

An aerial photograph of a multi-lane road with a red brick path and greenery, situated next to a river. Three cars (white, blue, and orange) are visible on the road. The image is partially obscured by a blue curved shape at the bottom.

significance

quantitative research

Strategisch Personenauto Rekenkader (SPARK)

Rapport modelvalidatie (functionele
tests)

4e versie | 1 december 2023

Strategisch Personenauto Rekenkader (SPARK)

Rapport modelvalidatie (functionele tests)

4e versie | 1 december 2023

Auteurs:

Significance

Projectnummer:

20025

Toegankelijkheid

Het PBL hecht veel waarde aan de toegankelijkheid van zijn producten. Mocht u problemen ervaren bij het lezen van dit document, dan kunt u contact opnemen via info@pbl.nl. Vermeld daarbij s.v.p. de naam van deze publicatie ("Rapport modelvalidatie SPARK"), het paginanummer en het probleem waar u tegenaan loopt.

Inhoudsopgave

1. Inleiding	5
2. Validatieplan	6
2.1 Testen voor de SPARK beginpopulatie voor eind 2018	6
2.2 Testen voor de modeluitvoer voor de toekomst	7
2.3 Testen van de gevoeligheid van het model op korte en lange termijn voor beleidsmaatregelen	8
2.4 Algemeen	8
3. Resultaten van de uitgevoerde functionele toetsen	9
3.1 Reproductie van het basismoment	9
3.2 Prognose voor het eerste prognosejaar (2019)	13
3.3 Kortetermijnprognose (2020 en 2021)	16
3.4 Middellangetermijnprognose (2030)	18
3.5 Langetermijnprognose (2040 en 2050)	21
3.6 De gevoeligheid van de onderliggende modellen voor veranderingen in autokosten en inkomen	22
3.7 Prognose van het effect van beleidsmaatregelen	24
3.8 Bevindingen validatie	29
4. Conclusies uit de validatie	31
Referenties	32
Bijlage 1. Verschillen tussen SPARK versie 1.0.0 en SPARK versie 1.3.0	33

1. Inleiding

Dit rapport betreft de validatiefase van het onderzoek ‘Landelijk personenautoparkmodel’ dat Significance en Demis uitvoeren voor RWS-WVL en PBL. In de loop van dit project heeft het model de naam SPARK gekregen: ‘Strategisch personenauto rekenkader’. WVL en PBL hebben momenteel de beschikking over een model (Dynamo) voor het Nederlandse personenautopark, maar er bestaat behoefte aan een nieuw model waarin de mogelijke toekomstige penetratie van elektrische auto’s meer centraal staat. In SPARK wordt de groei van het aandeel van Battery Electric Vehicles (BEV’s) in het park mede geraamd op basis van nieuwe Stated Preference data over deze keuze en op basis van diffusiecurves voor de verspreiding van deze nieuwe technologie onder consumenten.

De proeftuin (fase 7 van het project als geheel) was onderdeel van Hoofdfase C **validatie en afronding**. Nadat het model is geschat en in software geïmplementeerd en met succes de software tests heeft doorlopen, is het model functioneel getest/gevalideerd: werkt de software zoals deze behoort te werken, zijn er in de implementatie geen fouten gemaakt; zijn de uitkomsten van het model als geheel én op onderdelen conform de verwachtingen?

Hierbij zijn diverse scenario’s met het model doorgerekend en er zijn gevoeligheidstests uitgevoerd. Het doel van de functionele tests is om aan te tonen dat het model inhoudelijk plausibele resultaten oplevert. Bij het bepalen van wat inhoudelijk plausibel is maken we gebruik van het in het begin van het project opgestelde toetsingskader (bijvoorbeeld ranges van elasticiteiten voor veranderingen in bepaalde kosten). De functionele test is tevens bedoeld om te onderzoeken of voldaan wordt aan de eisen op het gebied van rekentijd, overdraagbaarheid en uitlegbaarheid van resultaten.

De proeftuinfase zelf ging van start met het opstellen van een plan van aanpak voor de validatie, dat is voorgelegd aan de opdrachtgever. Dit rapport bevat dit plan van aanpak voor de validatie (functionele tests) van SPARK (hoofdstuk 2). In hoofdstuk 3 worden de uitkomsten van de validatie gepresenteerd (betreft de mate van overeenkomst tussen modelprognose en validatiedata), die voor een groot deel zijn gebaseerd op het eerder geleverde toetsingskader (M02). Het toetsingskader beschrijft de wensen/verwachtingen ten aanzien van het functioneren van het model. Hoofdstuk 4 bevat de conclusies uit de validatie.

2. Validatieplan

Als onderdeel van de functionele test/validatie worden de volgende testen met het geïmplementeerde model uitgevoerd (zie paragraaf 2.1. tot en met 2.4). Deze testen betreffen SPARK versie 1.0.0 van 1 juni 2023.

Toevoeging november 2023: de in dit rapport gebruikte versie van SPARK (1.0.0. van 1 juni 2023) is sindsdien op enkele punten aangepast. De versie die per 1 december 2023 wordt vrijgegeven is versie 1.3.0. De belangrijkste aanpassingen aan SPARK sinds dit validatierapport uit juni 2023 tot 1 december 2023 en een bespreking van de invloed van deze aanpassingen op hoofdlijnen staan in bijlage 1 (die ook is toegevoegd in november 2023).

We maken onderscheid tussen een basismodel en een model met exploratieve functionaliteiten. In het begin van het project zijn als mogelijke exploratieve modules geïdentificeerd:

1. private lease
2. deelauto's
3. fuel-cell auto's

Hierbij geldt voor deze validatie het volgende:

- voor 3 geldt dat we dit in de huidige versie van SPARK en in de validatie niet meenemen.
- voor 2 geldt dat we in de validatie het deelauto-gebruik op het huidige niveau (gelijkblijvend) zullen veronderstellen (maar SPARK bevat wel een exploratieve functionaliteit voor het doorrekenen van de ontwikkeling van het aantal deelauto's).
- voor 1 geldt dat we daar een realistisch scenario voor aannemen; private lease auto's maken deel uit van de gevalideerde resultaten.

Het basismoment voor SPARK is 31-12-2018¹. Hiervoor bevat SPARK een weergave van de beginpopulatie (in termen van auto's en huishoudens) met bijvoorbeeld ook een ophoogprocedure. Deze valideren we als eerste, om te controleren of dit proces goed verlopen is. We kalibreren de diverse submodellen (dit is het aanpassen van de alternatief-specifieke constanten) op waarnemingsgegevens voor de veranderingen tussen 1-1-2019 en 31-12-2019. Het begrip 'kalibratie' gebruiken we alleen voor deze aanpassing voor wat betreft het eerste prognosejaar. Voor de validatie van 2019 gebruiken we dan het gekalibreerde model. Voor 2020 en 2021 gebruiken we dan het gekalibreerde model voor 2019 en voeren ook voor 2020 en 2021 een gedetailleerde bijsturing op waargenomen data uit. Voor latere jaren zijn er tijdens dit project nog geen data beschikbaar voor een gedetailleerde bijsturing. Ook moet er rekening mee worden gehouden dat 2020 en 2021 afwijkende jaren waren door Covid-19 en de bijbehorende maatregelen. Bovendien was er in 2021 en 2022 beperkte beschikbaarheid van microchips waardoor in deze jaren minder auto's geproduceerd konden worden. Mede daardoor was de beschikbaarheid van nieuwe auto's lager dan de markt vraag.

2.1 Testen voor de SPARK beginpopulatie voor eind 2018

Deze testen betreffen de vraag of het landelijke autopark, onderscheiden naar diverse deelmarkten en technische kenmerken op 31-12-2018, door de beginpopulatie van het model goed wordt weergegeven, d.w.z. overeenkomstig de waarnemingsgegevens voor dit moment (van het CBS, waaronder de RDW-data).

Het landelijk autopark naar deelmarkten:

¹ Strikt genomen hebben we geen basisjaar, maar een basismoment: 31-12-2018, en transactiemodellen die geschat zijn op veranderingen in de periode 1-1-2018 tot en met 31-12-2018.

- particuliere markt:
 - o auto's in eigendom van huishoudens of private lease
- zakelijke markt:
 - o zakelijke auto's in huishoudens
 - o overige zakelijke auto's

Het landelijk autopark naar technische kenmerken:

- energiebronnen: benzine, diesel, LPG, PHEV, BEV
- automarktsegmenten (A-E)
- bouwjaarklassen
- al dan niet import

Dit geldt niet alleen voor de aantallen auto's maar ook voor de autokilometers (jaarkilometrages) en voor de doorvertaling naar CO₂-uitstoot en emissies van luchtverontreinigende stoffen (o.a. NO_x, PM₁₀).

Ook wordt voor 31-12-2018 gekeken naar:

- verdeling van auto's en autokilometers over huishoudens
- CO₂-uitstoot en andere schadelijke emissies (niet op basis van WLTP, maar praktijkemissies).

2.2 Testen voor de modeluitvoer voor de toekomst

Het gaat dan om deze testen:

- Hierbij gaat het zowel om de modeluitkomsten voor zowel de komende jaren als voor jaren als 2030, 2040, 2050 en 2060. Dit wordt uitgevoerd door het draaien van het model voor een bestaand langetermijnsceario, gekozen in overleg met de opdrachtgever: het WLO Hoog scenario. De modeluitkomsten worden dan vergeleken met prognoses van andere modellen voor hetzelfde scenario. Onderzocht wordt op deze manier of het model voldoende stabiel is op korte en lange termijn, maar ook in staat is om ingrijpende lange termijn veranderingen (zoals ingroei in het park van elektrische auto's) te simuleren. Om de overgangsfase vanuit de huidige modellen te ondersteunen worden de doorrekeningen vergeleken met eerdere doorrekeningen op basis van Dynamo (en Carbontax voor elektrische auto's). De uitkomsten (en uitgangspunten) van de verschillende modellen (zoals WLO Hoog) zijn door de opdrachtgever (OG) aangeleverd. De opdrachtnemer (ON) heeft de uitgangspunten (invoer) van de verschillende scenario's in SPARK geïmplementeerd (in afstemming met OG).
- Deze testen zijn niet alleen van belang voor het beoordelen van de plausibiliteit van de uitkomsten, maar ook voor het testen van het gebruiksgemak van het model en de runtijd². De benodigde inspanning voor het instellen van invoerparameters en runtijd van het model moeten zodanig beperkt zijn dat in korte tijd diverse scenario's doorgerekend kunnen worden. De daadwerkelijke runtijd wordt vergeleken met de gestelde eisen. Indien nodig worden er aanpassingen aan het model gemaakt om de runtijd te verkorten zonder dat aan de andere gestelde minimumeisen te kort worden gedaan. Het is van groot belang dat model overdraagbaar is aan de opdrachtgever en de opdrachtgever het model zelfstandig kan toepassen.

