

TNO-rapport

www.tno.nl

TNO 2021 R10784V2 - 20

T +31 88 866 50 10

**Factsheet: vergelijking bestelwagens op
verschillende energiedragers**

Datum	25 november 2021
Auteur(s)	Maarten Verbeek (TNO) Arjan Eijk (TNO) Anouk van Grinsven (CE Delft)
Exemplaarnummer	2021-STL-RAP-100332807t_V2
Aantal pagina's	21 (incl. bijlagen)
Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat Postbus 20901 2500 EX DEN HAAG
Projectnaam	IenW Update brandstoffen factsheets
Projectnummer	060.39258

Alle rechten voorbehouden.

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

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

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

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Doelstelling	3
1.2	Wijzigingen ten opzichte van de Factsheets 2020	4
1.3	Voertuig-energiedrager combinaties	5
1.4	Toelichting op de gerapporteerde emissies	5
1.5	Voertuigcategorieën per emissietype	7
1.6	Informatiebronnen.....	8
1.7	Leeswijzer.....	8
2	Energiedrager gerelateerde emissies	10
2.1	Broeikasgas (CO ₂).....	10
2.2	Uitlaatemissies (TTW)	10
2.3	Ketenemissies (WTW).....	11
2.4	Luchtkwaliteit	12
3	Infrastructuur	14
4	Vervoermiddel.....	15
4.1	Aantallen voertuigen en beschikbaarheid modellen in Nederland	15
4.2	Betaalbaarheid.....	16
4.3	Voertuigkenmerken.....	17
5	Ondertekening	19
	Bijlage(n)	
	A Historisch verloop van NO _x en PM ₁₀ -emissies van bestelwagens	
	B WTW CO ₂ -emissies per energiedrager	

1 Inleiding

1.1 Doelstelling

Dit document betreft een zogenaamde vergelijking-factsheet (zie ook scope) voor bestelwagens. Doel van deze vergelijking-factsheets is om de relevante delen uit de onderliggende diverse factsheets voor bestelwagens, aangevuld met informatie uit de Routeradar Innovatie marktontwikkeling 2020 rapportage snel toegankelijk te maken voor private en publieke inkopers van transport.

Scope

De basis voor een vergelijking-factsheet wordt gevormd door de onderliggende factsheets voor specifieke voertuig-energiedrager combinaties (in totaal 18). In iedere vergelijking-factsheet worden voor één type voertuig zoals bijvoorbeeld bestelwagens specifieke kenmerken per energiedrager vergeleken. De specifieke factsheets geven de onderbouwing voor de vergelijking-factsheets en zijn te vinden op: <https://www.pianoo.nl/nl/document/18246/factsheets-energiedragers-wegvervoer>

De vergelijking-factsheets geven een snel overzicht voor vier geselecteerde voertuigtypen: -personenwagens; -bestelwagens; -vrachtwagens; -bussen. Hiermee kan de lezer de kenmerken van voertuigen op verschillende energiedragers met elkaar vergelijken.

Aanpak

Voor bestelwagens worden verschillende product markt combinaties (PMC's) onderscheiden. Per PMC wordt aandacht gegeven aan de drie basisvelden:

- 1) De energiedrager.
 - a. focus ligt op de zogenaamde praktijkemissies
- 2) De laad/tank infrastructuur.
 - a. betreft aantallen tank/laad voorzieningen in Nederland
- 3) De voertuigen.
 - a. aantallen voertuigen in het Nederlandse wagenpark
 - b. beschikbaarheid qua variatie in typen en modellen
 - c. betaalbaarheid in de vorm van "Total Cost of Ownership" (TCO)
 - d. voertuigkenmerken
 - i. Actieradius
 - ii. Laadvultijd

Versie uit 2020

Ook in 2020 zijn er al factsheets en vergelijking-factsheets gepubliceerd. Dit document is een update van "Factsheet vergelijking bestelwagens", TNO 2020 R10784 uit 2020. Ook in deze vergelijking factsheet "Bestelwagens" vormen de zogenaamde praktijkemissies een belangrijk onderdeel.

Voertuig praktijkemissies

De in deze Factsheets gepresenteerde gegevens voor voertuigemissies van verschillende voertuigklassen op diverse energiedragers betreffen gemiddelde praktijkemissies. De gepresenteerde gegevens zijn zoveel mogelijk gebaseerd op de officiële Nederlandse emissiefactoren voor wegverkeer, die in de Taakgroep Verkeer en Vervoer door TNO in samenwerking met o.a. RIVM, PBL en CBS worden vastgesteld voor gebruik in landelijke rekenmodellen en rapportages van PBL en RIVM en in lokale modellen voor berekening van luchtkwaliteit.

Praktijkemissiefactoren

Praktijkemissiefactoren geven weer hoeveel voertuigen binnen een bepaalde categorie onder bepaalde omstandigheden gemiddeld uitstoten van verschillende emissiecomponenten, zoals NO_x, PM₁₀ of CO₂. Deze emissiefactoren zijn zoveel mogelijk gebaseerd op door TNO uitgevoerde emissiemetingen aan voertuigen op de weg onder realistische praktijkomstandigheden. Voor voertuigcategorieën waarvoor geen officiële emissiefactoren beschikbaar zijn, zijn inschattingen van de praktijkemissies op een zo goed mogelijke manier afgeleid uit beschikbare data voor metingen op de weg en/of metingen uitgevoerd in een laboratorium, bij voorkeur gebruik makend van uit de praktijk afgeleide rijpatronen. Daar waar nodig en mogelijk, is deze informatie verder aangevuld met resultaten uit internationale studies op het gebied van voertuigemissies.

Fabrieksopgaven

Door een groot aantal oorzaken kunnen emissies in de praktijk aanzienlijk afwijken van waarden zoals gemeten op de typekeuringstest (ook wel fabrieksopgaven genoemd) en de daarvoor geldende emissielimieten. De afwijking tussen typekeur- en praktijkwaarden kan sterk verschillen per type voertuig, per brandstoftype, per wetgevingsklasse (Euro-norm) en voor verschillende gebruiks- en verkeersomstandigheden, zoals rijden in de stad of op snelweg met of zonder congestie.

