelauto's	3.4 - 11 KW	200

Wanneer autonoom rijden in combinatie met deelauto's doorbreekt verwachten wij dat hier een categorie autonome deelauto laadpunten aan wordt toegevoegd. Het is onze verwachting dat dit laadpunten met een hoog vermogen (snelladers) zullen zijn die een groot aantal autonome deelauto's kunnen laden op een centrale plek.

2.2.2 Doelstellingen Nederlandse overheid

Gelijktijdig met het stimuleren van de aanschaf en het gebruik van elektrische auto's heeft de Nederlandse overheid de uitrol van laadinfrastructuur gestimuleerd. In 'Elektrisch Rijden in de versnelling Plan van Aanpak 2011-2015' is gesteld dat de uitrol van laadinfrastructuur het aantal auto's dient te volgen en aan dient te sluiten op de behoefte van de doelgroep. Daarnaast werd gesteld dat de uitrol van laadinfrastructuur zowel op privaat als publiek terrein dient te gebeuren, met extra aandacht voor publieke laadpunten.

In de Green Deal Elektrisch Vervoer 2016-2020 is daar aan toe gevoegd:

- Realiseren van een sluitende businesscase voor de publiek toegankelijke laadinfrastructuur;
- Verbeteren van de financiering voor openbare laadinfrastructuur;
- Formuleren van een gezamenlijk gedragen visie over (slimme) laadinfrastructuur.

In een aparte Green Deal Laadinfrastructuur³ stelt de Rijksoverheid een bedrag van €5.7 miljoen over een periode van drie jaar beschikbaar voor het realiseren van laadinfrastructuur. Daarnaast is 1.5 miljoen beschikbaar voor bijdragen aan de financiering van de innovatieprogramma's.

³ <http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/rijksbijdrage-laadinfrastructuur-voor-elektrische-autos>

3 Methodologie

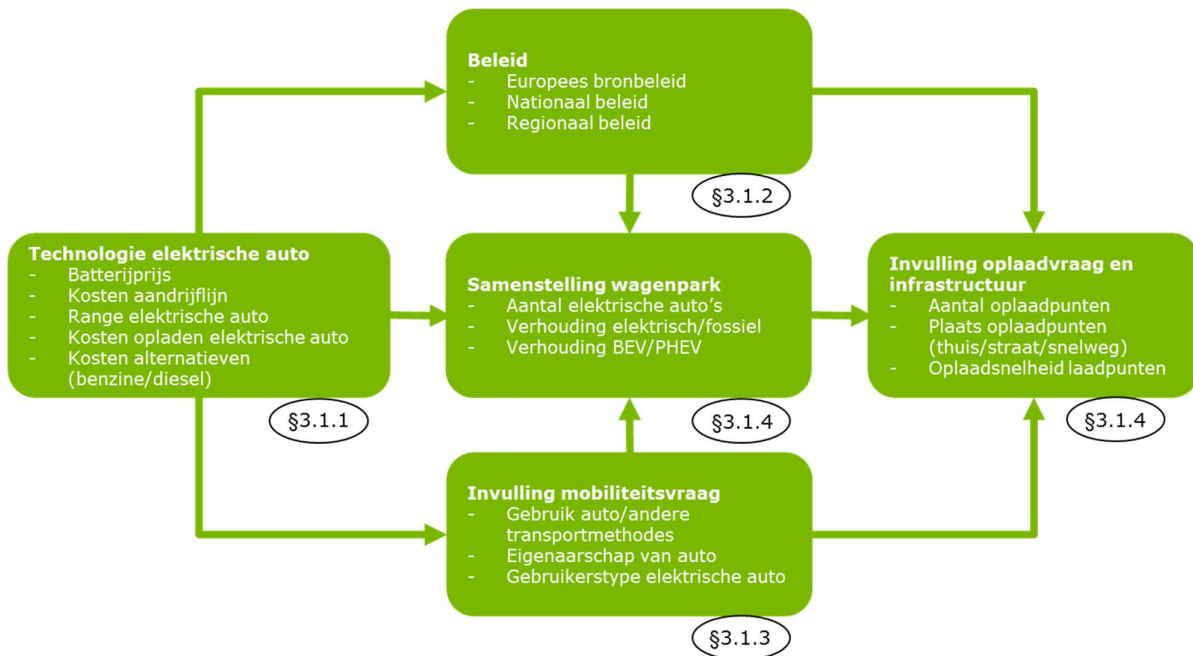
In dit hoofdstuk worden de belangrijkste variabelen die van invloed zijn op de laadinfrastructuur besproken. Ook wordt ingegaan op de structuur van het analyse model dat gebruikt is voor de analyse.

3.1 Overzicht variabelen

De ontwikkeling van laadinfrastructuur is nauw verbonden met het aantal elektrische voertuigen, het type elektrische voertuigen, en de manier waarop deze worden gebruikt. Naast het aantal elektrische auto's is er ook een groot aantal andere variabelen die invloed hebben op de ontwikkeling van laadinfrastructuur of op het aantal elektrische voertuigen. Deze variabelen kunnen grofweg ingedeeld worden in vijf hoofdcategorieën:

- **Technologievariabelen:** Variabelen met betrekking tot de techniek van elektrische auto's en laadinfrastructuur, alsmede de kosten van de verschillende systemen.
- **Beleidsvariabelen:** Variabelen die de invloed van beleidskeuzes (bijvoorbeeld stimuleringsbeleid, regelgeving, etc.) weergeven.
- **Mobiliteitsvraag:** De manier waarop mobiliteit wordt ingevuld, zoals welke vervoersmiddelen worden gebruikt, in wiens bezit deze vervoersmiddelen zijn en welke gebruikerstypen (consument, zakelijk, etc.) voornamelijk in het bezit zullen zijn van elektrische auto's.
- **Samenstelling wagenpark:** Hoe het wagenpark eruit ziet, opgedeeld in de type aandrijving en in het type technologie dat gebruikt wordt.
- **Invulling oplaadvraag en laadinfrastructuur:** Welk type laders wordt gebruikt en waar staan deze opgesteld.

De onderlinge afhankelijkheid van de verschillende categorieën is in Figuur 1 aangeven. In onderstaande alinea's zijn de onderlinge verbanden verder uitgewerkt.



Figuur 1: Variabelen en onderlinge verhouding voor ontwikkeling en eigenschappen van elektrische laadinfrastructuur

In de volgende paragrafen worden de variabelen uiteengezet en hun impact op de samenstelling van het wagenpark en de benodigde laadinfrastructuur beschreven. Ook wordt benoemd of de variabele in de beïnvloedingsfeer van de Nederlandse overheid ligt of dat het een autonome ontwikkeling betreft.

3.1.1 Technologievariabelen

De technologievariabelen hebben betrekking op de techniek en de kosten van de techniek voor elektrische voertuigen. Variabelen zoals de range, kosten van de batterij en de laadsnelheid bepalen de kosten en het gebruiksgemak van elektrische voertuigen voor verschillende gebruikersgroepen. De kosten van de technologie beïnvloedt de Total Cost of Ownership (TCO) van het voertuig. De verhouding tussen de TCO van de elektrische auto en de TCO van een auto op een fossiele brandstof is een belangrijke indicator die aangeeft in welke mate het vanuit financieel perspectief interessant is om een elektrisch voertuig aan te schaffen. Een betere TCO van de elektrische auto ten opzichte van alternatieven leidt tot een hoger aantal elektrische auto's.

Parameter	Beschrijving	Invloedsfeer
<i>Batterijprijs</i>	De kosten van een elektrische auto bestaan momenteel 30-50% uit de kosten voor de batterijen. Een lagere batterijprijs verlaagt de investering, de TCO en de fabrikant de mogelijkheid om de range van elektrische voertuigen te vergroten.	Deze ontwikkeling ligt buiten de invloedsfeer van de Nederlandse overheid.
<i>Kosten aandrijflijn</i>	De kosten voor de elektrische aandrijflijn bepalen zo'n 15% van de kosten van een elektrisch voertuig. Lagere kosten voor de aandrijflijn verlaagt de investering.	Deze ontwikkeling ligt buiten de invloedsfeer van de Nederlandse overheid.
<i>Range elektrisch auto</i>	De range van elektrische voertuigen heeft invloed op het gebruikersgemak, hoe vaak voertuigen opgeladen moeten worden en de behoefte aan snelladers. Bij een grotere range hoeven voertuigen minder vaak opgeladen te worden, daarnaast zal bij een grotere range een grotere groep gebruikers elektrisch kunnen rijden.	Deze ontwikkeling ligt buiten de invloedsfeer van de Nederlandse overheid.
<i>Oplaadkosten</i>	Hogere kosten voor het laden van de elektrische auto leiden tot een hogere TCO. De kosten van elektrisch laden zijn afhankelijk van onder andere de energieprijis, de kosten van de laainfrastructuur en de mogelijkheid om flexibiliteitsdiensten te leveren.	De Nederlandse overheid kan de kosten van het laden van de elektrische auto beïnvloeden, bijvoorbeeld door middel van de energiebelasting of door het faciliteren van het aanbieden van flexibiliteitsdiensten.
<i>Kosten alternatieven</i>	De kosten van de aanschaf en gebruik van fossiele voertuigen zullen door de consument worden vergeleken met die van elektrische voertuigen. Hoge kosten voor fossiele alternatieven leiden tot meer elektrische voertuigen.	De Nederlandse overheid heeft de mogelijkheid door fiscale maatregelen te differentiëren tussen fossiele en elektrische voertuigen, zoals in het huidige stimuleringsbeleid wordt gedaan.

De technologievariabelen hebben invloed op de beleidsvariabelen. Bijvoorbeeld wanneer de kosten van batterijen snel omlaag gaan, zal de financiële stimulering van elektrisch vervoer afgebouwd kunnen worden. Daarnaast hebben technologievariabelen invloed op de invulling van de mobiliteitsvraag. Bij een grotere batterijcapaciteit en dus range van de elektrische auto zullen er meer mensen kiezen voor elektrische auto's als invulling van hun mobiliteitsvraag. Ten slotte hebben technologievariabelen invloed op de samenstelling van het wagenpark. Hoe beter de TCO van elektrische voertuigen is in verhouding met de fossiele alternatieven, hoe groter het aandeel elektrische auto's zal zijn in het wagenpark.

3.1.2 Beleidsvariabelen

Naast techniek is beleid een belangrijke facilitator om in de overstap naar elektrisch vervoer te voorzien. Er zijn verschillende beleidsinstrumenten die hiervoor ingezet kunnen worden, die allen voortkomen uit een bepaald visie, doelstelling of verplichting. Het uitgangspunt wordt hierbij gevormd door Europees bronbeleid, nationaal beleid en regionaal beleid.

Parameter	Beschrijving	Invloedsfeer
<i>Europees bronbeleid</i>	Het Nederlandse beleid wordt deels vormgegeven door richtlijnen en verplichtingen die worden aangegaan in Europees verband. Voor personenvervoer is de richtlijn 2009/443 daar belangrijk in die een maximum stelt aan de gemiddelde uitstoot van nieuw verkochte personenauto's en richtlijn 2014/94 dat eisen stelt aan de uitrol van infrastructuur voor alternatieve brandstoffen.	De Nederlandse overheid kan invloed uitoefenen op het Europees bronbeleid
<i>Nationaal beleid</i>	Nationaal beleid kan gedeeltelijk gelden als implementatie van Europees beleid, maar ook zelfstandig hier invulling aan geven. Het huidige beleid voor de stimulering van elektrische voertuigen is gericht op het geven van fiscale voordelen (zie ook hoofdstuk 2).	De Nederlandse overheid bepaalt het nationaal beleid
<i>Regionaal beleid</i>	Regionale overheden hebben met hun beleid invloed op de ontwikkeling van elektrisch vervoer en het aanbod van laadinfrastructuur in Nederland. Voorbeelden hiervan zijn regionale stimuleringsfondsen en aankooppremies. Daarnaast spelen regionale overheden een grote rol in de uitrol van laadinfrastructuur door de grote invloed in de ruimtelijke ordening.	De Nederlandse overheid kan invloed uitoefenen op het regionaal beleid ten aanzien van elektrisch rijden

De beleidsvariabelen zijn van invloed op de samenstelling van het wagenpark, bijvoorbeeld door de mate en looptijd van bepaalde stimuleringsmaatregelen voor elektrisch vervoer. Daarnaast is er sprake van een invloed van beleidsvariabelen op de invulling van de oplaadvraag en laadinfrastructuur.

3.1.3 Invulling mobiliteitsvraag

Invulling van de mobiliteitsvraag gaat over de manier waarop mensen hun behoefte aan mobiliteit invullen en voor bepaalde vervoersmiddelen kiezen. Op basis van beschikbaarheid, gemak en kosten zal een afweging gemaakt worden hoe deze mobiliteitsvraag wordt ingevuld. De keuze voor het gebruik van een auto of een ander vervoersmiddel, al dan niet eigenaar zijn van de auto en de gebruikerstypen die kiezen voor een elektrische auto zijn hier belangrijke variabelen.

Parameter	Beschrijving	Invloedsfeer
<i>Gebruik van auto/ander vervoersmiddel</i>	De mate waarin de mobiliteitsvraag wordt ingevuld door het gebruik van een auto bepaalt de ontwikkeling van het wagenpark en daarmee het aantal elektrische auto's. Wanneer auto's als vervoersmiddel minder gebruikt worden, zal dit ook weerslag hebben op het aantal elektrische auto's en de laadinfrastructuur die hiervoor noodzakelijk is.	De overheid heeft invloed op de invulling van de mobiliteitsvraag door het door het aanbieden van alternatieve infrastructuur voor mobiliteit (fiets, wandel) / het stimuleren van openbaar vervoer.
<i>Eigenaarschap van de auto</i>	Momenteel zijn de meeste auto's in individueel beheer. Wanneer overgestapt wordt op systemen waarin auto's meer gedeeld worden zijn er minder auto's noodzakelijk, worden de auto's meer gebruikt en zal de laadinfrastructuur op andere plaatsen nodig zijn.	De overheid heeft invloed op de mate van eigenaarschap van de auto door fiscaal beleid. Daarnaast kan de overheid deelauto's stimuleren zoals in de Green Deal Carsharing.
<i>Gebruikerstype elektrische auto</i>	De wijze waarop mensen hun voertuig gebruiken bepaalt welke gebruikersgroepen een elektrisch voertuig zullen aanschaffen. De locatie van deze gebruikers en hun ritprofielen bepaalt waar en welk type elektrische laadinfrastructuur ontwikkeld moet worden.	De overheid heeft invloed op welke gebruikers elektrische voertuigen aan schaffen door te differentiëren in fiscaal beleid.

De variabelen van invulling van de mobiliteitsvraag hebben invloed op de samenstelling van het wagenpark. Wanneer grootschalig wordt afgezien van persoonlijk eigenaarschap van elektrische voertuigen zal dit zorgen voor een veel lager aantal voertuigen in het wagenpark. Daarnaast heeft de invulling van de mobiliteitsvraag invloed op de invulling van de laadinfrastructuur.

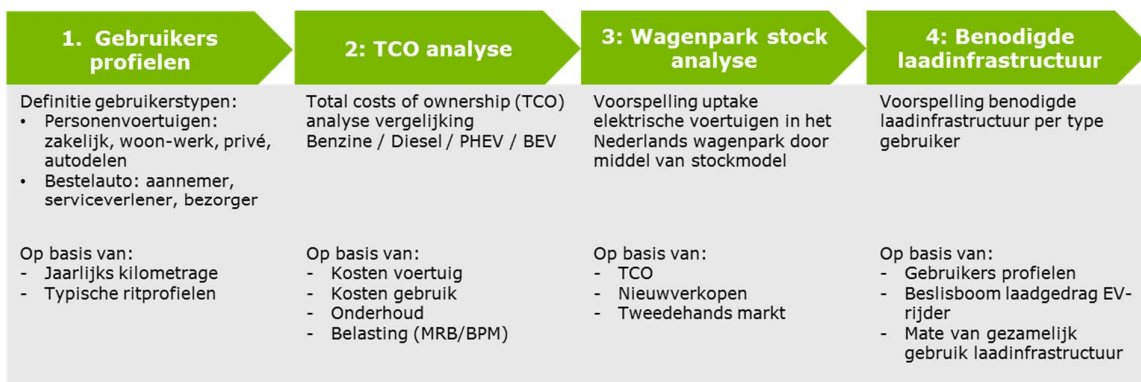
3.1.4 Samenstelling wagenpark en invulling oplaadvraag

Technologie variabelen, beleidsvariabelen en invulling van de mobiliteitsvraag hebben alle invloed op de samenstelling van het elektrisch wagenpark. De belangrijkste variabelen zijn het aantal het type elektrische voertuigen dat in Nederland gebruikt wordt en de belangrijkste gebruikersgroepen die gebruik maken van deze elektrische voertuigen.

Een resultante van de samenstelling van het wagenpark is de oplaadvraag die dit tot gevolg heeft. De belangrijkste variabelen zijn het aantal en type oplaadpunten (locatie, laadsnelheid, toegankelijkheid) dat benodigd is om aan de oplaadvraag te voldoen.

3.2 Analytisch model

Onze analyse is gebaseerd op een analytisch model dat in 4 stappen tot een voorspelling van het aantal elektrische voertuigen en de benodigde laadinfrastructuur komt. Dit model is een versimpelde weergave van de werkelijkheid, die de belangrijkste parameters uit het overzicht van paragraaf 3.1 modelleert.



Figuur 2: Schematische weergave analytisch model

3.2.1 Gebruikersprofielen

3.2.1.1 Gebruikersgroepen personenauto's

Nederlandse auto's worden op verschillende manieren gebruikt. Tot welke gebruikscategorie een voertuig behoort bepaalt in sterke mate hoe aantrekkelijk het is om elektrisch te rijden en welke maatregelen de gebruiker heeft om zijn voertuig op te laden. In het model worden vier typen gebruikers van personenauto's onderscheiden, (1) zakelijk, (2) privé rijder met woon-werk verkeer, (3) privé zonder woon werk verkeer en (4) autodelen, die samen een doorsnede vormen van de typische Nederlandse autogebruiker, zie Tabel 3.

Tabel 3: Verschillende type rijders, aandeel in het wagenpark en ritprofiel

Type voertuig	Aantal	Privé ritten ⁴	Woon werk ritten ⁵	Zakelijke ritten ⁶	Totaal jaarlijks kilometrage
Zakelijke auto ⁷	1.065.000	8.000	8.500	6.440	22.940
Privé auto (met woonwerk)	1.935.000 ⁸	8.000	8.500		16.500
Privé auto (zonder woonwerk)	5.150.000 ⁹	8.000			8.000
Deelauto	2.000 ¹⁰				36.500
Totaal	8.152.000				

4 Inschatting Ecofys en TU/e.

5 Inschatting Ecofys en TU/e op basis van Goudappel Coffeng, 2010, Woon-werkverkeer als drijvende kracht achter groei automobieliteit. De gemiddelde afstand woonwerk verkeer 22.6 km per rit.

6 Inschatting Ecofys en TU/e op basis van totale jaarkilometrage na aftrek privé en woonwerk ritten.

7 Aantallen geregistreerde voertuigen en jaarlijks kilometrage via CBS, 2016, zakelijk geregistreerde personenauto's.

8 Inschatting Ecofys TU/e op basis van CBS, 2015, transport en mobiliteit 2015.

9 Overige voertuigen berekent op basis van totaal aantal geregistreerde voertuigen.

10 CROW dashboard autodelen, 2015 (aantallen exclusief peer-to-peer).

Op basis van het Onderzoek Verplaatsingen in Nederland (OVIN) is de verdeling over de verschillende afstanden voor zakelijke, woon-werk en overige ritten worden opgesteld. Deze afstanden zijn relevant voor de het laadmodel beschreven in paragraaf 3.2.4.

