



---

## FACTSHEET MOBILITEIT

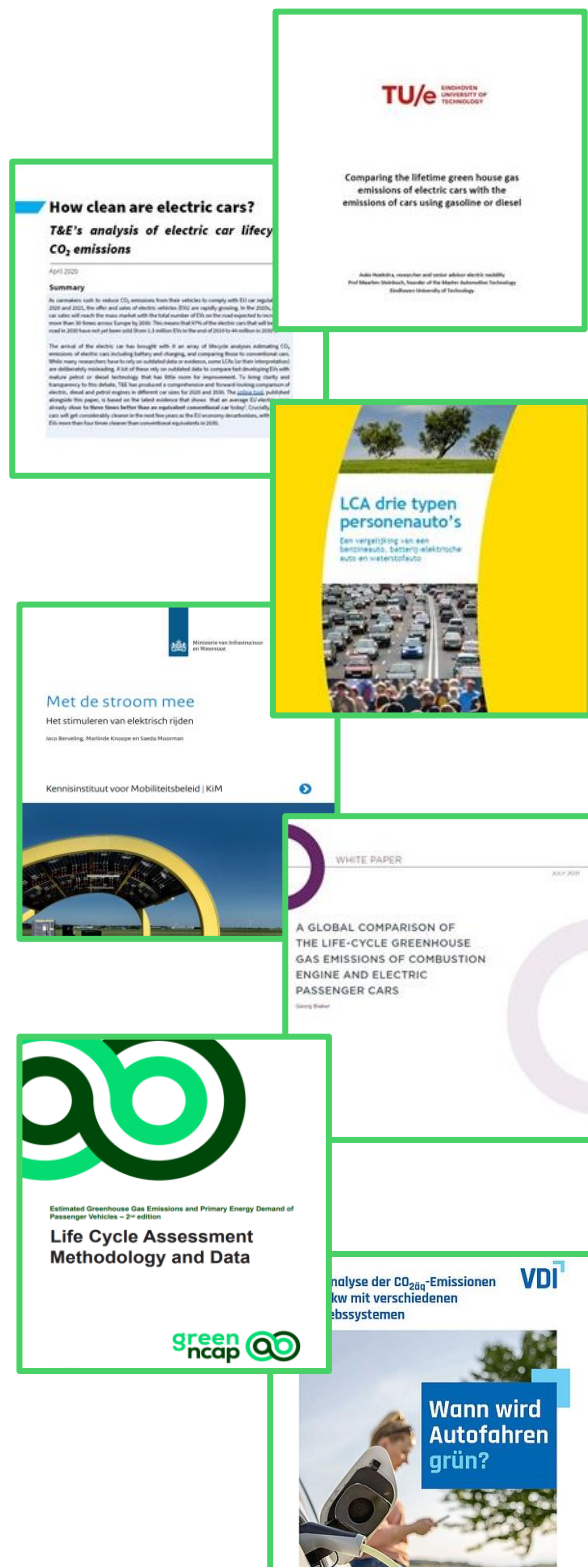
### CO<sub>2</sub> uitstoot elektrische auto

Juli 2024

# KLIMAATIMPACT VAN WIEG TOT GRAF

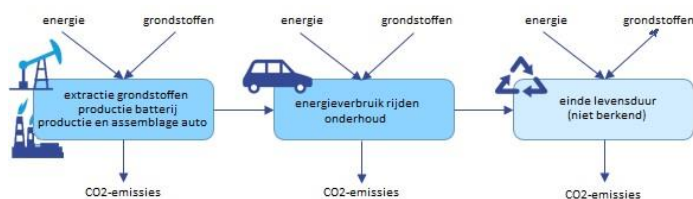
De volledig elektrische auto (ook wel BEV of Battery Electric Vehicle of genoemd) is bezig met een spectaculaire opmars in Nederland. De absolute aantallen en het aandeel in het wagenpark groeien de laatste jaren gestaag. Een elektrische auto beschikt over een grotere batterij en een efficiënte elektromotor in plaats van een verbrandingsmotor. Maar hoe groen is een elektrische auto die in 2024 de weg op gaat, en hoeveel CO2 kan er bespaard worden door een auto-leven lang in deze elektrische auto te rijden in plaats van een nieuwe benzineauto?

