



Tank- en laadbehoefte Clean Energy Hubs



Committed to the Environment

Tank- en laadbehoefte Clean Energy Hubs

Dit rapport is geschreven door:

Matthijs Otten, Anouk van Grinsven, Julius Király, Emiel van den Toorn en Reinier van der Veen

Delft, CE Delft, April 2023

Publicatienummer: 23.220298.066

Clean Energy Hubs / goederenvervoer / hernieuwbare energiedragers / jaarverplichting

Opdrachtgever: Clean Energy Hubs, penvoerder Provincie Gelderland

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Matthijs Otten (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al meer dan 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

Inhoud

	Samenvatting	4
	Afkortingen en begrippen	8
1	Introductie	9
	1.1 Aanleiding	9
	1.2 Doel van het project	9
	1.3 Scope van het project	9
	1.4 Aanpak en Leeswijzer	10
2	Inventarisatie	11
	2.1 Inleiding	11
	2.2 Historische ingeboekte hernieuwbare energie	11
	2.3 Huidige publiekelijk toegankelijke tank- en laadinfrastructuur voor hernieuwbare energiedragers voor vrachtauto's	12
	2.4 Tank- en laadinfrastructuur voor hernieuwbare energiedragers voor binnenvaart	14
	2.5 Factoren met invloed op energiemix voor goederenvervoer	15
3	Scenario's	19
	3.1 Basisscenario en aannames Scenario's A t/m D	22
	3.2 Scenario A: extra ambitie RED III, ingevuld met elektriciteit, inzet H ₂ beperkt	24
	3.3 Scenario B: extra ambitie RED III, ingevuld met HVO100, inzet H ₂ beperkt	25
	3.4 Scenario C: hoog aandeel elektriciteit en middelhoge waterstofafzet	26
	3.5 Scenario D: extra ambitie RED III, ingevuld met HVO100 en hoge inzet waterstof- en bio-LNG	28
	3.6 Overzicht scenario's	29
4	Rekenmodel	31
	4.1 Introductie	31
	4.2 REST-module	32
	4.3 AFI-module	35
	4.4 Validatie	36
5	Resultaten	37
	5.1 Resultaten REST-module	37
	5.2 Resultaten AFI-module	38
6	Conclusie en discussie	50
	6.1 Conclusie	50
	6.2 Discussie	52



	Literatuur	53
A	Inventarisatie	55
	A.1 Historische ingeboekte hernieuwbare energie	55
	A.2 Overzicht van bestaande publiek toegankelijke vul- en laadpunten van hernieuwbare energiedragers voor zwaar wegvervoer	59
	A.3 Factoren met invloed op energiemix voor goederenvervoer	62
B	Beleidsdoelstellingen	71
C	Scenario aannames	81
D	Onderdelen REST-module	82
	D.1 Afbakening	82
	D.2 Inputs	83
	D.3 Gebruik van module	87
E	Aannames AFI-module	88
	E.1 Stappen in AFI module	88
	E.2 Aannames voertuigen 2030	90
	E.3 Aannames infrastructuur	90
	E.4 Verdeelsleutels	91
F	Resultaten REST-module	93
G	Resultaten AFI-module	95
	G.1 Resultaten: Midden-variant	95
	G.2 Resultaten: Laag	99
	G.3 Resultaten: Hoog	102

Samenvatting

Het programma Clean Energy Hubs (CEH) richt zich op het realiseren van een landelijk afgestemd netwerk van tank- en laadstations voor zwaar wegtransport en binnenvaart, waar twee of meer hernieuwbare energiedragers worden aangeboden (zogenaamde Clean Energy Hubs) in 2050. Het is echter nog onzeker hoe de mix aan energiedragers er voor zwaar wegvervoer en binnenvaart uit zal zien in de toekomst. Om te voorkomen dat er een mismatch gaat ontstaan tussen de daadwerkelijke energiemix en de tank- en laadinfrastructuur, heeft het programma Clean Energy Hubs aan CE Delft gevraagd te onderzoeken hoeveel laad- en vulpunten er naar verwachting nodig zijn om te voldoen aan Europese en nationale beleidsdoelstellingen in 2030.

Tank- en laadinfrastructuur voor vrachtauto's

We concluderen dat er veel nieuwe laadpunten bij moeten komen voor batterij-elektrische vrachtauto's. Dit wordt enerzijds ingegeven door regelgeving en doelen rondom het aanbod van hernieuwbare energiedragers zoals vastgelegd in de Jaarverplichting Hernieuwbare Energie Vervoer, het Klimaatakkoord en de aankomende Renewable Energy Directive (RED III). Anderzijds worden er vanuit het voorstel voor de nieuwe Alternative Fuel Infrastructure Regulation (AFIR) eisen gesteld aan een minimum hoeveelheid laadinfrastructuur. Hoeveel additionele waterstofstations nodig zijn, is een stuk onzekerder. De implementatie van de RED III speelt hierbij een belangrijke rol (hoe wordt de Renewable fuel of non-biological origin (RFNBO)-doelstelling ingevuld?), evenals de beschikbaarheid van voertuigen op waterstof. De verwachting is dat er een beperkt tot een hoog aantal extra (bio-)LNG- en Hydrotreated vegetable oil (HVO)-vulpunten nodig is. Het aantal hangt af van de keuzes die de markt zal maken om in 2030 aan de RED III-doelstellingen te voldoen: elektrisch, of biobrandstoffen. HVO-vulpunten kunnen relatief eenvoudig worden gerealiseerd met de bestaande infrastructuur voor diesel.

Scenario's

De basis voor de studie is een inventarisatie gedaan van de huidige situatie van de tank- en laadinfrastructuur, beleidsdoelstellingen en andere factoren die van invloed zijn op de ontwikkeling van de tank- en laadinfrastructuur tussen nu en 2030. Vervolgens zijn vijf scenario's opgesteld en is met een rekenmodel bepaald wat de behoefte is aan publieke tank- en laadpunten voor hernieuwbare energiedragers voor vrachtauto's in 2030.

De scenario's (zie Figuur 1) voldoen aan de beleidsdoelstellingen uit onder andere de Jaarverplichting hernieuwbare energie vervoer, de RED III en het Klimaatakkoord. Het basis-scenario volgt de aannames uit de klimaat- en energieverkenning (KEV 2022). Scenario's A t/m D hebben een hogere hernieuwbare energie-inzet om bij te dragen aan het halen van de verwachte Europese RED III-doelstellingen¹. Scenario's A en C gaan uit van meer elektriciteitsgebruik door vrachtauto's, Scenario's B en D hanteren de inzet van meer biobrandstoffen. De inzet van waterstof door vrachtauto's en de bijdrage die vrachtauto's daarmee leveren aan RFNBO-doelstelling, varieert over de scenario's (zie Figuur 2).

¹ Over de RED III wordt nog onderhandeld, er ligt nu een voorstel van de Commissie.

Figuur 1 - Scenario-overzicht

Basisscenario	
• KEV 2022 als uitgangspunt • 14.000 batterij- elektrische vrachtoertuigen • 2 PJ (bio-) LNG • Geen H₂-vrachtoertuigen	
Scenario A: elektrisch	Scenario B: biobrandstoffen
• RED III-doel 2030 door extra afzet elektriciteit in wegverkeer (aan circa 17.000 batterij elektrische zware voertuigen) • 1 PJ bijdrage aan RFNBO-doelstelling (2.350 H₂-vrachtoertuigen, 15% van ZE-vloot)	• RED III-doel 2030 door extra afzet biobrandstoffen in mobiliteitssector • 1 PJ bijdrage aan RFNBO-doelstelling (2.350 H₂-vrachtoertuigen, 15% van ZE)
Scenario C: hoog elektrisch	Scenario D: hoog waterstof en biobrandstoffen
• Elaad-midden-scenario: 24.000 batterij- elektrische vrachtoertuigen in 2030 • 2 PJ bijdrage aan RFNBO-doelstelling (4.100 H₂-vrachtoertuigen, 15% van ZE-vloot)	• RED III-doel 2030 door extra afzet biobrandstoffen (HVO) in mobiliteitssector • Hoge H₂ -afzet: 5 PJ (10.000 voertuigen) • Hoge bio-LNG inzet in vrachtovervoer

Figuur 2 - Overzicht energiedragers per scenario

Brandstofafzet op basis van KEV 2022					
Biobrandstoffen in B7	6,7 PJ				
HVO100	7,3 PJ				
Elektriciteit	3,55 PJ				
Waterstof	0 PJ				
(Bio)-LNG	1,96 PJ				
Extra afzet in scenario's	Basis scenario	Scenario A	Scenario B	Scenario C	Scenario D
HVO100			+ 6,7 PJ	- 2,9 PJ	+ 6,7 PJ
Elektriciteit		+ 0,6 PJ		+ 2,42 PJ	
Waterstof (RFNBO)		+ 1,2 PJ	+ 1,2 PJ	+ 2 PJ	+ 5 PJ
Bio-LNG					+ 1,1 PJ

Om tot voldoende afzet van hernieuwbare energie te komen, zal in alle scenario's een aanzienlijk deel van de nieuw aan te schaffen vrachtauto's tot 2030 een alternatieve techniek moeten hebben (bijvoorbeeld batterij-elektrisch, brandstofcel of LNG). In het basisscenario gaat het om gemiddeld 20% van de nieuwe voertuigen, in Scenario C en D om ongeveer 33%.

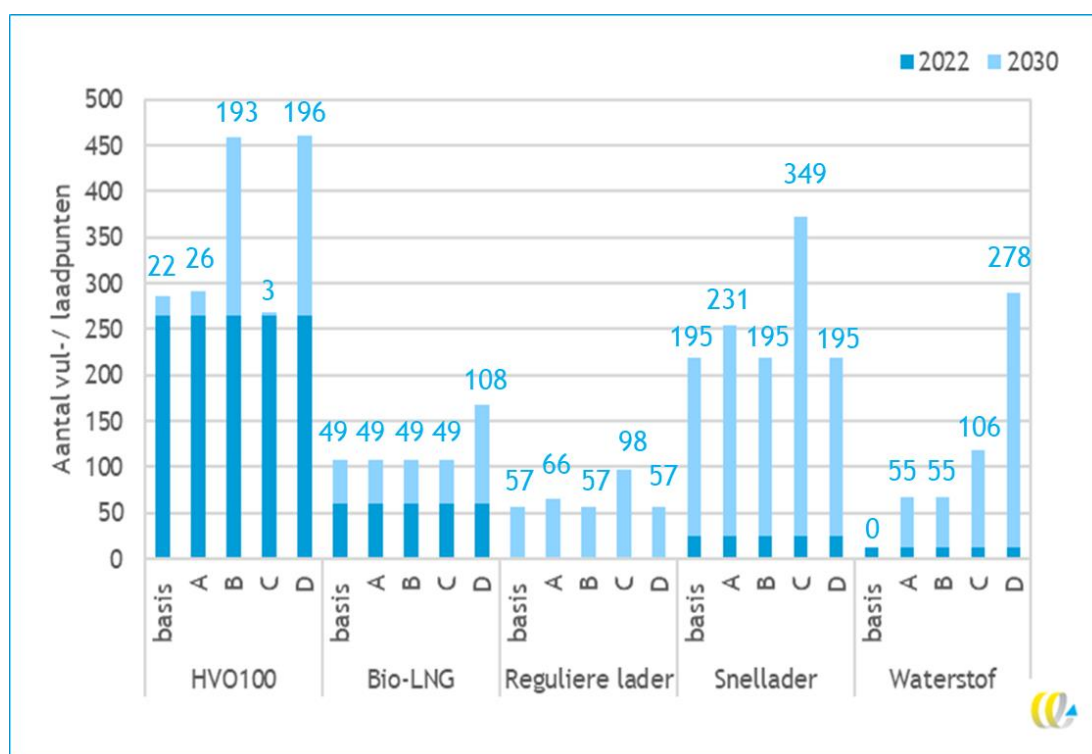
Per scenario hebben we berekend wat de additionele behoefte aan tank- en laadpunten is in 2030 ten opzichte van 2022, opgedeeld naar energiedrager en provincie (zie Figuur 3). Uit de resultaten blijkt het volgende:

- Voor HVO100 (of andere HVO-blends) zijn in het basisscenario weinig extra vulpunten nodig. Dit geldt ook voor de Scenario's A en C, waarin wordt ingezet op extra elektrische vrachtauto's. Als wordt ingezet op extra biobrandstof (Scenario's B en D), moet het aantal vulpunten voor HVO bijna verdubbelen.
- In alle scenario's is er behoefte aan een relatief grote toename van het aantal laadpunten. In het basisscenario en de Scenario's A, B en D zijn ongeveer 60 publiekelijk

toegankelijke reguliere laders (150 kW) nodig en 200 snelladers (350 kW) voor 14.000 tot 17.000 batterij-elektrische vrachtauto's. In Scenario D zijn bijna 100 reguliere en 350 snelladers nodig voor 24.000 vrachtauto's. Het aantal laders kan lager uitvallen als wordt uitgegaan van hogere vermogens.

- Wanneer vrachtauto's een bijdrage gaan leveren aan het halen van de RFNBO-doelstellingen van de RED III (Scenario's A t/m D), zal er ook een behoorlijke groei (toename van 55-278) van waterstofvulpunten nodig zijn. Scenario D gaat uit van de grootste bijdrage van vrachtauto's (5 PJ) aan de totale RFNBO-doestelling in de RED III (ingeschat op 27 PJ). Dit scenario vraagt om een forse groei van waterstofvoertuigen, waarbij gemiddeld 12% van de nieuw aan te schaffen vrachtauto's tot 2030 een voertuig op waterstof moet zijn. Dit lijkt niet goed haalbaar, omdat er nog nauwelijks waterstof-aangedreven vrachtauto's op de markt zijn.
- Met name in Gelderland, Noord-Brabant en Zuid-Holland, waar veel vrachtverkeer plaatsvindt, zijn extra laad- en vulpunten nodig.

Figuur 3 - Overzicht bestaande (2022) en benodigde (2030) vul- en laadpunten per scenario



* De cijfers geven de extra benodigde laadpunten aan, bovenop de bestaande laadpunten (donkerblauw).

In het kader van Fit for 55 heeft de Europese Commissie in het Alternative Fuel Infrastructure Regulation (AFIR)-voorstel (EC, 2021) verplichtingen opgesteld voor de minimale hoeveelheid laadpunten en waterstofstations (voor overige hernieuwbare brandstoffen zijn geen aanvullende eisen). Het aantal benodigde snelladers in alle scenario's is van dezelfde ordegrrootte als wordt vereist door de AFIR en sluit het beste aan bij het ambitieuze elektrische Scenario C. Het aantal reguliere laders (100-150 kW) dat door AFIR wordt vereist, is een stuk hoger dan uit de scenario's volgt. Het is dus aan te bevelen om laders zoveel mogelijk op locaties te realiseren die ook voldoen aan de AFIR vereisten. Het door AFIR vereiste aantal waterstofstations sluit aan bij het basisscenario en Scenario's A en B. Scenario's C en D vereisen veel meer waterstofstations.

Tabel 1 - Vergelijking AFIR-voorstel met resultaten van de scenario's

	Aantal laad-/vulpunten in 2030 (bestaand + nieuw) in scenario's	Aantal laadpunten nodig volgens AFIR-voorstel in onderhandeling	Toelichting op AFIR
150 kW-laders	57-98	200-488 (100-150 kW)	44 rustplaatsen met 4 laders á 100 kW (176) en 2-26 stedelijke knooppunten met elk 12 laders á 150 kW (24-312) ² .
350 kW-laders	219-373	347	Iedere 60 km op TENT-T kernnetwerk (243 laders) + iedere 100 km op uitgebreid netwerk (104 laders).
Waterstof	12-290	13-37	Op iedere 200 km Kern + uitgebreid netwerk (11 vulpunten) en op stedelijke knooppunten (2-26 vulpunten). Aanname: 1 punt per station.

Bron: (TNO, 2021a), met een update van de meest recente inzichten rondom de AFIR-onderhandelingen .

Tank- en laadinfrastructuur voor binnenvaart

Ten slotte is ook gekeken naar wat globaal verwacht wordt nodig te zijn aan tank- en laadinfrastructuur voor de binnenvaart in 2030. Voor de binnenvaart kan een groot deel van de doelstelling van 5 PJ hernieuwbare energie uit het Klimaatakkoord worden ingevuld met het bijmengen van biobrandstof in de huidige bunkervoorzieningen. Indien in 2030 150 zero-emissieschepen worden gerealiseerd, zoals gesteld in het Klimaatakkoord, dan zijn er naar verwachting circa 25 laadstations van 2 MW nodig in de buurt van strategische plekken langs de belangrijke vaarwegen voor binnenvaart. Voor waterstof worden tot 2030 slechts enkele schepen verwacht en zal per initiatief moeten worden bekeken waar vulstations nodig zijn. Locaties bij havens waar ook een waterstofleiding in de buurt ligt lijken hiervoor een logische keuze.

² Het aantal stedelijke knooppunten volgens TENT-T-definitie wordt in Nederland mogelijk uitgebreid van 2 naar 26.

Afkortingen en begrippen

Afkorting/begrip	Uitleg
AFI-module	Alternative Fuel Infrastructure-module
AFIR	Alternative Fuelling Infrastructure Regulation (herziening AFIR)
BEV	Battery-electric vehicle (batterij-elektrisch voertuig)
CEH	Clean Energy Hub
CNG	Compressed natural gas
E-fuel/e-H ₂	Synthetise brandstof of waterstof gemaakt met hernieuwbare elektriciteit
FAME	Fatty acid methyl ester
FCEV	Fuel cell electric vehicle (brandstofcelvoertuig)
FQD	Fuel Quality Directive
H ₂	Waterstof
HBE	Hernieuwbare brandstofeenheid
Hernieuwbare energie	Energie uit natuurlijke bronnen die steeds weer worden aangevuld, zoals wind, waterkracht, de zon, biogas en biomassa (NeA)
Hernieuwbare brandstof	Brandstof geproduceerd uit hernieuwbare energiebronnen, zoals e-fuels en biobrandstoffen
HVO	Hydrotreated vegetable oil
KEV	Klimaat- en Energieverkenning
Lichte vrachtauto	Vrachtauto met een maximaal toegestaan gewicht onder de 10 ton (en boven de 3,5 ton)
LNG	Liquefied natural gas, vloeibaar gemaakt aardgas
Middelzware vrachtauto	Vrachtauto met een maximaal toegestaan gewicht tussen de 10 ten 20 ton
Nea	Nederlandse Emissieautoriteit
NRMM	Non-road mobile machinery (NRMM) (mobiele werktuigen)
OEM	Original equipment manufacturer
PJ	Petajoule
RED	Renewable Energy Directive
REST-module	Renewable Energy Scenarios for Transport-module
RFNBO	Renewable fuel of non-biological origin; hernieuwbare brandstof van niet-biologische oorsprong (bijvoorbeeld waterstof uit elektrolyse met hernieuwbare elektriciteit en andere e-fuels)
TCO	Total cost of ownership
TEN-T	Trans-Europese Transportnetwerken
Trekker-oplegger	Type vrachtauto: combinatie van trekker met een oplegger
TTW	Tank-to-wheel
Vrachtauto	Het begrip 'vrachtauto' wordt in deze studie gebruikt om zowel trekker-opleggers als overige vrachtauto's met een maximaal toegestaan gewicht boven de 3,5 ton aan te duiden
Zware vrachtauto	Vrachtauto met een maximaal toegestaan gewicht groter dan 20 ton

1 Introductie

1.1 Aanleiding

Het programma Clean Energy Hubs (CEH) richt zich op het bepalen van de strategie voor het realiseren van een landelijk afgestemd netwerk van tank- en laadstations voor zwaar wegtransport en binnenvaart, waar twee of meer hernieuwbare energiedragers worden aangeboden (zogenaamde Clean Energy Hubs) in 2050. Eén van de acties binnen het programma is het vergaren en verspreiden van kennis voor de realisatie van een clean energy hub-netwerk, door middel van onderzoeken naar de energiemix van de toekomst, benodigde vulpuntlocaties en businesscases.

Momenteel liggen er diverse plannen en initiatieven op de plank om de tank- en laadinfrastructuur uit te breiden voor hernieuwbare energiedragers. Het is echter nog onzeker hoe de mix aan energiedragers er voor zwaar wegvervoer en binnenvaart uit zal zien in de toekomst. Om te voorkomen dat er een mismatch gaat ontstaan tussen de daadwerkelijke energiemix en de tank- en laadinfrastructuur, heeft het programma Clean Energy Hubs aan CE Delft gevraagd te onderzoeken hoeveel laad- en vulpunten er naar verwachting nodig zijn, uitgaande van Europese en nationale beleidsdoelstellingen in 2030.

1.2 Doel van het project

Het hoofddoel van deze studie is het inzichtelijk maken welke tank- en laadinfrastructuur in 2030 nodig is om te voldoen aan Europese en nationale doelstellingen voor hernieuwbare energiedragers en welke acties daarvoor nodig zijn.

De volgende subdoelstellingen dragen bij aan dit hoofddoel:

- het in kaart brengen van de manier waarop de beleidsdoelstellingen voor hernieuwbare energie in transport waarschijnlijk gerealiseerd kunnen worden en om welke volumes en type energiedragers het dan gaat;
- inzicht geven in de mate waarin de huidige tank- en laadinfrastructuur voldoende zal zijn voor de tank- en laadinfrastructuurbehoefte in 2030 en hoeveel aanvullende tank- en laadinfrastructuur nodig is;
- het formuleren van aanbevelingen over welke acties nodig zijn om in de behoefte aan tank en laadinfrastructuur vanuit de beleidsdoelstellingen te voorzien.

1.3 Scope van het project

De studie kent de volgende afbakening:

- **Modaliteiten:** deze studie richt zich op laad- en vulpunten voor vrachtauto's en binnenvaart. De focus ligt op het kwantificeren van de benodigde laad- en tankinfrastructuur voor wegverkeer. De benodigde tank- en laadinfrastructuur voor binnenvaart wordt meer kwalitatief benaderd.
- **Hernieuwbare energiedragers:** om de complexiteit van de modellering beheersbaar te houden, ligt de focus op de volgende energiedragers: (hernieuwbare) elektriciteit, bio-LNG, HVO100 en (hernieuwbare) waterstof.
- **Geografische scope:** de studie richt zich op de op Nederlands grondgebied afgezette energiedragers. Deze energiedragers kunnen getankt of geladen worden door zowel binnen- als buitenlandse voer- en vaartuigen. Daarom zijn de ontwikkelingen van de internationale vloot op Nederlandse corridors ook relevant. Bij analyse en resultaten

over de benodigde tank- en laadinfrastructuur maken we onderscheid tussen de verschillende provincies.

- **Type infrastructuur:** deze studie richt zich op een inschatting van de benodigde publiekelijk toegankelijke tank- en laadinfrastructuur. Daarbij wordt wel aangegeven hoeveel private tank- en laadinfrastructuur we verwachten.
- **Zichtjaar:** de studie richt zich op de benodigde capaciteit aan tank- en laadinfrastructuur in 2030, waarbij aandacht is voor de aanloop daar naartoe en hoe 2030 fungeert als tussenstop in de langere transitie naar 2050. Fluctuaties van tank- en laadgedrag gedurende het jaar worden niet onderzocht, omdat dit voor het doel van verkennen van benodigde tank- en laadcapaciteit in 2030 (met grote onzekerheden over de vraag naar verschillende alternatieve energiedragers) te gedetailleerd is.
- **Vastgesteld en voorgenomen beleid:** de studie richt zich op het vastgesteld beleid, zoals de RED II en het Klimaatakkoord, maar neemt ook uitdrukkelijk de hogere ambities als gevolg van het Fit for 55-pakket, waaronder de RED III en de AFIR, en het coalitieakkoord mee.

1.4 Aanpak en Leeswijzer

Als basis voor de studie is een inventarisatie uitgevoerd naar de huidige situatie en ontwikkelingen met betrekking tot:

- historische inzet van hernieuwbare energie in het Nederlandse verkeer en vervoer;
- de huidige status van de tank- en laadinfrastructuur en verwachte ontwikkelingen;
- geïnstrumenteerd beleid en beleidsdoelstellingen die invloed hebben op de toekomstige inzet van hernieuwbare energiedragers;
- een overzicht van factoren met invloed op de energiemix.

Deze inventarisatie wordt kort beschreven in Hoofdstuk 2 met meer achtergrond in Bijlage A.

Op basis van de inventarisatie stellen we een aantal scenario's op van de toekomstige energiemix voor vrachtauto's, uitgedrukt in kilometers per type brandstof. De scenario's worden beschreven in Hoofdstuk 3.

Om de behoefte aan tank- en laadinfrastructuur voor vrachtauto's te berekenen, is een rekenmodel ontwikkeld en toegepast. In het eerste deel van dit model (de REST-module) is doorgerekend of de scenario's voldoen aan de verschillende beleidsdoelstellingen. In de REST-module wordt voor elk scenario de energiemix van verschillende typen vrachtauto's uitgedrukt in petajoules (PJ). Op basis van deze energiemix wordt vervolgens in het tweede deel van het rekenmodel (de AFI-module) berekend hoeveel laad- en tankpunten er nodig zijn in 2030. De beschrijving van het rekenmodel is opgenomen in Hoofdstuk 4 en de resultaten in Hoofdstuk 5. Ten slotte worden in Hoofdstuk 6 de conclusie en discussie beschreven.

2 Inventarisatie

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk presenteren we de resultaten van de inventarisatiefase. In Paragraaf 2.2 wordt een overzicht gegeven van de historisch ingeboekte hernieuwbare energie, in Paragraaf 2.3 wordt een overzicht gegeven van de huidige publiekelijk toegankelijke laad- en tankinfrastructuur. In Paragraaf 2.4 wordt ingegaan op de tank- en laadinfrastructuur voor binnenvaart. In Paragraaf 2.5 worden ten slotte belangrijke factoren die van invloed zijn op de energiemix voor vrachtvoertuigen besproken.

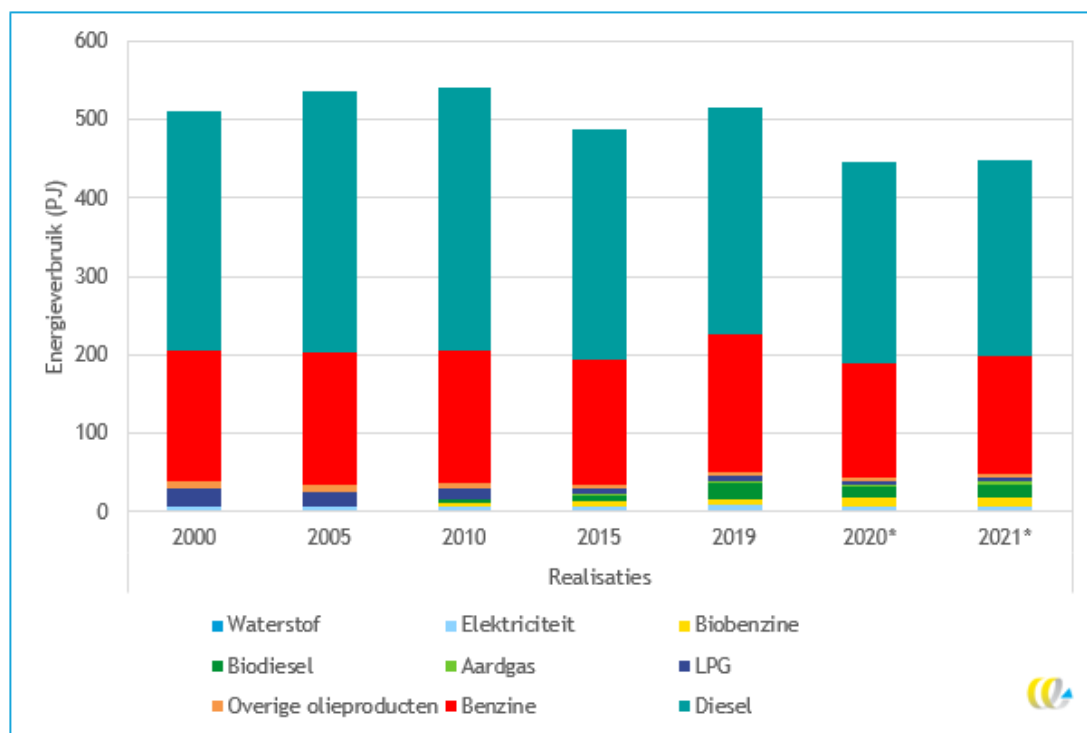
2.2 Historische ingeboekte hernieuwbare energie

Het aandeel hernieuwbare energiedragers in mobiliteit is dankzij de wet- en regelgeving Energie Vervoer, met daarin de instrumenten ‘jaarverplichting’ en ‘reductieverplichting’, toegenomen in de periode tot 2021 (zie Figuur 31 in Bijlage A). Ten opzichte van het volledige brandstofgebruik van de mobiliteitssector blijft dit aandeel echter beperkt (zie Figuur 4).

De Jaarverplichting Energie Vervoer met bijbehorende systematiek van verhandelbare hernieuwbare brandstofeenheden (HBE's) verplicht brandstofleveranciers om een jaarlijks toenemend aandeel hernieuwbare energie in te zetten (de jaarverplichting) en om de broeikasgasemissies van de geleverde fossiele brandstoffen te reduceren (de reductieverplichting) (Nea, 2022b). Het aandeel hernieuwbare energie in vervoer (17,5% in 2021³) in de jaarverplichting is gedefinieerd ten opzichte van de brandstofafzet aan wegverkeer en spoor, maar mag ook gerealiseerd worden door afzet van hernieuwbare brandstoffen aan andere modaliteiten, zoals luchtvaart en zeevaart. In 2020 nam de inzet van hernieuwbare energie in (weg)vervoer (in HBE's) iets af door een toegenomen inzet in de zeevaart. Omdat daarmee de reductieverplichting (6% broeikasgasemissiereductie ten opzichte van 2010 voor brandstofleveringen, exclusief zeevaart en luchtvaart) niet gehaald werd in 2020, heeft het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat besloten dat vanaf 2021 alleen nog geavanceerde brandstoffen aan de zeevaart mogen worden geleverd (Nea, 2022b). In 2021 neemt daardoor het aandeel biobrandstoffen aan weg en spoor ook weer toe (zie Figuur 4). Op basis van de huidige beleidsdoelen kan een verdere groei verwacht worden richting 2030. Momenteel wordt de systematiek voor de jaarverplichting herzien, ten gevolge van de RED III (Renewable Energy Directive), die per 1 januari 2025 geïmplementeerd moet zijn.

³ Dit is inclusief dubbeltellende brandstoffen (zie Bijlage A.1 voor meer detail over HBE's).

Figuur 4 - Brandstofverbruik mobiliteit, inclusief mobiele werktuigen, zonder zee- en luchtvaart (* is voorlopig cijfer)



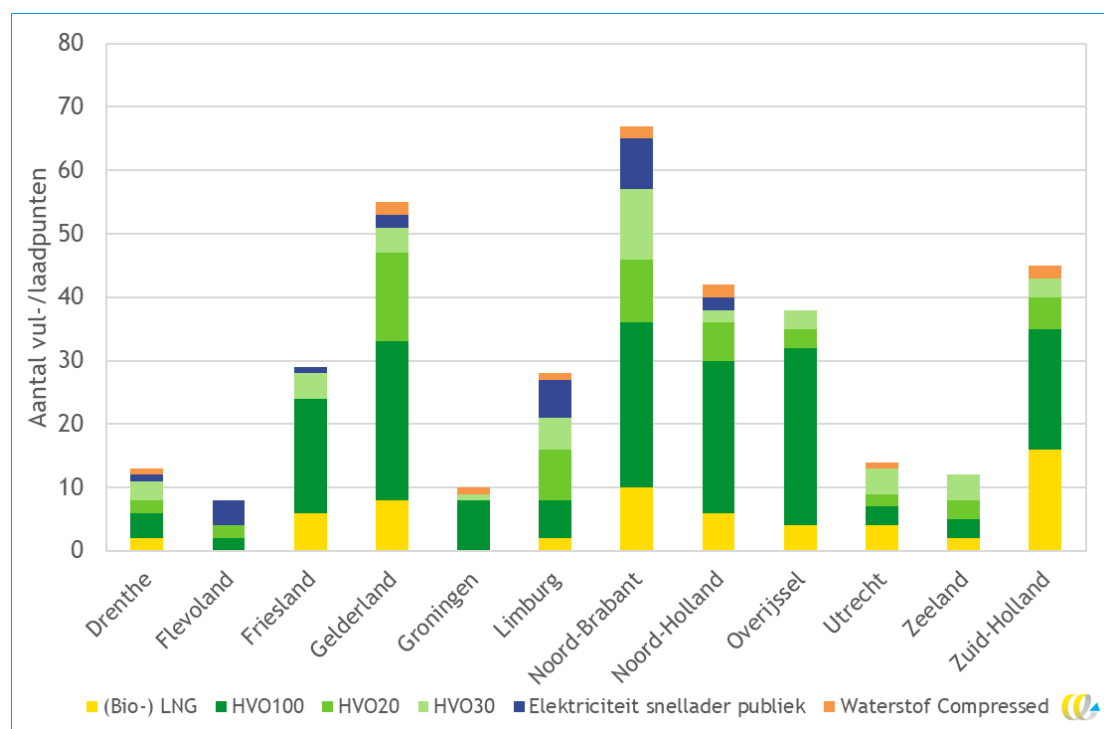
Bron: (PBL, 2022).

2.3 Huidige publiekelijk toegankelijke tank- en laadinfrastructuur voor hernieuwbare energiedragers voor vrachtauto's

Om een inschatting te kunnen maken van de extra benodigde tank- en laadinfrastructuur voor hernieuwbare energiedragers voor zwaar wegvervoer in 2030, hebben we eerst geïnterviewd wat de huidige situatie is (zie Figuur 5). We hebben daarbij gebruik gemaakt van verschillende bronnen die een overzicht geven van het aantal tank- en laadstations. Bij elk tank- of laadstation kunnen echter meerdere vul- en/of laadpunten voorkomen en de levercapaciteit van een station hangt daarmee af van het aantal laad- of vulpunten. Om een zo eenduidig mogelijk beeld te geven over de levercapaciteit, richten we ons daarom op een inschatting van het aantal vul- en laadpunten. De aannames om tot het aantal laad- en vulpunten te komen, de gebruikte aantallen in tabelvorm en de bronnen voor de tank- en laadinfra, zijn weergegeven in Bijlage A.2.

De huidige capaciteit van tank- en laadinfrastructuur varieert tussen de provincies. In een aantal provincies waarin een groot deel van het goederenverkeer plaatsvindt, zoals Gelderland, Noord-Brabant en Noord- en Zuid-Holland, is een hoger aantal publiekelijk toegankelijke tank- en laadpunten te vinden voor hernieuwbare energiedragers.

Figuur 5 - Aantallen publiekelijk toegankelijke vul- en laadpunten van hernieuwbare energiedragers per provincie voor vrachtauto's (status november 2022-maart 2023)



Op basis van interviews en literatuur zijn vervolgens de vul- en laadsnelheid en de bezettingsgraad van de infrastructuur in kaart gebracht (zie Bijlage A.2). Deze informatie is van belang om in te kunnen schatten (in Paragraaf 4.3) hoeveel laad- en vulpunten nodig zijn voor de afzet van extra hernieuwbare energie.

- Voor de brandstof- en LNG-dispensers is de verwachting dat de vulsnelheid en de bezettingsgraad vergelijkbaar zullen blijven in de toekomst (70-110 liter per minuut).
- Huidige publieke snelladers, waarvan bekend is dat ze geschikt zijn voor vrachtauto's, hebben een vermogen in de range van 120-200 kW. Op dit moment is het maximale vermogen van snelladers (voor personenauto's) rond de 350 kW en wordt voor trucks dezelfde technologie gebruikt als voor personenauto's (CCS⁴). De verwachting is dat toekomstige snelladers in ieder geval 350 kW vermogen zullen leveren⁵. Volgens ElaadNL kan rond 2030 echter al worden verwacht dat de gemiddelde lader zelfs 1 MW vermogen levert (ElaadNL, 2022)⁶.
- Waterstofstations leveren op dit moment met een snelheid van 2 kg/minuut. Nieuwe technologie werkt met een hogere snelheid van 5 kg/minuut⁷.

⁴ Combined Charging System.

⁵ Een minimum aantal laders van minimaal 350 kW vermogen langs de TEN-T-corridor wordt ook vereist in het AFIR-voorstel van de Commissie (EC, 2021).

⁶ In het Charin-initiatief werken truckfabrikanten en andere partijen samen om een nieuwe internationale standaard voor megawatt charging (CMS) te ontwikkelen.

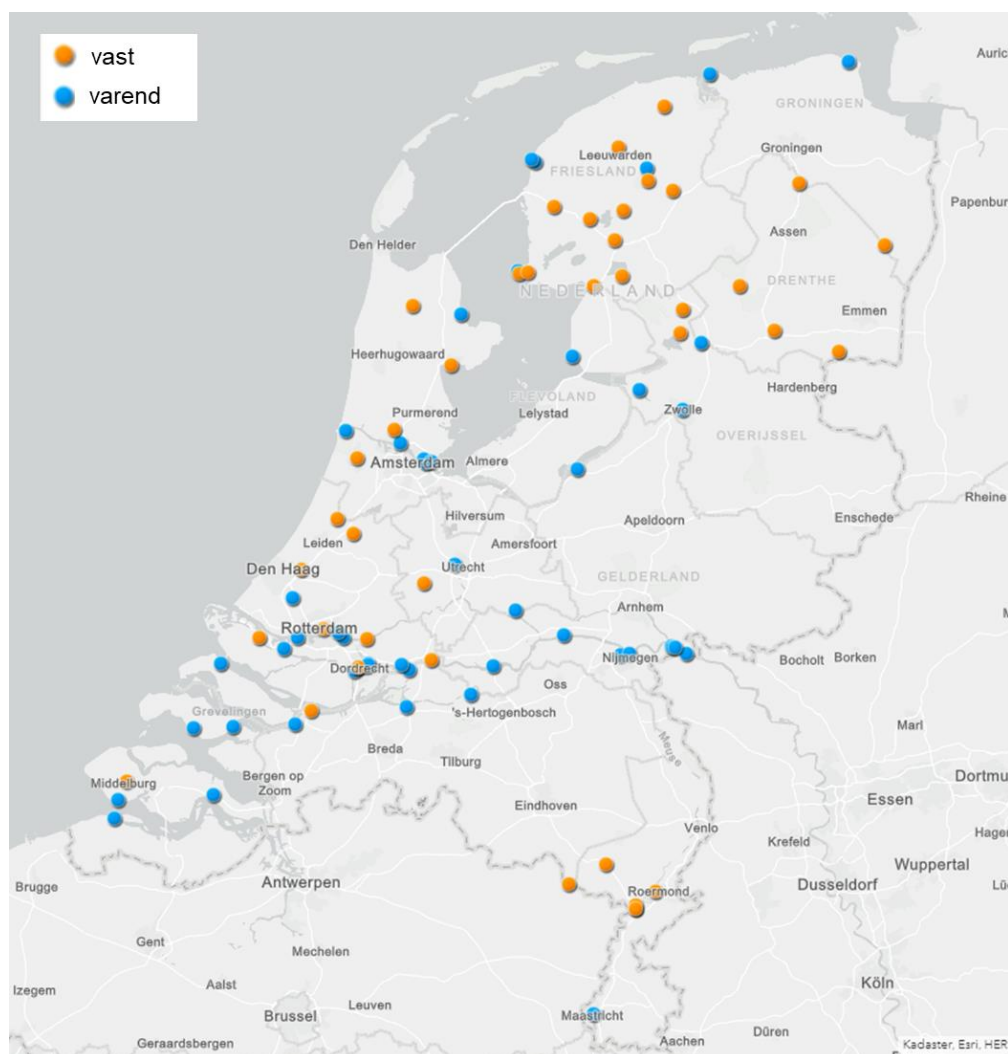
⁷ Bron: interview met marktpartijen.