3.2.1.2 Gebruikersgroepen bestelauto's

In dit onderzoek is onderscheid gemaakt tussen drie type gebruikers van bestelauto's die onderling een wisselend mobiliteitsbeeld geven. De volgende drie type bestelauto gebruikers worden onderscheiden:

- *Type aannemer*: Deze bestelauto's worden voornamelijk ingezet om naar een bepaalde locatie te gaan, daar de hele dag te werken, om vervolgens aan het eind van de middag weer terug te reizen. Denk hierbij aan werknemers in de bouw zoals aannemers en installateurs.
- *Type serviceverlener*: Deze bestelauto's worden voornamelijk ingezet om op meerdere locaties op een dag een bepaalde service te verlenen, zoals onderhoud of herstelwerkzaamheden. Denk hierbij aan monteurs en service van apparaten. Dit betekent dat er meerdere keren per dag een afstand gereden zal worden om van locatie naar locatie te komen. De afstanden per rit zullen beperkt zijn, maar de totaal gereden afstand kan wel oplopen.
- *Type bezorger*: Deze bestelauto's worden voornamelijk ingezet om op een hoog aantal verschillende adressen producten te bezorgen. Denk hierbij aan het afleveren van (houdbare) etenswaren en postpakketten. Dit betekent dat er een groot aantal ritten gemaakt zal worden op een dag, waarbij er kort wordt gestopt bij elk adres om de producten af te leveren. De afstanden per rit zullen beperkt zijn, maar de totaal gereden afstand kan wel oplopen.

Om het aantal bestelauto's per type gebruiker inzichtelijk te maken is een vertaling geweest van het aantal bestelauto's per SBI-sector naar het type gebruiker in de sector. Op basis van CBS data van het aantal bestelauto's per SBI-sector¹¹ is een vertaling gemaakt naar het aantal bestelauto's per type gebruiker (zie appendix). Het gemiddelde voor alle bestelauto's is 18.778 kilometer per jaar, zie Tabel 4.

Tabel 4: Aantal bestelauto's per type gebruiker op basis van uitsplitsing per sector (extrapolatie van 2014 - 2016)

Type voertuig	Aantal bestelauto's	Gemiddeld jaarkilometrage (km)
Aannemer	235.924	18.778
Serviceverlener	329.292	18.778
Bezorger	263.167	18.778

¹¹ CBS, 2016, Bedrijfsbestelauto's; gereden km's, bedrijfstakken (SBI 2008), regio's.

3.2.2 TCO analyse

Op basis van de gebruikersprofielen voor personenauto's en bestelwagens wordt een total cost of ownership (TCO) analyse uitgevoerd. Daarbij achten wij het aannemelijk dat de TCO van het elektrische voertuig ten opzichte van het fossiele alternatief een belangrijke parameter is voor de aanschaf van een elektrisch voertuig.

Allereerst wordt gekeken naar de ontwikkelingen in de prijs van batterij en aandrijflijn die ervoor zorgen dat de elektrische auto de afgelopen tien jaar een factor drie tot vijf goedkoper is geworden. De drie tot vijf keer efficiëntere motor zorgt voor een lager brandstofverbruik en kost minder qua onderhoud. Verder houden we rekening met de nu nog slechte restwaarde van de elektrische auto. Een belangrijk aandachtspunt is de klasse van de auto: E-klasse auto's als de Tesla Model S blijken ook in ons model eerder concurrerend. Tenslotte houden we rekening met de relatieve stimulering vanuit de bijtelling, MRB en PBM.

3.2.3 Wagenpark stock analyse

Op basis van de omvang van de klantgroepen en hun relatieve voordeel voorspellen wij hoeveel EV's er worden aangeschaft. We classificeren de gebruikersprofielen daartoe door middel van autotype (A, C of E, bestelauto) en enthousiasme (early adopter, early majority, late majority en laggart). Per klasse zijn grenswaarden in TCO-voordeel opgesteld die overschreden moeten worden voordat gebruikers tot koop overgaan op basis van het kostenvoordeel van EV ten opzichte van fossiel. Ook nemen wij mee dat het de nodige jaren duurt voordat gebruikers op de hoogte zijn van de voordelen van EV c.q. dat zij een autotype aantreffen dat hen bevalt.

Naast instroom kent een stockmodel uiteraard uitstroom. Op basis van informatie van de leasebedrijven modelleren wij dat de eerste jaren veel auto's naar het buitenland zullen gaan waar er meer incentives zijn voor privé-rijders. We vermoeden dat dit uiteindelijk over Europa rond 2025 geharmoniseerd raakt zodat de auto's niet langer geëxporteerd worden.

3.2.4 Model benodigde laadinfrastructuur

De resultaten uit de wagenpark stock analyse worden vervolgens vertaald naar de benodigde laadinfrastructuur. Dit gebeurt op basis van de gebruikersprofielen per type gebruiker, de laadvoorkeur per type gebruiker en het meenemen van de mate waarin laadpunten gedeeld kunnen worden.

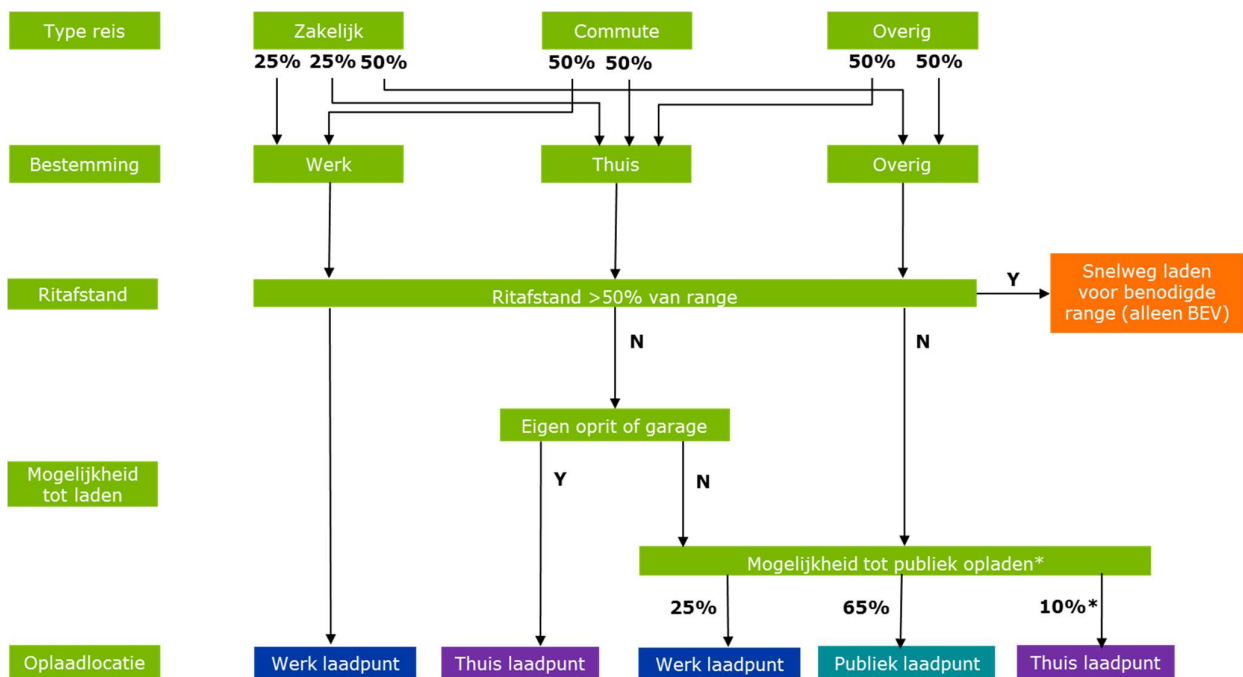
3.2.4.1 Benodigde laadinfrastructuur personenauto's

Om te bepalen welke laadinfrastructuur zal worden gebruikt per type autogebruiker zijn regels opgesteld die de volgorde in de laadvoorkeuren van de gebruikers bepalen. Dit gaat uit van volgende volgorde in laadvoorkeuren:

1. De grootste voorkeur heeft de EV rijder om bij het *huis* (op en eigen oprit) of bij het *werk* te laden (al dan niet als bezoeker van een bedrijf).

2. Wanneer het niet mogelijk is om op het werk of thuis te laden, volgt de behoefte om publiek (inclusief semi-publiek) te laden.
3. Als laatste heeft de EV rijder de voorkeur om te snelladen (corridorladen) indien het niet mogelijk is om zonder opladen heen- en terug te rijden naar de gewenste locatie. Een plug-in hybride kan doorrijden op de verbrandingsmotor en zal daarom geen gebruik maken van snelladers langs de snelweg.

Op basis van de bovenstaande regels kunnen is de volgende beslisboom opgezet voor de laadkeuze per type reis, zoals weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3: Beslisboom locatie laadpunt. * = Niet in alle gevallen kan de afstand volledig publiek opgeladen worden, bijvoorbeeld doordat er geen publiek laadpunt beschikbaar is, of onvoldoende laadtijd. Hiervoor is gecompenseerd met een verdelingspercentage die gebaseerd is op een inschatting van Ecofys/TU/e¹²

De beslisboom wordt uitgewerkt op basis van percentages. De vertaling van de type reis naar de bestemming is als volgt opgebouwd:

- Zakelijke ritten gaan in de helft van de gevallen naar een andere bestemming toe dan het huis of het werk (overig, 50%), in de andere gevallen wordt van die bestemming

¹² Er is gecompenseerd voor het feit dat niet altijd volledig publiek geladen kan worden door een gedeelte van de laadbehoefte van publiek naar werk- en thuis over te zetten. Dit betekent bijvoorbeeld dat bezoekers bij een werklaadpunt dat open staat voor het publiek zullen opladen. Het percentage voor thuislaadpunten is alleen toepasbaar voor de ritten die het kenmerk 'overig' hebben, en niet voor de ritten naar huis waar geen eigen oprit of garage is.

teruggereden naar het werk (afspraak s 'ochtends, 25%) of direct door naar huis (afspraak 's middags, 25%).

- Woonwerk ritten gaan altijd in de helft van de gevallen naar het werk (50%) en de helft van de gevallen terug naar huis (50%).
- Overige ritten gaan altijd in de helft van de gevallen naar een andere bestemming (overig, 50%) en in de andere helft van de gevallen weer terug naar huis.

Door middel van het model van Figuur 3 kan vervolgens een vertaling worden gemaakt naar de oplaadlocatie. Voor BEV's worden uiteindelijk alle gereden kilometers elektrisch geladen. Voor PHEV's is dit niet het geval omdat er ook doorgereden kan worden op de verbrandingsmotor. Een gedeelte van de gereden ritten wordt standaard niet elektrisch gereden omdat de ritafstand groter is dan de range van de auto (en PHEV's door de benzinemotor geen noodzaak hebben om snel te laden). Echter zijn de elektrisch gereden kilometers in de praktijk veel lager dan het maximaal haalbare kilometers op basis van de ritprofielen (in 2015 zou op basis van de ritprofielen circa 60% elektrisch gereden worden, terwijl dit in praktijk slechts circa 30% is)¹³. Om het model met de praktijk te kalibreren wordt daarom gebruik gemaakt een correctiefactor. Dit is in 2020 circa 50%, wat betekent dat er in praktijk maar 50% van het aantal kilometers dat in theorie elektrisch kan worden gereden, daadwerkelijk ook elektrisch gereden wordt. Richting 2035 wordt deze correctiefactor lineair afgebouwd naar 20% omdat wij verwachten dat het theoretisch potentieel nooit helemaal gehaald zal worden, maar dat het percentage elektrische gereden kilometers van PHEVs hoger zal worden naarmate er meer laadinfrastructuur beschikbaar komt.

De mobiliteitsbehoefte (soorten reizen en afstanden) is op basis van bestemming en laadvoorkeuren vertaald in de locatie waar geladen zal worden. Vervolgens volgt een vertaling van deze locaties in het benodigde aantal laadpunten. Dit is op de volgende manier gemodelleerd:

- Werklaadpunten: op basis van het aantal elektrische auto's. Gebruikers willen de zekerheid hebben dat er op het werk een laadpunt beschikbaar is. Hoe groter de batterijcapaciteit, hoe meer elektrische auto's een werklaadpunt kunnen delen. Met de huidige range van BEVs (150 km) zal de EV rijder bijna dagelijks op moeten laden op het werk, dus op korte termijn zal voor woon-werkrijders 3 werklaaders op 4 BEVs benodigd zijn. Op de langere termijn kan dit bij grotere batterijranges afnemen naar 1 werklaadpunt op 4 BEVs. Voor PHEV is momenteel 15 werklaaders op 100 PHEVs beschikbaar. Ecofys en TU Eindhoven schatten in dat dit zal toenemen tot ongeveer 1 werklaader per 5 PHEVs in 2020. In de toekomst zal het aantal werknemers voor PHEV verder toenemen naar 3 werklaaders op 4 PHEVs zodat PHEV rijders voor hun woon-werk ritten een groter aandeel elektrisch kunnen rijden dan dat nu mogelijk is door het beperkte aantal beschikbare werklaaders.
- Thuislaadpunten: Voor alle auto eigenaren die een eigen oprit hebben, wordt verondersteld dat ze een thuislaadpunt zullen installeren. Momenteel heeft 65% van de eigenaren van een EV de mogelijkheid om thuis op te laden. In 2035 is dit 33%, gebaseerd op het percentage van het aantal woningen met eigen oprit of garage in Nederland.

¹³ TNO, 2016, Monitoring van plug-in hybride voertuigen (PHEVs) april 2012 t/m maart 2016

- Publieke laadpunten: Het aantal (semi)publieke laadpunten wordt berekend aan de hand van het aantal KWh dat publiek geladen wordt, gedeeld door het aantal KWh dat per publiek laadpunt per dag wordt afgenomen. In 2020 is dit gemiddeld circa 5.5 KWh/punt/dag¹⁴. Ervan uitgaande dat de energiebelasting voor publieke palen dan nog 71% is, betekent dit dat de meeste palen een sluitende business case kunnen krijgen. Dit is echter een gemiddelde en vooral buiten de grote steden blijft de business case mogelijk een uitdaging. In 2025 verwachten wij dat het overgrote deel van de laadpalen een positieve business case heeft (zelfs wanneer de energiebelasting weer wordt verhoogd naar 143%), doordat het gemiddelde energieverbruik is toegenomen tot zo'n 8 KWh/dag/punt¹⁵. Op de langere termijn zal het gebruik van publieke palen toenemen door een hogere bezettingsgraad (meer EVs) en een hogere benuttingsgraad (grotere batterij die per keer meer laden), tot 12 KWh per punt per dag in 2035.
- Elektrische deelauto's hebben een vaste parkeerplaats en lader vanaf waar de gebruiker de auto mee kan nemen en ook weer terug dient te zetten. Effectief betekent dit dus dat voor iedere deelauto een laadpunt zal moeten worden gerealiseerd.
- De laadinfrastructuur voor autonome auto's zal bestaan uit snelladers waarbij veel auto's gezamenlijk gebruik maken van dezelfde laadinfrastructuur (in de vorm van laadpleinen). Uitgaande van 10 uur laadgebruik per dag en een laadtijd van 30 minuten per auto per dag, schatten wij in dat een laadinfrastructuur van 1 laadpunt op 20 autonome deelauto's is.
- In bovenstaande model is het uitgangspunt dat snelladers langs de snelweg (corridor laadpunten) alleen gebruikt zullen worden om te dienen als verlenging van de rit, waarbij de gebruiker genoeg bij laadt zodat de eindbestelling bereikt kan worden. Daardoor zijn bij een toenemende batterijcapaciteit door de jaren heen, een relatief beperkt aantal corridor laders per elektrische auto nodig. Hoeveel auto's deze corridor laders precies kunnen accommoderen is van vele variabelen afhankelijk: de laadsnelheid, de locatie, het aantal elektrische auto's die hier gebruik van willen maken, de beschikbaarheid op het gewenste traject, etc. Hierbij is het op korte termijn vooral belangrijk dat er een goed dekkend snellaadnetwerk beschikbaar is om lange ritten met een volledig elektrisch voertuig mogelijk te maken en de range anxiety van de EV rijder te verminderen. Om toch een grove inschatting te geven van het aantal snelladers dat minimaal noodzakelijk is om dezelfde afstanden te kunnen reizen, is aangenomen dat een gemiddelde snellader 100 kW vermogen heeft en gemiddeld 2 uur per dag wordt gebruikt. In deze twee uur per dag wordt dus alleen genoeg opgeladen om te zorgen dat de bestemming gehaald kan worden.

¹⁴ NKL 2016, kosten benchmark publieke laadinfrastructuur van het NKL, 2016. NKL verwacht dat er in 2020 ongeveer 5.5 KWh/punt/dag zal worden opgenomen op publieke palen.

¹⁵ Op basis van de kostenbenchmark van het NKL schatten Ecofys en TU Eindhoven in dat 8 KWh per laadpunt benodigd is voor een positieve business case van een publiek laadpunt als de energiebelasting weer wordt verhoogd. Als de energiebelasting 71% blijft (5 cent per kWh) dan is 5.5 kWh/punt/dag voldoende.

Tabel 5: Uitwerking laadmodule

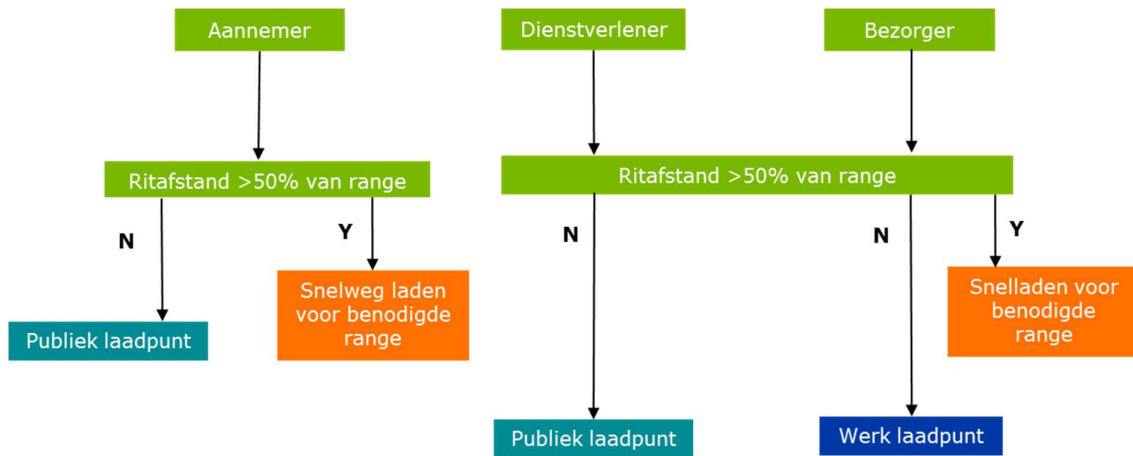
Type laadpunt	2020	2025	2030	2035
Thuislaadpunten <i>Percentage van de EV eigenaren met een thuislader</i>	60%	53%	45%	35%
Werklaadpunten <i>Percentage werklaadpunten per EV</i>	BEV: 75% PHEV: 20%	BEV: 53% PHEV: 35%	BEV: 38% PHEV: 50%	BEV: 23% PHEV: 75%
Publieke laadpunten <i>Afname elektriciteit per (semi)publiek laadpunt per dag (KWh/punt/dag)</i>	5.5	8	10	12
Deelauto laadpunten	Voor elke deelauto is een laadpunt beschikbaar			
Autonome deelauto laadpunten	Voor elke 20 autonome deelauto's is 1 snellaadpunt beschikbaar			
Snelladers <i>Afname elektriciteit per snellader per dag (KWh/punt/dag)</i>	200	200	200	200

3.2.4.2 Benodigde laadinfrastructuur bestelauto's

Op eenzelfde manier als bij de personenauto's, zijn er laadvoorkeuren opgesteld voor gebruikers van bestelauto's. Dit gaat uit van een volgorde in laadvoorkeuren per type gebruiker:

- Type aannemer: Op de locatie waar het type aannemer heen rijdt zal in een aanzienlijk gedeelte van de gevallen (nog) geen of onvoldoende laadinfrastructuur aanwezig zijn om alle bestelauto's in de buurt op te kunnen laden. Indien de afstand niet op één batterijlading gehaald wordt, zal er snelgeladen worden. Aan het eind van de dag neemt het type aannemer de bestelauto mee naar huis wordt en wordt er in de straat geparkeerd en publiek geladen.
- Type serviceverlener: Tijdens de servicерonde is het belangrijk dat de bestelauto dicht bij de locatie wordt geplaatst waar de serviceverlener zijn werk doet. Dit betekent dat er in de meeste gevallen geen gelegenheid is om een beschikbare laadpunt te zoeken. De serviceverlener zal snelladen indien de totale servicерonde niet binnen één batterijlading gehaald kan worden. Een aanzienlijk deel van de serviceverleners zal het busje in de avond mee naar huis nemen en daar in de straat publiek laden.
- Type bezorger: Bij elk bezorgadres zal er voor een korte tijd stil gestaan worden. Deze tijd is niet lang genoeg om een laadpunt op te zoeken om op te laden. De bezorger zal kort snelladen indien de bezorggronde niet gehaald kan worden op een batterijlading. Omdat de volgende dag nieuwe bezorgproducten opgehaald moeten worden, zal de bestelauto op een werkterrein geparkeerd worden na de bezorggronde, waar via een werklaadpunt geladen kan worden.

