



RWS INFORMATIE

Routeradar Duurzame Energiedragers in Mobiliteit 2021

(Routeradar DEM)

Per modaliteit de getalsmatige voortgang en emissies van hernieuwbare energiedragers in mobiliteit in Nederland

Datum: 24 mei 2023
Status: Definitief

Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat
Auteurs	TNO uitvoeringsteam Rijkswaterstaat Dennis Tol (TNO) Arjan Eijk (TNO) Thomas Frateur (TNO)

Inhoudsopgave

Colofon 2


Inhoudsopgave	3
Begrippenlijst	6
Afkortingenlijst	9
Managementsamenvatting	11
1 Inleiding	17
1.1 Doelstelling en doelgroepen	18
1.2 Aanpak in het kort	18
1.3 Leeswijzer	18
2 Wegvervoer	19
2.1 Energiedragers	19
2.1.1 Conventioneel	19
2.1.2 Elektrisch	20
2.1.3 Waterstof	21
2.1.4 Aardgas	21
2.2 Hernieuwbare brandstoffen	22
2.2.1 Jaarverplichting	22
2.2.2 Realisaties 2021	23
2.2.3 Binnenvaart & Zeevaart en Luchtvaart	24
2.2.4 Herkomst en samenstelling hernieuwbare energiedragers	24
2.2.5 Totaalbeeld	25
2.3 Infrastructuur	26
2.3.1 Conventionele brandstoffen	26
2.3.2 Elektrische laadpunten	26
2.3.3 Waterstof vulpunten	27
2.3.4 Aardgas	28
2.3.5 Biobrandstoffen (hoge mixen)	29
2.4 Vervoermiddelen	29
2.4.1 Tweewielers	29
2.4.2 Personenauto's	31
2.4.3 Bestelwagens	34
2.4.4 Vrachtwagens en trekkers (voor oplegger)	36
2.4.5 Bussen	38
2.5 Emissies	40
2.5.1 Realisatie vermeden emissies 2021	40
2.5.2 De hernieuwbaarheid van de energiedragers in mobiliteit.	40
2.6 Conclusie	42
2.6.1 Algemeen	42
2.6.2 Realisaties ten opzichte van de doelstellingen (streefwaarden)	42
2.6.3 Ontwikkeling batterij-elektrisch	42
2.6.4 Ontwikkeling waterstof-elektrisch	43
2.6.5 Ontwikkeling gasvormige brandstoffen	43
2.6.6 Ontwikkeling vloeibare biobrandstoffen	43
2.6.7 Emissies	44

3	Binnenvaart.....	46
3.1	Inleiding.....	46
3.2	Energiedragers.....	46
3.2.1	Conventioneel	47
3.2.2	Elektrisch.....	47
3.2.3	Waterstof	47
3.2.4	Aardgas.....	47
3.2.5	Biobrandstoffen (hoge mixen)	47
3.3	Infrastructuur	48
3.3.1	Conventionele brandstoffen.....	48
3.3.2	Elektrische aansluitpunten en walstroom	48
3.3.3	Waterstof bunkerlocaties	49
3.3.4	LNG bunkerlocaties en bunkerschepen	49
3.3.5	Bunkerlocaties voor biobrandstoffen (hoge mixen).....	50
3.4	Vervoermiddelen	50
3.4.1	Conventioneel	51
3.4.2	Elektrisch.....	52
3.4.3	Waterstof	52
3.4.4	Aardgas.....	52
3.4.5	Biobrandstoffen (hoge mixen)	53
3.5	Emissies.....	53
3.6	Conclusie	54
4	Mobiele werktuigen.....	56
4.1	Energiedragers.....	58
4.1.1	Conventioneel	58
4.1.2	Elektrisch & waterstof	59
4.2	Infrastructuur	59
4.3	Vervoermiddelen	59
4.4	Emissies.....	61
4.5	Conclusie	61
5	Luchtvaart en Zeevaart	63
5.1	Luchtvaart.....	63
5.2	Scheepvaart	65
6	Referenties.....	66
7	Bijlage: methodiek van DEM- en innovatiemonitor	69
7.1	De Routeradar en andere monitoractiviteiten	69
7.1.1	DEM-monitor.....	70
7.1.2	Innovatiemonitor, techniekontwikkeling en marktontwikkeling	71
7.2	Methodiek	72
7.2.1	Product-marktcombinaties	72
7.2.2	Marktfasen.....	74
7.3	Gebuurde bronnen voor deze studie	76
8	Bijlage: Beleidskader.....	77
8.1	Europees beleid	77
8.1.1	Veld energiedrager	78
8.1.2	Veld infrastructuur	79

8.1.3	Veld vervoermiddelen.....	80
8.2	Nederlands beleid.....	80
8.2.1	SER Energieakkoord.....	80
8.2.2	Brandstofvisie	81
8.2.3	Regeerakkoord Rutte IV en Klimaatakkoord	81
8.2.4	Jaarverplichting (RED II)	82
8.2.5	CO ₂ -reductie Klimaatakkoord langs vier inhoudelijke thema's	82

Begrippenlijst

Begrip	Toelichting
Blaauwe energie	Uit fossiele brandstoffen geproduceerde energie in combinatie met CO ₂ -afvang en -opslag.
Brandstofplatform	Formele maatschappelijke organisatie rond een bepaald brandstofspoor. Bestaat veelal uit bedrijven en industriële organisaties, branche- en maatschappelijke organisaties en regionale overheden. Er zijn vier brandstofplatforms: Formule E-team, Bio-LNG, Duurzame biobrandstoffen en H ₂ Platform.
Brandstofspoor	Het spoor rond de implementatie van een bepaalde energiedrager. Dit spoor bestaat uit de drie velden zoals bij dat begrip genoemd en de maatschappelijke beweging hier omheen.
Duurzame energiedrager in mobiliteit (DEM)	Hiermee refereren we aan de benaming van thema 2 in het Klimaatakkoord, de brandstoffen/energiedragers in transport. In de huidige beleidspraktijk heeft dit betrekking op de transitie van elektriciteit, waterstof en CNG/LNG (verplicht in AFID richtlijn) richting hernieuwbaar en biobrandstoffen. Verwante termen (met andere definities) die in dit verband vaak gebruikt worden zijn: 'alternatieve', 'duurzame' of 'innovatieve' brandstoffen.
Geavanceerde biobrandstoffen	Deze biobrandstoffen zijn gemaakt van grondstoffen zoals genoemd in de Annex 9, lijst A van de RED II.
Groene energie	Hernieuwbare energie die is geproduceerd uit natuurlijke bronnen, zoals wind, zon en biomassa. Grijs elektriciteit is geproduceerd door fossiele brandstoffen zoals steenkool, olie en gas. Elektriciteit is vaak een mix uit groen en grijs.
Indicator	Elke sleutelfactor heeft een of meerdere indicatoren waaraan kan worden afgemeten welke ontwikkeling/voortgang zich bij de betreffende sleutelfactor voordoet. Voorbeelden van indicatoren: het aantal personenwagens waterstof, de actieradius van een batterij-elektrische bestelauto, et cetera. Jaarlijks worden de realisaties per indicator in kaart gebracht. De realisatie (meetwaarde) wordt vergeleken met de doelstelling (streefwaarde/ambitie) voor een vastgesteld jaar.
Marktfase	De marktfase waarin een product zich bevindt is bepalend voor de mogelijkheid tot opschaling. Aangezien alleen opschaling de gestelde CO ₂ -doelen voor 2030 binnen bereik kan brengen, is de marktfase ontwikkeling van cruciaal belang. Binnen het innovatieproces worden zes marktfasen onderscheiden: R&D/onderzoek, prototype/pilot, marktvoorbereiding, marktintroductie, opschaling en beheer. In grove lijnen zijn de eerste drie fasen gericht op technologieontwikkeling en de laatste drie fasen op marktontwikkeling.

Begrip	Toelichting																									
Marktsegment	<p>Waar aan de orde is per modaliteit een nadere onderverdeling gemaakt in marktsegmenten. Vooral de modaliteit wegvervoer is opgesplitst (tweewieler, personenauto, bestelauto, vrachtauto, bus) aangezien tussen deze marktsegmenten per brandstofspoor grote verschillen kunnen bestaan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • De categorie tweewielers bevat L-type voertuigen, zoals snorfietsen, bromfietsen, brommobielen en motorfietsen • De categorie personenwagens bevat M1-voertuigen met een gewicht onder 3,5 ton • De categorie bestelauto's bevat N1-voertuigen met een gewicht onder 3,5 ton • De categorie vrachtauto's en trekkers bevat N2-en N3-voertuigen met een gewicht boven 3,5 ton • De categorie bussen bevat M2- en M3-voertuigen 																									
Meetwaarde	De vastgestelde realisatie van een streefwaarde-indicator op dit moment. Geeft aan hoe het 'nu' gesteld is met de realisatie van een streefwaarde.																									
Modaliteit	Een vervoerwijze voor het vervoeren van goederen en personen. De Routeradar behandelt de modaliteiten Wegvervoer, Binnenvaart, Zeevaart, Luchtvaart, Spoor en Mobiele werktuigen.																									
PMC	<p>Een product-marktcombinatie (PMC) is een unieke combinatie van een duurzame energiedrager en een marktsegment, zoals: een waterstof personenauto, een bus op LNG, een schip op biobrandstoffen, et cetera. Onderstaande figuur schetst een aantal PMC's:</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Brandstof</th> <th>Wegvervoer</th> <th>Scheepvaart</th> <th>Luchtvaart</th> <th>Rail</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Elektrisch</td> <td>Motor, Car, Van, Truck, Bus</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>H₂</td> <td>Car, Van, Truck, Bus</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>LNG/CNG</td> <td>Van, Truck, Bus</td> <td>Ship</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Conventionele verbranding Biobrandstoffen</td> <td>Van, Truck</td> <td>Ship</td> <td>Plane</td> <td>Bus</td> </tr> </tbody> </table>	Brandstof	Wegvervoer	Scheepvaart	Luchtvaart	Rail	Elektrisch	Motor, Car, Van, Truck, Bus				H ₂	Car, Van, Truck, Bus				LNG/CNG	Van, Truck, Bus	Ship			Conventionele verbranding Biobrandstoffen	Van, Truck	Ship	Plane	Bus
Brandstof	Wegvervoer	Scheepvaart	Luchtvaart	Rail																						
Elektrisch	Motor, Car, Van, Truck, Bus																									
H ₂	Car, Van, Truck, Bus																									
LNG/CNG	Van, Truck, Bus	Ship																								
Conventionele verbranding Biobrandstoffen	Van, Truck	Ship	Plane	Bus																						
Sleutelfactor	Een sleutelfactor beschrijft een bepaald aspect dat van groot belang is voor de technische ontwikkeling of de marktontwikkeling van een product richting een volgende marktphase.																									
Streefwaarde	Een nagestreefde ambitie (door beleid of de sector, dan wel beide) voor een indicator in een bepaald zichtjaar (ijkjaar), bijvoorbeeld: 25 H ₂ -tankstations in 2030.																									

