

Transitiestudie verduurzaming wegtransport



Transitieonderzoek verduurzaming wegtransport

Opdrachtgever

Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat
Programmadirectie Vrachtwagenheffing
Rijnstraat 8
2515 XP Den Haag

Opdrachtnemer

EVConsult
Pilotenstraat 18-D
1059 CJ Amsterdam

Auteurs

Ruud van Sloten
Bibi Fabius
Michiel Aldenkamp

Projectgegevens

Transitieonderzoek verduurzaming wegtransportsector
Projectnummer 19089 / zaaknummer: 31154993
Datum: 25 maart 2020

Disclaimer: aan de inhoud van dit rapport kunnen geen rechten worden ontleend.

Bron afbeelding voorpagina: Tineke Dijkstra.

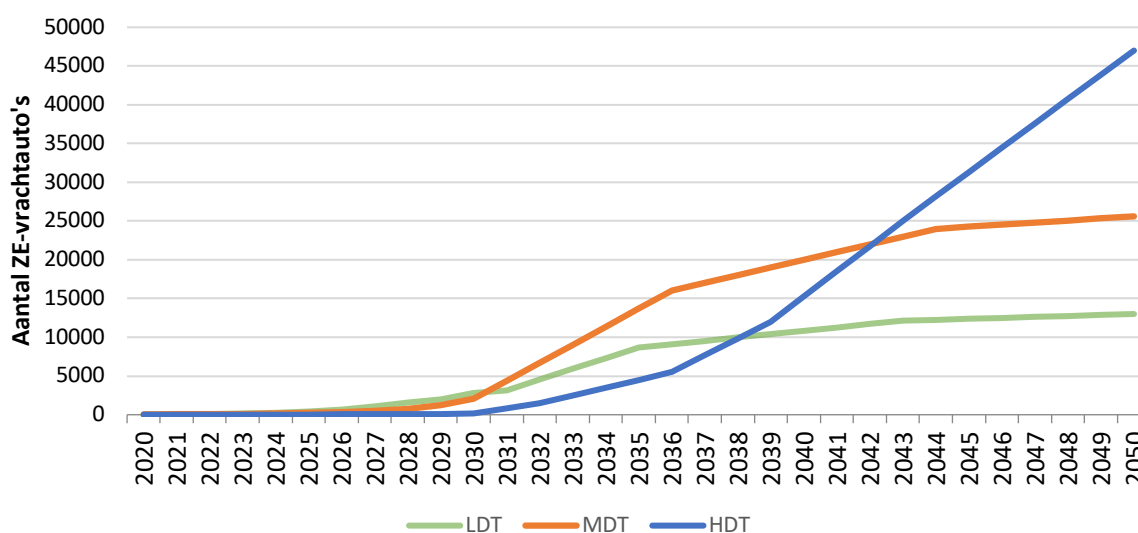


Samenvatting

Conform het Regeerakkoord 'Vertrouwen in de toekomst 2017-2021' wordt in Nederland zo spoedig mogelijk een kilometerheffing voor vrachtverkeer ingevoerd. De inkomsten van deze heffing worden in overleg met de sector teruggesluisd (de 'terugsluis') naar de Nederlandse vervoerssector ten behoeve van innovatie en verduurzaming. Het ministerie en de sector zijn een indicatief en adaptief maatregelenpakket overeengekomen, onder andere gericht op de versnelde transitie naar ZE-vrachtvervoer in de vorm van batterij-elektrisch en waterstof-elektrisch aangedreven vrachtwagens. Om een beeld te krijgen van hoe deze transitie zich zal ontwikkelen, heeft het ministerie EVConsult de opdracht gegeven om het transitiepad van batterij-elektrische en waterstofvrachtauto's te schetsen voor de Nederlandse markt van 2020 tot 2050. Dit gebeurt voor een drietal segmenten:

1. Light duty trucks (LDT) (3,5t – 7t)
2. Medium duty trucks (MDT) (7t – 18t)
3. Heavy duty trucks (HDT) (>18t).

Het wegtransport staat voor een ingrijpende transitie. De sector maakt zich op voor versnelde CO₂-reductie, vanwege regelgeving, maatschappelijke druk én de toenemende wens van opdrachtgevers. Uit het onderzoek blijkt dat waterstofvrachtauto's zich momenteel voor het merendeel in de prototypefase en voor een klein deel in de marktintroductiefase bevinden. Batterij-elektrische vrachtwagens bevinden zich tussen prototypefase (heavy duty) en serieproductiefase (light en medium duty). Figuur 1 toont het verwachte transitiepad voor zero-emissie-vrachtwagens in de verschillende segmenten.



Figuur 1 Transitiepad naar ZE-vrachtvervoer (BEV- en waterstofvrachtauto's)



In 2030 is het aandeel zero-emissie-vrachtovervoer in het light-duty-segment naar verwachting 20-25% (op een totaal van ~13.000 voertuigen), in het medium-duty-segment 5-10% (op een totaal van ~30.000 voertuigen) en in het heavy-duty-segment tussen 0-5% (op een totaal van ~110.000 voertuigen) van het totaal in Nederland.¹ Dit aandeel bestaat voornamelijk uit batterij-elektrische vrachtauto's aangezien deze economisch interessanter zijn dan waterstofvrachtauto's. Naast het aanbod is een concurrerende 'Total Cost of Ownership' (TCO) voor zero-emissie-vrachtauto's in vergelijking met dieselvrachtauto's belangrijk voor de verduurzaming van het wegtransport. Het omslagpunt in de TCO voor het LDT-segment ligt rond 2025. In het MDT-segment worden batterij-elektrische vrachtauto's rond 2026 financieel aantrekkelijker dan dieselvrachtauto's en in het HDT-segment rond 2027. Door de hoge aanschafprijs van de batterij en brandstofcel blijven waterstofvrachtauto's in elk geval tot en met 2030 duurder dan dieselvrachtauto's.

Na 2030 wordt verwacht dat de batterij-elektrische vrachtauto kosten competitief blijft ten opzichte van de dieselvrachtauto en de waterstofvrachtauto. De transitie naar ZE-wegtransport zal dan ook meer snelheid krijgen door een betere TCO en een toenemend aanbod. De waterstofvrachtauto zal voornamelijk een rol vervullen in langeafstandstransport (>500km) en speciale voertuigen.

Op basis van de transitiepaden van batterij-elektrische en waterstofvrachtauto's voor de Nederlandse markt, wordt met het oog op de verduurzaming van het wegtransport het volgende aanbevolen:

- Lobby in Europa voor strengere CO₂-reductienormen en productiequotum ZE-vrachtauto's;
- Breng de vraag naar ZE-vrachtauto's in Nederland in kaart, bundel deze waar mogelijk en presenteer deze cijfers aan vrachtautofabrikanten, zodat Nederland wordt gezien als interessante afzetmarkt;
- Stimuleer de uitrol van een dekkend laad- en tanknetwerk voor BEV- en waterstofvrachtauto's, zodat range anxiety geen beperkende factor meer vormt voor vervoerders om een ZE-vrachtauto aan te schaffen;
- Stimuleer de opschaling van ZE-vrachtauto's financieel, zodat het marktaanbod op gang komt en schaalvoordelen tot uitdrukking komen in de kosten.

¹ De omvang van de vrachtautovloot per segment is gebaseerd op cijfers van het CBS uit 2017. In dit onderzoek is niet gekeken naar verandering van de omvang van de vloot in de toekomst.



Inhoudsopgave

Samenvatting	3
Lijst met afkortingen.....	6
1. Inleiding	7
1.1 Achtergrond	7
1.2 Doel en afbakening	7
1.3 Aanpak	7
1.4 Leeswijzer	9
2. Trends en ontwikkelingen zero-emissie-wegtransport	10
2.1 Relevante internationale en nationale beleidsontwikkelingen.....	10
2.2 Huidig en aangekondigd aanbod vrachtauto's	11
2.3 Technologische- en prijsontwikkelingen	14
3. Kostenvergelijking diesel- en zero-emissie-vrachtervervoer.....	17
3.1 Aannames kostenvergelijking	17
3.2 Kostenvergelijking per segment.....	18
4. Transitiepad naar ZE-wegtransport.....	21
4.1 Transitiepad 2020 – 2030: start van transitie ZE-wegtransport	21
4.2 Doorkijk 2030 – 2050: transitie komt echt op gang, BEV dominante techniek.....	24
4.3 Transitieversnellende maatregelen	24
5. Conclusies en aanbevelingen.....	26
5.1 Conclusies	26
5.2 Aanbevelingen	26
Bijlage 1: Uitgangspunten transitiestudie	28
Bijlage 2: Overzicht aanbod ZE-vrachtauto's	31
Bijlage 3: Overzicht uitgangspunten TCO	33



Lijst met afkortingen

EV	Elektrisch Voertuig
BEV	Battery Electric Vehicle, elektrisch voertuig met batterij
LDT	Light Duty Truck: lichte vrachtauto
MDT	Medium Duty Truck: middelzware vrachtauto
HDT	Heavy Duty Truck: zware vrachtauto
TCO	Total Cost of Ownership: totale kosten gedurende bezit, begrip gebruikt voor vergelijking van alle kosten voor het gebruik en bezit van een voertuig gedurende een bepaalde periode
ZE	Zero Emissie



1. Inleiding

1.1 Achtergrond

Conform het Regeerakkoord 'Vertrouwen in de toekomst 2017-2021'² wordt in Nederland zo spoedig mogelijk een kilometerheffing voor vrachtverkeer ingevoerd. De doelstelling van deze heffing is tweeledig:

1. Binnen- en buitenlands vrachtverkeer laten betalen voor het gebruik van de weg, door de omzetting van een vaste belasting (motorrijtuigenbelasting en Eurovignet) naar een variabele heffing waarbij betaald wordt per gereden kilometer;
2. Innoveren en verduurzamen van de Nederlandse vervoerssector door de inkomsten van de heffing, naast verlaging van de motorrijtuigenbelasting op vrachtauto's, in overleg met de sector terug te sluisen ('de terugsluis') naar de vervoerssector.

Het ministerie en de sector zijn een indicatief en adaptief maatregelenpakket voor innovatie en verduurzaming van de vervoerssector overeengekomen, bestaande uit de volgende sporen: de versnelde transitie naar zero-emissie (ZE)-vrachtvervoer, in de vorm van batterij-elektrisch of waterstof-elektrisch (waterstofvrachtauto) aangedreven vrachtauto's en het tijdelijk gebruik van hernieuwbare brandstoffen als overgangstechnologie naar ZE-vrachtvervoer en de optimalisatie van logistieke ketens. Dit laatste draagt onder meer bij aan een vermindering van het aantal gereden voertuigkilometers en een hogere beladingsgraad.

1.2 Doel en afbakening

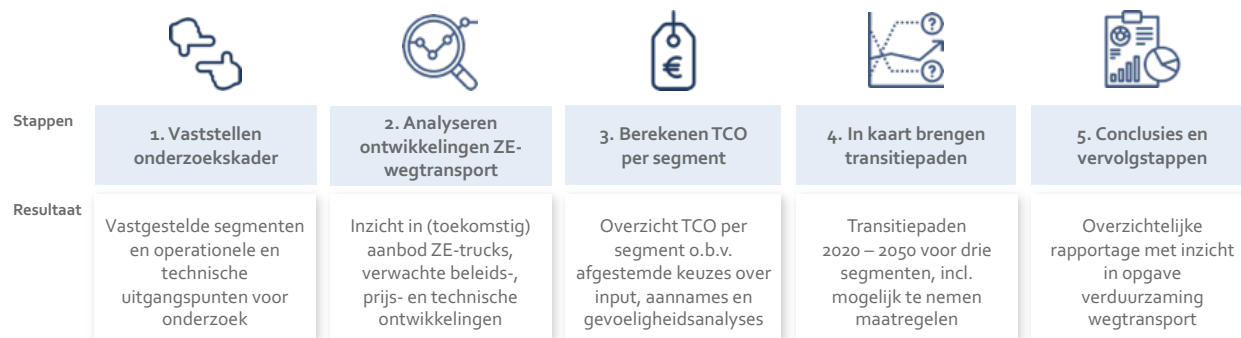
In dit onderzoek ligt de focus op de versnelde transitie naar ZE-vrachtvervoer, in de vorm van batterij-elektrisch of waterstof-elektrisch aangedreven vrachtwagens. Het doel is om een transitiepad te schetsen dat inzicht geeft in de verwachte autonome groei van batterij-elektrische en waterstofvrachtauto's in Nederland tot 2030 met een doorkijk naar 2050, gebaseerd op ontwikkelingen in aanbod en kosten van zero-emissie-vrachtauto's.