Bovenstaande laadvoorkeuren zijn vertaald in beslisboom voor de locatie van laadinfrastructuur.



Figuur 4: Beslisboom laadinfrastructuur bestelauto's

De mobiliteitsbehoefte (gebruik en afstanden per type gebruiker) is op basis van bestemming en laadvoorkeuren vertaald in de locatie waar geladen zal worden. Vervolgens volgt een vertaling van deze locaties in het benodigde aantal laadpunten. Dit is op de volgende manier gemodelleerd:

- Werklaadpunten: Het type bezorger zal na de bezorgrode bij een werklaadpunt opladen.
- Publieke laadpunten: De types aannemer en serviceverlener zullen na de werkdag bij een publiek laadpunt opladen.

Er is beperkte informatie over de precieze invulling van de mobiliteit door bestelauto's, en zeker niet op het detailniveau als dat van de OViN database die voor personenauto's beschikbaar is. Op dit moment doen verschillende partijen (waaronder Connekt, TNO en CE Delft) onderzoek naar het gebruik en de mobiliteitsbehoefte van bestelauto's, maar er zijn nog geen voorlopige resultaten van dit onderzoek. Daarom is een vertaling gemaakt van de mobiliteitsbehoefte (afgelegde afstanden en locaties) naar de locatie en het aantal laadpunten op basis van omrekenfactoren die op basis van een expert judgement zijn vastgesteld. In Tabel 6 staan de omrekenfactoren die gebruikt zijn om van het aantal elektrische auto's en het aantal afgelegde elektrische kilometers een vertaling te maken naar de benodigde laadinfrastructuur.

Tabel 6: Vertaling van laadvoorkeur naar laadpunten voor elektrische bestelauto's

	Percentage kilometers boven range ¹⁶	Aantal werklaadpunten per bestelauto (bezorger) ¹⁷	Laadenergie (semi)publiek laadpunt ¹⁸
2020	10%	1	5.5 kWh/dag
2035	2%	0,4	12 kWh/dag

¹⁶ Op dit moment zijn er geen uitgebreide gegevens van het specifieke gebruik en ritprofiel van bestelauto's beschikbaar. Verschillende partijen (waaronder Connekt, TNO en CE Delft) zijn hier op dit moment onderzoek naar aan het doen, maar de resultaten zijn nog niet beschikbaar. Daarom is er een expert judgement gemaakt voor de inschatting van het aantal kilometer dat boven de range wordt gereden.

¹⁷ Op basis van de verwachte verhoging van de batterijcapaciteit van bestelauto's kunnen meerdere bestelauto's in 2035 gezamenlijk gebruik maken van een werklaader (door bijvoorbeeld niet elke, maar om de twee dagen op te laden).

¹⁸ Gebaseerd op een indicatie van het aantal kWh dat er geladen wordt op dit moment en een expert inschatting van het aantal kWh dat geladen wordt in 2035.

Net zoals bij personenauto's is er een vertaling gemaakt van het aantal snellaadpunten (corridor laders) dat nodig is om de mobiliteitsbehoefte boven de range van de auto te kunnen vervullen.

3.2.4.3 Snelladen op korte termijn geen alternatief voor parkeerladers

Snelladers kunnen door hun grotere vermogens een groot aantal voertuigen van elektriciteit voorzien. Eén idee is dat snelladers in plaats van parkeerladers een interessant scenario zijn voor gemeenten als zij in een bepaalde wijk veel weerstand ondervinden tegen het plaatsen van laadpunten op straat of wanneer de EV dichtheid te klein is voor straatladers. Ecofys en TU/e schatten in op basis van input van Fastned dat de laadsnelheid van snelladers zich in de toekomst naar grotere snelheden zal ontwikkelen, zie Tabel 7.

Tabel 7: Verwachte ontwikkeling vermogen snelladen

Jaartal	Vermogen snelladers
2016	60 kW (300 km/uur)
2020	100 kW (500 km/uur)
2025	200 kW (1000 km/uur)
2030	250 kW (1250 km/uur)
2035	300 kW (1500 km/uur)

EV rijders die vanuit de TU/e en Elaad ondervraagd zijn blijken een publieke (langzaam) lader over het algemeen een voorwaarde te vinden voor de aanschaf van een volledig elektrische auto. Uit de data van Tesla blijkt ook dat hun klanten zelfs met een grote batterij en beschikbaarheid over gratis snelladers meer dan 90% van hun kilometers thuis of op het werk laden. Bij de huidige populatie en de huidige vermogens wordt "lokaal" snelladen door de EV rijders waarvan wij data hebben dus nog niet gezien als een alternatief voor parkeerladers.

Mogelijk kunnen snelladers bij winkelcentra of andere strategische plekken in de toekomst een aanvulling vormen op de publieke laders in de wijk en een deel van de publieke laadvraag voor zijn rekening nemen. Op dit moment is er onvoldoende bekend over de voorkeuren van EV rijders om deze ontwikkeling te kwantificeren. Daarom is de ontwikkeling van lokale snelladers niet kwantitatief in dit onderzoek meegenomen. Wel is duidelijk dat een snellader langs de snelweg (corridorladers) een belangrijke aanvulling is omdat het mensen de zekerheid geeft dat zij ook als de publieke lader toevallig bezet is of als zij lange ritten maken zij hiervan gebruik kunnen maken.

4 Scenario's en resultaten

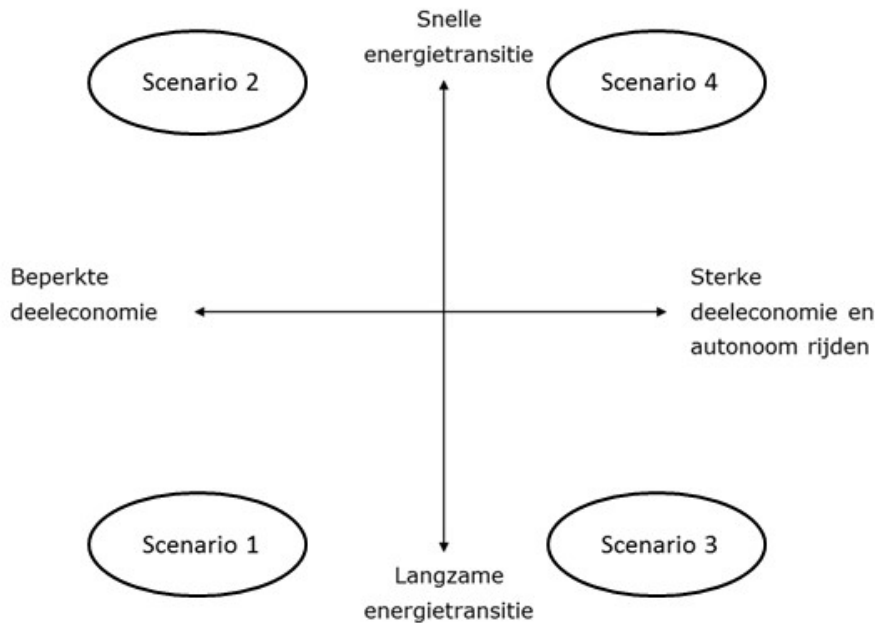
Dit onderzoek analyseert vier mogelijke scenario's voor de energietransitie, invulling van de mobiliteitsvraag en elektrische voertuigen en hun invloed op de benodigde laadinfrastructuur. De vier scenario's zijn zo gekozen dat zij voor de ontwikkeling van de belangrijkste variabelen de uitersten weergeven. De scenario's zijn dan ook niet bedoeld om de toekomst exact te voorspellen, maar juist om een breed beeld te geven van de mogelijke ontwikkelingen.

De scenario's zijn uitgezet op twee assen:

1. Snelheid van de energietransitie
2. Snelheid van de ontwikkeling van de deeleconomie en autonoom rijden

De **snelheid van de energietransitie** geeft weer hoe snel de transitie naar een duurzame energievoorziening verloopt. Een snelle energietransitie betekent dat er sneller wordt overgeschakeld naar energieopwekking met duurzame bronnen zoals wind en zonne-energie, dat de kosten voor duurzame voertuigen en batterijen snel daalt en dat de kosten van fossiele technologie toeneemt. Een langzame energietransitie betekent een beperkte toename van de hoeveelheid duurzame energie, een beperkte ontwikkeling van duurzame voertuigen en technologieën en blijvend lage kosten voor het gebruik van fossiele energiebronnen. Dit heeft invloed op het aantal elektrische auto's dat wordt verkocht door verschillende prijzen voor energie, kosten van de elektrische auto, een verschil in stimuleringsbeleid.

De **snelheid van de ontwikkeling van de deeleconomie en autonoom rijden** geeft weer of en hoe snel er wordt bewogen van een invulling van de mobiliteitsbehoefte vanuit individueel eigenaarschap naar een deeleconomie. Individueel eigenaarschap betekent dat mensen hun mobiliteitsbehoefte invullen met een voertuig dat zij zelf bezitten of leasen. Ontwikkeling richting deeleconomie of autonoom rijden betekent dat mensen hun mobiliteitsbehoefte invullen door het gebruik van deelauto's. Vanaf circa 2025 kunnen zelfrijdende auto's de groei van deelauto's versterken omdat het feit dat de auto komt voorrijden en zichzelf parkeert een interessante propositie is voor autodeelconcepten en dit tevens leidt tot een beter gebruik en daardoor lagere kosten van deelauto's.



Figuur 5: Scenario's binnen de gedefinieerde assen.

Vanuit deze 4 assen volgen 4 scenario's naar hoe de ontwikkeling van elektrische auto's en bijbehorende laadinfrastructuur zich in de toekomst kan ontwikkelen. Deze vier scenario's bevinden zich elk in een eigen onderdeel van het hierboven benoemde assenstelsel, zoals te zien in Figuur 5. Dit betekent dat de volgende scenario's onderscheiden worden:

1. Scenario 1: "Basis scenario" blijft dicht bij de huidige situatie. De snelheid waarmee elektrische auto's het wagenpark overnemen is op korte termijn beperkt en het aandeel autodelen ook. Autonoom rijden komt laat en moeizaam van de grond.
2. Scenario 2: "Snelle energietransitie" gaat uit van voorspoedige verduurzaming in lijn met internationale klimaatafspraken. De mate waarin elektrische voertuigen worden opgenomen is hoger en sneller, maar het aandeel autodelen en autonoom rijden blijft beperkt.
3. Scenario 3: "Deeleconomie" geeft een sterke deeleconomie en een snelle opkomst van autodelen en autonoom rijden weer. Autonoom rijden zal sneller intrede doen, maar de ontwikkeling van het kostenvoordeel van elektrische auto's blijft conservatief, in lijn met scenario 1.
4. Scenario 4: "Versnelde energietransitie en deeleconomie" is een combinatie van scenario 2 en 3, waarbij er sprake is van een versnelde overstap naar elektrische auto's en een snelle opkomst van autodelen en autonoom rijden. Dit is een scenario waarbij er in snelle stappen een grote sprong gemaakt zal worden van individueel fossiel eigenaarschap naar grotendeels collectief eigenaarschap van elektrische (autonome) deelauto's.

De verschillende scenario's worden in dit hoofdstuk verder uitgewerkt en de belangrijkste impact van de scenario's op de resultaten voor het aantal elektrische auto's en laadpunten wordt besproken.

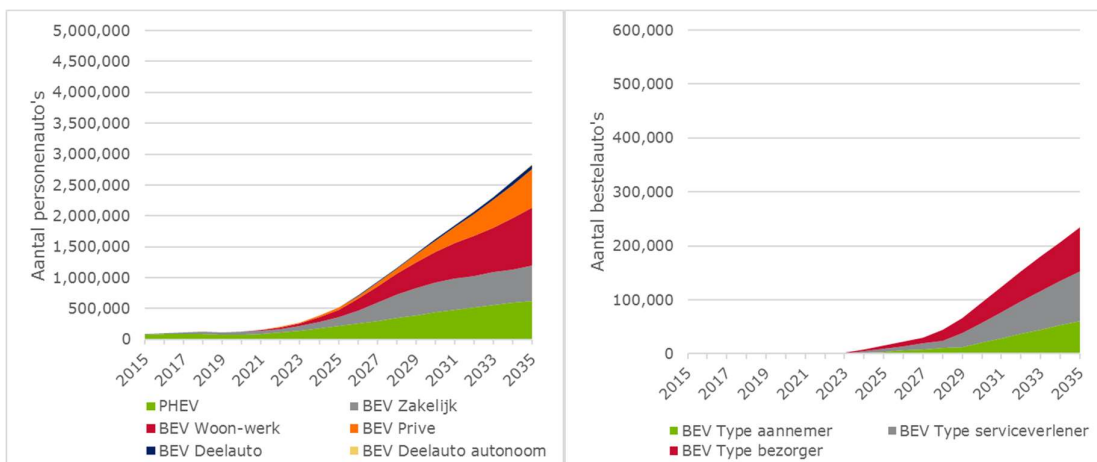
4.1 Scenario 1: Basis scenario

Het basis scenario is bij benadering afgestemd op de minimale inschatting van aantallen voertuigen van de Nederlandse Energie Verkenning (2016), teneinde de uitkomsten vergelijkbaar te maken. De snelheid waarmee elektrische auto's het wagenpark overnemen is beperkt en het aandeel autodelen ook. Autonoom rijden komt later en moeizamer van de grond.

4.1.1 Overzicht resultaten scenario 1

De belangrijkste resultaten van dit scenario zijn:

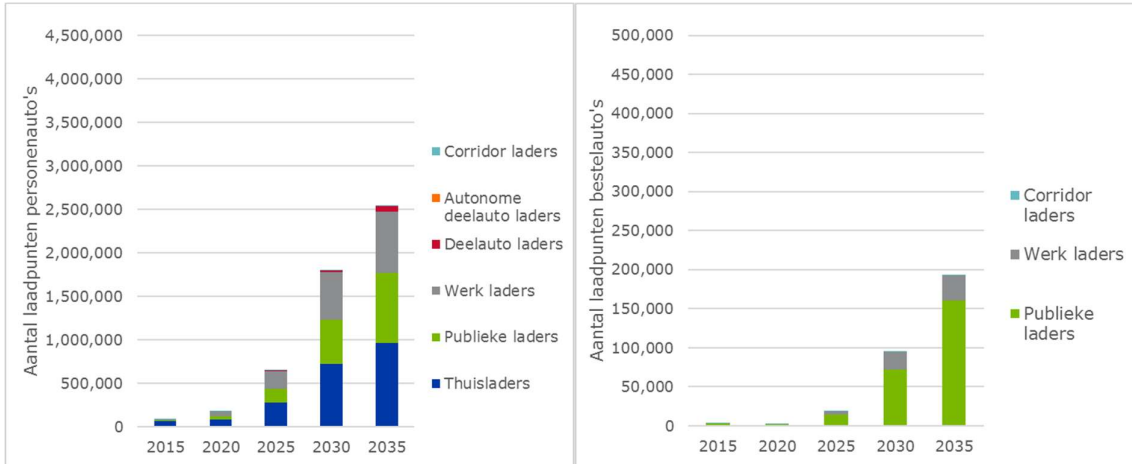
- De TCO van volledig elektrische voertuigen wordt voordelig ten opzichte van conventionele voertuigen voor zakelijke rijders vanaf 2017, voor woon-werk rijder vanaf 2019, voor privé rijders vanaf 2027 en voor bestelauto's vanaf 2023.
- Het aantal elektrische personenauto's in Nederland neemt tot 2020 beperkt toe tot een totaal van zo'n 133.000 voertuigen in 2020. De grootste groei wordt verwacht in volledig elektrische auto's voor zakelijke rijders. Het aantal elektrische bestelauto's neemt tot 2020 beperkt toe.
- Na 2020 volgt een versnelde adoptie van EVs met name door een toename van het aantal volledig elektrische auto's in het zakelijke en woon-werk segment. Na 2025 wordt een groei in alle segmenten verwacht. In 2035 is ongeveer een derde van de voertuigen in het Nederlandse wagenpark (deels) elektrisch aangedreven.



Figuur 6: Elektrisch wagenpark personenauto's en bestelauto's (scenario 1)

- Om in 2020 te voldoen aan de laadbehoefte van elektrische personenauto's en bestelauto's is een toename van 170% van het aantal (semi)publieke laadpunten vereist ten opzichte van 2016 tot een totaal van 45.500 (semi)publieke laadpunten. Daarnaast leidt een sterke toename van het aantal zakelijke EV rijders tot een stijging van de behoefte naar werklaadpunten van 300% ten opzichte van 2016, tot een totaal van 50.900 werklaadpunten. In 2020 is een toename van 30% in het aantal thuislaadpunten ten opzichte van het huidige aantal geïnstalleerde laadpunten benodigd tot 78.300 laadpunten.

- In 2035 zijn er circa 960.100 (semi)publieke laadpunten, circa 967.000 thuislaadpunten en circa 741.000 werklaadpunten benodigd om aan de laadbehoefte te kunnen voldoen. Het aandeel autodelen en de daarvoor benodigde infrastructuur blijft beperkt.



Figuur 7: Benodigde laadinfrastructuur personenauto's en bestelauto's (scenario 1)

Zie appendix B voor de achterliggende tabellen bij de bovenstaande grafieken.

4.1.2 Assumpties voor scenario 1

De belangrijkste aannames voor scenario 1 zijn:

- TCO voor volledig elektrische voertuigen wordt op de lange termijn gunstig ten opzichte van fossiele voertuigen:
 - De kosten EV nemen af door een daling in de batterijprijs. De batterijprijs neemt af volgens tot zo'n 200 €/KWh in 2035 ten opzichte van ongeveer 468 €/KWh huidige prijs, ook appendix C.
 - De kosten voor laden nemen beperkt af en de waarde voor het aanbieden van flexibiliteitsdiensten blijft beperkt. De kosten voor fossiele brandstof stijgen licht, in afwezigheid van extra accijnzen en milieubelastingen.
 - De voordelen op de bijtelling en MRB worden volledig afgebouwd tussen 2020 en 2023.
- De consumenten acceptatie voor de aanschaf van een elektrisch voertuig in de periode tot 2020 is beperkt, zelfs wanneer er een voordeel is in de TCO van een elektrisch voertuig ten opzichte van een conventioneel aangedreven voertuig.
- Deelauto's hebben het theoretisch potentieel om tot 50% van de vloot van personenauto's in privaat bezit te vervangen (Fraunhofer ISI, 2011). Omdat consumenten in dit scenario de voorkeur blijven houden voor het privébezit van een van een personenauto, wordt slecht 10% van dit theoretisch potentieel behaald. Dit betekent dat 400.000 personenauto's niet worden aangeschaft omdat gebruik wordt gemaakt van deelauto's.