2.4 Tank- en laadinfrastructuur voor hernieuwbare energiedragers voor binnenvaart

Binnenvaartschepen bunkeren brandstoffen in de vele binnenhavens die verspreid door het land liggen (zie Figuur 6). De meest belangrijke binnenvaartroutes voor containertransport beslaan voornamelijk de routes Rotterdam - Nijmegen - Duitsland, Rotterdam - Antwerpen en Rotterdam - Amsterdam - Groningen (zie Paragraaf 5.2). De meeste tanklocaties voorzien binnenvaartschepen van diesel of andere fossiele brandstoffen. Op enkele plekken wordt biodiesel geleverd via de conventionele tankinfrastructuur.

Op enkele locaties vinden pilots voor schepen plaats waar batterij-elektrische aandrijving wordt ingezet. Het betreft enkele kleinere schepen, maar ook het binnenvaartschip de Alphenaar dat voor Heineken tussen Alphen aan de Rijn en Moerdijk heen en weer vaart. Dit containerschip krijgt de energie uit batterijcontainers van Zero Emission Services (ZES) en wordt geladen op het laadstation op de terminal van CCT in Alphen aan de Rijn. Er zijn geen aanwijzingen dat er daarnaast nog (semi-)publiekelijk toegankelijke tank- en laadpunten operationeel zijn voor hernieuwbare energiedragers voor de binnenvaart.

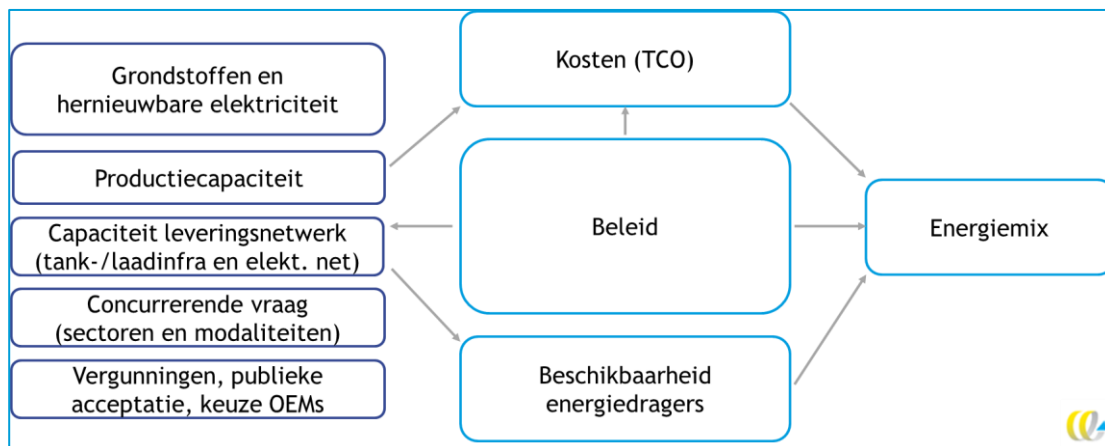
Figuur 6 - Overzichtskaart bunkerlocaties binnenvaart



2.5 Factoren met invloed op energiemix voor goederenvervoer

Er zijn veel factoren die van invloed zijn op de energiemix van het goederenvervoer in 2030, zoals weergegeven in Figuur 7. De overkoepelende factoren zijn: beleid, de beschikbaarheid van energiedragers en de kosten. Tussen de verschillende factoren bestaat samenhang waarbij het beleid de factor kan zijn die de ontwikkeling van de energiemix op gang brengt.

Figuur 7 - Invloed van factoren op de energiemix in goederenvervoer in 2030



In de Paragrafen 2.5.1 t/m 2.5.3 gaan we kort in op specifieke factoren, waarna we in Paragraaf 2.5.4 een samenvatting en conclusie geven van de voorgaande paragrafen en de uitgebreide analyse in Bijlage A.3.

2.5.1 Beleid en beleidsdoelstellingen

We hebben geïnventariseerd wat het relevante beleid is met betrekking tot de verduurzaming van goederenvervoer in Nederland in 2030. Als onderdeel hiervan hebben we een overzicht opgesteld van de relevante beleidsdoelstellingen. Dit overzicht hebben we onder andere gebruikt om scenario's op te stellen, waarin aan deze beleidsdoelen wordt voldaan.

Belangrijk beleid met invloed op de inzet van hernieuwbare energiedragers in goederenvervoer in 2030 omvat:

- Wet- en regelgeving Energie Vervoer (jaarverplichting en reductieverplichting);
- RED II (in Nederland geïmplementeerd via de jaarverplichting);
- RED III (een voorstel in het Europese Fit for 55-pakket, dat in Nederland via de jaarverplichting zal worden geïmplementeerd);
- Het Klimaatakkoord, waaraan onder andere de volgende Green Deals zijn verbonden:
 - Green Deal Zero Emission Stadslogistiek;
 - Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens.
- Het Europese AFIR-voorstel, van de Commissie en van de Raad.

In Bijlage A.3.2 gaan we verder in op bovenstaand beleid en in Bijlage B hebben we een gedetailleerde lijst met relevante beleidsdoelen opgenomen die onder dit beleid vallen.

De scenario's die we in deze studie gebruiken (zie Hoofdstuk 3) zijn getoetst op naleving van de beleidsdoelen (zie Paragraaf 4.2.2).

2.5.2 Beschikbaarheid van energiedragers en infrastructuur

De beschikbaarheid van energiedragers wordt bepaald door verschillende factoren, zoals de beschikbaarheid van grondstoffen voor de productie van hernieuwbare energiedragers, productiecapaciteit, concurrerende vraag met andere sectoren en modaliteiten (onder andere zeevaart) en de capaciteit van het leveringsnetwerk. De capaciteit en dekkingsgraad van het vul- en laadnetwerk kan invloed uitoefenen op de energiemix, doordat vervoerders en verladers dit meewegen in hun beslissing om wel of niet over te stappen op vrachtauto's die rijden op een specifieke hernieuwbare energiedrager. Om het kip-en-ei-probleem voor batterij- en waterstofvoertuigen te doorbreken en een minimum aan infrastructuur te garanderen, heeft de Europese Commissie in het Fit for 55-AFIR-voorstel (EC, 2021) verplichtingen opgesteld voor de minimale hoeveelheid laders en waterstofstations. Het minimum aantal is gerelateerd aan de TEN-T-corridors, bewaakte rustplaatsen en stedelijke knooppunten. TNO (TNO, 2021b) heeft voor Nederland berekend om hoeveel waterstofstations en laders het in Nederland gaat. We hebben deze berekening aangepast voor bewaakte rustplaatsen, stedelijke knooppunten en waterstofvulpunten met de laatste inzichten rondom de AFIR-onderhandelingen zoals weergegeven in Tabel 2. De implementatie van deze richtlijn kan bijdragen aan het halen van de RED III-doelen. In Hoofdstuk 6 wordt beschreven in hoeverre dit het geval is voor de verschillende scenario's.

Tabel 2 - Doelstelling infrastructuur in AFIR-voorstel van de Commissie, uitgewerkt voor Nederland

Energiedrager	Locatie	Doelstelling AFIR-voorstel	Aantal locaties	Indicaties aantal laders** en vulpunten ***
Elektriciteit	TEN-T-kernnetwerk	3.600 kW/60 km	25	243
	TEN-T uitgebreid netwerk	1.500 kW/100 km	26	104
	Bewaakte rustplaatsen	4x100 kW/locatie	44	176
	Stedelijke knooppunten	1.800 kW/locatie	2-26 (Amsterdam en Rotterdam)*	24-312
Gasvormige waterstof	TEN-T-netwerk (kern + uitgebreid)	Station 1 ton capaciteit/200 km	11	11
Gasvormige of vloeibare waterstof	Stedelijke knooppunten	Eén station per punt	2-26 (Amsterdam en Rotterdam)*	2-26

Bron: (TNO, 2021b). met een update van de meest recente inzichten rondom de AFIR-onderhandelingen .

* Dat zijn er nu twee in Nederland, maar er wordt voorzien dat alle steden met meer dan 100.000 inwoners een stedelijk knooppunt worden, waarmee het aantal stedelijke knooppunten in Nederland op 26 kan komen (Europa Decentraal, 2023).

** Het aantal laders is ingeschat, uitgaande van een laadvermogen van 350 kW voor het TEN-T-netwerk, 100 kW voor bewaakte rustplaatsen en 150 kW voor stedelijke knooppunten.

*** Eigen inschatting op basis van één vulpunt per locatie (zie Paragraaf 2.3).

In Bijlage A.3.3 staat een uitgebreidere beschrijving van de beschikbaarheid van energiedragers, waarin afzonderlijk wordt ingegaan op de beschikbaarheid van grondstoffen, productiecapaciteit, concurrerende vraag en de capaciteit van het leveringsnetwerk.

2.5.3 Kosten

De belangrijkste factor voor private partijen om te kiezen voor hernieuwbare energiedragers zijn de kosten, ofwel de 'total cost of ownership'. In Bijlage A.3.4 gaan we hier verder op in.

Een groot deel van de total cost of ownership (TCO) bestaat uit de kosten voor het brandstofverbruik. De brandstofkosten per jaar hangen af van de brandstofprijs, het brandstofverbruik per kilometer en het jaarkilometrage. De brandstofverbruiken per energiedrager, die zijn aangenomen in deze studie in MJ per kilometer, staan in Tabel 3. In het geval van waterstof en vooral van elektriciteit, hoeft er minder energie te worden getankt of geladen, omdat de energie-efficiëntie van de brandstofcel en de batterij hoger zijn dan die van de verbrandingsmotor.

Tabel 3 - Specifiek brandstofverbruik van kernmodaliteiten (MJ/km)

Energiedrager	Zware vrachtwagens	Middelzware vrachtauto's	Lichte vrachtwagens	Trekkers met oplegger	Toelichting
Elektriciteit	6,7	5,3	2,4	5,6	Berekening op basis van (CE Delft, 2021b) ⁸
Fossiele diesel	12,0	9,5	4,3	11,8	(CE Delft, 2021b), gemiddelde van alle voertuigtypen.
B7	12,0	9,5	4,3	11,8	De waarden van diesel zijn gebruikt.
FAME	12,0	9,5	4,3	11,8	
HVO100	12,0	9,5	4,3	11,8	
Bio-LNG	13,2	10,5	4,7	13,3	Berekening op basis van (CE Delft, 2021b) ⁸
Waterstof	8,6	6,9	3,1	8,4	

Noot: Aangenomen is dat er geen efficiëntieverbeteringen plaatsvinden tussen nu en 2030.

2.5.4 Samenvatting en conclusie

Nationaal beleid stuurt via het Klimaatakkoord op de inzet van elektriciteit en waterstof, onder meer via de introductie van zero-emissiezones voor logistiek. Ook via de Jaarverplichting Energie Vervoer en de bijbehorende HBE-systematiek is er een stimulans om hernieuwbare elektriciteit en waterstof in te zetten in vervoer. Daarnaast stimuleert de jaarverplichting, die de doelen en kaders implementeert van de RED II en het Klimaatakkoord, ook de inzet van biobrandstoffen en synthetische hernieuwbare brandstoffen⁹. HVO en bio-LNG kunnen vooral op korte termijn een bijdrage leveren aan het behalen van doelstellingen met betrekking tot de inzet van hernieuwbare energiedragers en CO₂-emissiereductie.

Hoewel het beleid reeds sterke invloed uitoefent op de verduurzaming van het wegverkeer, blijken de kosten van verschillende duurzame alternatieven relatief hoog ten opzichte van de dieselvariant. Het gebruik van biobrandstoffen en batterij-elektrische voertuigen lijkt het meest kansrijk om verder op te schalen richting 2030. De total cost of ownership (TCO)

⁸ Correctiefactor voor batterij-elektrisch, LNG en waterstof op basis van brandstofcel uit de bron zijn toegepast op die dieselverbruikcijfers.

⁹ Ook wel 'e-fuels' of 'renewable fuels of non-biological origin (RFNBO's)' genoemd. In de RED wordt gesproken van RFNBO's. Hernieuwbare waterstof valt ook hieronder.

van verschillende bio-alternatieven komt in de buurt van die van fossiele diesel (Studio Gear Up, 2022). De biobrandstoffen HVO en FAME (gemaakt van diverse biograndstoffen) zijn goed beschikbaar, maar hier kan in de toekomst wel steeds meer concurrerende vraag optreden vanuit andere vervoersmodaliteiten. Biograndstoffen en/of biobrandstoffen zullen wel (net als nu) op grote schaal geïmporteerd moeten worden om aan de vraag te voldoen. Bio-LNG kan ook een rol spelen, afhankelijk van de prijsontwikkeling en de concurrerende vraag naar groengas vanuit de gebouwde omgeving. De toepasbaarheid van bio-CNG is beperkt voor vrachtauto's; het aantal CNG-vrachtauto's is al langere tijd redelijk stabiel. Van e-fuels zoals e-diesel, is richting 2030 nog weinig te verwachten, voornamelijk door hoge productiekosten. Het doel uit de RED III van 2,6% RFNBO's in mobiliteit in 2030 zal eerder met waterstof worden ingevuld. Elektrische vrachtwagens lijken - zeker voor de lichtere segmenten - richting 2030 een concurrerende TCO te hebben.

3 Scenario's

De benodigde alternatieve tank- en laadinfrastructuur hangt af van de ontwikkeling van vraag en aanbod van de verschillende hernieuwbare energiedragers. Zoals in het vorige hoofdstuk beschreven, zijn er verschillende factoren die hier invloed op hebben. Op dit moment is het nog niet duidelijk hoe de energiemix er uit zal gaan zien in 2030, maar op basis van (voorgenomen) beleidsdoelstellingen voor 2030, en te verwachten marktontwikkelingen is er binnen een bandbreedte wel aan te geven wat er verwacht kan worden van vraag en aanbod van verschillende energiedragers. In dit hoofdstuk beschrijven we een vijftal scenario's voor de toekomstige energiemix in 2030 voor vrachtauto's. De scenario's worden beschreven in termen van aantallen kilometers per energiedrager en een inschatting van het bijbehorend aantal voertuigen. In Hoofdstuk 5 wordt voor deze scenario's beschreven hoeveel infrastructuur er nodig is.

In de scenario's en de verdere analyse maken we onderscheid tussen de volgende typen vrachtauto's:

- zware vrachtauto's (maximaal toegestaan gewicht van meer dan 20 ton);
- middelzware vrachtauto's (maximaal toegestaan gewicht van 10 tot 20 ton);
- lichte vrachtauto's (maximaal toegestaan gewicht van minder dan 10 ton);
- trekkers met oplegger.

De vijf scenario's bestaan uit een basisscenario, gebaseerd op de verwachte energiemix volgens de klimaat en energieverkenning (KEV 2022) voor 2030, en vier andere scenario's, waarmee op verschillende wijzen invulling wordt gegeven aan de RED III-doelstellingen. De RED III-doelstellingen zijn nog niet definitief¹⁰. Als uitgangpunt zijn twee scenario's uit de TNO Kennisinbreng Mobiliteit voor Klimaat- en Energieverkenning 2022 (TNO, 2022b) als uitgangpunt genomen. Deze scenario's betreffen één scenario waarmee de RED III-doelstelling van 13% reductie van de broeikasgasintensiteit (ten opzichte van 100% fossiel) wordt gehaald door extra biobrandstoffenafzet (Variant 1) en één variant met extra (hernieuwbare) elektriciteitsafzet (Variant 2). De aangenomen brandstof- en elektriciteitsafzet vanuit de KEV 2022 en voor de twee varianten uit de TNO-studie zijn weergegeven in Tabel 4. Het betreft hier de totale energieafzet voor de mobiliteitssector, waarvoor de doelstellingen gelden. Voor de jaarverplichting, waar de KEV 2022 van uitgaat, is dit 389,5 PJ voor weg- en railvervoer. In het geval van de RED III betreft het 1075,5 PJ voor alle modaliteiten tezamen. Vanwege het hoge aandeel bunkerbrandstoffen voor de zeevaart, is de totale energieafzet waarvoor de RED III-doelen gelden veel hoger vergeleken met die bij de huidige jaarverplichting. Het RFNBO-doel dat op 2,6% hiervan is gesteld, is daarom ook aanzienlijk (27,2-27,7 PJ in totaal¹¹). In de scenario's gaan we ervan uit dat de RFNBO's in wegverkeer in 2030 volledig bestaan uit e-waterstof.

¹⁰ Inmiddels is er een voorlopig akkoord (30 maart 2023). De huidige analyse gaat uit van het voorstel van de Europese Commissie van juli 2021, omdat er ten tijde van het uitvoeren van het onderzoek nog geen akkoord was op de RED III. De details van het voorlopige akkoord zijn bovendien nog niet bekend op datum van publicatie van dit rapport.

¹¹ 26,3 + 1,4 en 25,8 + 1,4 PJ.

Tabel 4 - Overzicht hernieuwbare energiedragers uit KEV 2022 en RED III-varianten uit (PBL, 2022) en (TNO, 2022b) voor totaal mobiliteit

	KEV 2022 (PJ)	RED III Scenario Biobrandstoffen (PJ)	RED III Scenario Elektriciteit (PJ)
Totaal transportbrandstoffen waarop jaarverplichting/RED-doelstellingen betrekking hebben	389,5	1.075,5	1.075,5
Inschatting energiedragers in 2030			
Biobrandstof van voedsel- en voedergewassen	5,5	5,4	5,3
Biobrandstoffen Annex IXA	10,5	23,7	23,2
Biobrandstoffen Annex IXB	19,5	18,3	17,9
Andere biobrandstoffen (benzine/dieselvervangers)	4,1	Opgenomen onder Annex IXA	Opgenomen onder Annex IXA
Bio-LNG (ook administratief via HBE's)	3,1		
Biokerosine	6,8		
Biobrandstoffen in binnenvaart	2,0		
Elektriciteit	36,6	36,6	36,6
waarvan hernieuwbare elektriciteit	24,9	24,9	24,9
RFNBO	1,4	1,4	1,4
Totaal hernieuwbare energiedragers en biobrandstoffen volgens/vergelijkbaar met KEV 2022-projectie	77,8	73,7	72,7
Additionele biobrandstoffen om RED III-doel te halen	-	19	-
RFNBO (2,6%)	-	26,3	25,8
Additionele elektriciteit om RED III-doel te halen	-	-	11,7
waarvan hernieuwbare elektriciteit	-	-	7,9
Totaal hernieuwbare energiedragers	77,8	119	106,4

De scenario's in deze studie richten zich op vrachtauto's en gaan dus over een deel van de totale hoeveelheid hernieuwbare energiedragers geleverd aan transport (RED III), die in Tabel 4 staan weergegeven.

Figuur 8 geeft een overzicht van de energiescenario's voor vrachtauto's met de belangrijkste uitgangspunten. Het basisscenario is in lijn met de KEV 2022. Scenario A en B focussen op de inzet van elektriciteit (Scenario A) en biobrandstoffen (Scenario B), in lijn met de varianten in Figuur 4. Scenario C is een variant op Scenario A met een hoger aandeel elektriciteit en minder biobrandstoffen, en gaat uit van een aantal batterij-elektrische vrachtauto's volgens het midden-scenario van ElaadNL (Elaadnl, 2022). Scenario D gaat uit van een hoge inzet van waterstof, waarmee vrachtauto's een grote bijdrage leveren aan het behalen van het RFNBO-doel.

Figuur 8 - Overzicht scenario's met belangrijkste kenmerken

Basisscenario		
• KEV 2022 als uitgangspunt • 14.000 batterij- elektrische vrachtoertuigen • 2 PJ (bio-) LNG • Geen H₂-vrachtoertuigen		
Scenario A: elektrisch	Scenario B: biobrandstoffen	
• RED III-doel 2030 door extra afzet elektriciteit in wegverkeer (aan circa 17.000 batterij elektrische zware wegvoertuigen) • 1 PJ bijdrage aan RFNBO-doelstelling (2.350 H₂-vrachtoertuigen, 15% van ZE-vloot)	• RED III-doel 2030 door extra afzet biobrandstoffen in mobiliteitssector • 1 PJ bijdrage aan RFNBO-doelstelling (2.350 H₂-vrachtoertuigen, 15% van ZE)	
Scenario C: hoog elektrisch	Scenario D: hoog waterstof en biobrandstoffen	
• Elaad-midden-scenario: 24.000 batterij- elektrische vrachtoertuigen in 2030 • 2 PJ bijdrage aan RFNBO-doelstelling (4.100 H₂-vrachtoertuigen, 15% van ZE-vloot)	• RED III-doel 2030 door extra afzet biobrandstoffen (HVO) in mobiliteitssector • Hoge H₂-afzet: 5 PJ (10.000 voertuigen) • Hoge bio-LNG inzet in vrachtovervoer	

Figuur 9 geeft een overzicht van het aantal PJ dat per scenario extra (of minder) wordt ingezet ten opzichte van de aannames in de KEV 2022.

Figuur 9 - Overzicht extra inzet energiedrager per scenario

Brandstofafzet op basis van KEV 2022					
Biobrandstoffen in B7	6,7 PJ				
HVO100	7,3 PJ				
Elektriciteit	3,55 PJ				
Waterstof	0 PJ				
(Bio)-LNG	1,96 PJ				
Extra afzet in scenario's	Basis scenario	Scenario A	Scenario B	Scenario C	Scenario D
HVO100			+ 6,7 PJ	- 2,9 PJ	+ 6,7 PJ
Elektriciteit		+ 0,6 PJ		+ 2,42 PJ	
Waterstof (RFNBO)		+ 1,2 PJ	+ 1,2 PJ	+ 2 PJ	+ 5 PJ
Bio-LNG					+ 1,1 PJ

De aannames voor de scenario's worden toegelicht in Paragraaf 3.1 t/m 3.5. In Paragraaf 3.6 wordt een overzicht gegeven van de uitkomsten voor de vijf scenario's in termen van aantal kilometers en aantal voertuigen.

Voor binnenvaart zijn geen scenario's opgesteld, maar wordt uitgegaan van de doelstelling om 5 PJ duurzame energie af te zetten aan de binnenvaart in 2030, volgens het Klimaat-akkoord (PBL, 2022). Daarbij hoort ook de doelstelling uit het Klimaat-akkoord om 150 zero-emissieschepen in de vaart te hebben. In Hoofdstuk 5 wordt kwalitatief aangegeven hoeveel in de energievoorziening kan worden voorzien.

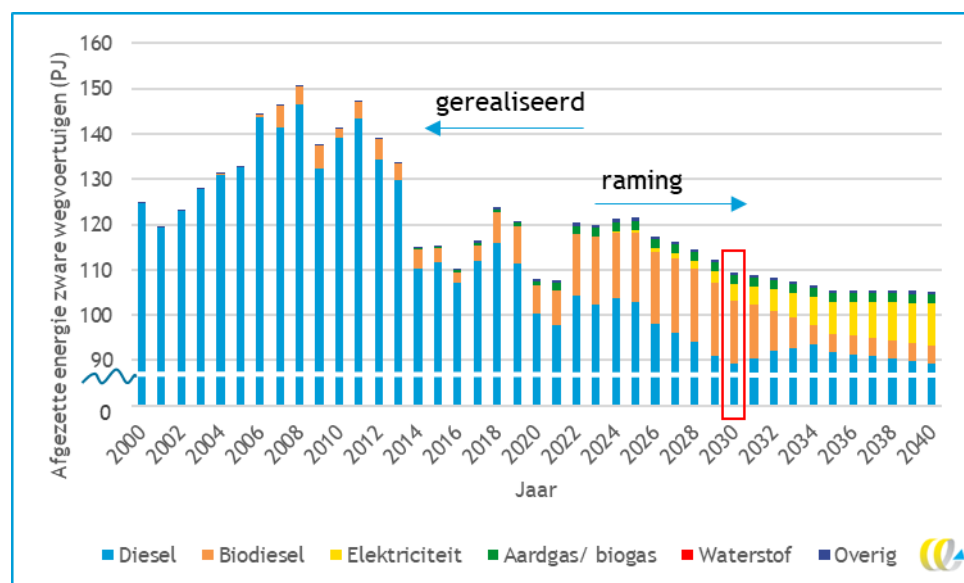
3.1 Basisscenario en aannames Scenario's A t/m D

Het basisscenario gaat uit van de raming voor 2030 uit de klimaat en energieverkenning 2022 (KEV 2022) en maakt gebruik van de achterliggende cijfers die verkregen zijn van PBL voor deze studie.

Figuur 10 geeft een overzicht van de gerealiseerde energieafzet aan vrachtauto's (GVW > 3,5 ton) van 2000 tot 2021 en de verwachte afzet voor de periode 2022-2040 volgens de KEV 2022. De figuur laat zien dat de KEV 2022 verwacht dat vanaf 2022 het aandeel biodiesel stijgt naar 16 PJ in 2029 (vanwege de jaarlijks oplopende percentages in de jaarverplichting voor brandstofleveranciers) en vanaf 2029 weer gaat dalen door een toename in elektrische voertuigen. In 2030 is de afzet van biodiesel via bijmenging in B7 en HVO in hogere blends in totaal 14 PJ (zie ook Tabel 5). De afzet van elektriciteit aan vrachtauto's wordt ingeschat op 3,6 PJ in 2030 (14.000 vrachtauto's). De afzet van biogas en aardgas wordt constant verondersteld vanaf 2022. Voor waterstof of e-fuels wordt nog geen noemenswaardige inzet verwacht in 2030.

De afname in de totale energie vanaf 2025 komt enerzijds door de toename in elektrische voertuigen, die een hogere energie-efficiëntie hebben, en anderzijds door de inzet van efficiëntere voertuigen met verbrandingsmotor, onder invloed van de Europese CO₂-normen voor vrachtauto's.

Figuur 10 - Gerealiseerde en geraamde energieafzet aan vrachtauto's in de periode 2000-2040



De afzet van diesel in Nederland is volgens de KEV 2022 groter dan de verbruikte hoeveelheid brandstof op Nederlands grondgebied (zie Tabel 5), doordat er in Nederland voor internationaal transport meer wordt getankt dan er uiteindelijk wordt verbruikt. Deze verhouding tussen afgezette diesel en verbruikte diesel is ook in de andere scenario's toegepast (zie verdere uitleg in Bijlage C).

Tabel 5 - Afgezette en verbruikte energie en verkeersprestatie per type energiedrager in 2030

	Afgezette brandstof (PJ)	Verbruikte brandstof in NL (PJ)	Aandeel in totaal verbruik (%)	Verkeers- prestatie in NL (miljoen km)	Verkeers- prestatie in NL (% km)
Diesel	89,2	70,0	81%	6.475	78%
Biodiesel	14,0	11,0	13%	1.019	12%
Aardgas	2,0	1,8	2%	126	1,5%
Elektrisch	3,6 ^a	3,6	4%	634	8%
Overig	0,7	0,1	0,1%	6	0,1%
Totaal	107,36 ^a	86,4	1,00	8.260	100%

^a Aangepaste waarden: we hebben verkochte elektriciteit gelijkgesteld aan gebruikte elektriciteit.

Uitgaande van de verkeersprestatie in Tabel 5, maken we een aantal aannames om te komen tot een scenario voor de relatieve inzet van de verschillende brandstoffen voor de verschillende voertuigtypen:

- De standaard dieselbrandstof aan de pomp is B7, waarbij we aannemen dat 7 volume-% biodiesel wordt bijgemengd. Van de 14 PJ biodiesel in Tabel 5 wordt dus 9,6 PJ bijgemengd in B7.
- Voor de overige biodiesel (dus boven de B7-bijmenggrens) nemen we aan dat deze wordt gebruikt in de vorm van HVO100.
- Voor aardgas nemen we aan dat dit in 2030 voornamelijk in de vorm van bio-LNG wordt aangeboden, al dan niet met hernieuwbare brandstofeenheden (HBE's), die binnenkort ook via de administratieve route (dat wil zeggen: zonder fysieke levering) kunnen worden verhandeld.

Uit bovenstaande aannames volgt de verdeling over de kilometers zoals gegeven in de kolom 'Totaal' in Tabel 6. De verdeling van de totale kilometers over de verschillende voertuigcategorieën is gebaseerd op de huidige aandelen van de voertuigtypen in de totale verkeersprestatie (Tabel 32, Bijlage D.2).

We hebben de totale kilometers per voertuigcategorie vervolgens over de energiedragers verdeeld, met de volgende overwegingen:

- Een groter aandeel van lichtere vrachtauto's dan van de zwaardere vrachtauto's en trekker-opleggers zal batterij-elektrisch worden. Deze verdeling zorgt ervoor dat er relatief meer kilometers met batterij-elektrische voertuigen gemaakt moeten worden om de beoogde hoeveelheid elektriciteit af te zetten.
In absolute aantallen is het aantal batterij-elektrische trekker-opleggers ongeveer evenveel als het totaal aan vrachtauto's. De redenering is dat veel elektrificatie wordt verwacht vanwege zero-emissiezones in 30-40 gemeenten. De belevering in de zero-emissiezones wordt voor een belangrijk deel (circa 50%) door trekker-opleggers voor met name supermarkten verwacht¹². Ook de subsidieaanvragen voor AanZET laten zien dat ongeveer 50% van de subsidie wordt aangevraagd voor trekker-opleggers (Ministerie Van I&W, 2022) HVO100 en bio-LNG zullen vooral worden toegepast bij de zwaardere vrachtvoertuigen. Dit heeft als gevolg dat er relatief minder kilometers met HVO en bio-LNG gemaakt hoeven te worden om de beoogde hoeveelheid biobrandstoffen af te zetten.

¹² Indicatie op basis van studies die CE Delft heeft gedaan voor Tilburg, Amsterdam en data vanuit Rotterdam, die hiervoor zijn gebruikt.

- De verdeling per categorie levert, toegepast op de totale kilometers per categorie, de totale kilometers voor alle vrachtauto's op, zoals gegeven door de KEV 2022. De resulterende verdeling in kilometers is weergegeven Tabel 6.

Tabel 6 - Aandeel kilometers in basisscenario 2030, per voertuigtype en per energiedrager

Energiedrager	Zware vrachtauto's	Middelzware vrachtauto's	Lichte vrachtauto's	Trekkers met oplegger	Totaal
Totaal kilometers (mln.)	1.263	866	173	5.958	8.260
B7	79%	85%	85%	86%	85%
Elektriciteit	5%	15%	15%	7%	7,8%
HVO100	14%	0%	0%	6%	6,2%
Bio-LNG	2%	0%	0%	2%	1,5%
Waterstof	0%	0%	0%	0%	0%
Totaal	100%	100%	100%	100%	100%

Als we de aandelen per voertuigklasse uit Tabel 6 toepassen op het aantal te verwachten voertuigen in 2030 (zie Tabel 31, Annex D.2) dan levert dat de aantallen voertuigen op zoals gegeven in Tabel 7.

Tabel 7 - Aantal voertuigen in 2030 in basisscenario, per energiedrager

Energiedrager	Zware vrachtauto's	Middelzware vrachtauto's	Lichte vrachtauto's	Trekkers met oplegger	Totaal	Aandeel totaal
B7	23.379	24.202	9.739	81.583	138.904	84%
Elektriciteit	1.472	4.271	1.719	6.870	14.332	8,7%
HVO100	4.122	-	-	5.343	9.466	5,7%
Bio-LNG	471	-	-	1.622	2.093	1,3%
Waterstof	-	-	-	-	-	0%
Totaal	29.444	28.474	11.458	95.419	164.795	100%

3.2 Scenario A: extra ambitie RED III, ingevuld met elektriciteit, inzet H₂ beperkt

In Scenario A gaan we uit van een scenario waarmee de voorgestelde RED III-doelstellingen kunnen worden gehaald met extra inzet van hernieuwbare elektriciteit. Voor de totale mobiliteitssector betreft het een extra inzet van 11,7 PJ extra elektriciteit (waarvan 7,9 PJ hernieuwbaar) en ruim 27 PJ RFNBO's (hernieuwbare brandstoffen van niet-biologische oorsprong). Voor de toerekening aan vrachtauto's zijn de volgende aannames gemaakt:

- Waar in het basisscenario voor 2030 21% van de elektriciteit wordt geleverd door niet-wegmobiliteit (waarvan 19% door rail), nemen we aan dat de extra inzet van elektriciteit uitsluitend door het wegverkeer wordt ingevuld. We nemen aan dat de vrachtauto's een gelijk aandeel in het elektriciteitsverbruik van het wegverkeer (5,3%¹³) hebben als in het basisscenario voor 2030. Dit betekent dat we in dit scenario aannemen dat er circa 2.500 extra batterij -elektrische vrachtauto's en trekker-opleggers in 2030 zullen

¹³ Bron: achtergronddata KEV 2022 verkregen van PBL; personenauto's hebben aandeel van 75%, bestelauto's 10%, autobussen 8% vrachtauto's 5,3% en de overige modaliteiten 2%.



zijn, wat leidt tot 0,62 PJ (5,3% van de 11,7 PJ) extra elektriciteitsverbruik om aan de RED III-doelstelling te voldoen.

- We nemen aan dat van de 27 PJ RFNBO's (Tabel 4) volgens de verwachte RED III-doelstelling het overgrote deel wordt ingevuld door het toepassen van waterstof in raffinage (TNO, 2022a) om de productie van conventionele brandstoffen te verduurzamen of voor een deel in bijvoorbeeld zeevaart, met toepassing van dual fuel-waterstofmotoren¹⁴. Het aantal vrachtauto's op waterstof is relatief beperkt, en we nemen aan dat 15% van de 16.000¹⁵ zero-emissievrachtauto's in 2030 op waterstof rijdt. Het betreft 6% van de zero-emissievrachtauto's en 22% van de zero-emissietrekkers-oplegger¹⁶. De vrachtauto's op waterstof zijn allen zwaar.
- Het aantal voertuigen dat bio-LNG gebruikt, is gelijk aan het basisscenario.

De resulterende verdeling in kilometers en het aantal voertuigen zijn weergegeven in Tabel 8 en Tabel 9.

Tabel 8 - Aandeel kilometers in Scenario A in 2030, per voertuigtype

Energiedrager	Zware vrachtauto's	Middelzware vrachtauto's	Lichte vrachtauto's	Trekkers met oplegger	Totaal
Totaal kilometers (mln.)	1.263	866	173	5.958	8.260
B7	76%	82%	82%	82%	81%
Elektriciteit	6%	18%	18%	8%	9%
HVO100	15%	0%	0%	6%	6%
Bio-LNG	2%	0%	0%	2%	1%
Waterstof	1%	0%	0%	2%	2%
Totaal	100%	100%	100%	100%	100%

Tabel 9 - Aantal voertuigen in 2030 in Scenario A, per energiedrager

Energie-drager	Zware vrachtauto's	Middelzware vrachtauto's	Lichte vrachtauto's	Trekkers met oplegger	Totaal	Aandeel totaal
B7	22.446	23.348	9.396	78.432	133.622	81%
Elektriciteit	1.767	5.125	2.062	7.920	16.874	10%
HVO100	4.417	-	-	5.439	9.855	6%
Bio-LNG	471	-	-	1.622	2.093	1%
Waterstof	344	-	-	2.006	2.350	1%
Totaal	29.444	28.474	11.458	95.419	164.795	100%

3.3 Scenario B: extra ambitie RED III, ingevuld met HVO100, inzet H₂ beperkt

Ook in Scenario B gaan we uit van een scenario waarmee de voorgestelde RED III-doelstellingen kunnen worden gehaald door extra inzet van 19 PJ biobrandstoffen. Het 2,6% subtarget voor RFNBO's geldt ook in dit scenario en komt, gelijk aan Scenario A, neer op een inzet van ruim 27 PJ RFNBO's in de totale mobiliteitssector. Voor de toerekening aan vrachtauto's zijn de volgende aannames gemaakt:

¹⁴ Bijvoorbeeld [MAN](#)- of [Volvo Penta](#)-motoren.

¹⁵ Streefgetal vanuit het Klimaatakkoord.

¹⁶ [ElaadNL Outlook bedrijventerreinen in beweging](#) gaat uit van 25% niet-zero-emissievoertuigen die niet-batterij-elektrisch zijn. Rijkswaterstaat schat in dat dit 15% moet zijn. De 15% is overgenomen. De verhouding tussen trekker-oplegger en bakwagens is gebaseerd op de verhouding in de Outlook.

- We nemen aan dat het aandeel biobrandstofverbruik van vrachtauto's in de mobiliteitssector in Scenario B voor 2030 gelijk is als in het basisscenario voor 2030 (35%)¹⁷. Van de 19 PJ extra biobrandstofafzet wordt daarmee 35% in vrachtauto's afgezet. Dit betekent dat we in dit scenario aannemen dat er circa 8.800 extra vrachtauto's HVO100 zullen gebruiken in 2030, wat leidt tot 6,7 PJ (35% van de 19 PJ) extra HVO100-gebruik door vrachtauto's en trekker-opleggers om aan de RED III-doelstelling te voldoen.
- Ook in Scenario B nemen we aan dat van de 27 PJ RFNBO's het overgrote deel wordt ingevuld door het toepassen van waterstof in het raffinageproces om de productie van conventionele brandstoffen te verduurzamen, of voor een deel in bijvoorbeeld zeevaart, met toepassing van dual-fuel-waterstofmotoren¹³. Net als in Scenario A nemen we aan dat er 344 zware vrachtauto's en 2006 trekker-opleggers op waterstof gaan rijden (zie Tabel 9).
- Het aantal vrachtauto's dat bio-LNG gebruikt, is gelijk aan het basisscenario.

De resulterende verdeling in kilometers en het aantal voertuigen zijn weergegeven in Tabel 10 en Tabel 11.