Begrip	Toelichting
Velden	<p>Elke modaliteit kent drie velden, namelijk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energiedragers: de ontwikkeling of productie van de energiedrager; • Infrastructuur: de ontwikkeling van tank- en laadinfrastructuur; • Vervoermiddelen: waarin de energiedrager voor de aandrijving wordt gebruikt.
Walstroom	<p>Elektriciteit via een aansluiting tussen het schip en de wal om het schip te voorzien van energie voor het hotelverbruik en eventuele hulpsystemen (bijvoorbeeld ladingkoeling, pompen) als het schip aan de kade ligt.</p>
Zero-emissie voertuigen	<p>Definitie van zero-emissie voertuigen in kader Nederlands beleidsvoornemen nieuwverkopen personenwagens zero-emissie in 2030: deze beperkt zich tot personenwagens met tailpipe zero-emissies. Dit komt overeen met emissie vrije voertuigen volgens de Europese typekeuring (ETAP). Dit zijn voertuigen die géén emissietesten hoeven te ondergaan om op de weg te worden toegelaten. In de praktijk komt dit neer op batterij elektrische voertuigen en voertuigen op waterstof.</p> <p>De term zero-emissie wordt door een aantal partijen ook gebruikt voor biobrandstoffen. Aandachtspunt daarbij is dat dit niet betrekking heeft op tailpipe milieu emissies, maar wel dat de inzet van biobrandstoffen over de hele keten genomen een stevige bijdrage kan leveren aan CO₂-reductie.</p>

Afkortingenlijst

Afkorting	Uitleg
AC	Adviescommissie
AFID	Alternative Fuels Infrastructure Directive
B7	Diesel
BB	Biobrandstoffen
BEV	Batterij-elektrische voertuigen. Dit type voertuig heeft enkel een elektromotor.
CNG/LNG	Compressed Natural Gas (aardgas)/ Liquid Natural Gas (vloeibaar aardgas)
CO ₂	Koolstofdioxide
DEM	Duurzame Energiedragers Mobiliteit
DKTI-Transport	Demonstratieregeling Klimaattechnologieën en -innovaties in transport
DuMo	Programma directie Duurzame Mobiliteit van I&W
E10	Euro 95 (Benzine met 10% ethanol)
E20	benzine met 20% ethanol
E5	Euro 98 (Benzine met 5% ethanol)
EC	Europese Commissie
EV	Elektrisch Voertuig
FCEV	Waterstofvoertuigen
FCH-JU	Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking
FEV	Volledig elektrische voertuigen (fully-electric vehicles), zelfde als BEVs. Dit type voertuig heeft enkel een elektromotor.
H ₂	Waterstof
HBE	Hernieuwbare brandstofeenheden
HRS	Hydrogen Refuelling Station
HVO	Hydrotreated Vegetable Oil (dieselvervanger)
IEA	Internationaal Energieagentschap
IenW	Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat
INNOM	Routeradar Innovatiemonitor
KA	Klimaatakkoord
KC	Kennis Consortium (TNO, CE Delft en ECN)
LEF	LEF staat voor LEF Future Centre: een centrum voor complexe maatschappelijke vraagstukken en uitdagingen. Dit centrum wordt gefaciliteerd door RWS
M&E	Monitoring & Evaluatie programma van DuMo
MIA	Milieu-investeringsaftrek
NEA	Nederlandse Emissieautoriteit
NO _x	Verzamelnaam voor verschillende stikstofoxiden

Afkorting	Uitleg
OEM	Original Equipment manufacturers (autoproducenten)
OKA	Ontwerp Klimaatakkoord
PHEV	Plug-in hybride voertuigen. Dit type voertuig heeft naast een elektromotor ook nog een brandstofmotor
PM	Roetdeeltjes (kunnen verschillende grootte hebben)
PMV	Provinciale Milieu Vordering
R&D	Research & Development
RED II	Renewable Energy Directive II
RWS	Rijkswaterstaat
SDE/ SDE+	Stimulering Duurzame Energieproductie
SMR	Steam Methane Reforming: een chemisch proces waarbij een koolwaterstof in aanwezigheid van stoom en/of zuurstofgas en eventueel een katalysator wordt omgezet in een waterstofrijk gasmengsel (lees: reformaat). De meest toegepaste reformeringstechniek voor het produceren van waterstof is stoomreforming van aardgas.
Stekkerauto	Dit zijn personenauto's met een elektromotor, waarvan de accu kan worden opgeladen met behulp van een stekker. Hieronder vallen zowel volledig elektrische personenauto's (FEV's), die enkel een elektromotor hebben (en emissievrij zijn), als plug-in hybrides (PHEV's).
Tailpipe	Uitlaatpijp (verwijst naar emissies op uitsluitend dit niveau)
TTW	Tank-To-Wheel (verwijst naar emissies in dit deel van de keten, dus exclusief productie)
Vamil	Willekeurige afschrijving milieu-investeringen
WTT	Well-To-Tank (verwijst naar emissies in dit deel van de keten > dus inclusief productie)
WTW	Well-To-Wheel (verwijst naar emissies in gehele keten inclusief productie)
ZEV	Zero-emissie voertuigen
ZE-vervoer	Zero-emissie vervoer

Managementsamenvatting

De Routeradar 2021 Duurzame Energie Monitor (Routeradar DEM) presenteert feitelijke informatie met betrekking tot de introductie en marktopschaling van verschillende hernieuwbare energiedragers en vervoermiddelen, inclusief de benodigde tank-/laadinfrastructuur in het mobiliteitssysteem.

Wegvervoer

Conventionele brandstoffen domineren nog steeds de markten voor alle wegvervoersegmenten. Zo zijn diesel, benzine en LPG verantwoordelijk voor circa 93% van de energiedragers (in PJ). Hiermee blijft de vraag naar hernieuwbare energiedragers in wegvervoer vooralsnog achter bij de Klimaatakkoord- en sectordoelestellingen.

Het aantal **elektrische** voertuigen is in opmars. In 2020 was 20,5% van de nieuw verkochte auto's volledig elektrisch en was 4,3% van de nieuw verkochte personenauto's plug-in hybride [RVO, 2020]. In 2021 is het aandeel nieuw verkochte volledig elektrische auto's wel gestagneerd op 20%. Ook in andere marktsegmenten is een groei van elektrische voertuigen zichtbaar. De benodigde laadinfrastructuur in Nederland ontwikkelt zich op een vergelijkbare manier. Kanttekening: de beschikbaarheid van groene elektriciteit blijft achter bij de Europese doelstellingen volgens de RED II.

Het aantal **waterstof**auto's in Nederland is nog klein en groeit minder hard dan batterij-elektrisch. In 2021 is het aantal waterstofauto's gegroeid naar 486 stuks. Ook rijden er een paar bestelwagens en vrachtwagens op waterstof, veelal gesubsidieerd op projectbasis. Logischerwijs is het aantal waterstoftankstations in Nederland ook nog klein: begin 2022 zijn er 15 publieke locaties waar waterstof kan worden getankt. De industrieel geproduceerde waterstof is praktisch altijd fossiel (grijs). De huidige H₂-tankstations leveren echter overwegend groene waterstof middels groencertificaten. In het klimaatakkoord staan ambities geformuleerd voor personen- (15.000) en vrachtwagens (3.000) op waterstof in 2025. Gezien de huidige lage aantallen voertuigen op waterstof lijken deze ambities niet meer haalbaar.

In de meeste marktsegmenten van het wegverkeer zijn brandstoffen gebaseerd op **aardgas** – zoals CNG en LNG – redelijk stabiel. Alleen het aantal LNG vrachtwagens neemt toe. Ten opzichte van de hele vloot blijft het aantal CNG- en LNG-voertuigen echter klein.

Binnenvaart

De meeste binnenvaartschepen in Nederland varen op dit moment op diesel. Daarnaast wordt er geëxperimenteerd met biodiesel blends bij enkele tientallen schepen. Verder ontplooiën scheepseigenaren en de toeleveringsindustrie voorzichtig initiatieven met elektrisch varen (met accu's) en waterstof (met fuel-cell aandrijving). Bovendien varen er al tien schepen op LNG die op termijn kunnen overschakelen op bio-LNG (blend).

Hoewel bovenstaande initiatieven aantonen dat er binnen de Nederlandse binnenvaartsector serieuze belangstelling voor duurzame energiedragers is, zijn de toepassingen vooralsnog beperkt en gaat de implementatie langzaam. Diverse technologische, infrastructurele en financiële obstakels liggen hieraan ten grondslag. Er ontbreken concrete (overheids-)instrumenten om grootschalige marktintroductie

van energiedragers in de binnenvaart te stimuleren. Ook zijn er relatief weinig concrete doelstellingen voor duurzame energiedragers in de binnenvaart.

Mobiele werktuigen

In 2021 en 2022 is door de registratieplicht voor een flink deel van de NRMM sector het inzicht in de NRMM vloot verbeterd. Er blijken aanzienlijk meer NRMM werktuigen in Nederland te worden ingezet dan eerder gedacht. Dit zou in de komende jaren tot een toename van (berekende) emissies kunnen leiden. Mobiele werktuigen gebruiken voornamelijk diesel als brandstof. Benzine wordt maar in beperkte mate gebruikt, vooral bij kleine machines in de consumentensector. De afzet en het gebruik van elektriciteit, waterstof, aardgas en/of biobrandstoffen is op dit moment nog zeer beperkt, met uitzondering van kleine machines die voornamelijk door consumenten worden gebruikt, bijvoorbeeld bladblazers en kettingzagen. Wel zijn er enkele nationale en internationale projecten en pilots gericht op onderzoek en ontwikkeling.

Naast het wegverkeer vormen mobiele werktuigen een belangrijke emissiebron van broeikasgassen (ruim 3 Mton CO₂-equivalenten). Mobiele werktuigen zijn goed voor circa 10 % van de totale uitstoot van de sector mobiliteit. De CO₂-uitstoot van mobiele werktuigen gaat naar verwachting de komende jaren afnemen met circa 1% per jaar tot 2030. Dit komt voornamelijk door Europese emissiewetgeving en de verjonging van het machinepark. Internationaal gezien is dit vergelijkbaar met andere landen.

Elektrificatie en biobrandstoffen zijn de voornaamste opties voor mobiele werktuigen qua duurzame energiedragers. De toepassing van gas wordt zover bekend niet verder onderzocht. Het gebruik van waterstof voor pallettrucks wordt getest. Internationaal is de toepassing van waterstof in heftrucks binnen afgesloten ruimtes (onder andere magazijnen) in opmars.

