



**Toelichting model  
materiaalverbruik  
accupakketten  
personenauto's in  
Nederland**



# Toelichting model materiaalverbruik accupakketten personenauto's in Nederland

Delft, CE Delft, september 2024

Publicatienummer: 24.230500.121

Deze notitie is opgesteld door: Coen van der Giesen, Daan van Seters en Denise Hilster

## **CE Delft**

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al sinds 1978 werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



## 1 Aanleiding en doel van het project

Elektrische auto's hebben geen uitstoot aan de uitlaat, waardoor zij bij gebruik een duurzamer alternatief bieden voor de fossiele brandstofauto. De transitie van fossiele brandstof naar elektrische auto's kan daarom een belangrijke bijdrage leveren aan het terugdringen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot in de sector Mobiliteit. Voor deze transitie zijn echter op korte (en lange) termijn veel materialen nodig, waarbij met name de batterijen van elektrische auto's kritieke en of schaarse metalen bevatten. Vanwege de explosief stijgende vraag naar deze materialen over de gehele breedte van de duurzaamheidstransitie, is (Tijdelijke commissie Breed welvaartsbegrip, 2015) schaarste van deze materialen te verwachten. Dit is problematisch vanwege de noodzakelijke snelheid van de energietransitie om klimaatdoelen te kunnen behalen. Ook leidt mijnbouw voor deze metalen tot lokale schade aan het milieu.

Zuinig omgaan met deze metalen is dus noodzakelijk voor een tijdige energietransitie, maar beleidsmaatregelen ontbreken hiervoor. De huidige ontwikkelingen van steeds meer en steeds grotere en zwaardere auto's staan hier haaks op en zullen niet vanzelf gekeerd worden. Natuur & Milieu pleit voor circulaire maatregelen, zoals het ontwikkelen van een mobiliteitssysteem waarbij zo min mogelijk auto's nodig zijn en het stimuleren van materiaalefficiënte auto's, om ervoor te zorgen dat er geen verspilling is van metalen. Hiervoor is het nodig dat zichtbaar wordt gemaakt wat de kansen zijn van maatregelen voor minder en kleinere auto's om de vraag naar kritieke metalen te verminderen. Dit geeft druk om met mobiliteitsmaatregelen niet alleen te sturen op CO<sub>2</sub>-uitstoot, maar ook op grondstoffenbesparing.

### Doel van het project

Het doel van dit project is om:

- te berekenen wat het effect is van het huidige Nederlandse mobiliteitsbeleid op de CO<sub>2</sub>-uitstoot van personenauto's tussen 2022 en 2030;
- te berekenen wat het effect is van het huidige Nederlandse mobiliteitsbeleid op het gebruik van kritieke (Taskforce Batterijbranden, 2024) materialen in het wagenpark van personenauto's;
- te berekenen wat het potentieel is om de uitstoot van CO<sub>2</sub> en grondstoffenverbruik te verminderen (specifiek de kritieke materialen van de batterij) als wordt ingezet op circulaire maatregelen.

In dit project maken we een eerste doorrekening van hypothetische scenario's. In deze scenario's werken we niet uit welke maatregelen ertoe kunnen leiden om een dergelijk scenario te realiseren.

## 2 Opzet van het model en gemaakte aannames

Het model berekent de hoeveelheid aan benodigde materialen voor accu's van elektrische auto's in 2030 onder verschillende scenario's. Deze berekening is gebaseerd op het aantal auto's en het type auto's (gewichtsklasse en brandstofsoort). Ook wordt de verwachte CO<sub>2</sub>-uitstoot als gevolg van gebruik van dit wagenpark berekend.

Eerst wordt de berekening van het wagenpark uitgelegd. Daarna lichten we de methode voor de berekening van de benodigde materialen en de CO<sub>2</sub>-uitstoot toe.



## Berekening wagenpark

Het wagenpark is gebaseerd op de meest recente prognoses van het DYNAMO-wagenpark-model (PBL & Rijkswaterstaat, 2023). Dit modelleert het hele Nederlandse wagenpark en differentieert hier onder meer tussen brandstoftype en gewichtsklasse.

Andere gegevens, zoals de emissiefactoren, zijn echter per segment (A-E) gegeven. Om alle gegevens gezamenlijk te kunnen gebruiken, is dus een koppeling tussen gewichtsklasse en segment nodig. Dit is niet éénduidig, omdat de variëteit van gewicht binnen segmenten groot kan zijn. Voor fossiele voertuigen blijkt echter het gemiddelde gewicht per segment goed te corresponderen aan de DYNAMO-gewichtsklassen, zie Tabel 1.

Voor elektrische auto's zijn de DYNAMO-gewichtsklassen in de huidige opdracht ontoereikend; '> 1.550 kg' wordt als één klasse worden beschouwd, terwijl er voor deze opdracht een onderscheid moet worden gemaakt tussen elektrische auto's zwaarder en lichter dan 2.000 kg. Daarom hebben we aanvullend data over het huidige EV-wagenpark gebruikt (RDW, 2024a, 2024b). Hier hebben we de distributie van het gewicht van de elektrische auto's geanalyseerd, waardoor we de gewichtsklasse '> 1.550 kg' verder kunnen onderverdelen naar de categorieën 1.550-1.900 kg, 1.900-2.000 kg, 2.000-2.250 kg en > 2.250 kg. Deze categorieën zijn zo gekozen dat ze corresponderen met de gemiddelde gewichten per segment.

Tabel 1 - Specificaties van gewicht en batterijcapaciteit per klasse

Segment	Fossiele brandstofauto's		Elektrische auto's		
	Gemiddeld gewicht (kg) <sup>1</sup>	Corresponderende gewichtsklasse	Gemiddeld gewicht (kg) <sup>1</sup>	Corresponderende gewichtsklasse	Gemiddelde batterijcapaciteit (Generation kWh)
A	900	< 951 kg	1.100	< 1.150 kg	25
B	1.130	951 - 1.150 kg	1.480	1.151 - 1.550 kg	54
C	1.350	1.151 - 1.350 kg	1.800	1.550 - 1.900 kg	67
D	1.530	1.351 - 1.550 kg	1.980	1.900 - 2.250 kg	84
E	1.800	> 1.550 kg	2.400	> 2.250 kg	106
Gemiddeld	1.200		1.800		

<sup>1</sup>Bron: (RVO & Revnext, 2023).

## Algemene aannames

In elk van de scenario's (zie hieronder) worden twee hoofdindicatoren berekend: het batterijmateriaalgebruik enerzijds en de jaarlijkse CO<sub>2</sub>-uitstoot (Cooper et al.) anderzijds.

Het batterijmateriaalverbruik wordt berekend door het benodigd aantal kWh aan batterijmateriaal te vermenigvuldigen met de benodigde grondstoffen per kWh. Het benodigd aantal kWh komt voort uit de samenstelling van het wagenpark, namelijk het aantal EV's en hun gewichtsklasse met corresponderend accuvermogen. Het gemiddelde accuvermogen van een gewichtsklasse is gebaseerd op het accuvermogen van de meest populaire automodellen in die gewichtsklasse, waarvoor we gebruik hebben gemaakt van gegevens van het RDW en van EV-database (EVDB, lopend; RDW, 2024a).