Informatie over de resultaten van door TNO uitgevoerde emissiemeetprogramma's, en de onderliggende methodieken, is te vinden op www.tno.nl (zie ook het document "TNO 2020 R10784 - Bronnen en Achtergrondinformatie").

Meer informatie over de berekeningen, de gehanteerde methoden en aanvullende toelichting op de diverse emissies, TCO's en cijfers over infrastructuur en aantallen voertuigen is beschreven in de Routeradar Innovatie monitoring 2020, in de Routeradar DEM 2020 en in de afzonderlijke Factsheets voor Personen, Bestelwagens en vrachtwagens uit 2020.

1.2 Wijzigingen ten opzichte van de Factsheets 2020

In 2021 is onderzoek gedaan naar de Total Cost of Ownership (TCO) van diverse voertuig-energiedragercombinaties. De methodiek hiervan staat beknopt

beschreven in hoofdstuk 4 van dit rapport (zie “Routeradar Innovatie 2020. Marktontwikkeling” voor meer detail). In deze 2021 vergelijking-factsheet wordt een overzicht van TCO's van diverse PMC's (voertuig-energiedrager combinaties) gegeven.

Tevens zijn nu ook meer gegevens over de laadinfrastructuur (hoofdstuk 3) geactualiseerd en wordt in hoofdstuk 4 de beschikbaarheid van voertuigen weergegeven. Het hoofdstuk over emissies is niet geupdate, aangezien de wijzigingen ten opzichte van 2020 zeer beperkt zijn.

1.3 Voertuig-energiedrager combinaties

De voertuigcategorieën en energiedragers die aan bod komen in de diverse Factsheets zijn weergegeven in Tabel 1. Bij elke energiedrager wordt zowel de fossiele als ook de hernieuwbare variant behandeld.

Tabel 1: Combinaties van voertuigcategorieën en energiedragers die worden behandeld in dit rapport. De nummers in de tabel representeren de nummers van de factsheets.

	Diesel	Dieselvevangers uit biomassa	Benzine	Benzineevangers uit biomassa	(Bio)LPG	(Bio)CNG	(Bio)LNG	Elektrisch	Waterstof
Personen- en bestelauto's	1	2	3	4	5	6		7	8
Vrachtauto's en trekker opleggers	9	10					11	12	13
Bussen	14	15				16		17	18

Dit rapport beperkt zich tot combinaties van categorieën wegvoertuigen en brandstoffen die op dit moment in Nederland op de weg rijden of op commerciële basis beschikbaar zijn. Voor de bepaling van emissies is eveneens uitgegaan van de Nederlands situatie, bijvoorbeeld met betrekking tot het gebruik van de voertuigen en de herkomst van de brandstoffen.

1.4 Toelichting op de gerapporteerde emissies

In de Factsheets wordt onderscheid gemaakt tussen emissies die effect hebben op het klimaat (broeikasgassen) en op luchtkwaliteit (fijnstof en stikstofoxiden)

1.4.1 Broeikasgas (CO₂)

In de uitstoot van voertuigen heeft CO₂ het grootste effect heeft op het klimaat. Daarom ligt de focus in deze Factsheets op deze stof. De bijdrage van andere stoffen aan klimaatverandering worden alleen opgemerkt wanneer dit relevant wordt geacht. Dit geldt onder andere voor de uitstoot van methaan.

De uitstoot van CO₂ kan worden onderverdeeld in uitlaatemissies, ook wel 'tank-to-wheel' (TTW) en emissies ten gevolge van productie en distributie van

energiedragers, ook wel 'well-to-tank' (WTT) genoemd. De totale ketenemissies worden aangeduid als 'well-to-wheel' (WTW).

Ook bij de productie van voertuigen en de verwerking aan het einde van de levensduur komen emissies vrij. Deze emissies worden ook wel is 'life cycle' emissies genoemd. Cijfers over indirecte emissies die het gevolg zijn van de productie en verwerking van voertuigen zijn beperkt beschikbaar en omgeven met veel onzekerheid. Dergelijke emissies vallen buiten de scope van deze studie en worden in dit rapport niet behandeld.

Uitlaatemissies (TTW)

CO₂-uitlaatemissies zijn het gevolg van het verbranden van koolstof houdende brandstof, zoals benzine, diesel, LPG, CNG of LNG. Bij de verbranding van pure biobrandstof geldt dat er wel CO₂ uit de uitlaat komt. Echter, volgens de rekenregels van het IPCC worden de CO₂-emissies uit de uitlaat niet toegerekend aan het voertuig, maar aan de productie van de energiedrager. Elektrische voertuigen en voertuigen op waterstof (met een brandstofcel) stoten zelf geen CO₂ uit.

Ketenemissies (WTW)

Naast CO₂-emissies uit de uitlaat, wordt er ook CO₂ geëmitteerd bij de productie en distributie van energiedragers. Voor fossiele brandstoffen zijn deze onder andere het gevolg van de energie die wordt opgewekt om olie te raffineren. Deze emissies in combinatie met de uitlaatemissies, zijn ook wel bekend als 'well-to-wheel' of ketenemissies.

De emissies voor de productie van de biobrandstof hangen sterk af van de gebruikte grondstof en conversietechniek. Voor fossiele brandstoffen is de diversiteit aan grondstoffen en productiemethoden beperkt. Om die reden wordt er voor deze energiedragers een gemiddelde emissiewaarde per energiedrager gepresenteerd. Door de veelheid aan mogelijke grondstoffen en productiemethoden worden voor biobrandstoffen de meest voorkomende varianten weergegeven en een gemiddelde emissiewaarde indien mogelijk. Deze informatie is gegenereerd op basis van de rapportage van de Nederlandse Emissieautoriteit.