Om de zogenaamde 'cradle-to-grave' klimaatimpact van nieuwe volledig elektrische auto's in Nederland te kwantificeren, heeft Milieu Centraal haar eigen kennisbasis gebruikt (cijfers over praktijkverbruik en emissiefactoren) en zijn de bevindingen van 7 externe LCA-studies in kaart gebracht (Hoekstra & Steinbuch 2020; Transport & Environment 2020; Beeftink et al. 2020; Berveling et al. 2020; Bieker 2021; Green NCAP 2023; VDI 2023). Deze studies zijn gekozen omdat ze relatief actueel zijn en representatief genoeg voor de Nederlandse situatie. Uit iedere externe studie en ook in de samengestelde uitkomsten van de Milieu Centraal berekening, blijkt dat een elektrische auto minder CO2 uitstoot over de levensduur dan een benzineauto. Wel zijn er grote verschillen in de berekende klimaatimpact doordat de auteurs van iedere externe studie en Milieu Centraal en soms andere aannames doen met betrekking tot productielocatie, stroommix, verbruik en levensduur en andere keuzes maken in uitvoering van de berekeningen



# LEVENSLLOOP ELEKTRISCHE AUTO

Als we voor een nieuwe elektrische auto de gehele levensloop van wieg tot graf bekijken, kan er een onderscheid gemaakt worden in drie levensfasen: (1) de productiefase, onderverdeeld in de productie en assemblage van het voertuig en de batterij, waarbij de winning van de grondstoffen is meegenomen; (2) de gebruiksfase, onderverdeeld in onderhoud en energieverbruik door het rijden; en (3) de end-of-life fase met betrekking tot afdanken en eventuele recycling en hergebruik van onderdelen. Voor ieder van deze aspecten is gekeken naar de hoeveelheid CO<sub>2</sub> uitstoot (hier uitgedrukt in ton, ofwel 1000 kilogram).



## Productie en assemblage voertuig

Volgens de geraadpleegde studies is de CO<sub>2</sub>-emissie door de productie van het voertuig tussen de 6,0 en 9,5 ton CO<sub>2</sub> voor verschillende soorten middelgrote elektrische auto's.

Alleen de studie van Beefink et al. 2020 geeft aparte cijfers geeft voor de assemblage. Bij overige studies is de opdeling tussen productie en assemblage niet expliciet in beeld gebracht. VDI 2023 maakt een onderscheid tussen componenten voor de carrosserie en de aandrijving inclusief batterij (de cijfers alleen voor de batterij kunnen hiervan worden afgetrokken). Green NCAP 2023 brengt een hogere waarde in beeld voor voertuigproductie met daarbij een negatieve waarde voor recycling van materialen (deze end-of life waarde kan hier worden opgeteld om tot een netto waarde voor voertuigproductie te komen).

Milieu Centraal kiest om het gemiddelde van de 7 externe studies aan te houden. Dat resulteert in een rekenwaarde van 7,4 ton CO<sub>2</sub>.

## Productie batterij

De emissie door de productie van de batterij varieert sterk tussen de verschillende studies. De hoogte van deze emissie is sterk afhankelijk van de stroommix op de productielocatie en de batterijcapaciteit waarmee gerekend wordt. De studie van VDI 2023 vermeld in haar doorgerekende voorbeeld expliciet dat er gerekend wordt met een 62 kWh en 82 kWh batterij die in 2021 geproduceerd is in China, waarbij de

emissies veel hoger zijn dan bij batterijproductie in Europa. Green NCAP 2023 kiest voor een representatief gemiddelde kental voor emissies door batterij-productie op verschillende productielocaties en neemt hierin een schatting mee van het aandeel van batterijen geproduceerd in China, VS en EU. Omdat iedere studie met andere voorbeeldauto's en andere batterijcapaciteiten rekent en omdat het grootste deel van de emissies van de batterij zit in de Individuele batterijcellen waarvan de batterij is gemaakt, is het waardevoller om per studie te kijken naar de emissies per kWh batterijopslag. Voor de 7 externe studies varieert dit van 60 tot ruim 102 kg CO<sub>2</sub> per kWh. Dit is in lijn met de variatie volgens andere batterij studies; volgens Emilsson en Dahllof (2019) varieert het van 61-106 kg CO<sub>2</sub>-eq/kWh. Milieu Centraal gaat uit van de gemiddelde rekenwaarde van de 7 studies en dat komt uit op ruim 82 kg CO<sub>2</sub> per kWh.

Op dit moment is de gemiddelde nominale batterijcapaciteit van nieuwe C-segment elektrische auto's 61 kWh (eigen schatting Milieu Centraal op basis van representatieve modellen van de TCO-handreiking van RVO – zie RVO 2023). De batterijcapaciteit ontwikkelt zich snel en neemt toe in de tijd (EVDB 2024). Tegelijk kunnen batterijen steeds efficiënter geproduceerd worden en kan een steeds groter deel worden hergebruikt na afdanking, waardoor de CO<sub>2</sub>-emissie per kWh batterijcapaciteit in de tijd afneemt (Hoekstra & Steinbuch 2020; Transport & Environment 2020; VDI 2023).