De benodigde materialen per kWh zijn gebaseerd op een prognose van de ontwikkeling van verschillende batterijtechnologieën in 2030 (Bongartz et al., 2021). De benodigde hoeveelheid wordt berekend voor de metalen Lithium (Li), Aluminium (Al), Mangaan (Mn), IJzer (Wilfert et al.), Kobalt (Co), Nikkel (Ni) en Koper (Cu), en voor het niet-metaal grafiet. In het model is het mogelijk om te kiezen tussen een conservatief scenario (huidige batterijtechnologieën voorzien de markt), een progressief scenario (nieuwe technologieën zoals LiS, krijgen een significant marktaandeel) en een gemiddeld scenario (middeling tussen het conservatieve en progressieve scenario)<sup>1</sup>. Er is aangenomen dat elke batterijtechnologie in elke gewichtsklasse even vaak voorkomt.

De jaarlijkse CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt berekend op basis van het wagenpark, waar onderscheid wordt gemaakt tussen elektrische, diesel-, benzine- en overige auto's. Per segment en per brandstofsoort gebruikt het model emissiekentallen (in termen van TTW g CO<sub>2</sub>-eq./vkm) uit het STREAM-model (CE Delft, 2024a), door deze te vermenigvuldigen met het aantal auto's in dat segment met die brandstof en het gemiddelde jaarkilometrage (CBS, lopend).

### 3 Beschrijving scenario's

In het model worden verschillende indicatoren berekend in vier situaties: het Business-As-Usual (BAU) -scenario in 2030, en drie scenario's voor 2030, waarin alternatief (hypothetisch) beleid wordt gemodelleerd.

#### 2030 - BAU

Het BAU-scenario vormt de basis voor de doorrekening van de alternatieve scenario's. In het BAU-scenario wordt het wagenpark in 2030 aangenomen zoals dat door DYNAMO voorspeld wordt. In deze prognose worden auto's weliswaar groter ('> 1.550 kg' neemt in aandeel toe van 12% in 2022 tot 25% in 2030), maar dat komt door de transitie naar elektrische auto's, die gemiddeld zwaarder zijn. Binnen de brandstofcategorieën vindt er geen significante verschuiving naar hogere gewichtsklassen plaats. Met andere woorden, de trend van naar zwaardere modellen (SUV's) is niet voorzien binnen het model.

#### 2030 - Kleiner

In het scenario '2030 - Kleiner' wordt er hypothetisch beleid geïmplementeerd, waardoor vanaf 2025 grote auto's niet meer worden verkocht. Voor EV's betekent dit dat auto's zwaarder dan 2.000 kg (segment E en deels segment D) niet meer verkocht worden. We nemen aan dat in plaats daarvan auto's van 1.550-2.000 kg (segment C) gekocht worden. Omdat de gemiddelde accu van kleinere auto's ook kleiner is, neemt zo het gebruikte batterijmateriaal af: auto's zwaarder dan 2.250 kg hebben gemiddeld een batterijcapaciteit van 106 kWh en auto's van 2.000 tot 2.250 kg van 86 kWh. Auto's van 1.550 tot 1.900 kg daarentegen hebben een gemiddelde accucapaciteit van 67 kWh. Met andere woorden, elke vervangen auto levert een besparing van 19-39 kWh aan vermogen op, met een bijbehorende besparing aan batterijmaterialen.

<sup>1</sup> Het aandeel grafiet is hetzelfde in alle batterijtechnologieën (NMG, 2021). De enige uitzondering is de LiS-technologie. Deze technologie is nog in ontwikkeling; momenteel zijn er nog geen commerciële batterijen met die technologie beschikbaar en het is nog onduidelijk hoeveel grafiet die gebruiken. Mogelijk wordt de anode van ander materiaal gemaakt, maar dat hangt af van hoe de technologie/productiemethode zich ontwikkelt. Daarom hebben we aangenomen dat de hoeveelheid grafiet gelijk is aan de andere batterijmaterialen.



In plaats van fossiel aangedreven auto's zwaarder dan 1.550 kg (segment E) worden auto's van 1.151-1.350 kg (segment C) gekocht. Deze kleinere auto's hebben gemiddeld een lagere CO<sub>2</sub>-uitstoot.

Hoewel nieuw verkochte auto's in dit scenario's gemiddeld kleiner worden, blijft het totaal aantal auto's in het Nederlandse wagenpark gelijk. Ook het totaal aantal gereden kilometers blijft gelijk.

## 2030 - Delen

In het scenario '2030 - Delen' wordt er meer gestuurd op deelauto's. Dit heeft twee effecten op het wagenpark: ten eerste wordt het aantal auto's kleiner, omdat bij gebruik van deelauto's minder auto's in privébezit zullen zijn. Ten tweede zijn deelauto's over het algemeen vaker elektrisch dan de gemiddelde auto.

In het deelautopark maken we onderscheid tussen peer-to-peer (P2P) -deelauto's enerzijds en Business to Consumer (B2C) en Business to Business (B2B) -deelauto's anderzijds. P2P-auto's zijn deelauto's die door particulieren worden aangeboden via online platforms. De samenstelling van deze auto's is qua brandstoftype ongeveer gelijk aan het gemiddelde wagenpark (KiM, 2023).

Het wagenpark voor B2C en B2B is bepaald op basis van onderhands aangeleverde data van MyWheels, wat inzicht geeft in de verdeling naar segmenten/gewichtsklassen en brandstoftype. Uit deze data blijkt dat 74% van de deelauto's elektrisch is. Dit is in lijn met de elektrificatiegraad van zakelijke deelauto's zoals in andere studies (CE Delft, 2024b). Verder zijn veruit de meeste auto's in te delen in segmenten A tot en met C.

Voor de ontwikkeling richting 2030 is gebruikgemaakt van de scenario's zoals opgezet door MuConsult (MuConsult, 2021). De belangrijkste aannames zijn in Tabel 2 vermeld. Voor P2P moet echter worden opgemerkt dat deze cijfers gaan om een schatting van het totale aanbod, terwijl volgens het KiM een significant deel van de P2P-auto's non-actief is (KiM, 2023). Hierdoor schatten we in dat slechts 8% van de P2P-auto's actief is en bijdraagt aan de vervanging van privéauto's. Voor de doorrekening heeft Natuur & Milieu ons gevraagd om het technisch potentieel te berekenen waarbij 100% van de P2P-auto's actief is. In de resultaten presenteren we daarom het technisch potentieel van 100% actieve P2P-deelauto's, ook al is dit geen realistische inschatting van de werkelijke effecten van dit scenario. We verwachten dat het effect van het scenario meer in de buurt zal liggen van 8% actieve P2P-deelauto's, waarbij het denkbaar is dat dit percentage hoger uitvalt indien er ingezet wordt op instrumenten om het gebruik van P2P-deelauto's te bevorderen.

Verder is de car replacement-factor op te splitsen in twee categorieën: auto's die worden weggedaan en auto's die niet nieuw worden gekocht. Aangenomen dat de eerste categorie binnenlands wordt doorverkocht, is voor onze inschatting van de verandering van het wagenpark alleen de laatste categorie van belang; dit zijn de nieuwkopen die daadwerkelijk vermeden worden. We nemen aan dat de afname in nieuwverkopen over de hele linie gelijk is. Met andere woorden, de relatieve verhoudingen tussen gewichts- en brandstofcategorieën in de nieuwverkopen blijven onveranderd.





Tabel 2 - Belangrijkste parameters uit de gebruikte deelautoscenario's

Scenario	2021	2030		
		Referentie	Progressief	Ambitieuw
Omvang deelautopark (auto's)	88.000	142.000	270.000	500.000
Aandeel P2P	79%	80%	80%	80%
Aandeel B2B + B2C	21%	20%	20%	20%
Autovervangingsratio P2P <sup>2</sup>		6	3	4
Autovervangingsratio B2B + B2C <sup>1</sup>		9	5	6

Bron: (MuConsult, 2021).