1.3 Aanpak

De aanpak om te komen tot het transitiepad van ZE-vrachtauto's voor de Nederlandse markt van 2020 – 2050 bestaat uit vijf stappen (zie Figuur 2):

1. Vaststellen onderzoekskader
2. Analyseren ontwikkelingen ZE-wegtransport
3. Berekenen TCO per segment
4. In kaart brengen transitiepaden
5. Conclusies en vervolgstappen voor transitie naar zero-emissie-wegtransport

² <https://www.kabinetformatie2017.nl/documenten/publicaties/2017/10/10/regeerakkoord-vertrouwen-in-de-toekomst>



Figuur 2 Plan van aanpak

1. Vaststellen onderzoekskader

In afstemming met de opdrachtgever zijn op basis van gewichtsklassen drie segmenten vastgesteld waarvoor het transitiepad in kaart gebracht wordt (zie Figuur 3):

1. Light duty trucks (LDT) (3,5t – 7t)³
2. Medium duty trucks (MDT) (7t – 18t)
3. Heavy duty trucks (HDT) (>18t)



Light duty trucks



Medium duty trucks



Heavy duty trucks

Figuur 3: Verschillende segmenten vrachtauto's o.b.v. gewichtsklasse

Voor de drie segmenten zijn uitgangspunten^{4,5} vastgesteld die zijn besproken met de sectorpartijen TLN, VERN en evofenedex. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen:

- Gewichtsklasse;
- Dagafstand per vrachtauto;
- Ritprofiel;
- Aantal dagen per jaar dat de vrachtauto wordt ingezet;
- Maximale levensduur van de vrachtauto;
- Type laden (depot laden of opportunity charging) of tanken van waterstof.

³ Binnen het LDT-segment wordt alleen gekeken naar vrachtauto's. Bestelauto's en speciale voertuigen zoals veeg- en vuilniswagens worden buiten beschouwing gelaten.

⁴ Met de gekozen drie segmenten en de gehanteerde uitgangspunten, wordt het merendeel van de Nederlandse vrachtauto's en dagelijkse ritten meegenomen in het modelleren van het transitiepad. Uitzonderingen zoals stadsdistributie met een dagafstand van 350km worden niet meegenomen in deze analyse.

⁵ De uitgangspunten zijn vergeleken met uitgangspunten gehanteerd in het rapport "Kostenontwikkelingen in het wegvervoer, Panteia, 2019".



Tabel 1 geeft een beknopt overzicht van de gehanteerde uitgangspunten. In Bijlage 1 worden de gehanteerde uitgangspunten nader gespecificeerd.

Tabel 1 Beknopt overzicht uitgangspunten

Segment	Gewichtsklasse (kg)	Afstand (km/dag)	Aantal dagen per jaar in gebruik	Max. levensduur vrachtauto (jaar)
LDT	7 ton	100	260	8
MDT	18 ton	250		
HDT	27 ton	500		

2. Analyseren ontwikkelingen ZE-vrachtauto's

Op basis van gesprekken met marktpartijen, deskresearch en de marktkennis en ervaring van EVConsult zijn relevante (inter-)nationale beleidsontwikkelingen, het huidige en toekomstige aanbod van ZE-vrachtauto's en verwachte technologische en prijsontwikkelingen in kaart gebracht. Deze ontwikkelingen zijn vertaald naar parameters voor het bepalen van het transitiepad.

3. Berekenen TCO per segment

De verschillende technieken – diesel, batterij-elektrisch (BEV) en waterstof – zijn met elkaar vergeleken in termen van kosten gedurende bezit (Total Cost of Ownership, TCO). De technologische en prijsontwikkelingen zijn meegenomen in deze doorrekening.

4. In kaart brengen transitiepaden

De verwachte autonome ontwikkelingen op het gebied van ZE- vrachtvervoer zijn gemodelleerd.

Voorgaande stappen resulteren in een transitiepad van ZE-vrachtauto's voor de Nederlandse markt van 2020 – 2050 en leiden tot inzicht in maatregelen die kunnen bijdragen aan versnelling van dit transitiepad.

5. Conclusies en vervolgstappen voor transitie naar zero-emissie-wegtransport

Als laatste stap heeft een synthese plaatsgevonden, waarin de resultaten zijn vertaald naar bruikbare inzichten. Tevens zijn aanbevelingen voor vervolg geformuleerd.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de verwachte trends en ontwikkelingen van het ZE-wegtransport besproken. In hoofdstuk 3 worden de resultaten gepresenteerd van de kostenvergelijking van diesel en ZE-vrachtvervoer. Hoofdstuk 4 geeft inzicht in het transitiepad van ZE-vrachtauto's voor de Nederlandse markt van 2020 tot 2050 inclusief maatregelen om de transitie te versnellen. Tot slot worden in hoofdstuk 5 de conclusies en aanbevelingen van het onderzoek gepresenteerd. De bijlagen bevatten meer uitgebreide toelichting en specificaties ter onderbouwing van het rapport.



2. Trends en ontwikkelingen zero-emissie-wegtransport

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van trends en ontwikkelingen die relevant zijn voor het transitiepad voor het aanbod van batterij-elektrische en waterstofvrachtauto's. Hierbij wordt gekeken naar internationale en nationale beleidsontwikkelingen, het huidige en door leveranciers aangekondigde toekomstige aanbod van ZE-vrachtauto's en technologische en prijsontwikkelingen.

2.1 Relevante internationale en nationale beleidsontwikkelingen

De transportsector maakt zich onder druk van wensen van opdrachtgevers en regelgeving op voor versnelde CO₂-reductie:

- In Europa zijn CO₂-reductienormen ingevoerd voor fabrikanten. In 2025 moet de uitstoot van CO₂ door nieuwe vrachtauto's van producenten met gemiddeld 15% zijn teruggebracht ten opzichte van 2019. In 2030 moet de emissie van de nieuwverkoop nog eens verder zijn verlaagd tot 30% ten opzichte van 2019. Hierbij krijgen vrachtautofabrikanten die meer dan 2% ZE-vrachtauto's verkopen minder strenge CO₂-reductienormen opgelegd. Ook is bepaald dat elektrische vrachtauto's 2 ton zwaarder mogen zijn, waardoor grotere accupakketten kunnen worden geïntegreerd.⁶
- De 'Regeling bevordering aankoop schone en energiezuinige wegvoertuigen'⁷ voorziet in minimumstreefcijfers voor overheidsopdrachten bij de inkoop van bussen, lichte bedrijfsvoertuigen en vrachtauto's.
- In het Nederlandse Klimaatakkoord is de ambitie opgenomen om in 30 tot 40 Nederlandse binnensteden zero-emissie-zones in te stellen vanaf 2025 voor bestel- en vrachtauto's. Voor bestaande vrachtauto's van vóór 1 januari 2025 wordt een overgangsregeling tot 1 januari 2030 voorgesteld in de vorm van een centraal afgegeven ontheffing op kentekenniveau voor de zero-emissiezone. Daarvoor komen uitsluitend Euro-VI-vrachtauto's in aanmerking die niet ouder zijn dan 5 jaar (bakwagens) en 8 jaar (trekkers). Daarnaast gaan de Rijksoverheid en Natuur & Milieu zich inspannen om samen met de sector op Europees niveau te komen tot het instellen van efficiency-normen voor langeafstandsvervoer.⁸
- Om de ingroei van ZE-vrachtauto's te stimuleren zet de Rijksoverheid conform het Klimaatakkoord de komende jaren een stimuleringsprogramma op. Het voornemen is om tot en met 2023 94 miljoen euro beschikbaar te stellen voor vrachtauto's. Het uitgangspunt van deze stimuleringsregeling wordt een aanschafregeling met een dekking van maximaal 40% van de meerkosten van een ZE-voertuig (en waterstofvoertuigen) ten opzichte van het fossiele alternatief.⁹

⁶ CO₂-emissionenormen voor nieuwe zware bedrijfsvoertuigen, Europees Parlement en de Raad van de Europese Unie, 20 juni 2019.

⁷ Richtlijn 2019/1161/EU, Europees Parlement en Raad van de Europese Unie, 20 juni 2019.

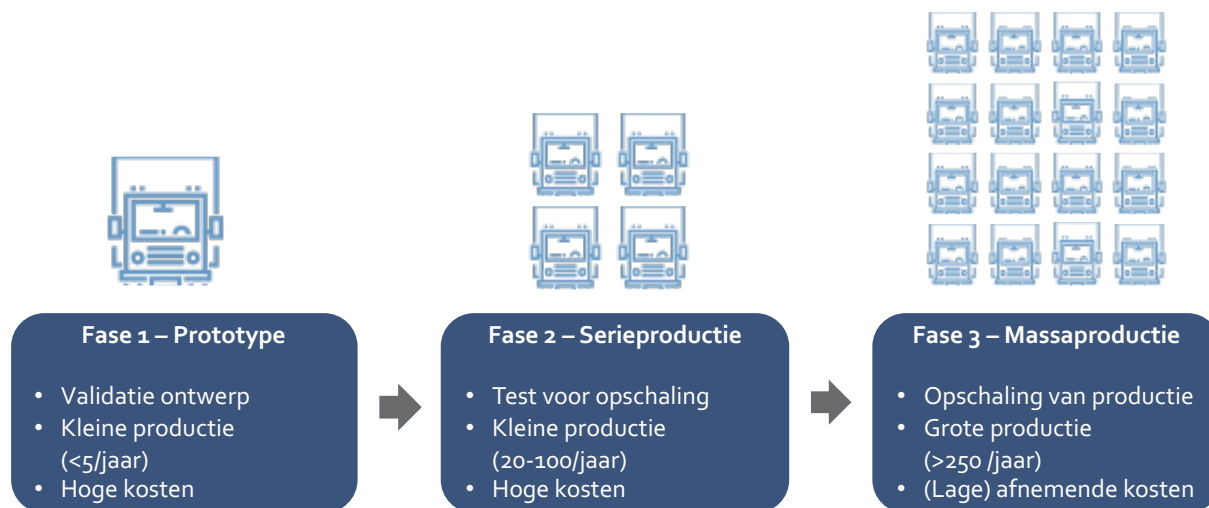
⁸ Klimaatakkoord, 28 juni 2019.

⁹ Klimaatakkoord, 28 juni 2019.



2.2 Huidig en aangekondigd aanbod vrachtauto's

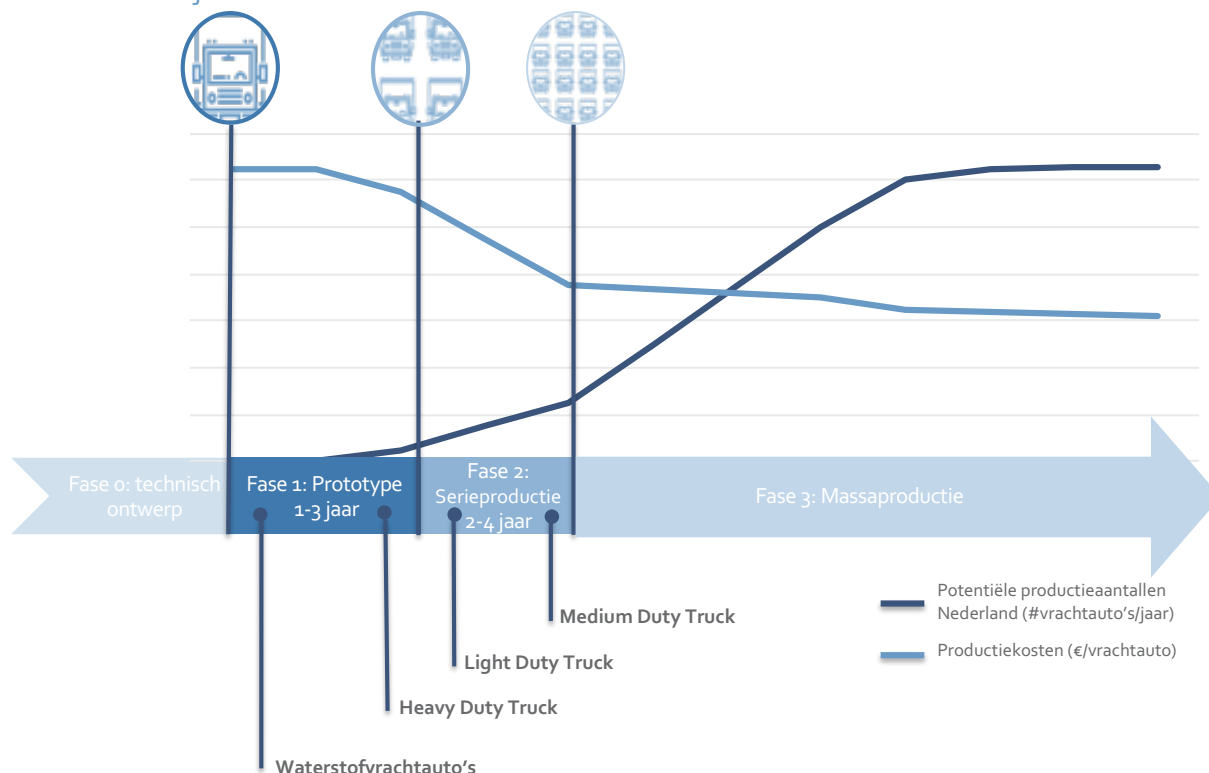
Het aanbod van vrachtauto's is afhankelijk van de fase van productie waar de markt zich in bevindt. Er worden in dit onderzoek drie fasen onderscheiden (zie Figuur 4).