In de onderstaande tabel worden de belangrijkste variabelen voor dit scenario weergegeven.

Parameter	2015	2020	2025	2030	2035
Diesel (€/kWh)	€ 0.12		+3% per jaar		
Benzine (€/kWh)	€ 0.17		+2% per jaar		
Thuis laden (€/kWh)	€ 0.17		+1% per jaar		
Werk laden (€/kWh)	€ 0.15		+0% per jaar		
Parkeer laden (€/kWh)	€ 0.34		- 1% per jaar		
Waarde flexibiliteit (€/kWh)	€ 0.02		+0% per jaar		
Corridor snelladen (€/kWh)	€ 0.35		-3% per jaar		
Batterijkosten voor autokoper (€/kWh pack)	€ 468	€ 281	€ 236	€ 213	€ 199
MRB voordeel 2018-2019 afgebouwd	0%	100%	100%	100%	100%
Bijtellingsvoordeel 2018-2020 afgebouwd	0%	22%	22%	22%	22%
Restwaarde tov courante benzine-auto	60%	82%	92%	98%	103%
Export 2 ^e hand EVs eerste jaren groot	90%	90%	10%	10%	10%
Perc. potentiële kopers dat EV overweegt	1%	23%	86%	99%	100%
<i>Early adopter</i> (15%) stapt over als	Conventioneel meer dan 5% duurder				
<i>Early majority</i> (40%) stapt over als	Conventioneel meer dan 15% duurder				
<i>Late majority</i> (35%) stapt over als	Conventioneel meer dan 30% duurder				
<i>Laggards</i> (10%) stappen over als	Conventioneel meer dan 50% duurder				
Adoptiesnelheid autodelen	S-curve naar 400.000 private voertuigen vervangen door deelauto's in 2050 (10% van het theoretisch potentieel)				
Percentage autonome deelauto's van totale aantal deelauto's	0%	0%	0%	0%	5%

Voor meer detail over de aannames in het scenario, zie appendix D-G.

4.2 Scenario 2: versnelde energietransitie

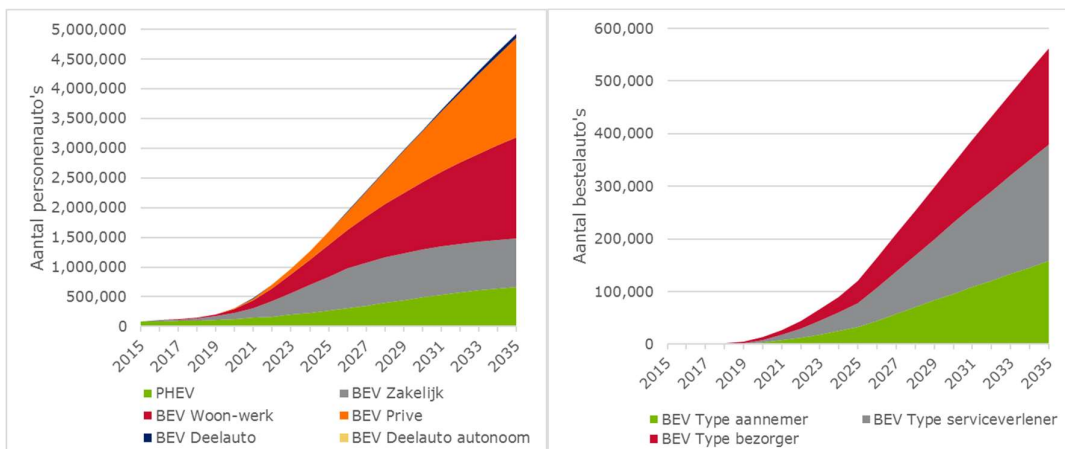
Scenario 2 gaat uit van voorspoedige verduurzaming in lijn met de afspraken die gemaakt zijn in de internationale klimaatafspraken. De mate waarin elektrische voertuigen worden opgenomen is hoger en sneller, maar het aandeel autodelen en autonoom rijden blijft beperkt.

4.2.1 Overzicht resultaten scenario 2

De belangrijkste uitkomsten van dit scenario zijn:

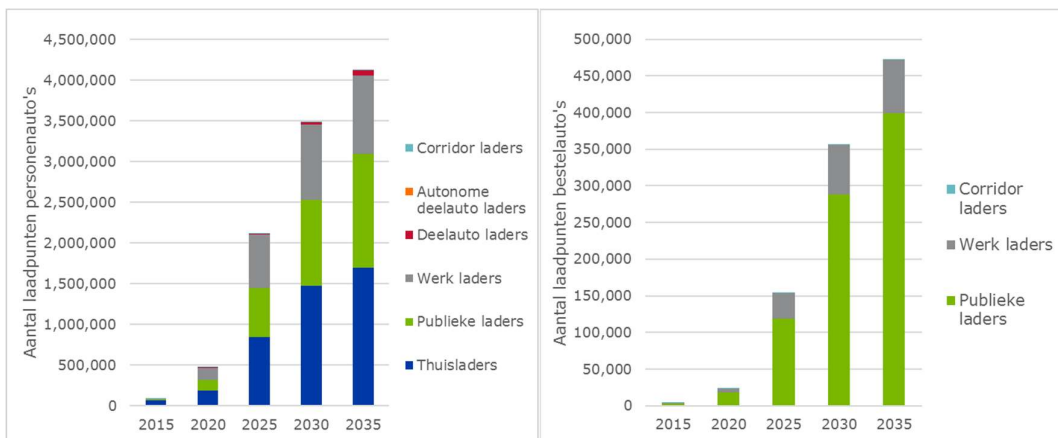
- De TCO van volledig elektrische voertuigen wordt voordelig ten opzichte van conventionele voertuigen voor zakelijke rijders vanaf 2017, voor woon-werk rijder vanaf 2018, voor privé rijders vanaf 2020 en voor bestelauto's vanaf 2019.
- Het aantal elektrische personenauto's in Nederland neemt op korte termijn sterk toe tot een totaal van zo'n 327.100 elektrische voertuigen in 2020, met name door de grootscheepse overstap van zakelijke en woon-werk rijders op BEVs. Het aantal elektrische bestelauto's neemt tot 2020 relatief sterk toe tot 13.700 elektrische bestelauto's en maar groeit vooral na 2020.

- Na 2020 zet de versnelde uitrol van EVs door in alle sectoren tot meer dan 5 miljoen Elektrische voertuigen 2035, waarvan circa 10% elektrische bestelauto is.



Figuur 8: Elektrisch wagenpark personenauto's en bestelauto's (scenario 2)

- Om in 2020 te voldoen aan deze laadbehoefte is door een zeer snelle groei van het aantal EV's een toename van 760% van het aantal (semi)publieke laadpunten vereist ten opzichte van 2016 tot een totaal van 145.800 laadpunten. Daarnaast leidt een sterke toename van het aantal zakelijke EV rijders tot een stijging van de behoefte naar werklaadpunten van zo'n 1150% tot een totaal aantal van 157.200 in 2020. Ook wordt een stijging van 210% verwacht in het aantal thuislaadpunten, tot een totaal van 187.600.
- In 2035 zijn er circa 1.798.000 (semi)publieke laadpunten, 1.698.000 thuislaadpunten en 1.036.000 werklaadpunten benodigd om aan de laadbehoefte van personenauto's en bestelauto's te kunnen voldoen.



Figuur 9: Benodigde laadinfrastructuur personenauto's en bestelauto's (scenario 2)

Zie appendix B voor de achterliggende tabellen bij de bovenstaande grafieken.

4.2.1 Assumpties voor scenario 2

De belangrijkste aannames in scenario 2 zijn:

- Zeer sterk dalende batterijprijs en de dalende marge op elektrische auto's richting de consument zorgen voor een dalende prijs voor elektrische voertuigen
- Fossiele brandstoffen nemen toe in prijs door toenemende accijns en milieubelasting.
- Elektriciteit wordt goedkoper door het opschalen van zon en wind en de waarde van het aanbieden van flexibiliteitsdiensten neemt toe.
- Thuisladen, werkladen en parkeerladen profiteren van verbeterde technologie en dalende elektriciteitsprijzen.
- Kosten van snelladen daalt in prijs door lagere kosten voor de infrastructuur, hogere vermogens en hogere bezettingsgraad.
- Het voordeel van elektrische voertuigen op de MRB en de bijtelling worden vertraagd afgebouwd.

In de onderstaande tabel worden de belangrijkste variabelen voor dit scenario weergegeven

Parameter	2015	2020	2025	2030	2035
Diesel (€/KWh)	€ 0.12		+3.5%		
Benzine (€/KWh)	€ 0.17		+2.5%		
Thuis laden (€/KWh)	€ 0.17		-1%		
Werk laden (€/KWh)	€ 0.15		-1%		
Parkeer laden (€/KWh)	€ 0.34		-4%		
Waarde flex (€/KWh)	€ 0.02		+3%		
Corridor laden (€/KWh)	€ 0.35		-5%		
Batterijkosten (€/KWh)	€ 468	€ 160	€ 105	€ 83	€ 70
MRB voordeel 2021-2025 afgebouwd	0%	0%	80%	100%	100%
Bijtellingsvoordeel 2018-2020 afgebouwd	0%	4%	22%	22%	22%
Restwaarde tov courante benzine-auto	70%	90%	99%	105%	109%
Export 2 ^e hand EVs	70%	30%	10%	10%	10%
% potentiële kopers dat EV overweegt	8%	50%	92%	99%	100%
<i>Early adopter</i> (15%) stapt over als	Conventioneel meer dan 5% duurder				
<i>Early majority</i> (40%) stapt over als	Conventioneel meer dan 15% duurder				
<i>Late majority</i> (35%) stapt over als	Conventioneel meer dan 30% duurder				
<i>Laggards</i> (10%) stappen over als	Conventioneel meer dan 50% duurder				
Adoptiesnelheid autodelen	S-curve naar 400.000 private voertuigen vervangen door deelauto's in 2050 (10% van het theoretisch potentieel)				
Percentage autonome deelauto's van totale aantal deelauto's	0%	0%	0%	0%	5%

Voor meer detail over de aannames in de scenario's, zie appendix D-G.

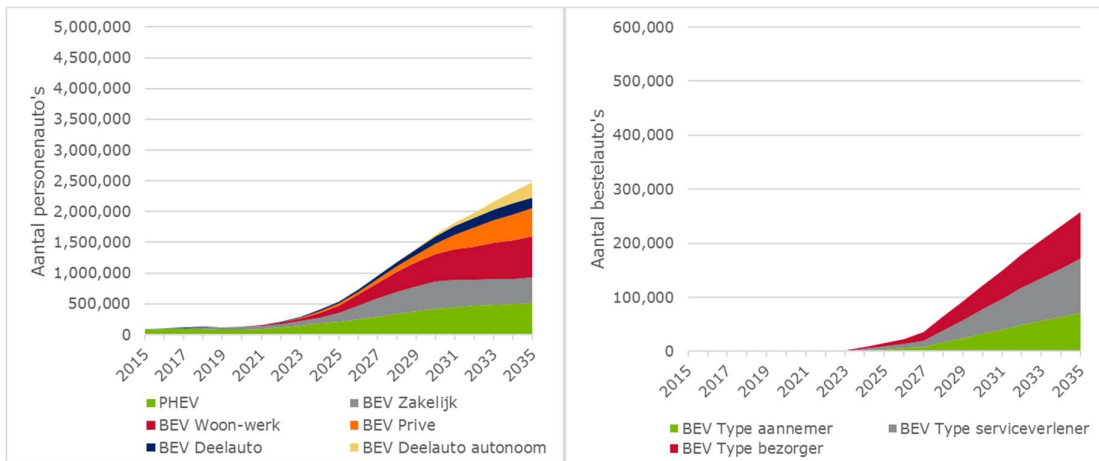
4.3 Scenario 3: Versnelde ontwikkeling deelauto's en autonoom rijden

In scenario 3 zijn de aannames over de opkomst van elektrische auto's en duurzame energie gelijk aan de aannames in het basis scenario. Autodelen neemt echter sterk toe, na 2025 mede gestimuleerd door de opkomst van zelfrijdende auto's. Zelfrijdende auto's zijn een stimulans voor deelauto's omdat dit de mogelijkheid biedt een zelfrijdende deelauto naar de gebruiker toe te laten komen.

4.3.1 Overzicht resultaten scenario 3

De belangrijkste uitkomsten van dit scenario zijn:

- Het aantal elektrische personenauto's in Nederland neemt tot 2020 toe tot een totaal van zo'n 135.100 voertuigen in 2020. De grootste groei wordt verwacht in volledig elektrische auto's voor zakelijke rijders. Er is een lichte groei in het aantal elektrische deelauto's tot 2020, maar de grootste groei in deelauto's vindt plaats tussen 2025 en 2030, mede onder invloed van de opkomst van autonoom rijden. Het aantal elektrische bestelauto's neemt tot 2020 zeer beperkt toe.
- Na 2020 volgt een versnelde adoptie van het aantal EVs in alle segmenten, in eerste instantie door een snelle toename van het aantal volledig elektrische auto's in het zakelijke en woon-werk segment. Het aantal deelauto's groeit snel tussen 2025 en 2030, mede onder invloed van de opkomst van autonoom rijden.

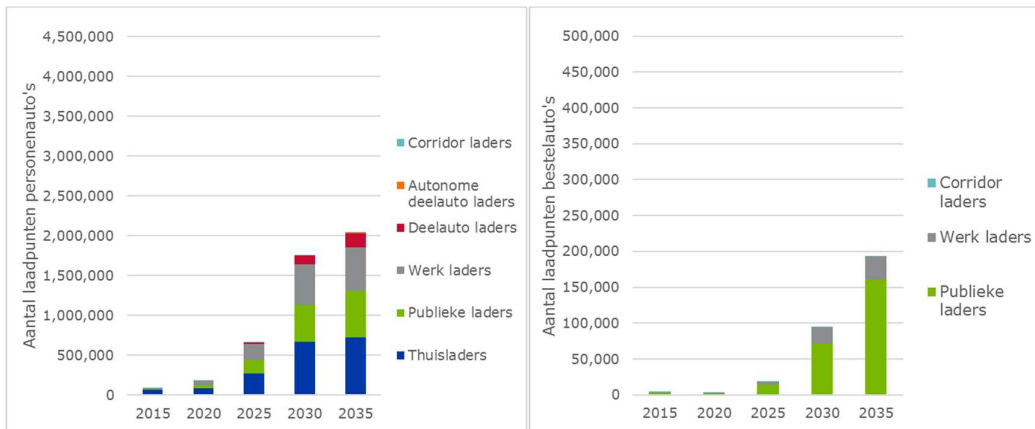


Figuur 10: Elektrisch wagenpark personenauto's en bestelauto's (scenario 3)

- Om in 2020 te voldoen aan de laadbehoefte is een toename van 170% van het aantal (semi)publieke laadpunten vereist tot een totaal aantal van 45.400 laadpunten. Daarnaast leidt een toename van het aantal zakelijke EV rijders tot een stijging van de behoefte naar werklaadpunten van 300%, tot een totaal aantal van 50.800 laadpunten. Het aantal thuisladings neemt toe met 30% tot een totaal aantal van 78.200 laadpunten. Door de sterke opkomst van deelauto's is een groei van het aantal deelauto laadpunten van 1130% benodigd tot een totaal van 3.400 laadpunten in 2020.
- In 2035 zijn er circa 751.000 (semi)publieke laadpunten, circa 719.000 thuislaadpunten en circa 579.000 werklaadpunten benodigd om aan de laadbehoefte te kunnen voldoen.

Daarnaast zijn er circa 170.000 laadpunten nodig voor deelauto's en 12.700 snellaadpunten voor autonome deelauto's.

- De invloed van de sterke opkomst van autodelen en autonoom rijden leidt tot een significante afname in het aantal elektrische auto's in individueel bezit van de gebruiker. In 2035 zijn er door deze ontwikkeling zo'n 210.000 minder (semi-)publieke laadpunten, 248.000 minder thuislaadpunten en 162.000 minder werklaadpunten benodigd dan in het basisscenario, waarin slechts beperkt gebruik gemaakt wordt van autodeelconcepten.



Figuur 11: Benodigde laadinfrastructuur personenauto's en bestelauto's (scenario 3)

Zie appendix B voor de achterliggende tabellen bij de bovenstaande grafieken.

4.3.2 Assumpties voor scenario 3

De belangrijkste assumpties zijn:

- De assumpties ten aanzien van batterijprijzen en laadkosten zijn hetzelfde als in scenario 1, het basis scenario.
- Deelauto's zijn op de langere termijn allemaal volledig elektrisch. Deelauto's worden relatief veel gebruikt, vaak in een stedelijke omgeving en zijn daarom een logisch segment om te elektrificeren (Fraunhofer ISI, 2016).
- Duits onderzoek toont aan dat er per deelauto zo'n 50 gebruikers zijn¹⁹. Onderzoek van PBL onder deelauto gebruikers toont aan dat gebruikers van deelauto's gemiddeld van 0.85 auto per huishouden naar 0.72 auto per huishouden in bezit dalen. Met 100 gebruikers van deelauto's, die samen zo'n 2 deelauto nodig hebben, verdwijnen er dus bij benadering 13 auto's van de weg. Daarom nemen wij aan dat elke deelauto 6.5 private auto vervangt.
- Onderzoek van het Fraunhoferinstituut (2011) toont aan dat in Duitsland in 2050 de helft van de auto's zou kunnen vervangen worden door deelauto's. Wij nemen aan dat dit potentieel ook voor Nederland geldt en modelleren een S-curve die de groei van het huidig aantal deelauto's naar dit theoretisch potentieel voorspeld.

¹⁹ Bundesverband CarSharing

- Volledig autonome voertuigen komen bij een optimistisch scenario van McKinsey (2016) vanaf 2025 op de markt en nemen vervolgens snel toe in marktaandeel. Wij verwachten dat met name het deelauto segment een belangrijke afzetmarkt is voor de autonome auto, door de grote extra functionaliteit die een autonome auto toevoegt aan een deelauto wanneer deze zelf naar de klant toe kan rijden. Daarom verwachten wij dat snel na de introductie van de zelfrijdende auto een groot deel van de deelauto's autonoom zal worden. De snelheid van de introductie van autonoom rijden hangt sterk af van de wet en regelgeving die het toelaat om autonoom te rijden op te openbare weg, wij nemen in dit scenario aan dat wet en regelgeving autonoom rijden op de openbare weg toelaat.

In de onderstaande tabel worden de belangrijkste variabelen voor dit scenario weergegeven.