Tabel 10 - Aandeel kilometers in Scenario B in 2030, per voertuigtype

	Zware vrachtauto's	Middelzware vrachtauto's	Lichte vrachtauto's	Trekkers met oplegger	Totaal
Totaal kilometers (mln.)	1.263	866	173	5.958	8.260
B7	76%	81%	81%	76%	77%
Elektriciteit	5%	15%	15%	7%	8%
HVO100	16%	4%	4%	13%	12%
Bio-LNG	2%	0%	0%	2%	1%
Waterstof	1%	0%	0%	2%	2%
Totaal	100%	100%	100%	100%	100%

Tabel 11 - Aantal voertuigen in 2030 in Scenario B, per energiedrager

Energie-drager	Zware vrachtauto's	Middelzware vrachtauto's	Lichte vrachtauto's	Trekkers met oplegger	Totaal	Aandeel totaal
B7	22.446	23.064	9.281	72.993	127.784	78%
Elektriciteit	1.472	4.271	1.719	6.870	14.332	9%
HVO100	4.711	1.139	458	11.927	18.236	11%
Bio-LNG	471	-	-	1.622	2.093	1%
Waterstof	344	-	-	2.006	2.350	1%
Totaal	29.444	28.474	11.458	95.419	164.795	100%

3.4 Scenario C: hoog aandeel elektriciteit en middelhoge waterstofafzet

In Scenario C is het uitgangspunt dat de RED III-doelstellingen gehaald worden door een extra hoge inzet van elektrische voertuigen volgens het midden-scenario van ElaadNL. De extra inzet leidt tot een lagere inzet van voertuigen die HVO100 gebruiken. Omdat de afzet van HVO100 niet nodig is om de RED III-doelstelling te halen, zetten energieleveranciers hier minder op in. Voor waterstof geldt een medium-hoge inzet. Een aanzienlijke inzet

¹⁷ Bron: achtergronddata KEV 2022, verkregen van PBL; personenauto's hebben een aandeel van 30%, bestelauto's 18%, mobiele werktuigen 14%, en overige 3%.

van waterstof in het raffinageproces of in de zeevaart is nodig om de RFNBO-doelstelling te halen. We maken de volgende aannames voor Scenario C:

- In 2030 rijden er 24.000 batterij-elektrische vrachtauto's rond, zoals aangenomen in het midden-scenario van de [ElaadNL Outlook bedrijventerreinen in beweging](#). De verdeling over trekker-opleggers (12.508) en vrachtauto's (11.492) is gelijk aan het ElaadNL-scenario. Het aandeel elektrische vrachtauto's (en kilometers) is hoger voor de lichte en middelzware (23%) dan voor de zware vrachtauto's (8%).
- Het aantal batterij-elektrische voertuigen is 85% van het totaal aan zero-emissie-voertuigen. De overige 15%¹⁵ zero-emissievrachtauto's (4.133) rijdt op waterstof. We gaan uit van 605 zware vrachtauto's en 2.528 trekker-opleggers, waarbij de verhouding is gebaseerd op de aannames in de ElaadNL Outlook voor niet-batterij-elektrische zero-emissievoertuigen.
- Door de 1,8 PJ extra elektriciteitsgebruik van elektrische vrachtvoertuigen ten opzichte van Scenario A worden er 2,9 PJ minder biobrandstoffen (HVO100) ingezet.¹⁸ Dit betreft circa 4.160 voertuigen minder dan in het basisscenario, die HVO100 gebruiken.
- Het aantal vrachtauto's dat bio-LNG gebruikt, is gelijk aan het basisscenario.

De resulterende verdeling in kilometers en het aantal voertuigen zijn weergegeven in Tabel 12 en Tabel 13.

Tabel 12 - Aandeel kilometers in Scenario C in 2030, per voertuigtype

	Zware vrachtauto's	Middelzware vrachtauto's	Lichte vrachtauto's	Trekkers met oplegger	Totaal
Totaal kilometers (mln.)	1.263	866	173	5.958	8.260
B7	76%	81%	81%	76%	77%
Elektriciteit	5%	15%	15%	7%	8%
HVO100	16%	4%	4%	13%	12%
Bio-LNG	2%	0%	0%	2%	1%
Waterstof	1%	0%	0%	2%	2%
Totaal	100%	100%	100%	100%	100%

Tabel 13 - Aantal voertuigen in 2030 in Scenario C, per energiedrager

Energie-drager	Zware vrachtauto's	Middelzware vrachtauto's	Lichte vrachtauto's	Trekkers met oplegger	Totaal	Aandeel totaal
B7	22.446	23.064	9.281	72.993	127.784	78%
Elektriciteit	1.472	4.271	1.719	6.870	14.332	9%
HVO100	4.711	1.139	458	11.927	18.236	11%
Bio-LNG	471	-	-	1.622	2.093	1%
Waterstof	344	-	-	2.006	2.350	1%
Totaal	29.444	28.474	11.458	95.419	164.795	100%

¹⁸ Per kilometer verbruikt een batterij-elektrisch voertuig minder energie dan een voertuig met verbrandingsmotor.

3.5 Scenario D: extra ambitie RED III, ingevuld met HVO100 en hoge inzet waterstof- en bio-LNG

In Scenario D is het uitgangspunt dat de RED III-doelstellingen gehaald worden met de extra inzet van biobrandstoffen en dat een aanzienlijk deel van de RFNBO-doelstelling (5 PJ van de 27 PJ) wordt ingevuld door waterstof voor vrachtauto's. We maken de volgende aannames voor Scenario D:

- Net als in Scenario B nemen we aan dat van de 19 PJ extra biobrandstofafzet 35% bij vrachtauto's wordt afgezet. Dit betekent dat in dit scenario er circa 8.800 extra vrachtauto HVO100 zullen gebruiken in 2030, wat leidt tot 6,7 PJ (35% van de 19 PJ) extra HVO100-gebruik door vrachtvoertuigen om aan de RED III-doelstelling te voldoen.
- Het aantal vrachtvoertuigen op waterstof neemt flink toe richting 2030, wat leidt tot een afzet van 5 PJ waterstof. Dit betreft dan uiteindelijk 10.000 voertuigen, waarvan 8.715 trekker-opleggers en 1.449 zware vrachtauto's¹⁹.
- Het aantal vrachtauto's dat bio-LNG gebruikt, neemt ook toe en is hoger dan in het basisscenario, met in totaal 3,1 PJ bio-LNG afzet.

De resulterende verdeling in kilometers en het aantal voertuigen zijn weergegeven in Tabel 14 en Tabel 15.

Tabel 14 - Aandeel kilometers in Scenario D in 2030, per voertuigtype

	Zware vrachtauto's	Middelzware vrachtauto's	Lichte vrachtauto's	Trekkers met oplegger	Totaal
Totaal kilometers (mln.)	1.263	866	173	5.958	8.260
B7	69%	81%	81%	69%	71%
Elektriciteit	5%	15%	15%	7%	8%
HVO100	18%	4%	4%	12%	12%
Bio-LNG	3%	0%	0%	3%	2%
Waterstof	5%	0%	0%	9%	7%
Totaal	100%	100%	100%	100%	100%

Tabel 15 - Aantal voertuigen in 2030 in Scenario D, per energiedrager

Energie-drager	Zware vrachtauto's	Middelzware vrachtauto's	Lichte vrachtauto's	Trekkers met oplegger	Totaal	Aandeel totaal
B7	20.346	23.064	9.281	65.839	118.530	72%
Elektriciteit	1.472	4.271	1.719	6.870	14.332	9%
HVO100	5.300	1.139	458	11.641	18.538	11%
Bio-LNG	883	-	-	2.481	3.364	2%
Waterstof	1.443	-	-	8.588	10.030	6%
Totaal	29.444	28.474	11.458	95.419	164.795	100%

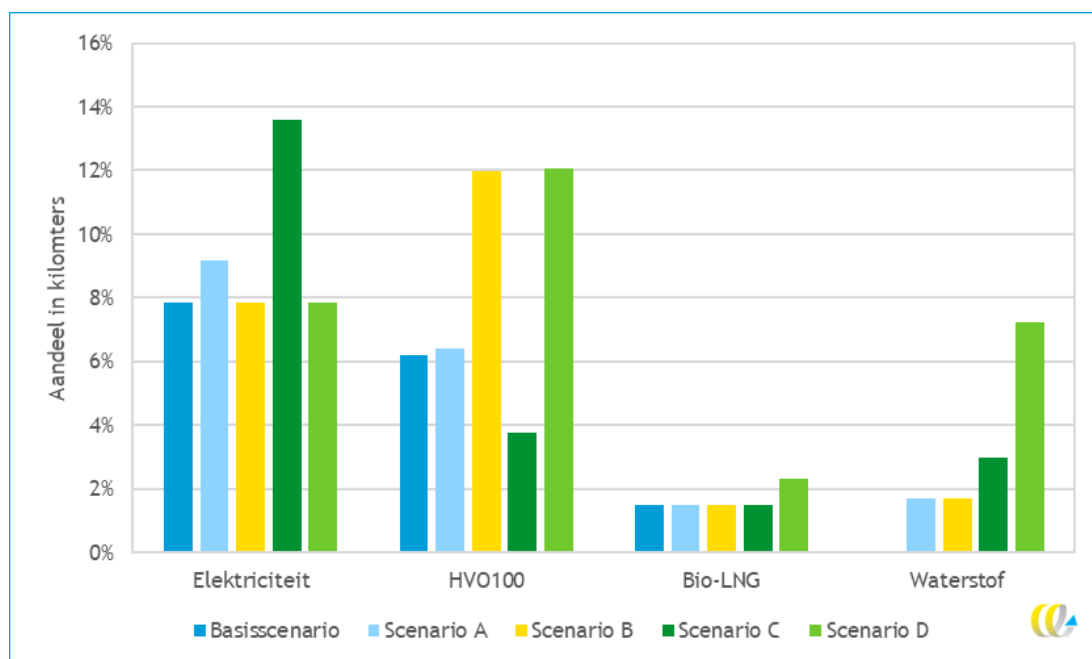
¹⁹ Daarbij gaan we uit van een gemiddelde binnenlandse jaarkilometrage van 42.887 km (zware vrachtauto) en 62.428 km (trekker-opleggerbedragen) net als voor de andere brandstoffen. De waterstofvoertuigen hebben mogelijk een veel hoger kilometrage, maar dit energieverbruik zal voor een groot deel dan ook in het buitenland zijn en dit leidt niet tot energievraag in Nederland.

3.6 Overzicht scenario's

Figuur 11 geeft een overzicht van de aandelen hernieuwbare energiedragers in de totale kilometers van vrachtvoertuigen. De figuur geeft per energiedrager inzicht in de variatie van inzet per energiedrager over de scenario's. Het aandeel kilometers met als energiedrager elektriciteit, varieert van 8 tot 14% over de scenario's, HVO100 van 3,7 tot 12%, bio-LNG van 1,5 tot 2,3% en waterstof van 1,7 tot 7,2%.

In Scenario D wordt het grootste aandeel hernieuwbare brandstoffen ingezet en is het aandeel B7 gereduceerd tot 71% van de totale kilometers, met name door een groot aandeel HVO100 en waterstof.

Figuur 11 - Overzicht aandeel kilometers per energiedrager per scenario



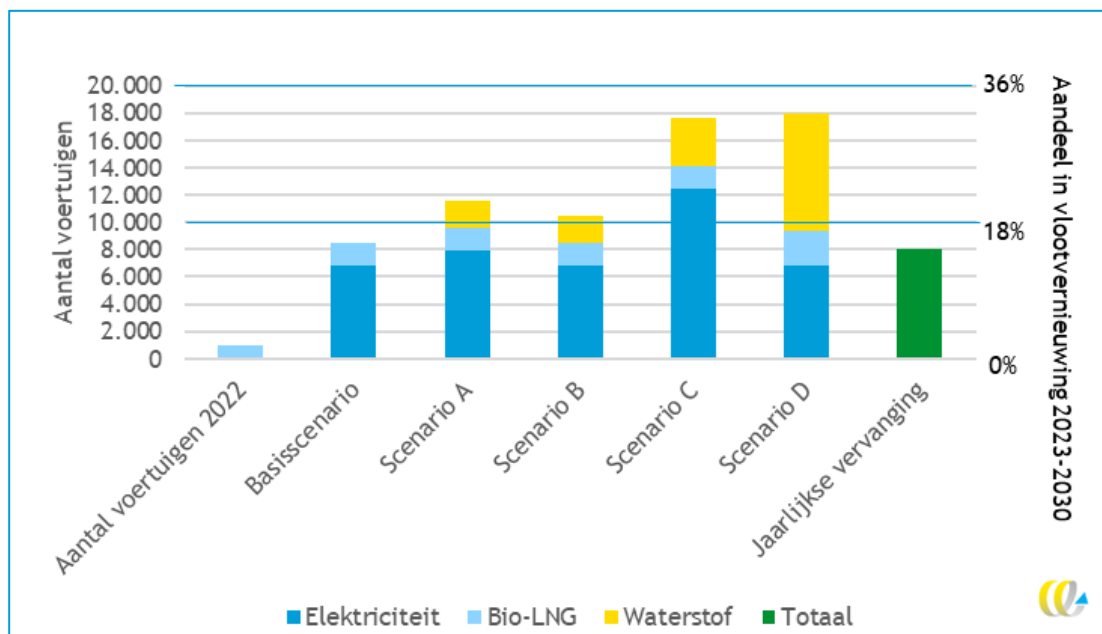
Terwijl HVO100 kan worden ingezet in conventionele vrachtvoertuigen met een verbrandingsmotor, vraagt de inzet van elektriciteit, bio-LNG en waterstof om de toename van voertuigen met een alternatieve aandrijving ten opzichte van de conventionele dieselvoertuigen.

Figuur 12 en Figuur 13 laten zien hoeveel trekker-opleggers en vrachtauto's met alternatieve aandrijving er ongeveer nodig zijn, uitgaande van het gemiddelde jaarkilometrage van voertuigen binnen Nederland (Tabel 32, Annex D.2). In de figuren is ook aangegeven hoeveel voertuigen er in 2022 waren en wat normaal gesproken het aantal voertuigen is dat jaarlijks nieuw in het wagenpark komt²⁰. Op de rechter-as is aangegeven welk aandeel het aantal voertuigen heeft ten opzichte van het totaal aan nieuwverkopen in zeven jaar tijd tot 2030. Uit de figuren blijkt dat in Scenario C en D ongeveer een derde van de nieuwverkopen tot 2030 uit alternatieve technieken moet bestaan om het totaal aantal alter-

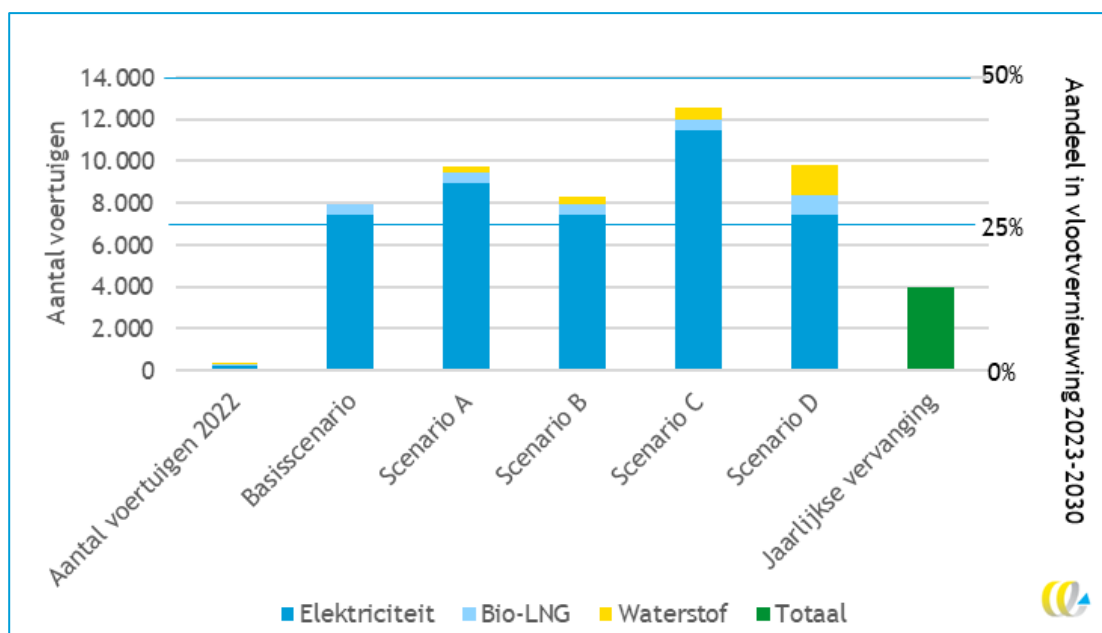
²⁰ Het aantal nieuwe instroom is gebaseerd op een parkmodel van CE Delft dat is gebaseerd op historische nieuwverkopen en levensduur, op basis van CBS Statline-gegevens en een groei van het wagenpark volgens de KEV 2022.

natief aangedreven voertuigen in 2030 te bereiken. Voor Scenario A en B gaat het om een vijfde van de nieuwverkopen.

Figuur 12 - Aantal trekker-opleggers in 2030, per energiedrager en per scenario



Figuur 13 - Aantal vrachtauto's in 2030, per energiedrager en per scenario



4 Rekenmodel

In dit hoofdstuk beschrijven we het rekenmodel dat we hebben ontwikkeld en gebruikt om de tank- en laadbehoefte voor goederenvervoer over de weg in verschillende scenario's te verkennen.

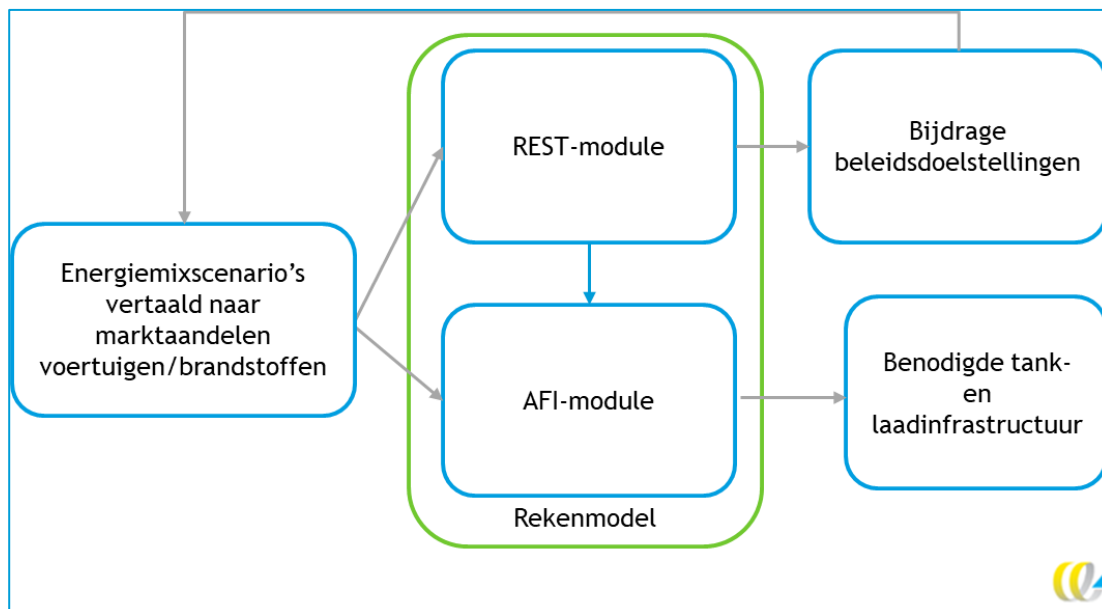
4.1 Introductie

Het rekenmodel, dat is ontwikkeld in Excel, bestaat uit twee modules: de REST-module en de AFI-module. De belangrijkste input voor beide modules bestaat uit de scenario's van aandelen energiedragers voor verschillende modaliteiten in de mobiliteitssector, welke zijn beschreven in het vorige hoofdstuk. Met de REST-module is getoetst of de scenario's voldoen aan de beleidsdoelstellingen voor goederenvervoer in 2030. Voor dit doel worden per scenario eerst de inzet van (hernieuwbare) energiedragers, de tank-to-wheel-CO₂-emissies en het aantal voertuigen berekend (zie Paragraaf 4.2). Met behulp van de checks op de beleidsdoelen zijn de scenario's, waar nodig, aangepast, zodat deze voldoen aan de beleidsdoelen en dus beleidsconforme scenario's betreffen.

Vervolgens is de energie-inzet in verschillende vrachtautocategorieën in de verschillende scenario's gebruikt in de AFI-module om per scenario de behoefte aan nieuwe tank- en laadpunten voor biobrandstoffen en hernieuwbare energiedragers voor vrachtauto's in 2030 te berekenen.

De rol van de twee modules in het rekenmodel is gevisualiseerd in Figuur 14.

Figuur 14 - Schematische weergave van het rekenmodel



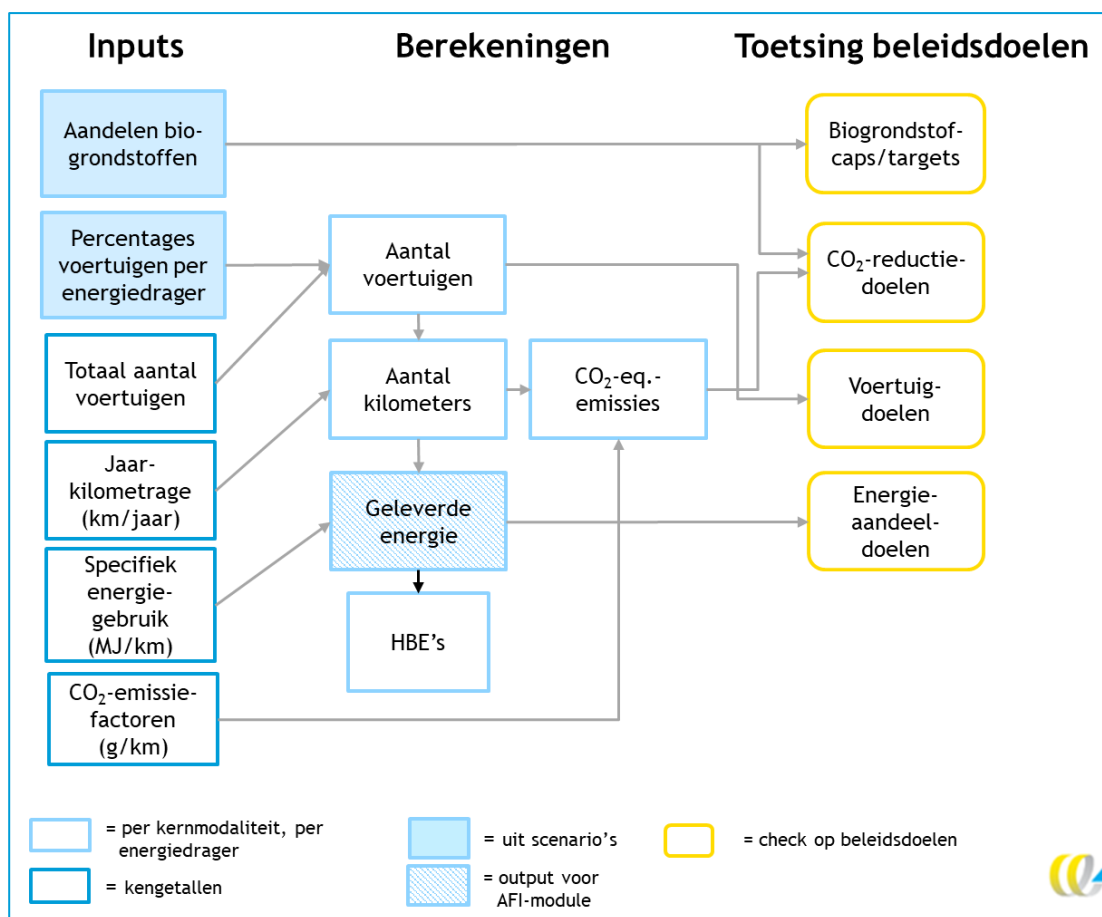
4.2 REST-module

Met de Renewable Energy Scenarios for Transport (REST)-module worden de energiemix-scenario's voor vrachtovervoer in 2030 doorgeerekend om te checken of deze voldoen aan de beleidsdoelstellingen, en wordt de geleverde energie aan vrachtovervoer berekend voor verschillende energiedragers en scenario's, wat een input vormt voor de AFI-module.

4.2.1 Beschrijving

Een conceptueel overzicht van de REST-module is weergegeven in Figuur 15. Hier zijn de verschillende typen inputs te zien, modelvariabelen die worden berekend als tussenstap en de typen beleidsdoelen die in de module worden getoetst. We lichten de module hier toe in hoofdlijnen. Voor de details verwijzen we naar Bijlage C.

Figuur 15 - Conceptueel overzicht van de REST-module



In het model worden vier kernmodaliteiten onderscheiden: zware vrachtauto's, middel-zware vrachtauto's, lichte vrachtauto's en trekkers met oplegger. De energiemixpercentages per kernmodaliteit uit de scenario's (tweede blauwe blokje) worden toegepast op het nationale aantal voertuigen per kernmodaliteit, waarmee bijvoorbeeld het aantal elektrische zware vrachtauto's in 2030 in Scenario A wordt verkregen. Vervolgens wordt het totaal aantal kilometers berekend dat wordt gereden per kernmodaliteit en per energie-

drager, en daarna de geleverde energie en de geleverde hernieuwbare energie (aan de hand van HBE's). Het aantal kilometers wordt ook gebruikt om de tank-to-wheel-CO₂-emissies te berekenen. Voor deze berekeningen worden het totaal aantal voertuigen, het jaar-kilometrage, het specifieke energiegebruik en tank-to-wheel-CO₂-emissiefactoren²¹ als inputs gebruikt (Figuur 15).

Een laatste hoofdinput bestaat uit de aandelen van de vier typen biograndstoffen voor productie van de verschillende biobrandstoffen, dat wil zeggen: de aandelen voedsel- en voedergewassen, Annex IX Part A 'biograndstoffen (geavanceerd)', Annex IX Part B 'grondstoffen (afvalvetten en -oliën) en overig'.

De REST-module bevat naast de vrachtauto's ook additionele modaliteiten, namelijk personenauto's, bestelwagens, non-road mobile machinery (NRMM), goederenbinnenvaart, andere binnenvaart (passagiers en werk op zee), rail, en resterende modaliteiten (luchtvaart, defensie, visserij en recreatievaart). Deze modaliteiten zijn op een andere, simpelere wijze meegenomen in de module dan de kernmodaliteiten, omdat deze, met uitzondering van binnenvaart²², niet tot de kern van de studie behoren, maar wel effect hebben op de mate waarin mobiliteitsbrede beleidsdoelen worden gehaald. Bij deze additionele modaliteiten is een constante energiemix aangenomen in de scenario's, waarmee direct de geleverde energie per energiedrager wordt berekend, zonder berekening van het aantal voertuigen en aantal kilometers als tussenstap.

Er zijn vier soorten beleidsdoelen waarop de scenario's worden gecheckt in de REST-module (zie Figuur 15, rechts). Elk van deze heeft een specifiek 'aangrijpingspunt': het (hernieuwbare) energie-aandeel, het aantal voertuigen (op hernieuwbare energie), CO₂-reductie en het gebruik van bepaalde biograndstoffen. Dit bespreken we in de volgende paragraaf.

4.2.2 Toetsing van beleidsdoelen

In Tabel 16 staan de beleidsdoelen die zijn getoetst met de REST-module. De scenario's zijn opgesteld rekening houdend met deze beleidsdoelen. Al deze doelen worden gehaald in alle scenario's, met uitzondering van de RFNBO-target in het basisscenario, omdat de raffinageroute niet wordt toegepast in dit scenario.

De verwachting is dat de raffinageroute mag worden toegepast bij de naleving van de jaarverplichting in 2030 (al is nog niet duidelijk hoe de groene waterstof die in raffinage wordt gebruikt zal worden gealloceerd aan brandstofleveranciers in het kader van de jaarverplichting). In de REST-module is aangenomen dat groene waterstof ingezet via de raffinageroute, wordt verdeeld over de modaliteiten, proportioneel aan de energie-inzet. Daarnaast is de totale groene waterstofinzet via de raffinageroute zo ingesteld dat aan de RFNBO-target voldaan wordt. Omdat de directe levering van waterstof aan vrachtauto's zich beperkt van 1 tot 5 PJ/jaar in de scenario's, is de inzet via de raffinageroute een stuk hoger, namelijk 11 PJ/jaar in Scenario's A t/m D²³.

²¹ De tank-to-wheel-CO₂-emissies van biobrandstoffen worden gelijkgesteld aan nul, conform de beleidsafspraken hierover.

²² Binnenvaart wordt wel meegenomen in deze studie, maar op hoger abstractieniveau en binnen de REST-module op een gelijke wijze als de overige modaliteiten.

²³ Deze 11 PJ/jaar, plus de 1 tot 5 PJ waterstof per jaar die direct door modaliteiten wordt gebruikt, is een stuk kleiner dan de 27 PJ/jaar die in de Nederlandse mobiliteitssector moet worden ingezet om de RFNBO-target te halen. Dit heeft te maken met het feit dat zeescheepvaart niet in de REST-module is opgenomen.

Tabel 16 - Beleidsdoelen die zijn getoetst met de REST-module

Beleidsdoel	Toelichting
Caps en targets	
Target voor inzet RFNBO's in de mobiliteitssector	Mobiliteitsbrede target van 2,6% RFNBO's uit de RED III. De inzet van groene waterstof via de raffinageroute telt mee. Het volume van deze inzet is zo ingesteld in Scenario's A t/m D dat aan de RFNBO-target wordt voldaan. In het basisscenario wordt de raffinageroute niet gebruikt en wordt de target niet gehaald.
Cap op voedsel- en voedergewassen	De huidige cap is 1,4%, maar de aangenomen cap is 1,2% (uit concept-jaarverplichting). Geldt ten opzichte van de totale hoeveelheid (bio-) benzine en (bio)diesel binnen de jaarverplichting.
Target voor biograndstoffen uit Annex IX Part A	Minimale inzet van 3,5% geavanceerde biobrandstoffen in 2030. Geldt ten opzichte van de totale hoeveelheid (bio)benzine en (bio)diesel binnen de jaarverplichting.
Cap op biograndstoffen uit Annex IX Part B	De huidige cap is 5%, maar aangenomen is 4,2% (uit concept-jaarverplichting). Geldt ten opzichte van de totale hoeveelheid (bio-) benzine en (bio)diesel in de jaarverplichting. Geldt voor de gehele periode 2022-2030.
Hernieuwbare energie	
Aandeel hernieuwbare energie in weg- en spoorvervoer van 14% (ten opzichte van totaal energiegebruik)	Doel uit de RED II.
Aandeel hernieuwbare energie in weg- en spoorvervoer van 28% (ten opzichte van inzet (bio)benzine en (bio)diesel)	Doel uit de jaarverplichting.
60 PJ hernieuwbare energie in weg- en spoorvervoer	Doel uit de jaarverplichting.
Aantal voertuigen	
16.000 zero-emissievrachtauto's in 2030	Streven uit het Klimaatakkoord (geen hard doel).
CO₂-emissies	
CO ₂ -reductie in wegvervoer en spoor met 6% ten opzichte van 2010	In de module wordt gecheckt welke CO ₂ -reductie bij vrachtauto's wordt behaald. Deze reductie wordt vergeleken met de CO ₂ -emissies van wegvervoer en spoor in 2010. Uitkomst is dat 11 tot 15% CO ₂ -reductie in wegvervoer en spoor wordt behaald, puur dankzij inzet van duurzame energiedragers bij de vrachtautomodaliteiten.
CO ₂ -reductie in achterland- en continentaal vervoer met 30% ten opzichte van 2010	In de module worden twee checks uitgevoerd in het kader van dit beleidsdoel: 1) maximum interpretatie: er wordt gecheckt of de CO ₂ -emissies van vrachtauto's gemiddeld genomen tenminste 30% lager zijn dan in 2010; 2) minimum interpretatie: er wordt gecheckt of de CO ₂ -uitstoot van vrachtauto's onder een berekend maximum van 8,37 Mton/jaar blijft, wat het geval moet zijn als HCF 30% reductie bereikt ten opzichte van 2010 en het overige vrachtautotransport alleen reductie behaalt via zero-emissievoertuigen voor de zero-emissiezones.
Maximaal 24 Mton/jaar CO ₂ -uitstoot in mobiliteit	Hier wordt berekend hoe groot de CO ₂ -uitstoot van vrachtauto's is ten opzichte van 24 Mton. Dit is 24 tot 29% in de scenario's.

4.3 AFI-module

In deze paragraaf bespreken we de werking van de Alternative Fuel Infrastructure-module (AFI-module). De AFI-module is opgezet om de hoeveelheid tank- en laadinfrastructuur te benaderen voor de hoeveelheden hernieuwbare brandstoffen en energiedragers in een bepaald scenario. In de AFI-module wordt de infrastructuur voor voertuigen in het weg-transport geschat.

Om tot de benodigde tank- en laadinfrastructuur te komen, wordt de energiebehoefte per energiedrager en voertuigtype uit de REST-module gebruikt. Daarnaast worden er verschillende aannames over de capaciteit van de voertuigen, tank- en laadinfrastructuur en bezettingsgraad gebruikt voor de berekening. Vanwege het feit dat binnenvaart andere randvoorwaarden heeft voor de verspreiding van tankinfrastructuur, hetgeen bij binnenhavens gebeurt, volgen uit de AFI-module geen resultaten voor binnenvaart met betrekking tot aantallen benodigde infrastructuur. Dit heeft ook te maken met de beperkte beschikbare data over bestaande infrastructuur in de binnenhavens en toegankelijkheid van deze data. Daarom wordt in de volgende paragraaf een kwalitatieve uiteenzetting gegeven over de infrastructuur ten behoeve van de inzet van hernieuwbare energiedragers in de binnenvaart.

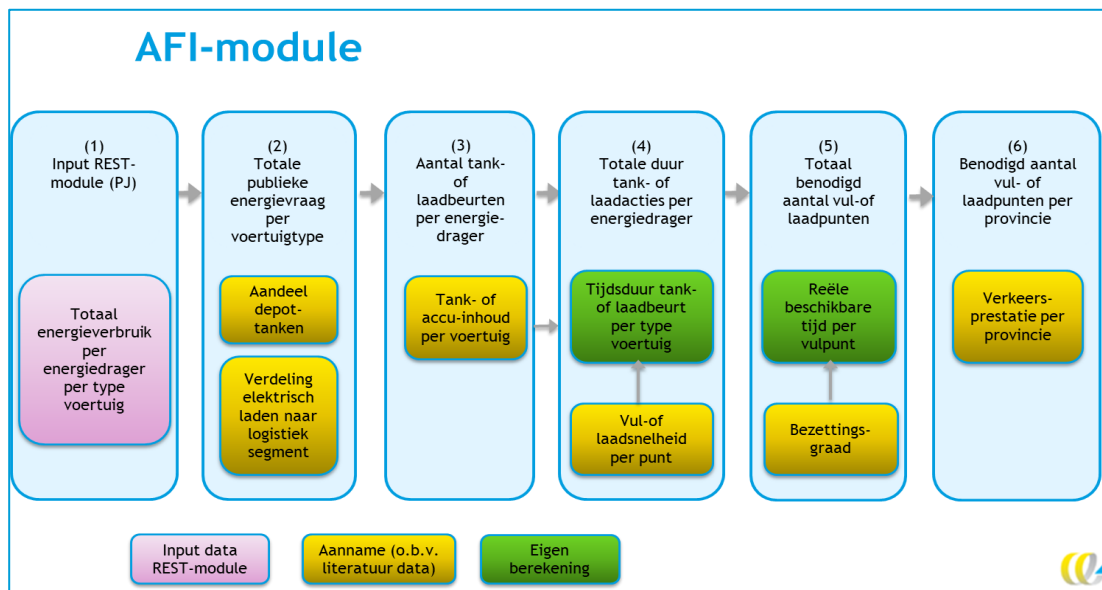
De brandstoffen, energiedragers en bijhorende type tank- en laadinfrastructuur die worden gebruikt in de AFI-module voor de analyse, zijn weergegeven in Tabel 17.

Tabel 17 - Overzicht tank- en laadinfrastructuur in de AFI-module

Brandstof/Energiedrager	Tank-/laadtechniek
HVO100 (inclusief HVO20 en 30)	Reguliere brandstofdispenser
Bio-LNG	LNG-dispenser
Elektriciteit	Reguliere lader
Elektriciteit	Snellader
Waterstof compressed	Compressed H ₂ -dispenser

In de AFI-module worden opeenvolgende berekenstappen uitgevoerd, zoals weergegeven in Figuur 16, om tot de aantallen tank- en laadinfrastructuur per provincie te komen die horen bij de energiebehoefte in een gekozen scenario (zie Bijlage E.1 voor meer details).

Figuur 16 - Overzicht van berekenstappen in de AFI-module



De output van de AFI-module is een overzicht van het totaal aantal benodigde vul- en laadpunten om te voldoen aan de energievraag in een bepaald scenario. Door de aantallen bestaande tank- en laadpunten af te trekken van de totaal benodigde infrastructuur in 2030, kan men het aantal nog te realiseren vul- en laadpunten benaderen. Dit zijn de aantallen publiek toegankelijke infrastructuur die benodigd zal zijn voor een bepaald scenario. De aantallen private vul- en laadpunten worden niet berekend.

4.4 Validatie

De REST-module is gevalideerd aan de hand van de KEV 2022. De input van het basisscenario, dat is gemodelleerd op de verwachte ontwikkeling uit de KEV 2022 levert outputs van de module die overeenkomen met de KEV-data. Enkele verschillen zijn goed te verklaren door bijvoorbeeld het gebruik van verschillende aannames.

Voor de AFI-module is de rekenmethode getoetst op de huidige brandstofafzet en het aantal vulpunten voor diesel, HVO en LNG. Zoals aangegeven in Bijlage A.2 komt de totaal berekende brandstofafzet voor HVO en LNG op basis van het aantal vulpunten, de aangenomen vulsnelheid (90 liter/minuut) en bezettingsraad van het vulpunt (2%) in de buurt van de inschattingen door de KEV 2022.

Ook voor diesel komen we op basis van deze aannames op een realistische afzet van diesel. Op basis van interviews met brandstofleveranciers schatten we in dat er ongeveer 500 tankstations zijn, met gemiddeld drie vulpunten speciaal voor vrachtauto's. Met een aangenomen bezetting van 2% en 90 liter/minuut komen we op een totale afzet van 1,4 miljard liter diesel van de 2 miljard liter diesel voor vrachtauto's. De aanname is dat één vulpunt ongeveer 2.500 liter per dag afzet. De overige diesel (ca. 0,6 miljard liter) wordt naar verwachting op private depots afgezet (zie ook Bijlage A.2, Tabel 23).

De berekening van het aantal waterstofpunten en laadpalen is moeilijk te valideren, omdat hier nog weinig informatie over bekend is. Bovendien is de exploitatie van de huidige laad- en vulpunten nog in de beginfase en waarschijnlijk niet representatief voor 2030.