² De validatie wordt uitgevoerd op een snelle PC; in de gebruikershandleiding rapporteren we niet alleen de runtijd, maar ook de technische kenmerken van de gebruikte PC.

2.3 Testen van de gevoeligheid van het model op korte en lange termijn voor beleidsmaatregelen

Naast een goede weergave van het basisjaar en het referentiepad voor de toekomst, zonder nieuw beleid, worden in het model de effecten van (fiscale) beleidsmaatregelen op dezelfde indicatoren als hierboven bij onderdeel 1 beschreven geanalyseerd. De volgende potentiële veranderingen (beleidsknoppen) zijn hier onderzocht:

- Verbod op nieuwverkoop van auto's met een fossiele brandstofmotor
- MRB
- BPM
- accijns
- aanschafsubsidie
- kilometerhefing.

De uitkomsten van deze modelruns worden uitgedrukt in termen van absolute en relatieve effecten op het aantal auto's (per categorie) en autokilometers t.o.v. een referentiesituatie zonder deze maatregel. Hiernaast worden voor veranderingen in inkomen en diverse kostenposten elasticiteiten bepaald, die worden vergeleken met de range uit het toetsingskader. Meer in het algemeen gesproken worden de beleidseffecten uit het model beoordeeld op hun uitlegbaarheid.

2.4 Algemeen

Alle uitgevoerde functionele testen, hun uitkomsten en een bespreking van de plausibiliteit hiervan worden vastgelegd in hoofdstuk 3 van dit validatierapport.

Eindproduct van deze fase is de oplevering van een getoetst en plausibel bevonden autoparkprognosemodel.

3. Resultaten van de uitgevoerde functionele toetsen

In de functionele toetsen kijken we naar de volgende aspecten:

1. De reproductie van het basismoment (31-12-2018)
2. De kwaliteit van de prognose voor 2019 met het gekalibreerde model
3. De kwaliteit van een kortetermijnprognose (2020, 2021)
4. De kwaliteit van een middellangetermijnprognose (2030)
5. De kwaliteit van een langetermijnprognose (2040, 2050)
6. De gevoeligheid van de onderliggende modellen voor veranderingen in autokosten en inkomen
7. De kwaliteit van de prognose van het effect van beleidsmaatregelen

3.1 Reproductie van het basismoment

Dit wordt beoordeeld door de beginpopulatie na ophoging van SPARK te vergelijken met de directe waarnemingsgegevens voor hetzelfde basismoment 31-12-2018.

Huishoudens en personen

Voor de huishoudens per 31-12-2018 maakt SPARK gebruik van waargenomen doelwaarden (targets) in meerdere dimensies en Iterative Proportional Fitting (IPF) om deze targets, ook gezien de gezamenlijke verdeling over alle dimensies, te bereiken. Hierbij is het niet mogelijk om alle targets perfect te halen, maar gaat het om een goede benadering.

Het waargenomen aantal huishoudens op 31-12-2018 volgens het CBS is 7.924.747. SPARK komt na IPF op 7.924.825; een verschil van 0,001%.

Voor het aantal personen geldt: waargenomen: target: 17.282.206 en SPARK: 17.283.028. Hier is het verschil 0,005%. Ook per leeftijd van de persoon (van 0 naar 99) is de afwijking van het aantal personen van de target minimaal.

De afwijking tussen SPARK en de waargenomen target van het gemiddelde inkomen per huishouden voor de 27 stedelijkheidsklassen/regio's is nergens groter dan 0,07%.

Aantal auto's

Het aantal auto's naar bezitstype en automarktsegment wordt in de tabellen 1-3 vergeleken. De targets zijn gebaseerd op data van de RDW, die bewerkt zijn om te passen bij de in SPARK gebruikte definities en indelingen. Het overall totaal wijkt minder dan 0,005% af. Per cel van de tabel zijn de verschillen ook zeer klein voor auto's in privébezit per automarktsegment. Hetzelfde geldt voor lease auto's (zakelijk en private lease).

Tabel 1. Aantal auto's per bezitstype en automarktsegment op 31-12-2018, waargenomen (=target)

	ZO+ZH	PH+PL	totaal
A	124.683	1.713.463	1.838.146
B	193.451	2.247.258	2.440.709
C	410.363	2.434.595	2.844.958
D	175.730	819.168	994.898
E	86.670	237.601	324.271
totaal	990.897	7.452.085	8.442.982

ZO: zakelijk overig

ZH: zakelijk in huishouden (lease via werkgever)

PH: privé eigendom

PL: private lease

Tabel 2. Aantal auto's per bezitstype en automarktsegment op 31-12-2018, SPARK

	ZO+ZH	PH+PL	totaal
A	124.660	1.713.558	1.838.217
B	193.410	2.247.392	2.440.802
C	410.298	2.434.749	2.845.047
D	175.716	819.227	994.943
E	86.685	237.651	324.335
totaal	990.768	7.452.576	8.443.344

Tabel 3. Aantal auto's per bezitstype en automarktsegment op 31-12-2018, % verschil targets en SPARK

	ZO+ZH	PH+PL	totaal
A	-0,02%	0,01%	0,00%
B	-0,02%	0,01%	0,00%
C	-0,02%	0,01%	0,00%
D	-0,01%	0,01%	0,00%
E	0,02%	0,02%	0,02%
totaal	-0,01%	0,01%	0,00%

In de tabellen 4-6 worden de aantallen uit de data en SPARK vergeleken voor de combinatie van bezitstype en energiebron. Ook hier zijn de afwijkingen meestal zeer klein. Uitzonderingen zijn privé auto's met energiebron PHEV/diesel. Dit is echter hele kleine klasse met maar enkele duizenden auto's.

Tabel 4. Aantal auto's per bezitstype en energiebron op 31-12-2018, waargenomen (=target)

	ZO+ZH	PH+PL	totaal
Benzine	511.579	6.482.419	6.993.998
Diesel	367.138	813.320	1.180.458
LPG	3.400	124.014	127.414
PHEV/benzine	62.302	18.833	81.135
PHEV/diesel	11.004	4.625	15.629
BEV	35.474	8.874	44.349
totaal	990.897	7.452.085	8.442.982

Tabel 5. Aantal auto's per bezitstype en energiebron op 31-12-2018, SPARK

	ZO+ZH	PH+PL	totaal
Benzine	511.525	6.483.358	6.994.883
Diesel	367.070	813.392	1.180.462
LPG	3.403	123.919	127.321
PHEV/benzine	62.284	18.823	81.107
PHEV/diesel	11.008	4.209	15.217
BEV	35.479	8.876	44.354
totaal	990.768	7.452.576	8.443.344

Tabel 6. Aantal auto's per bezitstype en energiebron op 31-12-2018, % verschil targets en SPARK

	ZO+ZH	PH+PL	totaal
Benzine	-0,01%	0,01%	0,01%
Diesel	-0,02%	0,01%	0,00%
LPG	0,08%	-0,08%	-0,07%
PHEV/benzine	-0,03%	-0,06%	-0,03%
PHEV/diesel	0,03%	-8,99%	-2,64%
BEV	0,01%	0,01%	0,01%
totaal	-0,01%	0,01%	0,00%

In tabel 7 zien we dat de leeftijden van de auto's in SPARK (zonder de ZO groep) een fractie jonger uitkomen dan in de door Revnext bewerkte RDW-data.

Tabel 7. Aantal auto's per bezitstype en leeftijdsklasse op 31-12-2018, SPARK

	ZO+ZH	PH+PL	totaal	Aandeel in SPARK	Aandeel in data Revnext
0 jaar	236.134	211.978	448.112	5,3%	5,1%
1-2 jaar	319.080	523.114	842.195	10,0%	10,0%
3-5 jaar	312.486	1.001.329	1.313.815	15,6%	15,6%
6-10 jaar	65.579	2.239.173	2.304.752	27,3%	27,5%
11-15 jaar	24.443	1.859.018	1.883.461	22,3%	22,3%
16+ jaar	33.046	1.617.964	1.651.010	19,6%	19,6%
totaal	990.768	7.452.576	8.443.344	100,0%	100,0%

Auto's en huishoudens

Het aantal huishoudens met 0, 1, 2 en 3+ auto's (alle bezitstypen opgeteld) wordt in Tabel 8 vergeleken tussen de targets en SPARK (na IPF). De verschillen zijn gering.

Tabel 8. Aantal huishoudens met 0, 1, 2 en 3+ auto's (ZO+ZH+PH+PL) op 31-12-2018, targets en SPARK

	Target	SPARK	% verschil
0	2.261.613	2.261.613	0,00%
1	3.788.029	3.787.887	0,00%
2	1.536.609	1.536.783	0,01%
3+	338.496	338.542	0,01%
Aantal auto's indien 3+	3,484	3,484	0,00%

Een verdere uitsplitsing van het aantal auto's in het huishouden is te zien in tabel 9.

Tabel 9. Aantal auto's in het huishouden per bezitstype op 31-12-2018, SPARK

	ZH	PH	PL	PH+PL	Tot
0	7.369.572	2.568.146	7.776.838	2.482.169	2.261.613
1	522.132	3.826.358	146.369	3.861.425	3.787.887
2	33.122	1.259.399	1.618	1.301.525	1.536.783
3	0	181.734	0	187.685	234.962
4	0	53.084	0	55.410	64.798
5	0	16.349	0	16.267	17.271
6	0	19.755	0	20.345	21.511
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0

Hier zien we dat er eind 2018 bijna 7,4 mln huishoudens waren zonder lease auto van de werkgever (ZH) en ruim 500.000 met 1 ZH-auto en 33.000 met twee ZH-auto's. De grootste categorie, met 3,8 mln, is die met 1 privé auto (PH). Bijna 2,3 huishoudens had in het geheel geen privé of lease auto's.

Autogebruik

Het totaal aantal kilometers van Nederlands auto's in Nederland is volgens SPARK in 2018 103,8 mld. Het totaal aantal autokilometers volgens CBS Statline in 2018 van Nederlandse voertuigen in Nederland was ook 103.8 mln. Het gemiddelde aantal kilometers per auto, per energiebron in 2018 volgens SPARK staat in Tabel 10. Het gemiddelde kilometrage per auto per jaar is hoger voor diesel en elektrische auto's. Dit hangt deels samen met het grotere aandeel zakelijk van deze auto's.

Tabel 10. Gemiddeld aantal autokilometers binnen Nederland per auto per jaar in 2018 per energiebron

Energiebron	SPARK
Benzine	11.078
Diesel	24.296
LPG	16.206
PHEV-B	22.110
PHEV-D	27.805
BEV	22.218
Totaal	123.713

De totale CO2 emissie, berekend op basis van de bovenstaande SPARK autokilometers in 2018 en de praktijkemissiefactoren volgens TNO komt op 17.765 mld gram. Voor NOx is dat 33.593 mln gram, voor NH3 3.914 mln gram en voor PM1 501 mln gram.