Bij de productie van elektriciteit en waterstof wordt wel CO₂ uitgestoten wanneer deze worden opgewekt met behulp van fossiele brandstoffen. Wanneer ze volledig duurzaam worden opgewekt, bijvoorbeeld door middel van wind- of zonne-energie zijn de CO₂-ketenemissies van de voertuigen nul.

1.4.2 Luchtkwaliteit

Naast klimaatschade, leidt het gebruik van voertuigen ook tot luchtverontreiniging. In tegenstelling tot CO₂, leiden deze luchtverontreinigende stoffen tot schade aan de menselijke gezondheid en, in het geval van NO_x, ook de natuur.

Voertuigemissies bestaan uit verschillende componenten. De meest relevante luchtverontreinigende componenten zijn stikstofoxiden (NO_x) en fijnstof (PM₁₀). Deze worden beiden behandeld in deze Factsheets. Voor fijnstof geldt dat het niet alleen uit de uitlaat komt, maar ook wordt veroorzaakt door slijtage van banden en remmen. Andere luchtverontreinigende stoffen worden enkel vermeld als zij in significante mate worden uitgestoten.

1.5 Voertuigcategorieën per emissietype

1.5.1 *Klimaat (CO₂)*

In tegenstelling tot de luchtverontreinigende emissies geldt voor de CO₂-emissies dat deze sterk worden beïnvloed door de massa van het voertuig. Om die reden wordt er voor de CO₂-emissies onderscheid gemaakt naar verschillende grootteklassen.

Voor personenauto's is dit onderscheid gemaakt op basis van marktsegmenten^{1,2}. Voor bestelauto's is er onderscheid gemaakt in drie klassen op basis van het gewicht overeenkomstig met de gewichtsgrenzen die worden gehanteerd in de Europese emissiestandaarden voor bestelauto's (lichter dan 1305 kg, zwaarder dan 1305 kg en lichter dan 1760 kg en zwaarder dan 1760 kg).

Typische oorzaken van een afwijking tussen de gerapporteerde CO₂-emissiefactoren en die van een individueel voertuig binnen dezelfde categorie zijn:

- het voertuiggewicht: ook binnen een voertuigcategorie is de spreiding aanzienlijk;
- variaties in het rijgedrag, zoals hierboven beschreven voor de luchtverontreinigende emissies;
- Externe omstandigheden, zoals het weer.

1.5.2 *Luchtkwaliteit*

Ten aanzien van de luchtverontreinigende emissies (NO_x en PM₁₀) wordt voor de verschillende combinaties van voertuigen en brandstoffen onderscheid gemaakt tussen verschillende Euroklassen. Voertuigen behoren tot een bepaalde Euroklasse afhankelijk van de Europese emissiestandaard waaraan het voertuig bij introductie aan moest voldoen. De emissiestandaarden zijn verschillend voor personenauto's, bestelauto's, vrachtwagens en bussen en worden elke één tot vijf jaar aangescherpt.

De emissies die worden gerapporteerd in deze factsheets zijn representatief voor het gemiddelde van de voertuigcategorie. De werkelijke uitstoot van individuele voertuigen kan hier aanzienlijk van afwijken. Redenen voor afwijkingen ten aanzien van luchtvervuilende stoffen zoals NO_x en fijnstof (PM₁₀) zijn:

- verschillende motortechnologieën en nabehandelingstechnologieën en de instellingen van beiden;
- verschillen tussen de externe omstandigheden tijdens de test en in werkelijkheid, zoals de buitentemperatuur;
- variaties in het rijgedrag, zoals gereden snelheid (onder andere beïnvloed door het aandeel dat wordt gereden in de stad, buitenwegen of snelwegen) en afstand waardoor bijvoorbeeld de nabehandelingstechnologieën een andere temperatuur hebben;
- gebreken die optreden tijdens de levensduur, zoals kapotte katalysatoren of roetfilters;
- het verwijderen van nabehandelingstechnologieën, zoals katalysatoren of roetfilters.

¹ <https://raivereniging.nl/artikel/marktinformatie/branche-analyses/marktinformatie-personenautos.html>

² <https://www.rdc.nl/wp-content/uploads/2019/01/Verklaring-RDC-segmenten-2-personenautos-201803.pdf>

- het verwijderen van nabehandelingstechnologieën, zoals katalysatoren of roetfilters.

1.6 Informatiebronnen

De emissies die direct afkomstig zijn van het voertuig zijn zoveel mogelijk afgeleid uit metingen van TNO. Vanwege de grote hoeveelheid verschillende voertuigen (voertuigcategorieën, leeftijden, brandstoftypen, gewicht etc.) en afnemende beschikbare middelen, is er de laatste decennia binnen het testprogramma steeds meer voor gekozen om de inspanningen te richten op de voertuigen die het sterkst bijdragen aan de emissies. Vanwege de historisch hoge uitstoot van luchtverontreinigende stoffen en hun grote aandeel in de gereden kilometers zijn er door de jaren heen vooral veel metingen verricht aan dieselveertuigen. Doordat voor dieselveertuigen de meeste data beschikbaar is, zijn de gerapporteerde emissies van deze voertuigen het meest robuust.

Voor voertuigen op andere brandstoffen zoals benzine of CNG geldt dat TNO ook voldoende metingen heeft uitgevoerd om emissiefactoren te bepalen, eventueel in combinatie met literatuur zoals vermeld in "TNO 2020 R10784 – 22 Bronnen en Achtergrond informatie". Voor voertuigen op waterstof is nog zeer beperkt meetdata beschikbaar en moeten de cijfers nog als indicatief gezien worden.

De waarden voor de emissies gerelateerd aan de productie van fossiele brandstoffen (WTT) bestaan in deze studie uit gemiddelden of referentiewaarden. Door voortschrijdend inzicht is bijvoorbeeld de referentiewaarde voor fossiele brandstoffen ook verhoogd in de laatste versie van de Richtlijn Hernieuwbare Energie (2018/2001 oftewel REDII).