Realisaties ten opzichte van de doelstellingen (streefwaarden)

Tabel 1: Realisatie van **fysieke** afzet hernieuwbare energiedragers in 2021 (exclusief dubbeltelling). Bron: (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022).

Type hernieuwbare energiedrager	Wegvervoer ¹ [PJ]	Wegvervoer, scheepvaart & luchtvaart [PJ]	Wegvervoer ²	Wegvervoer, scheepvaart & luchtvaart
1. Biobrandstof uit grondstof voedsel en voedergewassen	5,3	5,3	1,3%	1,3%
2. Biobrandstof uit Annex IX A grondstof	7,0	13,7	1,7%	3,4%
3. Biobrandstof uit Annex IX B grondstof	16,6	17,3	4,1%	4,3%
4. Aandeel overig (inclusief hernieuwbaar H ₂ en EV)	1,3	1,3	0,3%	0,3%
Totaal	30,2	37,6	7,4%	9,3%

¹ Inclusief mobiele werktuigen, spoor, pleziervaart & landbouwtrekkers & bosbouwmachines.

² Percentages zijn gegeven ten opzichte van een totale benzine en diesel inzet (402 PJ).

Tabel 2: Realisatie van **berekende** afzet hernieuwbare energiedragers in 2021 (inclusief dubbeltelling). Bron: (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022).

Type hernieuwbare energiedrager	Wegvervoer ³ [PJ]	Wegvervoer, scheepvaart & luchtvaart [PJ]	Aandeel Wegvervoer ⁴	Aandeel Wegvervoer, scheepvaart & luchtvaart
1. Biobrandstof uit grondstof voedsel en voedergewassen	5,3	5,3	1,3%	1,3%
2. Biobrandstof uit Annex IX A grondstof	13,9	27,3	3,4%	6,8%
3. Biobrandstoffen uit Annex IX B grondstof	33,1	34,6	8,2%	8,6%
4. Aandeel overig (inclusief hernieuwbaar H ₂ en EV)	2,1	2,1	0,5%	0,5%
Totaal	54,4	69,3	13,4%	17,2%

Het Klimaatakkoord uit 2019 kent meerdere streefwaarden voor verschillende modaliteiten. In onderstaande tabel zijn de streefwaarden en realisaties samengevat.

³ Inclusief mobiele werktuigen, spoor, pleziervaart & landbouwtrekkers & bosbouwmachines.

⁴ Percentages zijn gegeven ten opzichte van een totale plus van 402 PJ.

Tabel 3: Samenvatting doelstellingen en realisaties

	Realisatie 2021	Streefwaarde 2025	Streefwaarde 2030*	Bron
ZE personenauto's <i>Nieuwverkoop</i>		-	100%	Klimaatakkoord 2019
Waterstof personenauto's <i>Aantallen</i>	486	15.000	300.000	
ZE <i>snorfietsen</i> <i>Nieuwverkoop</i>		100%		
ZE <i>bromfietsen</i> <i>Nieuwverkoop</i>			100%	
ZE bestelwagens <i>Aantallen</i>	8.928	50.000	115.000	
ZE vrachtwagens <i>Aantallen</i>	270	5.000	10.000	
Waterstof vrachtwagens <i>Aantallen</i>	15	3.000	-	
ZE (lijn)bussen <i>Nieuwverkoop</i>		100%	5.000	
Elektrische laadpunten	85.453	-	1.800.000**	
Waterstof vulpunten	15	50	-	
ZE binnenvaartschepen	Nvt***		150	Green deal, zee binnenvaart en haven 2019
Inzet duurzame energiedragers	37,6 PJ		33 +27 PJ + (5PJ binnenvaart)	NEV 2017, + Klimaatakkoord + REDII

* Noot: de streefwaarden zijn overgenomen uit het Klimaatakkoord, uit de Green deal zee- en binnenvaart en haven 2019 en uit de NEV2017 en RED II.

** Noot : 1,8 miljoen laadpunten is niet een direct harde streefwaarde, maar is een waarde afgeleid aan de hand van het aantal te verwachten elektrische voertuigen in 2030.

*** Noot: Er lopen wel experimenten met elektrische schepen, maar er wordt nog niet commercieel gevaren met volledig elektrische schepen.

Emissies

Het globale beeld dat uit de vastgestelde realisaties in deze Routeradar naar voren komt, is dat de huidige vlootsamenstelling en energiemix leiden tot een jaarlijkse emissiereductie van ongeveer 2,9 Mton CO₂,TTW, 1,09 kton NO_x, uitlaat en 20 ton PM₁₀, uitlaat ten opzichte van een situatie zonder zero emissie voertuigen en inzet van biobrandstoffen. De grootste CO₂-reductie wordt gerealiseerd door de bijmenging van biobrandstoffen: circa 2,3 Mton. Elektrische voertuigen, met name personenauto's, dragen verder bij aan een reductie van circa 0,6 Mton CO₂,TTW. Ook voor NO_x en PM₁₀ wordt de grootste besparing momenteel gerealiseerd door de elektrische personenauto's in de vloot (buiten het effect van door coronavirus veroorzaakte tijdelijke afname van de gerealiseerde kilometrages in 2020 en 2021).

De Routeradar DEM emissiecijfers dienen scherp te worden onderscheiden van de formele emissiecijfers uit de Klimaat- en Energieverkenning (KEV), uitgevoerd door het PBL. De cijfers in deze Routeradar dienen uitsluitend om een indruk te geven van de relatieve bijdragen zoals die vanuit de verschillende modaliteiten en vervoerssegmenten worden gegeven en betreffen in feite grove inschattingen die niet

geschikt zijn voor aggregatie of het vaststellen van landelijke of regionale beelden. Zo laten ze bijvoorbeeld zien wat het relatieve milieueffect is van 50 extra H₂-bussen op de weg in Nederland.

Aanbevelingen

Voor een aantal specifieke categorieën vervoermiddelen en energiedragers binnen diverse modaliteiten zijn nog geen betrouwbare cijfers beschikbaar over voertuigaantallen, inzet en resulterende emissies. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft voor een aantal van deze data-vragen onderzoek uitgezet. In het kader van de Routeradar DEM is een zo goed mogelijke inschatting gemaakt én daarnaast zijn ook de dataleemtes geïdentificeerd. Aanbeveling is om dit als vertrekpunt te nemen om de resterende dataleemtes op te vullen.

Binnenvaart

De huidige registratie van technische details van binnenvaartschepen is ontoereikend voor een exacte monitoring. Omdat schepen, zeker in verhouding tot bijvoorbeeld vrachtwagens, zeer lang meegaan, worden motoren van schepen gedurende de levensduur één keer of zelfs enkele malen vervangen. Daarnaast varen schepen die worden ingezet in de Nederlandse wateren niet altijd onder Nederlandse vlag. Ook dit bemoeilijkt een goede monitoring. Wel wordt onder andere door TNO, in afstemming en in samenwerking met PBL, gewerkt aan een verbetering van inzicht in de vlootsamenstelling van binnenvaartschepen. Behalve inzicht in de vloot wordt ook data verzameld over de toegepaste motoren, brandstoffen, belading, inzet in diverse vaarwegen, et cetera. Dit zal leiden tot een meer nauwkeurig inzicht in scheepvaartemissies, een beter onderbouwde prognose en een nauwkeuriger berekening van effecten van beleidsmaatregelen.

Wegvervoer logistiek

Uit de gegevens van de RDW database is nauwkeurig af te leiden hoeveel actieve bestel- en vrachtwagens het Nederlandse wagenpark bevat. Het is echter lastig te achterhalen hoe deze voertuigen worden ingezet en waar ze precies rijden. Dit maakt het prognosticeren van de ingroei van ZE-bestel en ZE vrachtwagens lastiger. Ook is het lastig om de effecten van beleidsmaatregelen door te rekenen, zoals bijvoorbeeld ZE zones voor bestel- en vrachtwagens. Onderzoek naar de inzet (ritlengtes, locaties) van bestel- en vrachtwagens en eventuele belemmeringen (ruimtegebrek op locatie, ontbreken van netwerkaansluiting voor laden van BEV-voertuigen, et cetera) zal de betrouwbaarheid van prognoses voor ingroei van ZE voertuigen vergroten en helpen belemmeringen voor opschaling tijdig te signaleren.

Met betrekking tot reinigingsvoertuigen

De groep reinigingsvoertuigen, voor het reinigen en onderhouden van openbare ruimtes, staat deels in de RDW database geregistreerd. In de RDW database zijn deze voertuigen gelabeld als reinigingsvoertuig, veegwagen, kolkenzuiger, vuilniswagen et cetera. De registratie is echter niet compleet. Gemeenten gebruiken ook (veel) veegwagens die niet op kenteken staan en daardoor niet in de RDW database voorkomen. Ook worden veel tractoren ingezet, die worden voorzien van bepaalde hulpstukken om onderhouds- en reinigingstaken uit te voeren. Naast het ontbreken van betrouwbare informatie over aantallen, merken en modellen is er behoefte aan meer informatie over inzet, praktijkverbruik en CO₂-uitstoot van reinigingsvoertuigen. Denk aan de hoeveelheid uren inzet als veegwagen of bij vuilniswagens aan het aandeel vuil ophalen en vuil samenpersen ten opzichte van het totaal aantal gereden kilometers. Vaak wordt dergelijke monitoring wel door de concessiehouders / wagenparkbeheerders uitgevoerd.

Nader onderzoek wordt aanbevolen om de reinigingsvoertuigen beter in kaart te brengen. Gedacht kan worden aan uitbreiding van de registratieplicht of samenwerking met gemeenten en/of concessiehouders die lijsten met voertuigen en bijbehorende voertuigkenmerken en inzet en verbruikscijfers aanleveren.

Mobiele werktuigen (NRMM)

Door een enquêtestudie van TNO (TNO-1, 2021) en de registratieplicht voor een groot deel van de mobiele werktuigen is het inzicht in de vlootsamenstelling van de mobiele werktuigen in Nederland afgelopen jaar sterk verbeterd. Toch zullen ook veel NRMM machines en voertuigen onder deze nieuwe registratieplicht nog niet hoeven te worden geregistreerd. Alleen machines met een maximale constructiesnelheid van 6 km/uur of meer vallen onder deze verplichting. Dat wil zeggen dat van een groot aantal werktuigtypes niet precies bekend is hoeveel er in Nederland worden gebruikt. De aantallen, inzet, draaiuren, leeftijd (of indien bekend beter nog Stage-klasse) en verdeling van machinetypes zijn alleen bij benadering bekend. De vlootsamenstelling, de inzet en de bijbehorende emissies van de mobiele werktuigen in Nederland worden modelmatig benaderd met het EMMA model (TNO-2, 2009). Dit EMMA model wordt jaarlijks geactualiseerd. Door de recente registratieplicht, voor een flink deel van het NRMM park, wordt het EMMA model steeds nauwkeuriger.