Parameter	2015	2020	2025	2030	2035
Diesel (€/KWh)	€ 0.12	€ 0.13	€ 0.15	€ 0.18	€ 0.21
Benzine (€/KWh)	€ 0.17	€ 0.18	€ 0.20	€ 0.22	€ 0.24
Thuis laden (€/KWh)	€ 0.17	€ 0.18	€ 0.19	€ 0.20	€ 0.21
Werk laden (€/KWh)	€ 0.15	€ 0.15	€ 0.15	€ 0.15	€ 0.15
Parkeer laden (€/KWh)	€ 0.34	€ 0.33	€ 0.31	€ 0.30	€ 0.28
Waarde flex (€/KWh)	€ 0.02	€ 0.02	€ 0.02	€ 0.02	€ 0.02
Corridor snelladen (€/KWh)	€ 0.35	€ 0.31	€ 0.27	€ 0.23	€ 0.20
Batterijkosten voor autokoper (€/KWh pack)	€ 468	€ 281	€ 236	€ 213	€ 199
MRB voordeel 2018-2019 afgebouwd	0%	100%	100%	100%	100%
Bijtellingsvoordeel 2018-2020 afgebouwd	0%	22%	22%	22%	22%
Restwaarde tov courante benzine-auto	60%	82%	92%	98%	103%
Export 2 ^e hand EVs eerste jaren groot	90%	90%	10%	10%	10%
%. potentiële kopers dat EV overweegt	1%	23%	86%	99%	100%
<i>Early adopter</i> (15%) stapt over als	Conventioneel meer dan 5% duurder				
<i>Early majority</i> (40%) stapt over als	Conventioneel meer dan 15% duurder				
<i>Late majority</i> (35%) stapt over als	Conventioneel meer dan 30% duurder				
<i>Laggards</i> (10%) stappen over als	Conventioneel meer dan 50% duurder				
Adoptiesnelheid autodelen	S-curve naar 4 miljoen private voertuigen vervangen door deelauto's in 2050				
Percentage autonome deelauto's van totale aantal deelauto's	0%	0%	5%	20%	60%

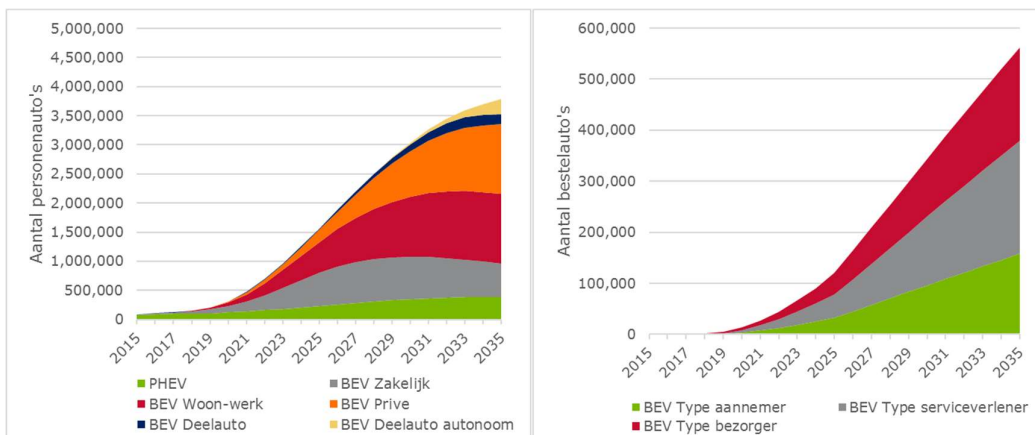
4.4 Scenario 4: Versnelde energietransitie en ontwikkeling deelauto's en autonoom rijden

In scenario 4 worden scenario 2 en 3 gecombineerd: een snelle adoptie van elektrische auto's *plus* een snelle adoptie van zelfrijdende deelauto's. Beide ontwikkelingen zorgen voor een zeer sterke verandering van hoe mobiliteit in Nederland wordt ingevuld. Hiermee is scenario 4 dan ook het meest progressieve scenario.

4.4.1 Overzicht resultaten scenario 4

De belangrijkste uitkomsten van dit scenario zijn:

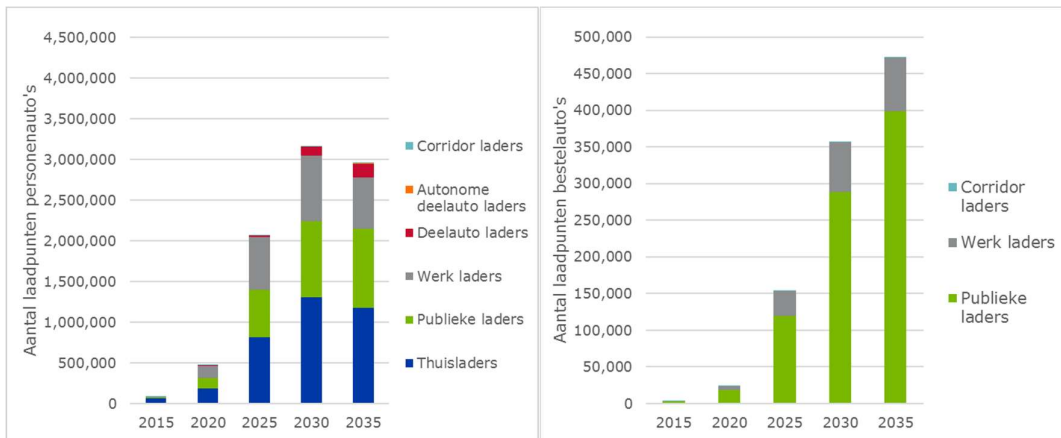
- Het aantal elektrische personenauto's in Nederland neemt op korte termijn toe tot een totaal van zo'n 327.100 elektrische voertuigen in 2020, met name door de grootscheepse overstap van zakelijke en woon-werk rijders op BEVs. Het aantal elektrische bestelauto's neemt tot 2020 relatief sterk toe tot 13.700 elektrische bestelauto's en maar groeit vooral na 2020.
- Na 2020 zet de versnelde uitrol van EVs door in alle sectoren door tot een totaal van zo'n 4.349.100 EVs in 2035, waarvan circa 15% elektrische bestelauto is. Opvallend is dat het aantal elektrische auto's in dit scenario significant lager uitvalt dan in scenario 2, waarin autodelen slechts beperkt wordt uitgerold. Het grote aantal (autonome) deelauto's zorgt voor een afname van het totale benodigde wagenpark en daarmee ook in het aantal elektrische auto's in individueel eigenaarschap. Autonoom rijden heeft geen impact op de hoeveelheid elektrische bestelauto's.



Figuur 12: Elektrisch wagenpark personenauto's en bestelauto's (scenario 4)

- Om in 2020 te voldoen aan de laadbehoefte is door een zeer snelle groei van het aantal EV's een toename van 760% van het aantal (semi)publieke laadpunten vereist ten opzichte van 2016 tot een totaal van 145.400 laadpunten. Daarnaast leidt een sterke toename van het aantal zakelijke EV rijders tot een stijging van de behoefte naar werklaadpunten van zo'n 1140% tot een totaal aantal van 156.700 in 2020. Ook wordt een stijging van 210% verwacht in het aantal thuislaadpunten, tot een totaal van 186.100.
- In 2035 zijn er circa 1.374.000 (semi)publieke laadpunten, 1.177.000 thuislaadpunten en 700.000 werklaadpunten benodigd om aan de dan geldende laadbehoefte van personenauto's en bestelauto's te kunnen voldoen. Daarnaast is een totaal aantal van 170.000 deelauto laadpunten benodigd en 12.700 (snel)laadpunten voor autonome voertuigen.
- De invloed van de sterke opkomst van autodelen en autonoom rijden leidt tot een significante afname in het aantal elektrische auto's in individueel bezit. In 2035 zijn er door deze ontwikkeling zo'n 424.000 minder (semi)publieke laadpunten, 521.000 minder thuislaadpunten en 336.000 minder werklaadpunten benodigd dan in het basisscenario, waarin slechts beperkt gebruik gemaakt wordt van autodeelconcepten.

- Tussen 2030 en 2035 leidt de groei in het gebruik van deelauto's en de opkomst van autonome voertuigen tot een absolute afname in de benodigde thuis, werk en publieke laadinfrastructuur. Op lange termijn is er dus in een zeer progressief scenario ten aanzien van autodelen en autonoom rijden een risico op desinvesteringen in laadinfrastructuur.



Figuur 13: Benodigde laadinfrastructuur personenauto's en bestelauto's (scenario 4)

4.4.2 Assumpties voor scenario 4

Uit scenario 2 worden de assumpties over lagere batterijprijs, lagere elektriciteitsprijs en hogere waarde van flexibiliteit overgenomen, alsmede de aanhoudende stimulering middels bijtelling en MRB en vooral de betere voorlichting die de mogelijke keuze voor elektrische auto's sneller gemeengoed doet worden. Uit scenario 3 wordt de snelle introductie van zelfrijdende elektrische deelauto's overgenomen.

In de onderstaande tabel worden de belangrijkste variabelen voor dit scenario weergegeven.

Parameter	2015	2020	2025	2030	2035
Diesel (€/KWh)	€ 0.12	€ 0.13	€ 0.16	€ 0.19	€ 0.22
Benzine (€/KWh)	€ 0.17	€ 0.18	€ 0.20	€ 0.23	€ 0.26
Thuis laden (€/KWh)	€ 0.17	€ 0.16	€ 0.16	€ 0.15	€ 0.14
Werk laden (€/KWh)	€ 0.15	€ 0.14	€ 0.14	€ 0.13	€ 0.12
Parkeer laden (€/KWh)	€ 0.34	€ 0.29	€ 0.24	€ 0.19	€ 0.16
Waarde flex (€/KWh)	€ 0.02	€ 0.02	€ 0.03	€ 0.03	€ 0.04
Corridor laden (€/KWh)	€ 0.35	€ 0.29	€ 0.22	€ 0.17	€ 0.13
Batterijkosten (€/KWh)	€ 468	€ 160	€ 105	€ 83	€ 70
MRB voordeel 2021-2025 afgebouwd	0%	0%	80%	100%	100%
Bijtellingsvoordeel 2018-2020 afgebouwd	0%	4%	22%	22%	22%
Restwaarde tov courante benzine-auto	70%	90%	99%	105%	109%
Export 2 ^e hand EVs	70%	30%	10%	10%	10%
Perc. potentiële kopers dat EV overweegt	8%	50%	92%	99%	100%

Parameter	2015	2020	2025	2030	2035
<i>Early adopter</i> (15%) stapt over als	Conventioneel meer dan 5% duurder				
<i>Early majority</i> (40%) stapt over als	Conventioneel meer dan 15% duurder				
<i>Late majority</i> (35%) stapt over als	Conventioneel meer dan 30% duurder				
<i>Laggards</i> (10%) stappen over als	Conventioneel meer dan 50% duurder				
Adoptiesnelheid autodelen	S-curve naar 4 miljoen private voertuigen vervangen door deelauto's in 2050				
Percentage autonome deelauto's van totale aantal deelauto's	0%	0%	5%	20%	60%

4.5 Gevoeligheden van het model

De voorgaande tabel geeft een goed overzicht van de gevoeligheden van het TCO model en de daaruit resulterende toename van het totale aantal EV's in het stock model. Alle 19 regels zijn van invloed maar niet alle variabelen hebben een even grote impact.

De grootste impact zit hem in de dalende prijs van de batterij. Dit leidt uiteindelijk altijd tot een lagere TCO voor de elektrische auto maar bij een conservatieve kostendaling ligt het omslagmoment later. De lagere TCO (ondanks de meerkosten van de batterij) komt voort uit de elektrische motor die 3-4x minder energie gebruikt, 1/3 van het onderhoud vergt en veel meer power levert voor veel minder geld. Hoewel de ontwikkeling van de motor redelijk goed te voorspellen is zien we een significant verschil tussen het optimistische en pessimistische scenario qua motorontwikkelingen.

Na de batterij zit de grootste impact hem in hoe snel de kennis over de lagere TCO zich verspreid en hoeveel voordeel kopers nodig hebben om over te stappen (regel 13-17). Indirect beïnvloedt dit ook de zeer belangrijke restwaarde: als mensen eenmaal weten hoe laag de TCO van een tweedehands EV is zal de restwaarde toenemen. (De tweedehands TCO is goed omdat het kostenvoordeel van 10-20 cent per kilometer bij een 2^e hands EV behouden blijft terwijl de aanschafprijs van een tweedehands batterij veel lager ligt.)

Tenslotte hebben de incentives als de lagere bijtelling en MRB een grote invloed. In ons conservatieve scenario worden deze zeer snel afgebouwd en in ons progressieve scenario iets langzamer. Het is dus belangrijk om deze incentives strategisch en vanuit een duidelijke visie in te zetten zodat de markt gestimuleerd in plaats van verstoord wordt.

Vanuit het stockmodel wordt een vertaling gemaakt naar het benodigde aantal laadpunten om te voldoen aan de laadbehoefte. Dit is gebaseerd op huidige cijfers en logische extrapolaties en deels op inschatting van experts. Er zijn verschillende gevoeligheden binnen het model die een belangrijke invloed hebben op het aantal laadpunten.

Twee belangrijke invloeden worden gegeven door de percentages van het aantal elektrische auto's waarvoor een thuis- of werkklader beschikbaar is. Voor de thuisladers loopt dit naar het gemiddeld aantal woningen met een eigen oprit richting 2035. Wanneer een groot aantal van de woningen met eigen oprit, bijvoorbeeld vanwege de kosten, toch niet kiest om een eigen laadpunt te installeren, zal dit voor aanzienlijk minder thuislaadpunten zorgen en voor meer (semi-)publieke en werklaadpunten. Het aantal werklaadpunten dat beschikbaar is per elektrische auto neemt af richting 2035 tot het

delen van circa 1 laadpunt met 4 elektrische auto's. Dit is mogelijk vanwege de grote batterijcapaciteit die elektrische auto's dan zullen hebben, waardoor er niet meer elke dag de hele dag geladen hoeft te worden. Wanneer niet elk bedrijf een werklaadpunt wilt of kan installeren (bijvoorbeeld vanwege limieten van de netwerkaansluiting) zullen er meer (semi-)publieke laadpunten nodig zijn om dit tekort op te vangen. Werkkladers kunnen andersom ook de druk op (semi-)publiek laden verlichten.

Een andere belangrijke gevoeligheid ligt rond de voorkeur om alleen langs de snelweg snel te laden om te zorgen dat de bestemming bereikt kan worden. Indien de voorkeur van elektrische autogebruikers vanwege gemak (er is onvoldoende andere soort infrastructuur aanwezig) of kosten (laden langs de snelweg wordt zeer snel én relatief goedkoop) meer gericht is om ook kortere afstanden op te laden bij corridorladers, dan kan dit een grote impact hebben op de laadbehoefte bij andere laadinfrastructuur. Lokale snellaadpunten bij winkelcentra etc. kunnen in de toekomst mogelijk de laaddruk op (semi-)publieke langzaam laders verminderen.

Ten slotte gaat het model uit van de verwachting dat (semi-)publieke laadpalen in de toekomst sneller zullen kunnen laden, maar ook efficiënter worden gebruikt door eigenaren. Dit vertaalt zich in een hoger aantal kilowattuur dat wordt geladen per laadpaal. De (semi-)publieke laadpalen kunnen efficiënter worden gebruikt door of meer te laden per laadbeurt (met een grotere batterijcapaciteit laden of pas laden als de batterij minder range over heeft) of door sneller de auto af te koppelen zodra de batterij vol is, zodat een andere auto bij het (semi-)publieke laadpunt kan laden. Indien er in de toekomst op dezelfde manier wordt geladen als in de huidige situatie, waarbij de auto lange tijd op een laadpunt aangekoppeld kan blijven ook wanneer er niet meer wordt geladen, dan zullen er meer (semi-)publieke laadpunten nodig zijn om de laadbehoefte te dekken. De mate waarin er efficiënter wordt omgegaan met laadinfrastructuur is dus een belangrijke gevoeligheid voor het aantal (semi-)publieke laadpunten dat uit het model komt.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

In hoofdstuk 4 zijn de belangrijkste uitkomsten van de verschillende gemodelleerde scenario's beschreven. In dit hoofdstuk trekken wij de belangrijkste conclusies en worden aanbevelingen gegeven om ook in de toekomst tot een goede laadinfrastructuur voor elektrische voertuigen te komen.

5.1.1 Adoptie van elektrische voertuigen

Voor *zakelijke rijders* die een hoge kilometrage hebben en gebruik kunnen maken van een lage bijtelling is de elektrische auto nu al een interessant alternatief. Binnenkort zal de TCO ook zonder lagere bijtelling lager zijn. Het wachten is vooral op voldoende elektrische middenklassers met voldoende grote range die vanaf 2017/2018 worden verwacht.

Voor *woonwerkrijders* wordt een volledig elektrisch voertuig tussen 2018 en 2020 op basis van TCO een interessant alternatief.

Voor *privérijders* wordt een volledig elektrisch voertuig tussen 2020 en 2027 op basis van TCO een interessant alternatief.

Voor *bestelauto's* wordt een volledig elektrisch voertuig tussen 2019 en 2023 op basis van TCO een interessant alternatief.

In alle gevallen is uitgegaan van een gemiddelde gebruiker, waarbij er binnen de verschillende gebruikersgroepen een grote variatie is tussen individuele gebruikers.

Interessant is ook om te melden dat tweedehands elektrische voertuigen een aanzienlijk lagere TCO hebben dan nieuwe voertuigen omdat hun prijsvoordeel per kilometer hetzelfde is terwijl de kosten van de batterij bij een tweedehands auto al grotendeels zijn afgeschreven.

Plug-in hybride voertuigen met beperkte batterij capaciteit zouden, wanneer puur vanuit TCO wordt geredeneerd, snel aan populariteit verliezen. Ten eerste omdat de bijtellingsvrijstelling wordt afgebouwd. Ten tweede omdat zij bij lagere batterijprijzen qua TCO niet kunnen concurreren met volledig elektrische voertuigen. Ecofys en TU/e verwachten dat desalniettemin een deel van de consumenten toch voor een PHEV zal kiezen vanuit overwegingen van gebruiksgemak.

5.1.2 Impact op laadinfrastructuur

Per soort laadpunt kan het volgende worden geconcludeerd:

- De groei van elektrisch rijden wordt de komende jaren in alle scenario's als eerste verwacht in het zakelijke segment en aansluitend bij de woonwerk rijders. Hierdoor neemt de behoefte aan werkladers tot 2020 sterk toe van 300% bij een langzame energietransitie in scenario 1 en 3, tot 1150% bij een zeer snelle energietransitie in scenario 2 en 4. In 2020 verwachten wij dat, om aan de laadbehoefte te voldoen, minimaal 50.000 werkladpunten beschikbaar

moeten komen. In 2035 verwachten wij dat tussen de 579.000 en 1.036.000 werk laadpunten gerealiseerd moeten zijn.

- De behoefte aan (semi-)publieke laders neemt de komende jaren toe onder invloed van het grotere aantal gebruikers van volledig elektrische auto's, het verbeterde laadgedrag van PHEV rijders en het grotere aantal EV bezitters zonder mogelijkheid om thuis te laden. Hierdoor neemt de behoefte aan (semi-)publieke laders tot 2020 toe van 170% bij een langzame energietransitie in scenario 1 en 3, tot 760% bij een zeer snelle energietransitie in scenario 2 en 4. In 2035 verwachten wij dat tussen de 750.000 en 1.800.000 (semi-)publieke laadpunten gerealiseerd moeten zijn.
- Snelladers zijn op korte termijn met name belangrijk om EV rijders in staat te stellen langere ritten te maken. Hierbij is het vooral van belang dat er over Nederland een goed dekkend netwerk van snelladers beschikbaar is. Bij de huidige vermogens van snelladers is het nog geen alternatief voor parkeerladen. Op de langere termijn zou snelladen bij hogere vermogens mogelijk een alternatief kunnen worden voor parkeerladen. Het is nog niet mogelijk om te bepalen in hoeverre snelladen parkeerladen zou kunnen vervangen en bij welke snelheden, omdat dit van (psychologische) voorkeuren van de gebruikers afhangt die nog beter onderzocht moeten worden.