## 2030 - Kleiner & Delen

Dit scenario combineert de scenario's 2030 - Kleiner en 2030 - Delen. Met andere woorden, er worden geen grote auto's meer verkocht vanaf 2025 en er wordt meer ingezet op deel-mobiliteit.

Deze twee maatregelen hebben vrijwel geen overlap. Het B2B- + B2C-wagenpark bevat vrijwel geen grotere auto's dan C-segment, waardoor dit niet conflicteert met het beleid voor kleinere auto's. Voor het P2P-wagenpark was aangenomen dat dit gelijk was aan het gemiddelde wagenpark in 2030. Deze aanname blijft hetzelfde, maar in dit geval is het gemiddelde wagenpark dus gecorrigeerd voor het feit dat de nieuwverkopen sinds 2025 geen grote auto's meer omvat.

## 4 Keuzemogelijkheden in het model

In het Excel-model zijn meerdere keuzeopties die de resultaten beïnvloeden. In deze notitie worden alleen de resultaten gegeven voor twee combinaties van opties: enerzijds de combinatie aan opties die zorgt voor maximale reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot en materiaalengebruik ten opzichte van BAU, en anderzijds de combinatie aan opties die voor minimale reductie zorgt. In Tabel 3 zijn de keuzeopties toegelicht en zijn de maximale en minimale opties gedefinieerd.

Tabel 3 - Mogelijke keuzeopties in het model en definitie van maximale en minimale reductie

Parameter	Opties	Maximale reductie t.o.v. BAU	Minimale reductie t.o.v. BAU	Toelichting
Batterijscenario	Conservatief/ Progressief/ Gemiddeld	Progressief	Conservatief	De mate waarin nieuwere batterijtechnologieën in 2030 toepasbaar zijn. Dit gaat voornamelijk om de introductie van LiS-technologie (Bongartz et al., 2021).

<sup>2</sup> In het progressieve scenario is de autovervangingsratio kleiner dan in het referentiescenario, omdat de eerste doelgroep (early adopters) dan al gebruik maakt van deelauto's. Wanneer het aanbod groter wordt, wordt het wel aantrekkelijker voor nieuwe doelgroepen om over te stappen op deelauto's, maar de autovervangingsratio neemt gemiddeld af. In het ambitieuze scenario neemt de autovervangingsratio weer toe, omdat het aanbod dan dusdanig groot is dat het aantrekkelijker wordt om autogebruik te reduceren.



Parameter	Opties	Maximale reductie t.o.v. BAU	Minimale reductie t.o.v. BAU	Toelichting
EV-restrictie	0-100%	100%	100% <sup>1</sup>	Hoeveelheid minder EV-nieuwverkopen vanaf 2025 die zwaarder zijn dan 2.000 kg.
ICE-restrictie	0-100%	100%	100% <sup>1</sup>	Hoeveelheid minder ICE-nieuwverkopen vanaf 2025 die zwaarder zijn dan 1.550 kg.
Uptake deelauto's	Referentie/ Progressief/ Ambitieuus	Ambitieuus	Referentie	De mate waarin deelauto's onderdeel zijn van het Nederlands wagenpark en autogebruik (MuConsult, 2021).
Aandeel actieve P2P-deelauto's	0-100%	100%	100%	Het aandeel van aangeboden P2P deelauto's dat daadwerkelijk gebruikt wordt. In 2021 was dit 8%.

<sup>1</sup> In beide scenario's is de restrictie op zware auto's 100% gelaten, omdat dit het scenario definieert. Vanzelfsprekend is de reductie in materiaalgebruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot kleiner wanneer dit percentage wordt verlaagd.

## 5 Resultaten

In Figuur 1 en Figuur 2 zijn de effecten van de scenario's op het batterijmateriaalgebruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot weergegeven voor de maximale en minimale keuzeopties. In het Excel-model kunnen de parameters door de gebruiker worden aangepast om scenario's tussen de maximale en minimale resultaten in te bekijken.

Tabel 4 - Samenstelling van het wagenpark in 2030 in het BAU-scenario, in aantal auto's

Gewichtsklasse	Elektrisch	Benzine	Diesel	Overig	Totaal
< 951 kg	5.382	1.518.130	2.078	38.357	1.563.947
951 - 1.150 kg	49.834	1.899.268	26.098	34.183	2.009.383
1.151 - 1.350 kg	187.897	2.093.469	79.716	9.897	2.370.978
1.351 - 1.550 kg	369.129	1.185.514	73.317	67.533	1.695.493
1.550 - 1.900 kg	589.547	566.029	171.449	446.090	2.506.591
1.900 - 2.000 kg	194.409				
2.000 - 2.250 kg	381.671				
> 2.250 kg	157.395				
<b>Totaal</b>	<b>1.935.263</b>	<b>7.262.410</b>	<b>352.658</b>	<b>596.061</b>	<b>10.146.392</b>

Uit de literatuur blijkt dat van alle P2P deelauto's die worden aangeboden op platforms, slechts een deel actief is. Het aandeel actieve P2P deelauto's heeft grote invloed op de materiaalbesparing en is daarom opgenomen als keuzeparameter in het model. Ter illustratie, in scenario Delen:

- Bij 8% actieve P2P deelauto's is de CO<sub>2</sub>-besparing 0,02 Mton (minimaal scenario) en 1,0 Mton (maximaal scenario).
- Bij 100% actieve P2P deelauto's is de CO<sub>2</sub>-besparing 0,11 Mton (minimaal scenario) en 1,2 Mton (maximaal scenario).