De impact van biobrandstoffen op luchtverontreinigende emissies is alleen kwalitatief beschreven op basis van een studie van de Advanced Motor Fuels Technology Collaboration Programme (Nylund et al., 2018). Hoewel er wel een uitgebreide literatuurstudie heeft plaatsgevonden, blijkt dat veel studies over dit onderwerp verouderd zijn, omdat het Nederlandse wagenpark sinds het verschijnen van deze studie vernieuwd is en de strengere emissie-eisen van voertuigen een grote rol spelen bij de uiteindelijke impact. Ook waren veel studies internationaal. Recente Nederlandse meetprogramma's ontbreken.

Meer informatie over de gebruikte informatiebronnen is te vinden in een apart document "TNO 2020 R10784 - Bronnen en Achtergrondinformatie".

1.7 Leeswijzer

In deze Factsheet worden personenauto's op verschillende energiedragers met (product markt combinaties/PMC's) met elkaar vergeleken. Daarbij wordt aandacht gegeven aan drie relevante hoofdonderwerpen:

- **Hoofdstuk 2 - Emissies per energiedrager**
Hier worden de klimaatbelastende (CO₂) en de luchtverontreinigende emissies (zoals NO_x en PM₁₀) voor verschillende energiedragers beschreven.
- **Hoofdstuk 3 - Kenmerken van de infrastructuur** voor de verschillende energiedragers.
- **Hoofdstuk 4 – Voertuigen**
 - a) Aantallen voertuigen in het Nederlandse wagenpark
 - b) Beschikbaarheid qua modellen
 - c) Betaalbaarheid in de vorm van Total Cost of Ownership (TCO)
 - d) Voertuigkenmerken
 - a. Actieradius
 - b. Laad- en vultijd

De kenmerken van de infrastructuur, de betaalbaarheid en voertuigkenmerken zijn meer uitvoerig beschreven in RouteRadar Innovatie monitoring 2020.

2 Energiedrager gerelateerde emissies

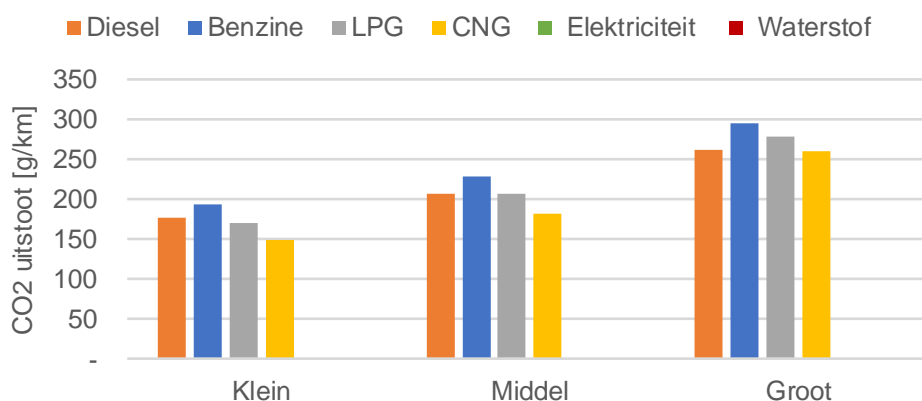
2.1 Broeikasgas (CO₂)

Het belangrijkste broeikasgas dat wordt uitgestoten door motorvoertuigen is CO₂. De hoogte van de CO₂-emissies uit de uitlaat is afhankelijk van het energiegebruik en het type energiedrager. Doordat het energiegebruik in sterke mate wordt bepaald door het voertuiggewicht, stoot een grotere, zwaardere auto ook meer CO₂ uit. Om die reden is ervoor gekozen om de CO₂-emissies van bestelwagens te onderscheiden naar gewichtsklassen die ook worden gehanteerd voor Europese emissiewetgeving, te weten Klasse I (≤1305 kg), Klasse II (1305-1760 kg) en Klasse III (>1760 kg).

Ook bij het winnen, produceren en distribueren van energiedragers komt CO₂ vrij. Zo hebben elektrische en waterstofauto's geen uitlaatemissies, maar indien er gebruik wordt gemaakt van fossiele brandstoffen wordt er bij de productie van elektriciteit en waterstof wel CO₂ uitgestoten. Voor de volledigheid worden zowel de uitlaatemissies als de totale ketenemissies gepresenteerd.

2.2 Uitlaatemissies (TTW)

Bij de verbranding van koolstof houdende brandstoffen produceert het voertuig CO₂ emissies. Deze emissies worden Tank to Wheel CO₂ emissies genoemd. De Tank To Wheel CO₂-emissies weergegeven in onderstaande figuur tonen de gemiddelde CO₂-emissies van de best verkochte bestelauto's in de periode 2016 – 2019³.