Figuur 4: Productiefasen van een producent voor de productie van een nieuwe type vrachtauto

- **Prototypefase:** in deze fase worden slechts één of enkele vrachtauto's per jaar gebouwd, waarbij vaak een conventionele vrachtauto wordt omgebouwd naar een elektrische variant door specialistisch personeel. De gebruikte onderdelen worden speciaal ontworpen en in zeer kleine aantallen besteld. Dit resulteert in zeer hoge investeringskosten voor de vrachtauto's. De elektrische vrachtauto's worden in deze fase gebruikt voor validatie van het technisch ontwerp en de operationele uitgangspunten, zoals beschikbare range en vermogen. De vrachtauto is in deze fase vaak nog niet commercieel verkrijgbaar.
- **Serieproductiefase:** na de validatie van het technisch ontwerp en operationele voorwaarden in de prototypefase, wordt een kleine serieproductie opgezet. De serieproductie betekent een eerste standaardisatie van het product, waarbij de fabricage standaard en routinematig wordt ingericht. Er is echter nog veel handwerk en nog geen aparte (grote) productielijn. Doel hiervan is om enerzijds eventuele problemen voor opschaling en massaproductie in kaart te brengen en anderzijds de (potentiële) marktadoptie te testen. Afhankelijk van de fabrikant kunnen op een kleine serieproductielijn 20 tot 100 vrachtauto's per jaar worden geproduceerd. Door de standaardisatie van het product, de fabricage en de onderdelen ligt de prijs lager dan in de prototypefase.
- **Massaproductiefase:** wanneer de uitdagingen in het productieproces zijn geanalyseerd en de vraag in de markt groot genoeg is, wordt opgeschaald naar massaproductie. Hierbij wordt een toegewijde productielijn ingericht voor de productie van ZE-vrachtauto's. Automatisering en verdere standaardisatie en de bijkomende schaalvoordelen leiden tot een significante kostenreductie ten opzichte van de serieproductie. Op één productielijn wordt ongeveer één vrachtauto per dag geproduceerd (>300 per jaar). Dit kan verder worden opgeschaald naar meerdere productielijnen.

Aanbod batterij-elektrische en waterstofvrachtauto's in Nederland



Figuur 5: Kosten- en tijdsverloop voor een producent tijdens de opschaling van de productie van vrachtauto's

Figuur 5 toont in welke van de hierboven genoemde fasen de LDT-, MDT-, en HDT- segmenten zich in Nederland bevinden. Dit wordt hieronder nader toegelicht.

Aanbod LDT batterij-elektrisch

Het huidige aanbod van elektrische vrachtauto's in het LDT-segment is relatief klein en bestaat grotendeels uit omgebouwde vrachtauto's. Hierbij worden conventionele vrachtauto's omgebouwd naar BEV-vrachtauto's die voldoen aan de specifieke vraag van een klant. De productie van omgebouwde vrachtauto's is vaak niet groter dan een kleine serieproductie gezien de grote hoeveelheid maatwerk voor de ombouwvrachtauto's. Hiermee bevindt het LDT-segment zich in fase van serieproductie. Hoe het aanbod van BEV-vrachtauto's in het LDT-segment zich zal ontwikkelen in de aankomende jaren is sterk afhankelijk van de ontwikkeling van bijvoorbeeld zero-emissie-zones in steden. Zo ontstaan naar verwachting steeds meer overslaghubs aan randen van steden. Hier wordt de lading van zwaardere vrachtauto's overgeslagen op lichtere zero-emissie (bestel-) voertuigen (<3,5 ton gewicht combinatie), die vervolgens de distributie in de stad verzorgen. Deze ontwikkeling kan ertoe leiden dat er in de toekomst een kleinere markt zal ontstaan voor het (ZE) LDT-segment zoals dat in dit onderzoek wordt bekeken.

Aanbod MDT batterij-elektrisch

Het MDT-segment bevindt zich momenteel in de fase van de serieproductie. Verschillende fabrikanten bieden op dit moment één of meerdere BEV-vrachtautomodellen aan in het MDT-segment (zie Bijlage 2 voor een overzicht), waarbij de potentiële productieaantallen verschillen



per producent. Zo kunnen sommige producenten al 60 BEV-vrachtauto's per jaar produceren (bijvoorbeeld DAF-VDL), terwijl anderen een productiefaciliteit hebben om tussen de 10 en 20 vrachtauto's op jaarbasis te produceren (bijvoorbeeld MAN).¹⁰ In totaal kunnen momenteel ca. 200 BEV-vrachtauto's in potentie per jaar worden geleverd in Nederland. In de markt zijn een aantal producenten die hebben aangegeven klaar te zijn om op te schalen naar een eerste stap in massaproductie. Dit wordt momenteel echter nog belet door het achterblijven van de marktvraag vanwege een te hoge aanschafprijs.

Aanbod HDT batterij-elektrisch

Slechts een zeer beperkt aantal fabrikanten heeft momenteel een batterij-elektrische vrachtauto beschikbaar in het HDT-segment (zie Bijlage 2 voor een overzicht). Deze modellen worden in kleine serieproducties aangeboden van 10-20 vrachtauto's per jaar. Het totaal aan batterij-elektrische vrachtauto's dat momenteel in potentie kan worden geleverd is ongeveer 50 per jaar in Nederland. De huidige beschikbare batterij-elektrische vrachtauto's voldoen gezien hun beperkte range echter niet aan de uitgangspunten die worden gehanteerd in dit onderzoek voor HDT-vrachtauto's. Wel produceren verschillende fabrikanten, waaronder Nikola-IVECO, Tesla en Volvo, in dit segment al prototypen met een grotere range.¹¹ Het HDT-segment bevindt zich volgens de in dit onderzoek gehanteerde uitgangspunten dus in het begin van de prototypefase. Fabrikanten zijn voornemens meer batterij-elektrische vrachtauto's te gaan produceren in de aankomende jaren. Zo heeft Nikola aangekondigd om samen met IVECO een batterij-elektrische vrachtauto te produceren, waarvan het prototype in 2022 wordt verwacht en een kleine serie rond 2024/2025. Ook Tesla heeft aangekondigd in het HDT-segment een vrachtauto te gaan produceren voor de Europese markt. Deze wordt in zeer beperkte aantallen in 2024/2025 verwacht in Europa.

Aanbod waterstofvrachtauto's

In vergelijking met de batterij-elektrische vrachtautomarkt, is de markt voor waterstofvrachtauto's minder ver ontwikkeld. Een overzicht van de beschikbare vrachtauto's door producenten is weergegeven in Bijlage 2. Een enkele fabrikant, zoals Hyundai, produceert waterstofvrachtauto's. Deze fabrikant heeft aangekondigd om in 2020 waterstofvrachtauto's te leveren in Zwitserland en tientallen in Oostenrijk en Noorwegen.¹² Hyundai levert de vrachtauto's slechts aan landen met potentie in de markt. Nederland is een van de landen die op de nominatielijst staat voor uitrol, echter is onbekend wanneer deze keuze zal worden gemaakt. Naast grotere producenten als Hyundai, zijn er kleinere ombouwers actief op de markt, bijvoorbeeld Emoss, die vrachtauto's kunnen leveren in kleine hoeveelheden. Daarnaast zijn een klein aantal producenten zoals Scania, Toyota en Nikola bezig met de productie van een prototype en het testen van de vrachtauto's. Ook heeft fabrikant Nikola aangekondigd op korte termijn de Amerikaanse markt te betreden en de intentie te hebben om uiteindelijk naar Europa uit te breiden in samenwerking met IVECO. De verwachting is dat de eerste vrachtauto's zullen worden geleverd rond 2024/2025.¹³

¹⁰ Om een beeld te geven hoe dit zich verhoudt tot de fossiele productielijn: de verkoop van fossiele trucks in de Europese markt van DAF is ongeveer 5.000 eenheden per jaar in het MDT-segment.

¹¹ Heavy Duty Electric Trucks Aren't Coming, They're Already Here, Clean Technica, 13 augustus 2019.

¹² Hyundai vrachtauto's op waterstof denderen Europa binnen, Waterstofmagazine, 23 december 2019.

¹³ Fuel cell workhorses in heavy-duty applications, H2-international, 5 maart 2018.



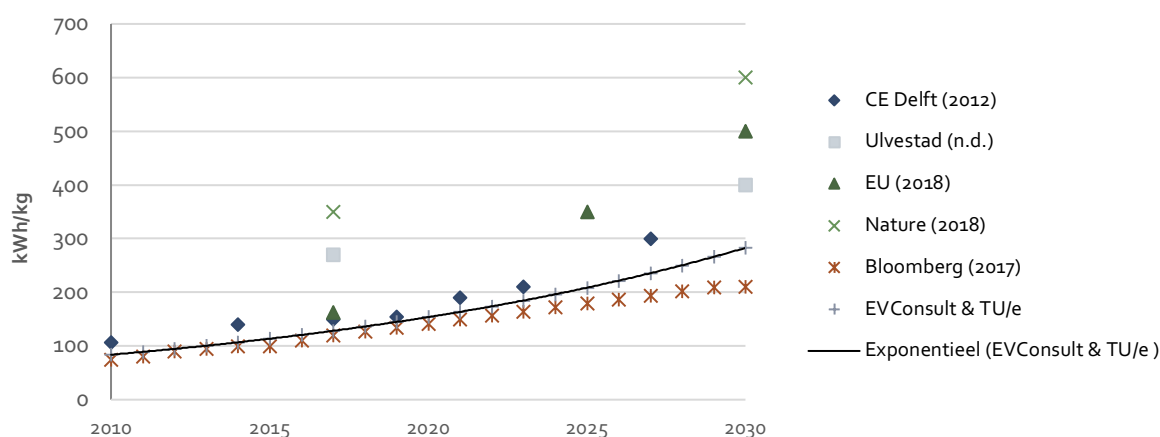
Gezien het bovenstaande bevindt de productie en beschikbaarheid van waterstofvrachtauto's zich nog in de eerste fase van ontwikkeling. Het technische ontwerp en de operationele uitgangspunten worden nog getest door middel van pilots en prototypen. Op de Nederlandse markt is momenteel nog geen fabrikant die een standaard waterstofvrachtauto kan leveren.

2.3 Technologische- en prijsontwikkelingen

De huidige ZE-vrachtauto's hebben een aanzienlijk kleinere range¹⁴ en een factor 3-3,5 hogere aanschafprijs dan vrachtauto's die rijden op fossiele brandstoffen.¹⁵ De verwachting is dat het verschil tussen de ZE-voertuigen en die op fossiele brandstoffen zal afnemen in de toekomst. Deze verwachte afname wordt veroorzaakt door een aantal trends en ontwikkelingen. De belangrijkste worden hieronder op hoofdlijnen besproken.

1. Batterij

De aankomende jaren ontwikkelt de batterij zich op technisch vlak voornamelijk op het gebied van de energiedichtheid en de afmetingen van de batterij. De energiedichtheid is de hoeveelheid energie die kan worden opgeslagen in de batterij per kilogram. Dit is van belang om het toegestane gewicht van de lading zo groot mogelijk te houden, rekening houdende met het toegestane maximumgewicht van de gehele vrachtauto. De afmetingen van de batterij zijn van belang, omdat de beschikbare ruimte in vrachtauto's beperkt is. Hoe kleiner de omvang van de batterij, des te meer batterijcapaciteit kan worden geïnstalleerd. Zowel de energiedichtheid als de afmetingen van de batterij hebben zich de afgelopen tien jaar ontwikkeld. Uit Figuur 6 valt af te lezen dat de energiedichtheid in vergelijking met ca. 100 Wh/kg in 2010 bijna verdubbeld is naar 190 Wh/kg in 2020. De verwachting is dat dit met de doorbraak van bijvoorbeeld solid-state-batterijen kan oplopen tot 300 Wh/kg in 2025 en 400 Wh/kg of meer in 2030.¹⁶ Ook de introductie van vernieuwde en geoptimaliseerde batterijpakketontwerpen zorgt voor een afname van het gewicht en volume van de batterij.