Milieu Centraal rekent daarom met een batterij van 61 kWh met een impact van 82 kg CO<sub>2</sub>/kWh. Dat resulteert een rekenwaarde van 5,0 ton CO<sub>2</sub>

Opgemerkt moet worden dat wanneer de batterij aan het einde van de levensduur hergebruikt/gerecycled wordt, de CO<sub>2</sub>-emissie voor de productie gealloceerd zou kunnen worden over de verschillende toepassingen. Op dit moment is daar nog te weinig over bekend. Aan de andere kant moet ook worden opgemerkt dat de CO<sub>2</sub>-emissie door recyclage niet is meegenomen.

## Energieverbruik rijden

In de 7 externe studies wordt uitgegaan van verschillende totale levensduur kilometrages, variërend van 185.000 km tot 250.000 km met een gemiddelde van 220.000 km. Omdat de levensduur van batterijen steeds langer wordt, neemt het totale kilometrage van voertuigen toe (Transport & Environment 2020; ANWB 2021). Uitgangspunt is dan ook dat de batterij niet vroegtijdig hoeft te worden vervangen en (minstens) net zo lang mee gaat als de rest van de auto (Hoekstra & Steinbuch 2020; VDI 2023)

De studies rekenen met een praktijkverbruik op basis van verschillende bronnen (Amerikaanse EPA, Duitse Spritmonitor, ANWB-data en WLTP verbruik gecorrigeerd

door ADAC). In sommige studies wordt expliciet vermeld hoe wat de schatting van het laadverlies is: volgens T&E (2020) 10%, volgens VDI (2023) 9 tot 13%.

Voor het verbruik rekent Milieu Centraal met een levensduur van 220.000 km en realistische verbruiken zoals gepubliceerd door EVDB en met een laadverlies van 13% (zie kader over laadverlies). We gaan hierbij uit van een evenredig gebruik van 12.000 km per jaar (afgerond CBS gemiddelde auto's in Nederland) en daarmee komt de levensduur van een auto op 18 jaar en 4 maanden. Dat betekent dat een nieuwe auto die in januari 2024 de weg op gaat bij evenredig gebruik zal rijden tot in april 2042.

Hierbij moet een overweging gemaakt worden met betrekking tot de emissiefactor voor huidig en toekomstig gebruik met het oog op de snelle vergroening van de elektriciteitsmix. De 7 externe studies doen op verschillende manieren een aanname voor de emissiefactor van stroom waarmee gerekend wordt. Zo kiest Beeftink et al (2020) voor een puntberekening op basis van een emissiefactor van 2020 met 370 g CO<sub>2</sub>/kWh en een additionele puntberekening op basis van een prognose van de emissiefactor in 2030 met 140 g CO<sub>2</sub>/kWh, waarbij deze waarden constant gehouden worden voor de gehele levensduur. De studie van Bieker (2021) gaat uit van 164–199 g CO<sub>2</sub>/kWh voor de levensduur van een auto op basis van twee IEA-prognoses waarbij vergroeningsscenario's voor het toekomstige elektriciteitsnet zijn meegenomen. De studie van Hoekstra & Steinbuch merkt op dat de emissiefactor tussen 2020 en 2040 zal variëren tussen 117-260 g CO<sub>2</sub>/kWh en er wordt gerekend met een constante emissie factor met een waarde van 250 g CO<sub>2</sub>/kWh, aangenomen voor een elektrische auto in Europa die in 2020 de weg op gaat.

Milieu Centraal gaat uit van praktijkverbruik op basis van EVDB en TNO data. We kiezen ervoor om zelf een emissiefactor te berekenen specifiek voor Nederlandse netstroom voor de periode 2024-2042. We doen dit op basis van prognoses uit Klimaat en Energieverkenning 2023 voor directe emissies (PBL, 2021) en met constante waarden voor keten-emissies (CE Delft, 2024). Het resultaat is een emissiefactor voor stroom van 140 g CO<sub>2</sub>eq/kWh voor de levensduur van elektrische auto's die in Nederland in 2024 de weg op gaan. Onderstaand zijn meer details over hoe die emissiefactor van 140 g CO<sub>2</sub>eq/kWh tot stand is gekomen.

De huidige cijfers voor de emissiefactor van de Nederlandse stroommix zijn gebaseerd op één recent zichtjaar en dit voldoet voor de berekeningen van huidig verbruik van bijvoorbeeld verschillende apparaten. Echter dit voldoet niet voor het berekenen van emissies gedurende de gehele levensduur van bijvoorbeeld een elektrische auto – die ruim 18 jaar lang gebruikt wordt en waarbij de meeste emissies in

de toekomst liggen – in een situatie van een snel vergroenende stroommix.