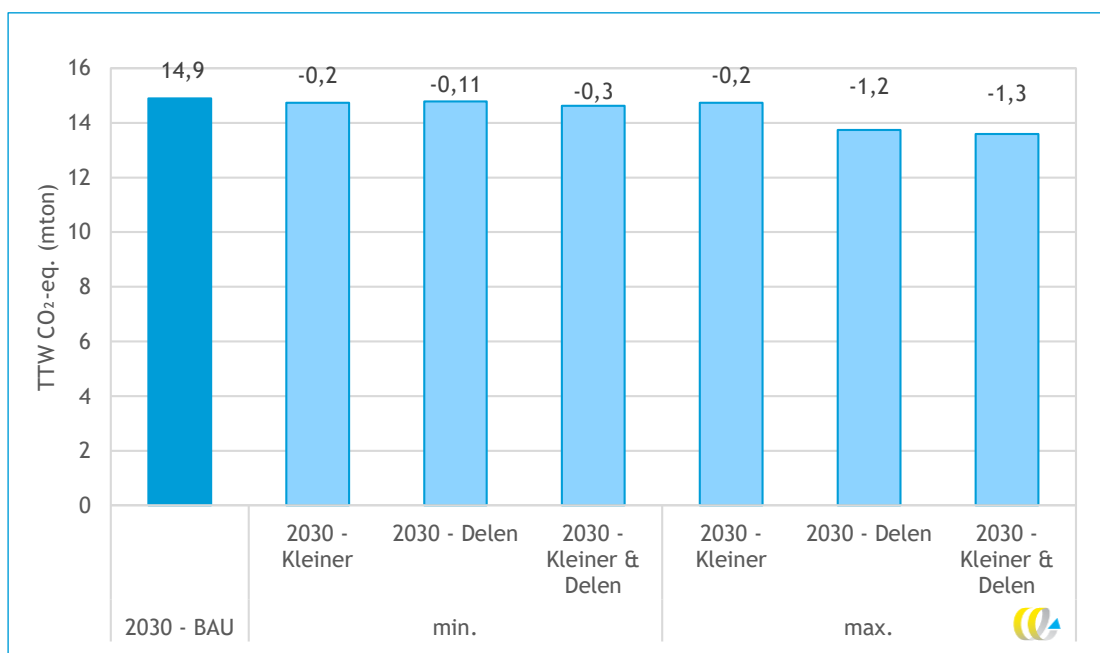




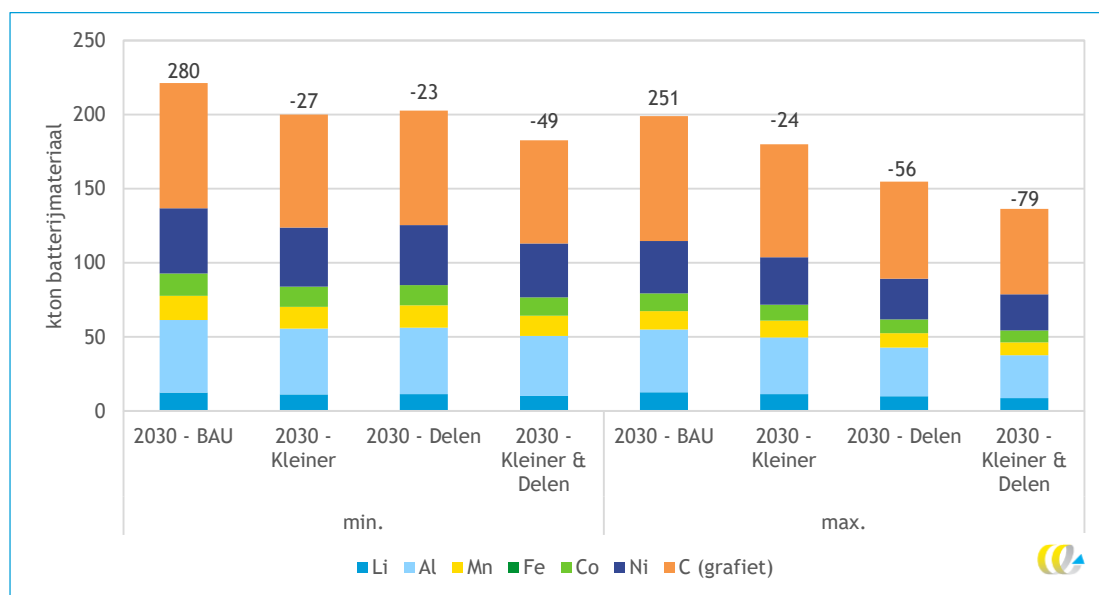
- Bij 8% actieve P2P deelauto's is de besparing op batterijmaterialen 2 kton (minimaal scenario) en 10 kton (maximaal scenario).
- Bij 100% actieve P2P deelauto's is de besparing op batterijmaterialen 18 kton (minimaal scenario) en 44 kton (maximaal scenario),

In de resultaten (Figuur 1 en Figuur 2) zijn de uitkomsten weergegeven bij 100% actieve P2P-deelauto's. In Figuur 3 is het effect van het aandeel actieve P2P deelauto's op de uitkomsten weergegeven.

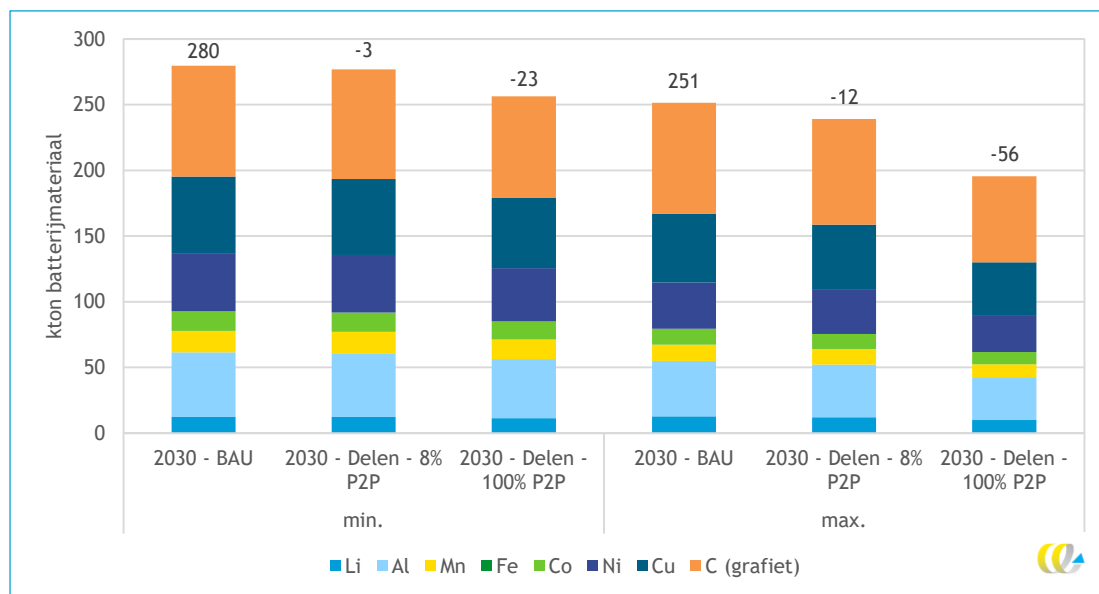
**Figuur 1 - Totale CO<sub>2</sub>-uitstoot van het wagenpark in 2022 en 2030 in de verschillende scenario's**



**Figuur 2 - Benodigd batterijmateriaal voor elektrische nieuwverkopen in de periode 2025-2030 onder verschillende scenario's**



**Figuur 3 - Benodigd batterijmateriaal voor elektrische nieuwverkopen in de periode 2025-2030, afhankelijk van het actieve aandeel P2P deelauto's (variërend van 8 tot 100%)**



## 6 Conclusies

### 6.1 Effecten in 2030

In totaal zijn er in 2030 zo'n 10 miljoen personenauto's. Daarvan zijn ongeveer 2 miljoen nieuw verkocht in de periode 2025-2030, waarvan 1 miljoen elektrische auto's.

In het scenario 'Kleiner' neemt de gemiddelde accucapaciteit van de elektrische auto in het wagenpark af van 70 naar 67 kWh. Dat komt doordat de grotere nieuwverkopen (> 2.000 kg, met een accucapaciteit van 86-106 kWh) vervangen worden door C-segment auto's (1.550-1.900 kg, met een accucapaciteit van 67 kWh). Uit de hiervoor genoemde resultaten blijkt dat in het scenario 'Kleiner' 24-27 kton<sup>3</sup> aan batterijmaterialen bespaard kan worden wanneer vanaf 2025 elektrische auto's groter dan 2.000 kg niet meer verkocht worden. Dit gaat om ongeveer 270.000 auto's. In dit scenario gebruiken deze nieuw verkochte auto's in totaal zo'n 10% minder batterijmaterialen dan in het BAU-scenario. Het niet meer verkopen van fossiel aangedreven auto's boven de 1.550 kg (in totaal ongeveer 210.000 auto's) levert in 2030 ongeveer 0,2 mton CO<sub>2</sub>-reductie op. Dat is gelijk aan 1% van de CO<sub>2</sub>-emissies van het gehele wagenpark in 2030 en aan 10% van de CO<sub>2</sub>-emissies door nieuwverkopen in de periode 2025-2030.