SPARK berekent voor 2018 een MRB-opbrengst voor het Rijk van 3.665 mln euro, voor de provincies (opcenten) 1.678 mln euro, voor de accijnsopbrengst uit personenauto's 5.643 mln euro en voor de opbrengsten uit de bijtelling 2.119 mln euro. Deze bedragen zijn gelijk aan de targets waarop SPARK is gekalibreerd.

3.2 Prognose voor het eerste prognosejaar (2019)

SPARK is geschat op gegevens over veranderingen in 2018 en heeft als basis de situatie per 31-12-2018. Het eerste prognosejaar voor SPARK is dan 2019. Voor dit jaar zijn er ook waarnemingsgegevens, met name afkomstig van RDW (in eerste instantie bewerkt door Revnext). Deze worden gebruikt om SPARK op te kalibreren, zodat SPARK de gegevens van 2019 voor allerlei onderdelen goed weergeeft. Iets vergelijkbaars geldt voor de jaren 2020 en 2021. In dit geval noemen we de aanpassing 'gedetailleerde bijsturing'. Deze gedetailleerde bijsturing voor 2020 en 2021 is ook uitgevoerd in SPARK. Een belangrijk verschil is dat we 2020 en 2021 beschouwen als bijzondere jaren vanwege Covid-19 en de coronamaatregelen. Daarom worden de aanpassingsfactoren voor bijvoorbeeld het kilometrage en de typekeuze uit 2019 wel en die uit 2020 en 2021 niet gebruikt in de jaren vanaf 2022. Omdat SPARK een dynamisch model is, vindt de kalibratie feitelijk vooral plaats op veranderingen (transacties) tussen 1-1-2019 en 31-12-2019. De tabellen in deze paragraaf 3.2 zijn na kalibratie.

Huishoudens en auto's

Per ultimo 2019 was het aantal huishoudens in SPARK 8.011.390 tegen 7.924.825 een jaar eerder (1,1% meer huishoudens). In Tabel 11 staat het aantal huishoudens per aantal auto's in het huishouden in 2018 en 2019.

Tabel 11. Aantal huishoudens naar autobezit, SPARK

Aantal auto's in huishouden	Aantal huishoudens		
	2018	2019	% verschil
0 Geen auto	2.261.613	2.271.875	+0,5%
1+ auto	5.663.212	5.739.515	1,3%
Totaal	7.924.825	8.011.390	1,1%

Auto's

Het aantal auto's is in 2019 volgens SPARK met 1,7% gestegen, waar de registratiedata 1,6% zeggen. De verdeling naar type eigendom staat in tabel 12, naar marktsegment in tabel 13, naar energiebron in tabel 14 en naar leeftijdsklasse in tabel 15. Met name het aantal private lease auto's is snel gestegen, net als BEV, terwijl er duidelijke afnames zijn voor diesel, LPG en PHEV. De veranderingen naar de verschillende dimensies worden door SPARK redelijk goed getroffen, behalve enkele kleine klassen, zoals LPG, of hele kleine klassen, zoals PHEV-B en PHEV-D.

Tabel 12. Aantal auto's naar bezitstype

Type autobezit	2018 SPARK	2019 SPARK	% verschil 2018-2019 SPARK	% verschil 2018-2019 data
Zakelijke auto in huishouden (ZH)	588.376	597.088	1,4%	
Zakelijke auto overig (ZO)	402.393	438.128	8,9%	
Privéauto in privébezit (PB)	7.302.970	7.360.523	0,8%	
Privéauto lease (private lease) (PL)	149.606	187.902	25,6%	
Totaal	8.443.344	8.583.641	1,7%	1,6%

Tabel 13. Aantal auto's naar marktsegment

Marktsegment	2018 SPARK	2019 SPARK	% verschil 2018-2019 SPARK	% verschil 2018-2019 data
A-segment	1.838.217	1.830.737	-0,4%	0,5%
B-segment	2.440.802	2.513.222	3,0%	3,0%
C-segment	2.845.047	2.897.304	1,8%	0,6%
D-segment	994.943	1.006.139	1,1%	1,8%
E-segment	324.335	336.239	3,7%	4,9%
Totaal	8.443.344	8.583.641	1,7%	1,6%

Tabel 14. Aantal auto's naar energiebron

Energiebron	2018 SPARK	2019 SPARK	% verschil 2018-2019 SPARK	% verschil 2018-2019 data
Benzine	6.994.883	7.190.670	2,8%	2,6%
Diesel	1.180.462	1.096.405	-7,1%	-7,6%
LPG	127.321	113.910	-10,5%	-7,5%
PHEV-B	81.107	67.579	-16,7%	-1,0%
PHEV-D	15.217	11.578	-23,9%	-12,3%
BEV	44.354	103.499	133,3%	141,4%
Totaal	8.443.344	8.583.641	1,7%	1,6%

Tabel 15. Aantal auto's naar leeftijdsklasse

Leeftijds-klasse	2018 SPARK	2019 SPARK	% verschil 2018-2019 SPARK	% verschil 2018-2019 data
0 jaar	448.112	448.828	0,2%	0,2%
1-2 jaar	842.195	910.767	8,1%	8,4%
3-5 jaar	1.313.815	1.283.883	-2,3%	-1,9%
6-10 jaar	2.304.752	2.298.010	-0,3%	0,4%
11-15 jaar	1.883.461	1.884.694	0,1%	0,3%
16+ jaar	1.651.010	1.757.449	6,4%	4,7%
Totaal	8.443.344	8.583.641	1,7%	1,6%

SPARK voorspelt (zie ook tabel 16) een export in 2019 van 288.769 auto's (data: 294.301), een import van 203.315 (data: 215.843) en nieuwverkoop van 448.828 (data: 445.693). De sloop komt in 2019 op 225.089 auto's (data: 223.298) en er worden 1.774.806 auto's op de tweedehands markt aangeboden; 2012 tweedehands aangeboden auto's worden in 2019 niet verkocht. Per saldo neemt het autopark daarom in SPARK toe met 140.297 auto's. De mutaties volgens de data (m.u.v. tweedehands aanbod t.o.v. tweedehands verkocht, die niet los onderscheiden worden in de data) staan ook de tabel. De conclusie is dat SPARK de mutaties redelijk goed onderscheidt en voorspelt voor dit gekalibreerde jaar.

Tabel 16. Overzicht mutaties autopark 2019, SPARK

		SPARK		Data	
beginsituatie 1-1-2019			8.443.344		8.442.982
export		-288.769		-294.301	
import		+203.315		+215.843	
nieuwverkoop		+448.828		+445.639	
sloop		-225.089		-223.298	
tweedehands aanbod		+1.774.806		-2.474	
tweedehands verkocht		-1.772.794			
saldo		140.297	+140.297	141.409	+141.409
eindsituatie 31-12-2019			8.583.641		8.584.391

De verdeling van de nieuwe auto's in 2019 naar energiebron staat in tabel 17. De aandelen voor diesel, LPG en PHEV zijn laag, benzine is nog dominant en BEV komt op. De aandelen volgens SPARK komen goed overeen met de data voor 2019.

Tabel 17. Nieuwe auto's naar energiebron

Energiebron	2019 SPARK	% aandeel SPARK	% aandeel data
Benzine	353.532	78,8%	78,0%
Diesel	26.560	5,9%	7,0%
LPG	412	0,1%	0,1%
PHEV	5.701	1,3%	1,2%
BEV	62.622	14,0%	13,7%
Totaal	448.828	100%	100,0%

Autogebruik

Het totaal aantal kilometers van Nederlandse auto's in Nederland is volgens CBS Statline in 2019 103,5 mld. SPARK is hierop gekalibreerd en haalt de target van 103,5 mld kilometer. Autobezit is een variabele die geldt op een bepaald moment; het is in SPARK afgesteld op data voor het beginmoment (eind 2018) en vervolgens gekalibreerd op de situatie eind 2019. In SPARK is het aantal kilometers (een variabele die geldt voor een periode, niet een moment) gekalibreerd op het hele jaar 2019. Hierbij zijn gegevens van de CBS micro-data gebruikt als targets. De targets betroffen de dimensies privé versus zakelijk, energiebron, automarktsegment en leeftijdsklasse. In tabel 18 wordt een voorbeeld gegeven van de vergelijking van de SPARK prognoses met de targets voor een van de combinaties: privéauto's (PH+PL), nieuw, segment C, naar energiebron. De targets worden exact gehaald.

Tabel 18. Autogebruik (inclusief buitenland) per auto voor privéauto's (PH+PL), nieuw, segment C per jaar in 2019

	Target	SPARK
Benzine	14.888	14.888
Diesel	31.196	31.196
LPG	23.425	23.425
PHEV-B	21.541	21.541
PHEV-D	31.234	nvt ¹
BEV	21.623	21.623

1. Deze combinatie komt in 2019 niet voor in SPARK

3.3 Kortetermijnprognose (2020 en 2021)

Voor de jaren 2020 en 2021 heeft een gedetailleerde bijsturing plaatsgevonden om de uitkomsten van SPARK voor deze jaren (net als voor 2019 is uitgevoerd) goed in lijn te krijgen met de waarnemingen.

Het totaal aantal personenauto's in SPARK groeide van 2019 naar 2020 met 1,2% naar 8.688.887 en het jaar erna met 1,6% naar 8.825.597. De waargenomen aantallen waren 8.676.544 voor 2020 en 8.803.490 in 2021. De aantallen per energiebron staan in tabel 19. Spark reproduceert (na bijsturing) de waargenomen aantallen redelijk goed.

Tabel 19. Aantal auto's naar energiebron na gedetailleerde bijsturing

Energiebron	2020 SPARK	2021 SPARK	% verschil 2019-2020 SPARK	% verschil 2020-221 SPARK	% verschil 2019-2020 data	% verschil 2020-221 data
Benzine	7.341.909	7.496.687	2,1%	2,1%	2,1%	1,8%
Diesel	989.443	878.483	-9,8%	-11,2%	-10,8%	-11,0%
LPG	107.500	100.997	-5,6%	-6,0%	-5,8%	-5,1%
PHEV-B	71.375	109.404	5,6%	53,3%	10,4%	45,5%
PHEV-D	9.925	10.111	-14,3%	1,9%	-11,6%	1,2%
BEV	168.736	229.916	63,0%	36,3%	61,2%	40,6%
Totaal	8.688.887	8.825.597	1,2%	1,6%	1,1%	1,5%

SPARK raamt (zie ook tabel 20) een export in 2020 van 259.521 auto's (data: 266.748), een import van 220.018 (data: 229.514) en nieuwverkoop van +358.216 (data: 352.503). De sloop komt in 2020 op 215.634 auto's (data: 214.049) en er worden 1.827.500 auto's op de tweedehands marktaangeboden; 1.825.332 tweedehands aangeboden auto's worden in 2020 verkocht. Per saldo neemt het autopark daarom toe met 105.246 auto's. De daling van de nieuwverkoop, die in 2020 is opgetreden, wordt ook voorspeld door het voor dit jaar bijgestuurde SPARK.