De conclusies ten aanzien van het effect van autodelen en autonoom rijden zijn als volgt:

- Volledig autonome personenauto's kunnen technisch gezien tussen 2020-2025 de markt betreden. Als autonoom rijden op de openbare weg vervolgens ook wordt toegestaan is dit een sterke stimulans voor autodelen.
- Deelauto's leiden tot een afname van het individueel autobezit en daarmee tot een afname van het aantal voertuigen in het Nederlandse wagenpark. Wanneer autonoom rijden mogelijk wordt zal een groot aandeel van de deelauto's autonoom worden en neemt de populariteit van deelauto concepten snel toe. Deelauto's zullen veel kilometers maken en daarom overwegend elektrisch zijn.
- Door de afname van het individueel autobezit neemt de vraag naar laadinfrastructuur af. In scenario 3 en 4, waarin het aantal deelauto's sterk toeneemt, zijn respectievelijk 620.000 en 1.281.000 minder publieke, werk- en thuislaadpunten benodigd dan in scenario 1 en 2, waarin beperkt gebruik wordt gemaakt van autodelen. Dit betekent een reductie in het aantal benodigde publieke, werk- en thuislaadpunten van zo'n 25% in 2035 ten opzichte van een scenario met beperkt autodelen en autonoom rijden.
- Autonoom rijdende voertuigen hebben de mogelijkheid om zelf een beschikbaar laadpunt te vinden en wanneer zij weer geladen zijn, het laadpunt weer beschikbaar te stellen voor een ander voertuig. Hiermee kan de bezettingsgraad van laadpunten worden verhoogd en het aantal benodigde laadpunten naar beneden worden gebracht. Wij verwachten echter dat autonome deelvoertuigen vooral gebruik zullen maken van speciale (snel)laadpleinen op centraal gelegen locaties, waarmee het aantal laadpunten nog verder afneemt.
- In een scenario 4, het meest progressieve scenario ten aanzien van de snelheid van de energietransitie en autodelen, neemt tussen 2030 en 2035 de vraag naar het aantal laadpunten af onder invloed van de opkomst van (autonome) deelauto's. In dit scenario is er dus op de zeer lange termijn een risico op desinvesteringen in de laadinfrastructuur. Op de korte termijn is dit risico niet aanwezig omdat de groei van het aantal elektrische auto's

sneller toeneemt dan het dempende effect van autodelen op de omvang van het Nederlandse wagenpark.

5.1.3 Impact op beleidsdoelen

De scenario's die in dit onderzoek zijn uitgewerkt hebben een impact op de beleidsdoelstellingen van de Nederlandse overheid, met name op luchtkwaliteit, klimaat en energievoorziening zekerheid.

Luchtkwaliteit – Diesel voertuigen en in minder mate benzine voertuigen veroorzaken uitstoot van schadelijke emissies (o.a. NO_x en PM). Elektrische voertuigen veroorzaken tijdens het rijden geen schadelijke uitstoot en hebben daarom een positieve impact op de luchtkwaliteit. In de scenario's waarin de energietransitie sneller verloopt (scenario 2 en 4) neemt het aantal elektrische voertuigen sneller toe en heeft daarmee een positieve impact op de luchtkwaliteit. In scenario 2 en 4 neemt daarnaast de hoeveelheid duurzame energie sneller toe met als effect dat er minder kolen en gas centrales voor de productie van elektriciteit, wat ook een positief effect op de luchtkwaliteit teweeg brengt. Deelauto's zullen daarnaast gemiddeld kleiner zijn (de meeste ritten maken we alleen en deelauto's worden gematcht aan de rit) en ook dat is goed voor de luchtkwaliteit.

Klimaatdoelen – Binnen de EU is afgesproken de CO₂ uitstoot met 40% te verminderen in 2030 ten opzichte van 1990. Personenvoertuigen en bestelbusjes zijn verantwoordelijk voor zo'n 12% van de Nederlandse CO₂ emissies. Elektrificatie in combinatie met duurzame energie zou dus een belangrijke bijdrage leveren. Deelauto's zijn als gezegd gemiddeld kleiner en gebruiken daarom minder energie. Deelauto's zorgen ook voor minder emissies doordat er minder auto's worden geproduceerd. De bijdrage aan klimaatdoelstellingen is daarom het sterkste in scenario 4, gevolgd door scenario 3 en 2.

Energiezekerheid - Elektrisch gereden kilometers zorgen voor energievoorzieningszekerheid, omdat er minder gebruik wordt gemaakt van geïmporteerde fossiele brandstoffen. De elektriciteit die nodig is voor elektrische auto's kan netto opgewekt worden in Nederland. Ook kunnen elektrische auto's, via slim laden, bijdragen aan de inpasbaarheid van duurzame energie. Ecofys concludeerde in het rapport "waarde van congestiemanagement" (2016) dat waarde van flexibilitiediensten met name groot zijn wanneer een groot aandeel elektrische voertuigen in het Nederlands wagenpark beschikbaar komt (Ecofys, 2016). Autonoom rijden heeft als effect dat er minder laders benodigd zijn omdat de bezettingsgraad per lader kan worden verhoogd. Ook zal er door de gemiddeld kleinere auto's minder energie worden gebruikt.

Een kwalitatieve indicatie van de impact op de beleidsdoelen is weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8: Indicatie kwalitatieve impact ontwikkeling elektrische vervoer in verschillende scenario's

Beleidsdoelen Nederland	Scenario 1: Langzame energietransitie + individueel eigenaarschap	Scenario 2: Snelle energietransitie + individueel eigenaarschap	Scenario 3: Langzame energietransitie + autodelen en autonoom rijden	Scenario 4: Snelle energietransitie + autodelen en autonoom rijden
Luchtkwaliteit	+	++	++	+++
Klimaatdoelen	+	++	++	+++
Energiezekerheid	++	+++	++	+++

5.2 Aanbevelingen

5.2.1 Stimuleer de uitrol van werkladers

Zakelijke rijders en woonwerk rijders hebben als eerste een TCO voordeel op het gebruik van een elektrische auto. Deze klantgroepen kunnen de elektrische auto vrijwel dagelijks op het werk opladen. Zeker wanneer de batterijcapaciteit groter wordt kan werkladen een belangrijke bron zijn voor het opladen voor deze twee klantgroepen. Dit wordt versterkt door het feit dat werkladen relatief voordelig kan zijn vanwege lagere energiebelasting en relatief lage aansluitkosten. Het stimuleren van werkladers kan daarmee de druk op het plaatsen van (semi-)publieke parkeerladers verminderen doordat in de toekomst de noodzaak voor publiek laden lager is wanneer zakelijke rijders en woonwerk rijders een groot deel van hun oplaadbehoefte gefaciliteerd zien op het werk. Om werkladers te stimuleren kan gedacht worden aan:

- Het opzetten van een Green Deal met werkgevers en leasebedrijven, waarin uitgesproken wordt om het aantal werkladers in de komende jaren sterk te laten stijgen om meer zakelijke rijders over te krijgen op PHEV's en BEV's.
- Doelstellingen voor elektrische werklaadinfrastructuur te definiëren en dit ook met gemeentes af te stemmen voor parkeerplaatsen op bedrijfsterreinen onder gemeentelijk beheer.

Wij adviseren in de periode tot 2020 in te zetten op een stijging van het aantal werklaadpunten bij bedrijven en op bedrijventerreinen. Ons model voorspelt dat tot 2020 minimaal 300% meer werklaadpunten benodigd zijn om de laadbehoefte bij de zakelijke en woonwerkrijder te faciliteren. Op korte termijn zou een inventarisatie onder zakelijke en woonwerk EV rijders duidelijkheid kunnen geven op welke locaties de grootste behoefte naar werkladers bestaat.

5.2.2 Faciliteer publiek parkeerladen

Ook wanneer werkladen een aanzienlijk onderdeel is van de totale laadinfrastructuur, is er een groeiende behoefte aan (semi-)publieke laadinfrastructuur. Zeker voor auto eigenaren zonder eigen oprit is de beschikbaarheid van een (semi-)publieke laadpunt in de buurt van het huis een belangrijke

overweging om over te stappen op een elektrische auto. Er is een sterke groei in het aantal (semi)publieke laadpunten te verwachten in de komende jaren die lokale en nationale overheden kunnen faciliteren door:

- Te helpen bij de kennisopbouw bij gemeentes, bijvoorbeeld via het Nederlands Kennisplatform Laadinfrastructuur (NKL). Alle gemeentes zullen met de ontwikkeling van publieke elektrische laadpunten te maken krijgen. Het uitwisselen van kennis, best practices en overwegingen voor het plaatsen van publieke laadinfrastructuur kan het verkrijgen van een goed dekkende laadinfrastructuur versnellen.
- Kosten reductie voor de aanbestedingen voor het aanleggen van publieke laadinfrastructuur door:
 - Standaardisatie, bijvoorbeeld door in de aanbesteding een standaard Programma van Eisen te gebruiken en gezamenlijk standaarden en protocollen aan te houden en verder te ontwikkelen, zoals OCPP, OSCP, OCPI;
 - Schaalvergroting e.g. door verschillende regio's of steden samen aan te laten besteden;
 - Verlengen van de contracttermijn, waardoor de terugverdientijd van de exploitant wordt verlengd.
- Het versnellen van het verlenen van vergunningen voor de aanleg van (semi)publieke laadpunten, bijvoorbeeld door in een vroeg stadium parkeerplaatsen te bestemmen voor gebruik door elektrische auto's en deze bestemming per omgaande in te vullen als er een laadpunt benodigd is.
- Door de gebruiksgraad²⁰ van (semi)publieke laadpalen te verhogen kan de business case worden verbeterd en het aantal benodigde publieke laadpalen worden verminderd. Mogelijkheden zijn bijvoorbeeld door het ontwikkelen van apps of parkeertarieven die omhoog gaan wanneer het voertuig niet langer wordt geladen maar nog wel een laadpunt bezet houdt.

Wij adviseren in de periode tot 2020 in te zetten op een stijging van het aantal (semi)publieke laadpunten. Ons model voorspelt dat tot 2020 minimaal 170% meer publieke laadpunten benodigd zijn om de laadbehoefte te faciliteren. De ontwikkeling van het aantal publieke laadpunten dient altijd op te lopen gelijk met de ontwikkeling van het aantal elektrische voertuigen om marktverstoring te voorkomen.

5.2.3 Faciliteer een goed dekkend netwerk van corridorladers

Corridorladers, of snelladers langs de snelweg, is een belangrijke toevoeging op de laadinfrastructuur om de EV rijder in staat te stellen ook langere ritten te maken. Door de uitrol van corridorladers wordt één van de belangrijkste barrières voor de overstap naar volledig elektrische voertuigen, de beperkte range van een volledig elektrisch voertuig, sterk verminderd. Het is daarom van belang dat een goed dekkend netwerk van snellaadpunten beschikbaar is in Nederland. Wel zien wij dat de huidige EV rijders in het dagelijks gebruik van hun EV de voorkeur geven aan thuisladen, werkladen of publiek

²⁰ DE mate waarin een EV ook daadwerkelijk wordt geladen wanneer deze bij een laadpaal staat.

laden (ca. 90-95% van de totaal afgenomen elektriciteit) en dat de beschikbaarheid van laadpalen in de buurt van het huis momenteel een vereiste is voor het aanschaffen van een elektrisch voertuig.

(Semi)publieke snelladers en (semi)publieke laders die bedoeld zijn om tijdens het parkeren te gebruiken zijn in theorie communicerende vaten: ze kunnen beiden in de behoefte aan publiek laden voorzien. Uit enquêtes en gebruiksgegevens van fabrikanten blijkt tot nu toe echter weinig animo voor het gebruiken van snelladers in plaats van laders bij een parkeerplaats. Als snelladen nog 5 tot 10 keer zo snel is als nu zou dat beeld kunnen veranderen en zouden snellaadpunten publieke laders wellicht kunnen vervangen, maar meer onderzoek is nodig naar de voorkeuren van de EV rijders voordat dit geconcludeerd kan worden.

Wij adviseren om een goed dekkend netwerk van corridorladers in Nederland te faciliteren. Daarnaast adviseren wij middels aanvullend onderzoek vast te stellen in welke mate en bij welke vermogens en kosten snelladen een alternatief kunnen vormen voor (semi)publiek laden.

5.2.4 Geef TCO voorlichting over elektrisch rijden

In de komende 10 jaar ontstaat binnen alle gebruikersgroepen van een EV een lagere TCO dan voor een conventioneel voertuig. Door voorlichting te even over de kosten van een elektrische voertuigen ten opzichte van conventionele voertuigen kan de consument gestimuleerd worden een elektrische voertuig aan te schaffen. Dit kan bijvoorbeeld worden gedaan door:

- Voorlichtingscampagnes over de totale kosten in vergelijking met de aanschafkosten.
- Een website waar overzichtelijk wordt neergezet welke kosten voor elektrische en fossiele auto's gelden.
- Het stimuleren van kennis over de TCO versus aanschafkosten bij autoverkopers in de vorm van trainingen
- Het stimuleren private lease zodat kopers zich meer bewust worden van de TCO in plaats van de aanschafprijs.

5.2.5 Faciliteer slim laden

Nederland is wereldmarktleider slim laden (smart charging) en "onze" open protocollen OCPP en OCPI worden wereldwijd gebruikt. Onder de huidige salderingsregeling het slim gebruiken van de zelf opgewekte energie echter niet noodzakelijk, aangezien het terug leveren aan het elektriciteitsnet evenveel oplevert als de elektriciteit zelf direct gebruiken. Onder de huidige salderingsregeling is er daarom hierdoor bij consumenten geen (financiële) stimulans om op een slim moment de elektrische auto op te laten.

Door slim laden te faciliteren en verder door te ontwikkelen worden de kosten van elektrisch laden naar beneden gebracht. Mogelijk zal de netbeheerder in de toekomst een veel snellere aansluiting gaan bieden zonder de prijs te verhogen in ruil voor het feit dat de laadpaal bij incidentele piekbelastingen gas terugneemt. Daarnaast faciliteert slim laden de overgang naar duurzame energiebronnen, door de (duurzame) energie af te nemen op het moment dat deze overvloedig (en dus goedkoop) geproduceerd wordt.

De koppositie van Nederland op het gebied van slim laden biedt daarnaast kansen voor Nederlandse bedrijven om hun kennis en producten naar het buitenland te exporteren. Hierbij kan concreet worden gedacht aan:

- Het toebedelen van de programmaverantwoordelijkheid aan de eindklant zodat deze hem eenvoudig onderdeel kan maken van een contract met een zogenaamde aggregator.
- Het afsluiten van flexibele contracten met de netbeheerder waarbij het laadpunt voor hetzelfde geld sneller kan laden in ruil voor minder snel laden op momenten met piekdrukke.
- Het invoeren van platformen voor het verhandelen van flexibiliteit zoals USEF.
- Het direct cryptografisch "ondertekenen" van laadtransacties zodat de informatie nodig om hierin te handelen direct bij het afsluiten van de transactie beschikbaar is. Eventueel kan dit gekoppeld worden aan cybersecurity en blockchain om in Nederland een proeftuin voor voorlopers te scheppen²¹.

Vooralsladers en straatladers hebben voordeel van slim laden omdat het prijsvoordeel voor een flink deel in de nacht optreedt. Werkkladers profiteren deels van de piek in PV midden op de dag. Snelladers kunnen per definitie weinig tot niets doen met flexibiliteit.

5.2.6 Stimuleer autodelen en autonoom rijden, vooral met wet- en regelgeving

Autodeelconcepten leiden tot minder voertuigen in het totale wagenpark en zijn bij uitstek geschikt voor elektrificatie. Daarnaast verlaagt autodelen de kosten voor de consument, heeft het positieve gevolgen voor het leefklimaat in de stad en de uitstoot van broeikasgassen. Autonoom rijden heeft de potentie om het aantal benodigde thuis, werk en (semi)publieke laders in 2035 tot wel 25% te verminderen ten opzichte van een scenario zonder autodelen en autonoom rijden.

In verband met de positieve maatschappelijke effecten die verwacht worden verdient het aanbeveling om drempels voor autonoom rijden waar mogelijk weg te nemen. Een belangrijke drempel zal bestaan uit wet- en regelgeving en daarom bevelen wij aan om nu al te verkennen hoe deze aangepast zou kunnen worden. Ook zou gekeken kunnen worden waar autonoom rijden in de toekomst minder populaire of meer vervuilende vormen van openbaar vervoer zou kunnen vervangen.

²¹ Cryptografisch tekenen op basis van asynchrone versleuteling is al geopperd in de standaard IEC 15118 voor elektrische auto's maar tot nu toe voor zover wij weten niet geïmplementeerd. Dit zou ook het beschermen van transacties tegen misbruik makkelijker maken en bij misbruik is er in ieder geval een vingerafdruk van de dader die zich immers geauthentiseerd moet hebben en wiens authenticatie veilig is opgeslagen bij de transactie. De implementatie heeft echter alleen zin als deze breed wordt omarmd en als zodanig zou het een speerpunt kunnen zijn in een plan dat laadinfrastructuur en elektrisch rijden ondersteunt.

6 Appendix

6.1 Appendix A: Bronvermelding

- CBS, 2015, transport en mobiliteit 2015
- CBS, 2016, statistieken Nederlandse wagenpark
- CBS, 2016, Onderzoek Verplaatsingen in Nederland (OVIN)
- ECN, 2016, Nationale Energieverkenning 2016
- Ecofys, 2016, Waarde van congestie management
- Fraunhofer ISI, 2011, a sustainable transport vision for Germany
- Fraunhofer ISI, 2016, Electric vehicles are mainly interesting in car-sharing and commercial fleets
- Goudappel Coffeng, 2010, Woon-werkverkeer als drijvende kracht achter groei automobilititeit
- McKinsey, 2016, disruptive trends that will transform the auto industry
- Molnár, H., 2004, 'Woon-werkverkeer', Sociaal-economische Trends, vierde kwartaal 2004, p. 47-50
- TNO, 2016, Monitoring van plug-in hybride voertuigen (PHEVs) april 2012 t/m maart 2016
- RVO, 2016, cijfers elektrisch vervoer
- VMS Insight, 2015, Nationaal Zakenauto Onderzoek

6.2 Appendix B: Resultaten van benodigde laadinfrastructuur in tabelvorm

De onderstaande tabellen geven de resultaten van de scenario analyse voor zowel personenvoertuigen als bestelauto's.