Door meer op het gebruik van deelauto's te sturen, kan bij een uptake van 100% P2P deelauto's in de periode 2025-2030 23-56 kton minder batterijmateriaal worden gebruikt voor elektrische auto's. Dat is 8,3-22,2% minder dan in het BAU-scenario. De CO<sub>2</sub>-reductie die gepaard gaat met de toename van deelautogebruik is 0,1-1,2 mton in 2030 (0,8-7,7% van de totale emissies door personenauto's in 2030).

Als beide vormen van beleid gecombineerd worden, kan het materiaalgebruik vanaf 2025 met 49-79 kton gereduceerd worden, wat gelijk staat aan 17,4-31,4% besparing ten opzichte van het referentiescenario. Hiermee gaat een CO<sub>2</sub>-reductie van 0,3-1,3 mton gepaard. Dat is gelijk aan 1,8-8,7% CO<sub>2</sub>-reductie over het hele wagenpark in 2030, en 15-62% CO<sub>2</sub>-reductie over de nieuwverkopen in de periode 2025-2030.

In de BAU-prognose van het wagenpark is geen grote verschuiving naar zwaardere auto's voorzien. Wanneer de trend van zwaardere auto's (zoals SUV's) doorzet, is er door sturing op kleinere auto's nog meer materiaal- en CO<sub>2</sub>-reductie te behalen dan berekend in dit model.

## 6.2 Effecten op de lange termijn

Hoewel het model geen exacte uitkomsten geeft voor de potentie voor maatregelen op de langere termijn, valt hier vanuit de beschikbare resultaten wel iets over te zeggen. Om een versimpelde inschatting te geven van de effecten op de lange termijn, gaan we uit van de ideale situatie waarin het wagenpark op de lange termijn volledig elektrisch is en dat alle voertuigen zijn aangeschaft onder het beleid zoals gedefinieerd in elk van de drie scenario's. Deze schatting geeft dus de theoretisch maximale potentie van de scenario's wat betreft batterijmateriaalgebruik.

Het scenario 'Kleiner' levert in 2030 een reductie van 24-27 kton batterijmaterialen op. Dat is echter het gevolg van alleen de nieuwverkopen tot 2030. Ongeveer de helft van de elektrische auto's in 2030 is aangeschaft voor 2025 en is dus niet beïnvloed door dit beleid. Bovendien is het wagenpark in 2030 nog grotendeels fossiel aangedreven. Wanneer het volledige wagenpark elektrisch zou zijn, zou dit in het BAU-scenario ongeveer 2,5-2,8 mton aan batterijmaterialen kosten. De winst van kleinere elektrische auto's op het hele

<sup>3</sup> In alle bandbreedtes in de conclusies zijn de minimumwaardes gegeven door het minimum-scenario en de maximumwaardes door het maximum-scenario, zoals gedefinieerd in Tabel 3, tenzij anders aangegeven.



wagenpark kan zo'n 240-270 kton bedragen – zo'n 10% van het totale materiaalgebruik.<sup>4</sup> De CO<sub>2</sub>-reductie door kleinere fossiele auto's wordt op lange termijn steeds kleiner in absolute zin, omdat het aantal fossiel aangedreven auto's middels de elektrificatie steeds verder afneemt.

In het scenario 'Delen' worden in de periode 2025-2030 ongeveer 204.000-605.000 nieuwverkopen vermeden en 271.000-807.000 auto's weggedaan. Hiervoor komen in dezelfde periode 66.000-265.000 actieve deelauto's<sup>5</sup> in de plaats. Voor het materiaalgebruik zijn alleen de vermeden nieuwverkopen relevant. De besparing op materiaalgebruik in 2030 is 23-56 kton. De vermeden nieuwverkopen zijn nog grotendeels fossiel aangedreven, terwijl de B2C-/B2B-deelauto's zijn merendeels elektrisch aangedreven. Hoewel het *totaal aantal* auto's door de stimulering van deelauto's dus daalt, neemt het aandeel elektrische auto's relatief toe. Hierdoor is de besparing in materiaalgebruik in 2030 kleiner, dan in de verdere toekomst wanneer alle vervangen auto's óók elektrisch zijn. Wanneer op de lange termijn het gehele wagenpark elektrisch is, neemt het bespaarde grondstofgebruik per deelauto toe. In een volledig elektrisch wagenpark zouden dezelfde 66.000-265.000 nieuwe deelauto's niet 23-56 kton, maar 35-78 kton batterijmaterialen besparen.<sup>6</sup> Dit effect wordt verder versterkt als deelauto's in de toekomst (net als in de huidige situatie) gemiddeld kleiner blijven dan de gemiddelde privéauto.

Op de lange termijn is in het gecombineerde scenario 'Kleiner & Delen' de reductie zonder dubbeltellingscorrectie dus 275-348 kton batterijmaterialen. Het werkelijke effect is iets kleiner, omdat de totale omvang van het wagenpark door deelauto's afneemt. Daardoor neemt de winst van kleinere batterijen in privéauto's iets af.

Ook voor de langetermijneffecten geldt dat de reductie in materiaalgebruik groter zal zijn wanneer de trend van zwaardere auto's doorzet, omdat in de BAU-prognose van het wagenpark geen grote verschuiving naar zwaardere auto's is voorzien. Bovendien hebben we voor de lange termijn geen rekening gehouden met verdere ontwikkeling en groei van het wagenpark.

---

<sup>4</sup> Bij een wagenpark van 10 miljoen auto's en een gemiddeld materiaalgebruik van 252-280 kg per auto, is de totale materiaalbehoefte 2.520-2.800 kton. De 1 miljoen nieuw verkochte elektrische auto's tot 2030 leveren 24-27 kton besparing aan materialen op bij inzet op kleinere auto's. Wanneer alle 10 miljoen elektrisch en kleiner zijn, levert dit dus 240-270 kton op. Hierbij is geen rekening gehouden met eventuele nieuwe batterijtechnologieën na 2030.

<sup>5</sup> Dit zijn de extra deelauto's die worden toegevoegd aan het wagenpark tussen 2025 en 2030, aanvullend op het aantal deelauto's die al onderdeel uitmaken van het wagenpark.

<sup>6</sup> In het minimale scenario gebruikt de gemiddelde deelauto 258 kg batterijmateriaal. Er worden (204.000 - 66.000 =) 138.000 auto's minder gekocht. Dit bespaart dus (258 × 138.000/1.000.000 =) 35 kton batterijmaterialen. In het maximale scenario worden er (605.000 - 265.000 =) 340.000 auto's minder gekocht, met elk 232 kg aan batterijmateriaal. Dit levert dus (232 × 340.000/1.000.000 =) 78 kton batterijmateriaal op.