Tabel 20. Overzicht mutaties autopark 2020, SPARK na gedetailleerde bijsturing

	SPARK		Data	
beginsituatie 1-1-2020		8.583.641		8.584.391
export	-259.521		-266.748	
import	+220.018		+229.514	
nieuwverkoop	+358.216		+352.503	
sloop	-215.634		-214.049	
tweedehands aanbod	+1.827.500			
tweedehands verkocht	-1.825.332		+808	
saldo	105.246	+105.246	102.028	+102.028
eindsituatie 31-12-2020		8.688.887		8.686.419

In 2021 is de netto toename van het park: 136.710. SPARK voorspelt (zie ook tabel 21) een export in 2021 van 247.183 auto's (data: 304.873), een import van 266.739 (data: 281.580) en nieuwverkoop van 328.318 (data: 315.677). De sloop komt in 2020 op 213.771 auto's (data: 212.483) en er worden 1.882.290 auto's op de tweedehands marktaangeboden; 1.879.684 tweedehands aangeboden auto's worden in 2020 verkocht. Ook in 2021 is de nieuwverkoop in werkelijkheid gedaald, wat SPARK (na bijsturing) ook zo voorspelt. In 2021 vertonen de RDW/Revnext data een afwijkend patroon wat betreft het saldo, dit komt doordat er in dat jaar volgens de waarnemingsgegevens een grote mutatie opgetreden is in de bedrijfsvoorraad. SPARK modelleert de bedrijfsvoorraad niet.

Tabel 21. Overzicht mutaties autopark 2021, SPARK na gedetailleerde bijsturing

	SPARK		Data	
beginsituatie 1-1-2021		8.688.887		8.686.419
export	-247.183		-304.873	
import	+266.739		+281.580	
nieuwverkoop	+328.318		+315.677	
Sloop	-213.771		-212.483	
tweedehands aanbod	+1.882.290			
tweedehands verkocht	-1.879.684		+61.389	
Saldo	136.710	+136.710	141.290	+141.290
eindsituatie 31-12-2021		8.825.597		8.827.709

De verdeling van de nieuwe auto's in 2020 en 2021 naar energiebron staat in tabel 22. De afwijkingen in de aandelen volgens de RDW/Revnext data zijn, na bijsturing, gering.

Tabel 22. Nieuwe auto's naar energiebron

Energiebron	2020 SPARK	2021 SPARK	% aandeel SPARK 2020	% aandeel SPARK 2021	% aandeel data 2020	% aandeel data 2021
Benzine	259.530	226.244	72,5%	68,9%	71,4%	68,2%
Diesel	10.512	3.760	2,9%	1,1%	3,1%	1,3%
LPG	1.933	2.438	0,5%	0,7%	0,6%	0,7%
PHEV-B	15.677	32.381	4,4%	9,9%	4,3%	9,7%
PHEV-D	224	275	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%
BEV	70.339	63.219	19,6%	19,3%	20,5%	20,0%
Totaal	358.216	328.318	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Het waargenomen aantal autokilometers in 2020 en 2021 is duidelijk lager dan in 2019, met name door Covid-19 en de hiermee samenhangende beperkingen. In 2020 is het aantal kilometers van Nederlandse auto's in Nederland volgens CBS Statline 88.391mln en in 2021 92.823 mln (in 2019 was het nog 103.493 mln). SPARK komt na de bijsturing voor 2020 eveneens op 88,4 mld en voor 2021 op 92,8 mld.

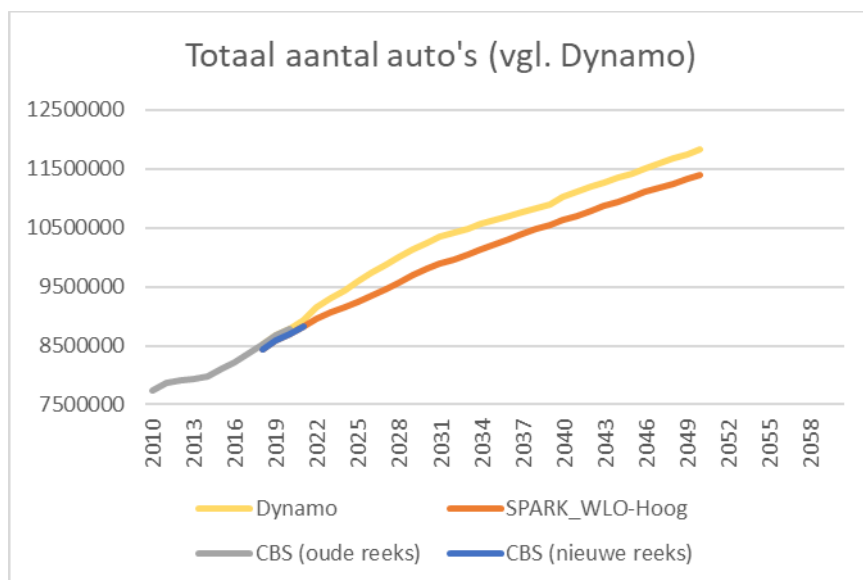
3.4 Middellangetermijnprognose (2030)

SPARK is jaar-op-jaar gedraaid voor het scenario WLO Hoog. Hier kijken we naar de uitkomsten voor het jaar 2030 en vergelijken die met de resultaten van het bestaande model Dynamo voor hetzelfde jaar en hetzelfde WLO Hoog scenario. De prognoses voor elektrische auto's onder het kopje Dynamo komen uit Carbontax. Bij SPARK is de medium diffusiecurve gebruikt.

Het totaal aantal personenauto's in Nederland volgens Dynamo/Carbontax (inclusief enkele tientallen tot honderden waterstofauto's, die in de huidige versie van SPARK niet worden gemodelleerd) is 8.530.584 in 2018 en 10.250.545 in 2030 (+20%). Volgens SPARK gaat het autopark in deze periode van 8.443.344 naar 9.810.163 (+16%). De groei van het aantal auto's in SPARK komt net iets lager uit dan die van het nationaal inkomen (en die van Dynamo net iets hoger). Per huishouden neemt het aantal auto's in SPARK in de periode 2022-2030 licht af (waarna het weer toeneemt, zie ook figuur 1 en paragraaf 3.5). De oorzaken hiervan in SPARK en in hoeverre dit plausibel wordt geacht zijn nader onderzocht. Hieruit kwam het volgende naar voren.

- SPARK is nieuw model dat diverse andere mechanismes kent dan Dynamo (en Carbontax). Er is niet een simpele eenduidige reden / verklaring voor de verschillen: ze kunnen verklaard worden uit een zeer groot aantal verschillen in de onderlinge mechanismes die worden gemodelleerd.
- Maar er is een ander aspect waar we wel iets over kunnen zeggen (en dat ook een rol speelt bij de gevraagde verklaring). Wanneer naar de SPARK-uitkomsten zelf gekeken worden, dan is zichtbaar dat de groei van het wagenpark tot 2030 duidelijk lager ligt dan de groei tussen 2030 en 2040. Ook hier spelen meerdere aspecten een rol, maar twee belangrijke verklaringen hierbij zijn:
 - o De aannames over de ontwikkeling van de kosten: tot 2030 neemt de aanschafprijs van benzineauto's (die in die periode nog een belangrijke rol spelen) nog toe: vanaf 2030 blijven deze kosten gelijk. Voor BEV-auto's dalen ze over beide periodes, maar vooral na 2030 vormen BEV-auto's een steeds substantiëler deel van het autopark en werkt deze daling van de aanschafprijs door in de groei van het autopark.
 - o De aannames over het aantal huishoudens: tot 2030 neemt het aantal huishoudens per jaar meer toe dan in de periode na 2030. In SPARK gaat het om een groei in het aantal huishoudens met 1,2–1,3% per jaar in de periode 2022-2030 (de bevolkingsgroei in deze periode is rond de 0,4% per jaar). In 2031 valt deze groei ineens terug tot 0,5% per jaar, waarna het langzaam terugloopt tot 0,4% per jaar. SPARK modelleert de vorming van nieuwe huishoudens expliciet (in de huishoudsimulator) en ook expliciet het autobezit van de nieuwe huishoudens. Dit betekent dus dat er in SPARK tot 2030 meer nieuwe huishoudens toegevoegd moeten worden (of bestaande huishoudens gesplitst moeten worden). Juist die nieuwe huishoudens hebben een relatief laag autobezit (o.a. omdat ze vaker bestaan uit 1 persoon). Dat remt de groei van het autopark.

Figuur 1. Ontwikkeling van het aantal auto's tot en met 2050 volgens CBS, SPARK en Dynamo



In tabel 23 staat de uitsplitsing naar energiebron. Beide modellen voorspellen voor 2018-2030 een afname van diesel en LPG, maar bij Dynamo/Carbontax neemt benzine meer toe dan in SPARK. Dynamo/Carbontax heeft een duidelijk grotere toename van PHEV dan SPARK, terwijl de toename van BEV in beide modellen groot is, maar SPARK iets groter is (naar 1,7 mln in 2030).

Tabel 23. Aantal personenauto's naar energiebron in 2018 en 2030 volgens Dynamo/Carbontax (exclusief waterstof) en SPARK

	Dynamo			SPARK		
	2018	2030	% verandering	2018	2030	% verandering
Benzine	6.998.147	7.817.644	12%	6.994.883	7.394.623	6%
Diesel	1.243.467	381.012	-69%	1.180.462	529.429	-55%
LPG	155.063	116.309	-25%	127.321	44.004	-65%

PHEV (B en D)	86.570	227.594	163%	96.324	135.519	41%
BEV	47.293	1707.162	3510%	44.354	1.706.586	3748%
Totaal	8.530.540	10.249.721	20%	8.443.344	9.810.163	16%

In tabel 24 zien we dat SPARK in 2030 minder import, meer export, minder sloop en meer nieuwverkoop voorspelt dan Dynamo. In Figuur 2 is de ontwikkeling in deze grootheden tot en met 2050 te zien, volgens SPARK.

Tabel 24. Import, export, sloop en nieuwverkoop in 2030 volgens Dynamo en SPARK

	Dynamo	SPARK	% verschil
Import	311.864	208.836	-33%
Export	213.677	278.790	30%
Sloop	298.270	254.213	-15%
Nieuwverkoop	344.468	444.604	29%

Figuur 2. Verloop tot en met 2050 van sloop, import, export en nieuwverkoop volgens CBS en SPARK



In Figuur 2 zien we dat volgens SPARK de sloop op termijn licht daalt (hier speelt de toename van de levensduur van auto's). Import en nieuwverkoop nemen tot 2050 met zo'n 30% toe (net als de omvang van de tweedehands markt), wat redelijk gelijk oploopt met de toename van het totale aantal auto's tot 2050 met +35%. Import is endogeen in SPARK; het is een van de keuzedimensies van de typekeuzemodellen. Ook nieuwverkoop wordt in SPARK bepaald door met name afweging van nieuwe auto's t.o.v. auto's van 1 of meer jaar oud in de typekeuze. Export wordt echter in SPARK geraamd als resultante van nieuwverkoop, tweedehands markt, sloop en import. Deze export neemt tot en met 2050 met zo'n 65% toe in SPARK. Bij de export gaat het voor een belangrijk deel om auto's in de hoogste leeftijdsklasse (16 jaar en ouder). Hier zit ook de grote toename van de export tot en met 2050. Deze toename is dan de pendant van de afname in de sloop: er worden volgens SPARK op termijn meer oude auto's geëxporteerd in plaats van gesloopt.