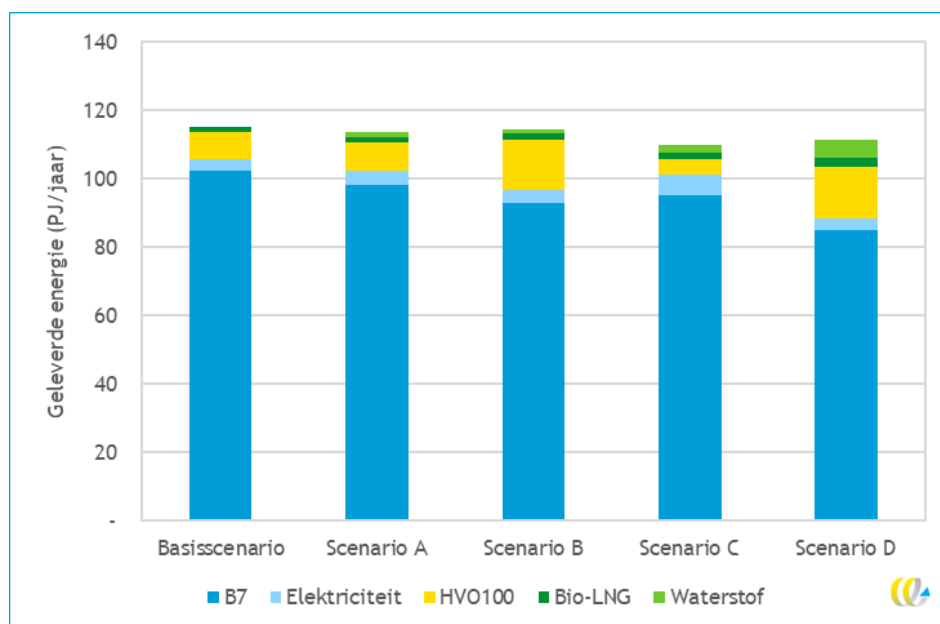
5 Resultaten

5.1 Resultaten REST-module

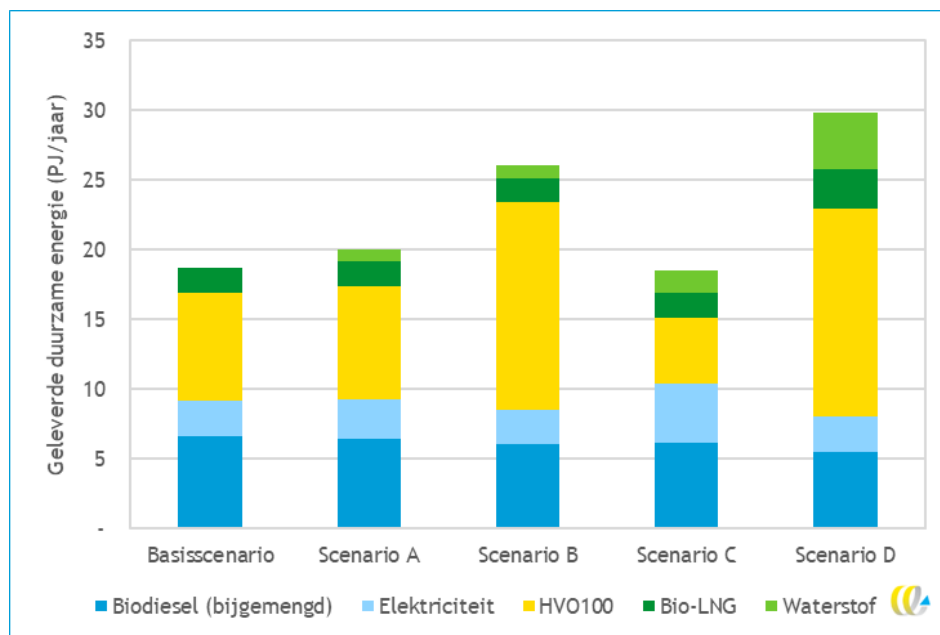
In de REST module zijn de aandelen kilometers per energiedrager vertaald naar de hoeveelheden energie per energiedrager en voertuigtype. Figuur 17 laat voor het totaal van de vrachtauto's het resultaat zien voor de verschillende scenario's. De verdere uitsplitsing naar de verschillende type vrachtauto's wordt gebruikt als input voor de AFI-module en is gegeven in Tabel 45, Bijlage F.

Niet alle elektriciteit en waterstof is hernieuwbaar in 2030. Voor 2030 wordt aangenomen dat 70% van de elektriciteit en 80% van de waterstof ingezet voor transport hernieuwbaar is (Tabel 26, Bijlage D.2). Figuur 18 geeft een overzicht van de geleverde hernieuwbare energie in 2030 in de verschillende scenario's. Met deze hoeveelheden hernieuwbare energie leveren vrachtauto's in Scenario's A t/m D voldoende bijdrage om aan de RED III-doelstellingen te voldoen.

Figuur 17 -Totale geleverde energie aan vrachtauto's in 2030 (PJ/jaar)



Figuur 18 - Totale geleverde hernieuwbare energie aan vrachtauto's in 2030 (PJ/jaar)



Zoals te zien is in bovenstaande figuren, levert B7 via de bijmenging van biodiesel (FAME) in 2030 nog altijd een flinke bijdrage aan de inzet van hernieuwbare energie in vrachtwagens. De grootste bijdrage komt echter van HVO100 in alle scenario's, met uitzondering van Scenario C, omdat dit scenario inzet op een hoge bijdrage van elektriciteit. In kilometers uitgedrukt is het aandeel van elektriciteit en waterstof (brandstofcelvoertuigen) relatief bijna twee maal groter dan op basis van de hoeveelheid geleverde hernieuwbare energie, vanwege de grotere energie-efficiëntie²⁴ van batterij-elektrische en brandstofcelvoertuigen (zie Bijlage F voor kilometerverdeling). Conform de invulling van de scenario's (zie Hoofdstuk 3) is de inzet van HVO100 groot in de Scenario's B en D, wordt in Scenario C veel elektrisch gereden en wordt in Scenario D naast veel biobrandstof ook veel waterstof gebruikt.

5.2 Resultaten AFI-module

Wegtransport

De resultaten uit de AFI-module zijn de totale aantallen vul- en laadpunten per energiedrager, die aanvullend nodig zijn ten opzichte van huidige situatie (2022) om aan de energiebehoefte te voldoen in 2030.

Vanwege de onzekerheid over de ontwikkeling van voertuig- en infrastructuurtechniek zijn verschillende waarden aangenomen voor de voertuigtank-/accupaciteit en de vul-/laadsnelheid van tank- en laadinfrastructuur middels drie varianten: *midden*, *hoog* en *laag*. Ook voor de bezettingsgraad van de tank- en laadinfrastructuur zijn een *midden*-, *hoog*- en *laag*-variant gedefinieerd (zie Bijlage E.2 en E.3). Met name de vul-/laadsnelheid en de bezettingsgraad hebben een belangrijke invloed op het aantal benodigde tank- en laadpunten.

²⁴ Een batterij-elektrisch voertuig maakt 2,3 keer meer kilometers per MJ, en H₂-brandstofcelvoertuig 1,8 keer meer kilometers per MJ.

In deze paragraaf worden de resultaten geven voor de middenvariant, met de aannames voor infrastructuur zoals gegeven in Tabel 18. In Bijlage F zijn ook de resultaten gepresenteerd wanneer de voertuigtechniek en infrastructuurtechniek een lage of hoge ontwikkeling heeft doorgemaakt tot 2030 (varianten *laag* en *hoog*). Dit om een boven- en ondergrens aan te geven voor de additioneel te ontwikkelen infrastructuur.

Tabel 18 - Aannames voor infrastructuurtechniek en bezetting van de middenvariant

Infrastructuur	Vul-/laadsnelheid	Bezettingsgraad (% per 24u bezet)
Brandstofdispenser	90 liter/minuut	2%
LNG-dispenser	50 kg/minuut	2%
Reguliere lader (150 kW)	2,5 kWh/minuut	30%
Snellader (350 kW)	5,8 kWh/minuut	8%
Compressed H ₂ -dispenser	5 kg/minuut	8%

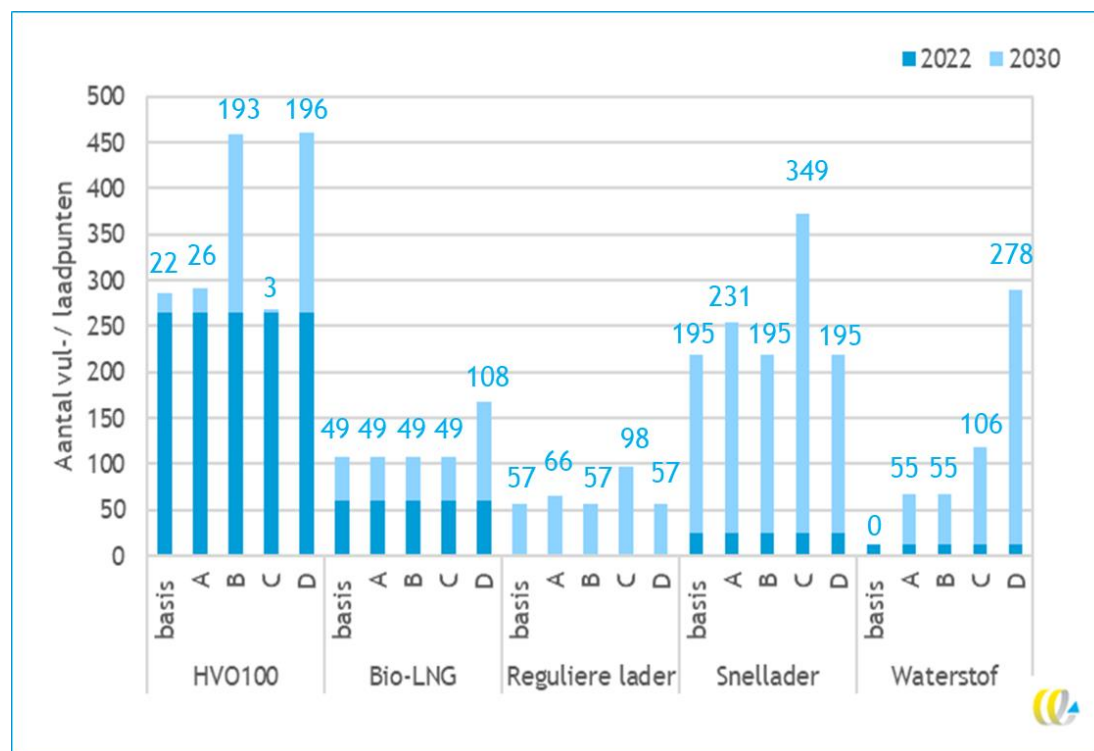
In Figuur 19 zijn de uitkomsten van de AFI-module weergegeven voor heel Nederland. In Figuur 20 t/m Figuur 24 zijn de uitkomsten geprojecteerd op de kaart van Nederland. In staafbalken is steeds bovenop grijze balkjes met de bestaande infrastructuur aangegeven hoeveel extra vul- en laadpunten ten opzichte van 2022 er in 2030 nodig zijn in de verschillende scenario's.

We komen tot de volgende resultaten:

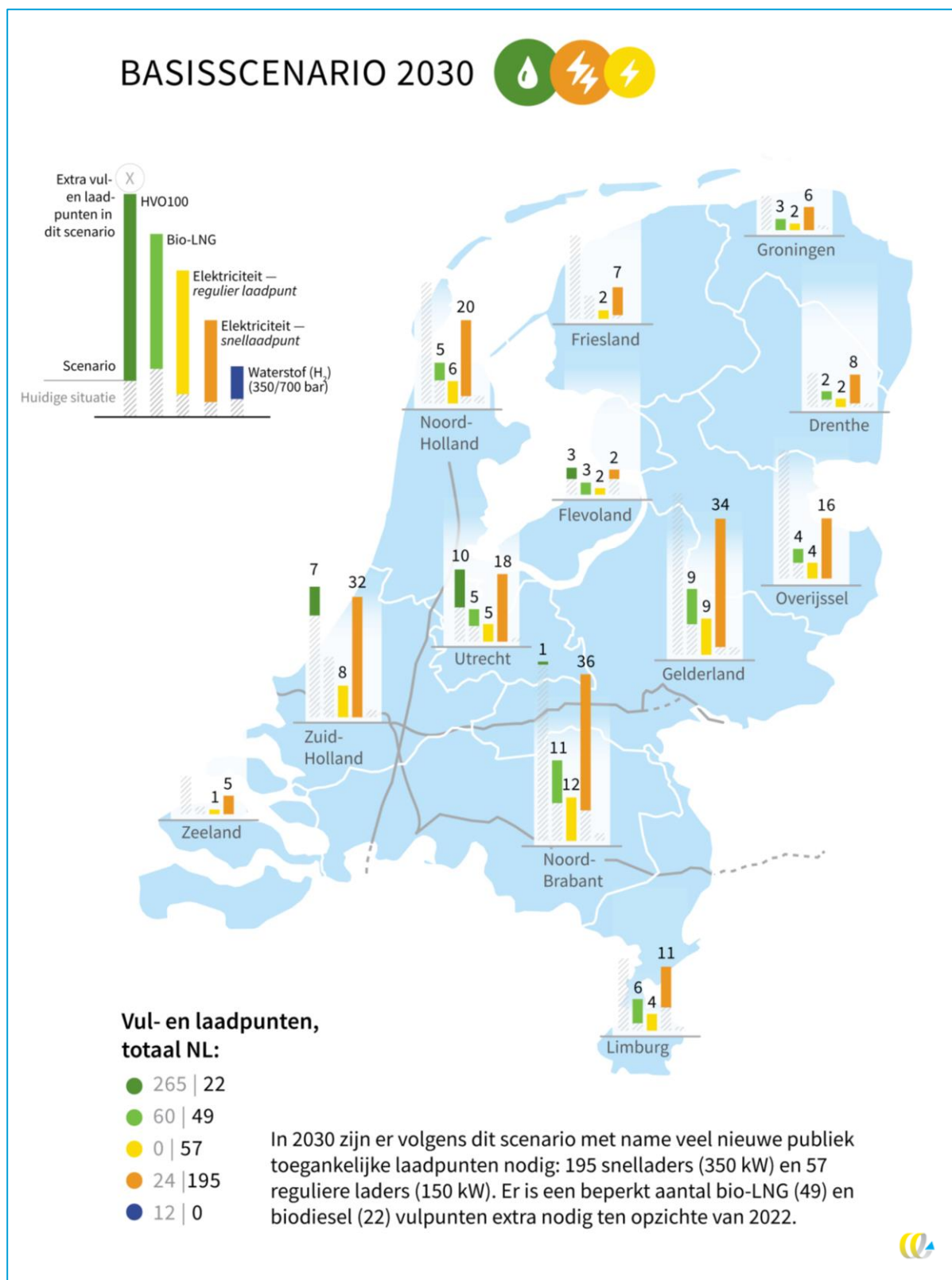
- In het basisscenario, Scenario A en Scenario C leidt de hoeveelheid gevraagde HVO100 niet tot een aantal extra te realiseren HVO100-vulpunten. Hierbij is de aanname gemaakt dat de bestaande HVO20- en HVO30-vulpunten kunnen worden omgezet en geschikt gemaakt voor levering van HVO100. Tankexploitanten hebben aangegeven dat dit geen grote investeringen of fysieke aanpassing vereist van bestaande tanks en infrastructuur. Slechts aanduidingen op het vulpunt en enige IT-technische instellingen zullen veranderd moeten worden, wat slechts een kleine inspanning vereist.
- De veronderstelde afzet van bio-LNG leidt tot een behoefte van 46 extra vulpunten in 2030 en in scenario D van 108 vulpunten bovenop de bestaande 108 vulpunten voor LNG.
- Het aantal benodigde publiekelijk toegankelijke reguliere laders komt uit tussen ongeveer 50 en 100. Het aantal publiekelijk toegankelijke snelladers dat additioneel moet worden gerealiseerd, zit tussen 200 en 350. Bij het interpreteren van deze getallen is het belangrijk om in acht te nemen dat ruim 90% van de energievraag van elektrische logistieke voertuigen met depotladers zal worden voldaan.
- De behoefte voor additionele vulpunten voor gecomprimeerde waterstof laat grote verschillen zien tussen de scenario's. In het geval dat waterstof zich niet ontwikkelt tot een regulier gebruikte energiedrager, hoeven er geen (0) additionele vulpunten te worden gerealiseerd. In het uiterste geval dat 5 PJ van de totale energievraag waterstof bedraagt, is de additionele behoefte ongeveer 280 waterstofvulpunten (Scenario D).

De energiebehoefte is verdeeld aan de hand van de voertuigkilometers van het logistieke verkeer in de provincies. De provincies met het hoogste aandeel van de voertuigkilometers zijn Noord-Brabant, Gelderland en Zuid-Holland. Daarom zal ook de additionele behoefte voor vul- en laadpunten in deze provincies het grootst zijn ten opzichte van de additionele behoefte in andere provincies.

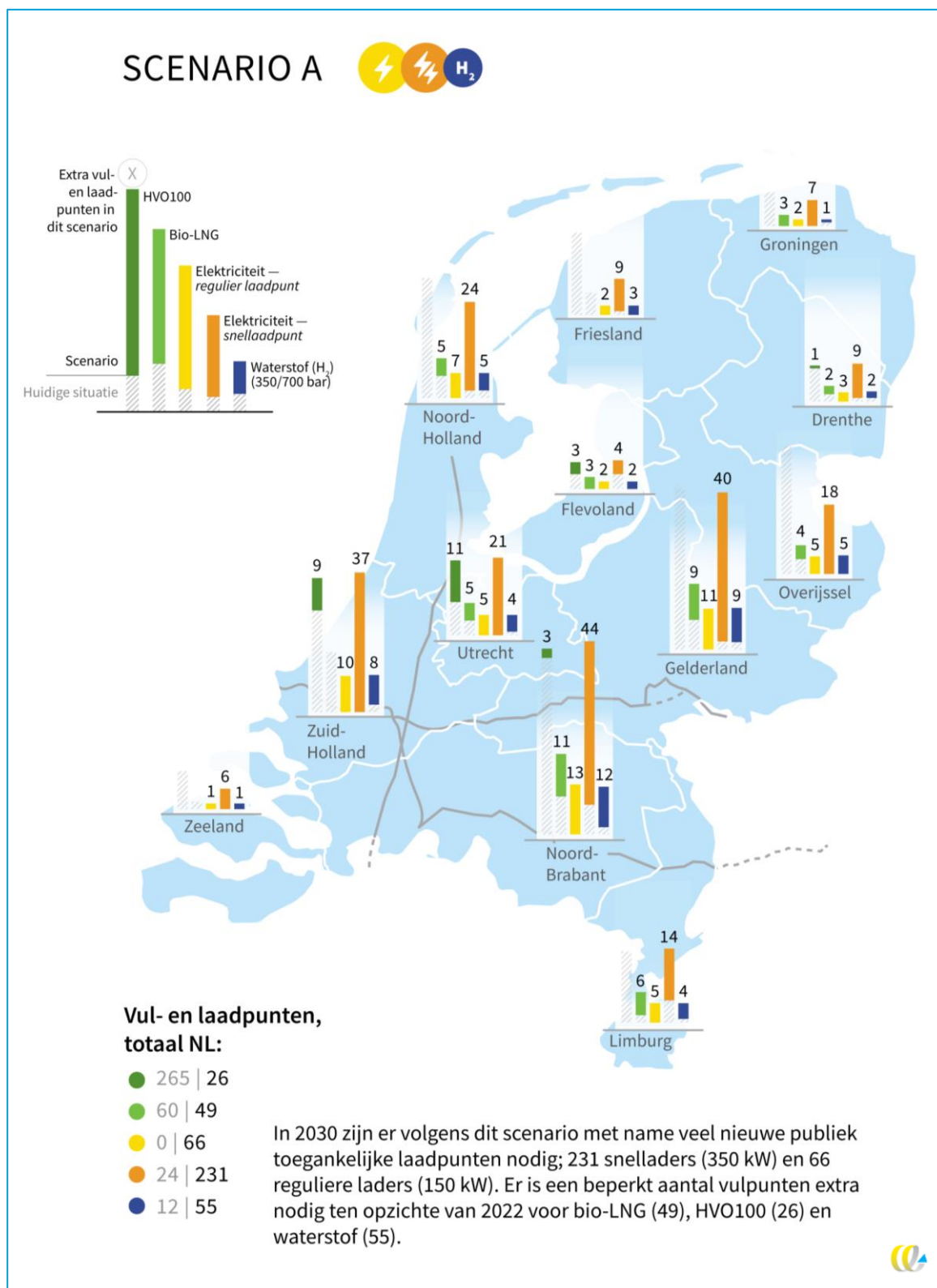
Figuur 19 - Overzicht van huidig aantal (2022) en extra benodigde vul- en laadpunten ten opzichte van 2022 voor zwaar wegvervoer in 2030, per scenario, voor Nederland totaal



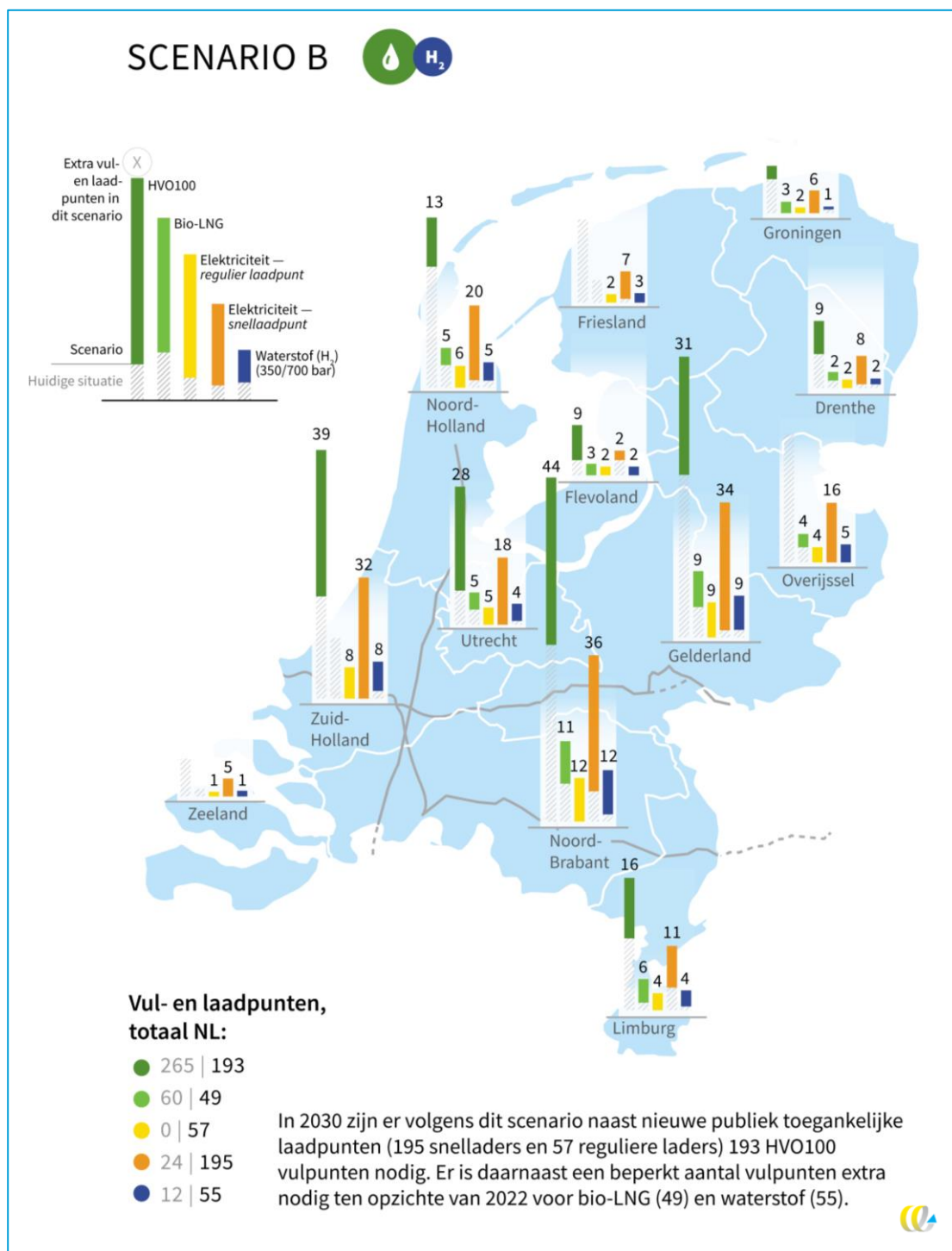
Figuur 20 - Behoefte aan aanvullende tank- en laadpunten voor vrachtauto's in het basisscenario, per hernieuwbare energiedrager en provincie



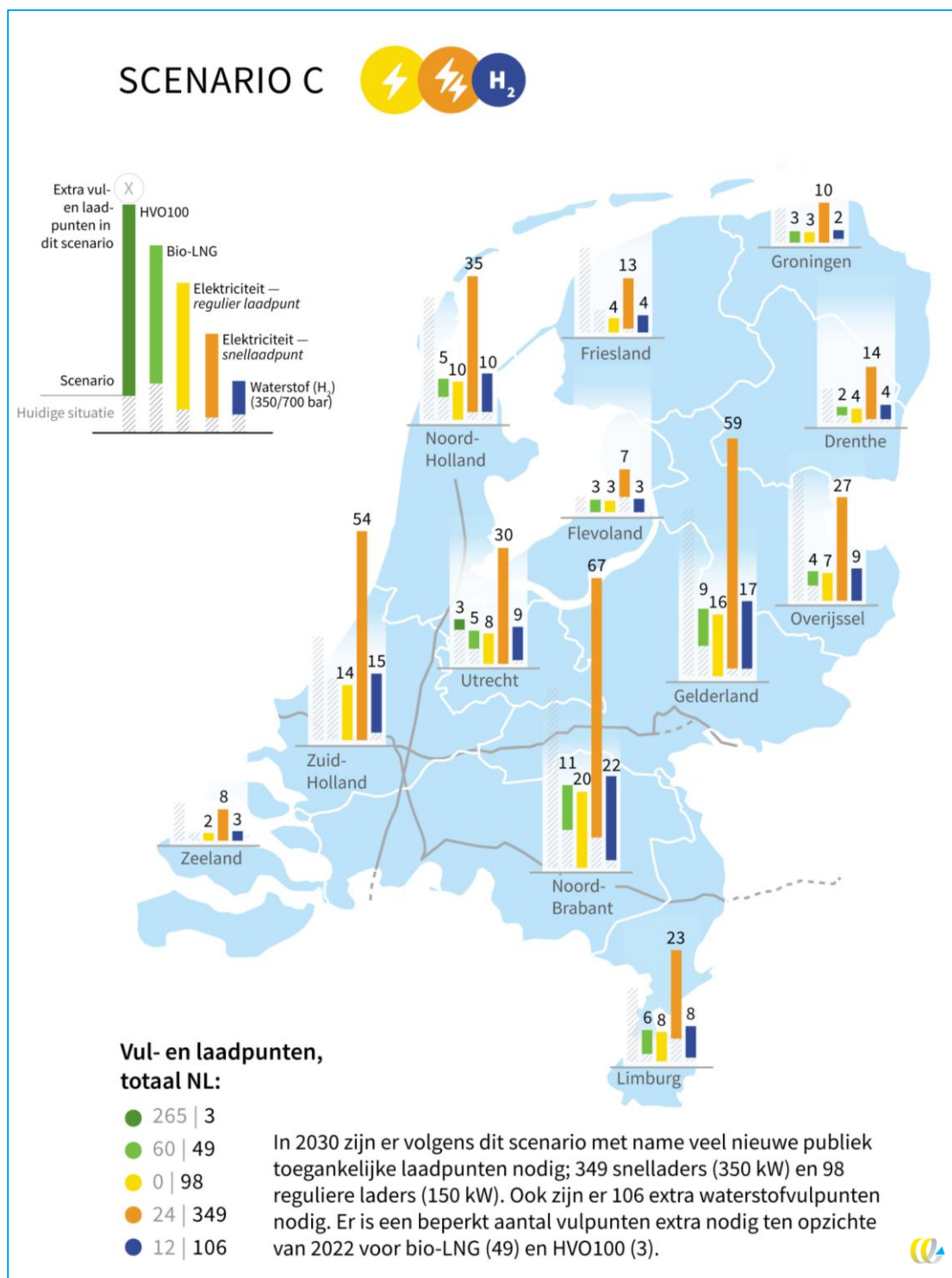
Figuur 21 - Behoefte aan aanvullende tank- en laadpunten voor vrachtauto's in Scenario A, per hernieuwbare energiedrager en provincie



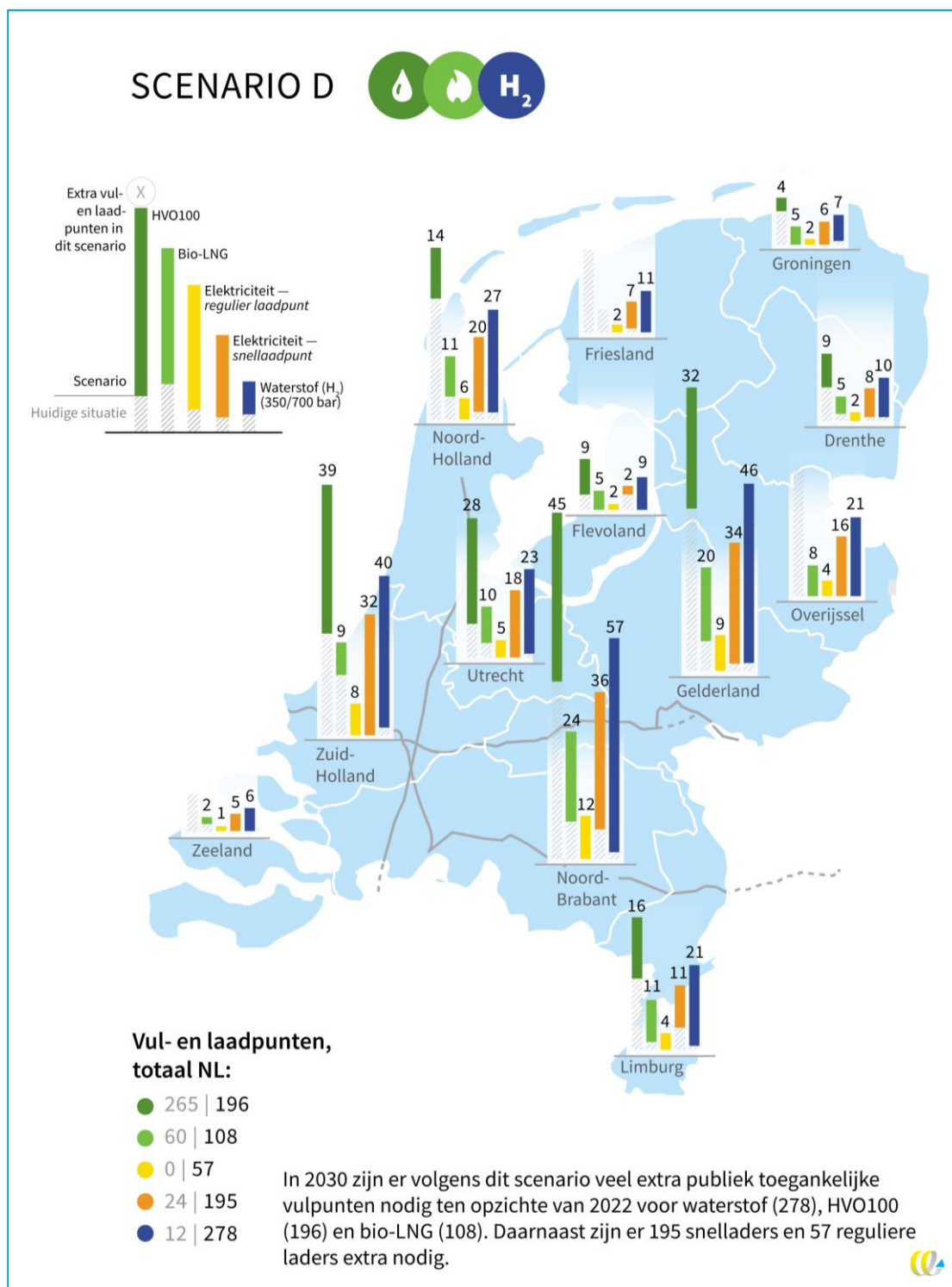
Figuur 22 - Behoefte aan aanvullende tank- en laadpunten voor vrachtauto's in Scenario B, per hernieuwbare energiedrager en provincie



Figuur 23 - Behoefte aan aanvullende tank- en laadpunten voor vrachtauto's in Scenario C, per hernieuwbare energiedrager en provincie



Figuur 24 - Behoefte aan aanvullende tank- en laadpunten voor vrachtauto's in scenario D, per hernieuwbare energiedrager en provincie



Binnenvaart

In deze sectie zetten we kwalitatief uiteen welke vooruitzichten er zijn in de tank- en laadinfrastructuur ten behoeve van de inzet van hernieuwbare energiedragers in de binnenvaart.

In het Klimaatakkoord is de doelstelling opgenomen om in de binnenvaart 5 PJ aan hernieuwbare energie in te zetten in 2030. Eerdere plannen om dit te realiseren via de jaarverplichting en latere plannen om dit te doen via de reductieverplichting, zijn uitgesteld (PBL, 2022). De gedachte is nu dat in het Klimaatakkoord de inzet van hernieuwbare brandstoffen in de binnenvaart wordt geïnstrumenteerd bij de implementatie van de gewijzigde Europese richtlijn voor hernieuwbare energie (RED III). In de KEV 2022 wordt daarom aangenomen dat de 5 PJ niet zal worden gehaald in 2030, maar eerder 2 PJ hernieuwbare energie (PBL, 2022).

Er zijn verschillende opties om invulling te geven aan de inzet van hernieuwbare energie in de binnenvaart. Voor 2030 wordt voornamelijk gedacht aan bio-LNG, batterij-elektrische aandrijving, waterstof en biodiesel (FAME en HVO). Voor e-fuel, waaronder ook ammoniak en methanol is het de verwachting dat deze in 2030 nog geen grote rol zullen spelen.

Bio-LNG

In 2021 waren er 23 binnenvaartschepen die varen op LNG (TNO, 2022b). Er zijn op dit moment, behalve vanuit Shell, geen andere initiatieven bekend in Nederland om nieuwe schepen op LNG te laten varen. Shell heeft aangekondigd 40 LNG-schepen aan hun eigen vloot toe te willen voegen (Shell, 2020). Deze bestaande en geplande LNG-schepen kunnen ook op bio-LNG varen, omdat bio-LNG vrijwel identiek is aan fossiel LNG (TNO, 2020). Op dit moment zijn er zeven locaties (Eemshaven, Amsterdam, Doesburg, Rotterdam (2x), Moerdijk en Vlissingen) waar LNG en dus ook bio-LNG gebunkerd kan worden (Bio-Lng Platform, 2023). TNO verwacht dat dit aantal locaties voldoende is om ook aan de toekomstige vraag te voldoen (TNO, 2021a), die voor bio-LNG op maximaal 0,8 PJ wordt ingeschat voor 2030 (TNO, 2020).

Batterij-elektrische aandrijving

In 2030 zullen er naar verwachting ook een aantal binnenvaartschepen met een batterij-elektrische aandrijving in de vaart zijn. Op dit moment zijn er voornamelijk plannen voor containerschepen met batterijcontainers. Een belangrijk initiatief zijn de batterijcontainers van [Zero Emission Services \(ZES\)](#), welke momenteel het binnenvaartschip de Alphenaar voorziet van energie om heen en weer te varen tussen Alphen aan den Rijn en Moerdijk²⁵. Op dit moment worden de containers opgeladen in Alphen aan den Rijn en op termijn wordt ook gedacht aan een laadstation in Moerdijk. ZES heeft subsidie gekregen uit het Nationaal Groeifonds om uit te breiden en veertien locaties te ontwikkelen, waar batterijcontainers kunnen worden opgeladen. De ambitie van ZES is dat door het hele land in havens en containerterminals langs de drukst bevaren binnenvaartroutes deze containers beschikbaar zijn, zoals weergegeven in Figuur 25.

In het Klimaatakkoord is een doelstelling van 150 zero-emissieschepen voor 2030 opgenomen, die ofwel batterij-elektrisch of op waterstof varen. Omdat batterij-elektrische schepen nog een beperkte actieradius hebben, is de verwachting dat toekomstige schepen actief zullen zijn op vaste vaartroutes met een relatief beperkte afstand, net zoals de

²⁵ Zie [hier](#) voor meer info over het batterijcontainerschip.

Alphenaar. Het totale elektriciteitsgebruik van 150 schepen zal naar onze schatting in de buurt liggen van 0.5 PJ²⁶. TNO gaat uit van een iets hoger jaarlijks verbruik per schip en komt uit op 0,54 PJ voor 100 schepen (TNO, 2020).

De huidige laadstations kunnen in circa één tot twee uur met hoog vermogen (2 MW) de batterijen weer opladen. Een laadstation kan dan in de energiebehoefte van circa zes binnenvaartschepen voorzien, die vergelijkbaar zijn met de Alphenaar. Er zijn voor 150 binnenvaartschepen dan circa 25 laadstations met 2 MW capaciteit nodig.

Figuur 25 - Kaart met beoogde locaties van ZES-faciliteiten ten behoeve van het laden van energiecontainers in 2050



Bron: [Zero Emission Services](#) (2023).

Waterstof

In 2030 zijn er waarschijnlijk ook een aantal schepen op waterstof in de vaart. Het betreft mogelijk zowel schepen met een brandstofcel als schepen met dual-fuel-verbrandingsmotor.

Er zijn een aantal schepen, waaronder vrachtschip de Antonie (Nprc, 2022), containerschip De Maas (Duurzame Scheepvaart Mgz, 2021) en de tankschip mts Volendam (Scheepvaartkrant, 2021), die op dit moment gebouwd of omgebouwd worden om naar verwachting dit jaar (2023) met een brandstofcelsysteem op waterstof te gaan varen. Bij de initiatief nemers zijn er plannen om meerdere (tientallen) waterstofscheepen in de vaart te brengen (Eicb, 2020). Daarnaast zijn er ook ontwikkelingen bij motorfabrikanten om verbrandingsmotoren die (deels) op waterstof kunnen draaien en mogelijk ook een bijdrage kunnen leveren (Cbm.Tech, 2022, Schuttevaer, 2022). Indien in 2030 50 schepen gerealiseerd kunnen worden heeft TNO ingeschat dat deze een energiebehoefte hebben van

²⁶ De Alphenaar vaart dagelijks met een batterijpakket van 4000 kWh tussen Alphen aan de Rijn en Moerdijk en laat 's nachts bij (Alphens.nl, 2017). Als we aannemen dat het batterijpakket voor 80% wordt benut a 250 dagen per jaar dan wordt er jaarlijks 0,003 PJ energie verbruikt door het schip. 150 van zulke schepen verbruiken dan 0,4 PJ per jaar. Uitgaande van iets grotere afstanden lijkt 0,5 PJ per jaar realistisch.

0,56 PJ waterstof (TNO, 2020). Mogelijk is een deel van deze energiebehoefte in het buitenland en telt dit deel niet mee voor de 5PJ doelstelling. In het RH₂INE is een indicatie gegeven van mogelijke vulpuntlocaties door de binnenhavens en bestaande waterstofleidingen (zie Figuur 26). Voor de korte termijn worden echter nog maar enkele waterstofscheperen verwacht en zullen de bunkerstation waarschijnlijk op basis van het traject van de betreffende schepen worden gepositioneerd.

Figuur 26 - Indicatie mogelijke waterstofvulpuntlocaties voor binnenvaart volgens RH₂INE



Bron: bewerkt van (Rh2ine, 2023).