Daarom moet worden gekeken naar een prognose van zowel de directe emissies (denk hier bijvoorbeeld aan de CO<sub>2</sub>-uitstoot door verbranding van aardgas bij de stroomopwekking in een gascentrale) als de keten-emissies (denk hier bijvoorbeeld aan de CO<sub>2</sub>-uitstoot die nodig is om het aardgas uit de grond op druk te brengen en te transporteren naar de gascentrale) voor de toekomstige jaren waarin een elektrische auto, die in 2024 de weg op gaat, gebruikt zal worden.

Voor een schatting voor de directe emissies en ramingen voor de toekomst, worden waarden uit de meeste recente Klimaat- en Energieverkenning (KEV) studies van het PBL gebruikt (PBL 2022, 2023). De KEV is een solide beleidsstudie waar door diverse gerenommeerde instituten (CBS, ECN/TNO, RIVM) aan wordt meegewerkt. Belangrijk hier is dat de KEV voor ieder individueel jaar tot en met 2040 een prognose geeft voor zowel de verwachte als de directe emissies van net stroom specifiek voor opwek in Nederland. Hierbij moet worden vermeld dat deze cijfers zijn bepaald voor een situatie van vastgesteld en voorgenomen beleid (dus naast aanzienlijke onzekerheid vanwege prijsontwikkelingen in internationale energiemarkten ook een aanzienlijke mate nationale en Europese politieke onzekerheid). Ook moet er worden vermeld dat er geen indicatie is gegeven van de bandbreedte en de onzekerheden waar deze waarden aan onderhevig zijn. Desalniettemin is dit de meest gedegen indicatie die beschikbaar is voor de Nederlandse stroommix.

Keten-emissies voor de verschillende energiebronnen worden ieder jaar voor Milieu Centraal berekend door CE Delft (CE Delft 2024) en op basis van extrapolatie van deze waarden in combinatie met de directe emissies volgens de KEV, kan een indicatie gegeven worden van de bandbreedte waarin de CO<sub>2</sub>-emissiefactor zich zal ontwikkelen. Berekend op deze manier, kan een onderbouwde schatting worden gedaan met betrekking tot emissiefactor voor de verbruikte stroom. Voor een elektrische auto die in januari 2024 de weg op gaat en 12.000 km per jaar rijdt tot in april 2042, schat Milieu Centraal dat de van totale levensduur emissiefactor afgerond 140 gram CO<sub>2</sub>e per kWh is.

Deze waarde is lager dan bij andere studies omdat hier gerekend is met een later zichtjaar en daarom een groenere stroommix. Als we met deze rekenmethode uitgaan van een dezelfde auto die vijf jaar eerder – niet in 2024 maar in 2019 – de weg was opgegaan, dan was de emissiefactor voor stroom ruim 200 g CO<sub>2</sub>eq/kWh voor de levensduur. Dit is meer in lijn met de emissiefactor waar eerdere studies mee rekenen.

Bovenstaande breng dus twee zaken duidelijk naar voren: (1) de Nederlandse netstroom is de laatste jaren in rap tempo groener geworden en de voorspelling is de dat verder vergroening zal doorzetten; (2) of en hoe je de vergroening van stroom meeneemt in de berekening is erg belangrijk voor de totale CO2 van de elektrische auto over de levensduur.

### Laadverlies

Bij het opladen van een elektrische auto ontstaan laadverliezen. Laadverlies is het gevolg van stroomverliezen tijdens het opladen van de batterij en ontstaat o.a. door warmteontwikkeling bij het omvormen van wisselstroom naar gelijkstroom. Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen laadverliezen bij normaal laden met wisselstroom (bij een laadpunt thuis of op het werk, een publiek laadpunt en sommige snellaadstations) en laadverliezen bij snelladen met gelijkstroom (bij de meeste snellaadstations). Verschillende bronnen laten zien dat er in de praktijk een grote range is in laadverlies. Bijvoorbeeld Reick et al. 2021 stellen dat het energieverlies door AC laden ligt tussen de 12% en 20% (Reick et al. 2021) terwijl bij praktijkonderzoek van Universiteit Utrecht in samenwerking met ElaadNL in gunstige gevallen slechts 7% laadverlies werd gesignaleerd (Schram et al. 2020). De ANWB doet de algemene aanname dat er laadverlies van 15% optreedt (ANWB 2021). Dit reflecteert een bredere consensus binnen ons kenniswerk, waarbij verschillende stakeholders uitgaan van 15% laadverlies of een range noemen van 10 tot 15% laadverlies. Dit illustreert dat er uiteenlopende schattingen zijn voor laadverliezen en dat het lastig is om tot een eenduidig cijfer te komen