Figuur 6: Historische en verwachte toename van de energiedichtheid van lithium-ion batterijen. Bron: EVConsult

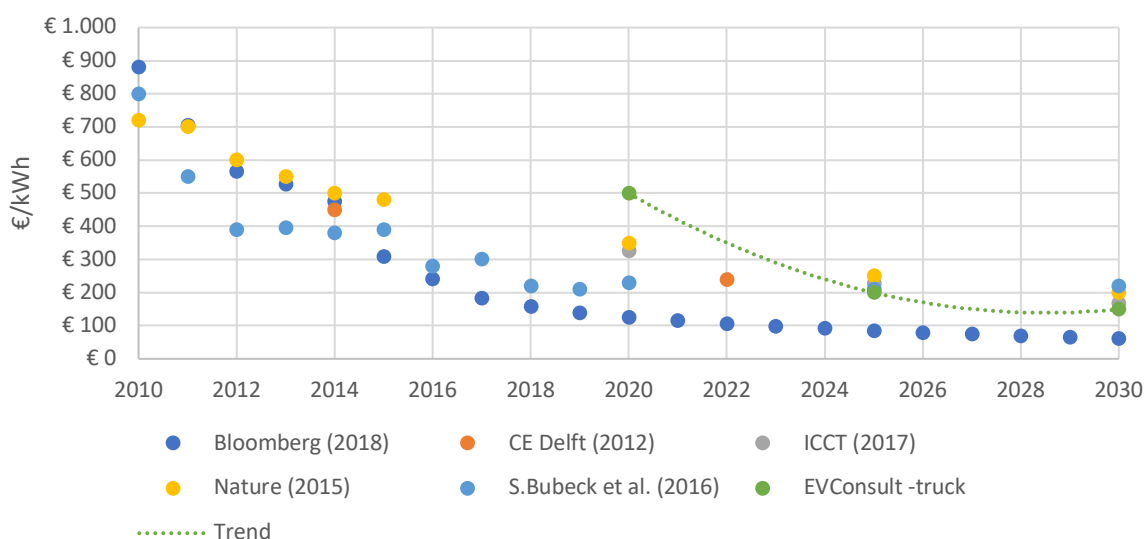
¹⁴ LDT: 150km, MDT: 200-300km, HDT: 100 km.

¹⁵ Onder fossiele vrachtauto's worden alle vrachtauto's verstaan die niet ZE zijn.

¹⁶ Batteries and fuel cells for emerging electric vehicle markets, Zachary P. Cano, Dustin Banham, Siyu Ye, Andreas Hintennach, Jun Lu, Michael Fowler and Zhongwei Chen, Nature Energy, 2018.



Daarnaast zorgen technologische ontwikkelingen ook voor een afname in aanschafprijs, denk aan ontwikkelingen in de samenstelling van de batterij. De verwachting van een exponentiele groei van elektrische voertuigen zorgt voor een significant schaalvoordeel in inkoop door fabrikanten en schaalvoordelen in de productie van de batterijen. Figuur 7 geeft inzicht in de historische en verwachte prijsafname van batterijpakketten. Zo is de prijs van batterijpakketten voor personenauto's van ongeveer €800/kWh in 2010 naar €200/kWh in 2020 gezakt. De verwachting is dat deze prijs verder zakt tot minder dan €100/kWh in 2030. Voor vrachtauto's wordt een soortgelijke trend verwacht van ca. €500/kWh in 2020 naar ca. €150/kWh in 2030. Reden hiervoor is dat vrachtauto's gebruikmaken van een andere en duurdere samenstelling van de batterij en extra onderdelen in het pakket behoeven zoals koeling. De markt voor batterijen voor vrachtauto's is nog klein en nieuw, wat zorgt voor een verhoogde batterijprijs. De verwachte toename in vraag zorgt voor een snelle ontwikkeling tot en met 2025. Na 2025 zal de markt voor de batterijen voor vrachtauto's de algemene trend van batterijen volgen.



Figuur 7: Historische en verwachte prijsafname van de lithium-ion batterijpakketten. Bron: EVConsult

2. Ontwikkelingen brandstofcel en waterstofproductie

De belangrijkste ontwikkelingen in brandstofcellen zijn het verhogen van de efficiëntie van de brandstofcel en het verlagen van de slijtage. Door het gebruik van andere materialen in de brandstofcel en de toenemende productieaantallen wordt ook een prijsdaling verwacht. Kosten van een brandstofcel ontwikkelen zich naar verwachting van ongeveer €1.600/kW in 2020 naar €1.000/kW in 2030.¹⁷ Daarnaast worden er enkele grotere waterstoffabrieken gerealiseerd in bijvoorbeeld Portugal¹⁸ (Nederlands-Portugese samenwerking). De verwachting is dat de installatie van grotere fabrieken schaalvoordelen met zich meebrengt. Hierdoor dalen naar verwachting de productiekosten van €12,-/kg waterstof in 2020 naar €3,-/kg waterstof in 2030.¹⁹ De kosten voor onder meer transport naar de vulpunten, afschrijving, beheer en onderhoud van de vulpunten, algemene bedrijfskosten en een commerciële marge resulteren in een verwachte prijs van tussen de €5,- en €6,50/kg in 2030.

¹⁷ Contouren van een Routekaart Waterstof - TKI Nieuw Gas, Topsector Energie, maart 2018.

¹⁸ <https://www.waterstofmagazine.nl/nieuws/11-nieuws/513-update-nederlands-portugese-waterstoffabriek-in-portugal>

¹⁹ Contouren van een Routekaart Waterstof - TKI Nieuw Gas, Topsector Energie, maart 2018.



3. Energieverbruik vrachtauto's

Het energieverbruik is de hoeveelheid energie die wordt gebruikt per afgelegde kilometer. De winst in het energieverbruik komt onder andere uit de verbetering van de rolweerstand, luchtweerstand, verbetering van de aandrijflijnen, verbetering van gewichtsverdeling, gewichtsafname van de vrachtauto en geavanceerde restwarmterugwinning.²⁰ De verwachting is een verbetering tot en met 2030 in het energieverbruik voor vrachtwagens op fossiele brandstoffen van ongeveer 3,6% per jaar, afhankelijk van het segment. Voor de ZE-varianten zal de verbetering tot en met 2030 in energieverbruik naar verwachting ongeveer 2% per jaar voor batterij-elektrische vrachtauto's en 2,5% per jaar voor waterstofvrachtauto's bedragen.²¹

4. Laadsnelheid en kosten laders

Laadsnelheid

Aangezien er nog weinig batterij-elektrische vrachtauto's beschikbaar zijn, is in de praktijk nog weinig ervaring met het laden van deze voertuigen. De standaardisatie van laders en de stekkers begint wel steeds meer onder de aandacht te komen.²² Er kan wel een parallel worden getrokken met de ontwikkeling van laadvermogens van laders voor andere zware voertuigen, zoals bussen. Vrachtwagens zullen gebruik gaan maken van vergelijkbare laadinfrastructuur qua vermogens. Op basis van gesprekken met marktpartijen wordt verwacht dat de ontwikkeling van bussen én vrachtvoertuigen die geladen kunnen worden met hogere laadvermogens snel zal gaan, aangezien de markt behoefte heeft aan hoge vermogens om de steeds groter wordende batterij in korte tijd te kunnen bijladen. Zo zijn laadoplossingen voor zwaarder vervoer in ontwikkeling van 1 MW en hoger.²³ In de toekomst kan, afhankelijk van het segment, een verschuiving plaatsvinden van plaats en tijdstip van laden, doordat de batterijpakketten groter worden en een groot deel van de dagafstanden afgelegd kunnen worden op één batterijlading. Hierdoor zullen de vrachtauto's naar verwachting zoveel mogelijk 's nachts op het depot laden, zodat in de exploitatie geen rekening hoeft te worden gehouden met het laden. *Opportunity charging*, het laden van de vrachtauto's op de route, vindt dan alleen plaats indien dat noodzakelijk is.

Prijzen laders

Naast de toenemende laadvermogens laten de prijsontwikkelingen van de laders een dalende trend zien over de afgelopen jaren door de schaaltoename en technologieverbeteringen. Zo is de indicatieve prijs van een lader gedaald naar gemiddeld €450,-/kW. De verwachting is dat deze prijs nog 2% tot 3,5% per jaar daalt richting 2030.²⁴

²⁰ Fuel Efficiency Technology in European Heavy-Duty Vehicles: Baseline and Potential for the 2020–2030 Time Frame, Oscar Delgado, Felipe Rodríguez, en Rachel Muncrief, juli 2017.

²¹ Analysis of long haul battery electric trucks in EU, Transport and Environment, mei 2018.

²² German associations want int. CCS standard for heavy, elective, 2020

²³ Marktverkenning Elektrische trucks Stadslogistiek, Elaad, 2019.

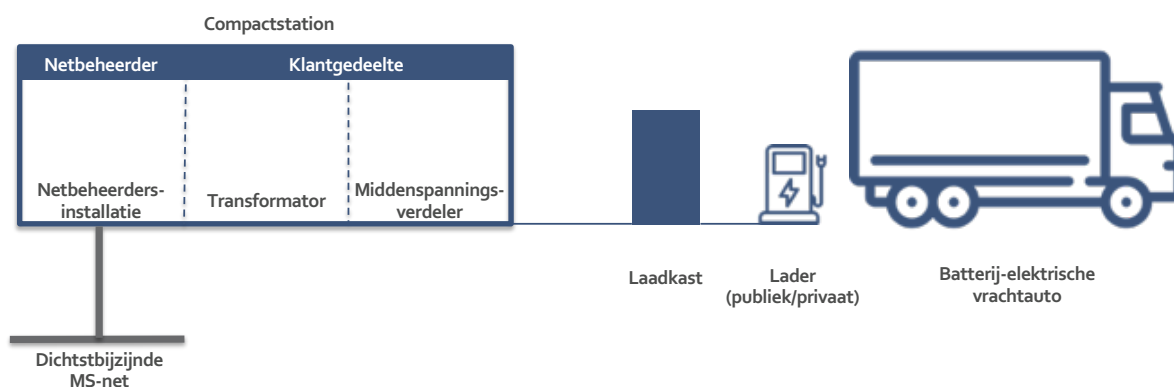
²⁴ Electric vehicle capitals: Showing the path to a mainstream market, ICCT, november 2019.

3. Kostenvergelijking diesel- en zero-emissie-vrachtervervoer

De verschillende technieken, diesel, batterij-elektrisch en waterstof, zijn met elkaar vergeleken in kosten gedurende bezit (TCO) voor de drie segmenten LDT, MDT en HDT. De technologische en prijsontwikkelingen zijn meegenomen in deze doorrekening. Hieronder worden in paragraaf 3.1 de belangrijkste aannames toegelicht. Vervolgens wordt in 3.2 een kostenvergelijking per segment gepresenteerd.

3.1 Aannames kostenvergelijking

Per segment zijn de kosten in kaart gebracht voor een ZE-vrachtauto en vergeleken met de kosten voor een dieselvariant. Figuur 8 toont de keten van het elektriciteitsnet tot voertuig voor de batterij-elektrische vrachtauto. Deze keten bestaat uit installatie van een aansluiting op het middenspanningsnet, een compactstation en een lader. Voor zowel de waterstof- als dieselvariant wordt ervan uitgegaan dat de brandstof wordt ingekocht bij een (semi-)publiek brandstofstation. Daarnaast worden de aanschafkosten van de vrachtauto's inclusief chassis met aandrijflijn, batterij (batterij-elektrische en waterstofvrachtauto), de waterstoftank en de waterstofcel (beiden voor waterstofvrachtauto) meegenomen.



Figuur 8: De keten van de batterij-elektrische vrachtauto

Gebaseerd op gesprekken met marktpartijen en de ervaring van EVConsult met vergelijkbare berekeningen, zijn uitgangspunten vastgesteld die als input dienen voor de TCO-berekening. Hierbij liggen de marges op de kosten tussen de 10% en 20%. De kosten voor investeringen en onderhoud voor waterstof- en dieselinfrastructuur en (extra) personeel zijn buiten beschouwing gelaten. Ook zijn de restwaarden van laadinfrastructuur en de netaansluiting en de te betalen rente op €0 gesteld.

Bijlage 3 bevat een overzicht van de gehanteerde uitgangspunten voor de doorrekening. De belangrijkste aannames voor deze kostenberekening zijn:

1. Technologische en financiële ontwikkelingen: de gehanteerde uitgangspunten voor de TCO zijn gebaseerd op de eerder beschreven trends en ontwikkelingen tot en met 2030.
2. Energiekosten voor batterij-elektrische vrachtauto: in deze TCO wordt gerekend met energiekosten die bestaan uit de kosten voor:
 - a. Energie: dit betreft de kosten voor brandstof, elektriciteit of waterstof;



- b. Netaansluiting: deze kosten bestaan uit de eenmalige investeringskosten en de periodieke kosten voor de netaansluiting. In Bijlage 3 wordt een overzicht gegeven van de verschillende aansluittarieven van Liander en de periodieke kosten.
 - c. Investeringskosten en onderhoudskosten lader: bij zowel diesel- als waterstofvrachtauto's wordt ervan uitgegaan dat de brandstof wordt ingekocht bij een (semi-)publiek tankstation. De kosten voor productie, transport, etc. zijn in de diesel-/waterstofprijs verwerkt. Om consistentie te behouden in het rapport wordt ervan uitgegaan dat de laders ook door een derde partij worden geïnstalleerd en geëxploiteerd. Dit betekent dat de kosten voor de laders worden meegenomen in de gehanteerde kWh-prijs. Indien transporteurs de laadinfrastructuur zelf inkopen en realiseren, zijn de kosten nagenoeg gelijk of hoger dan de gehanteerde kWh-prijs, doordat in dat geval bijvoorbeeld ook proceskosten moeten worden meegerekend.
3. Restwaarde vrachtauto: na afloop van de levensduur van de vrachtauto, kent de vrachtauto nog een restwaarde. Bij een dieselvrachtauto bestaat dit voornamelijk uit de waarde voor het ijzer. Bij de batterij-elektrische en de waterstofvrachtauto bestaat dit echter ook uit de waarde voor de batterij en de brandstofcel. Dit maakt de restwaarden (zie Bijlage 3) van deze twee ZE-vrachtauto's aanzienlijk hoger dan de conventionele diesel vrachtauto, mits de levensduur van de batterij nog niet verstreken is of deze nog kan worden ingezet voor andere doeleinden.
4. Opportunity charging of depot laden: afhankelijk van het segment wordt uitgegaan van een verhouding tussen opportunity laden en depot laden:
 - a. LDT-segment: volledig overnight omdat de afstanden relatief klein zijn;
 - b. MDT-segment: depot laden en 0,5 keer per dag opportunity charging;
 - c. HDT-segment: depot laden en 1 keer per dag opportunity charging.De verhouding opportunity charging of depot laden heeft invloed op de accugrootte en daarmee op de accuprijs. De gehanteerde uitgangspunten worden weergegeven in Bijlage 3.