Biodiesel

In het overgrote deel (circa 95%) van de 5PJ hernieuwbare energiebehoefte voor binnenvaart zal naar verwachting worden voorzien door de afzet van biodiesel in een mengsel met diesel. Voor de meeste dieselmotoren kan volgens de regelgeving tot ongeveer 37% van de dieselbrandstof bestaan uit biodiesel, uitgaande van maximaal 7% FAME, in combinatie met 30% HVO (TNO, 2020). Op een totale hoeveelheid gebunkerde brandstof van 37-39 PJ (TNO, 2020), betekent dit dat via deze route ongeveer 43 PJ biodiesel kan worden afgezet. In principe kan hiervoor dezelfde infrastructuur gebruikt worden als nu voor diesel (zie Figuur 6, Paragraaf 2.4) .

6 Conclusie en discussie

6.1 Conclusie

6.1.1 Regelgeving

De wet- en regelgeving Energie Vervoer stelt via de jaarverplichting en de reductie-verplichting eisen aan de hoeveelheid hernieuwbare energie die in Nederland op de markt moet worden gebracht in 2030. Deze wet- en regelgeving geeft op dit moment uitvoering aan de Europese RED II- en Fuel Quality Directive (FQD) doelen en de doelen voor CO₂-reductie in wegverkeer in het Klimaatakkoord. Momenteel wordt de wet- en regelgeving herzien met oog op de herziening van de Richtlijn hernieuwbare energie (RED III), die naar verwachting per 1 januari 2025 geïmplementeerd moet zijn.

De herziening van de RED (RED III) en de implementatie daarvan in nationale wet- en regelgeving vragen om een hogere inzet van hernieuwbare energiedragers in vervoer en daarbij een aanzienlijke inzet van hernieuwbare brandstoffen van niet-biologische oorsprong (RFNBO's), doordat er sprake is van een subdoelstelling voor dit type brandstoffen.

Om de doelen voortkomend uit de RED en ook andere nationale doelen uit het Klimaatakkoord te halen, moet er voldoende laad- en tankinfrastructuur aanwezig zijn om de beschikbaarheid van deze hernieuwbare energiedragers te garanderen. Een belangrijk deel van de hernieuwbare energie zal worden afgezet aan vrachtauto's en binnenvaart, die eigen infrastructuur nodig hebben.

6.1.2 Benodigde laad en tankinfrastructuur voor vrachtauto's

We hebben aan de hand vijf scenario's, een basisscenario en vier scenario's die op verschillende wijze invulling geven aan de RED III-doelstellingen, een inschatting gemaakt van de benodigde publiek toegankelijke tank- en laadpunten voor vrachtauto's in 2030:

1. **Laadpunten:** Uit alle scenario's blijkt dat er in ieder geval een groot aantal publiek toegankelijk laders (260-450) nodig zijn. Op basis van het meest recente AFIR-voorstel komen we echter uit op een nog groter aantal benodigde publiek toegankelijk laadpunten (547-835) langs de TEN-T-corridors in stedelijke knooppunten en op rustplaatsen voor vrachtauto's. Dit terwijl het grootste deel van de energievoorziening van elektrische vrachtwagens op depots zal plaatsvinden. Dit laat zien hoe groot de uitdaging zal zijn om voldoende laadinfrastructuur te realiseren. Het aantal snelladers in de scenario's komt goed overeen met het AFIR-voorstel, maar met name op rustplaatsen worden er veel meer voorzien op basis van de AFIR. Er moeten dus komende jaren hard worden gewerkt aan het uitbreiden van het aantal publiek toegankelijke laadpunten om de beoogde 16.000-24.000 batterij-elektrische vrachtauto's van elektriciteit te voorzien. Het is daarbij van belang om locaties te kiezen die bij voorkeur ook voldoen aan de AFIR-eisen, omdat anders de opgave voor de aanleg van infrastructuur mogelijk groter wordt dan de vraag naar infrastructuur, vanwege de AFIR-verplichting om op bepaalde locaties infrastructuur aan te bieden. Zeker omdat de capaciteit op het elektriciteitsnet tot 2030 beperkt is, is dat niet wenselijk.
2. **HVO100:** Voor de helft van de scenario's zijn er op dit moment al nagenoeg voldoende publieke vulpunten voor HVO100. Daarnaast is de huidige tankinfrastructuur voor fossiele diesel relatief gemakkelijk in te zetten om HVO100 aan te bieden. Vanuit de

AFIR zijn er geen extra ambities gesteld. De inspanningen voor een verdere uitrol van HVO100 en eventuele andere HVO blend is naar verwachting dus beperkt.

3. **Bio-LNG:** Voor bio-LNG wordt verwacht dat het aantal LNG-vulpunten ongeveer moet verdubbelen (55 extra). Vanuit de AFIR zijn er geen extra ambities gesteld.
4. **Waterstof:** In het algemeen heerst er nog veel onzekerheid over de rol van waterstof in de verduurzaming van vrachtauto's. De KEV 2022 (PBL, 2022) neemt aan dat waterstof nauwelijks of geen rol speelt in 2030. Het RED III-voorstel gaat echter uit van een behoorlijk hoge RFNBO-doelstelling voor Nederland. Het onderzoek omvat daarom een laag, medium en hoog scenario voor waterstof waarmee vrachtauto's een bijdrage leveren aan de verwachte RFNBO-doelstelling in de RED III. Het hoge scenario lijkt daarbij moeilijk haalbaar omdat in dat geval meer dan 12% van nieuwe aan te schaffen vrachtauto's tot 2030 geschikt moet zijn voor waterstof als brandstof terwijl de techniek in de pilotfase verkeerd. De AFIR-doelen voor waterstof (13-37 vulpunten) zijn minder ambitieus dan het lage scenario (67 vulpunten). Er zullen hoe dan ook een aantal waterstofvulpunten bij moeten komen. De implementatie van de RED III zal meer duidelijkheid geven over het ambitieniveau.
5. **Voertuigen:** De hernieuwbare energiedrager waterstof, elektriciteit en Bio-LNG, vragen om voertuigen met een alternatieve aandrijving. Het is dus van belang dat tot 2030 voldoende voertuigen worden aangeschaft om de doelstellingen voor hernieuwbare energie te halen. Dit betekent dat 20-33% van de niet aan te schaffen vrachtauto's tot 2030 een alternatieve moet hebben. Voor HVO geldt dat het in principe toepasbaar is in conventionele dieselveertuigen. Het blijft belangrijk dat de vlootontwikkelingen de komende jaren worden gemonitord in relatie tot de benodigde tank- en laadinfra om misinvesteringen te voorkomen.

6.1.3 Laad en tankinfrastructuur voor binnenvaart

Het Klimaatakkoord, en ook de Green Deal zeevaart, binnenvaart en havens (Rijksoverheid, 2017) heeft als doelstelling om 5 PJ hernieuwbare energie in de binnenvaart in te zetten. Op dit moment is de inzet van hernieuwbare energie nog niet geïnstrumenteerd via de Regeling energie voor vervoer, wat van belang is om de doelstelling te kunnen halen. Voor binnenvaart is de verwachting dat om de doelstelling te halen er veel zal worden ingezet op biodiesel, omdat de andere alternatieven om grotere veranderingen vragen op de korte termijn. Voor de inzet van biodiesel in blends met diesel zijn in principe geen aanpassingen in de infrastructuur nodig. Ook voor de extra afzet van bio-LNG lijkt geen nieuwe infrastructuur nodig. De batterij-elektrische en waterstof initiatieven zijn op dit moment nog kleinschalig en zullen in eerste instantie waarschijnlijk op vaste routes worden gerealiseerd. De locatie van de infrastructuur zal daarom vaak afhangen van het initiatief. Op de langere termijn is het de verwachting dat laadinfrastructuur gerealiseerd zal worden in de buurt van belangrijke containerterminals (batterijcontainers) en in de buurt van waterstofpijpleidingen (waterstofpunten of containers).

6.2 Discussie

De berekende hoeveelheid laad- en vulpunten is gemaakt op bepaalde aannames.

Belangrijke aannames met invloed op de resultaten zijn:

- De bezettingsgraad van de laad- en vulpunten: indien een bezettingsgraad twee maal zo hoog is, is er twee maal minder infrastructuur nodig (en andersom). De bezettingsgraad van vulpunten voor HVO100 en (bio-)LNG, zoals gemiddeld toegepast, hebben we redelijk goed kunnen valideren. De bezettingsgraad voor laadpunten en waterstof-vulpunten is echter nog erg onzeker, omdat de technologie nog maar net op de markt is. Bijlage G geeft uitkomsten voor het aantal laad- en vulpunten bij een lagere en hogere bezettingsgraad.
- Voor laadpunten is behalve de bezettingsgraad ook het vermogen van belang voor het aantal benodigde laadpunten. Indien er in plaats van 350 kW-snelladers 1 MW-snelladers komen, zal het aantal laders een derde zijn van wat is berekend, aangenomen dat de spreiding van laadstations dan nog steeds voldoende is.
- De verdeling van plekken waar geladen gaat worden heeft ook grote invloed op de uitkomst. Momenteel wordt aangenomen dat meer dan 90% wordt geladen op depot. Mocht dit echter niet mogelijk zijn, of laden met MW-chargers blijkt toch aantrekkelijker dan een eigen laadvoorziening, dan geeft dit andere uitkomsten.
- Voor waterstof en biobrandstoffen kan concurrerende vraag nog een belangrijke rol spelen in het aanbod. Met name voor waterstof geldt dat er ook in de industrie doelstellingen zijn om het huidige gebruik van waterstof te vergoeden. Voor biobrandstoffen is er concurrentie met onder andere zeevaart.

Literatuur

- Bio-LNG Platform.2023.Meer dan voldoende LNG-bunkerlocaties in Nederland, <https://www.nationaallngplatform.nl/meer-dan-voldoende-lng-bunkerlocaties-in-nederland/>. 16-4-2023
- CBM.TECH.2022.Volvo Penta & CMB.TECH werken samen aan dual-fuel waterstofmotoren, CBM.TECH <https://cmb.tech/nl/nieuws/volvo-penta-cmb.tech-werken-samen-aan-dual-fuel-waterstofmotoren>. 16-4-2023
- CBS Statline.2022. Kenmerken bedrijfsvoertuigen [Online] <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/71407ned/table?ts=1677858160905>.
- CE Delft, 2021a.*Alternative fuels infrastructure for heavy-duty vehicles, briefing document*, Delft: CE Delft
- CE Delft, 2021b.*STREAM Goederenvervoer 2020 (versie 2)*, Delft: CE Delft
- CE Delft, 2022a.*50% green hydrogen for Dutch industry : Analysis of consequences draft RED3*, Delft: CE Delft
- CE Delft, 2022b.*Bijmengverplichting groen gas. Ontwerptopties en effectenanalyse*, Delft: CE Delft
- CE Delft, 2022c.*Fit for 55 and 2030 milestones for maritime shipping. A pathway towards 2050*, Delft: CE Delft
- CE Delft, 2022d.*Laden voor logistiek bij beperkte netcapaciteit. Mitigerende maatregelen voor bestelauto's en vrachtwagens*, Delft: CE Delft
- CE Delft & Royal HaskoningDHV, 2020.*Bio-Scope : Toepassingen en beschikbaarheid van duurzame biomassa*, Delft: CE Delft
- Duurzame Scheepvaart MGZN.2021.Future Proof Shipping: twee op waterstof erbij, Maritiem Media <https://duurzamescheepvaart.nl/future-proof-shipping-twee-op-waterstof-erbij/>. 16-4-2021
- EC, 2021.*Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council COM/2021/559 final*, Brussels: European Commission (EC)
- EICB.2020.Waterstof in binnenvaart en short sea : een inventarisatie van innovatieprojecten, Expertise- en innovatieCentrum Binnenvaart (EICB) <https://www.eicb.nl/wp-content/uploads/2020/07/2020-07-EICB-Rapport-Waterstof-in-de-binnenvaart-en-short-sea.pdf>.
- Ekinetix, 2021.*Waterstof in mobiliteit 2030: Strategische verkenning*:
- Elaadnl, 2020.*Truckers komen op stroom De ontwikkeling van batterij-elektrische trucks in (inter)nationale logistiek in Nederland t/m 2035*: Elaadnl
- Elaadnl, 2022.*Bedrijventerreinen in beweging - Outlook Logistiek & Bedrijventerreinen*, Arnhem: ElaadNL
- Europa Decentraal.2023.Netwerken voor vervoer en transport (TEN-T), <https://europadecentraal.nl/onderwerp/vervoer/vervoersnetwerken-ten-t/>. maart 2023
- EVConsult, 2020.*Transitievisie verduurzaming wegtransport*:
- Greenpoint.2023.Greenpoint - tanklocaties, <https://www.greenpointfuels.nl/>. 18-3-2023
- H2Benelux.2023.H2Benelux - Kaart met stations, <https://h2benelux.eu/>. 7-3-2023
- LEAP24.2023.Leap24 snellaadstations - locaties, <https://leap24.eu/snellaadstations/#locaties>. 19-3-2023
- Ministerie van I&W, 2020.*Verantwoord vliegen naar 2050 : Luchtvaartnota 2020-2050*, Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W)



- Ministerie van I&W, 2022, *Presentatie resultaten subsidieregeling elektrische vrachtauto's*, marktconsultatie Living Lab HDL, Urecht Ministerie van I&W
- NEa, 2022a. *Rapportage energie voor vervoer 2021*:
- NEa, 2022b. *Rapportage Energie voor Vervoer in Nederland 2021*: Nea
- NEa. 2022c. *Referentiegegevens REV* [Online]
<https://www.emissieautoriteit.nl/onderwerpen/register/referentiegegevens>.
- NGVA Europe. 2022. NVGA - Stations map, <https://www.ngva.eu/stations-map/>. 8-11-2022
- NPRC. 2022. Minister Harbers geeft startsein eerste nieuwbouw binnenvaartschip op groene waterstof, NPRC <https://nprc.eu/minister-harbers-geeft-startsein-eerste-nieuwbouw-binnenvaartschip-op-groene-waterstof/>. 16-4-2023
- NVDB. 2023. <https://www.nvdb.org/home>.
- Panteia, 2021. *Ingroeipad zero emissie trucks*:
- PBL, 2022. *Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2022*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)
- Platform Hernieuwbare Brandstoffen. 2022. Kaart productielocaties
<https://www.hernieuwbarebrandstoffen.nl/post/een-kaart-van-productiecapaciteit-biobrandstoffen-en-e-fuels-in-nederland>.
- RH2INE. 2023. Locations of primary ports, Provincie Zuid-Holland <https://www.rh2ine.eu/>. 16-4-2023
- Rijksoverheid. 2017. C-230 Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens, Rijksoverheid
- RVO. 2022. Hernieuwbare energie vervoer - kaart: "Wilt u weten waar u biobrandstoffen kunt tanken in Nederland?", <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bio-energie/hernieuwbare-energie-vervoer>. 8-12-2022
- scheepvaartkrant. 2021. VT Group en INOVYN ontwikkelen eerste waterstof-aangedreven binnenvaartschip, scheepvaartkrant <https://www.scheepvaartkrant.nl/nieuws/vt-group-en-inovyn-ontwikkelen-eerste-waterstof-aangedreven-binnenvaartschip>. 16-4-2021
- Schuttevaer. 2022. NPS Driven sorteert voor op transitie, Schuttevaer
<https://www.schuttevaer.nl/nieuws/actueel/2022/12/08/nps-driven-sorteert-voor-op-transitie/?gdpr=accept>. 16-4-2023
- Shell. 2020. 40 LNG-BINNENVAARTSCHEPEN VOOR SHELL-VLOOT, Shell
<https://www.shell.nl/media/nieuwsberichten/2020/40-lng-binnenvaartschepen-voor-shell-vloot.html>. 16-4-2023
- Statline, C. 2023. Bedrijfsvoertuigen actief; voertuigkenmerken, regio's, 1 januari, <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/85239NED/table>. 26-3-2023
- Studio Gear Up, 2022. *Total cost of ownership of renewables in heavy-duty trucks; A first overview of fuel/powertrain combinations*:
- TNO, 2019. *Behoefte aan infrastructuur voor alternatieve energiedragers voor mobiliteit in Nederland*, Den Haag: TNO
- TNO, 2020. *Impact assessment biobrandstoffen voor de binnenvaart*: TNO
- TNO, 2021a. *Duiding van het AFIR-voorstel op de benodigde opbouw van tank- en laadinfrastructuur in Nederland*: TNO
- TNO, 2021b. *Duiding van het AFIR-voorstel op de benodigde opbouw van tank- en laadinfrastructuur in Nederland*
- TNO, 2022a. *Renewable Fuels of Non-Biological Origin (RFNBO) for transport - Exploration of options to fulfil the obligation in the Netherlands*, Amsterdam: TNO
- TNO, 2022b. *TNO Kennisinbreng Mobiliteit voor Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2022*, Amsterdam: TNO

A Inventarisatie

In deze bijlage worden de resultaten van de inventarisatiefase uitgebreider beschreven dan in Hoofdstuk 2. In Bijlage A.1 wordt een overzicht gegeven van de historisch ingeboekte hernieuwbare energie, in Bijlage A.2 wordt een overzicht gegeven van de huidige laad- en tankinfrastructuur en verwachte ontwikkelingen. De bijlage sluit af in Bijlage A.3 met een overzicht van factoren die invloed hebben op de toekomstige energiemix.

A.1 Historische ingeboekte hernieuwbare energie

In deze paragraaf wordt informatie gepresenteerd over de inzet van hernieuwbare energie in vervoer. Er is voornamelijk gekeken naar het marktinstrument Energie voor vervoer (bekend als de jaarverplichting), dat in belangrijke mate de ontwikkeling van hernieuwbare Energie voor vervoer in Nederland stuurt. Hoewel de gegevens geen inzicht bieden in tank- en laadinfrastructuur per regio, geeft het wel een beeld van het onderliggende beleid en de historische trend bij de ontwikkeling van hernieuwbare Energie voor vervoer in Nederland. Hiernaast zijn de gegevens nuttig bij het inschatten en opstellen van energiemixscenario's.

Eerst zal er een overzicht worden gegeven van de beleidsdoelen en het gerelateerde markt-instrument, vervolgens gaan wij in op de historische trends en de betekenis daarvan voor het onderzoek naar de tank- en laadbehoefte.

A.1.1 Energie voor vervoer

De EU heeft in 2009 de Richtlijn hernieuwbare energie aangenomen met onder andere een verplichting voor lidstaten om in 2020 minimaal 10% hernieuwbare energie in vervoer toe te passen. Om te voldoen aan deze Europese verplichting, is in Nederland het marktinstrument Energie voor vervoer in het leven geroepen. Het marktinstrument wordt niet voorgeschreven door Europese regelgeving en elke lidstaat kan zelf bepalen op welke wijze de doelstellingen worden gehaald. Ook voor het realiseren van de doelstellingen van de RED II (de opvolger van de RED), de FQD en het Klimaatakkoord, wordt gebruik gemaakt van het marktinstrument Energie voor vervoer. Op sommige punten gaan de doelstellingen binnen Energie voor vervoer verder dan de Europese verplichtingen.

Twee centrale onderdelen van Energie voor vervoer zijn de jaar- en reductieverplichtingen, die gelden voor bedrijven die brandstoffen leveren aan de Nederlandse vervoersmarkt (meer dan 500.000 liter op jaarbasis). Zij zijn verplicht om een jaarlijks toenemend aandeel hernieuwbare brandstoffen op de markt te brengen. Het verplichte aandeel loopt stapsgewijs op van 17,9% in 2022 tot 28,0% in 2030, wat ongeveer een verdubbeling is van de doelstelling uit de RED II. Hiernaast bestaat er een reductieverplichting die bedrijven verplicht om over de hele keten de broeikasgasuitstoot (op basis van de energie-inhoud) met 6% te verminderen ten opzichte van 2010.

A.1.2 Hernieuwbare brandstofeenheden

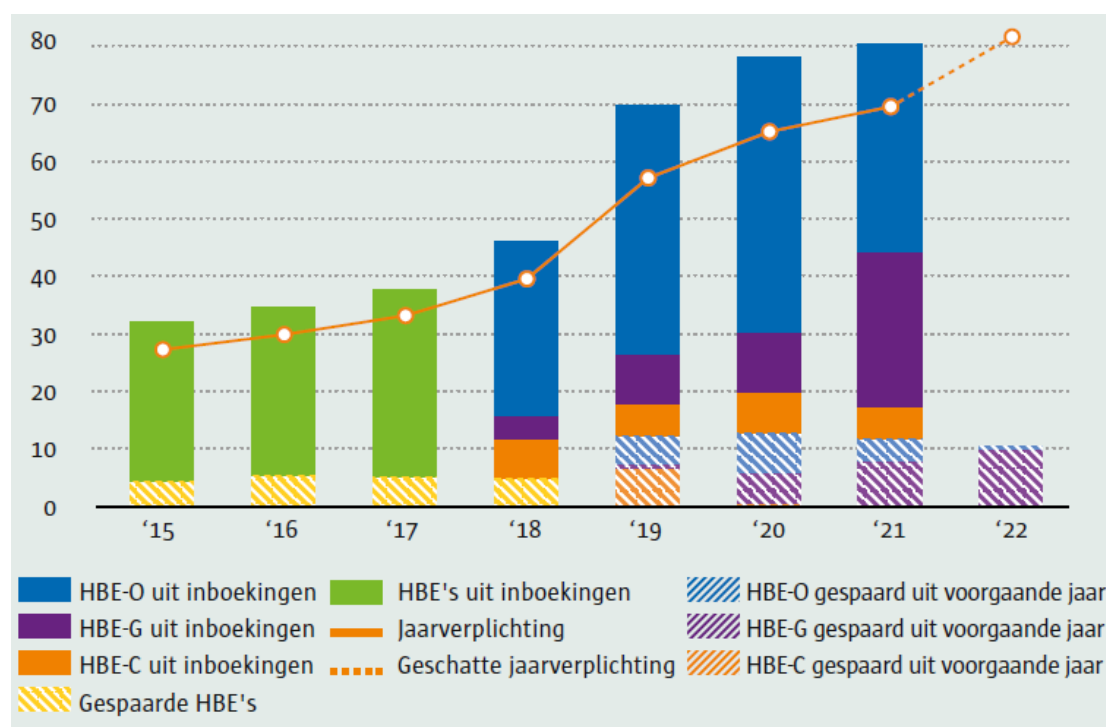
Om aan de verplichtingen te voldoen, dienen bedrijven elk jaar hernieuwbare brandstofeenheden (HBE's) in te leveren bij de Nederlandse Emissieautoriteit (NEa). Een HBE staat voor 1 GJ hernieuwbare energie en een bepaalde reductiebijdrage, die elk jaar door de Nea wordt vastgesteld. Sinds 2018, bestaan er verschillende soorten HBE's afhankelijk van de

grondstof, sommige tellen dubbel voor het behalen van de doelstellingen, voor andere geldt een limiet. HBE-Geavanceerd (HBE-G) ontstaat uit inboekingen van biobrandstoffen op basis van geavanceerde afvalstromen en residuen (Annex IX-a uit de RED II). De HBE-conventioneel (HBE-C) wordt gecreëerd door inboekingen van biobrandstoffen op basis van landbouwgewassen. De HBE-overig (HBE-O) ontstaat door inboekingen van elektriciteit en biobrandstoffen op basis van gebruikt frituurvet en dierlijk vet (Annex IX-b uit de RED II).

HBE's kunnen verhandeld worden en krijgen zo een marktprijs. De HBE's met dubbeltelling zijn daarom aantrekkelijk voor marktpartijen en zorgen dus ook voor een duidelijke impuls voor de dubbeltellende grondstoffen.

Partijen kunnen ook HBE's sparen en gebruiken voor de verplichting van het volgende jaar. Zonder gespaarde HBE's werd er in 2021 (met dubbeltelling) bijna 70 miljoen GJ hernieuwbare energie ingeboekt, wat neerkomt op 37,6 miljoen GJ fysieke energie (Nea, 2022a).

Figuur 27 - Historisch verloop van ingeboekte HBE's (in miljoenen) en de jaarverplichting. De hoeveelheid ingeboekte HBE's is inclusief dubbeltelling (Nea, 2022b)



HBE-O = Biobrandstof gebaseerd op Annex IX Part B grondstoffen, biobrandstof gebaseerd grondstoffen die niet zijn genoemd in de RED en elektriciteit; HBE-G = Biobrandstof gebaseerd op Annex IX Part A grondstoffen; HBE-C = Biobrandstof geproduceerd uit gewassen.

A.1.3 Inzet van hernieuwbare energie in vervoer

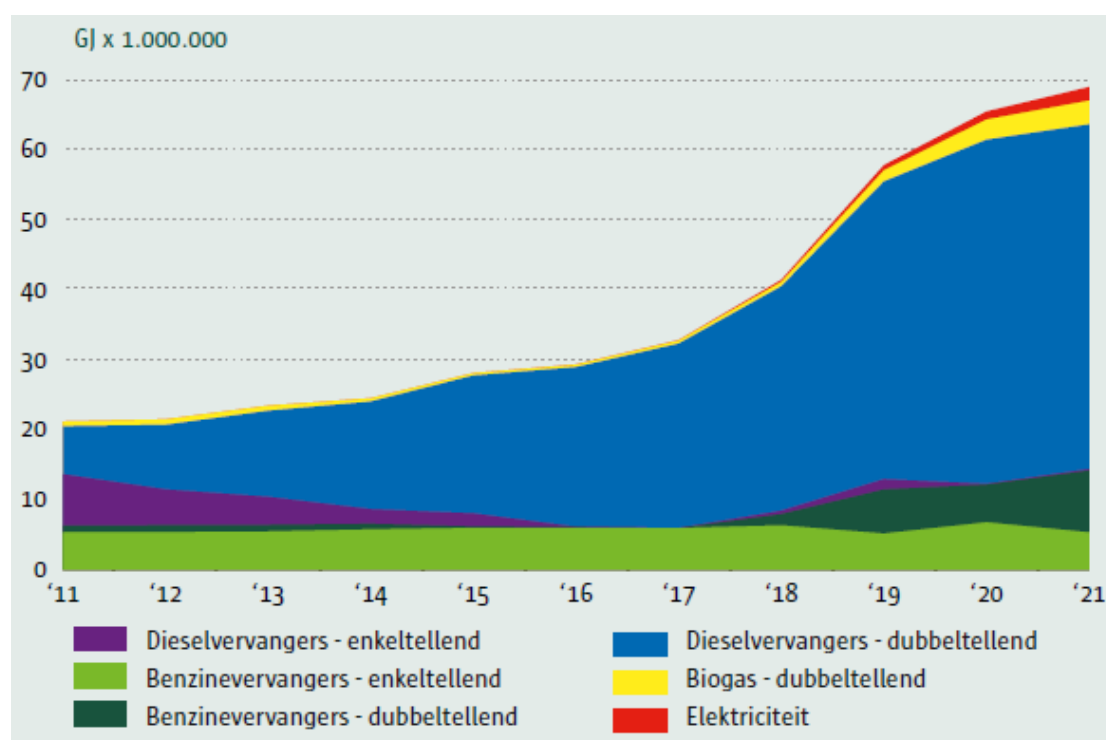
HBE's hebben betrekking op de grondstof en zeggen nog niet veel over de precieze inzet. In Figuur 28 is weergegeven om welke brandstofvervanger het uiteindelijk gaat. Er komt naar voren dat dubbeltellende dieselvangers in de loop van tijd de overgrote meerderheid van de berekende energie-inhoud voor hun rekening zijn gaan nemen. Het overwicht van dieselvangers op basis van energie-inhoud komt ook doordat er meer grondstoffen

die in aanmerking komen voor dubbeltelling geschikt zijn voor dieselvevangers, en daarnaast heeft diesel een hogere energiedichtheid dan benzine. De dieselvevangers die in de zeevaart worden ingezet (en stookolie, gasolie of diesel) vervangen, vallen in de figuur onder dieselvevangers.

Benzinevervangers bestonden in 2021 bijna volledig uit bioethanol, met nog een klein deel bionafta, en dieselvevangers bestonden voor ongeveer 80% uit FAME en een 20% uit HVO. Sinds 2019 is HVO in opkomst, hiervoor bestonden dieselvevangers zo goed als volledig uit FAME. Zoals in voorgaande jaren bestond het grootste gedeelte van de grondstof van FAME, HVO en bionafta uit gebruikt frituurvet, met tevens een klein deel afvalwater van palmoliemolens. Bij bioethanol en biogas was de oorsprong van de grondstof veel diverser, en bestond het onder andere uit laagwaardige zetmeelslurrie, mais, stedelijk afval en zuiveringsslib.

Figuur 28 geeft voor gasvormige en vloeibare biobrandstoffen in transport een volledig beeld, maar dit geldt niet voor elektriciteit. Niet alle elektriciteit wordt namelijk ingeboekt in het register Energie voor Vervoer, zoals bevoordeeld thuis geladen elektriciteit. Alleen ondernemingen die elektriciteit aan vervoer leveren kunnen dit registreren, maar zijn het niet verplicht. Nog niet alle ondernemingen registreren de elektriciteit maar de verwachting is dat dit er wel steeds meer worden vanwege de waarde die de HBE's hebben (Nea, 2022b).

Figuur 28 - Bijdrage van verschillende soorten hernieuwbare Energie voor vervoer (op basis energie-inhoud, inclusief dubbeltelling)



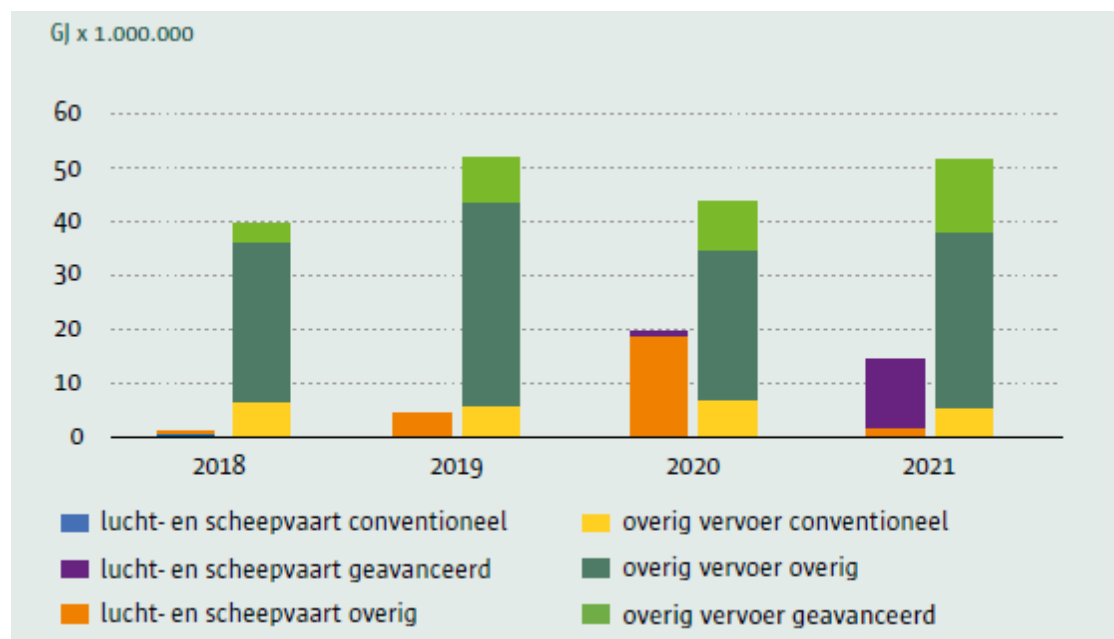
Bron: (Nea, 2022a).

A.1.4 Inzet per vervoersmodaliteit

Sinds 2018 wordt er bij het inboeken van biobrandstoffen onderscheid gemaakt tussen leveringen aan binnen-, zee- en luchtvaart en overig vervoer. Sinds 2020 is het onderscheid van de eerste categorie gespecificeerd naar binnen- en zeevaart. Bij overig vervoer kan het gaan om wegvervoer, spoorwegen, mobiele machines, landbouwmachines of pleziervaart. De energie-inhoud van biobrandstoffen werd in 2021 voor 99% ingezet voor overig vervoer (77%) en zeevaart (22%). Van de categorie overig vervoer kan alleen van de benzine-vervangers gesteld worden dat het aan het wegvervoer wordt geleverd (vanwege het feit dat benzine bijna uitsluitend in het wegvervoer wordt verbruikt). Biogas wordt ook hoofdzakelijk in wegvervoer ingezet, maar van de precieze inzet van dieselvvervangers zijn geen gegevens.

Vanaf 2021 mocht er voor de zeevaart enkel nog geavanceerde biobrandstof worden ingezet, waardoor de inzet in de sector weer afnam, zie Figuur 29.

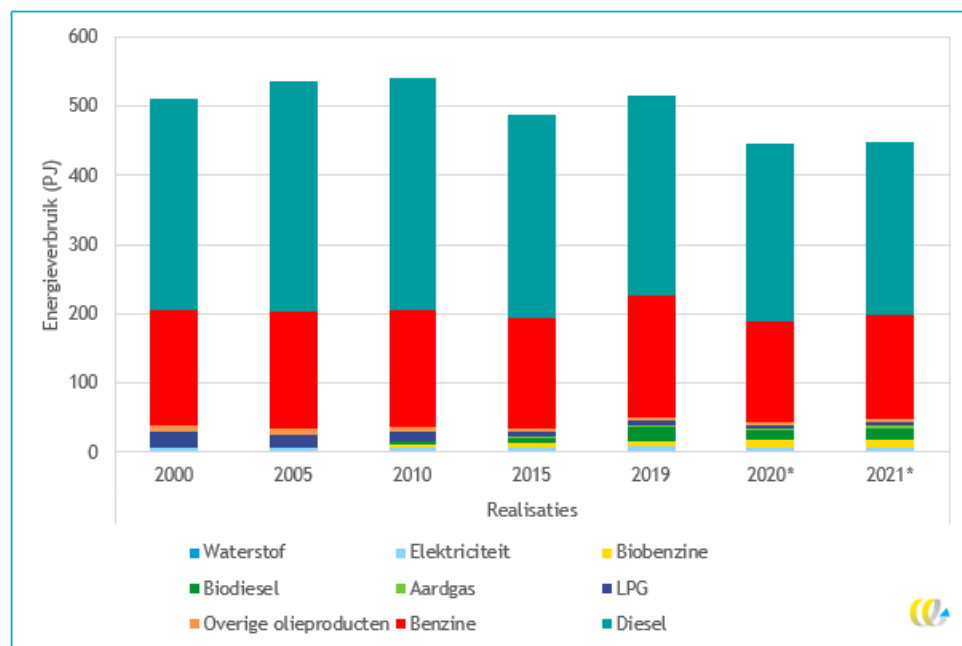
Figuur 29 - Bestemmingen van biobrandstoffen op basis van energie-inhoud



Bron: (Nea, 2022a).

Hoewel het energievolume van ingeboekte biobrandstoffen de afgelopen jaren sterk is toegenomen, is dit nog relatief weinig wanneer gekeken wordt naar het totale brandstofverbruik in mobiliteit, zelfs als de zee- en luchtvaart buiten beschouwing wordt gelaten. In Figuur 30 is de brandstofmix van mobiliteit (inclusief mobiele werktuigen maar zonder bunkers) weergegeven. Uit de figuur kan geconcludeerd worden dat fossiele brandstoffen dominant zijn en dat de bijdrage van hernieuwbare brandstoffen - met het huidige vastgestelde en voorgenoemen beleid - beperkt zijn.

Figuur 30 - Brandstofverbruik mobiliteit inclusief mobiele werktuigen, zonder zee- en luchtvaart (* is voorlopig cijfer)



Bron: (PBL, 2022).

A.2 Overzicht van bestaande publiek toegankelijke vul- en laadpunten van hernieuwbare energiedragers voor zwaar wegvervoer

De volgende tank- en laadinfrastructuur voor hernieuwbare energiedragers is momenteel operationeel in Nederland:

- **HVO-vulpunten:** via deze vulpunten wordt momenteel voor een groot deel HVO100 geleverd. Deze vulpunten leveren ook blends van HVO en diesel zoals HVO20 en HVO30. Op basis van interviews met brandstofleveranciers is voor HVO aangenomen dat er één vulpunt is (HVO100 of een blend) per station.
- **LNG-vulpunten:** via deze vulpunten is het mogelijk om bio-LNG te leveren, zowel fysiek als administratief. Dit wordt momenteel op enkele plekken aangeboden, maar de meeste LNG-vulpunten leveren vloeibaar aardgas (van fossiele oorsprong dus). Op basis van interviews met brandstofleveranciers is voor LNG aangenomen dat er twee vulpunten zijn per tankstation.
- **Laadpunten voor batterij-elektrische vrachtoetuigen:** de publiek toegankelijke laadpunten geschikt voor vrachtauto's hebben op dit moment nog beperkte vermogens variërend van 120 kW tot 200 kW. Het aantal laders per station is direct afgeleid uit de brondata. De meeste laders zijn afgelopen jaar in gebruik genomen en op dit moment is er nog geen bron die een totaaloverzicht geeft. De resultaten voor laders zijn daarom onzekerder dan voor de andere energiedragers.
- **Waterstofdispenser onder druk (compressed):** via de dispensers kan er groene waterstof worden geleverd. Momenteel leveren de meeste waterstof dispensers grijze waterstof. De huidige dispensers voor vrachtoetuigen leveren waterstof op 350 bar met circa 2 kg/minuut (slow-fill). De verwachting is dat er ook 700 bar-dispensers zullen komen. Het AFIR-voorstel stuurt hier ook op aan, evenals op vloeibare waterstof. Op basis van interviews met brandstofleveranciers is voor waterstof aangenomen dat er één vulpunt is per station.

In Figuur 22 zijn de huidige aantallen tank- en laadinfrastructuur weergegeven.

Tabel 19 - Bestaande vul- en laadpunten per provincie (publiek toegankelijk)

Provincie	HVO20 - Brandstof- dispenser	HVO30 - Brandstof- dispenser	HVO100 - Brandstof- dispenser	Bio-LNG - LNG- dispenser	Elektriciteit - Reguliere lader	Elektriciteit - Snellader	Waterstof - Compressed H ₂ -dispenser
Drenthe	2	3	4	2	0	1	1
Flevoland	2	0	2	0	0	4	0
Friesland	0	4	18	6	0	1	0
Gelderland	14	4	25	8	0	2	2
Groningen	0	1	8	0	0	0	1
Limburg	8	5	6	2	0	6	1
Noord-Brabant	10	11	26	10	0	8	2
Noord-Holland	6	2	24	6	0	2	2
Overijssel	3	3	28	4	0	0	0
Utrecht	2	4	3	4	0	0	1
Zeeland	3	4	3	2	0	0	0
Zuid-Holland	5	3	19	16	0	0	2
Totaal	55	44	166	60	0	24	12

Per type vul- en laadpunt in Tabel 19 is in Tabel 20 aangegeven op welke bron het is gebaseerd en welke aannames zijn gemaakt.