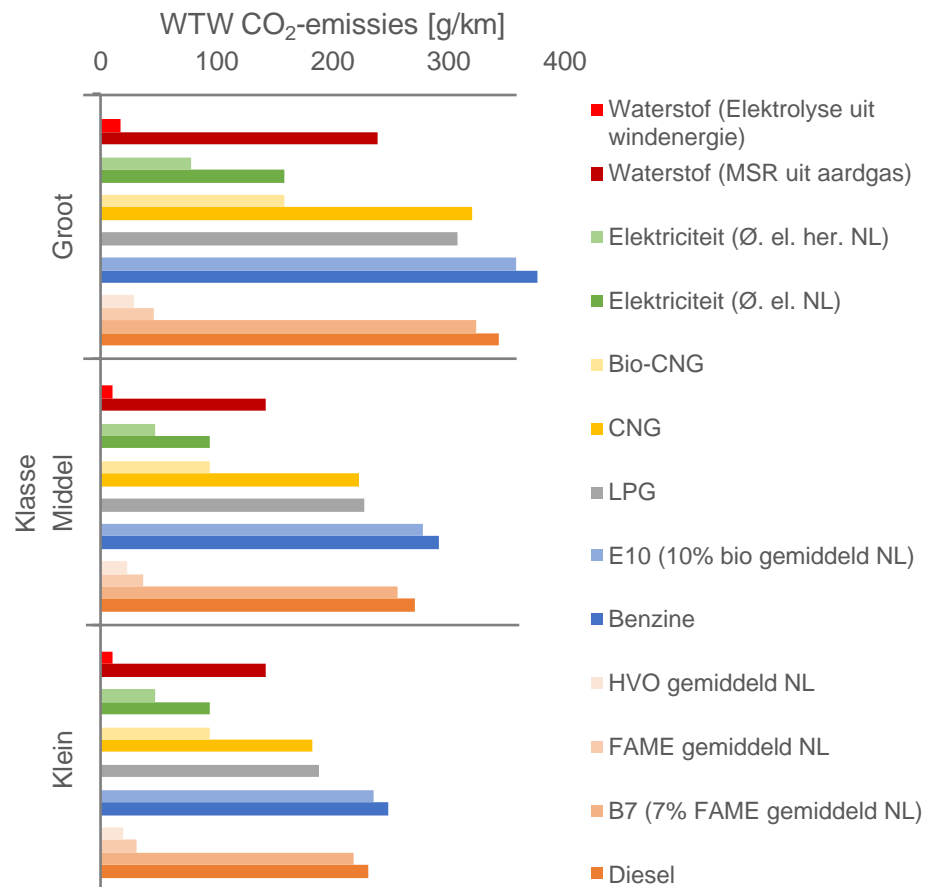
Figuur 1: Gemiddelde CO₂-uitlaatemissies van moderne bestelwagens (2016-2019) op verschillende energiedragers.

Bij het gebruik van pure biobrandstoffen zijn de CO₂-uitlaatemissies nul volgens internationale rekenregels (IPCC).

³ Hiervoor is gekozen omdat de kans groot is dat de lezers van dit rapport die betrokken zijn bij het aanschaffen van voertuigen, zullen kiezen uit deze meest verkochte modellen.

2.3 Ketenemissies (WTW)

Wanneer ook de broeikasgasemissies als gevolg van productie en distributie van energiedragers in ogenschouw wordt genomen, ontstaat een ander beeld. Voor fossiele diesel geldt dat de CO₂-ketenemissies 31% hoger zijn dan de uitlaatemissies. Voor fossiele benzine, CNG en LPG is dat respectievelijk 28%, 23% en 10% (zie Figuur 2).



Figuur 2: Gemiddelde CO₂-ketenemissies van de best verkochte bestelauto's (2016-2019) op verschillende energiedragers voor verschillende marktsegmenten. De WTW CO₂-emissies zijn weergegeven in bijlage B

Het gebruik van biobrandstoffen leidt tot lagere CO₂-ketenemissies, wanneer deze voldoen aan de Europese duurzaamheidscriteria, zoals die ook voor Nederlandse jaarverplichting gehanteerd gelden. Doordat de biomassa die is gebruikt voor de productie van biobrandstof evenveel CO₂ heeft opgenomen als door het voertuig wordt uitgestoten, zijn er netto geen CO₂-uitlaatemissies. Echter, de productie en distributie van biobrandstoffen veroorzaken wel CO₂-emissies. De totale CO₂-ketenemissies zijn daarom wel hoger dan nul. Het gebruik van pure HVO of FAME leidt tot aanzienlijk minder CO₂-ketenemissies dan fossiele diesel. De laatste jaren is er overigens discussie ontstaan over de herkomst van grondstoffen voor HVO en daarmee over de te behalen CO₂ reductie in de keten. In deze studie zijn echter de algemeen gangbare waarden voor HVO, die ook in andere studies aangegeven en

gehanteerd worden, aangehouden. De monitoring van herkomst van grondstoffen wordt door de Nederlandse Emissieautoriteit (NEA) uitgevoerd.

Het gebruik van B7, waarbij dergelijke biobrandstoffen beperkt worden bijgemengd bij fossiele diesel, leidt tot beperkte CO₂-emissiereductie. Voor het gebruik van benzine met een beperkte hoeveelheid bio-ethanol (E10) geldt hetzelfde.

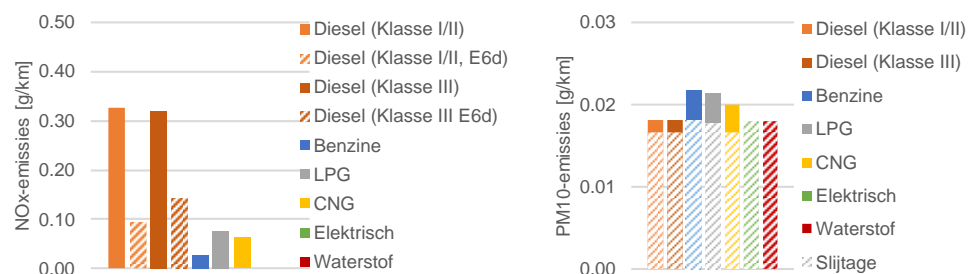
De ketenemissies van elektrische voertuigen is afhankelijk van de wijze waarop de elektriciteit wordt opgewekt. Het gebruik van elektriciteit op basis van de gemiddelde Nederlandse elektriciteitsmix leidt al tot ongeveer 50% lagere CO₂-ketenemissies dan het gebruik van fossiele diesel of benzine. Het gebruik van de huidige hernieuwbare elektriciteitsmix leidt tot een reductie van 75%. Bij enkel gebruik van zonne- en windenergie zou dat zelfs 100% bedragen.

Bij de productie en distributie van waterstof komt meer CO₂ vrij dan bij elektriciteit. Momenteel wordt het leeuwendeel van de waterstof geproduceerd uit aardgas. Deze wijze van productie leidt tot een aanzienlijke hoeveelheid CO₂-emissies waardoor de CO₂-ketenemissies van dezelfde orde zijn als die van fossiele brandstoffen. Wanneer de waterstof echter wordt geproduceerd door middel van windenergie, zijn de CO₂-ketenemissies ongeveer 95% lager dan van fossiele benzine of diesel.