Nader onderzoek wordt aanbevolen om deze groepen voertuigen beter in kaart te brengen. Hierbij kan worden gedacht aan het monitoren van de inzet van NRMM, bij een deel van de modernere machines kan dit tegenwoordig op afstand. Daarnaast kan worden gedacht aan uitbreiding van de registratieplicht, zodat machines als pompen, generatoren en (grotere) voertuigen die niet op de openbare weg komen (snelheid < 6 km/h) ook moeten worden geregistreerd. Andere mogelijkheden zijn om alle nieuwverkoop te registreren en om (bouw)bedrijven gegevens te laten aanleveren van hun NRMM voertuigen en machinepark.

Hernieuwbare energiedragers

Op dit moment is het niet mogelijk om de precieze bestemming van hernieuwbare energiedragers te volgen. Alleen de totaal afgezette hoeveelheden aan een beperkt aantal hoofdcategorieën binnen de Nederlandse markt kunnen in kaart worden gebracht. Hierdoor is de onderverdeling van de inzet beperkt tot de categorieën luchtvaart, zeevaart, binnenvaart en wegverkeer (inclusief mobiele werktuigen). De brandstofafzet aan mobiele werktuigen valt onder de brandstofafzet aan het wegverkeer. Onderscheid in het monitoren van de inzet van hernieuwbare brandstoffen voor specifieke segmenten binnen het wegverkeer of apart voor NRMM is hierdoor momenteel niet mogelijk.

1 Inleiding

De Routeradar heeft als basisopgave de monitoring van de Visie Duurzame Energiedragers in Mobiliteit. Deze visie kwam voor het eerst tot stand in 2014, toen nog onder de naam 'Brandstofvisie'. De Brandstofvisie werd in een samenspel van 350 stakeholders uitgewerkt en bevat een beschrijving welke duurzame brandstoffen wanneer kunnen worden ingezet om een bijdrage te leveren aan de klimaatdoelen op het gebied van CO₂-reductie in transport. Deze visie kreeg in 2020 een actualisatie onder de naam 'Visie Duurzame Energiedragers in Mobiliteit'. Oogmerk daarbij is nog altijd het terugdringen van de broeikasgassenuitstoot in transport.

Klimaatakkoord

Over het reduceren van de uitstoot heeft Nederland zowel internationaal als nationaal afspraken gemaakt. Zo vormen hernieuwbare energiedragers een belangrijk onderdeel in het mobiliteitsdeel van het Klimaatakkoord uit 2019. De uitvoering hiervan vindt deels plaats bij de programmadirectie Duurzame Mobiliteit. Tevens is er het programma Meerjarig Missie-gedreven Innovatieprogramma Duurzame Mobiliteit (Missie D+). Dit programma kijkt verder dan alleen de realisatie van klimaatdoelen. Duurzame mobiliteit is namelijk ook van vitaal belang voor de opbouw van een concurrerende positie van Nederland in de mondiale post-fossiele economie.

Scope

De primaire focus van deze rapporten ligt op de ontwikkeling van hernieuwbare energiedragers/brandstoffen voor mobiliteit. De Routeradar levert een bijdrage aan: de monitoring van hernieuwbare energiedragers binnen het Klimaatakkoord, de AFID-rapportages aan de Europese Commissie en de monitoring van innovatie binnen duurzame mobiliteit.

Definitie hernieuwbare energiedragers in transport

In de huidige beleidspraktijk heeft dit begrip betrekking op de transitie van conventionele fossiele energiedragers (diesel, benzine, LPG) naar innovatieve nieuwe energiedragers als elektriciteit, waterstof, hernieuwbaar gas (bio-LPG, bio-CNG, bio-LNG) en biobrandstoffen. In principe vallen hier nog veel meer duurzame energiedrager opties onder, maar die worden in de Routeradar 2021 niet gemonitord. Reden is dat deze producten nog in de vroege productfase-ontwikkeling zitten, waardoor zij nog niet voor grootschalige marktinzet in aanmerking komen.

Verwante termen (met andere definities) die in dit verband vaak worden gebruikt zijn: 'alternatieve', 'duurzame' of 'innovatieve' brandstoffen. Voor alle hernieuwbare energiedragers geldt overigens dat ook deze vaak niet hernieuwbaar worden geproduceerd. Het streven is daarom dit vanaf volgend jaar te gaan monitoren. Dit zal gebeuren door zowel de realisaties als de streefwaarden (ambities/doelstellingen) van de hernieuwbaarheid van de verschillende energiedragers in beeld te brengen en te laten zien welke voortgang hier jaarlijks wordt gemaakt.

Rapportage per modaliteit

De brede scope op hernieuwbare energiedragers voor mobiliteit betekent dat de Routeradar alle transportmodaliteiten meeneemt, dat wil zeggen:

1. Wegvervoer;
2. Binnenvaart;
3. Mobiele werktuigen.
4. Zeevaart (data);
5. Luchtvaart (data);

Per modaliteit zijn er twee Routeradar-delen. Het voorliggende rapport betreft het eerste deel, de zogenaamde 'Routeradar – Duurzame Energiedragers in Mobiliteit', waarin realisaties aan doelstellingen worden gekoppeld. Het tweede deel heeft betrekking op innovaties binnen techniek- en marktontwikkelingen. Voorliggend rapport gaat alleen in op het eerste deel.

1.1 Doelstelling en doelgroepen

Doelstelling

Het hoofddoel van de Routeradar 2021 is om feitelijke informatie met betrekking tot de ontwikkeling van hernieuwbare energiedragers in transport te verzamelen en overzichtelijk te presenteren. De rapportage evalueert de voortgang met betrekking tot de introductie en marktopschaling van verschillende hernieuwbare energiedragers en vervoermiddelen, inclusief de benodigde tank-/laadinfrastructuur in het mobiliteitssysteem.

1.2 Aanpak in het kort

Dit rapport is het eerste van twee delen. Het tweede deel 'Routeradar 2021 - de Innovatiemonitor' (RR-INNOM), beschrijft de techniek en kostenontwikkeling van de voertuigen.

Het Routeradar DEM rapport

De Routeradar DEM (RR-DEM) presenteert per modaliteit de getalsmatige voortgang en ontwikkelingen van de hernieuwbare energiedragers in mobiliteit als volgt:

1. Door het afzetten van de streefwaarden (targets van beleid en platforms) per zichtjaar tegen de realisaties (meetwaarden) in 2021;
2. Door in te zoomen op drie onderdelen: (1) energiedragers, (2) infrastructuur, en (3) vervoermiddelen;
3. Door de emissiereducties per product-marktcombinatie te berekenen op basis van de realisaties in aantallen en afgelegde kilometers.

RR-INNOM rapportage

In het tweede deel, de Innovatiemonitor, wordt binnen het gebied van hernieuwbare energiedragers voor mobiliteit gekeken naar de techniek- en marktontwikkelingen in Nederland en internationaal. Daarbij ligt de focus vooral op het vaststellen van de potentie tot opschaling.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de energieafzet, infrastructuur en voertuigaantallen van het wegvervoer, waarin wordt ingegaan op de huidige stand van zaken, ontwikkelingen en streefwaarden van de duurzame energiedrager per modaliteit. De status en ontwikkelingen in de binnenvaartsector worden beschreven in Hoofdstuk 3 en de vlootsamenstelling van mobiele werktuigen is in Hoofdstuk 4 gepresenteerd. In Hoofdstuk 5 wordt data van Zeevaart en Luchtvaart gepresenteerd.

2 Wegvervoer

Een belangrijke stimulans voor de verduurzaming van het wegverkeer tussen 2020 en 2030 komt uit Europees en Nederlands beleid. Op EU-niveau zetten vooral de CO₂-normen voor personen-, bestel- en vrachtverkeer aan tot lagere CO₂-emissies van nieuwe voertuigen. Het Nederlandse Bestuursakkoord Zero Emissie Regionaal Openbaar Vervoer per Bus heeft tot doel om de gehele OV-bussenvloot in het jaar 2030 te vervangen door emissieloze bussen (elektrisch en/of waterstof). Daarnaast zijn er landelijke (en regionale) subsidies beschikbaar voor hernieuwbare energiedragers.

2.1 Energiedragers

Deze sectie geeft inzicht op het totale energiegebruik in de mobiliteit in Nederland, inclusief mobiele werktuigen, maar exclusief bunkerbrandstoffen voor internationale lucht- en scheepvaart. De data is afkomstig uit de tabellenbijlage van de Klimaat en Energie Verkenning (KEV) (PBL, TNO, CBS en RIVM, 2022). De genoemde projecties voor de zichtjaren 2025 en 2030 zijn gebaseerd op basis van vastgesteld en voorgenomen beleid.

In 2021 waren conventionele brandstoffen de belangrijkste energiedragers in de mobiliteitssector (zie *Tabel 4*). Olieproducten (inclusief biocomponenten) zoals diesel, benzine en LPG waren in 2021 verantwoordelijk voor bijna 98% van de gebruikte energie. Daarnaast was ongeveer 2% van het totale energiegebruik elektrisch. Van de olieproducten bestond circa 6% van de energie uit biobrandstoffen. De tabel laat zien dat de absolute energievraag in 2021 net als in 2020 lager was dan in de jaren daarvoor, dit effect is voornamelijk te verklaren door het coronavirus. In de volgende paragrafen wordt verder ingegaan op het energieverbruik per energiedrager in het wegvervoer.

Tabel 4: Energieverbruik in mobiliteit – realisaties en projecties (Klimaat- en Energieverkenning, 2022)⁵

Energieverbruik in mobiliteit	Realisaties (PJ)			Projecties (PJ)	
	2019	2020	2021	2025	2030
Olieproducten	504	436	438	469	420
Benzine	183	155	160	191	178
waarvan biobenzine	8,3	9,5	9,8	12	11
Diesel	310	272	269	269	233
waarvan biodiesel	20,1	14,8	18,0	32	29
LPG	6	5	5	4	3
Overige olieproducten	5	4	4	5	5
Aardgas	3	2	3	4	3
Elektriciteit	9	8	8	20	36
Waterstof	0	0	0	0,09	0,28
Verbruikssaldo	516	446	449	493	459

2.1.1

Conventioneel

Het verbruik van benzine en diesel is de afgelopen jaren toegenomen, maar is in 2020 en 2021 gedaald. Dit is met name te verklaren door een afname in vervoersbewegingen met personenauto's door het coronavirus (PBL, TNO, CBS en RIVM, 2022).