De prognoses voor nieuwverkoop worden in tabel 25 uitgesplitst naar energiebron. De belangrijkste verschillen betreffen benzine en BEV. In Dynamo/Carbontax heeft BEV een aandeel van 53% en in SPARK 61%. Het spiegelbeeld hiervan treedt op bij benzineauto's. Beide autobezitsmodellen voorspellen lage aandelen voor diesel (Dynamo/Carbontax iets hoger dan SPARK), LPG en PHEV. In 2030 gaat het in de nieuwverkoop volgens beide modellen tussen benzine en BEV, waarbij de penetratie van BEV in SPARK vooral vanaf 2030 sneller verloopt, waarschijnlijk door het gebruik van de diffusiecurve voor BEV in SPARK, die vanaf 2030 een substantieel verschil begint te maken.

Tabel 25. Nieuwverkoop naar energiebron in 2030 volgens Dynamo/Carbontax en SPARK (exclusief waterstof)

	Dynamo	SPARK	% aandeel Dynamo	% aandeel SPARK
Benzine	149.016	155.801	43%	35%
Diesel	4.127	11.860	1%	3%
LPG	2.691	285	1%	0%
PHEV (B en D)	6.509	3.660	2%	1%
BEV	182.115	272.999	53%	61%
totaal	344.458	444.604	100%	100%

Het aantal autokilometers groeit in de periode tot en met 2030 iets sneller in Dynamo dan in SPARK. (zie tabel 26) In Dynamo blijft het aantal kilometers per auto gelijk en in SPARK neemt het licht toe. Wat hierbij mogelijk een rol speelt is dat in de recente modelversies van Dynamo expliciet rekening wordt gehouden met afname kilometers (-2%) ten gevolge van de verlaging van de maximum snelheid. Dat zit deels impliciet in de gebruikte data van SPARK verwerkt.

Tabel 26. Autogebruik in 2018 en 2030 volgens Dynamo en SPARK (in mld km van Nederlandse auto's in Nederland).

Dynamo			SPARK		
2018	2030	% groei	2018	2030	% groei
105	126	20%	104	123	18%

3.5 Langetermijnprognose (2040 en 2050)

SPARK loopt tot en met 2060, maar voor de vergelijkbaarheid met Dynamo kijken we naar 2040 en 2050. De runtijd van SPARK voor een modelrun tot en met 2040 is ongeveer 3 uur en tot en met 2060 9 uur.

In deze paragraaf kijken we naar de uitkomsten voor het jaar 2040 en voor het jaar 2050 en vergelijken die met de resultaten van Dynamo. Beide modellen zijn hierbij toegepast met het WLO Hoog scenario. Bij SPARK is de medium diffusiecurve gebruikt.

Het totaal aantal personenauto's in Nederland volgens Dynamo is dan 11,0 mln in 2040 (+29% t.o.v. 2018) en 11,8 mln in 2050 (+39% t.o.v. 2018). Volgens SPARK gaat het autopark in deze periode naar 10,6 mln in 2040 (+26%) en 11,4 mln in 2050 (+ 35%). Deze aantallen en groeicijfers voor WLO Hoog komen in redelijke mate overeen. Ook is het verschil tussen Dynamo en SPARK in 2050 niet groter geworden dan het in 2030 was; het verschil in aantal auto's tussen beide modellen doet zich voor in de jaren tot en met 2030 (zie ook Figuur 1 in paragraaf 3.4).

In tabel 27 staat de uitsplitsing naar energiebron. De marktaandelen (en ook de nieuwverkopen die in tabel 28 worden besproken) voor BEV en PHEV in Dynamo zijn geen endogene modelramingen. Deze zijn exogeen opgelegd op basis van expert judgement in het kader van de WLO update in 2020. Carbontax modelleert namelijk niet verder dan 2030.

Beide ramingen voor 2018-2040 laten een afname van benzine, diesel en LPG zien, maar bij Dynamo is de afname van benzine kleiner dan in SPARK. In Dynamo is er tot 2040 en 2050 nog wel een toename van PHEV, maar het totale aantal blijft onder de 300.000 auto's. In SPARK wordt het aantal PHEV's in 2040 en 2050 nog beduidend kleiner. Zowel Dynamo als SPARK voorspellen op lange termijn een dominantie van BEV's in het park, maar de toename van BEV in SPARK is duidelijk groter.

Tabel 27. Aantal personenauto's naar energiebron in 2040 en 2050 volgens Dynamo en SPARK

	Dynamo				SPARK			
	2040	2050	% verandering 2018- 2040	% verandering 2018- 2050	2040	2050	% verandering 2018- 2040	% verandering 2018- 2050
Benzine	5.362.523	2758.145	-23%	-61%	4.737.420	1.557.361	-32%	-78%

Diesel	141.773	70.818	-89%	-94%	242.380	68.116	-79%	-94%
LPG	54.259	22.976	-65%	-85%	22.170	8.320	-83%	-93%
PHEV (B/D)	273.949	266.405	216%	208%	66.621	18.643	-31%	-81%
BEV	5.191.142	8720.739	10877%	18340%	5.560.816	9.746.732	12437%	21875%
Totaal	11.023.646	11.839.083	29%	39%	10.629.407	11.399.172	26%	35%

De prognoses voor nieuwverkoop worden in tabel 28 uitgesplitst naar energiebron. In Dynamo is er in 2040 en 2050 nog een niet te verwaarlozen deel benzineauto's in de nieuwverkoop: 17% respectievelijk 8%. In SPARK is de nieuwverkoop in 2040 en 2050 bijna geheel BEV: 99% respectievelijk 98%.

Tabel 28. Nieuwverkoop naar energiebron in 2040 en 2050 volgens Dynamo en SPARK

	Dynamo				SPARK			
	2040	2050	% 2040	% 2050	2040	2050	% 2040	% 2050
Benzine	72.132	28.501	17%	8%	42.196	10.225	9%	2%
Diesel	2.387	744	1%	0%	3.092	410	1%	0%
LPG	1.134	330	0%	0%	281	31	0%	0%
PHEV (B/D)	7.895	6.894	2%	2%	1.034	202	0%	0%
BEV	334.242	328.321	80%	90%	417.180	514.810	90%	98%
Totaal	417.790	364.790	100%	100%	463.784	525.678	100%	100%

Het totale aantal autokilometers per jaar neemt tot en met 2050 in SPARK net iets sterker toe dan de groei van het aantal auto's (zie tabel 29). Gemiddeld is er dus een kleine stijging van het kilometrage per auto.

Tabel 29. Autogebruik 2018-2050 volgens SPARK (in mld km van Nederlandse auto's in Nederland)

	2018	2030	2040	2050
mld km	104	123	133	142
2018=100	100	118	128	137

3.6 De gevoeligheid van de onderliggende modellen voor veranderingen in autokosten en inkomen

De elasticiteiten uit het model worden hieronder vergeleken met elasticiteiten waarvoor een ruime hoeveelheid literatuur beschikbaar is.

Inkomenselasticiteit

Hierbij kijken we naar de elasticiteit van het totaal aantal personenauto's voor een verandering van het gemiddelde inkomen op autobezit. In het literatuuronderzoek van de Jong en van de Riet (2008) werd geconcludeerd dat een inkomenselasticiteit van het aantal auto's (al dan niet per inwoner) verwacht kan worden van rond de 1 voor de rijke landen. Na 2008 zijn er echter in vele Westerse landen aanwijzingen geweest voor een afnemende inkomenselasticiteit. Cornut (2016) vond voor Île-de-France (Parijs en omgeving) een inkomenselasticiteit van 0,47. Eveneens voor Île-de-France vonden Zondag et al. (2019) een inkomenselasticiteit van 0,37-0,40. Deze beide onderzoeken houden rekening met verschillend gedrag van verschillende leeftijdscohorten op basis van pseudo-panel analyse. Waarschijnlijk zijn deze elasticiteiten in grote steden zoals Parijs tegenwoordig het laagste³. Voor Nederland als geheel zouden we een inkomenselasticiteiten van het aantal auto's verwachten tussen 0,5 en 1.

De groei van het aantal auto's in SPARK komt net iets lager uit dan die van het nationaal inkomen (in reële termen, dus gecompenseerd voor inflatie). De elasticiteit die we op deze basis kunnen berekenen komt dus net iets onder de 1 uit. Hierbij wordt feitelijk alle groei in autobezit gerelateerd aan inkomensgroei. Dit is niet juist, omdat autobezit ook kan groeien door bijvoorbeeld groei in het aantal

³ Hiervoor zijn meerdere oorzaken te noemen: in grote steden zijn veel bestemmingen van activiteiten op korte afstand beschikbaar, is het openbaar vervoer doorgaans goed, geldt vaak een streng parkeerbeleid en is de doorstroming van het autoverkeer relatief slecht.

huishoudens, werkgelegenheidsgroei of door het cohort-effect. Maar een aanzienlijk deel van de literatuur over inkomenselasticiteiten kijkt alleen naar het aantal auto's en inkomen. Vandaar dat wij deze vergelijking hier ook maken. Dan blijkt dat SPARK in het te verwachten bereik zit.

Kostenelasticiteiten

De belangrijkste gevoeligheden van het model worden berekend door simulaties voor veranderingen in vaste autokosten, brandstofkosten en inkomen, t.o.v. de referentierun. Op basis van de uitkomsten worden dan elasticiteiten bepaald, die worden vergeleken met elasticiteiten uit de literatuur. Als er substantiële verschillen blijken te zijn is het belangrijk dat die kunnen worden verklaard. In SPARK wordt voor wat betreft de autokosten onderscheid gemaakt tussen:

- aanschafprijs (inclusief BPM);
- jaarlijkse kosten: MRB, reparatie, onderhoud en verzekering; bij de zakelijke auto's kan de bijtelling bij het inkomen voor de jaaropgave voor de inkomstenbelasting hieronder worden gerekend, net als de leasekosten voor degene die het leasebedrijf betaalt;
- brandstof-/energiekosten.

Voor de bestaande literatuur, moeten we ons echter beperken tot elasticiteiten voor de vaste kosten, de variabele kosten en de brandstofkosten, omdat dit de componenten van de kosten zijn waarvoor er voldoende literatuur bestaat om een range te bepalen, waar we onze uitkomsten mee kunnen vergelijken. De variabele kosten bestaan dan uit onderhoud en reparatie, mogelijk een deel van de afschrijvingen, en de brandstof-/energiekosten. Ook is het goed om naast veranderingen in samengestelde kostencomponenten als vaste en variabele kosten, ook te kijken naar het effect van afzonderlijke fiscale overheidsmaatregelen. Dit wordt besproken in onderdeel 3.7 van dit rapport.