3.2 Kostenvergelijking per segment²⁵

Hieronder worden de resultaten van de TCO-berekening besproken voor het LDT-, MDT- en HDT-segment voor de jaren 2020, 2025 en 2030.

TCO van het LDT-segment

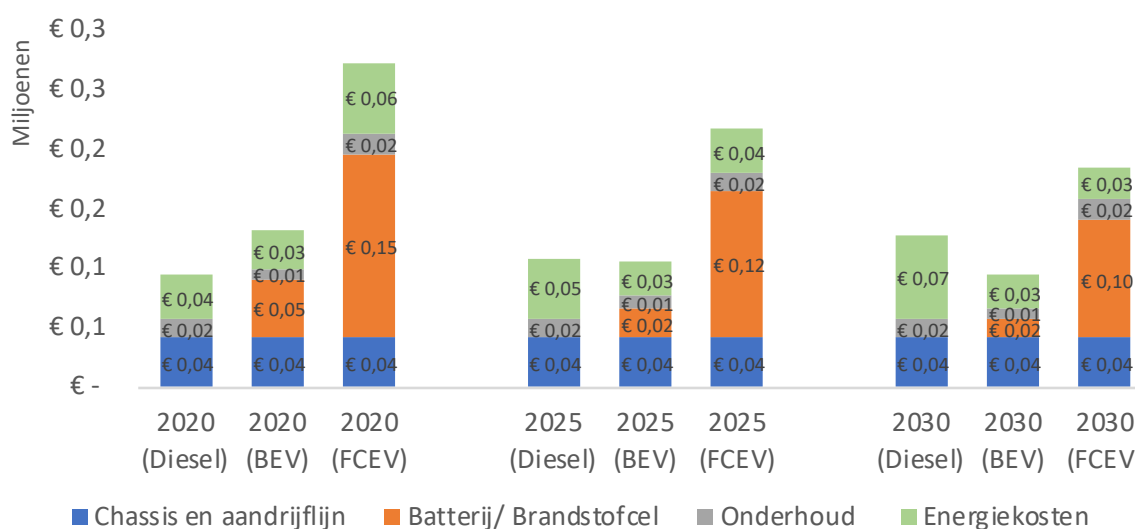
Rond het jaar 2025 worden batterij-elektrische vrachtauto's in het LDT-segment financieel aantrekkelijker dan dieselvrachtauto's (zie Figuur 9). Dit komt voornamelijk doordat de batterijkosten zakken van ca. €50.000,- naar €20.000,- per vrachtauto. Reden hiervoor is enerzijds de dalende aanschafprijs van batterijen en anderzijds de verbetering in energie-efficiëntie waardoor een kleinere, goedkopere batterij kan worden aangeschaft. Daarnaast zorgen de verwachte kostenontwikkelingen van diesel voor een toename van de energiekosten voor de dieselvrachtauto, terwijl de prijsdaling van laders voor elektrische vrachtauto's resulteren in een afname van de energiekosten voor de batterij-elektrische vrachtauto.

²⁵ Disclaimer: de kostenvergelijkingen vormen slechts een indicatie. Aan in dit rapport weergegeven kosten kunnen geen rechten worden ontleend.



Naar verwachting wordt de waterstofvrachtauto in het LDT-segment voor 2030 niet goedkoper dan de dieselvariant. Dit komt voornamelijk door de grote investering die benodigd is voor de batterij en brandstofcel in het voertuig. Hierin vinden wel prijsdalingen plaats, maar die hebben tot 2030 nog te weinig invloed om een kostenvoordeel ten opzichte van diesel te realiseren.

Na 2030 is de verwachting dat de prijsontwikkelingen en technische ontwikkelingen voor de batterij-elektrische vrachtauto en de waterstofvrachtauto door zullen zetten. De waterstofvrachtauto zal door de vele ontwikkelingen in de waterstofsector qua TCO dichterbij de batterij-elektrische vrachtauto komen. Echter, verwacht wordt dat in dit segment de batterij-elektrische vrachtauto ook na 2030 een lagere TCO zal houden dan de waterstofvrachtauto.

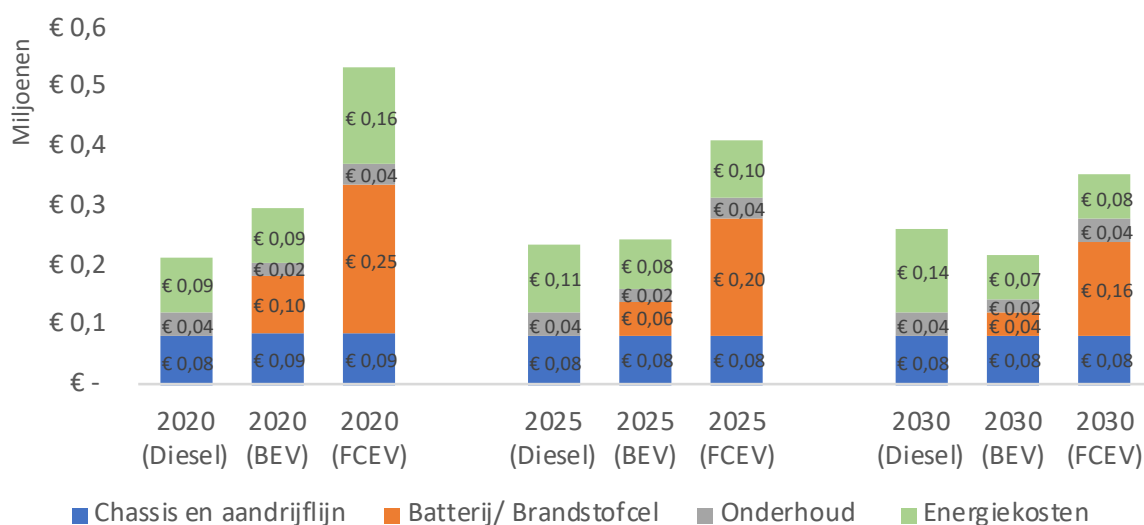


Figuur 9: Total cost of ownership LDT-segment voor 2020, 2025 en 2030

TCO van het MDT-segment

In het MDT-segment worden batterij-elektrische vrachtauto's rond het jaar 2026 financieel aantrekkelijker dan dieselvrachtauto's (zie Figuur 10). Dit is voornamelijk het gevolg van dalende batterijprijzen. Door de hoge investering in de batterij en brandstofcel, blijft de waterstofvrachtauto in het MDT-segment duurder dan de dieselvrachtauto tot en met 2030.

Na 2030 wordt voor het MDT-segment een gelijke ontwikkeling verwacht als voor het LDT-segment. Ook hier wordt dus verwacht dat, ondanks dat de waterstofvrachtauto qua TCO dichterbij komt, de batterij-elektrische vrachtauto dominant blijft binnen dit segment.

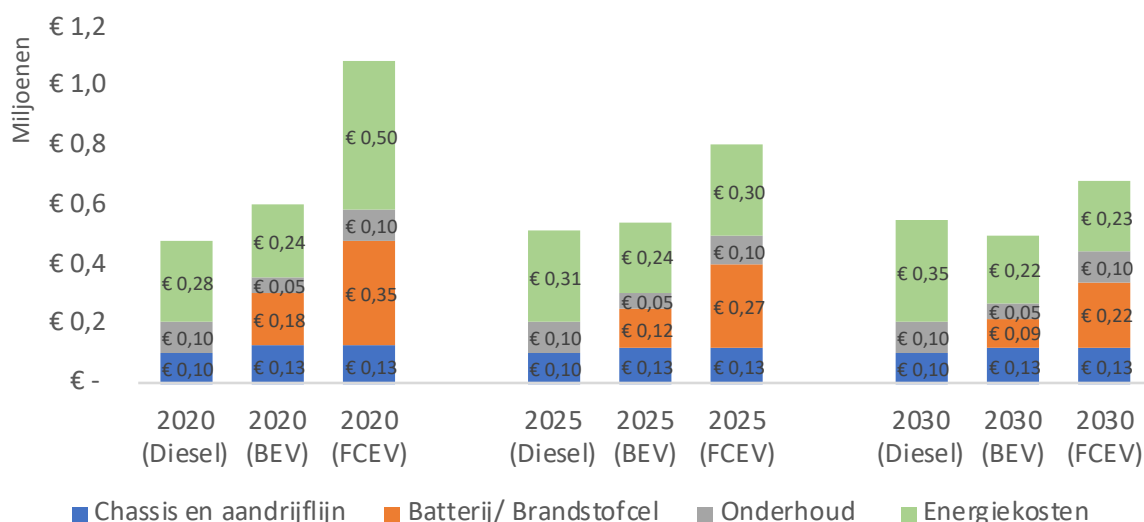


Figuur 10: Total cost of ownership MDT-segment voor 2020, 2025 en 2030

TCO van het HDT-segment

Rond het jaar 2027 worden batterij-elektrische vrachtauto's in het HDT-segment financieel aantrekkelijker dan dieselvrachtauto's (zie Figuur 11). Dit kostenvoordeel ontstaat net als in de andere segmenten voornamelijk door de dalende batterijprijzen. Ook wordt in het HDT-segment niet verwacht dat de waterstofvrachtauto voor 2030 een voordeliger TCO heeft dan de diesel- of batterij-elektrische vrachtauto.

Na 2030 wordt verwacht dat de waterstofvrachtauto relatief dichtbij de kosten van een batterij-elektrische vrachtauto komt in vergelijking met de andere segmenten. De kosten voor een batterij-elektrische vrachtauto blijven echter nog wel lager dan voor de waterstofvrachtauto binnen dit segment en bijbehorende uitgangspunten en aannames. Bij andere aannames voor bijvoorbeeld langere afstanden of een groter gewicht kan het zijn dat de batterij-elektrische vrachtauto technisch niet toepasbaar is. Indien dit het geval is, kan gekozen worden voor een waterstofvrachtauto. Dit zal verder worden toegelicht in paragraaf 4.2.



Figuur 11: Total cost of ownership HDT-segment voor 2020, 2025 en 2030 voor de verschillende varianten vrachtauto's



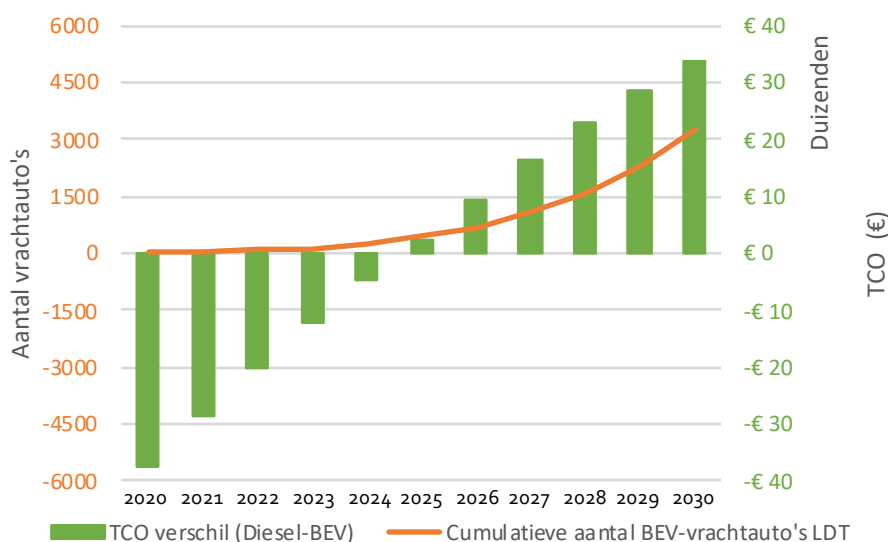
4. Transitiepad naar ZE-wegtransport

In dit hoofdstuk wordt per segment het transitiepad van batterij-elektrische en waterstofvrachtauto's voor de Nederlandse markt weergegeven. De transitiepaden bieden inzicht in de autonome groei van het aantal ZE-vrachtauto's in Nederland tot 2030 met een doorkijk naar 2050, gebaseerd op ontwikkelingen in aanbod en kosten van zero-emissie-vrachtauto's. In paragraaf 4.1 wordt voor de LDT-, MDT- en HDT-segmenten afzonderlijk het transitiepad 2020 – 2030 geschetst. In 4.2. wordt een doorkijk naar 2050 gepresenteerd en in 4.3 worden maatregelen benoemd die de transitie kunnen versnellen.