Milieu Centraal heeft contact gehad met de makers van EV-DataBase.org en zich geschaard achter de waarde die zij schatten. Het meerverbruik voor thuisladen en reguliere publieke laadpalen wordt hier geschat op gemiddeld ca 15%, en dat betekent een laadverlies van 13 %. In onze berekeningen gaan we er vanuit dat 87% van de stroom die uit het stroomnet wordt gehaald ook daadwerkelijk in de accu als

De emissies door onderhoud zijn relatief laag en worden daarom wordt dit in sommige van de externe LCA studies niet expliciet meegenomen. Soms wordt dit uitgedrukt als aandeel van de gebruiksfase. In de achtergronddocumentatie van de studie van Beeftink et al. 2020 wordt geschat dat van de totale emissie in de gebruiksfase, ca. 5-6% veroorzaakt door onderhoud doorkoelvloeistof, remvloeistof, smeerolie, ruitwisservloeistof en rubber (banden) en de overige 94-95% door elektriciteitsgebruik voor het rijden.

In 4 van de 7 externe studies wordt expliciet een waarde toegekend voor het onderhoud. Milieu Centraal hanteert het gemiddelde van deze cijfers van. Onderhoud komt daarmee op 1,4 ton CO2.

### Einde levensduur

Op de hele levenscyclus heeft de end-of-life-fase de kleinste impact in termen van totale levenscyclusemissies in vergelijking met productie en gebruik.

Beeftink et al. 2020 nemen de milieu-impact van de einde levensduurfase niet expliciet mee in kwantitatieve analyse, maar er wordt geschat dat impact klein is. Volgens Berveling et al. 2020 wordt ongeveer 5% van de totale emissies veroorzaakt door onderhoud en afdanken samen.

ZDI 2023, en in mindere mate ook de overige 6 studies, geven aan hoe het recyclen van de batterij tot milieuwinst leidt. T&E 2020 geeft aan dat het recyclen van de batterij 1 tot 2 kg CO<sub>2e</sub>/kg batterij kan besparen, maar dat ook deze schatting zeer onzeker is. Green NCAP 2023 maakt als enige een expliciete schatting van teruggewonnen CO2 door recycling en hergebruik van de batterij en overige onderdelen van de elektrische auto.

Hoewel de milieu impact van de einde levensduur fase op zichzelf relatief laag wordt ingeschat, speelt deze fase een belangrijke rol bij het verminderen van de milieueffecten in de andere fasen van de levenscyclus (EEA 2018).

Milieu Centraal kiest er ook voor om geen kwantitatieve data te geven van de CO2-emissie in de einde levensduurfase, omdat er geen accurate cijfers van beschikbaar zijn en de emissie sterk afhankelijk is van verdere recyclingprocessen.

Onderhoud

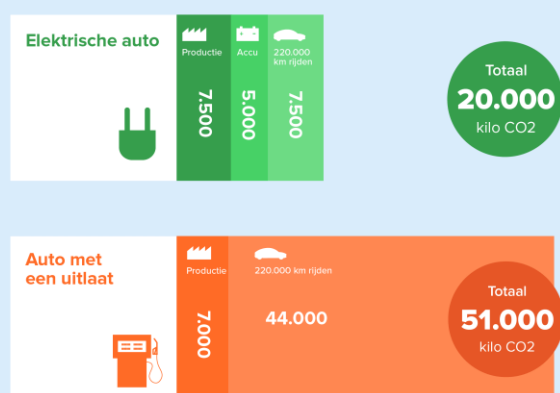


# CONCLUSIE

Een volledig elektrische auto (BEV) kan beschouwd worden als duurzamer dan een brandstofauto vanwege de lagere uitstoot van CO<sub>2</sub> over de gehele levensduur. Naar verwachting bespaart een elektrische auto over zijn hele leven ongeveer 60% CO<sub>2</sub> ten opzichte van een benzineauto. Met de verwachte verduurzaming van de elektriciteits- en batterijproductie zal de uitstoot van elektrische auto's de komende jaren nog verder afnemen.

## EEN ELEKTRISCHE AUTO BESPAART OVER ZIJN LEVENSDUUR 60% CO<sub>2</sub>

In vergelijking met een benzineauto. Dit is een schatting op basis van de gemiddelde CO<sub>2</sub>-emissies voor de stroommix van 2024-2041.



De CO<sub>2</sub>-uitstoot is berekend voor productie (inclusief accu voor EV), onderhoud en er is een schatting gemaakt van de uitstoot voor het (toekomstige) gebruik van de auto. Het gebruik is gebaseerd op een nieuwe middenklasse die ruim 18 jaar lang 12.000 kilometer per jaar rijdt. Daarbij is voor de EV de CO<sub>2</sub>-emissiefactor voor de stroommix van 2024-2041 aangehouden (140 gram CO<sub>2</sub> / kWh). Deze emissiefactor is gebaseerd op een voorspelling van PBL op basis van voorgenomen beleid voor de Nederlandse grijs-groene stroommix tussen 2024 en 2041.