Tabel 20 - Gebuikte bronnen voor overzicht laad- en vulpunten

Type energiedrager	Bron	Aannames
HVO20 - Brandstofdispensers	(RVO, 2022)	Aanname is 1 vulpunt per station op basis van interviews met leveranciers
HVO30 - Brandstofdispensers		
HVO100 - Brandstofdispensers		
Bio-LNG - LNG-dispensers	(Ngva Europe, 2022)	Aanname is 2 LNG-vulpunten per station of basis van contact met Bio-LNG platform.
Elektriciteit - Reguliere laders	Geen bronnen voor gevonden, Zijn op dit moment nog niet operationeel (gericht op overnacht laden voor lange-afstandstransport)	-
Elektriciteit - Snelladers	(Greenpoint, 2023); (Leap24, 2023)	Aantallen laders zijn via de site te bekijken.
Waterstof - Compressed H ₂ -dispensers	(H2benelux, 2023)	Aanname is één vulpunt per station of basis van contact met leveranciers

Op basis van literatuur en interviews is de tank- en laadsnelheid van vul- en laadpunten in kaart gebracht. Tabel 21 geeft een overzicht met bronvermelding.

Tabel 21 - Overzicht van technische aspecten van alternatieve tank- en laadinfrastructuur (status begin 2023)

Energiedrager	Type tank- of laadpunt	Vul- of laadsnelheid	Vul- of laadsnelheid (MJ/minuut)	Bron
HVO blends	Reguliere brandstofdispenser	Normaal: 70 liter/ min. Snel: 100-130 liter/ min.	3.010	70: (TNO, 2019); 100-130: o.b.v. gesprekken met brandstofleverancier
(Bio-)LNG	LNG-dispenser	50 kg/minuut	2.400	(TNO, 2019) ; Platform Bio-LNG
Elektriciteit	Snellader	120 -200 kWh/uur	7,2 -12	Huidige snelladers (Leap24, 2023, Greenpoint, 2023)
Waterstof gecomprimeerd	H ₂ -dispenser (compressed)	2 kg/minuut	240	(TNO, 2019)

Daarnaast is ook de bezettingsgraad van de huidige tankinfrastructuur ingeschat (Tabel 22). Voor de laadinfrastructuur en waterstofstation is deze informatie niet goed beschikbaar. Bovendien is de verwachting dat de huidige bezettingsgraad, vanwege de recente introductie van elektrische en voertuigen die rijden op waterstof, niet representatief is voor wat het zal worden in een volwassen markt.

Tabel 22 - Bezettingsgraad (uren) van tankinfrastructuur ten opzichte van maximum afzetcapaciteit bij continue inzet (24 uur per dag)

Tankinfrastructuur	Bezetting	Bron
Brandstofdispenser	2% (bandbreedte: 0,7-15%)	In gesprekken met leveranciers wordt aangegeven dat 2 miljard (2,44 mld volgens KEV 2022) liter diesel wordt afgezet voor vrachtauto's en ongeveer 67% hiervan wordt afgezet op 500 tankstation. Per tankstation komt dit neer op ongeveer 7.500 liter per dag. Bij gemiddeld drie pompen per station is dit ongeveer 2.500 liter per pomp per dag. Bij gemiddeld 90 liter per minuut per pomp, betekent dit dat de pomp 2% van de tijd gebruikt wordt. Sommige leveranciers geven aan dat dit een factor drie te hoog is. (TNO, 2019) gaat juist weer uit van een hogere bezetting van 15%. De 2% bezetting komt ook goed overeen met het aantal vulpunten voor HVO en LNG en de geschatte brandstofafzet .
LNG-dispenser	2%	Gelijk gesteld aan diesel

Op basis van bovenstaande vulsnelheden (Tabel 21), de bezettingsgraden (Tabel 22) en het aantal ingeschatte tankpunten (Tabel 21) hebben we berekend hoeveel brandstof er naar schatting wordt afgezet per provincie en in totaal voor Nederland, zoals weergegeven in Tabel 23. Voor HVO en LNG komt de totaal berekende energie behoorlijk in de buurt van wat de KEV 2022 inschat voor het jaar 2022 (PBL, 2022). De KEV 2022 schat voor 2022 de afzet van 13 PJ biobrandstoffen voor vrachtauto's in. Exclusief circa 7 PJ biobrandstoffen die worden bijgemengd komt dit neer op 6 PJ als HVO100. Uitgedrukt in HVO100 komt het totaal aan biobrandstoffen in Tabel 23 uit op 3,7 PJ. Het verschil kan worden verklaard door afzet van circa 33% HVO100 op private depots. Voor aardgas en biogas producten gaat de KEV uit van een afzet van 1,7 PJ aan zware voertuigen in 2022. Een deel hiervan wordt afgezet aan CNG voertuigen (327 CNG-vrachtoertuigen tegenover 963 LNG; (Statline, 2023)). De 1,05 PJ lijkt daarmee ook in lijn met wat de KEV 2022 aangeeft.

Tabel 23- Geschatte huidige jaarlijkse levering hernieuwbare brandstoffen en energiedragers per provincie door publiek toegankelijke laad- en vulpunten(situatie eind 2022)

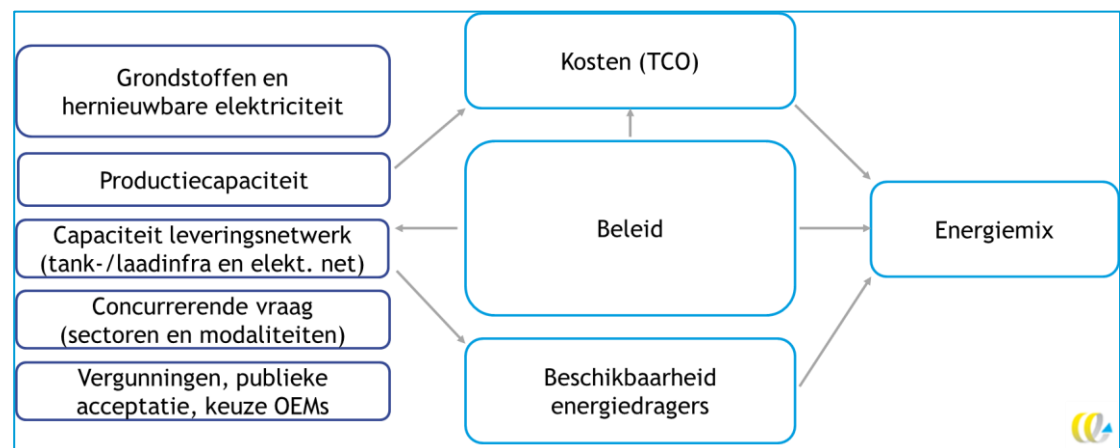
Provincie	(Bio-)LNG (Kg)	HVO100 (Liter)	HVO20 (Liter)	HVO30 (Liter)
Drenthe	730.000	1.815.100	907.500	1.361.300
Flevoland	0	907.500	907.500	0
Friesland	2.190.000	8.167.800	0	1.815.100
Gelderland	2.920.000	11.344.200	6.352.800	1.815.100
Groningen	0	3.630.100	0	453.800
Limburg	730.000	2.722.600	3.630.100	2.268.800
Noord-Brabant	3.650.000	11.798.000	4.537.700	4.991.400
Noord-Holland	2.190.000	10.890.400	2.722.600	907.500
Overijssel	1.460.000	12.705.500	1.361.300	1.361.300
Utrecht	1.460.000	1.361.300	907.500	1.815.100
Zeeland	730.000	1.361.300	1.361.300	1.815.100
Zuid-Holland	5.840.000	8.621.600	2.268.800	1.361.300
Totaal	21.900.000	75.325.400	24.957.100	19.965.800
Totaal (in PJ)	1,05	3,24	1,07	0,86

A.3 Factoren met invloed op energiemix voor goederenvervoer

A.3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de factoren beschreven die invloed uitoefenen op de energiemix van het goederen vervoer. De meeste factoren hangen in meer of mindere mate met elkaar samen. De factoren zijn schematisch weergegeven in Figuur 31.

Figuur 31 - Schematische weergave van factoren met invloed op de energiemix



De drie belangrijkste elementen die van invloed zijn op de energiemix zijn kosten (op TCO-niveau), inzet van beleid en de beschikbaarheid van energiedragers. Achter de beschikbaarheid van energiedragers staan nog een aantal andere factoren die ook weer invloed hebben op de kosten, maar beïnvloed kunnen worden door beleid. Hierna zullen de factoren afzonderlijk besproken worden.

A.3.2 Inzet van beleid

De inzet van hernieuwbare energiedragers in vervoer is hoofdzakelijk een gevolg van beleid. Aangezien de fossiele waardeketen zodanig doorontwikkeld is, zijn kosten en beschikbaarheid in dat segment zeer concurrerend.

De belangrijkste EU-richtlijn die het gebruik van hernieuwbare energie in vervoer stimuleert is de Richtlijn hernieuwbare energie (RED). Die richtlijn stelt voor elk land een doelstelling voor het aandeel hernieuwbare energie in vervoer. Bovendien bevat de RED verscheidene subdoelstellingen, begrenzings- en duurzaamheidscriteria. De lidstaten kunnen zelf bepalen hoe de richtlijn geïmplementeerd wordt en genieten ook wat betreft de energiedragers enige vrijheid. Momenteel is de RED II van kracht dat een doel bevat voor 2030. Het Fit for 55-pakket bevatte een herziening (RED III) die nog in onderhandeling is maar die verwacht wordt vanaf 2025 van kracht te worden.

De RED heeft geen specifiek doel voor het goederenvervoer maar legt de verplichting bij de brandstofleverancier. Het aanzienlijke aandeel van goederenvervoer in de volledige vervoersvraag dwingt lidstaten echter om ook beleid te voeren dat op goederenvervoer uitwerking heeft.

De RED legt lidstaten een minimumpercentage op van biobrandstoffen geproduceerd uit Annex IXa grondstoffen (3,5% in 2030). Biobrandstoffen uit Annex IXb (UCO) mogen maximaal 1,7% zijn en biobrandstoffen uit voedsel- en voedergewassen mogen niet meer dan 1 procentpunt boven het niveau van 2020 of maximaal 7% zijn. De energie-inhoud van biobrandstoffen uit Annex IX mogen twee keer mee tellen voor het doel, en elektriciteit 4 keer voor wegtransport en 1,5 keer voor spoorvervoer. Hernieuwbare brandstoffen (behalve uit voedsel of voedergewassen) geleverd aan lucht- of zeevaart mogen 1,2 keer mee tellen. RFNBOs (zoals waterstof) dienen minimaal 70% CO₂-besparing op te leveren vergeleken met fossiel.

Al deze bepalingen wegen zwaar op de leveringen van de markt en dus de uiteindelijke energiemix. Voor de precieze uitwerking dient echter gekeken te worden naar de manier waarop een lidstaat de RED heeft geïmplementeerd.

In Nederland geeft de Regeling energie voor vervoer (jaarverplichting) invulling aan de doelstellingen van de RED, maar ook aan die van het Klimaatakkoord. De jaarverplichting is ambitieuzer dan de RED maar bevat ook geen specifieke bepalingen voor het goederenvervoer. De op het goederenvervoer toegespitste doelstellingen in het Klimaatakkoord worden via andere kanalen (convenanten, speciale regelingen) gerealiseerd. In Bijlage A.1 is een uitgebreide beschrijving gegeven van de uitwerking van de jaarverplichting in Nederland.

De nulemissiezone is een ander beleidsinstrument dat sterke invloed uitoefent op de stadslogistiek. De nulemissiezone stimuleert echter geen biobrandstoffen, die door de jaarverplichting juist wel steun krijgen.

In Bijlage B zijn alle relevante beleidsdoelen voor goederenvervoer opgenomen.

A.3.3 Beschikbaarheid van energiedragers

De diversiteit aan hernieuwbare energiedragers is breder dan bij fossiele brandstoffen, waardoor de beschikbaarheid van de verschillende energiedragers minder aan elkaar gekoppeld is (zoals in de aardolieketen).

De beschikbaarheid wordt voornamelijk bepaald door vier factoren:

1. Beschikbaarheid van grondstoffen.
2. Productiecapaciteit.
3. Concurrerende vraag.
4. Capaciteit van leveringsnetwerk.

Beschikbaarheid van grondstoffen

De beschikbaarheid van grondstoffen heeft in essentie betrekking op twee niet-gerelateerde categorieën: biomassa en hernieuwbare elektriciteit. Biomassa kan uit zeer verschillende materialen bestaan en is nodig voor de productie van onder andere bioLNG, bioCNG, HVO, FAME en bio-methanol. Hiernaast kan biomassa ingezet worden voor het opwekken van groene elektriciteit. De duurzaamheid van biomassa is gereguleerd door de RED III.

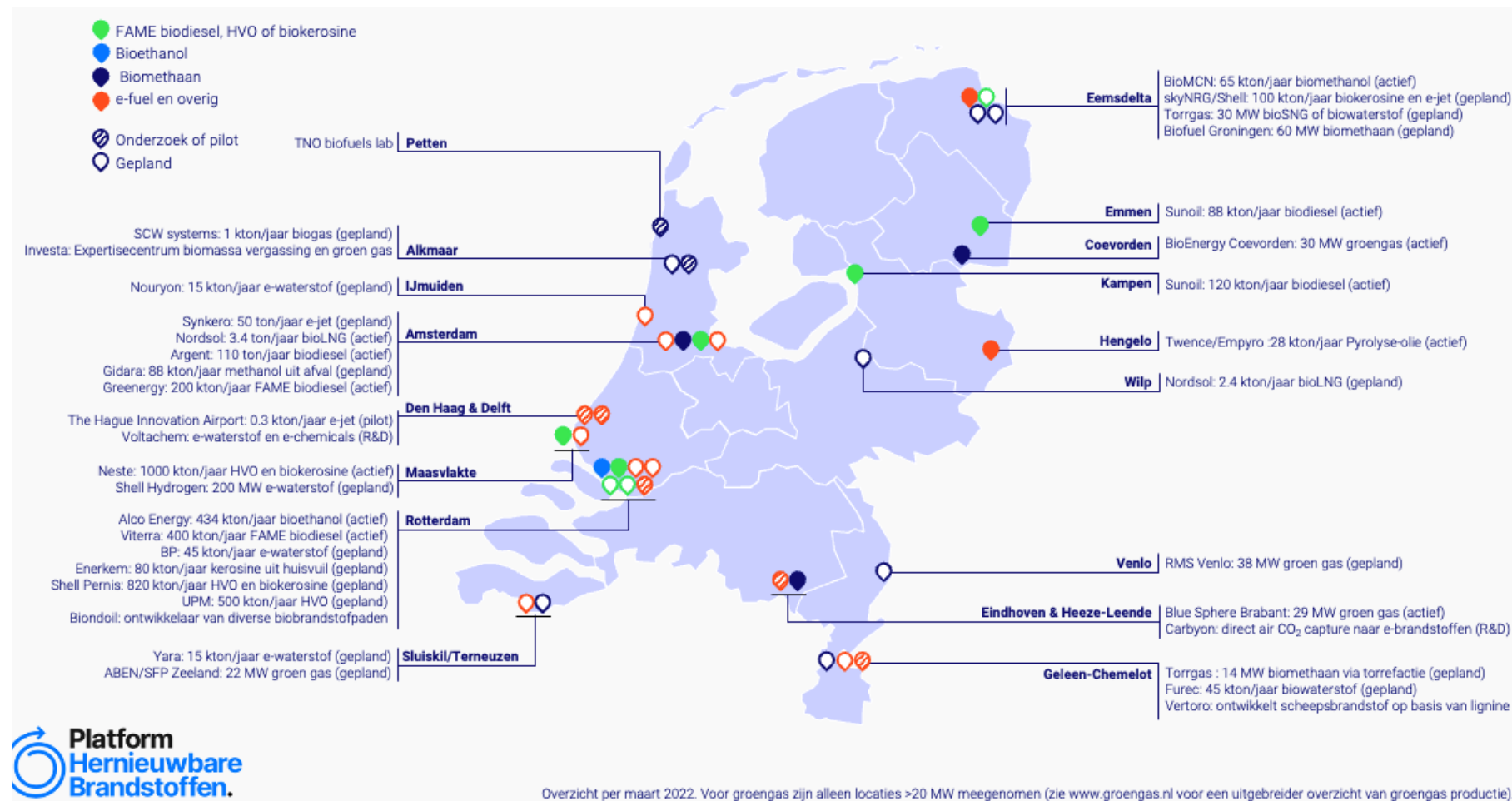
Slechts 7% van de biograndstoffen ingezet in vervoer kwam in 2021 uit Nederland, 46% werd geïmporteerd uit Azië. Stedelijk afval en zuiveringsslib (beide geavanceerd) kwamen voornamelijk uit Nederland, maar gebruikt frituurvet (de belangrijkste grondstof van HVO en FAME) kwam hoofdzakelijk uit Azië (Nea, 2022a). Gezien de beperkte beschikbaarheid van biograndstoffen in Nederland, zal dit in de toekomst ook voor het grootste gedeelte geïmporteerd moeten worden (CE Delft & Royal Haskoningdhv, 2020).

Voldoende beschikbare hernieuwbare elektriciteit is noodzakelijk voor de productie van groene waterstof en e-fuels. Bij EV speelt deze beschikbaarheid een kleinere rol, maar ook bij EV is het van belang dat er voldoende stroomproductie is en op de juiste momenten. Bovendien dient de geleverde stroom hernieuwbaar te zijn.

Productiecapaciteit

Biobrandstoffen worden geproduceerd in bioraffinaderijen die voornamelijk gelokaliseerd zijn in de industriële clusters van Nederland, zie Figuur 32. De productiecapaciteit voor biobrandstoffen in Nederland is met 1,8 Mton ongeveer 5 keer zo hoog als het volume in Nederland ingezette biobrandstoffen (Nvdb, 2023). De rest van de productie wordt voornamelijk geëxporteerd.

Figuur 32 - Actieve en geplande productielocaties biobrandstoffen en e-fuels



Bron: (Platform Hernieuwbare Brandstoffen, 2022).

Voor zowel EV als (groene) waterstof is de beschikbaarheid van hernieuwbare elektriciteit van belang. Bij EV dient dit in Nederland (of buurlanden) geproduceerd te worden. Bij groene waterstof is het mogelijk dat de productie elders plaatsvindt en dat de waterstof (bijvoorbeeld in de vorm van ammoniak) naar Nederland wordt getransporteerd. Het RED III voorstel maakt mogelijk om dit toe te rekenen aan de nationale doelstelling (mits de duurzaamheid gegarandeerd is) en de HBE-systematiek biedt producenten een aantrekkelijke financiële prikkel om groene waterstof op de transportmarkt te brengen.

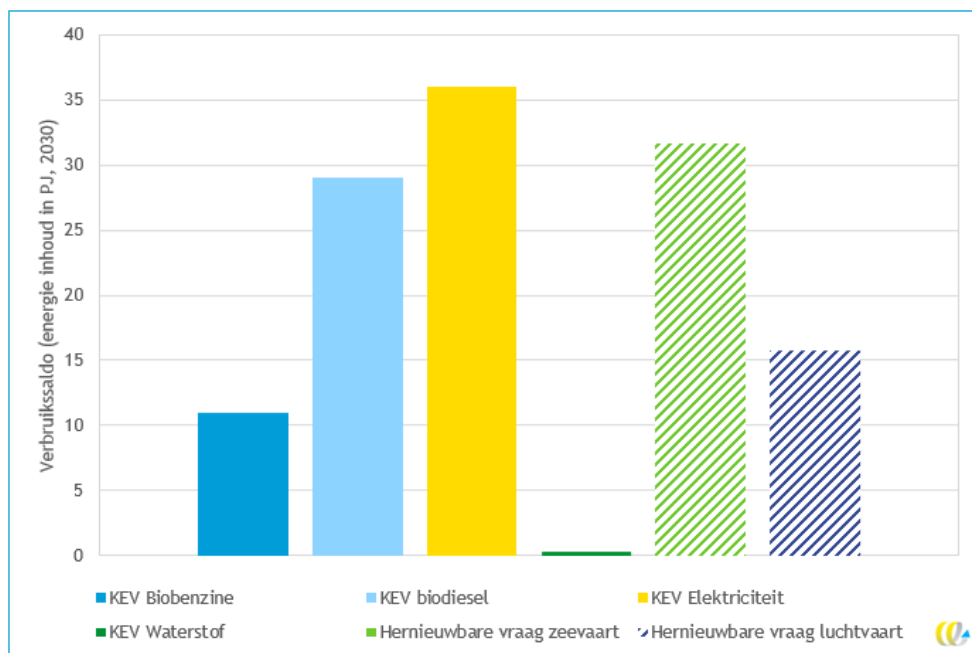
Concurrerende vraag

De energiemix in het goederenvervoer wordt ook beïnvloed door de vraag naar hernieuwbare brandstoffen bij andere modaliteiten en in andere sectoren. De andere modaliteiten zijn vooral de zee- en luchtvaart. De volumes en het verduurzamingspotentieel in die sectoren zorgt voor een omvangrijke concurrerende vraag. In de luchtvaart is SAF (Sustainable Aviation Fuel) - nog voornamelijk op basis van biomassa - in ontwikkeling en de sector heeft nog weinig andere verduurzamingsopties. Vooral na 2030 gaat de doelstelling voor SAF in de luchtvaart substantieel worden. Maar ook de doelstelling uit de Luchtvaartnota van 14% SAF in 2030 zal al concurreren met het goederenvervoer (Ministerie Van I&W, 2020). Als in de toekomst synthetische SAF een grotere rol gaat spelen kan dit concurreren met de vraag naar e-fuels en groene waterstof in het goederenvervoer.

De brandstofvraag van de zeevaart is in Nederland groter dan al het overige vervoer, inclusief wegvervoer. Verduurzaming van de sector kan dus voor een sterke vraag zorgen. Dit is weergegeven in Figuur 33, waar de potentiële vraag naar hernieuwbare brandstoffen voor lucht- en zeevaart is toegevoegd aan de verwachte consumptie hernieuwbare brandstoffen uit de KEV voor 2030.

Figuur 33 - KEV 2022 projectie 2030 voor hernieuwbare brandstoffen (vier linker staven van de figuur) vergeleken met vraag naar hernieuwbare brandstoffen in lucht- en zeevaart (twee rechtse staven).

De potentiële vraag uit de lucht- en zeevaart komen nog niet voor in de KEV. NB: vraag zeevaart is gebaseerd op 6% BKG-reductie doel uit FuelEU Maritime (en dit kan in 2030 ook (deels) met LNG worden ingevuld). Vraag luchtvaart is gebaseerd op 14% doelstelling uit Luchtvaartnota



Uit Figuur 33 komt naar voren dat de vraag uit lucht- en zeevaart samen groter is dan de verwachte consumptie van biodiesel in 2030 in het overig vervoer. Voor zeevaart noch luchtvaart is elektriciteit een optie, dus concurrentie zal voornamelijk plaatsvinden met biodiesel. Hoewel de KEV-verwachtingen voor de hernieuwbare energiedragers gebaseerd zijn op vastgesteld en voorgenomen beleid, is de vraag uit de lucht- en zeevaart afgeleid uit beleidsdoelstellingen die nog niet geïmplementeerd zijn. De vraag uit de zeevaart kan in principe in 2030 voor een groot deel via LNG gerealiseerd worden waardoor er geen concurrentie optreedt (CE Delft, 2022c). Bij de luchtvaart is dit niet het geval.

Specifiek voor (groene) waterstof kan de concurrerende vraag vanuit de industrie een rol gaan spelen. De industrie krijgt namelijk vanuit de RED III de verplichting opgelegd om in 2030 42,5% groene waterstof te gebruiken. Voor Nederland als grote waterstof verbruiker kan dit grote gevolgen hebben (CE Delft, 2022a). Voor bio-LNG geldt dat de bijmeng-verplichting groengas (1,6 bcm/56 PJ in 2030) voor de gebouwde omgeving voor een sterke concurrerende vraag kan gaan zorgen (CE Delft, 2022b).

Capaciteit leveringsnetwerk

De capaciteit en dekkingsgraad van het vul- en laadnetwerk kan ook invloed uitoefenen op de energiemix. Een transportbedrijf is immers afhankelijk van voldoende mogelijkheden om te laden of vullen op plekken langs de route. De AFID/AFIR voorziet in belangrijke mate in de behoefte aan voldoende vul- en laadstations langs hoofdwegen (TEN-T-netwerk), maar bij vrachtverkeer is de verwachting dat laden vooral op privaat terrein (bijvoorbeeld depots) zal plaatsvinden.

De verwachting is dat er vanaf 2025 een sterke toename van de vermogensvraag voor elektrische vrachtauto's zal plaatsvinden. De meerderheid van deze vraag zal gelden voor private laadpunten en derhalve tijdens de nachtelijke uren. Laadvermogen bij publiek toegankelijke snellaadpunten is nodig tijdens de werkdag. Een relatief kleine vermogensvraag is gelokaliseerd op gedeelde laadhubs en truckparkings (Elaadnl, 2020). Dankzij de HBE's hoeven snelladers voor zware voertuigen bij een redelijke dekkingsgraad waarschijnlijk geen onrendabele top te hebben (TNO, 2021b). Belangrijke voorwaarde daarbij is natuurlijk ook een betaalbare netaansluiting.

Door piekvraag en beperkte infrastructuur kan er wel netcongestie optreden op het stroomnet. Dit is een uitdaging die met behulp van verschillende maatregelen verholpen zou kunnen worden (CE Delft, 2022d). Netbeheerders zouden het net kunnen verzwaren maar ook individuele bedrijven kunnen maatregelen treffen.

Biobrandstoffen kunnen gebruik maken van de bestaande infrastructuur en de toepassing ervan is dus minder gekoppeld aan de beschikbaarheid van het leveringsnetwerk.

Voor uitvoering van het AFIR-voorstel (stand half april 2023) zullen er in Nederland in 2030 minimaal 13-37 waterstofstations gerealiseerd moeten zijn op 2-26 stedelijke knooppunten en langs de TENT-T corridors. Momenteel zijn er 12 H₂-vulpunten geschikt voor vrachtauto's. Volgens Ekinetix (Ekinetix, 2021) zijn er meer waterstofvulpunten voor vrachtauto's nodig; in 2025 al 15-20 stations en in 2030 minimaal het dubbele. Voor elektrisch laden moeten er in 2030 25 locaties van 3.600 kW zijn langs hoofdwegen, 26 locaties van 1.500 kW langs het

uitgebreide TEN-T-netwerk en 44 locaties met 100 kW laders op bewaakte rustplaatsen (TNO, 2021b)²⁷.

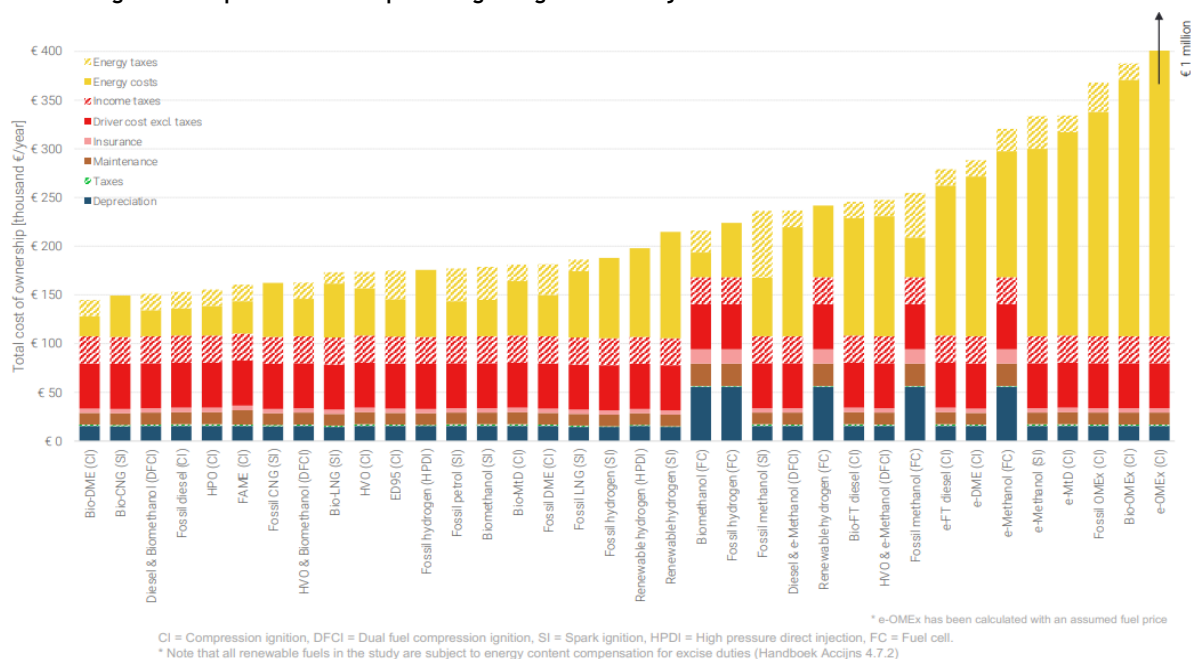
Elk stedelijk knooppunt moet volgens het AFIR-voorstel uiterlijk op 31 december 2030 over openbaar toegankelijke laadpunten voor zware bedrijfsvoertuigen beschikken met een totaal laadvermogen van ten minste 1.200 kW, geleverd door laadstations met een individueel laadvermogen van ten minste 150 kW. In de herziening van de Europese verordening over de Trans-Europese Transportnetwerken (TEN-T), die naar verwachting in 2024 in werking treedt, wordt het aantal stedelijke knooppunten aangepast. Dat zijn er nu twee in Nederland, maar er wordt voorzien dat alle steden met meer dan 100.000 inwoners een stedelijk knooppunt worden, waarmee het aantal stedelijke knooppunten in Nederland op 24 kan komen (Europa Decentraal, 2023).

A.3.4 Kosten

De belangrijkste factor voor private partijen om te kiezen voor hernieuwbare energiedragers zijn de kosten (op basis van Total Cost of Ownership). De decennialange doorontwikkeling van de aardolieketen heeft gezorgd voor een buitengewoon concurrerende transportoptie. In Figuur 34 zijn de TCO's uit 2022 (van voor de Russische inval in Oekraïne) van verschillende energiedragers voor zwaar transport gegeven. Aangezien veel weergegeven brandstoffen nog niet op grote schaal worden geproduceerd, zijn de TCO's gebaseerd op schattingen. Uit de figuur blijkt dat alleen bio-DME en bio-CNG als 100% toepassing goedkoper is dan fossiele diesel. CNG en LNG waren de afgelopen jaren juist weer iets duurder. De alternatieven die qua kostprijsniveau net iets boven fossiel liggen zijn allemaal gebaseerd op biomassa. Vooral voor e-fuels is er een groot verschil met fossiel. Uit Figuur 34 blijkt dat behalve voor Fuel Cells de brandstofkosten de verschillen in TCO bepalen (Studio Gear Up, 2022). EV is niet in de figuur opgenomen omdat het geen onderdeel was van het onderzoek.

²⁷ De informatie uit de bron is geüpdatet met meest recente informatie bij de Rijksoverheid over de AFIR onderhandelingen (half april 2023).

Figuur 34 - Opbouw van TCO per energiedrager en aandrijftechniek in 2022



Bron: (Studio Gear Up, 2022).

HBE's zijn essentieel om het verschil met fossiele diesel te verkleinen. Als na 2030 de ETS en de ETD de prijs van fossiel verder verhogen, kunnen verschillende bio-opties concurreren worden ten opzichte van fossiel. Nochtans is de verwachting dat ook met deze beleidsinstrumenten (en kostreductie door verdere efficiëntie) biomethanol, groene waterstof en e-fuels nog steeds een stuk duurder blijven dan fossiel (Studio Gear Up, 2022).

Onderzoek van Panteia wijst uit dat de TCO van elektrische vrachtauto's naar verwachting tot 2028 boven dat van diesel blijft, behalve voor bakwagens tot 7 ton (Panteia, 2021). Het verschil tussen diesel en elektrisch wordt wel steeds kleiner. Daarnaast zijn prijzen in beweging en bestaat hieromtrent een grote mate van onzekerheid. De hogere kosten van elektrisch komen voornamelijk omdat de nieuwprijs van elektrische trucks boven dat van diesel blijft (Panteia, 2021). Dit is exclusief eventuele subsidie. Panteia heeft berekend dat in ieder geval 40% subsidie op de meerprijs van BEV nodig is om het mogelijk te maken dat alle nulemissiezones volledig met nulemissievoertuigen kunnen worden bediend.

EVConsult verwacht echter dat elektrische vrachtauto's in alle segmenten rond 2027 goedkoper worden op basis van TCO dan diesel. Het verschil is voor kleinere vrachtwagens wel groter dan bij zwaardere typen. De daling van TCO wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door dalende batterijprijzen. De studie erkent wel dat indien langere afstanden of een zwaarder gewicht zou zijn aangenomen, de batterij elektrische vrachtwagen mogelijk technisch niet toepasbaar zou zijn (Evconsult, 2020).

A.3.5 Andere overwegingen

Naast de bovengenoemde factoren zijn er andere aspecten die invloed hebben op de energiemix. Welke richting de Original Equipment Manufacturer (OEMs) in bewegen kan bijvoorbeeld belangrijk zijn voor de marktbeschikbaarheid van bepaalde alternatieven. De meeste OEMs zijn begonnen met de serieproductie van BEV-vrachtauto's en de capaciteit van de accu neemt gestaag toe.

Waterstofvrachtauto's bevinden zich nog voornamelijk in de pilotfase en serieproductie van waterstoftrucks zou over 5-10 jaar kunnen starten. Sommige OEMs investeren veel in waterstoftrucks (Renault, Toyota, DAF) voor met name de zwaardere trucks, terwijl de meeste anderen (Traton Group, Mercedes, Volvo) met name inzetten op BEV-vrachtauto's, ook in het zwaardere segment (CE Delft, 2021a).

Vrachtauto's op CNG komen op dit moment in beperkte mate voor. De afgelopen jaren ligt het aantal CNG-trucks rond de 300 en dit aantal neemt licht af (CBS Statline, 2022). Vanwege de relatief lage energiedichtheid van CNG is LNG voor vrachtauto's een logischere optie. Het aantal LNG-trucks in Nederland is de afgelopen jaren gestegen tot ongeveer 1.000. Met name Volvo heeft in het zwaardere segment LNG-modellen.

Een sterke voorkeur van OEMs voor een bepaalde technologie kan de marktbeschikbaarheid en zo de energiemix bepalen. De Europese CO₂-normen voor vrachtwagen hebben hier ook invloed op.

Ook andere overwegingen kunnen een rol spelen bij de keuze tussen hernieuwbare energiedragers. Dit gaat bijvoorbeeld om veiligheid, certificering, publieke acceptatie en inpassing van tanken/laden in roosters.