2.4 Luchtkwaliteit

De landelijk gehanteerde emissiefactoren die door TNO worden opgesteld op basis van de uitgevoerde meetprogramma's laten zien dat de NO_x-emissies in de loop der jaren zijn gedaald (zie bijlage). Tot zeer recent waren de NO_x-emissies van dieselbestelauto's gemiddeld aanzienlijk hoger dan die van andere brandstoffen. Door strengere wetgeving (Euro 6d) die momenteel stapsgewijs wordt ingevoerd in de verwachting dat de NO_x-emissies van nieuwe dieselauto's vanaf 2021 meer in lijn zullen zijn met die van benzine-, LPG- en CNG-auto's. De NO_x-emissies van benzineauto's zullen nog wat lager blijven dan die van de andere energiedragers. Elektrische en waterstofbestelauto's stoten helemaal geen NO_x-emissies uit, omdat er geen brandstof wordt verbrand.

Voor oudere voertuigen kan het gebruik van biobrandstoffen in plaats van fossiele brandstoffen nog wel leiden tot andere NO_x-emissies. Voor moderne (euro 6) auto's geldt dat de nabehandelingstechnologieën al zo effectief zijn dat het gebruik van biobrandstoffen niet leidt tot andere NO_x-emissies voor de verschillende typen energiedragers.



Figuur 3: NO_x-emissies (links) en fijnstofemissies (rechts) van moderne bestelauto's (euro 6) op verschillende energiedragers.

De fijnstofemissies waren voor diesel aanzienlijk hoger dan voor andere brandstoffen. Vanaf 2007 heeft het gebruik van gesloten roetfilters geleid tot een aanzienlijk daling, waardoor de fijnstofemissies uit de uitlaat van moderne dieselbestelauto's vergelijkbare is met die van voertuigen op benzine, LPG en CNG. Doordat er bij elektrische en waterstofauto's geen verbranding plaatsvindt, hebben deze voertuigen geen uitlaatemissies. Voor alle energiedragers geldt wel dat er fijnstof vrij komt van banden en remmen. Doordat de fijnstofemissies uit de uitlaat bij moderne voertuigen erg laag zijn, zijn deze emissies (gemeten in gewicht) zelfs aanzienlijk hoger dan uit de uitlaat.

Ook voor fijnstof geldt dat het gebruik van biobrandstoffen in plaats van fossiele brandstoffen voor moderne auto's heel beperkt of geen effect heeft.

3 Infrastructuur

Nederland kent een dicht netwerk van tankstations. Bijna alle tankstations bieden zowel benzine als diesel aan. Een aantal van deze tankstations biedt daarnaast ook LPG aan en een kleiner aantal ook CNG. Het aantal laadpalen voor elektrische auto's groeit snel en bedraagt al ruim vijfenzestigduizend. Per elektrisch voertuig zijn ook meer laadpalen nodig dan dat er stations nodig zijn per voertuig op een andere energiedrager omdat de laadtijd per elektrisch gereden kilometer langer is dan de tanktijd per kilometer op een andere energiedrager.

Het aantal waterstoftankstations groeit ook, maar is nog beperkt. Dit komt doordat het aantal voertuigen op waterstof nog beperkt is.

Tabel 2: Aantallen vul- en laadpunten voor diverse energiedragers (Bron: Routeradar 2020)

	Aantal infrastructuur
Benzine-/Dieseltankstations	4.143
LPG-tankstations	1.179
(Snel)-laadpalen	65.604
Waterstoftankstations	7
CNG-tankstations	178
LNG-tankstations	30

In de Routeradar DEM rapportage 2020 wordt meer informatie over laadinfrastructuur beschreven, zoals ook kaartjes met de locaties van laadinfrastructuur. Verder zijn op de website van RWS "<https://rwsduurzamemobiliteit.nl/beleid/duurzame-energiedragers-mobiliteit/>" alle Routeradar rapportages én Factsheets te vinden.

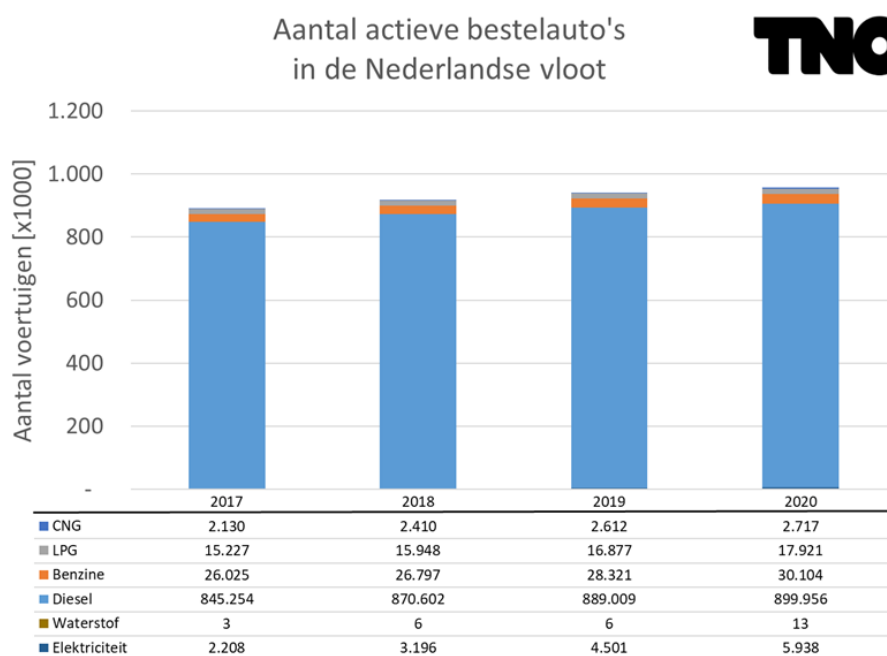
4 Vervoermiddel

4.1 Aantallen voertuigen en beschikbaarheid modellen in Nederland

4.1.1 Aantallen voertuigen per energiedrager

De historische samenstelling van het bestel autowagenpark laat zien dat diesel de dominante brandstof is voor bestelauto's. In de huidige vloot zijn de bestelauto's op andere energiedragers dan diesel meestal kleinere voertuigen (Klasse I en II). Steeds meer fabrikanten maken ook elektrische auto's, het aandeel is dan ook groeiende.