# GECITEERDE WERKEN

ANWB (2021) Het accupakket van een elektrische auto. <https://www.anwb.nl/auto/elektrisch-rijden/elektrische-autos/accus-techniek-en-kosten>, oktober 2021

ANWB (2021) Wat kost het opladen van een elektrische auto? <https://www.anwb.nl/auto/elektrisch-rijden/wat-kost-het-opladen-van-een-elektrische-auto>, oktober 2021

Beefink, M., Erich, M., Nusselde, S. (2020) LCA drie typen personenauto's - Een vergelijking van een benzineauto, batterij-elektrische auto en waterstofauto

Berveling, J., Knoope, M., Moorman, S. (2020) Met de stroom mee: het stimuleren van elektrisch rijden

Bierker, G. (2021) A global comparison of life-cycle greenhouse gas emissions from passenger cars

CE Delft (2024) Ketenemissies elektriciteit - Actualisatie elektriciteitsmix 2021. Rapport in opdracht van Milieu Centraal

EEA (2018) Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives - TERM 2018: Transport and Environment

Emilsson, E., & Dahllof, L. (2019) Lithium-Ion Vehicle Battery Production. Status 2019 on Energy Use, CO<sub>2</sub> Emissions, Use of Metal Products Environmental Footprint, and Recycling.: IVL Swedish Environmental Research Institute, Stockholm

EVDB (2024) Elektrische Voertuigen Database. <https://ev-database.nl/>, oktober 2021

EVDB (2024) Stroomverbruik van een elektrische auto. <https://ev-database.nl/informatie/stroomverbruik-hybride-elektrische-auto>, oktober 2021

Green NCAP (2023) Estimated Greenhouse Gas Emissions and Primary Energy Demand of Passenger Vehicles – 2nd edition Life Cycle Assessment: Methodology and Data

Hoekstra, A., & Steinbuch, M. (2020) Comparing the lifetime greenhouse gas emissions of electric cars with the emissions of cars using gasoline or diesel

PBL (2022) Klimaat- en Energieverkenning 2022. Den Haag. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2022-klimaat-en-energieverkenning-4838.pdf>

PBL (2023) Klimaat- en Energieverkenning 2023: Ramingen van broeikasgasemissies, energiebesparing en hernieuwbare energie op hoofdlijnen. Den Haag.

<https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2023-klimaat-en-energieverkenning-2023-5243.pdf>

Reick, B., Konzept, A., Kaufmann, A., Stetter, R., Engelmann, D. (2021) Influence of Charging Losses on Energy Consumption and CO<sub>2</sub>. Vehicles 3(4), 736-748

RVO (2023) Handreiking TCO-berekening voor personenauto's. <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2023-12/handreiking-total-cost-of-ownership-tco-berekening-voor-personeauto%27s-december-2023.pdf>, december 2023

Schram, W., Brinkel, N., Smink, G., Wijk, T., van Sark, W., (2020) Empirical Evaluation of V2G Round-trip Efficiency. 2020 International Conference on Smart Energy Systems and Technologies

Schram, W., Brinkel, N., (2022) interview en mailcontact laadverlies, januari 2022

Transport & Environment (2020) How clean are electric cars? T&E's analysis of electric car lifecycle CO<sub>2</sub> emissions

VDI (2023) VDI-Ökobilanz-Studie zu verschiedenen Antriebssystemen

#### Over Milieu Centraal

Milieu Centraal is het kenniscentrum voor duurzaam leven, en geeft consumenten praktische tips en adviezen voor iedere duurzame stap: van afval scheiden tot zonnepanelen kopen. Een externe wetenschappelijke adviesraad is onderdeel van de kwaliteitsborging. Milieu Centraal bereikt via haar websites en sociale media dagelijks 20.000 tot 30.000 consumenten. Milieu Centraal werkt samen met maatschappelijke organisaties, bedrijven, overheid en media.

Communicatie op basis van wetenschappelijk onderzoek  
Milieu Centraal staat voor betrouwbare informatie; nuchter, feitelijk, praktisch. Alle tips en adviezen zijn gebaseerd op (wetenschappelijk) onderzoek. Onze onderzoekers houden een uitgebreide kennisbasis continu up-to-date. Een adviesronde onder bedrijven, branches, maatschappelijke organisaties en kennisinstellingen zorgt voor diversiteit en draagvlak. Een wetenschappelijke adviesraad vormt het sluitstuk van de kwaliteitsborging, de leden zijn verbonden aan een onderzoeksinstituut of universiteit.