4.1 Transitiepad 2020 – 2030: start van transitie ZE-wegtransport

Transitiepad LDT-segment

Het transitiepad van het LDT-segment wordt weergegeven in Figuur 12.



Figuur 12: Verwachte aantal BEV-vrachtauto's en het verschil van de TCO met een dieselvariant voor het LDT-segment tussen 2020 en 2030

Het LDT-segment bevindt zich momenteel in de fase van serieproductie, wat betekent dat de vrachtauto's in dit segment technisch productierijp zijn. Verwacht wordt dat batterij-elektrische vrachtauto's rond 2025 kosten competitief zijn in dit segment. De invoer van de ZE-zones in stedelijke gebieden zorgt bovendien voor een extra versnelling in de adoptie van vrachtauto's in het LDT-segment. Na 2025 zal de adoptie naar verwachting verder versnellen naar een aandeel van ongeveer 20-25% (op een totaal van ~13.000 voertuigen in Nederland²⁶) in 2030.

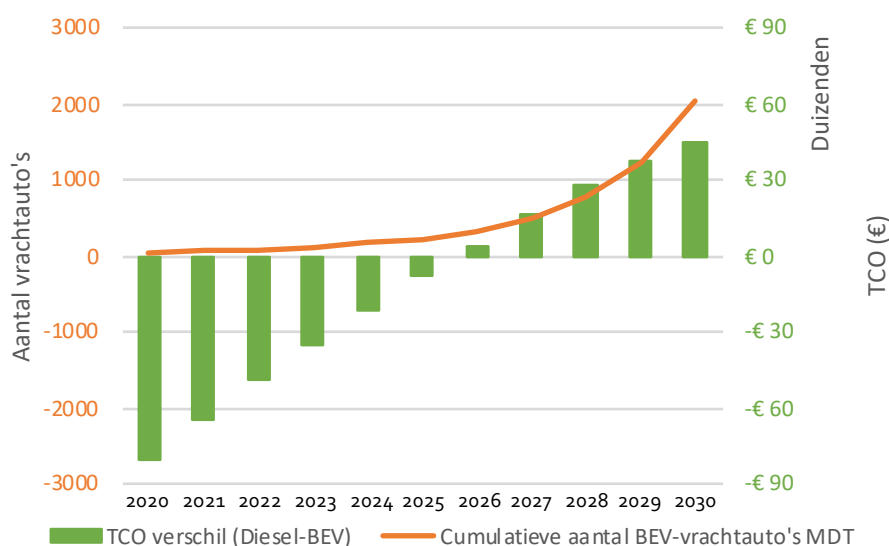
Voor 2030 zal de waterstofvrachtauto niet kosten competitief worden met de dieselvrachtauto of de batterij-elektrische vrachtauto. Daarnaast is in de markt te zien dat er geen of heel beperkt aanbod is van fabrikanten. Er wordt daarom niet verwacht dat er waterstofvrachtauto's zullen gaan rijden in het LDT-segment, daarom zijn deze niet opgenomen in Figuur 12.

²⁶ De omvang van de vrachtautovloot per segment is gebaseerd op cijfers van het CBS uit 2017. In dit onderzoek is niet gekeken naar verandering van de omvang van de vloot in de toekomst.



Transitiepad MDT-segment

Het transitiepad van het MDT-segment wordt weergegeven in Figuur 13.



Figuur 13: Verwachte aantal BEV-vrachtauto's en het verschil van de TCO met een dieselvariant voor het MDT-segment tussen 2020 en 2030

Het MDT-segment bevindt zich momenteel aan het einde van de fase van seriereproductie en is, in vergelijking met de overige segmenten, het verst in de ontwikkeling richting massaproductie. De verwachting is dat de verkoop van batterij-elektrische vrachtauto's toeneemt vanaf 2026 wanneer deze kosten competitief worden met de dieselvariant. Vanaf dat moment zal de opschaling van de productie op gang komen, wat enkele jaren kost om te realiseren en vraagafhankelijk is. Daarnaast zullen de meeste eigenaren van een vrachtauto eerst de huidige vrachtauto tot het einde van de levensduur oprijden om vervolgens een nieuwe vrachtauto aan te schaffen. Dit zorgt voor enige vertraging in de adoptie ten opzichte van de TCO en dus ook het aantal geproduceerde vrachtauto's. Op basis van de getoonde groei van vrachtauto's zal rond het jaar 2030 ongeveer tussen de 5-10% (op een totaal van ~30.000 voertuigen in Nederland²⁷) van de vrachtauto's uitstootvrij zijn. Dit aandeel bestaat vrijwel volledig uit batterij-elektrische vrachtauto's aangezien deze economisch interessanter zijn dan waterstofvrachtauto's.

Voor het MDT-segment wordt verwacht dat de waterstofvrachtauto niet kosten competitief wordt in vergelijking met zowel diesel als batterij-elektrische vrachtauto's voor 2030. Voor toepassingen zoals internationaal transport (>500 km/dag), speciale voertuigen of met bijzondere technische uitdagingen (>40.000 kg GVW), kunnen waterstofvrachtauto's mogelijk wel een rol vervullen. Om

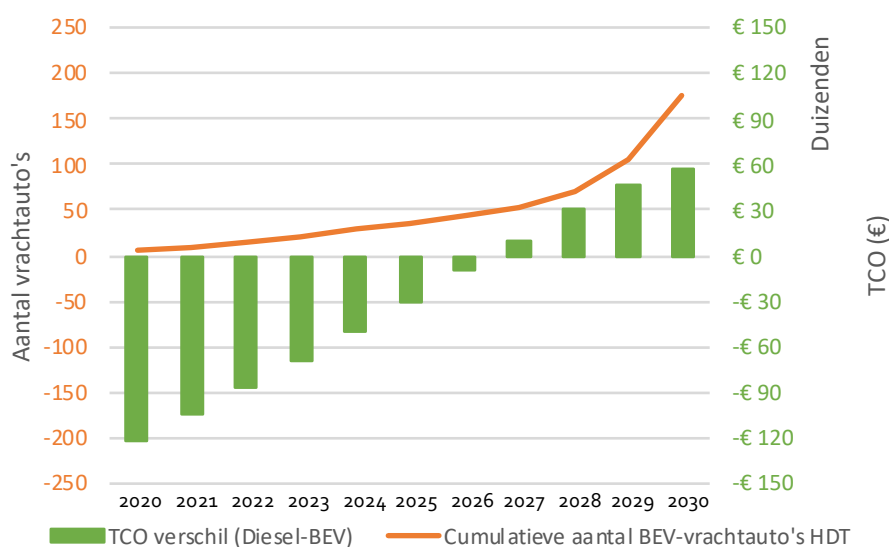
²⁷ De omvang van de vrachtautovloot per segment is gebaseerd op cijfers van het CBS uit 2017. In dit onderzoek is niet gekeken naar verandering van de omvang van de vloot in de toekomst.



deze redenen wordt verwacht dat in Nederland zeer weinig waterstofvrachtauto's zullen worden aangekocht tot en met 2030 en zijn deze niet opgenomen in Figuur 13.

Transitiepad HDT-segment

Het transitiepad van het HDT-segment wordt weergegeven in Figuur 14.



Figuur 14: Verwachte aantal BEV-vrachtauto's en het verschil van de TCO met een dieselvariant voor het HDT-segment tussen 2020 en 2030

Wat betreft het aanbod bevindt het HDT-segment zich momenteel in prototypefase. De eerste batterij-elektrische vrachtauto's in dit segment zullen naar verwachting rond 2025 in serieproductie gaan, maar deze hebben dan nog een beperkte actieradius (<500km) en voldoen daarmee niet aan de operationele eisen die gehanteerd worden in dit onderzoek. Tussen 2025 en 2030 wordt verwacht dat de techniek ver genoeg is om batterij-elektrische vrachtauto's in het HDT-segment te produceren met een actieradius van 500km. Dat is ook het moment dat batterij-elektrische vrachtauto's in dit segment naar verwachting financieel aantrekkelijker worden dan dieselvrachtauto's. Dit leidt ertoe dat rond 2027 de adoptie van het aantal vrachtauto's versnelt door het toenemende aantal serieproducties. Afhankelijk van de vraag zal niet lang daarna de stap naar massaproductie plaatsvinden. Dit betekent dat de ingroei van het HDT-segment vanaf 2030 met grotere aantallen zal gebeuren. In 2030 is naar verwachting 0-5% (op een totaal van ~110.000 voertuigen)²⁸ van het aantal vrachtauto's in het HDT-segment een ZE-vrachtauto, waarvan het grootste deel batterij-elektrische vrachtauto's zijn.

In het HDT-segment wordt niet verwacht dat de waterstofvrachtauto kosten competitief wordt voor 2030 met de dieselvrachtauto en de batterij-elektrische vrachtauto, waardoor voor 2030 slechts een zeer beperkt aantal waterstofvrachtauto's in Nederland zal rijden. Net als in het MDT-segment, kunnen waterstofvrachtauto's ook in het HDT-segment mogelijk een rol vervullen voor specifieke toepassingen. Deze vallen echter buiten het gedefinieerde HDT-segment in dit onderzoek en worden dus niet weergegeven in het transitiepad in Figuur 14. Het gaat hierbij om zeer beperkte aantallen in

²⁸ De omvang van de vrachtautovloot per segment is gebaseerd op cijfers van het CBS uit 2017. In dit onderzoek is niet gekeken naar verandering van de omvang van de vloot in de toekomst.

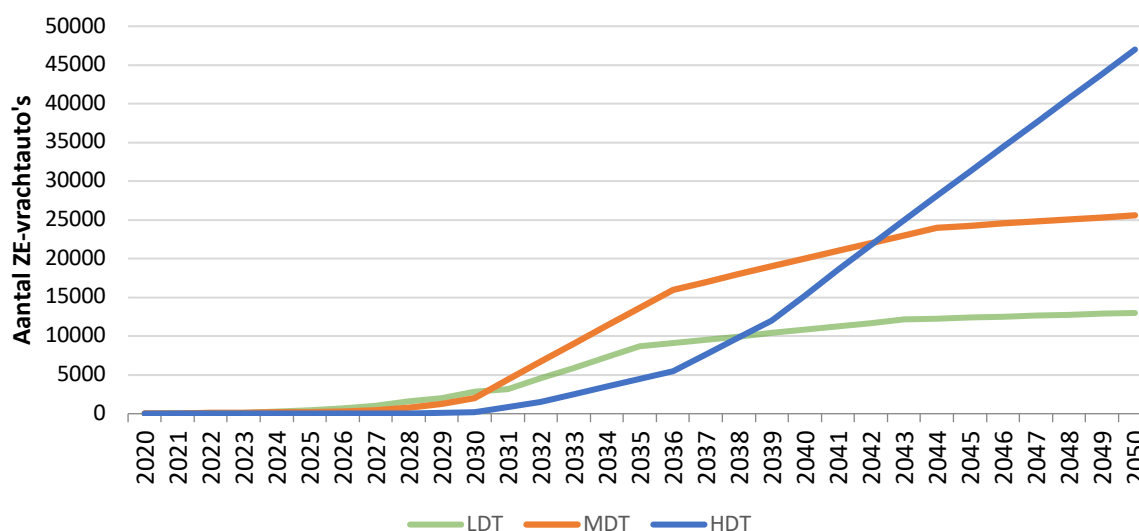


Nederland tot en met 2030. Om deze reden zijn de waterstofvrachtauto's niet opgenomen in Figuur 14.

4.2 Doorkijk 2030 – 2050: transitie komt echt op gang, BEV dominante techniek

De transitie naar zero-emissie-wegtransport start in de verschillende segmenten vóór 2030, maar zal na 2030 in versneld tempo doorzetten. De kostenontwikkelingen zullen dan nog meer in het voordeel van ZE-vrachtauto's en specifiek batterij-elektrische vrachtauto's uitpakken. De vraag naar de batterij-elektrische vrachtauto zal hierdoor verder toenemen wat hand in hand zal gaan met een toename van het aanbod door de producenten. Ook producenten die niet beginnen in de Europese markt, maar bijvoorbeeld in de Verenigde Staten of China, zullen tegen die tijd grotere aantallen kunnen aanbieden in Europa en dus ook Nederland.

De verwachting is dat ook na 2030 batterij-elektrische vrachtauto's dominant zullen zijn in de markt. De TCO van de waterstofvrachtauto zal dichterbij of verder van de batterij-elektrische vrachtauto komen te liggen, maar niet voldoende om de rol over te nemen. Waterstofvrachtauto's zullen naar verwachting voornamelijk een rol spelen in langeafstandstransport (>500km) en speciale voertuigen.