B Beleidsdoelstellingen

Tabel 24 - Overzicht van beleidsdoelstellingen die relevant zijn voor de verduurzaming van goederenvervoer in Nederland in 2030

Beleidsstuk	Status	Doelstelling	Jaar	Aangrijpingspunt	Eenheid	Afbakening modaliteiten	Afbakening energiedragers
Besluit Energie Vervoer (jaarverplichting)	Vastgesteld	Aandeel hernieuwbare energie in de transportsector (wegvervoer) (t.o.v. totale inzet (bio)benzine en (bio)diesel in wegvervoer) dat oploopt tot 28% in 2030	2022-2030	Aandeel hernieuwbare energie	%	Wegvervoer	Hernieuwbare energiedragers
Besluit Energie Vervoer (jaarverplichting)	Vastgesteld	Behalen van 60 PJ hernieuwbare energie in vervoer (circa 4,5 Mton CO ₂ -reductie) met de jaarverplichting voor wegvervoer	2030	Volume hernieuwbare energie in wegvervoer	PJ/jaar	Wegvervoer	
Besluit Energie Vervoer (jaarverplichting)	Vastgesteld	Maximaal 1,4% (of op 2020 consumptieniveau plus 1% als dit lager is) aandeel voedsel/veevoer-gebaseerde biobrandstoffen	2022-2030	Aandeel biobrandstoffen gebaseerd op voedsel/veevoer	%	Wegvervoer	Biobrandstoffen gebaseerd op voedsel/veevoer
Concept Besluit Energie Vervoer (jaarverplichting)	Concept	Maximaal 1,2% (of op 2020 consumptieniveau plus 1% als dit lager is) aandeel voedsel/veevoer-gebaseerde biobrandstoffen	2022-2030	Aandeel biobrandstoffen gebaseerd op voedsel/veevoer	%	Wegvervoer	Biobrandstoffen gebaseerd op voedsel/veevoer
Besluit Energie Vervoer (jaarverplichting)	Vastgesteld	Minimaal gebruik van biobrandstoffen gebaseerd op Annex IX Part A, dat oploopt tot 7% in 2030	2022-2030	Aandeel biobrandstoffen gebaseerd op Annex IX Part A grondstoffen	%	Wegvervoer	Biobrandstoffen gebaseerd op Annex IX Part A grondstoffen
Besluit Energie Vervoer (jaarverplichting)	Vastgesteld	Maximaal aandeel Annex IX Part B biograndstoffen is 10% in 2022-2030	2022-2030	Aandeel biobrandstoffen gebaseerd op Annex IX Part B grondstoffen	%	Wegvervoer	Biobrandstoffen gebaseerd op Annex IX Part B grondstoffen

Beleidsstuk	Status	Doelstelling	Jaar	Aangrijpingspunt	Eenheid	Afbakening modaliteiten	Afbakening energiedragers
Concept Besluit Energie Vervoer (jaarverplichting)	Concept	Maximaal aandeel Annex IX Part B biograndstoffen is 8,4% in 2022-2030	2022-2030	Aandeel biobrandstoffen gebaseerd op Annex IX Part B grondstoffen	%	Wegvervoer	Biobrandstoffen gebaseerd op Annex IX Part B grondstoffen
Besluit Energie Vervoer (jaarverplichting)	Vastgesteld	Het gebruik van Part B biograndstoffen is beperkt tot 10% van het fysiek gebruik van deze grondstoffen in 2020	2022-2030	Aandeel biobrandstoffen gebaseerd op Annex IX Part B grondstoffen	%	Wegvervoer	Biobrandstoffen gebaseerd op Annex IX Part B grondstoffen
Besluit Energie Vervoer en Wet Milieubeheer	Vastgesteld	Vermindering van de gemiddelde broeikasgasuitstoot van brandstoffen (ketenemissies) met 6% door bedrijven die in Nederland brandstoffen leveren aan wegvervoer, in 2020 en daarna t.o.v. 2010	2020-2030	Gemiddelde CO ₂ -emissiefactor brandstoffen voor vervoer	% (reductie)	Wegvervoer	-
Besluit Energie Vervoer en Wet Milieubeheer	Uitgesteld	6% CO ₂ -reductie in de binnenvaartketen in 2020 en daarna, t.o.v. 2010	2020-2030	Gemiddelde CO ₂ -emissiefactor binnenvaart	% (reductie)	Binnenvaart	
RED II (in NL uitgewerkt in de jaarverplichting)	Vastgesteld	14% hernieuwbaar energie-aandeel in eindverbruik van weg- en railtransport	2030	Aandeel hernieuwbare energie	%	Wegvervoer	Alle hernieuwbare energiedragers
RED II (in NL uitgewerkt in de jaarverplichting)	Vastgesteld	Maximaal 1,7% aandeel Annex IX Part B biograndstoffen	2030	Aandeel biobrandstoffen gebaseerd op Annex IX Part B grondstoffen	%	Wegvervoer	Biobrandstoffen gebaseerd op Annex IX Part B grondstoffen
RED II (in NL uitgewerkt in de jaarverplichting)	Vastgesteld	Het aandeel voedsel/veevoer-gebaseerde biobrandstoffen is maximaal 7% van algehele energie-inzet in road en rail (of op 2020 consumptieniveau van biofuels plus 1% als dit lager is)	2030	Aandeel biobrandstoffen gebaseerd op voedsel/veevoer	%	Wegvervoer	Biobrandstoffen gebaseerd op voedsel/veevoer
RED II (in NL uitgewerkt in de jaarverplichting)	Vastgesteld	Minimaal 3,5% gebruik van biobrandstoffen gebaseerd op Annex IX Part A in 2030	2030	Aandeel biobrandstoffen gebaseerd op Annex IX Part A grondstoffen	%	Wegvervoer	Biobrandstoffen gebaseerd op Annex IX Part A grondstoffen

Beleidsstuk	Status	Doelstelling	Jaar	Aangrijpingspunt	Eenheid	Afbakening modaliteiten	Afbakening energiedragers
RED III (Fit for 55; komt in NL in jaarverplichting)	Voorstel	13% broeikasgasreductie voor brandstoffen in de gehele transportsector (t.o.v. een referentiewaarde van 94 g/MJ)	2030	CO ₂ -emissies van brandstoffen	%	Mobiliteit	Transportbrandstoffen
RED III (Fit for 55; komt in NL in jaarverplichting))	Voorstel	0,2% gebruik van Annex IX Part A biobrandstoffen in 2022	2022	Aandeel biobrandstoffen gebaseerd op Annex IX Part A grondstoffen	%	Mobiliteit	Biobrandstoffen gebaseerd op Annex IX Part A grondstoffen
RED III (Fit for 55; komt in NL in jaarverplichting))	Voorstel	0,5% gebruik van Annex IX Part A biobrandstoffen in 2025	2025	Aandeel biobrandstoffen gebaseerd op Annex IX Part A grondstoffen	%	Mobiliteit	Biobrandstoffen gebaseerd op Annex IX Part A grondstoffen
RED III (Fit for 55; komt in NL in jaarverplichting))	Voorstel	2,2% gebruik van Annex IX Part A biobrandstoffen in 2030	2030	Aandeel biobrandstoffen gebaseerd op Annex IX Part A grondstoffen	%	Mobiliteit	Biobrandstoffen gebaseerd op Annex IX Part A grondstoffen
RED III (Fit for 55; komt in NL in jaarverplichting))	Voorstel	2,6% energietarget voor RFNBO's	2030	Aandeel RFNBO's	%	Mobiliteit	RFNBO's
Klimaatakkoord	Vastgesteld	65 PJ aan hernieuwbare energie in vervoer in Nederland	2030	Volume hernieuwbare energie in mobiliteit	PJ/jaar	Mobiliteit	Hernieuwbare energiedragers
Klimaatakkoord	Vastgesteld	Minimaal 5 PJ aan hernieuwbare energiedragers wordt ingezet in de binnenvaart	2030	Volume hernieuwbare energie in binnenvaart	PJ/jaar	Binnenvaart	Hernieuwbare energiedragers
Klimaatakkoord	Vastgesteld	24 miljoen ton (Mton) CO ₂ -uitstoot in mobiliteit in 2030	2030	CO ₂ -emissies mobiliteit	Mton/jaar	Mobiliteit	-
Klimaatakkoord	Vastgesteld	16.000 vrachtauto's moeten emissievrij zijn in 2030 (<i>geen hard doel</i>)	2030	Aantal ZE-vrachtauto's	#	Vrachtauto's	Zero-emissie-energiedragers
Ontwerp Beleidsprogramma Klimaat	Vastgesteld	1.000 vrachtauto's moeten emissievrij zijn	2025	Aantal ZE-vrachtauto's	#	Vrachtauto's	Zero-emissie-energiedragers
Klimaatakkoord	Vastgesteld	3.000 zware voertuigen met een brandstofcel op waterstof in 2025. (<i>Dit doel wordt niet meer toegepast.</i>)	2025	Aantal vrachtauto's met H ₂ -brandstofcel	#	Vrachtauto's	Waterstof
Klimaatakkoord	Vastgesteld	50 waterstoftankstations in 2025	2025	Aantal H ₂ -tankstations	#	Wegtransport	Waterstof

Beleidsstuk	Status	Doelstelling	Jaar	Aangrijpingspunt	Eenheid	Afbakening modaliteiten	Afbakening energiedragers
Green Deal Zero Emission Stadslogistiek (verbonden aan Klimaatakkoord)	Vastgesteld	Emissievrije beleving van de stadskernen (van 30-40 grotere, aangesloten steden) in 2025, middels emissievrije zones voor goederenvervoer	2025	Aantal logistieke ZE-voertuigen	#	Wegtransport (stadslogistiek)	Zero-emissie-energiedragers
Klimaatakkoord	Vastgesteld	In de aanloop naar emissievrije schepen wordt ingezet op een bijmengpercentage van 30% biobrandstoffen voor binnenvaart-schepen.	2030 (?)	Bijmengpercentage	%	Binnenvaart	Biobrandstoffen (biodiesel)
Klimaatakkoord	Vastgesteld	30% reductie van de CO ₂ -uitstoot door achterland en continentaal vervoer in 2030	2030	CO ₂ -reductiepercentage	%	Goederenvervoer (achterland en continentaal)	-
Beleidskader infrastructuur voor alternatieve brandstoffen	Vastgesteld	Een beschikbaarheid van zeven vaste LNG-bunkerpunten voor eind 2030, waarvan ten minste drie langs het TEN-T-kernnetwerk.	2030	Aantal en locatie vaste LNG-bunkerpunten	#	Binnenvaart	LNG
Beleidskader infrastructuur voor alternatieve brandstoffen	Vastgesteld	Realiseren van walstroom voor de binnenvaart in de 75 belangrijkste binnenhavens in 2025.	2025	Aantal binnenhavens met walstroom	#	Binnenvaart	Elektriciteit (walstroom)
Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens	Vastgesteld	Een reductie van CO ₂ -uitstoot van de binnenvaart van minimaal 20% in 2024 t.o.v. 2015.	2024	CO ₂ -emissies binnenvaart	%	Binnenvaart	-
Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens	Vastgesteld	Een reductie van CO ₂ -uitstoot van de binnenvaart van 40% tot 50% in 2030 t.o.v. 2015.	2030	CO ₂ -emissies binnenvaart	%	Binnenvaart	-
Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens	Vastgesteld	Tenminste 150 binnenvaart-schepen moeten zijn voorzien van een zero-emissie-aandrijflijn.	2030	Aantal ZE- binnenvaart-schepen	#	Binnenvaart	Zero-emissie-energiedragers
Kamerbrief landelijk geharmoniseerde zero-emissiezones voor	Vastgesteld	Vanaf 2030 moeten alle vrachtauto's die een ZE-zone in willen	2030	Aantal ZE-vrachtauto's	#	Vrachtauto's (stadslogistiek)	Zero-emissie-energiedragers

Beleidsstuk	Status	Doelstelling	Jaar	Aangrijpingspunt	Eenheid	Afbakening modaliteiten	Afbakening energiedragers
stadslogistiek met geleidelijke ingroei van emissieloze bestel- en vrachtauto		ZE-aandrijving hebben. (Vanaf 2025 alle nieuwe vrachtauto's.)					
Nationale Agenda Laadinfrastructuur (NAL)	Vastgesteld	Beoogd resultaat: 30 batterij-elektrische binnenvaartschepen in operatie (<i>beoogd resultaat</i>)	2030	Aantal batterij-schepen	#	Binnenvaart	Elektriciteit (batterij)
Nationale Agenda Laadinfrastructuur (NAL)	Vastgesteld	Beoogd resultaat: zes binnenvaartschepen die worden aangedreven op een waterstof-brandstofcel (<i>beoogd resultaat</i>)	2030	Aantal H ₂ -brandstofcel-schepen	#	Binnenvaart	Waterstof (brandstofcel)
AFIR-voorstel, van de Commissie	Voorstel	Op het <i>TEN-T-kernnetwerk</i> moet in elke rijrichting op onderlinge afstand van max. 60 km openbare laadpools voor zware bedrijfsvoertuigen, waarbij uiterlijk op 31 december 2025 elke laadpool een laadvermogen van min. 1.400 kW heeft en ten minste één laadstation met een vermogen van min. 350 kW omvat.	2025	Locatie en vermogen van laadpools en -stations	kW; [locatie]	Vrachtauto's	Elektriciteit
AFIR-voorstel, van de Raad	Voorstel	Op 31 december 2025 moeten langs tenminste 15% van de lengte van het TEN-T-netwerk in beide rijrichtingen openbare laadpools voor zware bedrijfsvoertuigen beschikbaar zijn, waarbij elke laadpool een laadvermogen van min. 1.400 kW heeft en ten minste één laadstation met een vermogen van min. 350 kW omvat.	2025	Locatie en vermogen van laadpools en laadpunten	kW; [locatie]	Vrachtauto's	Elektriciteit

Beleidsstuk	Status	Doelstelling	Jaar	Aangrijpingspunt	Eenheid	Afbakening modaliteiten	Afbakening energiedragers
AFIR-voorstel, van de Raad	Voorstel	Op 31 december 2027 moeten langs tenminste 40% van de lengte van het TEN-T-kernnetwerk in beide rijrichtingen openbare laadpools voor zware bedrijfsvoertuigen beschikbaar zijn, waarbij elke laadpool een laadvermogen van min. 2.800 kW heeft en ten minste twee laadstations met een vermogen van min. 350 kW omvat.	2027	Locatie en vermogen van laadpools en laadpunten	kW; [locatie]	Vrachtauto's	Elektriciteit
AFIR-voorstel, van de Raad	Voorstel	Op 31 december 2027 moeten langs tenminste 40% van de lengte van het uitgebreide TEN-T-netwerk in beide rijrichtingen openbare laadpools voor zware bedrijfsvoertuigen beschikbaar zijn, waarbij elke laadpool een laadvermogen van min. 1.400 kW heeft en ten minste één laadstation met een vermogen van min. 350 kW omvat.	2027	Locatie en vermogen van laadpools en laadpunten	kW; [locatie]	Vrachtauto's	Elektriciteit
AFIR-voorstel, zowel van Commissie als van de Raad	Voorstel	Op het <i>TEN-T-kernnetwerk</i> moet in elke rijrichting op onderlinge afstand van max. 60 km openbare laadpools voor zware bedrijfsvoertuigen, waarbij uiterlijk op 31 december 2030 elke laadpool een laadvermogen van min. 3.500 kW heeft en ten minste twee laadstations met een indicatief vermogen van min. 350 kW omvat.	2030	Locatie en vermogen van laadpools en -stations	kW; [locatie]	Vrachtauto's	Elektriciteit

Beleidsstuk	Status	Doelstelling	Jaar	Aangrijpingspunt	Eenheid	Afbakening modaliteiten	Afbakening energiedragers
AFIR-voorstel, zowel van Commissie als van de Raad	Voorstel	Op het <i>uitgebreide TEN-T-netwerk</i> moet in elke rijrichting op onderlinge afstand van max. 100 km openbare laadpools voor zware bedrijfsvoertuigen, waarbij uiterlijk op 31 december 2030 elke laadpool een laadvermogen van min. 1.400 kW heeft en ten minste één laadstation met een vermogen van min. 350 kW omvat.	2030	Locatie en vermogen van laadpools en -stations	kW; [locatie]	Vrachtauto's	Elektriciteit
AFIR-voorstel, zowel van Commissie als van de Raad	Voorstel	Elk <i>veilig en beveiligd parkeerterrein</i> is uiterlijk op 31 december 2030 uitgerust met ten minste één laadstation voor zware bedrijfsvoertuigen met een laadvermogen van ten minste 100 kW	2030	Aantal en vermogen van laadstations	#, kW	Vrachtauto's	Elektriciteit
AFIR-voorstel, zowel van Commissie als van de Raad	Voorstel	Elk <i>stedelijk knooppunt</i> beschikt uiterlijk op 31 december 2025 over openbaar toegankelijke laadpunten voor zware bedrijfsvoertuigen met een totaal laadvermogen van ten minste 600 kW, geleverd door laadstations met een individueel laadvermogen van ten minste 150 kW.	2025	Aantal en vermogen van laadstations	#, kW	Vrachtauto's	Elektriciteit
AFIR-voorstel, zowel van Commissie als van de Raad	Voorstel	Elk <i>stedelijk knooppunt</i> beschikt uiterlijk op 31 december 2030 over openbaar toegankelijke laadpunten voor zware bedrijfsvoertuigen met een totaal laadvermogen van ten minste 1.200	2030	Aantal en vermogen van laadstations	#, kW	Vrachtauto's	Elektriciteit

Beleidsstuk	Status	Doelstelling	Jaar	Aangrijpingspunt	Eenheid	Afbakening modaliteiten	Afbakening energiedragers
		kW, geleverd door laadstations met een individueel laadvermogen van ten minste 150 kW.					
AFIR-voorstel, van de Commissie	Voorstel	Het TEN-T-kernnetwerk en het uitgebreide TEN-T-netwerk moet uiterlijk op 31 december 2030 worden uitgerust met openbaar toegankelijke waterstoftankstations met een minimumcapaciteit van 2 t/dag en met een dispenser van ten minste 700 bar; de onderlinge afstand tussen die tankstations bedraagt maximaal 150 km.	2030	Locatie, capaciteit en druk van waterstoftankstations	ton/dag, bar, [locaties]	Wegvervoer	Waterstof (gecomprimeerd)
AFIR-voorstel, van de Commissie	Voorstel	In het TEN-T-kernnetwerk en het uitgebreide TEN-T-netwerk moet uiterlijk op 31 december 2030 vloeibare waterstof beschikbaar worden gesteld in openbaar toegankelijke tankstations, waartussen de onderlinge afstand maximaal 450 km bedraagt.	2030	Locatie van tankstations voor vloeibare waterstof	[locaties]	Wegvervoer	Waterstof (vloeibaar)
AFIR-voorstel, van de Commissie	Voorstel	Uiterlijk op 31 december 2030 is in elk stedelijk knooppunt ten minste één openbaar toegankelijk waterstoftankstation beschikbaar. Voor de installatie van die tankstations wordt een analyse gemaakt van de beste locatie, rekening houdend met de uitrol van dergelijke stations in multimodale knooppunten waar	2030	Aantal waterstoftankstations	#	Wegvervoer	Waterstof

Beleidsstuk	Status	Doelstelling	Jaar	Aangrijpingspunt	Eenheid	Afbakening modaliteiten	Afbakening energiedragers
		ook waterstof aan andere vervoerswijzen kan worden geleverd.					
AFIR-voorstel, van de Raad	Voorstel	Het TEN-T-kernnetwerk moet uiterlijk op 31 december 2030 worden uitgerust met openbaar toegankelijke waterstoftankstations met een dispenser van ten minste 700 bar; de onderlinge afstand tussen die tankstations bedraagt maximaal 200 km. Voor de installatie van die tankstations wordt een analyse gemaakt van de beste locatie, rekening houdend met de uitrol van dergelijke stations in multimodale knooppunten waar ook waterstof aan andere vervoerswijzen kan worden geleverd.	2030	Locatie en druk van waterstoftankstations	bar, [locaties]	Wegvervoer	Waterstof (gecomprimeerd)
AFIR-voorstel, zowel van Commissie als van de Raad	Voorstel	Uiterlijk 1 januari 2025 moet ten minste één walstroominstallatie voor binnenvaartschepen beschikbaar is in alle binnenhavens van het TEN-T-kernnetwerk.	2025	Aantal walstroominstallaties	#	Binnenvaart	Elektriciteit (walstroom)
AFIR-voorstel, zowel van Commissie als van de Raad	Voorstel	Uiterlijk 1 januari 2030 moet ten minste één walstroominstallatie voor binnenvaartschepen beschikbaar is in alle binnenhavens van het uitgebreide TEN-T-netwerk.	2030	Aantal walstroominstallaties	#	Binnenvaart	Elektriciteit (walstroom)
NAIADES III action plan	Vastgesteld	Binnenvaarttransport zou moeten toenemen met 25% in 2030.	2030	Transportvolume	tonkilometers (?)	Binnenvaart	-

Beleidsstuk	Status	Doelstelling	Jaar	Aangrijpingspunt	Eenheid	Afbakening modaliteiten	Afbakening energiedragers
Sustainable and Smart Mobility Strategy	Vastgesteld	Toename binnenvaarttransport van 25% t.o.v. 2015	2030	Aantal tonkilometers in binnenvaart (?)	percentage	Binnenvaart	-
Glasgow-akkoord over schoner zwaar vrachtverkeer	Vastgesteld	30% van alle nieuw verkochte HDVs (vrachtauto's en bussen) in 2030 zijn zero-emissie.	2030	Aandeel nieuwe vrachtauto's	%	Vrachtauto's	Zero-emissie-energiesdragers

C Scenario aannames

De afzet van diesel in Nederland is volgens de KEV 2022 groter dan de verbruikte hoeveelheid brandstof op Nederlands grondgebied, die is ingeschat op basis van aantal gemaakte kilometers en energieverbruik cijfers. Dit wordt voor diesel verklaard, doordat er in Nederland voor internationaal transport meer wordt getankt dan er uiteindelijk wordt verbruikt.

Tabel 5 in Paragraaf 3.1 geeft een overzicht hoe in de KEV 2022 de afgezette brandstof in relatie staat tot verbruikte brandstof en de verkeersprestatie van vrachtvoertuigen.

De verhouding tussen verbruikte en afgezette brandstof in Tabel 5 wordt ook in de Scenario's A t/m D toegepast. Uit de verhouding van de verbruikte brandstof en de verkeersprestatie in kilometers volgt een gemiddeld verbruik (MJ/km) per brandstof voor alle vrachtvoertuigen. Dit gemiddelde verbruik hebben we in de scenario's toegepast om energie (PJ) doelstellingen per type brandstof te vertalen naar totaal aantal kilometers per brandstof. In onze eigen modellering om van kilometers tot energiegebruik te komen gaan we echter uit van een meer gedifferentieerde aanpak met verschillende type voertuigen (drie grootteklasse vrachtauto's en trekker-opleggers) en is het gemiddelde verbruik (MJ/kilometer, zie Bijlage D.2, Tabel 36)) niet gelijk aan die van de KEV 2022, maar hangt af van de samenstelling van het voertuigenpark per type brandstof in de verschillende scenario's. De energieverdeling die als uitgangspunt is genomen voor de scenario's is daarom niet exact altijd gelijk aan de resultaten van de REST-module zoals beschreven in Paragraaf 5.1. Ook in het basisscenario is er een afwijking van circa 5% tussen de door ons berekende afgezette brandstof (zie resultaten REST-module in Paragraaf 5.1) en het brandstofvolume in de KEV 2022 (zie Tabel 5).

D Onderdelen REST-module

D.1 Afbakening

De scenario's die in de REST-module zijn meegenomen staan beschreven in Hoofdstuk 2.

Modaliteiten

Het rekenmodel richt zich, evenals de studie zelf, op de mogelijke ontwikkeling van inzet van hernieuwbare energiedragers in goederenvervoer in 2030. De focus van de REST-module ligt hierbij op de exacte energie-inzet van energiedragers, aantal voertuigen en CO₂-emissies, om daarmee te toetsen of de scenario's voldoen aan de relevante beleidsdoelstellingen. Dit wordt uitgevoerd voor vier kernmodaliteiten:

1. Zware vrachtauto's (maximaal toegestaan gewicht van meer dan 20 ton).
2. Middelzware vrachtauto's (maximaal toegestaan gewicht van 10 tot 20 ton).
3. Lichte vrachtauto's (maximaal toegestaan gewicht van minder dan 10 ton).
4. Trekkers met oplegger.

Omdat er ook mobiliteitsbrede doelen zijn, zijn er ook additionele modaliteiten opgenomen in de REST-module, welke op versimpelde wijze zijn gemodelleerd (zie Sectie 4.2.1):

- personenauto's;
- bestelwagens;
- non-road mobile machinery (NRMM);
- goederenbinnenvaart;
- andere binnenvaart;
- rail;
- resterende modaliteiten.

Energiedragers

De volgende energiedragers zijn meegenomen bij de kernmodaliteiten:

- diesel (met bijmenging van een in te stellen percentage biodiesel);
- elektriciteit;
- FAME;
- HVO;
- bio-LNG;
- waterstof.

Bij de additionele modaliteiten zijn ook nog fossiele diesel (zonder bijmenging van biodiesel), benzine (met bijmenging van ethanol), biomethanol, jet fuel, marine gasoil (MGO) en fossiele kerosine meegenomen. Het model bevat de mogelijkheid om drie verschillende HVO-blends mee te nemen en om het bijmengpercentage van biodiesel in diesel en van bio-ethanol in benzine in te stellen. De gemaakte keuzes in de analyse zijn opgenomen in Sectie D.2.

(Bio-)CNG en (bio-)LPG zijn niet meegenomen in de REST-module en de analyse, omdat de rol van deze energiedragers voor goederenvervoer in 2030 als te klein werden ingeschat.

D.2 Inputs

Tabel 25 - Aandelen hernieuwbare energie in 2030

Energiedrager	Energiepercentage	Toelichting
Aandeel hernieuwbare elektriciteit	70%	In het Klimaatakkoord is opgenomen dat 70% van alle elektriciteit uit hernieuwbare bronnen moet komen. Dit percentage wordt ook toegepast in de KEV 2022 (PBL, 2022).
Aandeel groene waterstof	80%	Van de waterstof die daadwerkelijk wordt getankt in NL in 2030. Advies in verkenning voor Ministerie I&W om na korte overgangperiode in de sector mobiliteit alleen nog het gebruik van volledig groene waterstof te stimuleren (Ekinetix, 2021).

Tabel 26 - Blends biobrandstoffen in 2030

Brandstof	Naam	Volumepercentage	Energiepercentage	Toelichting
Bio-ethanol in benzine (bijmengverplichting)	E10	10%	6.8%	De energiepercentages zijn berekend met behulp van de energie-inhoud van brandstoffen.
Biodiesel in diesel (bijmengverplichting)	B7	7%	6.5%	
Type biodiesel dat verplicht wordt bijgemengd.	FAME			
HVO-blend	HVO100	100%	100%	

Tabel 27 - Aandelen biograndstoffen in 2030

Type biograndstof		
Voedsel- en voedergewassen	9%	— de aandelen biograndstoffen worden niet gevarieerd tussen scenario's; — de aandelen worden toegepast op alle typen biobrandstoffen; — zo ingesteld dat de biograndstofdoelen gehaald worden.
Annex IX Part A (geavanceerd)	53%	
Annex IX Part B (vetten en oliën)	33%	
Overig (lignocellulosehoudende gewassen)	5%	
Totaal	100%	

Tabel 28 - Inzet raffinageroute in 2030

	Baseline	A	B	C	D	Toelichting
Totaal	0	11	11	11	11	De raffinageroute telt mee voor het RFNBO-doel uit de RED III, maar ook voor de jaarverplichting. Volumes ingesteld dat RFNBO-target gehaald wordt. Geen inzet in Baseline.
Vrachtauto's	0	2,8	2,8	2,7	2,7	Aanname dat de inzet van waterstof via de raffinageroute gelijkmatig wordt verdeeld over de modaliteiten.
Binnenvaart (goederen)	0	0,15	0,15	0,15	0,15	

Tabel 29 - Aantal vrachtauto's in 2030

Kernmodaliteit	Aantal voertuigen in 2030	Toelichting
Zware vrachtauto's	29.444	Op basis van CBS-data ²⁸ , opgehoogd met ong. 6%, wat gelijkstaat aan de toename van het aantal gereden kilometers tussen 2021 en 2030 volgens de KEV.
Middelzware vrachtauto's	28.474	
Lichte vrachtauto's	11.458	
Trekkers met oplegger	95.419	

Tabel 30 - Jaarkilometrages vrachtauto's in 2030

Kernmodaliteit	Jaarkilometrage in NL (km/jaar)	Toelichting
Zware vrachtauto's	42.887	Berekend op basis van aannames en waarden in de KEV 2022.
Middelzware vrachtauto's	30.390	
Lichte vrachtauto's	15.090	
Trekkers met oplegger	62.438	

Tabel 31 - Totaal aantal kilometers per kernmodaliteit in 2030 (miljoenen kilometers)

Kernmodaliteit	Totaal aantal kilometers (mln. km/jaar)
Zware vrachtauto's	1.263
Middelzware vrachtauto's	866
Lichte vrachtauto's	173
Trekkers met oplegger	5,958
Totaal	8,259

Tabel 32 - Aantallen voertuigen additionele modaliteiten in 2030

Modaliteit	Baseline	A	B	C	D	Toelichting
Personenauto's	204	204	204	204	204	(PBL, 2022), onderliggende data. Verkochte brandstof.
Bestelwagens	59	59	59	59	59	
Non-road mobile machinery	46	46	46	46	46	(PBL, 2022), onderliggende data. Energiegebruik.
Andere binnenvaart	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	
Resterende modaliteiten	11	11	11	11	11	
Rail	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	
Binnenvaart (goederen)	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	

²⁸ <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/85416NED/table?ts=1675433689880>, geraadpleegd in januari 2023.

Tabel 33 - Energiepercentages additionele modaliteiten in 2030

Energiedragers	Binnenvaart (goederen)	Andere binnenvaart	Personen- auto's	Bestel- wagens	Non-road mobile machinery	Rail	Resterende modaliteiten
E10	0%	0%	84%	3%	5%	0%	8%
B7	0%	0%	6%	92%	82%	10%	0%
Elektriciteit	3%	0%	10%	5%	1%	88%	0%
FAME	5%	1%	0%	0%	12%	2%	1%
HVO20	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
HVO30	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
HVO100	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Waterstof	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Fossiele diesel	92%	99%	0%	0%	0%	0%	68%
Biomethanol	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Bio-LNG	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Jet fuel	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%
MGO	0%	0%	0%	0%	0%	0%	9%
Fossiele kerosine	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%

Tabel 34 - Stimuleringsfactoren in 2030

Energiedrager	Stimulerings-factor	Toelichting
Elektriciteit	4	Geldt voor wegvervoer en rail. Geen variatie tussen scenario's.
RFNBO's	2,5	
Biograndstoffen Annex IX Part A	2	
Biograndstoffen Annex IX Part B	2	

Tabel 35 - Tank-to-wheel CO₂-emissiefactoren in 2030

Energiedrager	CO ₂ -emissiefactor	Toelichting
Elektriciteit	0	De directe CO ₂ -emissies zijn gelijk aan nul.
Fossiele diesel	72,5	(PBL, 2022). Waarde voor 2030.
B7	67,8	
FAME	0	De directe CO ₂ -emissies zijn biogeen en tellen als nul.
HVO100	0	
Biomethanol	0	
Bio-LNG	0	
Waterstof	0	De directe CO ₂ -emissies zijn gelijk aan nul.

Noot: De tank-to-wheel-emissiefactoren zijn relevant voor de nationale klimaatdoelen.

Tabel 36 - Specifiek brandstofverbruik van kernmodaliteiten in 2030 (MJ/km)

Energiedrager	Zware vrachtwagens	Middelzware vrachtauto's	Lichte vrachtwagens	Trekkers met oplegger	Toelichting
Elektriciteit	6.7	5.3	2.4	5.6	Berekening op basis van (CE Delft, 2021b) (index euro V =100 voor middelzware vrachtauto's, index euro VI=100 voor trekkers), met gebruik van krimpfactor vanwege hogere energie-efficiëntie van batterij.
Fossiele diesel	12.0	9.5	4.3	11.8	(CE Delft, 2021b), gemiddelde van alle voertuigtypen.
B7	12.0	9.5	4.3	11.8	De waarden van diesel zijn gebruikt.
FAME	12.0	9.5	4.3	11.8	
HVO100	12.0	9.5	4.3	11.8	
Bio-LNG	13.2	10.5	4.7	13.3	
Waterstof	8.6	6.9	3.1	8.4	Berekening op basis van (CE Delft, 2021b), met gebruik van krimpfactor vanwege hogere energie-efficiëntie brandstofcel.

Noot: Aangenomen is dat er geen efficiëntieverbeteringen plaatsvinden tussen nu en 2030.

Tabel 37 - Correctiefactoren geleverde:gebruikte energie

Energiedrager	Correctiefactor	Toelichting
Elektriciteit	1.00	De correctiefactoren zijn toegepast om de gebruikte energie in vrachtauto's om te rekenen naar geleverde energie. Er zit een verschil tussen beide factoren, doordat Nederlandse vrachtauto's ook in het buitenland tanken/laden en buitenlandse vrachtauto in Nederland.
Fossiele diesel	1.28	
B7	1.28	
FAME	1.28	
HVO100	1.28	
Bio-LNG	1.10	
Waterstof	1.00	

Tabel 38 - Energie-inhoud brandstoffen (MJ/liter)

Energiedrager	Energie-inhoud	Bron
Fossiele benzine	32.2	(Nea, 2022c).
Fossiele diesel	35.9	
Bio-ethanol	21	
Biokerosine	34	
Biomethanol	16	
FAME	33	
HVO	34	

D.3 Gebruik van module

De REST-module is gedurende de uitvoering van het project gebruikt om de scenario's te toetsen op de beleidsdoelstellingen en de scenario's zo aan te passen dat beleidsconforme scenario's ontstonden die in het vervolg van de studie zijn gebruikt. De module (en het algehele rekenmodel) is echter ook naderhand te gebruiken om nieuwe scenario's te verkennen. De belangrijkste tabbladen van de REST-module worden hier kort beschreven;

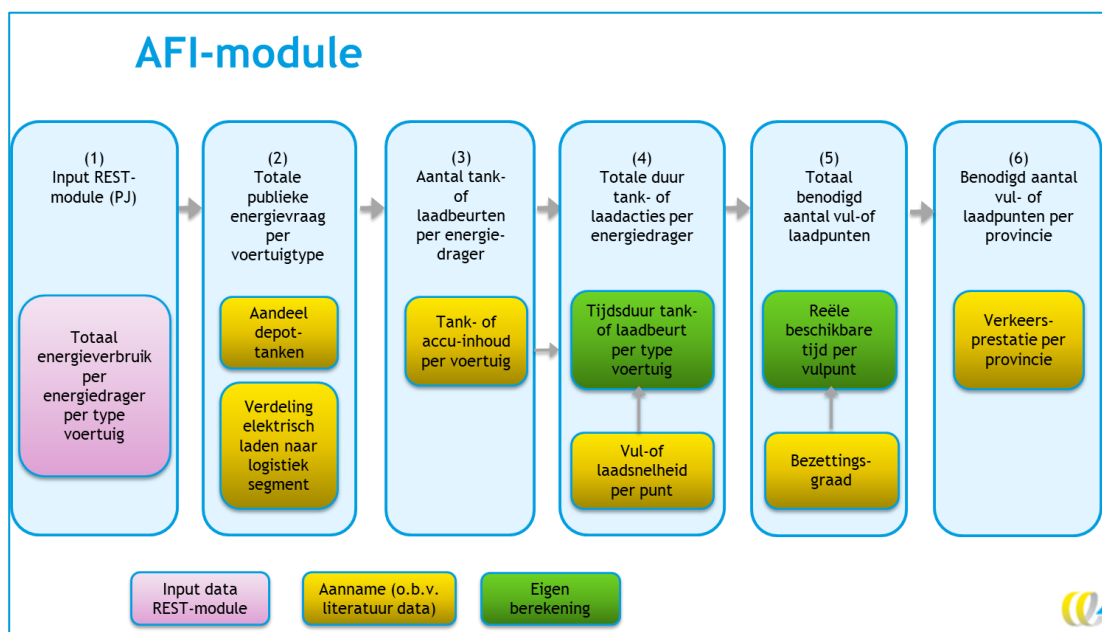
- *Inputparameters*: Hierin kunnen de belangrijkste inputs worden ingesteld, voor een totaal van vijf scenario's, welke in verschillende kolommen worden weergegeven binnen de gehele module. Dit omvat onder ander de energiemixpercentages, specificaties van voertuigen en beleidscaps- en targets.
- *Andere inputs*: In dit tabblad kunnen enkele onderliggende inputs worden ingevuld, waaronder de CO₂-emissiefactoren, het specifiek brandstofverbruik en correctiefactoren geleverde: gebruikte energie.
- *Scenarioberekening*: Hier worden de belangrijkste moduleberekeningen automatisch uitgevoerd. De energiemixpercentages worden omgerekend in aantal voertuigen, aantal kilometer, gebruikte energie en geleverde energie. Ook de hernieuwbare energie (HBE's) en CO₂-emissies van de kernmodaliteiten worden hier berekend.
- *Verdere berekeningen*: In dit tabblad wordt onder andere totale geleverde energie per energiedrager berekend en worden tussenberekeningen uitgevoerd die nodig zijn om de checks op beleidsdoelen uit te voeren.
- *Checks*: Hier wordt getoetst op naleving van de beleidsdoelen voor elk van de scenario's. Als een beleidsdoel wordt gehaald, dan wordt dit aangegeven met de kwalificatie 'goed' en een groene kleur. Als een beleidsdoel niet wordt gehaald, dan kleurt de cel oranje en komt een percentage in beeld dat aangeeft hoe ver het resultaat af zit van het vereiste resultaat. Verder worden in dit tabblad modelverificatiechecks uitgevoerd.

E Aannames AFI-module

Deze bijlage is een overzicht van de aannames die zijn gebruikt in de AFI-module ten behoeve van de benadering van de aantallen benodigde infrastructuur voor hernieuwbare energiedragers.

E.1 Stappen in AFI module

Figuur 35 - Overzicht van berekenstappen in de AFI-module



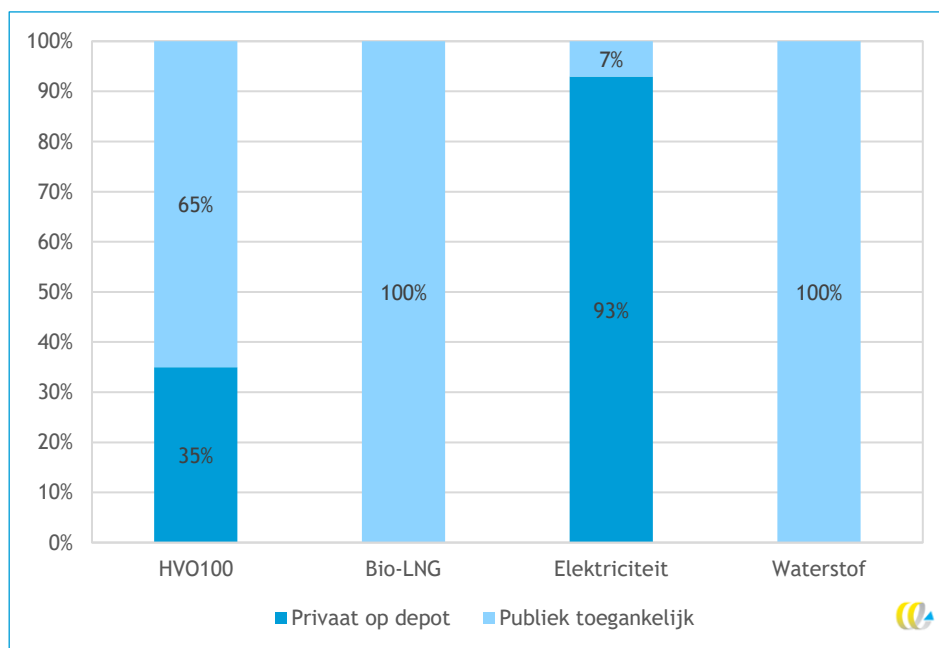
De volgende stappen worden in de AFI-module doorlopen (zie Figuur 35):

- In Stap 1 wordt de totale energievraag per energiedrager per voertuigtype ingevoerd als input in de AFI-module.
- In Stap 2 wordt bepaald welk aandeel van de energiebehoefte op het depot (privaat) wordt getankt of geladen. Voor conventionele voertuigen die diesel en biobrandstoffen (HVO20/HVO30/HVO100) gebruiken wordt op basis van input uit de markt aangenomen dat ongeveer 35% van het brandstofafzet in Nederland op eigen depots wordt getankt, en de overige 65% bij publiek toegankelijke tankstations in Nederland. De ElaadNL Outlook voor bedrijventerreinen is gebruikt om een verdeling van het laden van elektrische voertuigen te maken naar depot en publiek laden (zie Figuur 36 en Annex E.4).
- In Stap 3 wordt het aantal tank- en laadbeurten per energiedrager en voertuigtype bepaald. Dit is berekend op basis van de tank- en accucapaciteit van de voertuigen (zie Annex E.1).
- In Stap 4 wordt de totale duur van alle tank- en laadbeurten per energiedrager en type locatie berekend op basis van het totale aantal tank- en laadbeurten per type voertuig. Daarbij is de vul- en laadsnelheid van de infrastructuur gebruikt op basis van TNO (TNO, 2019) en gesprekken met infrastructuur exploitanten (zie Annex E.3).
- In Stap 5 wordt het totaal aantal vul- en laadpunten berekend. Op basis van de bezettingsgraad kan de reële beschikbare tijd (over een jaar) van een tank- of laadpunt

worden berekend, en daarmee hoeveel tijd één tank- of laadpunt aan energie kan leveren. Door de totale duur van de energielevering van alle tank- en laadbeurten per energievorm te delen door de reële beschikbare levertijd van een tank- of laadpunt wordt het aantal benodigde vul- en laadpunten per type energiedrager worden berekend.

- In Stap 6 wordt met behulp van de verdeling van logistieke voertuigkilometers (op basis van de emissieregistratie) per provincie de verdeling van de tank- en laadpunten over de provincies bepaald (zie Annex E.4).

Figuur 36 - Aandeel energieverbruik via privaat en publiek toegankelijke infrastructuur



Met een gevoeligheidsanalyse worden de volgende parameters gevarieerd in het model tussen de varianten *laag*, *midden* en *hoog*:

- de tank- en accucapaciteit voertuig;
- de vul- en laadcapaciteit van de infrastructuur;
- de bezettingsgraad van de laad- en vulpunten.

De tank- en accucapaciteit van voertuigen refereert naar de grootte van de brandstoftank of de accucapaciteit. De optie *laag* weergeeft een lage capaciteit van de accu van waterstof- en elektrisch aangedreven voertuigen. De optie *hoog* weergeeft een snellere ontwikkeling van de tank en accucapaciteit van voertuigen die de energiedragers waterstof en elektriciteit gebruiken. De brandstoftank voor voertuigen die rijden op (bio-)diesel en (bio-) LNG is voor beide opties gelijk voor een voertuigtype omdat we veronderstellen dat de techniek voor deze voertuigen ‘volwassen’ is en een optimale capaciteit heeft bereikt. Zie Tabel 39 voor details over de tank- en batterijcapaciteit van voertuigen. Het effect van de tank- en accucapaciteit op het aantal laad- en vulpunten is relatief beperkt. Dezelfde hoeveelheid energie moet namelijk worden geladen of getankt. Wel is bij een kleinere capaciteit de pomp relatief iets langer bezet (meer tijd kwijt aan starten en stoppen met tanken).