- De vaste kostenelasticiteit van het aantal auto's in het internationale literatuuroverzicht in Significance (2009) is tussen -0,1 en -1,1. De vaste kosten elasticiteit uit het model in dit onderzoek voor Nederland zelf was -0,4. Verder worden er hierin lange termijn aanschafprijselasticiteiten van het autobezit gerapporteerd van -0,3 tot -0,5. Aanschafprijs (afschrijving) is slechts een deel van de vaste kosten, dus hebben een lagere elasticiteit dan de vaste kosten. Hetzelfde geldt voor de jaarlijkse kosten. In de schattingen van de modellen voor de verandering in het autobezit per huishouden in SPARK (dus nog voor typekeuze) wordt uitgegaan van een bepaald vast kostenniveau (er zit geen variatie in de kostenvariabelen waarop voor deze modellen coëfficiënten zouden kunnen worden geschat). Op basis van Significance (2009) bepalen we daarom een elasticiteit van een verandering in de aanschafkosten (kale prijs en BPM) op het aantal auto's van -0,18. SPARK wordt zodanig afgesteld dat een verandering in deze kosten vanaf 2030 deze elasticiteit levert voor het autobezit in de periode 2051-2060.
- Voor een verhoging van de jaarlijkse kosten (MRB, verzekeringen, reparatie en onderhoud, of de leasekosten) komen we op basis van Significance (2009) op een elasticiteit van het aantal auto's van -0,23. Ook hier wordt SPARK op afgesteld, om dezelfde reden en op dezelfde manier als voor de aanschafkosten.
- De variabele kostenelasticiteit van het autobezit uit het literatuuroverzicht in Significance (2009) loopt van -0,04 tot -0,8. Een waarde rond de -0,25 lijkt het meest aannemelijk. De meest aannemelijke internationale waarde voor de brandstof-/energiekosten ligt lager (rond -0,15), omdat deze maar een deel van de variabele kosten uitmaken. Uit Significance (2009) leiden we voor de brandstof-/energiekosten een elasticiteit van het aantal auto's in Nederland af van -0,04. Ook hier wordt SPARK op afgesteld, om de hierboven beschreven reden en op de hierboven beschreven manier.
- Alle drie de bovenstaande elasticiteiten van het aantal auto's vallen binnen de range uit de literatuur, zij het wel aan de onderzijde van het bereik.
- Voor het recente GM4-project is een bereik gesteld waarbinnen de brandstofkostenelasticiteit van het aantal autokilometers zou moeten vallen: -0,15 - -0,5. Hier gaat het niet alleen om overeenstemming met de literatuur, maar ook om consistentie met het LMS/NRM. De variabele kostenelasticiteit is wat sterker dan de brandstofkostenelasticiteit omdat dezelfde procentuele kostenverandering dan een grotere absolute kostenverandering betreft. Het autogebruiksmodel

van SPARK is ingesteld op de brandstofkostenelasticiteit van het LMS (GM4) over alle reismotieven van -0,36.⁴

De kostenelasticiteiten van SPARK worden samengevat in de volgende tabel.

Tabel 30. Kostenelasticiteiten van SPARK

Effect van	effect op	literatuur	SPARK
aanschafprijs	aantal auto's in prive bezit	van -0,15 tot -0,5	-0,18
jaarlijkse kosten	aantal auto's in prive bezit		-0,23
brandstof-/energiekosten	aantal auto's in prive bezit	van -0,03 tot -0,20	-0,04
brandstof-/energiekosten	aantal autokilometers	van -0,15 tot -0,5	-0,36
aanschafprijs	nieuwverkoop BEV's	rond -1	-1
bijtellings%	nieuwverkoop lease BEV's	rond -0,3	-0,3

3.7 Prognose van het effect van beleidsmaatregelen

In dit zevende en laatste onderdeel van de validatie wordt expliciet gekeken naar het effect van beleidsmaatregelen

b1: Verbod op nieuwverkoop van auto's met een fossiele brandstofmotor vanaf 2035

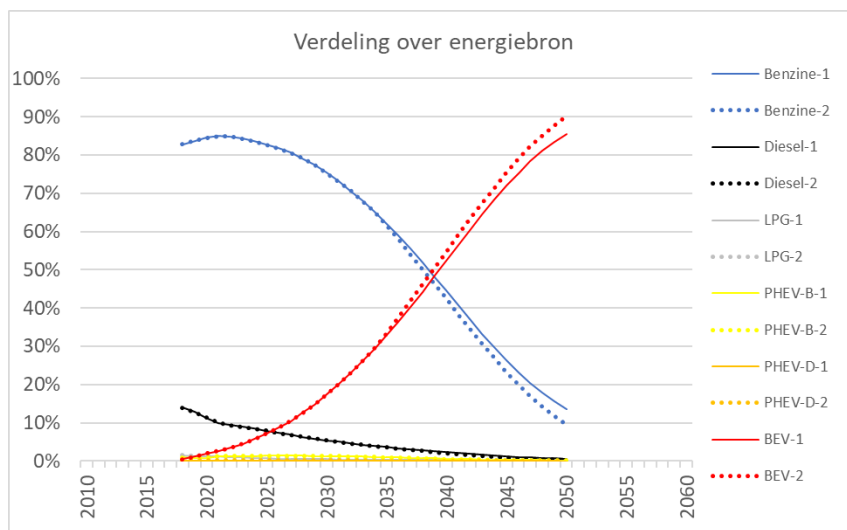
In deze gevoeligheidsanalyse verstaan we onder fossiele voertuigen ook PHEV's, wat betekent dat er op de markt voor nieuwe auto's vanaf 2035 alleen nog BEV mogen worden verkocht. Vanaf 2035 bestaat de nieuwverkoop in de uitkomsten van SPARK dan ook voor 100% uit BEV. De uitkomsten voor het aantal auto's per energiebron (gehele park, niet nieuwverkoop) voor 2040 en 2050 staan in Tabel 31 en Figuur 3. Het verbod op nieuwverkoop van auto's met een fossiele brandstofmotor in 2035 leidt in 2040 en 2050 tot een autopark met meer BEV's: 5% meer. Dit gaat ten koste van alle andere energiebronnen. Het totale park daalt met 1% en dit geldt ook voor het totale autogebruik. Ook worden auto's door deze maatregelen gemiddeld 3% ouder (doordat met name auto's met een fossiele brandstofmotor langer in het park blijven).

Tabel 31. Aantal personenauto's naar energiebron in 2040 en 2050 volgens SPARK, basisrun en b1

	2040 basisrun	2050 basisrun	2040 b1	2050 b1	% verschil t.o.v. basisrun 2040	% verschil t.o.v. basisrun 2050
Benzine	4.737.420	1.557.361	4.494.743	1.078.317	-5%	-31%
Diesel	242.380	68.116	219.480	23.853	-9%	-65%
LPG	22.170	8.320	21.254	6.977	-4%	-16%
PHEV (B/D)	66.621	18.643	60.551	11.687	-9%	-37%
BEV	5.560.816	9.746.732	5.815.878	10.214.525	5%	5%
Totaal	10.629.407	11.399.172	10.611.906	11.335.360	0%	-1%

Figuur 3. Effecten van verbod op nieuwverkoop van auto's met een fossiele brandstofmotor vanaf 2035 op de verdeling over de energiebronnen van het gehele autopark.

⁴ Dit is dezelfde aanpak die is gehanteerd bij Dynamo. Immers, andere modellen, zoals met name LMS/NRM, worden als leidend beschouwd voor het autogebruik.



We zien dat het effect van de maatregel op het aantal BEV's substantieel is, maar ook weer niet heel groot. Redenen hiervoor zijn:

- Het is een strenge maatregel voor de nieuwverkoop;
- Nieuwverkoop is zo'n 4-5% van het park: effect op samenstelling park zal niet direct heel groot zijn; dit heeft tijd nodig;
- Ook neemt in referentierun aantal BEV's al snel toe, door het aantrekkelijker worden van BEV's vanwege:
 - Innovatie- en imitatiegedrag van de consumenten
 - Toename aanbod
 - Daling in prijs
 - Toename actieradius
 - Snellere laadtijd
 - Inkomensgroei
 - Enz..

b2: Stijging BPM +10% vanaf 2030

In deze run wordt de BPM met 10% verhoogd voor alle componenten behalve "Basistarief BEV-auto's". Dus alle auto's worden duurder in aanschaf, behalve BEV's. Uitkomsten staan in tabel 32 en figuur 4. Het effect van de maatregel op de omvang en samenstelling van het autopark en op het autogebruik is volgens SPARK minimaal. De nieuwverkoop van BEV's neemt in 2030 wel toe, maar het effect blijft beperkt (+1%, zie tabel 33). Redenen hiervoor zijn:

- Effect loopt via de aanschafprijs (kale prijs + BPM), maar is slechts een deel (b.v. 20%) van dit totaal;
- BEV's worden niet duurder;
- Elasticiteit van aanschafprijs op aantal auto's is -0,15 - -0,5;
- Typekeuze is op zich wel elastischer, maar voor hogere inkomens is de elasticiteit lager (minder kostengevoelig); en het zijn met name de hogere inkomens die nieuwe auto's en daarbinnen BEV's kopen;
- In basisrun neemt aantal BEV's al snel toe (zie bij b1) en dus wordt het aantal nieuwe auto's waarop deze belastingwijziging van invloed op is steeds kleiner.

Tabel 32. Aantal personenauto's naar energiebron in 2030, 2040 en 2050 volgens SPARK, basisrun en b2

	2030 basisrun	2040 basisrun	2050 basisrun	2030 b2	2040 b2	2050 b2	% verschil t.o.v. basisrun 2030	% verschil t.o.v. basisrun 2040	% verschil t.o.v. basisrun 2050
Benzine	7.394.623	4.737.420	1.557.361	7.392.049	4.730.730	1.546.035	0%	0%	-1%
Diesel	529.429	242.380	68.116	527.862	238.439	66.400	0%	-2%	-3%
LPG	44.004	22.170	8.320	44.530	22.197	7.285	1%	0%	-12%
PHEV	135.520	66.621	18.643	135.828	65.490	18.538	0%	-2%	-1%
BEV	1.706.586	5.560.816	9.746.732	1.708.651	5.565.671	9.749.617	0,12%	0,09%	0,03%
Totaal	9.810.163	10.629.407	11.399.172	9.808.921	10.622.527	11.387.876	0%	0%	0%

Tabel 33. Nieuwverkopende personenauto's naar energiebron in 2030 volgens SPARK, basisrun en b2

	Basisrun	b2	% verschil t.o.v. basisrun 2030
Benzine	155.801	153.030	-2%
Diesel	11.860	10.910	-8%
LPG	285	373	31%
PHEV	3.660	3.746	2%
BEV	272.999	275.130	1%
totaal	444.604	443.188	0%

b3: Accijns +10% vanaf 2030

Dit betreft de heffing op fossiele brandstoffen. Hierdoor wordt benzine 4,8% duurder, diesel 3,8% en LPG 2,6%. De maatregel heeft in SPARK niet of nauwelijks effect op de omvang van het park (zie tabel 34) en doet het aantal BEV's in 2040 met 2% toenemen (in 2050 met 1%). Het totaal autokilometers neemt door de maatregel met 1% (2050) tot 2% (2040) af.