Figuur 15: Transitiepad naar ZE-vrachvervoer (BEV- en waterstofvrachtauto's)

4.3 Transitieversnellende maatregelen

Het transitiepad naar ZE-wegtransport is het resultaat van een complex samenspel tussen technologische en beleidsontwikkelingen die invloed hebben op de kosten en het aanbod van batterij-elektrische en waterstofvrachtauto's. De transitie is te versnellen door beleidsmaatregelen te nemen die het aanbod of de kosten van ZE-wegtransport positief beïnvloeden of die het bezit en gebruik van dieselvrachtauto's negatief beïnvloeden. De belangrijkste maatregelen om de verduurzaming van vrachvervoer in de verschillende segmenten te versnellen zijn:

1. Lobby voor strengere CO₂-reductienormen en productiequotum ZE-vrachtauto's: in Europa zijn relatief lage CO₂-reductienormen ingevoerd voor fabrikanten, waardoor de markt onvoldoende wordt gestimuleerd om ZE-vrachtauto's te produceren. Deze normen worden geëvalueerd in 2022. Om de verduurzaming van het Nederlandse wegtransport te versnellen, kan Nederland een sterke Europese lobby opzetten om bij herziening van deze normen te



pleiten voor strengere CO₂-reductietargets dan de huidige 30% in 2030 ten opzichte van 2019. Daarnaast kan Nederland lobbyen in Europa voor een ZE-productiequotum voor vrachtautofabrikanten, zodat deze verplicht worden om ZE-vrachtauto's te gaan produceren waardoor het aanbod toeneemt.

2. Aanbod ZE-vrachtauto's naar Nederland halen: voor verduurzaming van het Nederlandse wegtransport is het van belang dat de vrachtautofabrikanten Nederland zien als een interessante afzetmarkt. Op dit moment is de toekomstige vraag naar ZE-vrachtauto's in Nederland echter nog onvoldoende inzichtelijk. Door deze vraag eerst inzichtelijk te maken (en waar mogelijk te bundelen) en vervolgens deze cijfers aan de verschillende fabrikanten te presenteren, kan ervoor worden gezorgd dat fabrikanten van ZE-vrachtauto's zich (eerder) op de Nederlandse markt focussen voor uitrol.
3. Uitrol dekkend laad- en tanknetwerk stimuleren voor BEV- en waterstofvrachtauto's: de range van de batterij-elektrische vrachtauto's en het gebrek aan laad- en tankinfrastructuur voor batterij-elektrische en waterstofvrachtauto's is een beperkende factor voor vervoerders om een ZE-vrachtauto aan te schaffen. Door de aanwezigheid van een dekkend laad- en tanknetwerk, kan deze 'range anxiety' worden weggenomen. Publieke laad- en tankinfrastructuur voor vrachtauto's ontbreekt nog grotendeels. Voor grensoverschrijdend wegtransport zal een regionaal/Europees laadinfrastructuurplan moeten worden opgesteld, waarbij gekeken wordt naar locaties en financieringsmogelijkheden. Nederland kan hierin het voortouw nemen door een markt voor publieke laad- en tanklocaties voor ZE-wegtransport te creëren. Dit kan bijvoorbeeld via het beleid van Rijkswaterstaat met betrekking tot de verzorgingsplaatsen. Naast publieke laad- en tankinfrastructuur is aanleg van infrastructuur op privaat terrein zoals distributiecentra en depots een voorwaarde voor inzet van ZE-vrachtauto's. Het financieel en organisatorisch ondersteunen van partijen, door bijvoorbeeld subsidies of locatiescans voor de realisatie van laadhubs of tankstations, kan de groei van een privaat laadnetwerk versnellen.
4. Concurrerende TCO ZE-vrachtauto's door financiële stimulans: de vraag naar ZE-vrachtauto's hangt sterk af van de ontwikkeling van de business case. Een concurrerende TCO voor ZE-vrachtauto's in vergelijking met dieselvrachtauto's is dus belangrijk voor de verduurzaming van het wegtransport. Aangezien de aanschafprijs van een ZE-vrachtauto de aankomende jaren nog hoger is dan de prijs voor een dieselvariant, kan de vraag naar ZE-vrachtauto's gestimuleerd worden door middel van een aanschafsubsidie of andere vormen van financiële stimulering. Hierdoor zullen ook meer ZE-vrachtauto's naar Nederland komen, wat de luchtkwaliteit en het geluid ten goede zal komen.



5. Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Het wegtransport staat voor een ingrijpende transitie. Onder druk van wensen van opdrachtgevers en regelgeving maakt de sector zich op voor versnelde CO₂-reductie. Elektrische vrachtauto's zijn het meest geschikt om deze transitie in de aankomende jaren in te zetten gebaseerd op de ontwikkeling van het voertuigaanbod en de kosten. Zo bevinden zowel het LDT- als het MDT-segment zich wat betreft het aanbod van batterij-elektrische vrachtauto's in de fase van serieproductie, waarbij het MDT-segment het verst is in de ontwikkeling richting massaproductie. Naar verwachting zal in 2030 ongeveer 5-10% (op een totaal van ~30.000 voertuigen in Nederland²⁹) van de vrachtauto's uitstootvrij zijn in het MDT-segment. Voor het LDT-segment ligt de verwachting zelfs iets hoger met 20-25% (op een totaal van ~13.000 voertuigen in Nederland³⁰), door de introductie van ZE-zones voor stedelijke distributie. Dit aandeel bestaat voornamelijk uit batterij-elektrische vrachtauto's aangezien deze technisch haalbaar zijn en economisch interessanter zijn dan waterstofvrachtauto's. Voor het HDT-segment is de techniek aan het einde van de periode tussen 2025 en 2030 volwassen genoeg om vrachtwagens met een actieradius van 500km te kunnen produceren. In 2030 is de verwachting dat 0-5% (op een totaal van ~ 110.000 voertuigen³¹) van het aantal vrachtauto's in het HDT-segment in Nederland ZE-vrachtauto's zijn.

Naast het aanbod is een concurrerende TCO voor ZE-vrachtauto's in vergelijking met dieselvrachtauto's belangrijk voor de verduurzaming van het wegtransport. Het omslagpunt in de TCO voor het LDT-segment ligt rond 2025. In het MDT-segment worden batterij-elektrische vrachtauto's rond 2026 financieel aantrekkelijker dan dieselvrachtauto's en in het HDT-segment rond 2027. Door de hoge investering in de batterij en brandstofcel, blijven waterstofvrachtauto's in de drie segmenten in elk geval tot en met 2030 duurder dan de dieselvrachtauto.

Na 2030 wordt verwacht dat de batterij-elektrische vrachtauto de meest voordelige TCO behoudt ten opzichte van de dieselvrachtauto en ook de waterstofvrachtauto. De transitie naar ZE-wegtransport zal dan ook meer snelheid krijgen door een betere TCO en een groter aanbod. De waterstofvrachtauto zal voornamelijk een rol vervullen in langeafstandstransport (>500km) en speciale voertuigen.

5.2 Aanbevelingen

Op basis van de transitiepaden van batterij-elektrische en waterstofvrachtauto's voor de Nederlandse markt, wordt met het oog op de verduurzaming van het wegtransport het volgende aanbevolen:

- Lobby voor strengere CO₂-reductienormen en productiequotum ZE-vrachtauto's;
- Breng de vraag naar ZE-vrachtauto's in Nederland in kaart, bundel deze waar mogelijk en presenteer deze cijfers aan vrachtautofabrikanten, zodat Nederland wordt gezien als interessante afzetmarkt;
- Stimuleer de uitrol van een dekkend laad- en tanknetwerk voor BEV- en waterstofvrachtauto's, zodat range anxiety geen beperkende factor meer vormt voor vervoerders om een ZE-vrachtauto aan te schaffen;

^{29, 30, 31} De omvang van de vrachtautovloot per segment is gebaseerd op cijfers van het CBS uit 2017. In dit onderzoek is niet gekeken naar verandering van de omvang van de vloot in de toekomst.



- Stimuleer de opschaling van ZE-vrachtauto's financieel, zodat het marktaanbod op gang komt en schaalvoordelen tot uitdrukking komen in de kosten.



Bijlage 1: Uitgangspunten transitiestudie

Om het transitiepad van 2020 – 2050 van batterij-elektrische en waterstofvrachtauto's te schetsen voor de Nederlandse markt, wordt in dit onderzoek onderscheid gemaakt tussen drie verschillende segmenten vrachtauto's op basis van gewichtsklasse:

1. Light duty trucks (LDT) (3,5t – 7t)³⁰
2. Medium duty trucks (7t – 18t)
3. Heavy duty trucks (>18t)

Per segment zijn uitgangspunten vastgesteld waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen de volgende aspecten:³¹

- Gewichtsklasse;
- Dagafstand per vrachtauto;
- Ritprofiel;
- Aantal dagen per jaar actief;
- Maximale levensduur van de vrachtauto;
- Type laden (batterij-elektrische vrachtauto) of tanken (waterstofvrachtauto):
 - Laden: het laden van de accu van elektrische vrachtauto's kan op twee verschillende manieren worden ingepast in de operatie:
 - Depot laden: de accu's van de vrachtauto's worden enkel 's nachts geladen. De vrachtauto's rijden overdag hun ritten zonder tussentijds laden, vergelijkbaar met de huidige operatie van dieselvrachtauto's;
 - Opportunity charging: de accu's van de vrachtauto's worden 's nachts volgeladen en op specifieke locaties (bijvoorbeeld snellaadstations, vrachtautoparkings of overslaglocaties) in korte tijd bijgeladen overdag.
 - Tanken: in dit onderzoek wordt ervan uitgegaan dat het tanken van waterstofvrachtauto's in essentie lijkt op het tanken van de huidige vrachtauto's en daarom geen effect heeft op de operatie.

³⁰ Binnen het LDT-segment wordt alleen gekeken naar vrachtauto's (>3,5t voor dieselveertuigen en >4,25t voor elektrische voertuigen). Bestelauto's en speciale voertuigen zoals veeg- en vuilniswagens worden buiten beschouwing gelaten.

³¹ Er is voor deze segmentatie en uitgangspunten gekozen, omdat hierdoor het merendeel van de vrachtauto's en dagelijkse ritten meegenomen wordt in het modelleren van het transitiepad. Uitzonderingen zoals stadsdistributie met een dagafstand van 350km wordt niet meegenomen in deze analyse.



Hieronder wordt per segment de gehanteerde uitgangspunten besproken.

Light Duty Truck

- Gewichtsklasse tot 7 ton.
 - Dagafstand: de LDT wordt voornamelijk gebruikt voor stedelijke distributie en rijdt relatief weinig kilometers per dag. Gemiddeld rijden LDT's in Nederland ongeveer 70 km/dag.^{32,33} In Amsterdam rijdt 97% van de LDT's onder de 150 km en ~80% onder de 100 km.³⁴ Voor dit onderzoek zal daarom gerekend worden met een gemiddelde dagafstand van 100 km/dag.
 - Ritprofiel: het ritprofiel van de LDT is te kenmerken volgens de zogeheten "milkrun". Dit betekent dat de vrachtauto een ronde rijdt waarin verschillende adressen worden aangedaan, waarna de vrachtauto weer eindigt bij het beginpunt.
 - Maximale levensduur vrachtauto: 8 jaar.³⁵
 - Aantal dagen per jaar in gebruik: 260.³⁶
- Type laden: gezien de relatief korte dagafstanden van de LDT, wordt ervan uitgegaan dat depot laden afdoende is voor de operatie.

Medium Duty Truck

- Gewichtsklasse tot 18 ton.
- Dagafstand: een MDT wordt voornamelijk gebruikt voor regionaal transport. Volgens de laatste cijfers van het CBS werd er door deze klasse gemiddeld ongeveer 170 km/dag gereden.³⁴ Omdat een deel van de vrachtauto's in deze categorie langere afstanden afleggen, wordt gerekend met een afstand van 250 km.
- Ritprofiel: het ritprofiel van de MDT kenmerkt zich door ritten tussen een distributiecentrum en bestemming, waarbij de rit begint en eindigt op het depot.
- Maximale levensduur vrachtauto: 8 jaar.³⁷
- Aantal dagen per jaar in gebruik: 260.³⁸
- Type laden: voor MDT wordt ervan uitgegaan dat voor de meeste dagen depot laden voldoende is om de ritten te kunnen rijden. Voor de dagen dat dit niet afdoende is wordt uitgegaan van opportunity charging.

³² <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80353ned/table?dl=140B3>

³³ Op basis van jaarkilometrage in 2017 van het CBS, waarbij uitgegaan wordt van 260 actieve dagen per jaar.

³⁴ Verdeling ritten LDT's naar sector. Bron: CBS.

³⁵ Gebaseerd op gesprekken met marktpartijen, deskresearch en de marktkennis en ervaring van EVConsult.

³⁶ 5 dagen per week, 52 weken per jaar.