## Literatuur

- Bongartz, L., Shammugam, S., Gervais, E., & Schlegl, T. (2021). Multidimensional criticality assessment of metal requirements for lithium-ion batteries in electric vehicles and stationary storage applications in germany by 2050. *Journal of Cleaner Production*(2021), 292. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126056>
- CBS. (lopend, 10 november 2021). *Statline: Verkeersprestaties personenauto's; eigendom, brandstof, gewicht, leeftijd*. <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/71107NED/table?ts=1595339828391>
- CE Delft. (2024a). *Stream personenvervoer. Emissiekentallen modaliteiten 2023*.
- CE Delft. (2024b). *Top 10 instrumenten ter stimulering van deelmobiliteit*.
- Cooper, J., Baranski, M., Stewart, G., Lange, M.N.-d., Bärberi, P., Fließbach, A., Peigné, J., Berner, A., Brock, C., Casagrande, M., Crowley, O., David, C., Vliegheer, A.D., Döring, T.F., Dupont, A., Entz, M., Grosse, M., Haase, T., Halde, C.,...Mäder, P. (2016). Shallow non-inversion tillage in organic farming maintains crop yields and increases soil c stocks: A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(1), 22. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0354-1>
- EVDB. (lopend). *Elektrische voertuigen database*. <https://ev-database.org/nl/>
- Generation kWh. (2021). *Homepage generation kwh*. <https://www.generationkwh.org/>
- KiM. (2023). *Peer-to-peer autodelen in nederland: Nieuwe inzichten en vergelijking met andere deelconcepten*.
- MuConsult. (2021). *Analyse effecten van groei deelautopark*.
- NMG. (2021). *Graphite 101: Powering the clean energy transition*. <https://nmg.com/wp-content/uploads/2021/06/NMG-Graphite-101.pdf>
- PBL, & Rijkswaterstaat. (2023). *Dynamo (dynamic automobile market model)*.
- RDW. (2024a). *Open data rdw: Gekentekende voertuigen*. [https://opendata.rdw.nl/Voertuigen/Open-Data-RDW-Gekentekende\\_voertuigen/m9d7-ebf2/about\\_data](https://opendata.rdw.nl/Voertuigen/Open-Data-RDW-Gekentekende_voertuigen/m9d7-ebf2/about_data)
- RDW. (2024b). *Open data rdw: Gekentekende voertuigen brandstof*. [https://opendata.rdw.nl/Voertuigen/Open-Data-RDW-Gekentekende\\_voertuigen\\_brandstof/8ys7-d773/about\\_data](https://opendata.rdw.nl/Voertuigen/Open-Data-RDW-Gekentekende_voertuigen_brandstof/8ys7-d773/about_data)
- RVO, & Revnext. (2023). *Tendrapport nederlandse markt personenauto's - feiten, cijfers en ontwikkelingen*.
- RVO, & Revnext. (2024). *Tendrapport nederlandse markt personenauto's. Feiten, cijfers en ontwikkelingen*.
- Taskforce Batterijbranden. (2024). *Jaaroverzicht 2023*.
- Tijdelijke commissie Breed welvaartsbegrip. (2015). *Plan van aanpak parlementair onderzoek breed welvaartsbegrip*.
- Wilfert, P., Dugulan, A.I., & Korving, L. (2018). Vivianite as the main phosphate mineral in digested sewage sludge and its role for phosphate recovery. *Water research*(144), 312-321.



## A Autogewicht in autonome ontwikkeling wagenpark

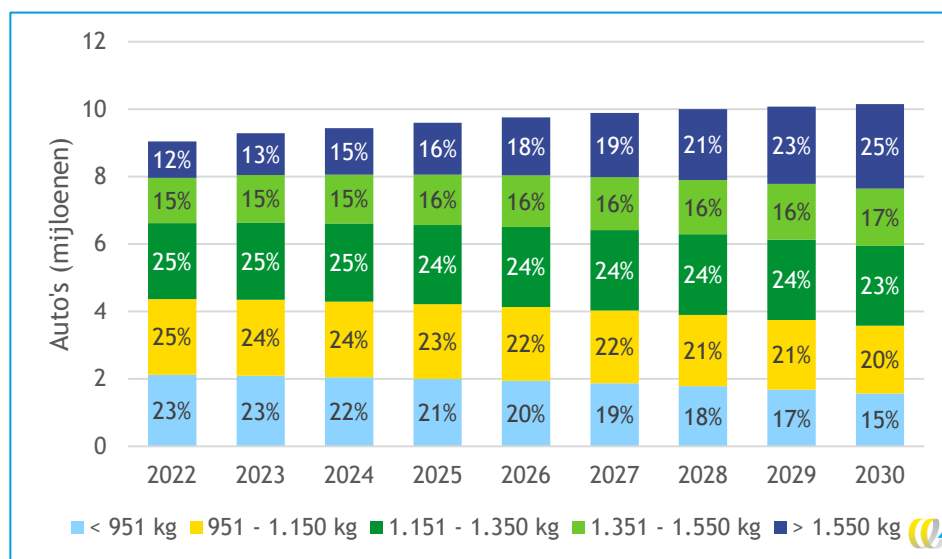
In de berekeningen is gebruik gemaakt van de prognoses van het wagenpark die het DYNAMO-model levert. Om het effect van kleinere auto's (zoals in scenario's '2030 - Kleiner' en '2030 - Kleiner & Delen') goed in perspectief te kunnen plaatsen, analyseren we in deze bijlage de ontwikkeling van het wagenpark richting 2030. Dit vergelijken we met de huidige zichtbare trends in het wagenpark.

Hieruit blijkt dat de prognose van DYNAMO wel een verschuiving naar zwaardere auto's voorspelt, maar die wordt voornamelijk veroorzaakt door de instroom van elektrische auto's. Deze zijn door hun batterij zwaarder dan vergelijkbare brandstofmodellen. Uit de prognose blijkt geen ontwikkeling naar zwaardere automodellen in het algemeen (bijvoorbeeld de toename van SUV's).

### A.1 Totale wagenpark in DYNAMO

In Figuur 4 de ontwikkeling van het wagenpark in de periode 2022-2030 weergegeven, zoals deze door DYNAMO wordt voorspeld. Hieruit blijkt dat het aandeel van de zwaarste auto's (>1550 kg) meer dan verdubbelt in de periode 2022-2030. Het aantal auto's lichter dan 1150 kg neemt in absolute en relatieve zin juist af. Het totaal aantal auto's groeit van ongeveer 9 miljoen in 2022 naar 10 miljoen in 2030.

Figuur 4 - Ontwikkeling van het wagenpark volgens DYNAMO in de periode 2022-2030, per gewichtsklasse



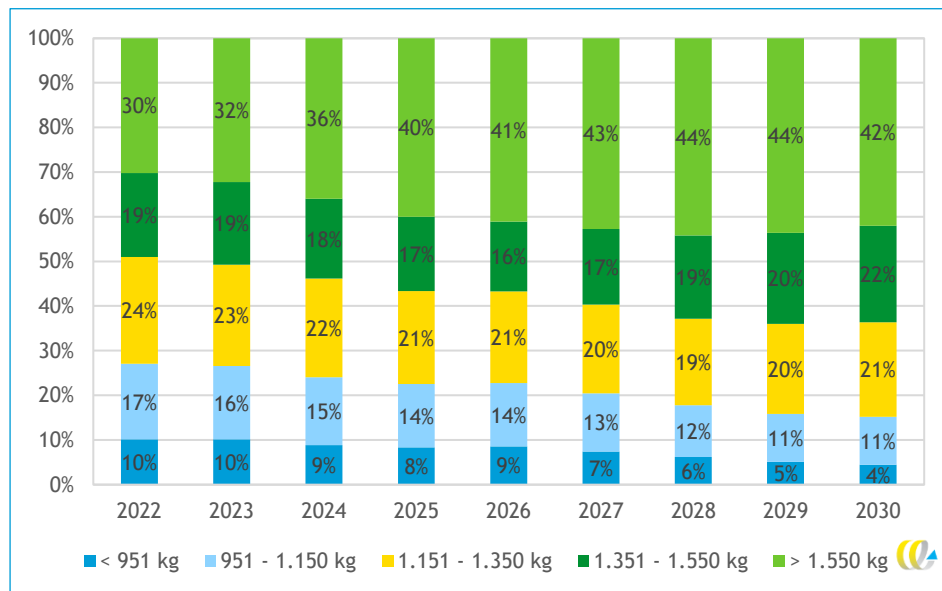
### A.2 Nieuwverkopen in DYNAMO

De verschuiving naar zwaardere auto's in het totale wagenpark wordt veroorzaakt door de instroom van nieuwe auto's. In de DYNAMO-prognose van de totale nieuwverkopen is een trend van steeds zwaarder wordende auto's te zien, zie Figuur 5. Het aandeel auto's zwaarder dan 1.550 kg neemt toe van 30% in 2022 naar 42% in 2030. Deze toename gaat voornamelijk ten koste van het aandeel auto's lichter dan 1.150 kg: dat neemt af van 27% in 2022 naar 15% in 2030. Het aandeel auto's tussen de 1.150 en 1.550 kg blijft daarentegen relatief constant.