Tabel 34. Aantal personenauto's naar energiebron in 2040 en 2050 volgens SPARK, basisrun en b3

	2040 basisrun	2050 basisrun	2040 b3	2050 b3	% verschil t.o.v. basisrun 2040	% verschil t.o.v. basisrun 2050
Benzine	4.737.420	1.557.361	4.647.775	1.491.013	-2%	-4%
Diesel	242.380	68.116	239.271	65.936	-1%	-3%
LPG	22.170	8.320	21.975	7.781	-1%	-6%
PHEV (B/D)	66.621	18.643	68.620	18.984	3%	2%
BEV	5.560.816	9.746.732	5.651.674	9.812.808	2%	1%
Totaal	10.629.407	11.399.172	10.629.315	11.396.522	-0%	-0%

b4: MRB-korting voor BEV verlengen tot en met 2030

Momenteel hoeft over BEV's geen MRB te worden betaald, maar dit wordt de komende jaren afgebouwd. In 2025 betaalt men bij een BEV 25% en in 2026 verdwijnt de MRB-korting geheel. In beleidsrun 4 daarentegen geldt tot en met 2030 de BEV-tariefactor 0%, in 2031 de BEV-tariefactor 25% en in 2032 en later de BEV-tariefactor 100%.

De uitkomsten staan in tabel 35. Het effect op het aantal BEV's in 2040 is een toename met 4%; in 2050 is het effect afgerond 0%. In 2030 is er echter nog een groot effect: 13% meer BEV's (1,925 mln i.p.v. 1,707 mln). Het effect op de nieuwverkoop van BEV's is ook in 2030 nog aanzienlijk (zie tabel 36). De

maatregel leidt tot een versnelling van de penetratie van BEV in het park, maar op heel lange termijn (2050 en later) is volgens SPARK vrijwel het hele park sowieso elektrisch, dus dan is er geen effect meer.

De maatregel heeft nagenoeg geen effect op het totaal aantal auto's en het aantal kilometers.

Tabel 35. Aantal personenauto's naar energiebron in 2030, 2040 en 2050 volgens SPARK, basisrun en b4

	2030 basisrun	2040 basisrun	2050 basisrun	2030 b4	2040 b4	2050 b4	% verschil t.o.v. basisrun 2030	% verschil t.o.v. basisrun 2040	% verschil t.o.v. basisrun 2050
Benzine	7.394.623	4.737.420	1.557.361	7.202.571	4.558.615	1.519.326	-3%	-4%	-2%
Diesel	529.429	242.380	68.116	514.157	234.735	67.687	-3%	-3%	-1%
LPG	44.004	22.170	8.320	44.185	21.746	8.057	0%	-2%	-3%
PHEV	135.520	66.621	18.643	129.543	64.110	18.836	-4%	-4%	1%
BEV	1.706.586	5.560.816	9.746.732	1.924.916	5.757.954	9.774.730	13%	4%	0%
Totaal	9.810.163	10.629.407	11.399.172	9.815.372	10.637.160	11.388.636	0%	0%	0%

Tabel 36. Nieuwverkopende personenauto's naar energiebron in 2030 volgens SPARK, basisrun en b4

	basisrun	b4	% verschil t.o.v. basisrun
Benzine	155.801	143.254	-8%
Diesel	11.860	11.095	-6%
LPG	285	347	22%
PHEV	3.660	3.481	-5%
BEV	272.999	289.248	6%
totaal	444.604	447.424	-35%

b5: Subsidie voor elektrisch zoals in 2024 verlengen tot en met 2030.

De subsidie voor aankoop van een BEV (nieuw of tweedehands) loopt af in 2024. In b5 wordt dit verlengd tot en met 2030. De subsidie voor BEV uit 2024 geldt dan tot en met 2030. Deze maatregel heeft in SPARK vrijwel geen effect op de parkomvang, parksamenstelling en het aantal kilometers. Er is wel een beperkt effect op de nieuwverkoop van BEV (zie tabel 37). Redenen voor de geringe effecten zijn:

- Het subsidiepotje is al ruim voor het einde van het jaar leeg (dit zit ook in model);
- De subsidie geldt alleen voor de goedkopere BEV's;
- Het subsidiebedrag is vrij gering en gaat om hooguit 10% van de aanschafprijs;
- Zakelijke leasemarkt (belangrijk voor nieuwverkoop) wordt door de maatregel niet beïnvloed;
- Voor hogere inkomens is elasticiteit van typekeuze lager (minder kostengevoelig); het zijn met name de hogere inkomens kopen die nieuwe auto's en daarbinnen BEV's kopen;
- In basisrun neemt aantal BEV's al snel toe (dus ook de mensen die reeds/autonoom de overstap naar BEV hadden gemaakt profiteren mogelijk van deze subsidie).

Deze beperkte effecten van BEV subsidie zeggen niet dat BEV subsidies geen effect kunnen hebben in SPARK. Een run met 10.000 euro BEV-subsidie (voor nieuw en tweedehands) tussen 2025 en 2030 en met ruim voldoende budget in het subsidiepotje heeft een sterk positief effect op het aantal BEV's (stijging met ongeveer 100.000 BEV's).

Tabel 37. Nieuwverkopende personenauto's naar energiebron in 2030 volgens SPARK, basisrun en b5

	basisrun	b5	% verschil t.o.v. basisrun
Benzine	155.801	157.011	1%
Diesel	11.860	11.395	-4%
LPG	285	242	-15%
PHEV	3.660	3.700	1%
BEV	272.999	273.100	0%
totaal	444.604	445.448	0%

In de nieuwe versie van SPARK (1.3.0) is er een groter effect van de subsidie op aankoop van BEV's. De nieuwverkopende van BEV's nemen hier in 2030 met 2% toe vergeleken met de basisrun.

b6: Kilometerheffing van 7 eurocent/km (zonder compensatie in andere autokosten)

De doorgerekende maatregel is een uniforme kilometerheffing (voor zowel de nutsfuncties van fossiel als elektrisch geldt dezelfde absolute verhoging van de kilometerkosten) van 7 eurocent per kilometer. Om de effecten in SPARK goed te kunnen onderscheiden van die van andere maatregelen, wordt geen compensatie in andere autokosten gesimuleerd (hypothetisch voorbeeld).

De effecten zijn als volgt:

- Gering effect op samenstelling park (zie tabel 38 en figuur 5);
- Afname park met 1% (door de hogere kosten);
- Afname autokilometers in 2040 met 18% en in 2050 met 15%, wat goed overeenkomt met de van LMS/NRM overgenomen elasticiteit van -0.36. De daling van het effect in de tijd komt door prijs- en inkomensstijgingen in de tijd, waardoor een verhoging met absoluut 7 cent (die niet tot 2050 wordt verhoogd met inflatie) steeds minder belangrijk wordt.

Tabel 38. Aantal personenauto's naar energiebron in 2040 en 2050 volgens SPARK, basisrun en b6

	2040 basisrun	2050 basisrun	2040 b6	2050 b6	% verschil t.o.v. basisrun 2040	% verschil t.o.v. basisrun 2050
Benzine	4.737.420	1.557.361	4.679.419	1.522.326	-1%	-2%
Diesel	242.380	68.116	238.722	67.000	-2%	-2%
LPG	22.170	8.320	21.704	8.489	-2%	2%
PHEV (B/D)	66.621	18.643	64.717	18.587	-3%	0%
BEV	5.560.816	9.746.732	5.528.758	9.672.751	-1%	-1%
Totaal	10.629.407	11.399.172	10.533.319	11.289.153	-1%	-1%

De redenen dat we weinig effect op het park en een groot effect op het aantal kilometers vinden zijn:

- 7 cent/km is forse stijging van de energiekosten/km (ruim +50% voor fossiel, meer dan een verdubbeling voor BEV);
- SPARK gebruikt voor deze kosten de elasticiteit van brandstofkosten op autokilometers uit LMS: =-0,36; Dit levert het substantiële effect op het totale kilometrage;
- De elasticiteit van brandstofkosten op privéauto bezit is in SPARK veel geringer: -0,04;

- De kilometerheffing geldt voor alle auto's (ook BEV), dus het effect op typekeuze is daardoor gering.

3.8 Bevindingen validatie

Er zijn diverse validaties uitgevoerd met versie 1.0.0 van SPARK. Allereerst zijn de uitkomsten van SPARK voor de beginsituatie van het model vergeleken met de targets hiervoor uit de waarnemingsgegevens. Hier komt het volgende uit naar voren:

- De afwijking ten opzichte van de targets voor het aantal huishoudens en personen is minimaal;
- Het aantal auto's in totaal en per bezitstype wijkt maximaal 0,02% af van de targets;
- Het aantal auto's naar energiebron wijkt maximaal 0,08% af van de targets, met uitzondering van de groep PHEV/diesel, maar dit is een hele kleine groep;
- De auto's volgens SPARK (zonder de groep ZO: niet lease auto's in bedrijfsparken) zijn een fractie jonger dan in de data (met ZO);
- Het aantal huishoudens met 0, 1, 2 en 3+ auto's wijkt niet meer dan 0,01% af van de targets;
- Het totale autogebruik volgens SPARK komt overeen met de data.

Het eerste prognosejaar is 2019, maar voor dit jaar wordt SPARK weer gekalibreerd op waargenomen data. Voor deze vergelijking vinden we (na kalibratie):

- Het totale aantal auto's groeit in SPARK in 2019 met 1,7% en in de data met 1,6%;
- Het aantal auto's naar automarktsegment, energiebron en leeftijdsklasse wijkt zeer weinig af van de targets, met uitzondering van de (hele kleine) groepen LPG en PHEV/diesel;
- In de nieuwverkoop voorspelt SPARK een enigszins groter aandeel dan waargenomen voor benzine en BEV;
- Het autogebruik naar automarktsegment, energiebron, leeftijdsklasse en privé versus zakelijk volgens SPARK komt overeen met de data.

Ook voor 2020 en 2021 zijn er waarnemingsgegevens waarmee de uitkomsten van SPARK zijn vergeleken. Ook hier is SPARK in detail bijgestuurd om deze targets zo goed mogelijk te halen. Het gaat hier om twee jaren die door Covid-19 en bijbehorende maatregelen ook qua automarkt en vooral autogebruik afwijken van andere jaren. Na deze gedetailleerde bijsturing van SPARK worden de nieuwverkoop en het park naar energiebron en het totale autogebruik (het laatste is in deze jaren flink gedaald) volgens de data goed getroffen.