De vul- en laadcapaciteit van de infrastructuur verschilt in de varianten *laag*, *midden* en *hoog* voor de (bio-)diesel vulpunten, elektrische laadpunten en waterstof dispensers.

De vul- en laadsnelheid varieert van een lagere snelheid tot een hogere snelheid. De vulcapaciteit van HVO en (bio-)LNG dispensers is constant voor alle opties omdat deze technieken als volwassen worden beschouwd en geen verdere ontwikkeling in de snelheid is verwacht in de jaren tot 2030. Zie Tabel 40 voor details over de infrastructuurcapaciteit.

E.2 Aannames voertuigen 2030

Voor de wegvoertuigen zijn de volgende aannames gemaakt en verwerkt in de analyse. De capaciteit van de brandstoftank of voertuigbatterij is van invloed op de lengte van de tijd van tanken of laden, en op de frequentie van tanken en bijladen. De tank- en accu-capaciteiten zijn gebaseerd op een studie van TNO uit 2019 (TNO, 2019).

Tabel 39 - Overzicht tank en accucapaciteit wegvoertuigen 2030

Type Voertuig	Voertuigtechniek	Capaciteit tank en accu Laag	Capaciteit tank en accu Midden	Capaciteit tank en accu Hoog	Eenheid
Licht	Diesel-ICE-Truck	350	350	350	Liter
Licht	LNG-ICE	350	350	350	Kg
Licht	BEV	100	200	300	kWh
Licht	FCEV-H ₂	40	45	50	Kg
Middel	Diesel-ICE-Truck	350	350	350	Liter
Middel	LNG-ICE	350	350	350	Kg
Middel	BEV	200	300	400	kWh
Middel	FCEV-H ₂	40	45	50	Kg
Zwaar	Diesel-ICE-Truck	400	400	400	Liter
Zwaar	LNG-ICE	400	400	400	Kg
Zwaar	BEV	300	450	600	kWh
Zwaar	FCEV-H ₂	50	55	60	Kg
Trekker-Oplegger	Diesel-ICE-Truck	400	400	400	Liter
Trekker-Oplegger	LNG-ICE	400	400	400	Kg
Trekker-Oplegger	BEV	300	450	600	kWh
Trekker-Oplegger	FCEV-H ₂	50	55	60	Kg

E.3 Aannames infrastructuur

De snelheid van tanken en laden zijn van belang voor het bepalen van de levercapaciteit van een pomp of lader. De data is gebaseerd op TNO en op informatie uit interviews. De buffertijd aan de pomp en laadstekker zijn eigen expertise inschattingen op basis van interviews en staan voor het aantal minuten dat een voertuig aan de pomp of stekker staat zonder dat er getankt of geladen wordt. De tijd wordt door de gebruiker gebruikt om aan en af te koppelen en te betalen voor de geleverde energie.

Tabel 40 - Overzicht capaciteit tank- en laadinfrastructuur per variant (Laag, middel, hoog)

Type tank- en laadpunt	Laag	Midden	Hoog	Eenheid	Buffertijd (minuten)
Brandstofdispenser	70	90	110	liter/minuut	4
LNG-dispenser	50	50	50	kg/minuut	4
Reguliere lader	0.8	2.5	5.8	kWh/minuut	3
Snellader	2.5	5.8	16.7	kWh/minuut	3
Compressed H ₂ -dispenser	2.5	5	10	kg/minuut	4

De bezettingsgraad staat voor hoeveelste deel van de tijd de infrastructuur wordt gebruikt, een belangrijke variabele die bepalend is voor het totaal aantal benodigde vul- en laadpunten. De gemiddelde bezettingsgraad van de brandstof en LNG-dispensers is overgenomen uit de analyse voor de huidige infrastructuur (zie Bijlage A.2). Voor de laders en H₂ vulpunten zijn de waarden gebaseerd op literatuur. Tabel 41 geeft een overzicht van de waarden per variant (laag, midden, hoog) en de toelichting.

Tabel 41 - Bezettingsgraad laad- en vulpunten (uur gebruik per dag/24 * 100%)

Laad- en vultechniek	Laag	Midden	Hoog	Toelichting
Brandstofdispenser	0,7%	2%	7%	Voor het gemiddelde zie Tabel 20; min op basis van interviews, max. op basis van waarde voor lichte voertuigen uit (TNO, 2019). De waarde voor zware voertuigen (15%) schatten we in als veel te hoog.
LNG-dispenser	0,7%	2%	7%	Zelfde waarde als voor brandstof-dispensers
Reguliere lader (150 kW)	13%	30%	38%	Midden en hoge waarde gebaseerd op bakwagen 1,2 (bakwagen) en 3 uur laden (trekker oplegger) overdag + 6 uur s' nachts (aannee voor bestelauto's) (Elaadnl, 2022) ; lage waarde uitgaande van 6 uur laden per nacht op helft van de dagen.
Snellader (350 kW)	8%	8%	13%	Op basis van (Elaadnl, 2022) is uitgegaan van 1,8 uur laden (verzorgingsplaatsen) voor laag en midden variant en 3 uur voor de hoge variant.
Compressed H ₂ -dispenser	8%	8%	13%	Gelijk gesteld aan snelladers.

E.4 Verdeelsleutels

Voor de brandstoffen B7 en HVO-varianten nemen we aan dat 35% van de energiebehoefte op depot zal worden getankt, op basis van gesprekken met brandstofleveranciers. Voor elektrische voertuigen hebben we met de aannames van ElaadNL over het laden op depot en publiek als basis gebruikt om een eigen inschatting te maken voor het laden per type voertuig (Elaadnl, 2022) . We hebben daarbij onderscheid gemaakt naar het verwachte gebruik van de lichte, middelzware, zware vrachtauto's en trekker opleggers in stadslogistiek, nationaal transport en internationaal transport. De resulterende verdeling per type voertuig is opgenomen in Tabel 42.

Tabel 42 - Verdeling energievraag elektrische voertuigen naar type lader en locatie

Type Voertuig	Licht	Middel	Zwaar	Trekker-Oplegger
Reguliere lader depot (privé)	89.0%	89.0%	89.0%	82.2%
Snellader depot (privé)	6.0%	5.7%	5.7%	9.8%
Reguliere lader (publiek)	1.1%	1.2%	1.2%	2.7%
Snellader (publiek)	3.9%	4.1%	4.2%	5.2%

De verdeling van logistieke voertuigkilometers (goederenvervoer) per provincie is gebaseerd op de CO₂-emissieregistratie van CBS.

Tabel 43 - Verdeling logistieke voertuigkilometers per provincie

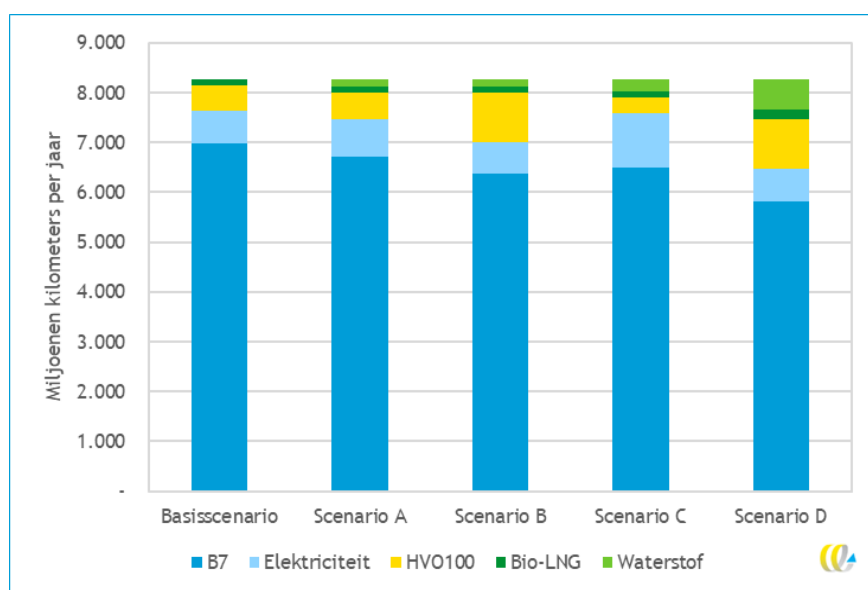
Provincie	Aandeel vkm	Provincie	Aandeel vkm
Drenthe	3.9%	Noord-Brabant	20.2%
Flevoland	3.0%	Noord-Holland	10.0%
Friesland	3.8%	Overijssel	7.2%
Gelderland	16.5%	Utrecht	8.1%
Groningen	2.8%	Zeeland	2.2%
Limburg	7.8%	Zuid-Holland	14.6%

F Resultaten REST-module

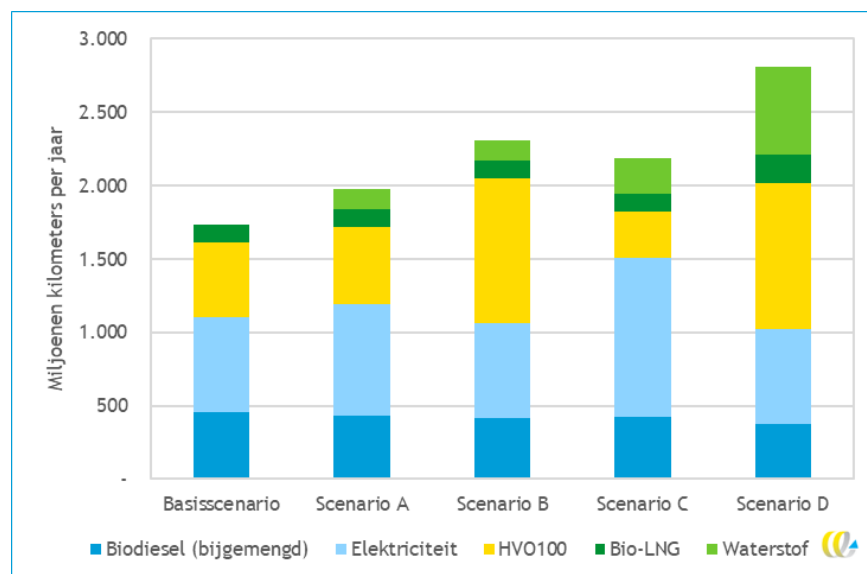
Tabel 44 - Uitkomst REST-module: geleverde energie aan vrachtauto's in 2030 (PJ/jaar)

Type vrachtwagen	Energiedrager	Basisscenario	Scenario A	Scenario B	Scenario C	Scenario D
Licht	B7	0,80	0,78	0,77	0,74	0,77
	Elektriciteit	0,06	0,07	0,06	0,09	0,06
	HVO100	-	-	0,04	-	0,04
	Bio-LNG	-	-	-	-	-
	Waterstof	-	-	-	-	-
Middel	B7	8,98	8,67	8,56	8,32	8,56
	Elektriciteit	0,69	0,83	0,69	0,98	0,69
	HVO100	-	-	0,42	-	0,42
	Bio-LNG	-	-	-	-	-
	Waterstof	-	-	-	-	-
Zwaar	B7	15,41	14,80	14,80	15,62	13,41
	Elektriciteit	0,42	0,51	0,42	0,67	0,42
	HVO100	2,72	2,91	3,11	1,55	3,49
	Bio-LNG	0,29	0,29	0,29	0,29	0,55
	Waterstof	-	0,13	0,13	0,22	0,53
Trekker-Oplegger	B7	77,06	74,11	68,97	70,51	62,19
	Elektriciteit	2,38	2,75	2,38	4,27	2,38
	HVO100	5,05	5,14	11,27	3,15	11,00
	Bio-LNG	1,48	1,48	1,48	1,48	2,27
	Waterstof	-	1,03	1,03	1,81	4,48
Totaal	B7	102,26	98,35	93,10	95,20	84,93
	Elektriciteit	3,56	4,16	3,56	6,02	3,56
	HVO100	7,76	8,05	14,83	4,71	14,95
	Bio-LNG	1,78	1,78	1,78	1,78	2,82
	Waterstof	-	1,16	1,16	2,04	5,02

Figuur 37 - Totaal aantal gereden kilometers door vrachtwagens in 2030 (miljoenen)



Figuur 38 - Totaal aantal gereden kilometers door vrachtwagens in 2030, gereden met hernieuwbare energiedragers (miljoenen)



Noot: Voor B7 is berekend hoeveel kilometers voor rekening komen van het aandeel biodiesel.

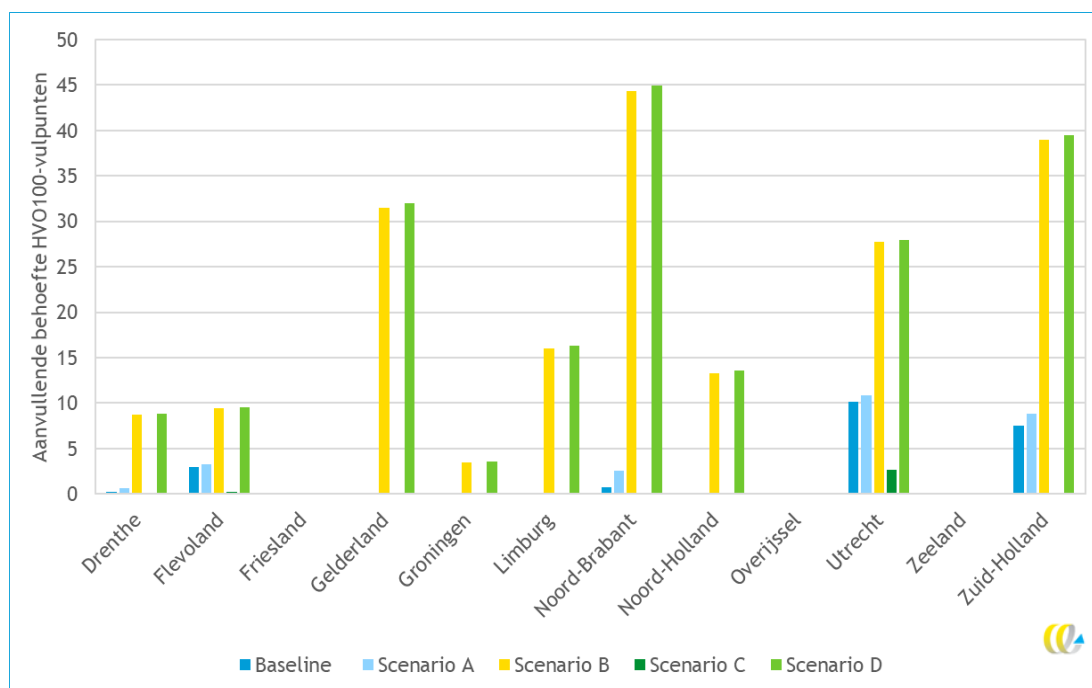
G Resultaten AFI-module

De modeluitkomsten laten de additionele behoefte zien voor het aantal vul- en laadpunten bovenop het aantal dat al bestaat in Nederland (zie Tabel 21). De resultaten worden gepresenteerd voor de gemiddelde aannames en daarna voor de lage en hoge variant.

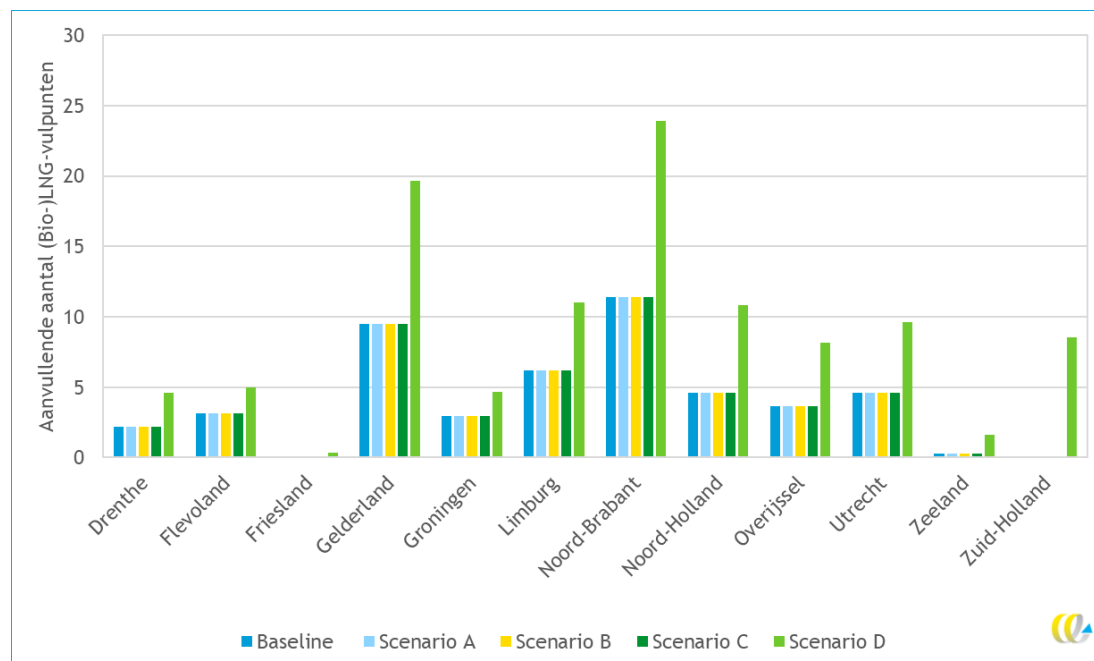
G.1 Resultaten: Midden-variant

Voor de resultaten zoals in Paragraaf 5.2 gepresenteerd (de midden-variant) staan in deze sectie de additionele behoefte van de relevante vul- en laadpunten weergegeven per provincie. Elk van de figuren geeft de behoefte weer voor een specifieke energiedrager (type laad- en vulpunt).

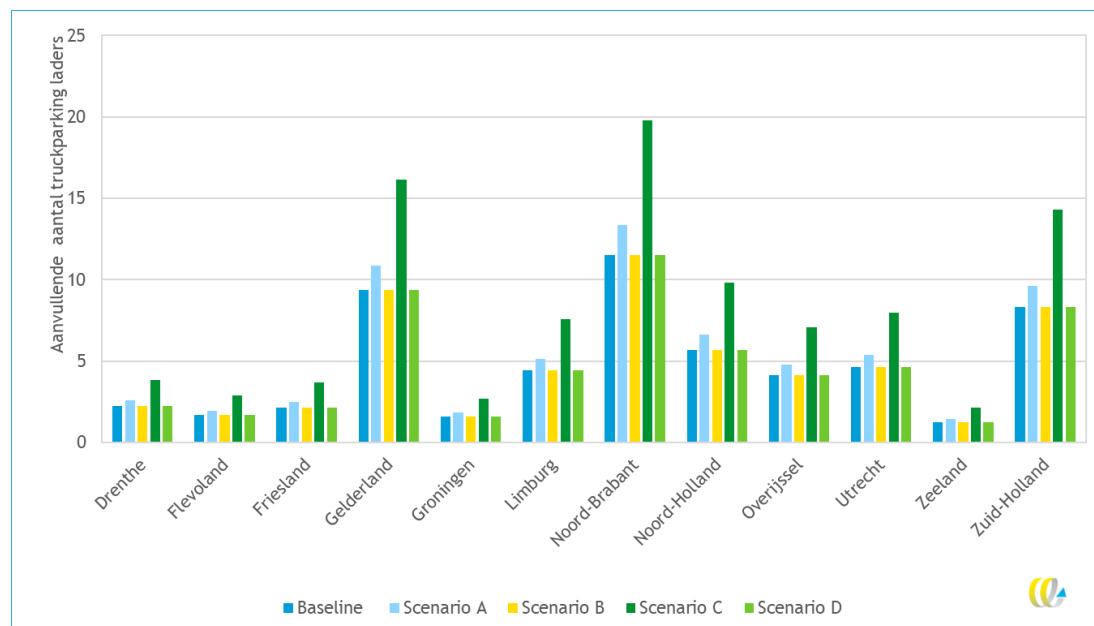
Figuur 39 - Additionele behoefte HVO100-vulpunten per provincie voor variant 'midden'



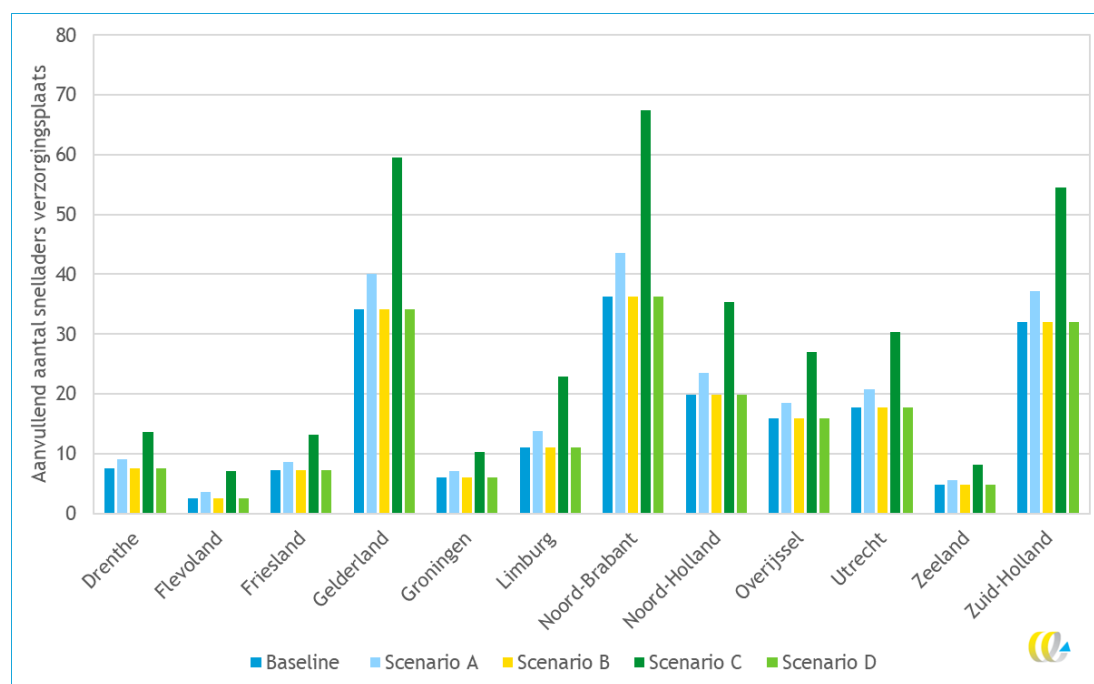
Figuur 40 - Additionele behoefte (Bio-)LNG-vulpunten per provincie voor variant 'midden'



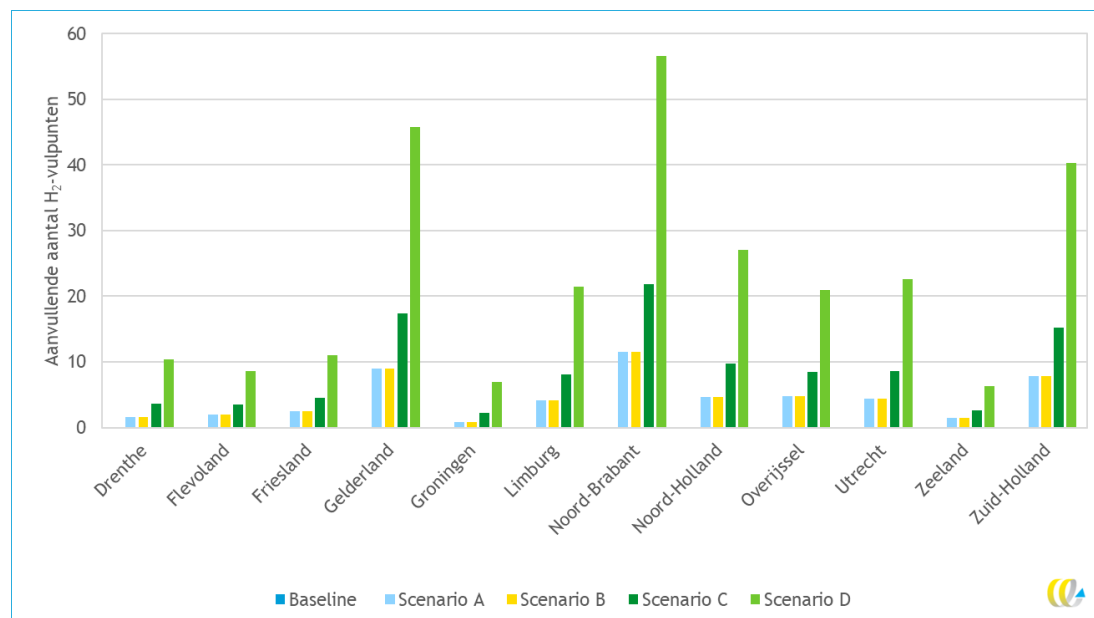
Figuur 41 - Overzicht aanvullende behoefte reguliere laders per provincie voor variant 'midden'



Figuur 42 - Overzicht aanvullende behoefte publiek toegankelijke snelladers per provincie voor variant 'midden'



Figuur 43 - Additionele behoefte aan waterstofvulpunten per provincie voor variant 'midden'



Tabel 45 - Aanvullende behoefte publiek toegankelijke vul- en laadpunten in het basisscenario (variant 'midden')

Provincie	HVO100 - Brandstof- dispenser	Bio-LNG - LNG- dispenser	Elektriciteit - Reguliere lader	Elektriciteit - Snellader	Waterstof - Compressed H ₂ -dispenser
Drenthe	0	2	2	8	0
Flevoland	3	3	2	2	0
Friesland	0	0	2	7	0
Gelderland	0	9	9	34	0
Groningen	0	3	2	6	0
Limburg	0	6	4	11	0
Noord-Brabant	1	11	12	36	0
Noord-Holland	0	5	6	20	0
Overijssel	0	4	4	16	0
Utrecht	10	5	5	18	0
Zeeland	0	0	1	5	0
Zuid-Holland	7	0	8	32	0
Totaal	0	46	57	195	0

Tabel 46 - Aanvullende behoefte publiek toegankelijke vul- en laadpunten in Scenario A (variant 'midden')

Provincie	HVO100 - Brandstof- dispenser	Bio-LNG - LNG- dispenser	Elektriciteit - Reguliere lader	Elektriciteit - Snellader	Waterstof - Compressed H ₂ -dispenser
Drenthe	1	2	3	9	2
Flevoland	3	3	2	4	2
Friesland	0	0	2	9	3
Gelderland	0	9	11	40	9
Groningen	0	3	2	7	1
Limburg	0	6	5	14	4
Noord-Brabant	3	11	13	44	12
Noord-Holland	0	5	7	24	5
Overijssel	0	4	5	18	5
Utrecht	11	5	5	21	4
Zeeland	0	0	1	6	1
Zuid-Holland	9	0	10	37	8
Totaal	0	46	66	231	55

Tabel 47 - Aanvullende behoefte publiek toegankelijke vul- en laadpunten in Scenario B (variant 'midden')

Provincie	HVO100 - Brandstof- dispenser	Bio-LNG - LNG- dispenser	Elektriciteit - Reguliere lader	Elektriciteit - Snellader	Waterstof - Compressed H ₂ -dispenser
Drenthe	9	2	2	8	2
Flevoland	9	3	2	2	2
Friesland	0	0	2	7	3
Gelderland	31	9	9	34	9
Groningen	3	3	2	6	1
Limburg	16	6	4	11	4
Noord-Brabant	44	11	12	36	12
Noord-Holland	13	5	6	20	5

Provincie	HVO100 - Brandstof- dispenser	Bio-LNG - LNG- dispenser	Elektriciteit - Reguliere lader	Elektriciteit - Snellader	Waterstof - Compressed H ₂ -dispenser
Overijssel	0	4	4	16	5
Utrecht	28	5	5	18	4
Zeeland	0	0	1	5	1
Zuid-Holland	39	0	8	32	8
Totaal	187	46	57	195	55

Tabel 48 - Aanvullende behoefte publiek toegankelijke vul- en laadpunten in Scenario C (variant 'midden')

Provincie	HVO100 - Brandstof- dispenser	Bio-LNG - LNG- dispenser	Elektriciteit - Reguliere lader	Elektriciteit - Snellader	Waterstof - Compressed H ₂ -dispenser
Drenthe	0	2	4	14	4
Flevoland	0	3	3	7	3
Friesland	0	0	4	13	4
Gelderland	0	9	16	59	17
Groningen	0	3	3	10	2
Limburg	0	6	8	23	8
Noord-Brabant	0	11	20	67	22
Noord-Holland	0	5	10	35	10
Overijssel	0	4	7	27	9
Utrecht	3	5	8	30	9
Zeeland	0	0	2	8	3
Zuid-Holland	0	0	14	54	15
Totaal	0	46	98	349	106

Tabel 49 - Aanvullende behoefte publiek toegankelijke vul- en laadpunten in Scenario D (variant 'midden')

Provincie	HVO100 - Brandstof- dispenser	Bio-LNG - LNG- dispenser	Elektriciteit - Reguliere lader	Elektriciteit - Snellader	Waterstof - Compressed H ₂ -dispenser
Drenthe	9	5	2	8	10
Flevoland	9	5	2	2	9
Friesland	0	0	2	7	11
Gelderland	32	20	9	34	46
Groningen	4	5	2	6	7
Limburg	16	11	4	11	21
Noord-Brabant	45	24	12	36	57
Noord-Holland	14	11	6	20	27
Overijssel	0	8	4	16	21
Utrecht	28	10	5	18	23
Zeeland	0	2	1	5	6
Zuid-Holland	39	9	8	32	40
Totaal	190	108	57	195	278

G.2 Resultaten: Laag

De variant 'laag' staat voor de situatie waarin de voertuig- en infrastructuurtechniek het minst zijn ontwikkeld in 2030. De resultaten voor de variant 'laag' zijn weergegeven in de

volgende tabellen. Als gevolg van een lagere tank- en accupaciteit van de voertuigen en een lagere vul- en laadsnelheid van de infrastructuur is er meer additionele behoefte voor infrastructuur dan in de variant 'midden'.

Tabel 50 - Aanvullende behoefte publiek toegankelijke vul- en laadpunten in het baselinescenario (variant 'laag')

Provincie	HVO100 - Brandstof- dispenser	Bio-LNG - LNG- dispenser	Elektriciteit - Reguliere lader	Elektriciteit - Snellader	Waterstof - Compressed H ₂ -dispenser
Drenthe	23	10	16	19	0
Flevoland	20	9	12	11	0
Friesland	9	6	15	18	0
Gelderland	91	44	66	81	0
Groningen	13	9	11	14	0
Limburg	44	23	31	33	0
Noord-Brabant	117	54	81	94	0
Noord-Holland	49	26	40	48	0
Overijssel	25	19	29	36	0
Utrecht	57	22	33	41	0
Zeeland	8	5	9	11	0
Zuid-Holland	92	30	59	73	0
Totaal	549	258	402	479	0

Tabel 51 - Aanvullende behoefte publiek toegankelijke vul- en laadpunten in Scenario A (variant 'laag')

Provincie	HVO100 - Brandstof- dispenser	Bio-LNG - LNG- dispenser	Elektriciteit - Reguliere lader	Elektriciteit - Snellader	Waterstof - Compressed H ₂ -dispenser
Drenthe	24	10	18	22	4
Flevoland	21	9	14	13	3
Friesland	10	6	18	21	4
Gelderland	96	44	77	95	17
Groningen	14	9	13	16	2
Limburg	46	23	36	39	8
Noord-Brabant	124	54	94	110	22
Noord-Holland	52	26	47	57	10
Overijssel	27	19	34	42	9
Utrecht	60	22	38	48	9
Zeeland	8	5	10	13	3
Zuid-Holland	96	30	68	86	15
Totaal	579	258	466	562	106

Tabel 52 - Aanvullende behoefte publiek toegankelijke vul- en laadpunten in Scenario B (variant 'laag')

Provincie	HVO100 - Brandstof- dispenser	Bio-LNG - LNG- dispenser	Elektriciteit - Reguliere lader	Elektriciteit - Snellader	Waterstof - Compressed H ₂ -dispenser
Drenthe	52	10	16	19	4
Flevoland	42	9	12	11	3
Friesland	37	6	15	18	4
Gelderland	214	44	66	81	17

Provincie	HVO100 - Brandstof- dispenser	Bio-LNG - LNG- dispenser	Elektriciteit - Reguliere lader	Elektriciteit - Snellader	Waterstof - Compressed H ₂ -dispenser
Groningen	34	9	11	14	2
Limburg	102	23	31	33	8
Noord-Brabant	268	54	81	94	22
Noord-Holland	124	26	40	48	10
Overijssel	79	19	29	36	9
Utrecht	117	22	33	41	9
Zeeland	24	5	9	11	3
Zuid-Holland	200	30	59	73	15
Totaal	1.292	258	402	479	106

Tabel 53 - Aanvullende behoefte publiek toegankelijke vul- en laadpunten in Scenario C (variant 'laag')

Provincie	HVO100 - Brandstof- dispenser	Bio-LNG - LNG- dispenser	Elektriciteit - Reguliere lader	Elektriciteit - Snellader	Waterstof - Compressed H ₂ -dispenser
Drenthe	10	10	27	33	7
Flevoland	11	9	21	21	6
Friesland	0	6	26	31	8
Gelderland	38	44	115	139	32
Groningen	5	9	19	24	5
Limburg	19	23	54	60	15
Noord-Brabant	53	54	141	165	40
Noord-Holland	17	26	70	84	19
Overijssel	2	19	50	62	15
Utrecht	31	22	57	69	16
Zeeland	1	5	15	19	4
Zuid-Holland	45	30	102	125	28
Totaal	229	258	697	832	195

Tabel 54 - Aanvullende behoefte publiek toegankelijke vul- en laadpunten in Scenario D (variant 'laag')

Provincie	HVO100 - Brandstof- dispenser	Bio-LNG - LNG- dispenser	Elektriciteit - Reguliere lader	Elektriciteit - Snellader	Waterstof - Compressed H ₂ -dispenser
Drenthe	53	18	16	19	19
Flevoland	43	15	12	11	15
Friesland	37	13	15	18	19
Gelderland	216	75	66	81	82
Groningen	34	14	11	14	13
Limburg	103	37	31	33	38
Noord-Brabant	270	92	81	94	101
Noord-Holland	125	44	40	48	49
Overijssel	80	32	29	36	37
Utrecht	118	37	33	41	40
Zeeland	24	9	9	11	11
Zuid-Holland	202	58	59	73	72
Totaal	1.305	444	402	479	497

G.3 Resultaten: Hoog

De variant 'hoog' staat voor de situatie waarin de voertuig- en infrastructuurtechniek het meest zijn ontwikkeld in 2030. De resultaten voor de variant 'hoog' zijn weergegeven in de volgende tabellen. Als gevolg van een hogere tank- en accucapaciteit van de voertuigen en een hogere vul- en laadsnelheid van de infrastructuur is er minder additionele behoefte voor infrastructuur dan in de variant 'midden'.

Tabel 55 - Aanvullende behoefte publiek toegankelijke vul- en laadpunten in het baseline scenario (variant 'hoog')

Provincie	HVO100 - Brandstof-dispenser	Bio-LNG - LNG-dispenser	Elektriciteit - Reguliere lader	Elektriciteit - Snellader	Waterstof - Compressed H ₂ -dispenser
Drenthe	0	0	1	1	0
Flevoland	0	1	1	0	0
Friesland	0	0	1	1	0
Gelderland	0	0	3	6	0
Groningen	0	1	1	1	0
Limburg	0	0	2	0	0
Noord-Brabant	0	0	4	2	0
Noord-Holland	0	0	2	3	0
Overijssel	0	0	1	4	0
Utrecht	0	0	2	4	0
Zeeland	0	0	0	1	0
Zuid-Holland	0	0	3	7	0
Totaal	0	0	20	25	0

Tabel 56 - Aanvullende behoefte publiek toegankelijke vul- en laadpunten in Scenario A (variant 'hoog')

Provincie	HVO100 - Brandstof-dispenser	Bio-LNG - LNG-dispenser	Elektriciteit - Reguliere lader	Elektriciteit - Snellader	Waterstof - Compressed H ₂ -dispenser
Drenthe	0	0	1	1	1
Flevoland	0	1	1	0	1
Friesland	0	0	1	1	2
Gelderland	0	0	4	7	5
Groningen	0	1	1	2	0
Limburg	0	0	2	0	2
Noord-Brabant	0	0	5	3	6
Noord-Holland	0	0	2	4	2
Overijssel	0	0	2	4	3
Utrecht	0	0	2	5	2
Zeeland	0	0	0	1	1
Zuid-Holland	0	0	3	8	4
Totaal	0	0	23	32	29

Tabel 57 - Aanvullende behoefte publiek toegankelijke vul- en laadpunten in Scenario B (variant 'hoog')

Provincie	HVO100 - Brandstof- dispenser	Bio-LNG - LNG- dispenser	Elektriciteit - Reguliere lader	Elektriciteit - Snellader	Waterstof - Compressed H ₂ -dispenser
Drenthe	0	0	1	1	1
Flevoland	0	1	1	0	1
Friesland	0	0	1	1	2
Gelderland	0	0	3	6	5
Groningen	0	1	1	1	0
Limburg	0	0	2	0	2
Noord-Brabant	0	0	4	2	6
Noord-Holland	0	0	2	3	2
Overijssel	0	0	1	4	3
Utrecht	0	0	2	4	2
Zeeland	0	0	0	1	1
Zuid-Holland	0	0	3	7	4
Totaal	0	0	20	25	29

Tabel 58 - Aanvullende behoefte publiek toegankelijke vul- en laadpunten in Scenario C (variant 'hoog')

Provincie	HVO100 - Brandstof- dispenser	Bio-LNG - LNG- dispenser	Elektriciteit - Reguliere lader	Elektriciteit - Snellader	Waterstof - Compressed H ₂ -dispenser
Drenthe	0	0	1	2	2
Flevoland	0	1	1	0	2
Friesland	0	0	1	2	3
Gelderland	0	0	6	12	10
Groningen	0	1	1	2	1
Limburg	0	0	3	0	5
Noord-Brabant	0	0	7	9	13
Noord-Holland	0	0	3	6	5
Overijssel	0	0	2	6	5
Utrecht	0	0	3	7	5
Zeeland	0	0	1	2	2
Zuid-Holland	0	0	5	12	9
Totaal	0	0	34	58	60

Tabel 59 - Aanvullende behoefte publiek toegankelijke vul- en laadpunten in Scenario D (variant 'hoog')

Provincie	HVO100 - Brandstof- dispenser	Bio-LNG - LNG- dispenser	Elektriciteit - Reguliere lader	Elektriciteit - Snellader	Waterstof - Compressed H ₂ -dispenser
Drenthe	0	0	1	1	6
Flevoland	0	1	1	0	5
Friesland	0	0	1	1	7
Gelderland	0	0	3	6	27
Groningen	0	1	1	1	4
Limburg	0	2	2	0	13
Noord-Brabant	0	0	4	2	34
Noord-Holland	0	0	2	3	16
Overijssel	0	0	1	4	13

Provincie	HVO100 - Brandstof- dispenser	Bio-LNG - LNG- dispenser	Elektriciteit - Reguliere lader	Elektriciteit - Snellader	Waterstof - Compressed H ₂ -dispenser
Utrecht	1	0	2	4	13
Zeeland	0	0	0	1	4
Zuid-Holland	0	0	3	7	24
Totaal	0	0	20	25	165