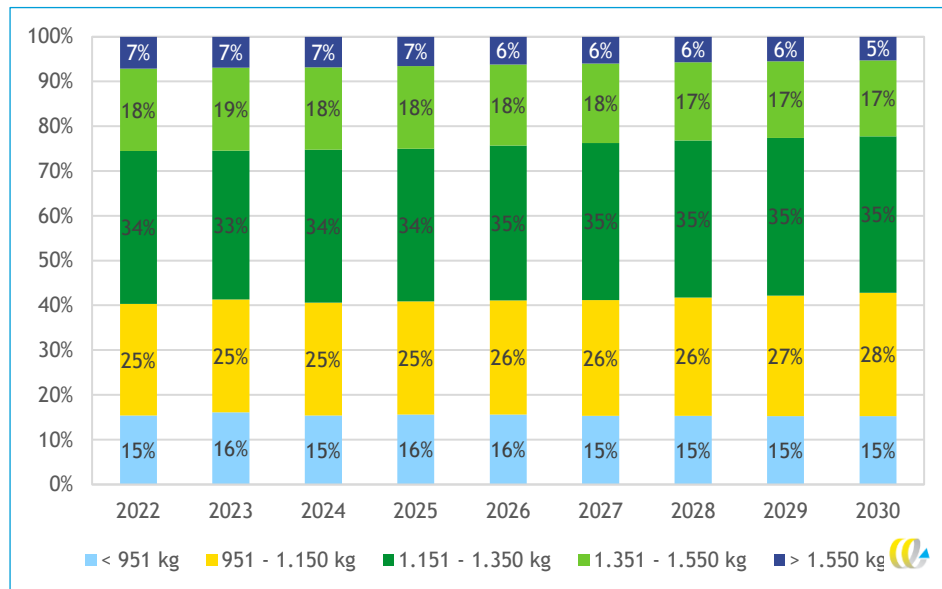


De toename van auto's zwaarder dan 1.550 kg stabiliseert rond 2028. Vanaf dan neemt het aandeel auto's van 1.150 tot 1.550 kg juist licht toe. Over de gehele periode 2022-2030 daalt het aandeel van de kleinste auto's (< 1.150 kg).

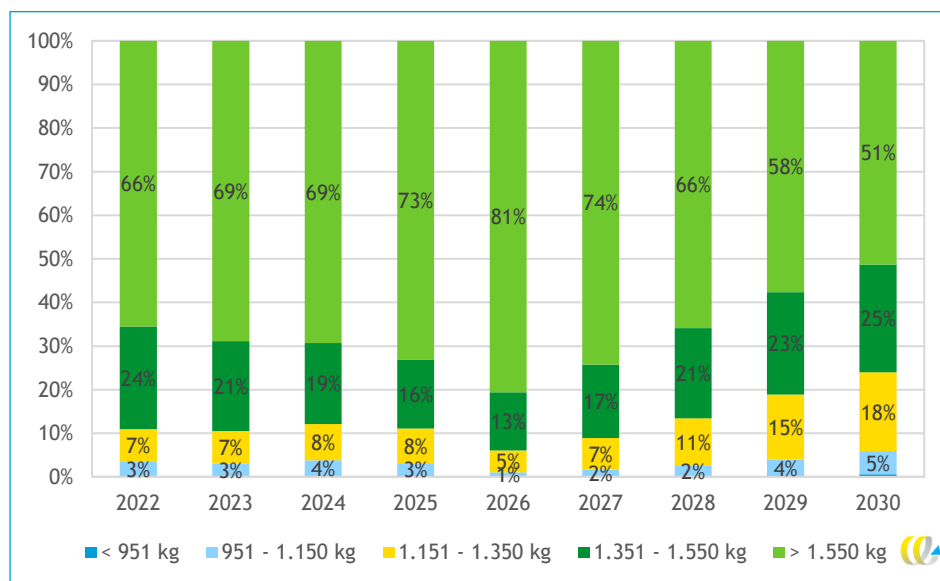
**Figuur 5 - Prognose van het aantal nieuwverkopen per gewichtsklasse in DYNAMO (2022-2030)**



**Figuur 6 - Verdeling in gewichtsklasse van benzine-nieuwverkopen volgens DYNAMO (2022-2030)**



Figuur 7 - Verdeling in gewichtsklasse van elektrische nieuwverkopen volgens DYNAMO (2022-2030)



Tabel 5 - Aandeel elektrische auto's in het totaal aantal nieuwverkopen per jaar en per segment

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
< 951 kg	0%	1%	1%	1%	0%	1%	2%	4%	9%
951 - 1.150 kg	5%	5%	8%	8%	2%	5%	11%	20%	33%
1.151 - 1.350 kg	7%	10%	13%	15%	9%	16%	29%	44%	56%
1.351 - 1.550 kg	29%	33%	37%	37%	31%	44%	58%	68%	75%
> 1.550 kg	51%	63%	68%	72%	70%	76%	78%	79%	81%
<b>Totaal</b>	<b>23%</b>	<b>29%</b>	<b>35%</b>	<b>39%</b>	<b>36%</b>	<b>44%</b>	<b>52%</b>	<b>59%</b>	<b>66%</b>

De trend naar zwaardere auto's wordt hoofdzakelijk verklaard door de toename van de verkoop van elektrische auto's, die over het algemeen zwaarder zijn dan benzineauto's: In Figuur 6 en Figuur 7 is de verdeling in gewichtsklassen van nieuwverkopen afzonderlijk weergegeven voor benzine- en elektrische auto's. Hieruit blijkt dat de gewichtsverdeling van nieuw verkochte benzineauto's nagenoeg constant is over de jaren 2022-2030.

De elektrische auto's zijn beduidend zwaarder: de hoogste gewichtsklasse (> 1.550 kg) domineert in alle jaren de nieuwverkoopmarkt. De toename van verkoop van elektrische auto's over de periode 2022-2030 (zie Tabel 5) verklaart dus verschuiving naar een hoger gewicht in de totale nieuwverkopen.

Vanaf 2026 voorspelt DYNAMO een duidelijke trend naar *minder grote* elektrische nieuwverkopen. Mogelijk komt dit door de afschaf van het MRB-voordeel voor elektrische auto's in 2026. Hierdoor wordt het relatieve financiële voordeel van de aanschaf van een elektrische auto kleiner. Ook kan hierin de groeiende productie van kleinere elektrische auto's meespelen. Dit wordt veroorzaakt door de goedkoper wordende productie en doordat autofabrikanten aan steeds strengere CO<sub>2</sub>-normen moeten voldoen.