³⁷ Gebaseerd op gesprekken met marktpartijen, deskresearch en de marktkennis en ervaring van EVConsult.

³⁸ 5 dagen per week, 52 weken per jaar.



Heavy Duty Truck

- Gewichtsklasse vanaf 18 ton.
- Dagafstand: een HDT wordt voornamelijk voor lange afstanden gebruikt. Volgens de laatste cijfers van het CBS werd er door deze klasse in 2018 gemiddeld zo'n 270 km gereden^{39,40}. Om echter te kijken naar lange afstand transport wordt in dit rapport, mede op basis van gesprekken met marktpartijen en de ervaring van EVConsult met vergelijkbare onderzoeken zoals voor de Haven van Rotterdam, gerekend met een grotere gemiddelde dag afstand van 500 km.
- Ritprofiel: het ritprofiel van de HDT kenmerkt zich door langere afstanden met minder bestemmingen ten opzichte van de MDT. In dit onderzoek wordt gekeken naar nationale transporteurs. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de accu van de vrachtauto iedere nacht volgeladen wordt.
- Maximale levensduur vrachtauto: 8 jaar.⁴¹
- Aantal dagen per jaar in gebruik: 260.⁴²
- Type laden: voor de HDT wordt ervan uitgegaan dat de vrachtauto's gemiddeld één keer per dag zullen moeten bijladen om de ritten te volbrengen.

Een overzicht van bovenstaande, kwantitatieve uitgangspunten per segment wordt weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2: Uitgangspunten voor de verschillende segmenten vrachtauto's

Segment	Gewichtsklasse (kg)	Afstand (km/dag)	Aantal dagen per jaar in gebruik	Max. levensduur vrachtauto (jaar)
LDT	7 ton	100	260	8
MDT	18 ton	250		
HDT	27 ton	500		

³⁹ <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80353ned/table?dl=140B3>

⁴⁰ Op basis van jaarkilometrage in 2017 van het CBS, waarbij uitgegaan wordt van 260 actieve dagen per jaar.

⁴¹ Gebaseerd op gesprekken met marktpartijen, deskresearch en de marktkennis en ervaring van EVConsult.

⁴² 5 dagen per week, 52 weken per jaar.



Bijlage 2: Overzicht aanbod ZE-vrachtauto's

Tabel 3 Overzicht huidig en aangekondigd aanbod ZE-vrachtauto's

Merk	Model	Gross Combination Weight	Range	Status
Light duty trucks				
Fuso ⁴³	ECanter	7,5 ton	100 km	Beschikbaar
Iveco ⁴⁴	Daily	5,6 ton	200 km	Beschikbaar
EMOSS ⁴⁵	EMS 508	5 ton	175 km	Beschikbaar
Ginaf (Ombouw) ⁴⁶	Durable E-Van	7 ton	185 km	Beschikbaar
Medium duty trucks				
DAF-VDL ⁴⁷	LF electric	19 ton	220 km	Beschikbaar
MAN ⁴⁸	eTruck	18-26 ton	200 km	Beschikbaar
Mercedes (Daimler) ⁴⁹	Urban eTruck	26 ton	200 km	In concept
Mercedes ⁵⁰	eActros	18-25 ton	200 km	In concept (serie vanaf 2021)
Renault ⁵¹	D Z.E. & D Wide Z.E.	13,5-44 ton	200-300 km	Beschikbaar
Volvo ⁵²	FE & FL	16,7-27 ton	200 km	Beschikbaar
EMOSS (ombouw) ⁵³	EMS 10, EMS 12, EMS 16 & EMS 18	10-18 ton	150-250 km	Beschikbaar
Fuso ⁵⁴	Vision one	11 ton	350 km	Beschikbaar in concept vanaf 2023
Ginaf (ombouw) ⁵⁵	E 2112, E 2114, E 2115, E 2119, E 2121	12-13,5 ton ⁵⁶	50-100 km*	Beschikbaar
Heavy duty trucks				
DAF-VDL ⁵⁷	CF electric	37 ton	100 km*	Beschikbaar
Wierda Framo ⁵⁸	Trekker	44 ton	150 km*	Beschikbaar
Renault ⁵⁹	D Z.E. & D Wide Z.E.	13,5 - 44 ton	200-300 km	Beschikbaar

⁴³ <https://media.mercedes-benz.nl/lancering-van-de-volledig-elektrische-fuso-ecanter-in-nederland/>

⁴⁴ <https://www.iveco.com/netherlands/producten/pages/daily-blue-power-electric.aspx>

⁴⁵ <http://www.emoss.nl/elektrische-voertuigen/elektrische-bestelwagen/>

⁴⁶ <https://ginaf-durable.com/durable-e-vans/>

⁴⁷ <https://www.daf.com/nl-nl/over-daf/innovatie/elektrische-en-hybride-trucks>

⁴⁸ https://www.truck.man.eu/nl/nl/man-ettruck.html#de_nieuwe_man_ettruck

⁴⁹ <https://www.rogam.nl/rogam-trucks/over-ons/nieuws/mercedes-benz-ettruck>

⁵⁰ <https://www.daimler.com/products/trucks/mercedes-benz/eactros.html>

⁵¹ <https://corporate.renault-trucks.com/en/press-releases/2018-06-26-renault-trucks-unveils-its-second-generation-of-electric-trucks.html>

⁵² <https://www.volvo Trucks.nl/nl-nl/trucks/elektrische-vrachtwagens-en-elektromobiliteit.html#our-trucks>

⁵³ <http://www.emoss.nl/elektrische-voertuigen/elektrische-vrachtwagen/>

⁵⁴ <https://globaldrivetozero.org/resources/zero-emission-technology-inventory-preview/>

⁵⁵ <http://www.ginaf.nl/fileadmin/inhoud/Trucks/folder/E-Serie.pdf>

⁵⁶ Betreft gross vehicle weight.

⁵⁷ <https://www.daf.com/nl-nl/over-daf/innovatie/elektrische-en-hybride-trucks>

⁵⁸ <https://www.framo-eway.com/de/unternehmen/>

⁵⁹ <https://corporate.renault-trucks.com/en/press-releases/2018-06-26-renault-trucks-unveils-its-second-generation-of-electric-trucks.html>



Volvo ⁶⁰	FE & FL	16,7-27 ton	200 km	Beschikbaar
MAN	eTruck	18 - 26 ton	200 km	Beschikbaar
Tesla ⁶¹	Semi	37 ton	500 -800 km	Ontwerpfase. Verwachte levering in Europa 2024/2025
Waterstofvrachtauto's				
Hyundai ⁶²	XCient	34 ton	400 km	Beschikbaar
Kenworth (Toyota) ⁶³	T680	36 ton	240 km	Beschikbaar in 2021
Scania ⁶⁴	-	27 ton	500 km	In concept en testen in Noorwegen
Toyota ⁶⁵	-	40 ton	480 km	Beschikbaar in concept in Amerika
Nikola ⁶⁶	One	40 ton	500-1200 km	In concept en testen in Amerika

* Deze voertuigen voldoen gezien de range niet aan de uitgangspunten die worden gehanteerd in dit onderzoek voor HDT-vrachtauto's.

⁶⁰ <https://www.volvotrucks.nl/nl-nl/trucks/elektrische-vrachtwagens-en-elektromobiliteit.html#our-trucks>

⁶¹ https://www.tesla.com/nl_NL/semi

⁶² <https://www.hyundai.co.nz/hyundai-motor-and-h2-energy-to-bring-the-world-s-first-fleet-of-fuel-cell-electric-trucks-into-commercial-operation->

⁶³ <https://www.kenworth.com/news/news-releases/2019/april/kenworth-toyota-pola/>

⁶⁴ <https://www.scania.com/group/en/scania-delivers-fuel-cell-refuse-truck/>

⁶⁵ <https://www.electrive.com/2019/04/24/toyota-reveals-an-improved-fuel-cell-truck/>

⁶⁶ <https://nikolamotor.com/one>



Bijlage 3: Overzicht uitgangspunten TCO

Tabel 4: Technische uitgangspunten TCO voor het LDT-segment

	Specificatie	2020	2025	2030
Diesel vrachtauto	Vermogen aandrijflijn (kW) ⁶⁸	150	150	150
	Verbruik (kWh/km) ¹⁴	1,5	1,4	1,3
	Range (km)	-	-	-
Batterij-elektrische vrachtauto	Grootte accupakket (kWh) ⁶⁷	120	110	105
	Vermogen aandrijflijn (kW) ⁶⁸	150	150	150
	Energieverbruik (kWh/km) ⁶⁹	0,85	0,8	0,75
	Range (km)	100	100	100
	Aantal keer snelladen per dag (#) ⁷⁰	0	0	0
	Capaciteit depot lader (kW) ⁷¹	30	30	30
Waterstof-vrachtauto	Capaciteit waterstoftank (kWh) ⁷²	160	145	130
	Vermogen aandrijflijn (kW) ⁶⁸	150	150	150
	Vermogen brandstofcel (kW) ⁷³	60	60	60
	Grootte accupakket (kWh) ⁷⁴	30	28	26
	Energieverbruik(kWh/km) ⁶⁹	1,6	1,4	1,3
	Range	100	100	100

⁶⁷ De grootte van het accupakket is op basis van de dagafstand, aantal keer laden gedurende de dag, degradatie van 20% en minimale State of charge van 10%.

⁶⁸ Gangbaar vermogen in het segment e.g. Mercedes Fuso eCanter 129 kW (Mercedes, 2019).

⁶⁹ Energieverbruik gebaseerd op huidig energieverbruik conventionele voertuigen en verwachte ontwikkelingen zie hoofdstuk 2.3.

⁷⁰ Relatief kleine afstand per dag, dus opportunity charging allen in noodgevallen nodig.

⁷¹ Gebaseerd op de accucapaciteit een laad efficiëntie van 90% en 7 uur laden op het depot per dag.

⁷² Gebaseerd op de dag afstand en het energieverbruik van de vrachtauto.

⁷³ Gebaseerd op gesprekken met OEM's en gegevens van Horizon Fuel cell Technologies (2019).

⁷⁴ Een accu is geïnstalleerd ter ondersteuning van de brandstofcel. Gebaseerd op modellen momenteel beschikbaar in de markt (zie Tabel 3 in Bijlage 2).



Tabel 5: Technische uitgangspunten TCO voor het MDT-segment

	Specificatie	2020	2025	2030
Diesel vrachtauto	Vermogen aandrijflijn (kW) ⁶⁸	200	200	200
	Verbruik (kWh/km) ⁶⁹	2,03	1,87	1,7
	Range (km)	-	-	-
Batterij-elektrische vrachtauto	Grootte accupakket (kWh) ⁶⁷	160	150	140
	Vermogen aandrijflijn (kW) ⁶⁸	250	250	250
	Energieverbruik (kWh/km) ⁶⁹	1,14	1,07	1
	Range (km)	150 km	150 km	150 km
	Aantal keer snelladen per dag (#) ⁷⁵	0,5	0,5	0,5
	Capaciteit depot lader (kW) ⁷¹	50	50	50
Waterstof-vrachtauto	Capaciteit waterstoftank (kWh) ⁷²	213	192	172
	Vermogen aandrijflijn (kW) ⁷⁶	250	250	250
	Vermogen brandstofcel (kW) ⁷³	90	90	90
	Grootte accupakket (kWh) ⁷⁴	40	37	35
	Energieverbruik(kWh/km) ⁶⁹	2,13	1,92	1,72
	Range	100	100	100

⁷⁵ Gemiddeld 1 keer per 2 dagen noodzakelijk om te laden d.m.v. opportunity charging.

⁷⁶ Gangbaar zie de DAF LF Electric Innovation Truck (DAF, 2020).



Tabel 6: Technische uitgangspunten TCO voor het HDT-segment

	Specificatie	2020	2025	2030
Diesel vrachtauto	Vermogen aandrijflijn (kW) ⁶⁸	300	300	300
	Verbruik (kWh/km) ⁶⁹	2,55	2,33	2,13
	Range (km)	-	-	-
Batterij-elektrische vrachtauto	Grootte accupakket (kWh) ⁶⁷	560	500	435
	Vermogen aandrijflijn (kW) ⁷⁷	350	350	350
	Energieverbruik (kWh/km) ⁶⁹	1,6	1,43	1,3
	Range (km)	250	250	250
	Aantal keer snelladen per dag (#) ⁷⁸	1	1	1
	Capaciteit depot lader (kW) ⁷¹	85	85	85
Waterstof-vrachtauto	Capaciteit waterstoftank (kWh) ⁷²	666	600	540
	Vermogen aandrijflijn (kW) ⁶⁸	350	350	350
	Vermogen brandstofcel (kW) ⁷³	120	120	120
	Grootte accupakket (kWh) ⁷⁴	140	125	110
	Energieverbruik(kWh/km) ⁶⁹	2,67	2,41	2,15
	Range	250	250	250

⁷⁷ Gangbaar in het HDT-segment.

⁷⁸ Gemiddeld 1 keer per dag noodzakelijk om te laden d.m.v. opportunity charging.