Bijlage 1: overzicht klimaatimpact Cradle-to-grave van elektrische auto's

	Productie voertuig	Productie batterij	Onderhoud	Energiegebruik (WTW)	End of life	Totaal
<i>Hoekstra &amp; Steinbuch 2020</i>	6,0	2,7	x	10,8	x	<b>19,5</b>
	VW e-Golf 24 gram CO <sub>2</sub> /km x 250.000 km	36 kWh batterij 11 CO <sub>2</sub> /km x 250.000 km 75 kg CO <sub>2</sub> /kWh opslag obv metastudie	nd	43 gram CO <sub>2</sub> /km x 250.000 km Europa gemiddelde stroommix (250 gram CO <sub>2</sub> /kWh)	nd	
<i>T&amp;E 2020</i>	6,7	5,6	x		x	<b>24,6</b>
	Segment C (VW e-Golf, VW ID.3, Nissan Qashqai, Nissan Leaf)	60 kWh batterij 86 kg CO <sub>2</sub> /kWh opslag als centrale schatting gemiddeld China en Europa.	nd	225.000 km, NL stroommix 10% laadverlies	nd	
<i>Beeftink et al. 2020</i>	8,6	6,2	0,7	12,4	x	<b>27,2</b>
	VW e-Golf materiaalgebruik (6,6 ton CO <sub>2</sub> ) + assemblage (2,0 ton CO <sub>2</sub> )	35,8 kWh batterij zichtjaar 2020 obv worst-case schatting 86,5 kg CO <sub>2</sub> /kWh opslag als centrale schatting	185.000 km aandeel onderhoud als 5,7% gebruiksfas CO <sub>2</sub>	185.000 km, NL stroommix (370 gram CO <sub>2</sub> /kWh)	nd	
<i>Berveling et al. 2020</i>	7,0	4,2	x	9,8	x	<b>21,0</b>
	Opel Corsa	50 kWh batterij bandbreedte van 61-106 met gemiddeld 84 kg CO <sub>2</sub> /kWh	nd	49 gram CO <sub>2</sub> /km x bandbreedte 150k en 250k met gemiddeld 200.000 km, NL stroommix 2020	nd	
<i>Bieker 2021</i>	6,5	2,7	1	9,1	x	<b>19,3</b>
	Lower medium BEV in Europa, incl assemblage en recyclage van glider en powertrain	45 kWh batterij 60 kg CO <sub>2</sub> /kWh opslag	243.000 km x 4 gram CO <sub>2</sub> /km	243.000 km x bandbreedte 164-199 met gemiddeld 182 gram CO <sub>2</sub> /kWh, EU gemiddelde stroom toekomstscenario	recyclage auto meegenomen in productie CO <sub>2</sub> , batterij recyclage/2nd life niet meegenomen	
<i>Green NCAP 2023</i>	8,4	5,1	1,8	13,9	x	<b>29,2</b>
	Gemiddelde Green NCAP 3 geteste middenklasse modellen (Nissan Leaf, Hyundai Ioniq 5, Tesla Model 3) minus recyclage materialen	60 tot 62 met gemiddeld 61 kWh batterij 84,6 kg CO <sub>2</sub> /kWh opslag	240.000 km 1,7 tot 1,9 met gemiddeld 1,8 ton CO <sub>2</sub>	240.000 km NL stroommix zichtjaar 2020 met 342 gram CO <sub>2</sub> /kWh 12,1 tot 15,5 met gemiddeld 13,9 ton CO <sub>2</sub>	-2,0 tot -1,9 met gemiddeld -2,0 ton verrekend in productie, hier niet meegenomen	



VDI 2023	9,5	6,3	x	8,4	x	24,2
	VW ID.3	62 kWh batterij (NMC 721 in China gemaakt) 102 kg CO <sub>2</sub> /kWh opslag	nd	200.000 km Duiste stroommix 2021-2035 prognose WLTP verbruik	Nd Kwalitatieve beschouwing	
Keuze Milieu Centraal	7,5	5,0	1,2	6,3	x	20,0
	Gemiddelde bovenstaande studies	Leidend zijn de cijfers voor kg CO <sub>2</sub> per kWh batterijopslag. Hier gemiddeld gekozen voor 7 studies (82,5 kg CO <sub>2</sub> /kWh) Nominale accu capaciteit BEV segment C van 61,0 kWh	Gemiddelde bovenstaande studies	Eigen berekening MC. Op basis van PBL KEV prognose van de Nederlandse stroommix 2024-2042 met een emissiefactor van 140 gram CO <sub>2</sub> /kWh. Levensduur auto 220.000 (gemiddelde bovenstaande studies) km bij evenredig 12.000 km rijden per jaar in 2024-2042 (Dit is lager dan bij andere studies omdat hier gerekend is met een later zichtjaar en daarom een groenere stroommix)		