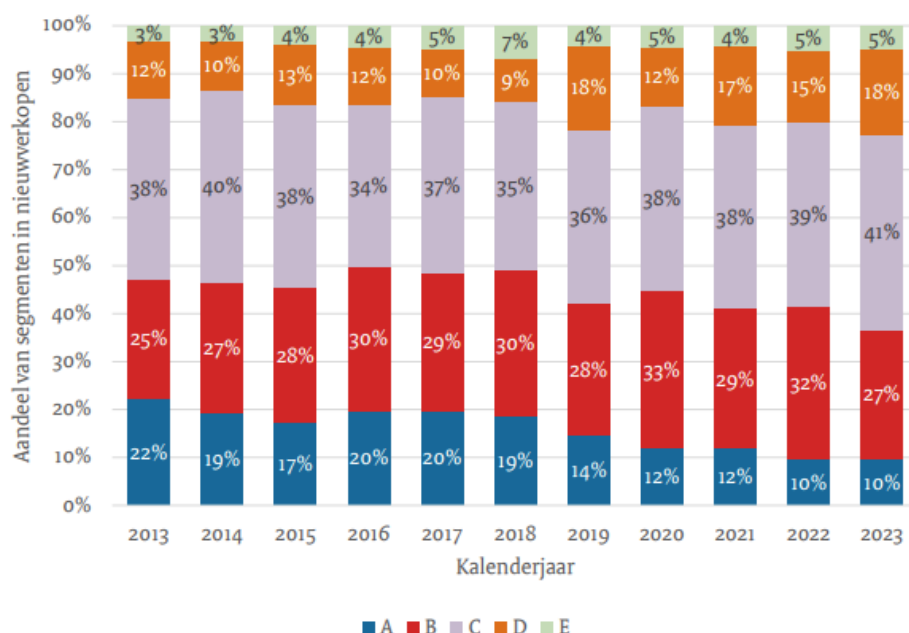
De groei van het aantal kleinere elektrische auto's verklaart waarom de verschuiving naar zwaardere auto's in de totale nieuwverkopen rond 2028 stabiliseert.

Samengevat blijkt dat de verschuiving naar zwaardere auto's in het totale wagenpark wordt verklaard door de instroom van elektrische auto's (en PHEV—hier buiten beschouwing gelaten). Deze zijn zwaarder door hun batterijpakket, maar elektrische auto's zijn ook überhaupt gemiddeld groter dan benzineauto's. Uit Figuur 7 blijkt dat pas vanaf 2027 het aandeel kleinere elektrische auto's toeneemt in de nieuwverkoop. Figuur 6 toont dat in de prognose geen sprake is van een gewichtstoename van benzineauto's.

### A.3 Vergelijking met huidige trends

Het Trendrapport Nederlandse Markt Personenauto's rapporteert onder andere over de samenstelling van het Nederlands wagenpark in de afgelopen jaren (RVO & Revnext, 2024).

Figuur 8 - Procentuele aandelen van segmenten in de nieuwverkopen per kalenderjaar



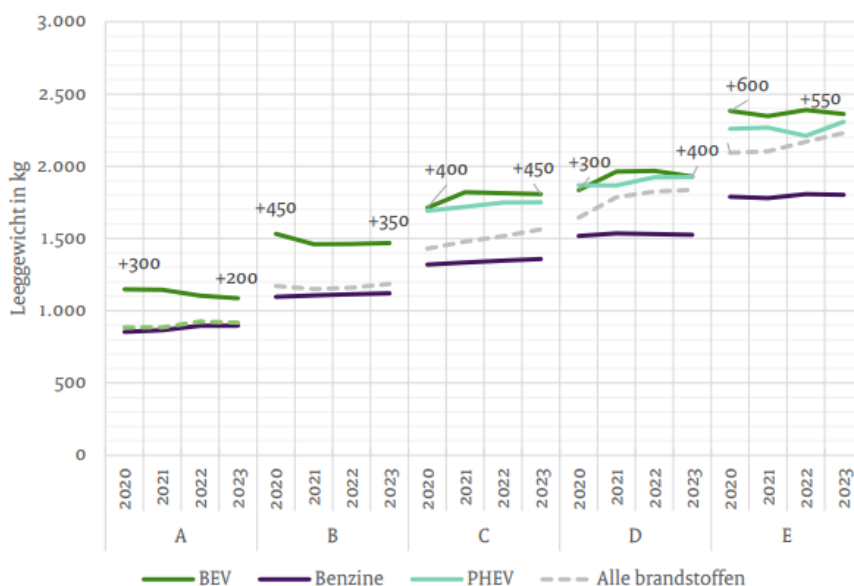
Bron: (RVO & Revnext, 2024).

In Figuur 8 zijn de aandelen per segment (A tot E) in de nieuwverkopen weergegeven. In de jaren 2020-2023 een toename van D-segment auto's zichtbaar. Hoewel de segmentindeling niet volledig overeenstemt met de gewichtsklasse-indeling in DYNAMO, is deze toename goed te rijmen met de toename van de zwaarste gewichtsklasse in Figuur 5.

In Figuur 9 is de verandering van gemiddeld gewicht per segment en aandrijflijn in de jaren 2020-2023 weergegeven. Hieruit blijkt dat het gemiddelde gewicht van benzineauto's per segment over de afgelopen jaren vrij constant is gebleven. Alleen segment A en C is een stabiele kleine groei te zien. Elektrische auto's zijn per segment ten opzichte van 2020 in 2023 iets zwaarder geworden, maar ten opzichte van 2021 is er geen significante stijging meer geweest. Plug-in hybrides tonen per segment wél een stijging in gewicht.



Figuur 9 - Gemiddelde massa ledig gewicht [kg] van de nieuwverkopen per aandrijflijn per segment per kalenderjaar



Bron: (RVO & Revnext, 2024).

Aangezien de individuele trends van gewicht per segment per brandstofsoort niet (sterk) stijgend zijn, is gemiddelde gewichtstoename van het wagenpark dus vooral te verklaren doordat het aandeel elektrische en plug-in auto's in nieuwverkopen toeneemt. Het trendrapport schrijft hierover:

*“Het gemiddelde leeggewicht van nieuwverkopen is de afgelopen vier jaar met circa 140 kg gestegen van ongeveer 1.340 kg in 2020 tot 1.480 kg in 2023. Deze stijging komt onder andere door de stijging van het aantal BEV-nieuwverkopen, maar ook door een verschuiving in segmentsamenstelling richting hogere segmenten en binnen segmenten een verschuiving richting SUV's/MPV's/crossovers die gemiddeld wat zwaarder zijn.” (RVO & Revnext, 2024)*

## A.4 Conclusie

DYNAMO voorspelt een trend naar zwaardere auto's, die wordt veroorzaakt door de instroom van batterij-auto's. De nieuwverkopen van benzineauto's vertoont geen trend naar hoger gemiddeld gewicht. De verschuiving naar zwaardere modellen (zoals SUV's) is in DYNAMO niet zichtbaar. Wel wordt verwacht dat richting 2030 meer lichtere elektrische auto's beschikbaar zullen komen, waardoor de gemiddelde gewichtsstijging van het wagenpark afneemt.

Uit het Trendrapport blijkt dat de stijging van gemiddeld gewicht in de afgelopen jaren voornamelijk wordt gestuurd door de BEV-nieuwverkopen, maar ook door de verschuiving naar zwaardere automodellen. DYNAMO onderschat mogelijk het laatste punt, waardoor het daadwerkelijke wagenpark in 2030 mogelijk gemiddeld iets zwaarder zal zijn dan verondersteld in dit onderzoek.