⁵ De cijfers voor 2020 en 2021 worden door het PBL aangemerkt als 'voorlopig'.

- Het verbruik van benzine is in 2021 met circa 3% toegenomen ten opzichte van 2020, maar lager dan de jaren daarvoor. Deze verschillen komen met name door de invloed van het coronavirus.
- Het verbruik van diesel is in 2021 met een circa 1% afgenomen ten opzichte van 2020. Dit is waarschijnlijk een gevolg van het feit dat diesel personenvoertuigen door "diesel-gate" en door het financiële beleid minder aantrekkelijk zijn geworden.
- Het verbruik van LPG is het afgelopen jaar eveneens gedaald. Sinds 2000 loopt de afzet bijna ieder jaar terug. Het aandeel van LPG op te totale energiemix voor het wegverkeer was in 2021 circa 1%. Ter vergelijking: voor benzine was dit 35% en voor diesel 60%. Ondanks dat de LPG brandstof nog steeds relatief goedkoop is ten opzichte van benzine en diesel, is een LPG-voertuig in de loop van de tijd financieel minder aantrekkelijk geworden door aanpassingen in wegenbelasting en verandering in de bijtelling voor lease-rijders. Mogelijk spelen ook de ombouwkosten voor retrofit van LPG installaties een rol. Tot slot is, met name in de laatste jaren, de concurrentie door plug-in hybride en batterij elektrische voertuigen toegenomen.

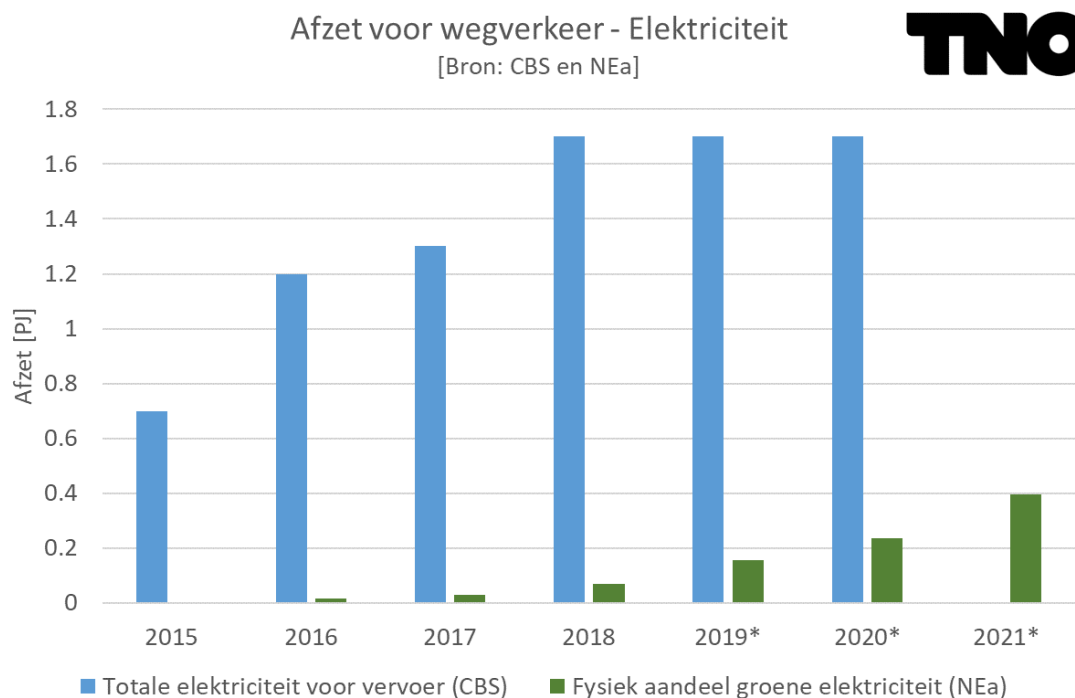
2.1.2 *Elektrisch*

De elektrische auto is in opmars, dit ziet men ook terug in de afzet van elektriciteit voor het wegverkeer. Van de totale hoeveelheid (berekende) hernieuwbare energie voor vervoer is elektriciteit vooralsnog een relatief klein aandeel (<3%). Er is wel een stijgende lijn te zien sinds 2019 in de hoeveelheid ingeboekte elektriciteit voor wegvervoer, van 788 TJ in 2019 naar 1.178 TJ in 2020 en 1.982 in 2021 op basis van berekende energie-inhoud (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022). Kanttekening is dat niet alle gebruikte elektriciteit voor het wegverkeer wordt ingeboekt (thuis geladen elektriciteit valt hier bijvoorbeeld buiten, terwijl thuisladen wel de meest gebruikte vorm⁶ van laden is). Daarnaast wordt ook alleen het aandeel groene elektriciteit meegerekend. In 2021 is gerekend met een Europees gemiddelde van 32,1%, dit aandeel wordt jaarlijks aangepast.

In Figuur 1 is de berekende hoeveelheid ingeboekte elektriciteit omgerekend naar de fysieke energie-inhoud en afgezet tegen het totaalcijfer van CBS. De hoeveelheid groene elektriciteit is de berekende hoeveelheid duurzame elektriciteit gedeeld door een dubbeltellingsfactor⁷.

⁶ [Elektrische autorijders zijn thuisladens: thuisladen krijgt rapportcijfer 9,3 \(rvo.nl\)](https://www.rvo.nl/nieuws/elektrische-autorijders-zijn-thuisladens-krijgt-rapportcijfer-9,3)

⁷ 2,5x tot 2017, 5x in 2018 tot 2021 en vanaf 2022 wordt dit 4x voor elektrisch en 2,5x voor RFNBO's



Figuur 1: Fysieke energie afzet en fysieke hoeveelheid ingeboekte duurzame elektriciteit voor wegverkeer. Bronnen: (CBS-1, 2022)⁸ (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022)⁹, bewerking TNO.

2.1.3 Waterstof

De afzet van waterstof in wegvervoer wordt op dit moment niet centraal gemonitord. Het aandeel is klein gezien de kleine hoeveelheid auto's op de weg (zie Paragraaf 2.4). Commerciële waterstofproductie in Nederland is momenteel grijs, dat wil zeggen fossiel. Grijs waterstof wordt geproduceerd uit gas (via Steam Methane Reforming, SMR) of elektrolyse met grijze stroom. Waterstof in mobiliteit is veelal vergroend, dankzij het gebruik van groencertificaten bij de bestaande H₂-tankstations.

De zogenaamde blauwe waterstof, waarbij de CO₂ tijdens het SMR proces wordt afgevangen en ondergronds opgeslagen, is tot op heden niet beschikbaar op de Nederlandse markt voor mobiliteit.

2.1.4 Aardgas

Het aantal personenvoertuigen op aardgas kende een snelle stijging tussen 2012 en 2016, maar lijkt te stagneren, zoals beschreven in Sectie 2.4. Wél neemt het aantal bestel- en vrachtwagens op aardgas toe. De hoeveelheid ingeboekte hoeveelheid aardgas is ook flink toegenomen.

De berekende energie-inhoud van het ingeboekte biogas is de afgelopen vier jaar jaarlijks gestegen van 0,45 PJ in 2017 naar 1,7 PJ in 2021¹⁰. Ten opzichte van 2019 is de ingeboekte hoeveelheid biogas met ruim 70% toegenomen (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022). In de totale afzet voor het wegverkeer bedraagt aardgas desondanks minder dan 1 %. (zie Figuur 2).

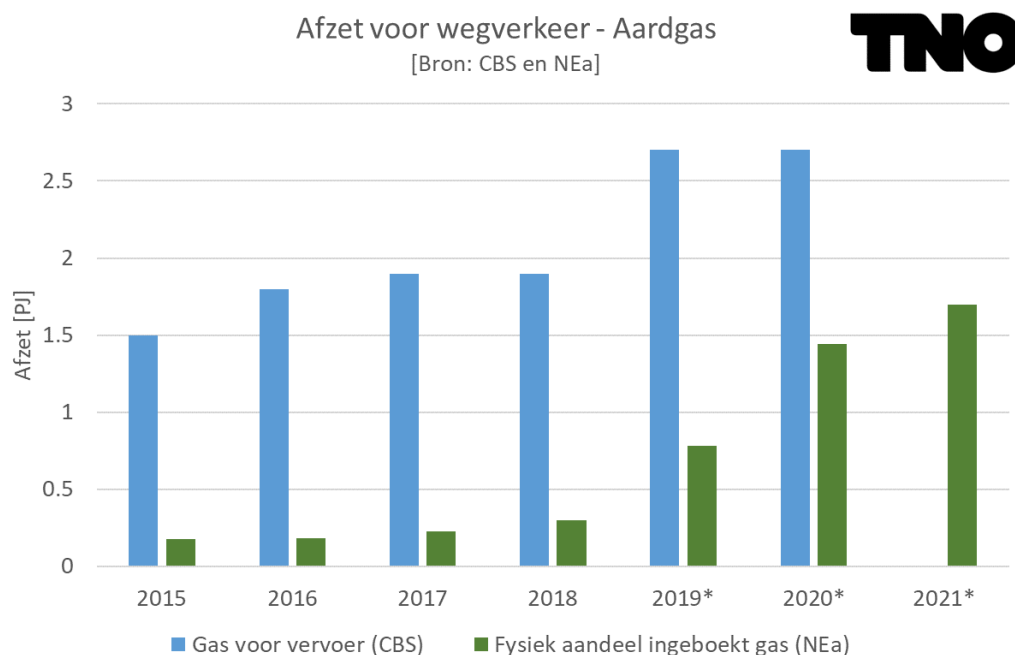
Er zijn nog weinig gegevens bekend met betrekking tot groene LNG. In 2021 is een beperkt volume aan Bio-LNG ingezet (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022). Het

⁸ CBS cijfers voor 2019 en 2020 nog voorlopig.

⁹ De hoeveelheid "groen" is bepaald door een vermenigvuldiging met het Europese gemiddelde aandeel opgewekte groene elektriciteit.

¹⁰ Inclusief bio-LNG

aandeel is wel gestegen ten opzichte van een jaar eerder. De groei ten opzichte van het voorgaande jaar (van 160% in 2019 en 84% in 2020) is echter afgevlakt naar 18% in 2021.



Figuur 2: Fysieke afzet aardgas voor wegverkeer. Bronnen: (CBS-1, 2022)¹¹ (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022)¹², bewerking TNO.