Scenario 1: Business as usual

Type auto	2015	2020	2025	2030	2035
PHEV	78.100	81.600	215.100	450.500	711.400
BEV Zakelijk	8.000	44.900	146.500	487.700	581.100
BEV Woon-werk	0	3.400	120.700	497.200	933.700
BEV Prive	0	800	35.400	179.000	630.000
BEV Carsharing	300	800	4.200	23.400	65.800
BEV Autonoom	0	0	0	0	3.500
BEV Bestelauto's	1.500	1.400	14.900	95.200	233.900
Totaal	87.900	132.900	536.800	1.733.000	3.159.400

Jaar	Thuis-laadpunten	Publieke laadpunten	Werk laadpunten	Autodeel laadpunten	Autonoom rijden laadpunten	Corridor snellaadpunten
2016	60.000	17.000	12.600	300	0	Een goed dekkend netwerk van corridorladers is leidend
2020	78.300	45.500	50.900	800	0	
2025	274.000	178.000	208.000	4.000	0	
2030	721.000	579.000	570.000	23.000	0	
2035	967.000	961.000	741.000	66.000	170	

Scenario 2: Versnelde energietransitie

Type auto	2015	2020	2025	2030	2035
PHEV	78.100	122.800	267.600	488.900	659.700
BEV Zakelijk	8.000	106.000	574.600	804.700	822.700
BEV Woon-werk	0	66.900	536.300	1.134.100	1.696.600
BEV Prive	0	16.900	215.500	853.300	1.673.700
BEV Carsharing	300	800	4.200	23.400	65.800
BEV Autonoom	0	0	0	0	3.500
BEV Bestelauto's	1.500	13.700	120.700	344.400	562.700
Totaal	87.900	327.100	1.718.900	3.648.800	5.484.700

Jaar	Thuis-laadpunten	Publieke laadpunten	Werk laadpunten	Autodeel laadpunten	Autonoom rijden laadpunten	Corridor snellaadpunten
2016	60.000	17.000	12.600	300	0	Een goed dekkend netwerk van corridorladers is leidend
2020	187.600	145.800	157.200	800	0	
2025	845.000	717.000	698.000	4.000	0	
2030	1.477.000	1.342.000	997.000	23.000	0	
2035	1.698.000	1.798.000	1.036.000	66.000	170	

Scenario 3: Deeleconomie met snelle toename autonoom rijden

Type auto	2015	2020	2025	2030	2035
PHEV	78.100	81.400	212.400	413.200	512.100
BEV Zakelijk	8.000	44.800	144.900	444.500	415.300
BEV Woon-werk	0	3.300	119.400	455.300	670.200
BEV Prive	0	800	34.900	166.300	457.200
BEV Carsharing	300	3.400	22.900	114.000	169.800
BEV Autonoom	0	0	1.200	28.500	254.800
BEV Bestelauto's	1.500	1.400	14.900	95.200	233.900
Totaal	87.900	135.100	550.600	1.717.000	2.713.300

Jaar	Thuis-laadpunten	Publieke laadpunten	Werk laadpunten	Autodeel laadpunten	Autonoom rijden laadpunten	Corridor snellaadpunten	
2016	60.000	17.000	12.600	300	0	Een goed dekkend netwerk van corridorladers is leidend	
2020	78.200	45.400	50.800	3.400	0		
2025	271.000	177.000	206.000	23.000	100		
2030	666.000	538.000	527.000	114.000	1.400		840
2035	719.000	751.000	579.000	170.000	12.700		840

Scenario 4: Versnelde energietransitie en deeleconomie

Type auto	2015	2020	2025	2030	2035
PHEV	78.100	120.600	230.300	349.800	388.300
BEV Zakelijk	8.000	105.900	566.900	727.000	572.300
BEV Woon-werk	0	66.900	529.400	1.033.400	1.202.900
BEV Prive	0	16.900	213.100	783.400	1.198.300
BEV Carsharing	300	3.400	22.900	114.000	169.800
BEV Autonoom	0	0	1.200	28.500	254.800
BEV Bestelauto's	1.500	13.700	120.700	344.400	562.700
Totaal	87.900	327.400	1.684.500	3.380.500	4.349.100

Jaar	Thuis-laadpunten	Publieke laadpunten	Werk laadpunten	Autodeel laadpunten	Autonoom rijden laadpunten	Corridor snellaadpunten	
2016	60.000	17.000	12.600	300	0	Een goed dekkend netwerk van corridorladers is leidend	
2020	186.100	145.400	156.700	3.400	0		
2025	816.000	704.000	679.000	23.000	100		
2030	1.302.000	1.230.000	870.000	114.000	1.400		2.060
2035	1.177.000	1.374.000	700.000	170.000	12.700		1.680

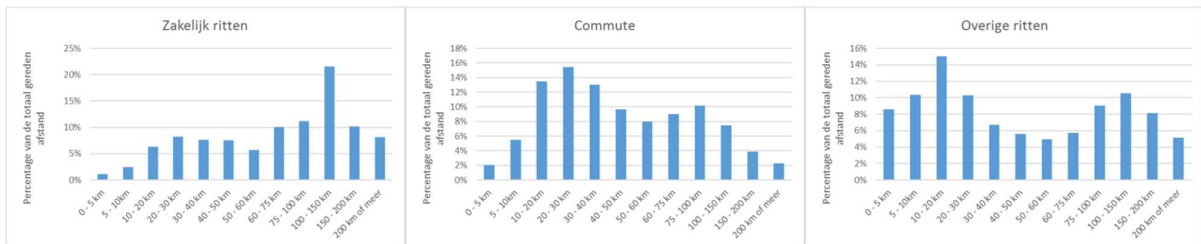
6.3 Appendix C: Verdere toelichting gebruikersprofielen

Toelichting gebruikersprofielen en mobiliteitsbehoefte personenauto's

In dit onderzoek is een set gebruikersprofielen gedefinieerd op basis van de mobiliteitsbehoefte van Nederlanders. Wij onderscheiden vier typen voertuigen, die samen een afspiegeling vormen van typische autogebruikers in Nederland, zie tabel 1.

- De jaarlijkse kilometrages en aandeel in het Nederlands wagenpark zijn afgeleid van data van het CBS, het Nationaal Zakenauto Onderzoek (2013) en Molnár (2004).
- Het marktaandeel en ritprofiel van zakelijke rijders en woon-werk rijder is afgeleid van Nationaal Zakenauto Onderzoek 2015 en ingeschat voor de overige categorieën.

Op basis van OViN kunnen de ritpatronen voor zakelijke, commute (woon-werk) en overige ritten worden opgesteld. De onderstaande analyse geeft de totale afstand gereden binnen de ritafstand klasse weer. Hieruit kan het relatieve verschil tussen het ritprofiel van de verschillende type ritten opgemaakt worden. Zo is te zien dat zakelijke ritten relatief vaak lange afstanden maken, terwijl commute ritten relatief veel kortere afstanden hebben.



Toelichting gebruikersprofielen en mobiliteitsbehoefte bestelauto's

Het gemiddelde kilometrage van bestelauto's was in 2014 18.778 kilometer (CBS, 2016). Er zijn geen aparte kilometrage gegevens bekend per type gebruiker, zoals ze hierboven zijn gedefinieerd, maar de voornaamste type gebruiker zal per sector verschillen. In Tabel 9 staan het aantal bestelauto's per sector, het gemiddelde jaarkilometrage per sector en of de sector als geheel meer dan circa 10% afwijkt van het gemiddelde jaarkilometrage voor alle bestelauto's.

Tabel 9: Aantal bestelauto's per sector en gemiddeld jaarkilometrage

Sector	Aantal bestelauto's	Gemiddelde jaarkilometrage	Binnen circa 10% verschil van gemiddelde jaarkilometrage
A Landbouw, bosbouw en visserij	47.440	13.958	Nee
B Delfstoffenwinning	340	20.192	ja
C Industrie	64.560	20.112	ja
D Energievoorziening	2.570	18.257	ja
E Waterbedrijven en afvalbeheer	4.990	18.303	ja
F Bouwnijverheid	233.330	18.337	ja

Sector	Aantal bestelauto's	Gemiddelde jaarkilometrage	Binnen circa 10% verschil van gemiddelde jaarkilometrage
G Handel	198.810	18.101	ja
H Vervoer en opslag	37.380	29.778	nee
I Horeca	19.260	14.948	nee
J Informatie en communicatie	8.970	20.290	ja
K Financiële dienstverlening	8.420	17.656	ja
L Verhuur en handel van onroerend goed	7.590	13.141	nee
M Specialistische zakelijke diensten	39.600	20.736	ja
N Verhuur en overige zakelijke diensten	76.720	20.696	ja
O Openbaar bestuur en overheidsdiensten	9.570	12.323	nee
P Onderwijs	5.870	15.664	nee
Q Gezondheids- en welzijnzorg	9.700	15.962	nee
R Cultuur, sport en recreatie	14.880	16.344	ja
S Overige dienstverlening	14.090	19.043	ja

Uit bovenstaande tabel volgt dat meer dan 80% van de bestelauto's zich bevindt in een sector die maximaal 10% afwijkt qua gemiddeld kilometrage van het gemiddelde van alle bestelauto's. Het type gebruiker zal wel sterk verschillen, de sector handel zal bijvoorbeeld voornamelijk het type bezorger hebben als bestelauto's, terwijl de sector bouwnijverheid vaker het type aannemer en serviceverlener zal hebben. Aangezien de jaarlijkse kilometrages toch erg dicht bij elkaar liggen (zeker voor de grootste twee sectoren, handel en bouwnijverheid) is ervan uitgegaan dat alle type gebruikers van bestelauto's ongeveer hetzelfde gemiddelde jaarkilometrage hebben van 18.778 kilometer. Uitgaande van circa 18.000 kilometer per jaar, verspreid over 45 weken van 5 dagen, komt dat uit op een gemiddelde van 80 kilometer per dag.

6.4 Appendix D: Verdere toelichting TCO analyse

Total Cost of Ownership

Dit is het relatief "harde" deel van het scenario en hieruit wordt duidelijk dat de elektrische auto ook in dit conservatieve scenario relatief snel een lagere TCO krijgt. Allereerst voor de deelauto en de zakelijke rijder (die meer kilometers maken) maar later ook voor de overige auto's.

Brandstofmotor versus elektromotor

De elektromotor levert meer vermogen en efficiency voor minder geld. Het TCO model splitst de kosten van de auto op in kosten voor de aandrijflijn, kosten voor de batterij en overige kosten. Vervolgens kan men naar de toekomst toe auto's produceren die alleen met betrekking tot de aandrijflijn en de batterij van elkaar verschillen en de impact op TCO analyseren. De elektromotor blijkt flinke voordelen te hebben:

1. De aanschafkosten van een elektromotor zijn per kilowatt c.q. paardenkracht minder dan de helft van die van een benzine-aandrijving. In 2035 wordt dit zelfs minder dan één vierde. Een elektrische auto kan dus meer motorvermogen hebben bij een lagere aanschafprijs.
2. De onderhoudskosten van een elektrische aandrijflijn zijn momenteel circa een derde van die van een benzine-aandrijving. Dit zal verder in prijs dalen door opschaling.
3. Het energiegebruik van een elektromotor is bij doorsnee gebruik minder dan een derde van het energiegebruik van een brandstofmotor. Daarom zijn de kosten per kilometer veel lager, zelfs al is de belasting op elektriciteit hoger.
4. Een elektromotor is ook efficiënt bij lage belasting zodat een grote motor toch zuinig is. Zo gebruikt een Bugatti Veyron door zijn 1000 pk brandstofmotor in de stad circa 40 liter per 100 kilometer. Een Tesla Model S met 760pk heeft *twintig* keer minder energie nodig heeft.

De ontwikkelingen qua motor zijn niet uitgesplitst in een snel en langzaam scenario omdat er relatief weinig onzekerheid bestaat. De brandstofmotor is een mature technology die al bijzonder ver ontwikkeld is en waarbij de te verwachten verbeteringen beperkt zijn. Weliswaar is er bij officiële (NEDC) testen veel vooruitgang geboekt qua CO₂ uitstoot de afgelopen decennia, maar bij wegstesten blijkt de gerealiseerde verbetering in de realiteit zeer beperkt (iets wat nu door het Europees Parlement wordt onderzocht). De efficiëntie van de elektrische aandrijflijn is relatief hoog en de kosten laag waardoor de verwachte prijsdaling vooral voortkomt uit schaalvoordelen.

De dieselmotor zal het de komende jaren zwaar kunnen krijgen omdat de productiekosten per kW ongeveer 50% hoger liggen dan de benzinemotor en daar komt dan nog dure en gebruikersonvriendelijke apparatuur voor het schoonmaken van de uitstoot bovenop. Dit maakt diesel vooral bij kleine voertuigen in toenemende mate onrendabel.

Brandstofkosten

Hoewel de winst voor de TCO van de elektromotor groot is zit de grootste winst in het uitsparen van de brandstofkosten. In tegenstelling tot wat vaak gedacht wordt zit dat hem niet in het feit dat benzine duurder is. Benzine (en diesel) kosten om te maken en af te leveren circa zes cent. Dit is iets goedkoper dan de zeven cent die de productie van elektriciteit kost (en dan kijken we nog niet naar de kosten van de elektriciteitsaansluiting). De belastingen maken het beeld (voor eindgebruikers) nog iets schever en uiteindelijk kost een kilowattuur diesel de klant 11 cent, benzine 17 cent en elektriciteit 19 cent. Omdat de elektrische auto echter 3x minder energie nodig heeft zijn de

energiekosten per kilometer respectievelijk 13 cent voor benzine en 4 cent voor elektriciteit bij een doorsnee auto. Voor iemand die bijvoorbeeld 20.000 kilometer per jaar rijdt scheelt dit elke maand meer dan 200 euro.

Voor diesel ziet de toekomst er qua TCO minder rooskleurig uit. Diesel is nu nog goedkoper dan benzine maar wij verwachten dat de belastingvoordelen ten opzichte van benzine worden afgebouwd omdat luchtvervuiling een aandachtspunt is terwijl er in de praktijk geen CO2 reductie wordt gerealiseerd.²² Bij gelijke accijns zijn de energiekosten slechts 15% lager zijn dan van benzine. Door de duurdere aandrijflijn wordt het dan moeilijk voor diesels om te concurreren met personenauto's op benzine. Bovendien zijn dieselauto's over het algemeen kilometervreters en juist daar wordt de elektrische auto qua TCO binnenkort veel goedkoper.

Kijkend naar de toekomst is het allereerst de vraag hoe de productiekosten van en belasting op fossiele brandstof zich zullen ontwikkelen. De huidige prijs voor benzine is 1.62 €/l en bestaat voor zo'n 30-35% uit de productieprijs en voor 65-70% uit accijnzen en BTW. In een

Prijs benzine (€/l)	Jaar		
	2015	2025	2035
Langzame energietransitie	1.60	2.00	2.35
Versnelde energietransitie	1.60	2.10	2.50

langzaam energietransitie-scenario schatten wij dat de prijs van olie toeneemt tot ongeveer 140 USD/bbl in 2035 (World Energy Outlook 2015, current policy scenario). In dit scenario wordt een beperkte stijging van accijnzen en heffingen verwacht.

Elektriciteitskosten en "slim laden"

Bij elektriciteit is het vooruitzicht heel anders. Zonnepanelen die tot voor kort onbetaalbaar waren leveren in zonnige gebieden nu de goedkoopste stroom (2.1 eurocent per kWh) en offshore wind in Nederland begint met 7.7 cent per kWh al in de buurt van kolenstroom te komen. De verwachting is dat de al geplande prijsdalingen op lange termijn zullen leiden tot een lagere prijs.

Wel is er bij energie uit zon en wind sprake van ongeplande fluctuaties die met dure opslagcapaciteit of flexibilisering van de vraag gecompenseerd moeten worden. Juist de elektrische auto kan middels slim laden goed in deze flexibele vraag voorzien: EV's staan vooral midden in de nacht en midden op de dag stil en juist dan is er de grootste behoefte aan elektriciteitsvraag. Middels zogenaamd *slim laden* kan de elektrische auto zo al snel enkele centen per kWh besparen. Ook kunnen elektrische auto's samen met o.a. een toename van het aantal warmtepompen en toenemende elektriciteit uit zon en wind een destabilisatie van het elektriciteitsnet veroorzaken. Slim laden is dus ook van waarde voor de netbeheerder.

De kosten van en kansen tot laden

²² Houd er ook rekening mee dat Dieselbrandstof circa 15% meer energie per liter bevat en evenredig meer CO₂ uitstoot. Als daarbovenop apparatuur wordt toegepast die de uitstoot zuivert zodat de uitstootnormen gehaald worden zorgt dit nogmaals voor een toename van bijna 10% in het energiegebruik waarna de CO₂ uitstoot van diesel en benzine vrijwel hetzelfde is. Als de accijns gelijk wordt getrokken is diesel per energie-eenheid ongeveer 15% goedkoper en per liter precies even duur.

De kosten van elektrisch laden zijn onlangs weer onderzocht²³. Voor publiek laden zijn de grootste kostenposten in volgorde van TCO en uitgaande van een afschrijvingstermijn van tien jaar: energiebelasting; inkoop energie; periodieke kosten netaansluiting; onderhoud/reparatie; aansluiting/installatie laadpunt en het laadpunt zelf.

De kosten van een lader zijn hoger dan die van een stopcontact maar als de intelligente laadkabel die dan nodig is wordt meegerekend²⁴ is het verschil beperkt. De verschillen qua paal zitten vooral in het feit dat een paal in de publieke ruimte "hufproof" moet zijn en zijn verbruik draadloos moet doorgeven. De lader is echter lang niet de duurste component.

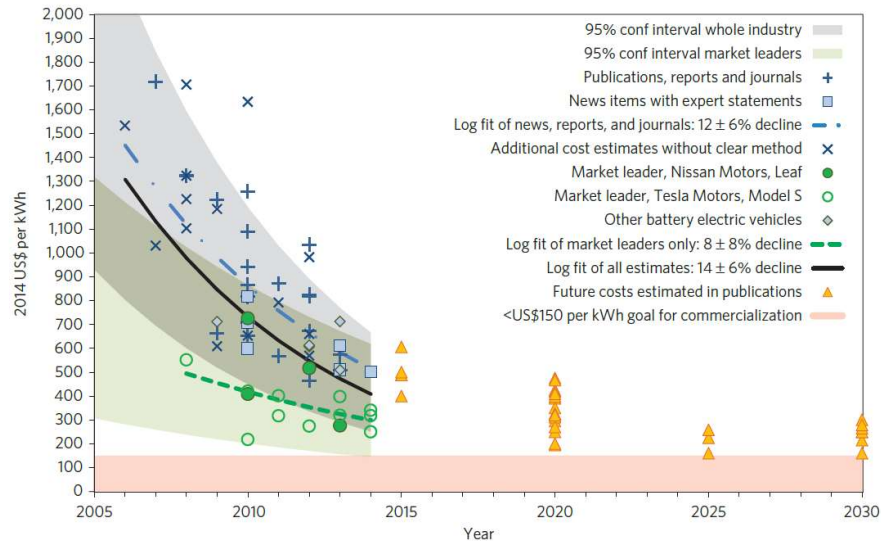
In het versnelde energietransitie scenario komt door een toename van de duurzame energie en een elektrificatie van de energievraag een toenemende behoefte aan flexibiliteit. De kosten van oplaadtechnologie dalen door verbeterde technologie en schaalvoordelen. In het langzame energietransitie-scenario is rekening gehouden met een beperkte verbetering van de technologie. Daarnaast is er beperkt behoefte aan flexibiliteit omdat de elektriciteit nog voor een significant gedeelte door fossiele bronnen wordt geleverd.

²³ Dit is in 2016 opnieuw onderzocht door het NKL. Zie Nationaal Kennisplatform Laadinfrastructuur, "Benchmark Kosten Publieke Laadinfrastructuur."

²⁴ Anders accepteert de auto uit veiligheidsoverwegingen geen stroom.

Batterijkosten

Hoewel de aandrijving en brandstof goedkoper zijn is de batterij duurder. Dit was tot voor kort de belangrijkste bottleneck voor elektrische auto. De batterijprijs heeft zich de laatste jaren echter stormachtig ontwikkeld²⁵ van gemiddeld 800 euro in 2010 naar minima van 200 euro in 2016. De belangrijkste kostenpost van de elektrische auto is dus in vier jaar met een factor vier afgenomen.

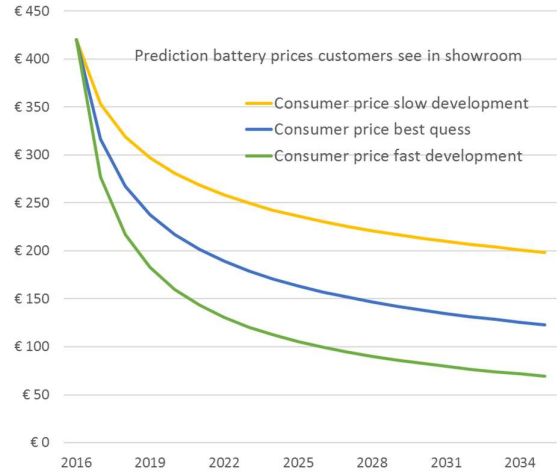
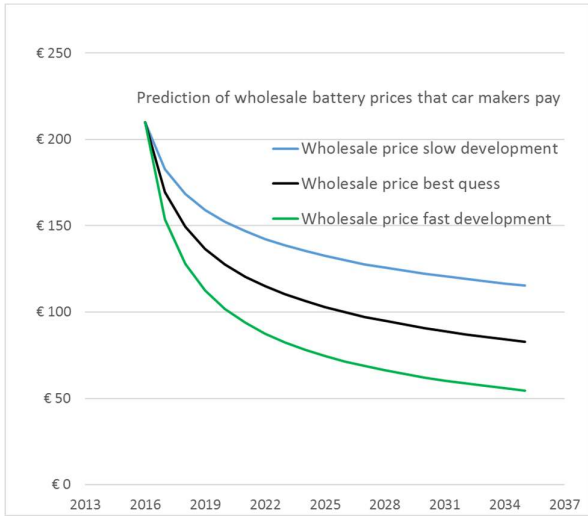


Batterijprijzen worden op verschillende manieren uitgedrukt dus het is niet altijd even makkelijk om prijzen met elkaar te vergelijken:

1. De prijs van de losse cellen (voordat ze in een *pack* worden verwerkt).
2. De prijs van het *pack* waarin de cellen verpakt zijn en waar vaak bijvoorbeeld ook koeling bij wordt aangebracht. Dit is op het moment circa 40% meer en zal in de toekomst afnemen naar circa 15% meer is onze verwachting.
3. De prijs per daadwerkelijk beschikbare kWh. Batterijen kunnen niet van 100% naar 0% ontladen worden zonder ernstige slijtage te ondervinden. Daarom worden batterijen over het algemeen maar voor 80% gebruikt al zou dit in de toekomst met betere productiekwaliteit, *battery management* systemen en een beter begrip van factoren die slijtage veroorzaken op kunnen lopen naar 90%.
4. De inkoopprijs voor de automaker versus het prijsverschil dat de koper terugziet wanneer hij de auto wil aanschaffen. De kosten voor de koper zijn door assemblage en een reeks winstmarges aanzienlijk hoger.