Figuur 4: Historische samenstelling van het Nederlandse bestelautovloot naar energiedragers.



4.1.2 Beschikbaarheid voertuigmodellen

Voor de conventionele energiedragers zijn een zeer groot aantal modellen beschikbaar, voor batterij elektrische voertuigen is het aantal modellen nog beperkt maar sterk in opkomst. De beschikbare modellen voor de alternatieve energiedragers worden vermeld in onderstaande tabel.

Tabel 3: Aantal beschikbare modellen bestelwagens op de Nederlandse markt

Energiedrager	Aantal modellen
EV	Ca. 20 modellen
Waterstof	1 model
CNG	Ca. 7 modellen

4.2 Betaalbaarheid

4.2.1 *Betaalbaarheid bestelwagens: rekenmethodiek en aannames*

De betaalbaarheid van voertuigen is vastgesteld door de total-cost-of-ownership (TCO) te berekenen. De TCO wordt bepaald door de investeringskosten (CAPEX) met de operationele/variabele kosten (OPEX) te verrekenen. Dit geeft een ordegrrootte inschatting van de gemiddelde kosten van het gebruik van een voertuig in Euro's per kilometer (€/km).

Voor de berekening wordt gebruik gemaakt van representatieve voertuigen per energiedrager. De voor de TCO relevante eigenschappen van de representatieve voertuigen, de energiedrager-specifieke aannames, aannames over de brandstofprijzen en algemene aannames worden in detail beschreven in de rapportage "Routeradar 2020 Innovatiemonitor, marktontwikkeling wegvervoer".

De TCO voor bestelauto's is berekend vanuit het perspectief van een zakelijke rijder, uitgaande van de aanschaf van een nieuw voertuig. Per energiedrager is een selectie (mandje) van representatieve modellen binnen het segment kleine bestelwagens gekozen. Bij de selectie van de representatieve voertuigen is de methodologie, zoals beschreven in de RVO TCO handreiking (RVO, 2021) zo goed mogelijk gevolgd.

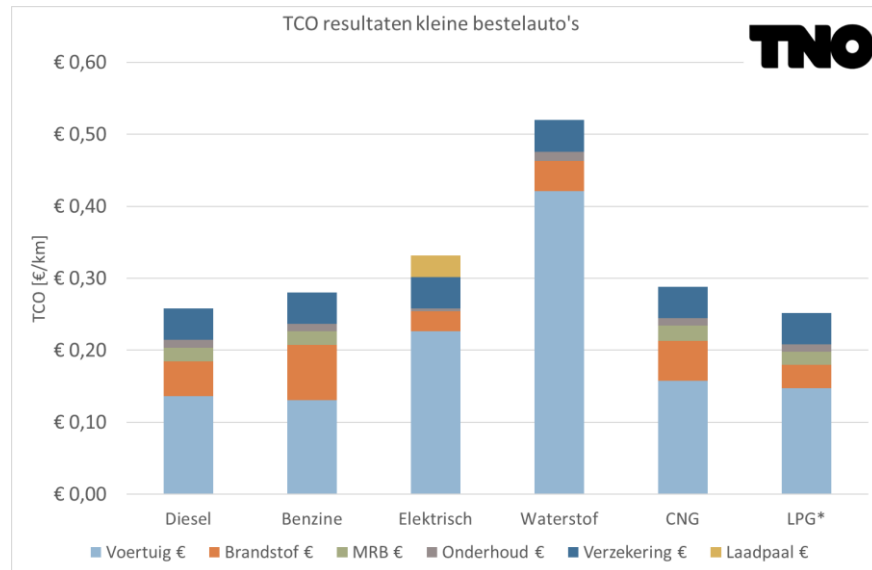
4.2.2 *Representatieve voertuigen voor TCO berekeningen*

Tabel 4: Representatieve voertuigen voor het segment kleine bestelwagens

Segment	Diesel	Benzine	LPG	elektrisch	waterstof	CNG
Klein	Opel Combo	Opel Combo	Opel Combo	Renault Kangoo	Renault Kangoo	Fiat Dobló
	Volkswagen Caddy	Volkswagen Caddy		Peugeot Partner		Volkswagen Caddy
	Citroen Berlingo	Citroen Berlingo		Citroën Berlingo		
	Peugeot Partner	Peugeot Partner		Renault Kangoo		
	Fiat Dobló	Fiat Dobló				
	Renault Kangoo	Renault Kangoo				

4.2.3 *TCO bestelwagens*

De TCO is voor het segment kleine bestelwagens voor de energiedragers diesel, benzine, elektrisch, waterstof, CNG en LPG weergegeven. De belangrijke kostencomponenten waaruit de TCO is opgebouwd, te weten voertuig(afschrijving), BTW, BPM, brandstof, MRB, onderhoud en verzekeringen zijn met aparte kleuren weergegeven.



Figuur 5: TCO van kleine bestelwagens op verschillende energiedragers

- Noot: De TCO voor kleine LPG bestelauto's is berekend op basis van één model waarvan beperkte hoeveelheden gegevens beschikbaar waren. Dit geldt ook voor kleine bestelwagens op waterstof.
- Bestelwagens op waterstof zijn nog beperkt beschikbaar en relatief nieuw op de markt. Het is te verwachten dat indien grotere aantallen geproduceerd worden de voertuigkosten en daarmee ook de TCO zullen dalen.