2.2 Hernieuwbare brandstoffen

De Nederlandse Emissie Autoriteit (NEa) rapporteert jaarlijks over de inzet van hernieuwbare energiedragers in mobiliteit. De getallen uit dit hoofdstuk zijn voornamelijk afkomstig uit de Rapportage Energie voor Vervoer in Nederland 2021 (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022)

In de richtlijn Hernieuwbare Energie (Renewable Energy Directive II) staan onder andere Europese streefcijfers voor het aandeel hernieuwbare energie in finaal eindgebruik (tenminste 32% in 2030) en het aandeel hernieuwbare energie in transport (tenminste 14% in 2030). Lidstaten mogen zelf vaststellen hoe te sturen op de RED II doelen: op volume, op energie-inhoud of op broeikasgasreductie, mits equivalent aan 14% hernieuwbare energie in vervoer in 2030.

Tot hernieuwbare energie in mobiliteit tellen grofweg de volgende energiedragers: benzine- en dieselvangers, biogas en groene elektriciteit (ook groene waterstof, maar die getallen zijn verwaarloosbaar klein). Volgens de Europese wetgeving RED II moet het aandeel hernieuwbare energie in mobiliteit in 2030 stijgen tot 14% (exclusief zeevaart).

2.2.1 Jaarverplichting

In Nederland wordt de RED II verplichting ingevoerd op basis van percentages hernieuwbare energie voor brandstofleveranciers, looptijd 2022-2030. Bedrijven die op jaarbasis meer dan 500.000 liter diesel en benzine leveren bestemd voor wegvervoer, spoorvervoer, mobiele machines en pleziervaart vallen onder deze jaarverplichting. Deze bedrijven zijn verplicht om jaarlijks een oplopend aandeel van de door hen geleverde energie hernieuwbaar te laten zijn. Hiervoor hebben ze

¹¹ CBS cijfers voor 2019 en 2020 nog voorlopig.

¹² De hoeveelheid "groen" is bepaald door een vermenigvuldiging met het Europese gemiddelde aandeel opgewekte groene elektriciteit.

Hernieuwbare Brandstofeenheden (HBE's) nodig op hun rekening in het NEA Register¹³.

Het benzine- en dieselvolumen waarop in 2021 de jaarverplichting rust is in totaal 11,7 miljard liter, ofwel 403 PJ. De jaarverplichting was 17,5% (inclusief dubbeltellingen¹⁴) in 2021. Voor het behalen van de jaarverplichting waren in totaal 70,5 miljoen HBE's nodig. Deze doelstelling is gehaald in 2021, hiervoor zijn 1,3 miljoen HBE's uit het opgespaarde saldo van voorgaande jaren gebruikt, dit komt neer op 0,3 procentpunt (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022). De fysieke afzet van energiedragers (zonder dubbeltelling) was 37,6 PJ in 2021.

Behalve het verplichte aandeel hernieuwbare energie, geldt er vanaf 2018 een subdoelstelling voor de inzet van geavanceerde biobrandstoffen (tenminste 3,5% (fysiek) in 2030) en een limiet op de inzet van conventionele biobrandstoffen (op basis van gewassen) van 1,4% (in 2021 was dit nog 5%). Geavanceerde biobrandstoffen worden gemaakt uit grondstoffen zoals in de RED II beschreven in Annex IX A. RED II Annex IX Part A omvat biobrandstoffen op basis van onder andere afvalstromen, stro en non-food cellulose. Onder Part B vallen gebruikt frituurvet en dierlijke vetten, de momenteel meest gebruikte grondstof voor productie van hernieuwbare diesel (en kerosine) van drop-in kwaliteit.

Het verplichte percentage van 2021 loopt jaarlijks op. Daarnaast zijn er nog subdoelstellingen voor een maximum aandeel conventionele biobrandstoffen (gemaakt uit voedselgewassen) en is er een subdoelstelling voor een minimum aandeel geavanceerde biobrandstoffen (beide subdoelstellingen zijn in 2021 gehaald). In onderstaande tabel staan de doelstellingen voor 2022 tot 2030 weergegeven.

Tabel 5: (Sub)doelstellingen aandelen hernieuwbare energie voor vervoer in Nederland, uitgedrukt in percentages hernieuwbaar ten opzichte van de totale brandstoflevering

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Totaal doelstelling	17,9	18,9	19,9	21,0	22,3	23,6	25,0	26,5	28,0
Maximum conventioneel	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Minimum geavanceerd	1,8	2,4	2,9	3,6	4,2	4,9	5,6	6,3	7,0

Voor meer informatie over de jaarverplichting wordt de lezer verwezen naar de officiële rapportage van de Nederlandse Emissie Autoriteit (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022).

2.2.2

Realisaties 2021

In Nederland mogen de leveranciers van brandstoffen de leveringen van hernieuwbare brandstoffen aan de zeevaart en binnenvaart (en luchtvaart) vooralsnog meetellen voor de jaarverplichting van het wegverkeer, via de zogenaamde 'opt-in' regeling. Leveringen van biobrandstoffen aan de binnenvaart en zeevaart waren in 2020 aanzienlijk toegenomen naar ongeveer 30% van de totale HBE's. In 2021 bedroeg dit aandeel circa 19% voor de zeevaart en minder dan 1%

¹³ Bedrijven kunnen HBE's verkrijgen door zelf hernieuwbare energie te leveren of door ze te kopen van andere bedrijven. Hernieuwbare brandstof eenheden - 1 HBE staat gelijk aan 1 GJ energie (rekening houdend met eventuele dubbeltellingen.)

¹⁴ Grondstoffen in bijlage IX van de Richtlijn hernieuwbare energie (RED) - zowel deel A als deel B - komen in aanmerking voor dubbeltelling. Dit betekent dat de inboeking van biobrandstof uit de daarin genoemde grondstoffen, leidt tot de bijschrijving van de dubbele hoeveelheid HBE's. Dit is een extra stimulans voor het leveren en inboeken van biobrandstof uit afval- en residuromen.

voor de binnenvaart. Het was in 2021 alleen toegestaan om geavanceerde biobrandstoffen (Annex IX A) in te boeken in de zeevaart, het is onduidelijk in hoeverre deze maatregel ten grondslag ligt aan het lagere percentage in de zeevaart.

De Nederlandse jaarverplichting rust op de fysieke hoeveelheid benzine en diesel inclusief biocomponenten, voor 2021 was deze totale brandstofplas 403 PJ (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022) geleverd aan wegvervoer, spoorvervoer, mobiele machines en pleziervaart. In Tabel 5 zijn de realisaties van de ingeboekte hoeveelheid hernieuwbare brandstoffen weergegeven. Deze tabellen bevatten ook gegevens voor de zeevaart, binnenvaart en luchtvaart. De leveringen aan binnenvaart en zeevaart tellen niet mee voor de totale brandstofplas waarop de jaarverplichting rust. In de verschillende berekeningen in Tabel 5 is de totale plas daarom gelijk.

2.2.3 *Binnenvaart & Zeevaart en Luchtvaart*

Het aandeel hernieuwbare brandstoffen voor de binnenvaart en luchtvaart dat bijdraagt aan de jaarverplichting voor het wegverkeer is gering. Gezamenlijk hebben deze sectoren een aandeel van 2,2% in de geregistreerde HBE's in 2021. De zeevaart draagt met 19% voor een groot deel bij aan de doelstellingen voor het wegverkeer. De hernieuwbare brandstoffen die worden ingezet in de scheepvaart worden meegeteld voor de jaarverplichting doelstelling van het wegverkeer, omdat er voor de zeevaart geen jaarverplichting bestaat.

In de zeevaart is 6,7 PJ hernieuwbare energie ingezet, wat door dubbeltelling goed is voor 13,4 miljoen HBE's. De 6,7 PJ hernieuwbare energie die naar de zeevaart is gegaan bedraagt minder dan 2% van de totale inzet van brandstoffen in de zeevaart (453 PJ in 2020 (CBS, 2022)).

De CO₂-reductie die wordt behaald door de inzet in de zeevaart telt niet mee voor de CO₂-reductieverplichting van wegverkeer, noch voor de CO₂-reductie van Nederland (in de rapportage aan Europa). In het verlengde daarvan tellen de leveringen aan de zeevaart niet mee voor de overkoepelende Europese RED II transportdoelstelling van 10% in 2020 en 14% in 2030.

Het energieverbruik van de internationale scheepvaart en luchtvaart (verkocht in Nederland) wordt door het CBS meegenomen bij de bunkerbrandstoffen. Nederland moet de broeikasgasemissies die gepaard gaan met het verbruik van deze brandstoffen wel conform de richtlijnen van het IPCC rapporteren. Deze emissies worden echter niet tot het nationale emissietotaal gerekend.

2.2.4 *Herkomst en samenstelling hernieuwbare energiedragers*

De totale (fysieke) hoeveelheid dieselvangers bestaat in 2021 voor 74% uit FAME¹⁵. HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) is daarna de grootste groep en beslaat 17% van de dieselvangers. De totale hoeveelheid dieselvangers is in 2021 met 0,6% gestegen (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022).

Bij de benzinevangers is ETOH¹⁶ verantwoordelijk voor het grootste deel van de benzinevangers, met een aandeel van 92% (fysieke energie) in 2021. Tot een aantal jaren geleden werd ETOH, bioethanol, gemaakt van gewassen. In 2021 werd bioethanol voor 42% uit afval (meestal zetmeel slurry) geproduceerd. Het overige aandeel van de benzinevangers bestaat voor meer dan 95% uit Bio-nafta (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022).

Vloeibare biobrandstoffen (benzine- en dieselvangers) leveren de grootste bijdrage aan de hernieuwbare energieleveringen voor vervoer. Dieselvangers vormen met

¹⁵ Fatty acid methyl ester (FAME)

¹⁶ Ethanol (ETOH)

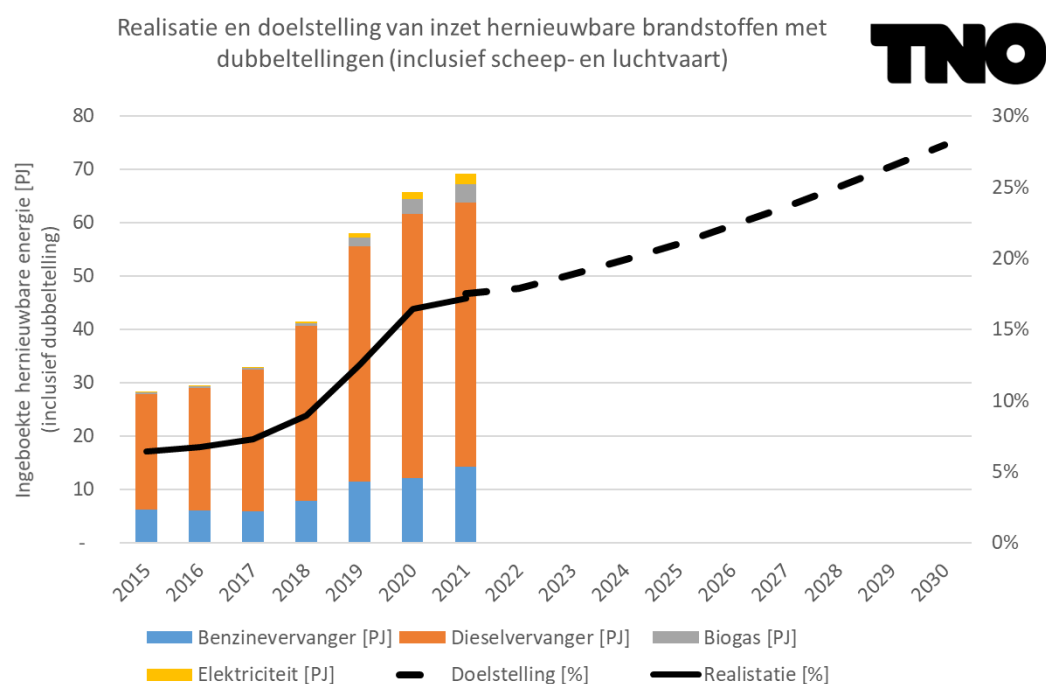
66% het overgrote deel, gevolgd door de benzinevervangers met 26%. De overige 8% bestaat uit biogas (4,5%) en elektriciteit (3,3%¹⁷) (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022).