Op de TU/e is hier in het kader van het model onderzoek gedaan. De verwachting voor het snelle en langzame energie transitie scenario is in de onderstaande figuur weergegeven.

²⁵ Zie Nykvist and Nilsson, "Rapidly Falling Costs of Battery Packs for Electric Vehicles."



6.5 Appendix E: Verdere toelichting wagenpark stock analyse

In het stockmodel is vanuit de TCO analyse een doorvertaling gemaakt naar de adoptie van EV door de consument. Dit hangt voor een belangrijk deel af van de perceptie van potentiële autokopers.

Wanneer een voertuig

Het model gaat uit van twee zaken:

1. Potentiële kopers moeten een voordeel zien in de overstap.
2. Potentiële kopers hebben tijd nodig om van de voordelen van de nieuwe technologie overtuigd te raken.

Punt 1 wordt geadresseerd door te stellen dat klanten een prijsvoordeel nodig hebben om over te stappen op de nieuwe technologie. Onze aannames daarover zijn als volgt.

Type koper	Langzame energietransitie		Snelle energietransitie	
	Omslagpunt aankoop-beslissing	Aandeel consumenten	Omslagpunt aankoop-beslissing	Aandeel consumenten
Enthusiast	10%	15%	2%	15%
Low resistance	20%	40%	7%	40%
Somewhat resistant	25%	35%	15%	35%
Very resistant	40%	10%	25%	10%

Punt 2 wordt geadresseerd door er in dit scenario vanuit te gaan dat bekendheid verloopt volgens een s-curve. In het begin zijn het alleen de *early adopters* die het product kennen en waarderen. Later wordt de acceptatie algemener. Onze s-curve is als volgt, waarbij enkele jaren er uit worden gelicht.

Percentage consumenten met bekendheid van de voordelen van EV	2015	2020	2025	2030	2035
Langzame energietransitie	8%	50%	92%	99%	100%
Snelle energietransitie	8%	50%	92%	99%	100%

Kortom, in 2015 wist nog maar een tiende van de mensen bij wie er een prijsvoordeel had kunnen zijn van elektrisch rijden hiervan maar in 2020 zal dit een krappe meerderheid zijn. Alleen mensen die van een mogelijk prijsvoordeel weten komen in aanmerking om een EV te kopen in ons model.

6.6 Appendix F: Verdere toelichting model benodigde laadinfrastructuur

Toelichting model benodigde laadinfrastructuur

Om te bepalen welke laadinfrastructuur zal worden gebruikt per type gebruiker zijn regels opgesteld die de volgorde in de laadvoorkeuren van de gebruikers bepalen. Deze regels zijn afgeleid vanuit de gedachte dat eigenaren van EV's bij voorkeur thuis of op het werk laden, gevolgd door publiek laden en pas van een snellader gebruik maken wanneer dit noodzakelijk is omdat er een (te) lange afstand afgelegd moet worden. Voor een plug-in hybride auto zal er in doorgereden worden tot de batterij op is, waarna wordt overgeschakeld op de benzinemotor. Omdat laden op de snelweg relatief duur is, zullen PHEV's geen snelladers gebruiken.

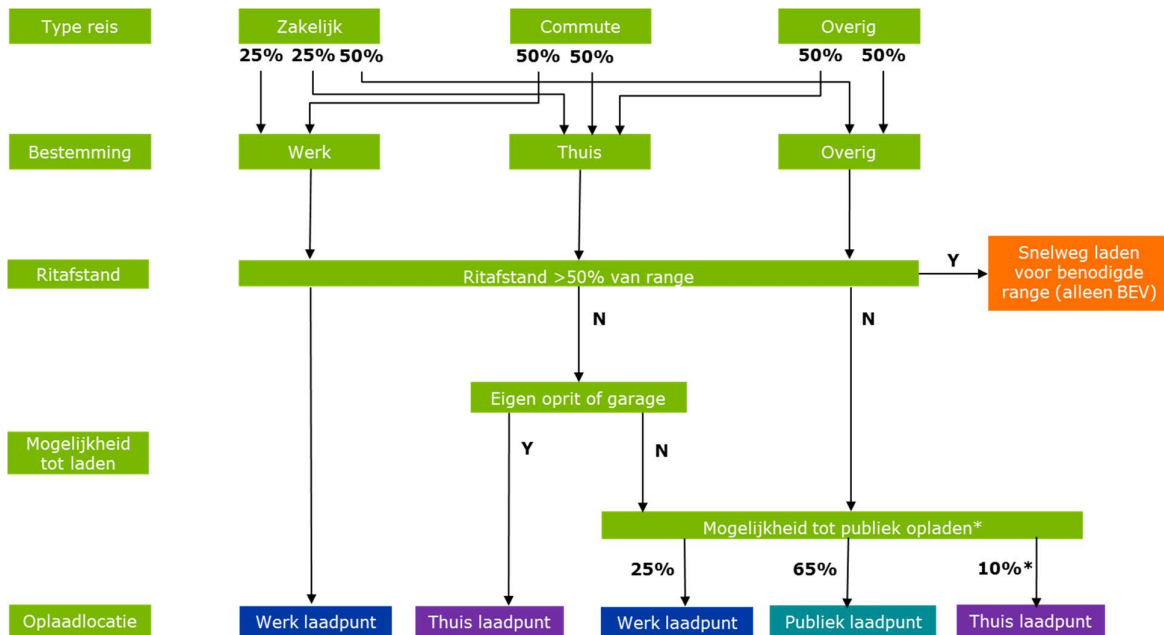
Alle voorgaande variabelen hebben invloed op de noodzakelijke laadinfrastructuur. Belangrijke resulterende aspecten zijn:

- **Aantal oplaadpunten:** Het aantal oplaadpunten is een resultante van de ontwikkeling van het aantal en het gebruik van elektrische auto's. Hoe meer auto's en hoe hoger het gebruik zal zijn, hoe meer oplaadpunten er nodig zullen zijn. Het aantal oplaadpunten volgt niet lineair het aantal elektrische voertuigen. Naarmate er meer elektrische voertuigen komen en de range van elektrische voertuigen toeneemt zullen er verhoudingsgewijs minder laadpunten per elektrische auto nodig zijn.
- **Locatie van de oplaadpunten:** Afhankelijk van locatie van de gebruiker en type gebruiker, zullen de laadpunten op verschillende locaties aangeboden worden. In dit onderzoek is geen analyse van de geografische locatie van de oplaadpunten uitgevoerd.
- **De laadsnelheid:** Door het aantal en gebruik van elektrische auto's zal ook de behoefte en invulling van de laadsnelheid gegeven worden. Hoe groter de batterijcapaciteit en hoe langer mensen rijden met hun elektrische auto, hoe hoger de gevraagde oplaadsnelheden, maar hoe minder vaak er geladen hoeft te worden.

Toelichting benodigde laadinfrastructuur personenauto's

Om te bepalen welke laadinfrastructuur zal worden gebruikt per type gebruiker zijn regels opgesteld die de volgorde in de laadvoorkeuren van de gebruikers bepalen. Wij nemen aan dat de EV rijder een voorkeur heeft voor thuis of op het werk laden, gevolgd door publiek laden en als laatste snelladen, wat voornamelijk gebruikt zal worden voor het maken van langere ritten.

Op basis van de bovenstaande regels kunnen is de volgende beslisboom opgezet voor de laadkeuze per type reis, zoals weergegeven in Figuur 14 (zelfde figuur als in het rapport).



Figuur 14: Beslisboom locatie laadpunt. * = Niet in alle gevallen kan de afstand volledig publiek opgeladen worden, bijvoorbeeld doordat er geen publiek laadpunt beschikbaar is, of onvoldoende laadtijd. Hiervoor is gecompenseerd met een verdelingspercentage²⁶.

In dit figuur wordt weergegeven hoe het keuzeproces voor de locatie van oplaadpunt verloopt. Vanuit het type reis (zakelijk, commute en overig) wordt de bestemming gefilterd door middel van een standaard percentage. Voor commute is dit bijvoorbeeld 50% naar werk en 50% naar huis (omdat woon-werk verkeer altijd voor de helft naar en voor de helft vanaf het werk zal zijn). Vervolgens wordt gekeken of de ritafstand verder is dan 50% van de range die de elektrische auto heeft. In het geval van een BEV zal bij een ritafstand van meer dan 50% van de range gekozen worden om de aanvullende range bij te laden bij een snellader langs de snelweg. Bijvoorbeeld: wanneer 75% van de range gebruikt wordt in de rit, zal 25% bijgeladen worden bij een snellader langs de snelweg, de overige 50% zal bijgeladen worden bij een laadpunt op het werk, thuis of een publiek laadpunt.

Vervolgens wordt er afhankelijk van het type bestemming een laadpunt gekozen:

- Bestemming is werk: er zal gekozen worden voor werk laden;
- Bestemming is thuis: afhankelijk van de aanwezigheid van een laadpunt bij het huis (oprit of garage) wordt er thuis geladen of gezocht wordt naar een publiek laadpunt;
- Andere bestemming ('overig'): er zal gezocht worden naar een publiek laadpunt.

Hierbij wordt er van uitgegaan dat er op het werk en thuis altijd geladen kan worden en dat er op het werk dus voldoende laadpunten aanwezig zijn zodat alle werknemers met een elektrische auto

²⁶ Er is gecompenseerd voor het feit dat niet altijd volledig publiek geladen kan worden door een gedeelte van de laadbehoefte van publiek naar werk- en thuis over te zetten. Het percentage voor thuislaadpunten is alleen toepasbaar voor de ritten die het kenmerk 'overig' hebben, en niet voor de ritten naar huis waar geen eigen oprit of garage is.

(eventueel om-en-om) op te kunnen laden. In de gevallen dat gezocht wordt naar een publiek laadpunt ligt dit anders. In de praktijk zal in die gevallen niet altijd de gebruikte energie om op de bestemming te komen geheel opgeladen kunnen worden bij een publieke laadpaal. Dit kan deels komen doordat er geen (niet in gebruik zijnde) laadpunten beschikbaar zijn of omdat er onvoldoende tijd is om op bestemming volledig op te laden. Om voor deze praktijksituatie te corrigeren, is gekozen om de helft van de benodigde laadtijd aan publieke laadpalen toe te delen en de overige helft te verdelen over werk en thuislaadpunten.

Vertaling laadvoorkeuren naar laadinfrastructuur personenauto's

Vanuit dit model met toebedeling van het aantal gereden kilometers en aan welk laadpunt dit wordt toebedeeld, wordt een vertaling gemaakt naar de benodigde laadinfrastructuur. Voor werk- en thuislaadpunten wordt uitgegaan van een direct verband tussen het aantal auto's en de benodigde laadinfrastructuur. Voor werklaadpunten zal dit bij de huidige relatief lage batterijcapaciteit voor een groot deel van de volledig elektrische auto's een laadpunt nodig zijn. Voor de PHEV's is op dit moment niet voor elke autorijder die de auto gebruikt voor verkeer naar of van het werk een laadpunt beschikbaar. Dit komt omdat PHEV's ook de mogelijkheid hebben om op de benzinemotor door te rijden als er niet wordt opgeladen. Vanuit deze uitgangspositie is een toekomstvisie geformuleerd met betrekking tot het aantal benodigde laadpunten. Als elektrische auto's in de week circa 75% van de tijd bij het werk staan (om te corrigeren voor afspraken buiten de deur die niet bij een ander werklaadpunt zijn, thuiswerkdagen en standaard vrije dagen in de week) dienen in 2035 voor elke vier auto's drie opladers aanwezig te zijn. Echter is voor BEV's in 2035 de batterijcapaciteit ook sterk toegenomen, waardoor het niet noodzakelijk is om altijd op te laden wanneer de auto op het werk staat. Er is vanuit gegaan dat van de tijd dat de auto op het werk staat, er in 2035 circa 30% daadwerkelijk opgeladen dient te worden om genoeg batterijcapaciteit voor de rest van de week te leveren. Voor thuisladers wordt ervan uitgegaan dat iedereen met een elektrische auto en de mogelijkheid tot thuisladen (met een eigen oprit of garage) deze mogelijkheid zal gebruiken. Het percentage van mensen die een thuislaadpaal heeft zal daarmee convergeren naar het percentage woningen in Nederland met een eigen oprit of garage. Voor het aantal publieke laadpunten is het aantal op te laden kilometers bij publieke laadpunten vertaald naar het aantal kWh elektriciteit met een omrekenfactor van 0.2 kWh/kilometer. Vervolgens is een expert judgement gemaakt van het aantal op te laden kWh in de toekomst per publieke laadpunt, wat resulteert in het aantal benodigde publieke laadpunten. Hierbij is aangenomen dat in 2020 gemiddeld 5.5 kWh/punt/dag wordt geladen, in 2025 8 kWh/punt per dag, lineair oplopend naar 12 kWh/punt/dag in 2035.

Toelichting benodigde laadinfrastructuur bestelauto's

Vanuit het type gebruiker van de bestelauto is een vertaling gemaakt naar de behoefte aan laadinfrastructuur. Er zijn verschillende overwegingen die invloed hebben op de behoefte aan laadinfrastructuur:

- Voor alle type gebruik van de bestelauto's zal het noodzakelijk zijn om spullen van en naar de locatie te brengen. Hierdoor is het belangrijk dat de bestelauto dicht bij (of op) de locatie geparkeerd kan worden. Er zal dan ook weinig behoefte zijn aan laadpunten wanneer deze op enige afstand van de locatie zullen zijn.
- Het type aannemer zal relatief vaak naar bouwlocaties gaan waar nog geen mogelijkheid is om op te laden. Op locatie laden wordt daarmee lastig. Voor afstanden waarbij de

batterijcapaciteit onvoldoende is om heen en weer te rijden zal gekozen worden om (kort) snel te laden.

- Het type serviceverlener en bezorger hebben kortere tijd om ergens stil te staan. Het zoeken naar een oplaadpunt en het aankoppelen van de bestelauto aan een oplaadpunt gebruiken kostbare tijd. Aangenomen wordt dat deze twee types dan ook niet publiek zullen laden tijdens de service- en bezorgrondes die ze maken. Wat wel mogelijk is dat er (eventueel in een lunchpauze) kort wordt bijgeladen bij een snellader in de buurt om tot de noodzakelijke afstand te komen.

Dit betekent voor de behoefte aan laadinfrastructuur per gebruiker:

- Type aannemer: Indien de rijafstand naar het werkpunt en terug kleiner is dan de batterijcapaciteit, zal alleen in de avond bij thuiskomst opgeladen worden. Aangezien deze busjes vaak mee naar huis worden genomen, betekent dit dat er publiek zal worden geladen. Indien er grotere afstanden gereden dienen te worden dan de batterijcapaciteit aankan, zal er snel geladen worden.
- Type serviceverlener: Indien de rijafstand naar de verschillende bezorgpunten en terug kleiner is dan de batterijcapaciteit, zal er alleen na het afronden van de werkzaamheden geladen worden. Aangezien deze busjes vaak mee naar huis worden genomen, betekent dit dat er voornamelijk publiek zal worden geladen. Indien er grotere afstanden gereden dienen te worden dan de batterijcapaciteit aankan, kan er tussendoor een publiek (snel)laadpunt opgezocht worden.
- Type bezorger: Indien de rijafstand naar de verschillende bezorgpunten en terug kleiner is dan de batterijcapaciteit, zal er alleen na het afronden van de werkzaamheden geladen worden. Het grootste deel van de busjes zal centraal geparkeerd worden om de volgende dag weer voorraden in te kunnen slaan. Er wordt dan bij het afronden van de werkzaamheden bij het werk geladen. Indien er onvoldoende batterijcapaciteit aanwezig is om de ronde af te maken, zal er kort snel geladen worden.

Op basis van het aantal busjes per type gebruiker, het gemiddeld aantal kilometers per bestelauto en de laadvoorkeuren wordt de behoefte voor laadinfrastructuur voor bestelauto's bepaald. Bij de personenauto's is er een specifieke database met ritgegevens (de OViN database). Een dergelijke database is niet beschikbaar voor bestelauto's. Op dit moment doen verschillende partijen uitgebreid onderzoek naar het gebruik van bestelauto's (waaronder Connekt, TNO, Panteia en CE Delft), maar de resultaten van dit onderzoek zijn nog niet voorhanden. Daarom is er op basis van een expert judgement een inschatting gemaakt over het aantal kilometers dat gereden wordt dat groter is dan range van de bestelauto's en het aantal werklaadpunten dat nodig zal zijn voor bestelauto's gezien de batterijcapaciteit die de wagens in de toekomst zullen hebben.

6.7 Appendix G: Over de auteurs

Maarten Cuijpers (Ecofys) werkt als consultant bij Ecofys sinds 2012 na het behalen van zijn MSc. titel in Energy Science op de Universiteit van Utrecht. Maarten werkt als expert duurzaam transport binnen het Urban Energy team van Ecofys.

Wouter Bakker (Ecofys) is senior consultant en operationeel coördinator in het Urban Energy team van Ecofys. Wouter heeft een Master Internationale Betrekkingen met een specialisatie in internationale politieke economie en heeft een propedeuse in bedrijfskunde.

Maarten Staats (Ecofys) is analist bij Ecofys in het Urban energy team. Maarten heeft een opleiding Energy Science van de Universiteit Utrecht.

Auke Hoekstra (TU/e) is als bestuurskundige geïnteresseerd in beleidsadviezen maar koos in eerste instantie voor een carrière als expert op het gebied van Internet. Na een sabbatical besloot hij zich vijf jaar geleden te focussen op de energietransitie met daarbinnen de focus op elektrische auto's en daarbinnen op laadinfrastructuur. Hij schreef voor Rijkswaterstaat de boeken Elektrisch Rijden en Energieke wegen. Zijn keuzegids elektrisch rijden is onder meer gebruikt door de ANWB. Hij is in binnen en buitenland een frequent spreker over dit onderwerp en onlangs coördineerde hij het team wetenschap richting de tweede kamer. Auke wordt gezien als één van de experts op het gebied van laadinfrastructuur. Hij schreef voor het FET een rapport over laadinfrastructuur dat gebruikt is als onderlegger voor de Green Deal en de oprichting van het NKL. In 2016 maakte hij voor het NKL een update van de businesscase over laadinfrastructuur. Voor de G4 en PWC berekende hij de impact van de energiebelasting voor laadinfrastructuur. Auke doet aan de TU/e onderzoek naar de kosteneffectieve uitrol van laadinfrastructuur in de groep van Maarten Steinbuch. Samen met Maarten, het NKL en de belangrijkste marktpartijen in Nederland probeert hij hier grip op te krijgen met het zogenaamde ABCD model dat volgend jaar de eerste resultaten zal opleveren. Met deze opdracht loopt hij hier als het ware op vooruit. Full disclosure: Auke zijn onderzoek aan de TU/e wordt gesponsord door stichting Elaad dat geïnteresseerd is in de impact van elektrische auto's en slim laden op het elektriciteitsnet

ECOFYS



sustainable energy for everyone

ECOFYS



sustainable energy for everyone



ECOFYS Netherlands B.V.

Kanaalweg 15G
3526 KL Utrecht

T: +31 (0) 30 662-3300

F: +31 (0) 30 662-3301

E: info@ecofys.com

I: www.ecofys.com