4.3 Voertuigkenmerken

4.3.1 Actieradius

Voertuigen op diesel, benzine, LPG en CNG hebben een vergelijkbaar grote brandstoftank. Vanwege de hoge energiedichtheid van diesel, hebben voertuigen op deze brandstof gemiddeld de hoogste actieradius. Die van benzine, LPG en CNG zijn respectievelijk ongeveer 15%, 40% en 50% lager. De meeste LPG-voertuigen beschikken over een tweede brandstank voor benzine. Hierdoor wordt hun actieradius vergroot naar die van een 'regulier' benzinevoertuig of meer. Het merendeel van de CNG-voertuigen heeft een beperkte benzinereserve tank die de actieradius uitbreidt.

De actieradius van de in momenteel in serie geproduceerde elektrische bestelauto's ligt tussen 120 en 330 kilometer en is daarmee ruim kleiner dan die van benzine- of dieselbestelauto's.

4.3.2 Laad- en vultijd

De laad- en vultijd voor de meeste energiedragers is globaal enkele minuten. Voor batterij elektrisch is de laadtijd aanzienlijk langer. Afhankelijk van het type lader kan het volledig laden tussen de ca. 20 a 30 minuten en 12 á 15 uur liggen. Echter, in de praktijk kan onderweg vaak volstaan worden met het deels laden van een accu én kan ook gebruik gemaakt worden van snellaadstations waardoor de laadtijd beperkt blijft tot bijvoorbeeld 20 minuten (voor ca. 60% lading). De ontwikkelingen van laadstations gaan naar steeds hogere laadvermogens waardoor de laadtijd in de toekomst waarschijnlijk nog zal afnemen.

Tabel 5: Functionele specificaties voor elektrische voertuigen met een vergelijking t.o.v. andere alternatieve energiedragers. De weging is op basis van een benzine referentie, met 0 gelijk presterend, -;- slechter en +; ++ beter.

Functionele specificatie	Conventioneel benzine	Elektrisch	Waterstof	CNG*	LPG*
Actieradius	Ca. 800 km	Ca. 70 - 400 km	Ca. 600 - 700 km	Ca. 300 - 400 km	Ca. 500 km
Laad-/vulsnelheid	Ca. 1 min	Ca. 12 - 600 min	Ca. 3 - 5 min	Ca. 1 min	Ca. 1 min
Bagageruimte		- / 0	-	-	- / 0

Noot: Veel CNG en LPG bestelwagens worden ondersteund door een extra benzine tank. Hiermee is in veel gevallen de actieradius door deze extra benzine tank vergelijkbaar of groter dan die van conventionele bestelwagens.

5 Ondertekening

Den Haag, 25 November 2021



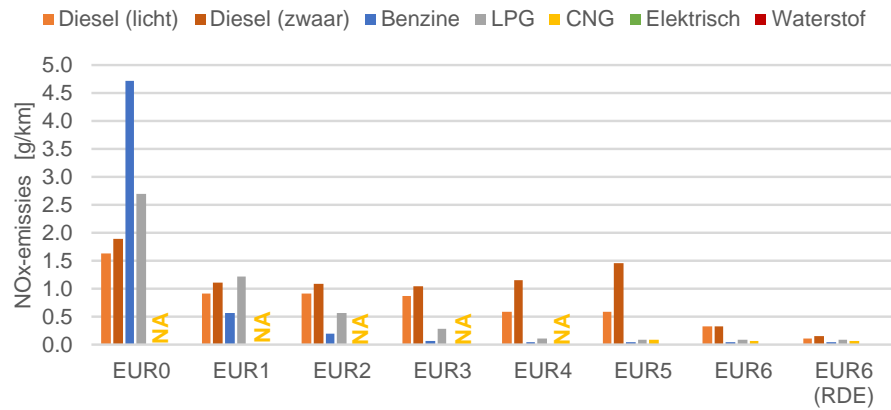
Arjan Eijk
Projectleider

TNO

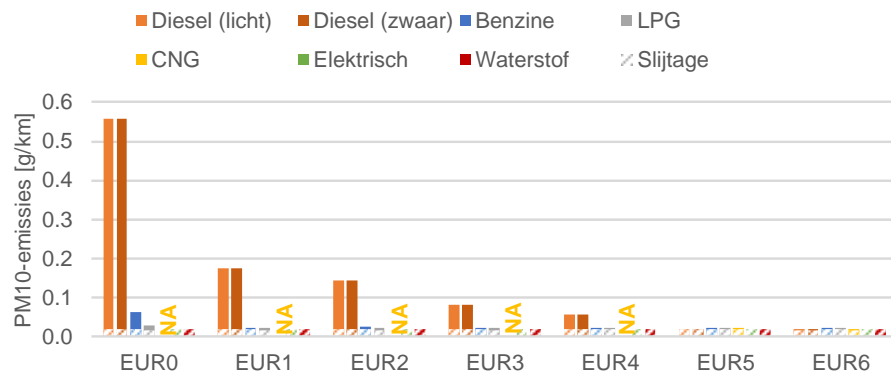


Maarten Verbeek
Auteur

A Historisch verloop van NO_x en PM₁₀-emissies van bestelwagens



Figuur 6: Historisch verloop van NO_x-emissies van bestelauto's op verschillende energiedragers.



Figuur 7: Historisch verloop van PM₁₀-emissies van bestelauto's op verschillende energiedragers. Emissies als gevolg van slijtage van banden en remmen is gearceerd.

B WTW CO₂-emissies per energiedrager

In deze bijlage is een overzicht te vinden van de gehanteerde WTW CO₂-emissies per energiedrager. Deze waarden zijn gebruikt voor Figuur 2.

Energiedrager	Diesel (100%)	FAME gemiddeld NL	HVO gemiddeld NL	Dieselveelvragers gemiddeld NL	Benzine (100%)	bio-ethanol	Bio gemiddeld NL	LPG	CNG	Bio-CNG (GFT-afval)	Elektriciteit NEa (gemiddelde van hernieuwbaar)	Elektriciteit (wind)	Waterstof (aardgas)	Waterstof (wind)
WTW CO ₂ -emissies per MJ eindproduct [gCO/MJ]	95.1	12.7	8.0	11.7	93.3	26.9	23.8	73.6	69.3	24.0	66.0	0.0	115.2	8.0