## Bijlage 2: overzicht CO2e besparing elektrische auto in vergelijking met benzine auto

	Totaal Elektrische auto	Totaal Benzine auto	Een elektrische auto bespaart in zijn leven ...% CO2e ten opzichte van een benzine auto
Hoekstra & Steinbuch 2020	19,5	42,0	~54%
	VW e-Golf, 36 kWh batterij, 250.000 km, Europa gemiddelde stroommix toekomst	Toyota Prius, 250.000 km	Vergelijking totaal CO2e per km voor verschillende modellen uit 2020: eGolf vs Prius (54%), Tesla Model 3 vs Mercedes C 220d (65%) en Porsche Taycan S vs Bugatti Veyron (82%)
T&E 2020	24,6	53,0	~54%
	Middelgrote gemiddelde BEV in Europa uit 2020, 60 kWh batterij, 225.000 km, NL stroommix	Middelgrote gemiddelde benzineauto Europa uit 2020, 225.000 km	Alternatieve berekeningen specifiek voor Nederland Elektrische auto lifetime CO2e vergeleken met een gemiddelde van diesel- en benzineauto's (58%) en gemiddelde voor BEV vs benzineauto in Europa (64%)
Beefink et al. 2020	28,7	41,6	~35%
	VW e-Golf, 35,8 kWh batterij, 185.000 km, NL stroommix	VW Golf benzine, 185.000 km	EV wordt relatief groener. Waarden obv ton CO2e bij puntberekeningen voor 2020 (35%) en 2030 (53%)
Berveling et al. 2020	21,0	39,2	~46%
	Opel Corsa-e, 50 kWh batterij, 150.000 -250.000 km, NL stroommix 2020 projectie	Opel Corsa, 150.000 - 250.000 km	22-54% range met verschillende rekenaarsscenario's met stroommix variatie (2018 vs 2020 projectie), verschillende batterij impacts (worst vs best), en verschillende levensduur km (150k vs 250k)
Bieker 2021	19,3	~59,5	~68%
	Lower medium BEV in Europa, 45 kWh batterij, 243.000 km, Europa gemiddelde stroommix toekomst (80 gCO2e/km)	Lower medium benzineauto in Europa, 45 kWh batterij, 243.000 km, Europa gemiddelde stroommix toekomst (245-249 gCO2e/km)	Voor Europa auto's die in 2021 de weg op gaan BEV 66%–69% lager dan benzineauto. Verwachting met vergroening stroommix dat dit in 2030 oploopt tot 74-77%
Green NCAP 2023	29,2	48,2	~39%
	Gemiddelde 3 geteste middenklasse modellen (Nissan Leaf, Hyundai Ioniq 5, Tesla Model 3), 61 kWh batterij, 240.000 km, NL stroommix zichtjaar 2020	Gemiddelde 3 geteste middenklasse modellen (Citroën C3, Honda Civic, Opel Corsa), 240.000 km	benzineauto vooral gedomineerd door primaire energievraag bij rijden. Voor BEV stroommix van belang (varieert per land). Voor BEV ook productie batterij van belang, in de toekomst recycling batterij van belang voor berekening

VDI 2023	24,2	37,1	~35%
	VW ID.3, uit 2021, 62 kWh batterij, 200.000 km Duiste stroommix 2021-2035 prognose	Ford Focus uit 2021, 200.000 km	Bij gemiddelde (ipv marginale) toekenning. Onzekerheid totalen BEV en ICEV-g geschat op ongeveer 10%
Keuze Milieu Centraal	20,2	51,3	~60%
	Voor productie van de auto (kgCO <sub>2</sub> e/voertuig), productie van de batterij (kgCO <sub>2</sub> e/kWh), onderhoud (kgCO <sub>2</sub> e/voertuig) is het gemiddelde van bovenstaande studies aangehouden. Voor energieverbruik 220.000 km rijden heeft MC een eigen berekening gemaakt op basis van praktijkverbruik cijfers (EVDB) en een prognose van de Nederlandse stroommix 2024-2042 (CBS, PBL). End of life / Recycling is niet meegenomen	Voor productie van de auto (kgCO <sub>2</sub> e/voertuig) en onderhoud (kgCO <sub>2</sub> e/voertuig) is het gemiddelde van bovenstaande studies aangehouden. Voor brandstofverbruik 220.000 km rijden heeft MC een eigen berekening gemaakt op basis van praktijkverbruik cijfers (TNO) en WTW emissiefactor van benzine E10 (CE Delft) End of life / Recycling is niet meegenomen	Cruciale factoren zijn verwachtingen over de vergroening stroommix en over totaal gereden kilometer levensduur auto, en batterij grootte ene productielocatie (en op termijn circulariteit)