Voor de middellange termijn (2030) en de lange termijn (2040, 2050) zijn vergelijkingen met het model Dynamo (met ramingen voor EV volgens Carbontax of eerdere expertprognoses) voor hetzelfde WLO Hoog scenario uitgevoerd. Hierbij vinden we het volgende:

- De groei van het aantal auto's is in SPARK iets lager dan in Dynamo (b.v. voor 2018-2030 +16% versus +20%). Dit verschil wordt na 2030 niet groter en hangt samen met de relatief snelle groei van het aantal huishoudens (met name door kleiner wordende huishoudens) in het WLO Hoog scenario tot aan 2030;
- Het verschil in de groei van het autogebruik in beide modellen is nog kleiner (b.v. voor 2030 SPARK +18% en Dynamo +20%);
- Bij SPARK is er een snellere groei (nieuwverkoop en park) van BEV dan in Dynamo, vooral na 2030 (als de invloed van de diffusiecurve belangrijk wordt). In SPARK daalt het aantal PHEV's op termijn; in Dynamo blijft het stijgen.

De kostenelasticiteiten van SPARK liggen in het bereik van de relevante literatuur: deels (typekeuze, autogebruik) op de verwachtingswaarde, deels (autobezit) meer aan de onderkant. Ook is een aantal beleidsmaatregelen doorgerekend als test van SPARK. Voor de meeste geteste beleidsmaatregelen geldt dat deze pas later dan 2030 worden ingezet. Veranderingen in het park lopen voornamelijk via de 'instroom' (nieuwverkoop + import). In de referentie is in 2030 al ca. 60% van de instroom in het

wagenpark BEV, en in 2035 ruim 77%. Daarna stijgt het aandeel BEV bij de instroom snel door naar ca. 90% in 2040. Daardoor zullen maatregelen na 2030 gericht op verder versnellen van de instroom van BEV in het wagenpark per definitie niet een heel groot effect hebben, en dit is precies wat we zien in de uitkomsten.

4. Conclusies uit de validatie

In dit rapport zijn de uitkomsten gerapporteerd van de validatie van SPARK. Prognoses van SPARK zijn vergeleken met waarnemingsgegevens (bewerkte RDW-data) voor jaren die al achter ons liggen, met uitkomsten van het model Dynamo voor toekomstjaren en met de internationale literatuur voor elasticiteiten. Hierbij is het volgende naar voren gekomen.

De runtijd van SPARK voor een run tot en met 2040 is ongeveer 3 uur en tot en met 2060 is ongeveer 9 uur. In eerdere proefversies waren de runtijden korter (b.v. 4 uur tot en met 2060), maar er is voor gekozen om de steekproef waar het model mee werkt te verdubbelen van 100.000 naar 200.000 huishoudens, samen met een aantal andere maatregelen, om simulatieruis te verminderen en tot stabiele resultaten te komen. Hierdoor is de runtijd gestegen. Er zijn diverse opties die verkend kunnen worden om de runtijd van een volgende modelversie te verkorten zonder de simulatieruis op te laten lopen.

De beginsituatie voor SPARK is die op 31-12-2018. Voor deze situatie is een bestand van huishoudens en gekoppelde auto's gecreëerd (via iterative proportional fitting IPF). Bij vergelijking van de uitkomsten hiervan met waarnemingen voor eind 2018 voor aantallen huishoudens en auto's naar belangrijke dimensies lijkt deze methode goed te functioneren.

Vervolgens is het model gekalibreerd op veranderingen in 2019. De uitkomsten hiervan geven aan dat ook dit werkt naar behoren.

Voor de jaren 2020 en 2021 is SPARK gedetailleerd bijgestuurd. Hier zijn ook de waarnemingsgegevens voor beschikbaar. De meest in het oog springende bijsturing is dat in 2020 en 2021 het autogebruik fors daalde door Covid-19 en lockdowns, wat natuurlijk niet in de prognoses van SPARK zat, maar na de bijsturing wel wordt geleverd door SPARK voor deze jaren. Vanaf 2022 wordt in SPARK teruggegrepen op de kalibratie voor 2019, niet de bijsturing voor 2020 en 2021, onder de aanname dat deze beide jaren afwijkende jaren zijn geweest.

De groei van het totaal aantal auto's tot en met 2030 volgens SPARK komt iets lager uit dan de prognose van Dynamo bij hetzelfde WLO Hoog scenario. SPARK voorspelt een snellere penetratie van BEV's in het park dan Dynamo. In Dynamo is er in deze periode ook nog een snelle stijging van PHEV. SPARK levert voor 2030 een kleine toename van het gemiddelde kilometrage per auto, waar dit in Dynamo stabiel blijft.

SPARK en Dynamo zijn ook vergeleken voor 2040 en 2050, voor hetzelfde WLO Hoog scenario. Voor beide jaren is er een grote mate van overeenstemming van parkomvang en procentuele groei van het park vanaf 2018. Bij Dynamo weet de benzineauto zich langer te handhaven dan in SPARK, waar het marktaandeel van BEV in vergelijking met Dynamo sneller groeit. Gerekend tot aan 2040 of 2050 is er een kleine groei van het gemiddeld kilometrage per auto in SPARK.

De inkomenselasticiteit (alle effecten weerspiegeland) in SPARK past in het bereik van de literatuur. SPARK bevat ook het effect van andere variabelen dan inkomen (zoals aantal huishoudens, banen, cohort-effect) op autobezit.

De kostenelasticiteiten van de parkomvang en het autogebruik zijn overgenomen uit andere Nederlandse modellen en bevinden zich binnen het bereik van de literatuur, zij het vooral aan de onderzijde van de bandbreedte. Voor typekeuze zijn de effecten van de kostenvariabelen binnen SPARK op data van het CBS geschat en resulteren er kostenelasticiteiten waarvan teken en grootte overeenkomen met de verwachtingen.

Er is een aantal beleidsruns uitgevoerd met SPARK. De uitkomsten hiervan zijn logisch/plausibel. Wel zijn de beleidseffecten in diverse gevallen vrij gering. Met name de overgang naar BEV op de langere termijn vindt ook in de basisrun (zonder extra beleid) al plaats, waardoor de maatregelen die gericht zijn op de conventionele auto's geleidelijk aan minder effectief worden.

Referenties

Cornut, B. (2016). Longitudinal analysis of car ownership and car travel demand in the Paris region using a pseudo-panel data approach. *Transportation Research Procedia*, 13, 61-71.

Jong, G. C. de, & Van de Riet, O. A. W. T. (2008). The driving factors of passenger transport. *EJTIR*, 8 (3).

Significance (2009) Effect op autobezit van omzetting van de BPM in de Kilometerprijs, Eindrapport, Rapport voor PBL, Significance, Den Haag.

Zondag, B, E. Lere en G.C. de Jong (2019) Car ownership modelling in the Ile-de-France region, Paper gepresenteerd op de European Transport Conference, 2019, Dublin.

Bijlage 1. Verschillen tussen SPARK versie 1.0.0 en SPARK versie 1.3.0

Hieronder volgt het overzicht met technische aanpassingen in versie 1.3.0 (de versie die op 1 december 2023 is vrijgegeven) t.o.v. versie 1.0.0 (waarmee de validatie die in dit rapport is beschreven is uitgevoerd). Zie ook de gebruikershandleiding en het implementatierapport voor een uitleg van de knoppen in het programma en namen van de (sub)modules.

- Alle warnings verschijnen nu ook in het logbestand.
- De parameters onder runParams zijn nu aanpasbaar voor de gewone gebruiker, met name belangrijk voor autodelen. Parameters die de gewone gebruiker niet moet kunnen aanpassen staan nu onder runParamsDeveloper.
- Bijtelling is nu een autokenmerk (carCostAddTax) en wordt vastgehouden i.p.v. elk jaar opnieuw berekend.
- guiChargeTimeBEV geef je nu als jaarlijkse procentuele verandering op.
- Filters op bepaalde categorieën in matrix-modus (bijv. niet meer benzine tonen bij guiElecUseFrac)
- Corrigeer guiEndYear als deze groter is dan de jaren opgegeven in de probs/targets-files van de huishoudsimulator.
- guiSupplyMax (beperking productie van een type) werkt nu daadwerkelijk door in de modellen; tegelijkertijd hiermee een bug m.b.t. doorwerking subsidies opgelost.
- Correctie targets HS017.
- Rekentijdversnelling in het proces van doorgeven van variabelen van de ene aan de volgende module.
- Instelbare runCarShareImpactOwnership.
- Standaard runOnOffCarShare op 0.
- Extra veld in lmsInput met gemiddelde kilometerkosten gewogen naar kilometers.
- Update de targetsHS014 van WLO Laag t.b.v. halen targets aantal huishoudens en personen.
- In fleetConsumptionEmission ook de conventionele brandstofkosten van PHEV's bepalen
- Werking van oplaadtijd (guiChargeTimeBEV) herzien.
- Correctie in hoe wordt uitgerekend voor welke auto's welk van de drie subsidierondes geldt (betreft subsidies voor aanschaf BEV).
- Nieuwe kalibratie voor 2019, gebruikmakend van meer variabelen (met name ook naar stedelijkheidsgraad en landsdeel) en bijbehorende aanpassing van de bijsturing op waargenomen data voor 2020 en 2021.

De andere kalibratie verandert de uitkomsten van de referentierun voor het aantal auto's in de toekomst enigszins, en SPARK 1.3.0 komt op 9.840.939 auto's i.p.v. 9.810.163 (zo'n 30.000 auto's meer) in 2030, 10.710.030 i.p.v. 10.629.407 in 2040 en 11.532.193 i.p.v. 11.399.172 in 2050 (WLO Hoog). De aandelen naar energiebron wijzigen nauwelijks t.o.v. versie 1.0.0.

Door het bovenstaande lijstje werkt de subsidie bij aanschaf van een BEV (de knoppen `guiPurchSubsPriv`, `guiPurchSubsBudgetPriv` en `guiPurchSubsMaxCatalogPrice` in SPARK) iets anders door dan beschreven in dit validatierapport. Hierbij gaat het bij maatregel b5 (verlenging BEV subsidie tot en met 2030) in 2030 om een stijging van de nieuwverkoop van BEV's met 2% t.o.v. de basisrun, waar het in v.1.0.0. om 0% ging.

Ook enkele andere knoppen van SPARK werken door de veranderingen hierboven in versie 1.3.0 anders door dan in versie 1.0.0:

- `guiAddTaxBand` en `guiAddTaxPerc` (de bijtelling).
- `guiSupplyMax` (beperking van de productie van een type).
- `guiChargeTimeBEVGrowth` (oplaadtijd BEV).

significance

quantitative research

Grote Marktstraat 47
2511 BH Den Haag
Nederland

info@significance.nl
+31 70 312 1530