In 2021 was 7% (fysieke energie-inhoud) van de biobrandstoffen voor het Nederlandse vervoer gemaakt van grondstoffen die uit Nederland komen. Het overgrote deel van de grondstoffen komt uit het buitenland, vooral China (21,9%), Maleisië (10,0%), Duitsland (6,7%) en de VS (6,7%) (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022).

2.2.5

Totaalbeeld

Het aandeel hernieuwbare energie (inclusief dubbel telling) was in 2021 circa 17,2% (+0,3% uit het spaarsaldo), zie Figuur 3.



Figuur 3: Afzet (berekende hoeveelheid) hernieuwbare energiedragers en overeenkomende bijmengingspercentage. Bronnen: (CBS-1, 2022)¹⁸ (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022)¹⁹, bewerking TNO.

Als gevolg van de subdoelstelling is het aandeel geavanceerde biobrandstoffen (Annex IX A) gestegen: van 1,9% in 2019 naar 2,6% in 2020 en 6,8% in 2021. Door alleen toestaan van Annex IX A grondstoffen voor de zeevaart is een verschuiving ontstaan (Tabel 6) van de ingeboekte Annex IX A grondstoffen ten opzichte van 2020.

Tabel 6: Berekende energie-inhoud uit Annex IX A en Annex IX B grondstoffen in de zeevaartsector in 2020 en 2021.

Zeevaart	2020	2021
Annex IX A	0,5	6,5
Annex IX B	9,0	0,0

¹⁷ Dit is het totaal van grijze en groene elektriciteit. Voor het aandeel groen is een percentage van 32,1% gehanteerd op basis van het Europees gemiddelde. Vanaf volgend jaar wordt dit 26,4% op basis van het Nederlands gemiddelde.

¹⁸ CBS cijfers voor 2019 en 2020 nog voorlopig.

¹⁹ De hoeveelheid "groen" is bepaald door een vermenigvuldiging met het Europese gemiddelde aandeel opgewekte groene elektriciteit.

Het aandeel conventionele biobrandstoffen is in 2021 1,3%, dit is ruim onder de limiet van 5% en ook onder de limiet van 1,4% die vanaf 2022 geldt.

Tabel 7: Inzet geavanceerde biobrandstoffen – meet- en streefwaarden (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022).

Energieafzet Wegvervoer	Meetwaarden (%) – berekende energie inhoud					Streefwaarden (%)	
	2017	2018	2019	2020	2021	2025	2030
Aandeel geavanceerde biobrandstoffen	0,1%	0,7%	1,9%	2,6%	6,8%	3,5%	7,0%

2.3

Infrastructuur

Onderstaande tabel toont de meet- en streefwaarden van het aantal laad- en vulpunten in Nederland voor verschillende energiedragers. De cijfers worden in de volgende hoofdstukken besproken. Tabel 8 toont de meet- en streefwaarden van het aantal tankstations, waterstofvulpunten (hydrogen refueling stations, HRS) en elektrische (semi-)publieke laadpunten in Nederland.

Tabel 8: Aantal laad-/vulpunten wegvervoer – alle energiedragers (diverse bronnen, zie onderstaande paragrafen)

Aantal laad-/vulpunten	Meetwaarden			Streefwaarden
	2019	2020	2021	2030
Benzine/Diesel	4.145	4.143	4.147	-
LPG	1.351	1.179	1.130	-
(Semi-)publiek	50.784	65.613	85.453	1,7/1,8 miljoen
Regular	49.522	63.586	82.876	
22kW < P ≤ 43 kW	224	381	293	
P < 150 kW	933	1.170	1.539	
P ≥ 150 kW (public)	95	476	745	
Waterstoftankstation	4	7	15	(in 2025) 50
350 bar	4	5	8	
700 bar	3	6	7	
CNG	170	178	176	-
LNG	27	30	38	-

2.3.1

Conventionele brandstoffen

Voor conventionele brandstoffen (benzine, diesel en LPG) zijn de volgende observaties te maken:

- Het aantal tankstations voor benzine en diesel is al jarenlang stabiel en schommelt rond de 4.100 (BOVAG-RAI, 2021).
- Nederland telt op het moment van schrijven (juni 2022) 1.130 LPG tankstations (MyLPG, 2022). Een afname ten opzichte van 2018 toen er in Nederland 1.351 LPG tankstations waren (TNO-3, 2019)

2.3.2

Elektrische laadpunten

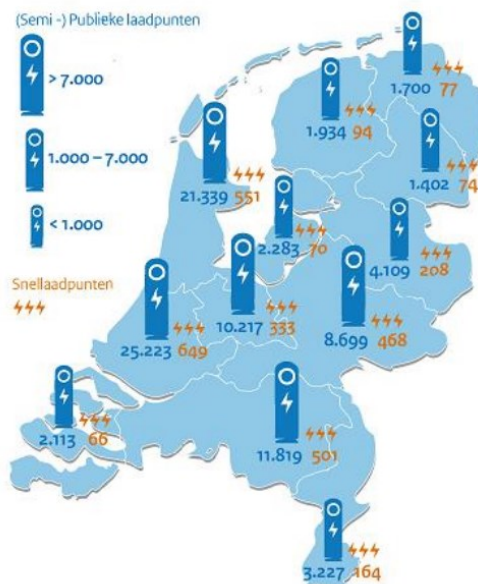
De volgende observaties zijn te maken ten aanzien van (semi-)publieke elektrische laadpunten (RVO, 2022):

- Het aantal laadpunten voor wegvervoer stijgt snel. Sinds 2016 is het aantal (semi)publieke laadpunten meer dan verdrievoudigd (van circa 27.000 naar ruim 85.000 eind 2021); Afgelopen jaar zijn er circa 20.000 laadpunten bijgekomen in Nederland (RVO, 2022).
- Het merendeel van de laadpunten heeft een aansluiting met laag vermogen (<22kW), voor nieuwe laadpunten doorgaans 11kW. Hoog vermogen aansluitingen (boven 22kW) tellen op tot bijna 2.600 laadpunten.

- In het Klimaatakkoord zijn geen harde doelstellingen maar alleen afgeleide streefwaarden voor het aantal laadpunten in 2030 benoemd. Wel is in het Klimaatakkoord en bij de doorrekening van de effecten steeds rekening gehouden met ongeveer 1,8 miljoen stuks. Hierin is geen onderscheid gemaakt tussen vermogensklassen. In de NAL wordt een aantal van 1.7 miljoen genoemd. Daarin wordt ervan uitgegaan dat 15% van het laden via snelladers gaat. In de Alternative Fuels Infrastructure Directive (AFID) wordt landen gevraagd een passende laadinfrastructuur te realiseren. In de Alternative Fuels Infrastructure Regulation (AFIR) worden wel bindende doelstellingen voor een minimum uitrolverplichting voor infrastructuur vastgelegd.

Bovengenoemde aantallen voor laadpunten betreffen in principe alle laadpunten (personen, vracht, bus et cetera) die openbaar toegankelijk zijn en openstaan voor 'roaming'. Het is aannemelijk dat een beperkt aantal specifieke laadpunten voor bussen en vrachtwagens niet worden meegeteld.

Onderstaande figuur toont de geografische spreiding van het aantal laadpunten in Nederland. Op het eerste oog varieert de hoeveelheid laadpunten sterk per regio. Dit is voornamelijk te verklaren door de hoeveelheid inwoners per regio en de verkeersintensiteit op het wegennet.



Figuur 4: Aantal elektrische (semi-)publieke laadpunten wegvervoer (RVO, 2022).

2.3.3

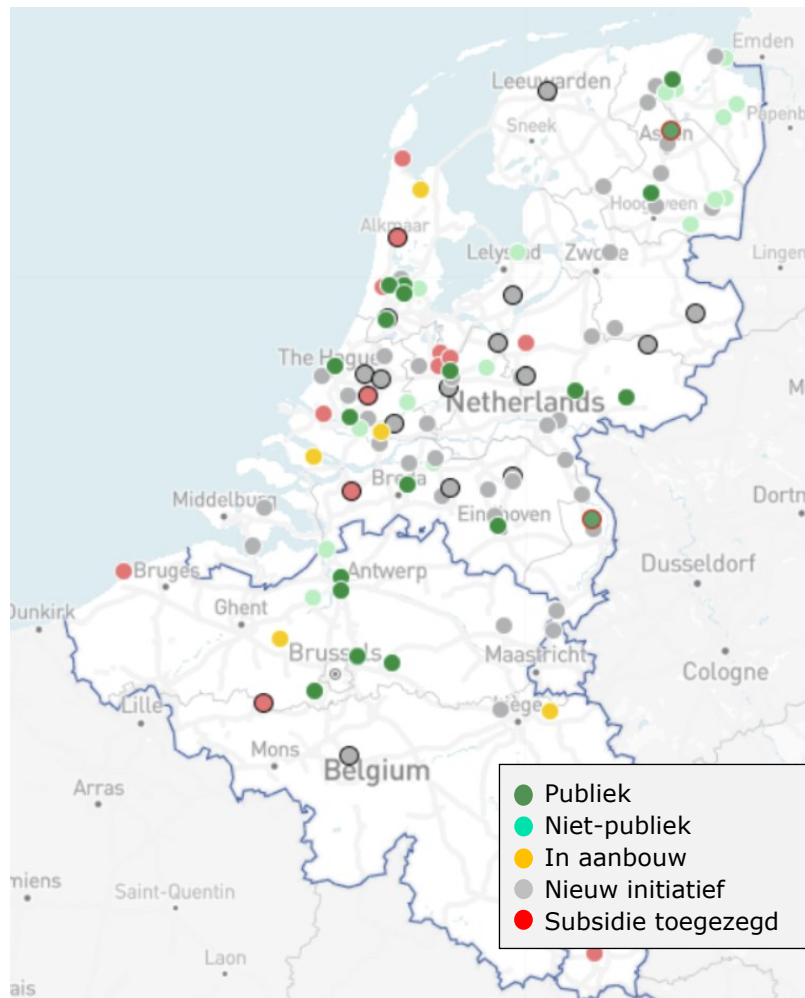
Waterstof vulpunten

De geografische spreiding van de waterstof vulpunten op 29/07/2022 is te zien in onderstaande figuur, afkomstig van waterstofnet.eu²⁰. Ten aanzien van waterstof vulpunten in Nederland kan het volgende worden geconstateerd:

- Nederland telt momenteel (juli 2022) 15 operationele openbare waterstof tankstations. Daarnaast is er nog een aantal semipublieke en private installaties (Waterstofnet, 2022). In het Klimaatakkoord is een doel opgenomen van 50 waterstof tankstations in 2025;
- De meeste waterstof tankstations in Nederland leveren waterstof op zowel 350 als 700 bar;

²⁰ [Overzicht Waterstof tankstations H2BeNeLux \(waterstofnet.eu\)](https://www.waterstofnet.eu)

- Nieuwe tankstations zijn onder meer in aanbouw bij Rotterdam, Utrecht, Alkmaar, Groningen en Breda. Daarnaast staan nog twaalf andere tankstations in Nederland op de planning (H₂Platform, 2022);
- Speciale 'waterstoftankwagens' (tube trailers) zorgen voor de bevoorrading. Deze opleggers zijn uitgerust met hogedruk waterstoftanks. In sommige gevallen wordt waterstof ook lokaal geproduceerd uit aardgas (Arnhem), dan wel getransporteerd per pijpleiding (Rhoon).



Figuur 5: Waterstof tankstations (Waterstofnet, 2022)

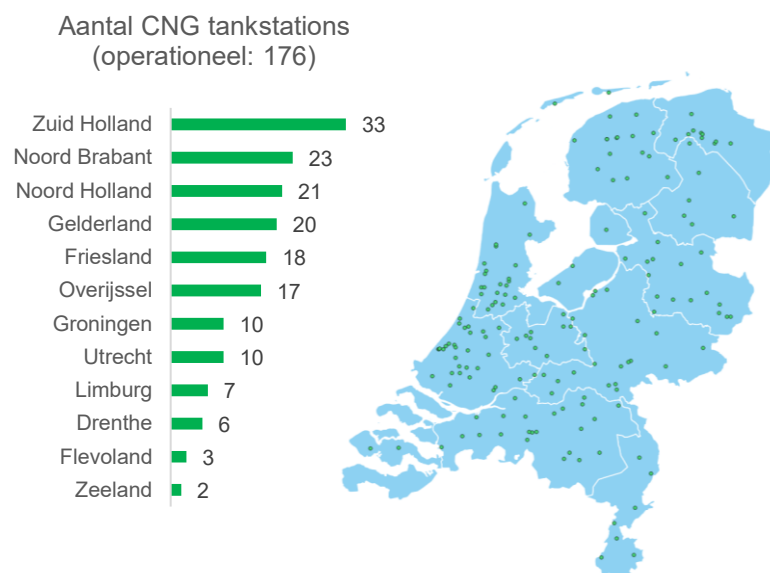
2.3.4

Aardgas

De volgende observaties zijn te maken omtrent aardgas vulstations in Nederland:

- Op dit moment zijn er 176 tankstations in Nederland waar (bio)CNG kan worden getankt (OG Clean Fuels, 2022).
- Er zijn in Nederland momenteel 38 LNG tankstations waar trucks kunnen tanken (Nationaal LNG platform, 2022).
- In het Klimaatakkoord zijn er geen streefwaarden gesteld voor het aantal CNG- en LNG-tankstations in de toekomst. Wel werd er in de Routeradar 2018 (TNO-3, 2019) rekening gehouden met een streefwaarde van dertig LNG stations in 2021, dit is gerealiseerd.

CNG is relatief goed beschikbaar door het hele land, behalve wellicht in Zeeland en Flevoland. Zeeland telt maar twee CNG tankstations. LNG is nog niet landelijk dekkend te tanken, maar de brandstof is dan ook nog relatief nieuw op de markt. De geografische spreiding van de CNG tankpunten is te zien in onderstaand figuur.



Figuur 6: CNG vulpunten voor wegverkeer (OG Clean Fuels, 2022)

2.3.5 Biobrandstoffen (hoge mixen)

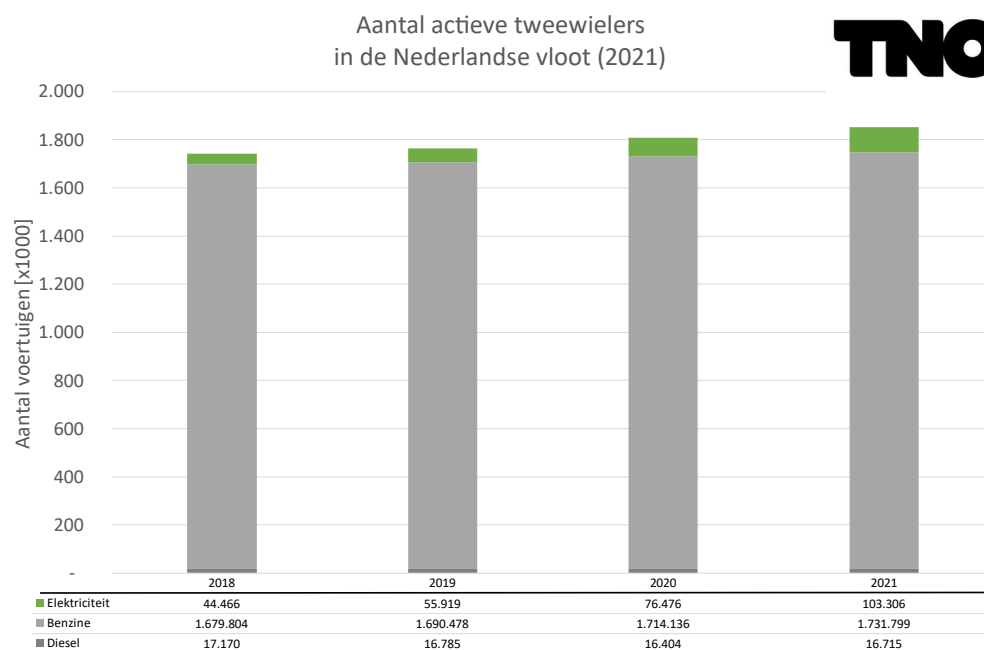
Biobrandstoffen in hoge mixen spelen vooral een rol voor het zware transportsegment in de vorm van bijvoorbeeld HVO of diesel met 30% FAME-aandeel. HVO 100 is beschikbaar bij circa 120 tankstations (Neste.nl en glpautogas.info).

2.4 Vervoermiddelen

In de volgende paragrafen wordt per marktsegment een overzicht gegeven van de ontwikkelingen. De aantallen zijn vastgesteld op 1 januari 2022. De vlootgegevens in dit hoofdstuk zijn gebaseerd op de open data van de RDW (RDW, 2022).

2.4.1 Tweewielers

Op 31 december 2021 telde Nederland in totaal ruim 1,85 miljoen tweewielers, inclusief motorfietsen. Met tweewielers wordt hier de Europese L-categorie bedoeld. Deze categorie bestaat voor het grootste deel uit brom-, snor- en motorfietsen. Daarnaast bevat deze categorie ook pedelecs, brommobielen, tricycles en quads (zie ook Tabel 9). De groep tweewielers groeit meerdere jaren op rij en nam in 2021 met bijna 45.000 voertuigen toe. De groei is voornamelijk zichtbaar bij de elektrische tweewielers (snor- en bromfietsen en pedelecs), deze groep groeide van 76.000 in 2020 naar 103.000 in 2021 (+35%). Naast een kleine groep elektrische tweewielers en lichte quads op diesel, rijdt het grootste gedeelte van de vloot nog op benzine (94%).



Figuur 7: Aantal actieve tweewielers in de Nederlandse vloot, aanwezig aan het einde van de in de grafiek genoemde jaren.

De groep tweewielers bevat een brede groep voertuigen (zie Tabel 9 voor de exacte verdeling):

- Motorfietsen:**
 Het aantal motorfietsen is al sinds 2012 vrij constant, maar neemt over de jaren heen licht toe. In 2021 is het aantal motorfietsen met circa 2% toegenomen ten opzichte van 2020.
- Brom- en snorfietskentekens:**
 Deze groep bestaat onder andere uit brom- en snorfietsen, brommobielen, pedelecs en quads. In 2021 is deze groep met 2,7% gegroeid ten opzichte van een jaar eerder. De groei komt voornamelijk door de toename van ruim 22.300 elektrische brom- en snorfietsen.
- Quads en tricycles:**
 Dit zijn officieel geen tweewielers, maar ze vallen wel onder de Europese L-categorie voertuigen. De groep groeide tussen 2020 en 2021 met circa 8%.

Tabel 9: Aantal actieve tweewielers (bromfietskenteken en motoren) in de Nederlandse vloot motorfietsen.

Tweewielers	Meetwaarden			
	2018	2019	2020	2021
Conventioneel Totaal	1.696.974	1.707.263	1.730.540	1.748.514
Diesel - Quad licht	17.170	16.785	16.404	16.715
Benzine – brom- en snorfiets en Pedelecs	1.031.308	1.034.436	1.047.991	1.050.820
Benzine – Motorfiets	622.335	629.391	638.510	651.836
Benzine - Quad & Tricycles	26.161	26.651	27.635	29.143
Elektriciteit Totaal	44.466	55.919	76.476	103.306
Elektriciteit – Brom- en snorfiets	26.804	34.633	48.729	71.042
Elektriciteit – Motorfiets	539	657	855	1.022
Elektriciteit - Pedelecs	15.441	19.080	23.184	26.606
Elektriciteit - Quad & Tricycles	1.685	2.198	3.689	4.636

In de vlootontwikkeling valt op dat tweewielers onder jongeren steeds minder populair zijn. Volgens het CBS (CBS, 2022) daalde het aantal snor- en bromfietsbezitters van 16 tot 20 jaar met 30% tussen 2012 en 2022. In maart 2010 werd het praktijkexamen voor het bromfietsrijbewijs ingevoerd, bovenop het al bestaande theorie-examen. Daardoor moesten jongeren extra kosten maken voor een bromfietsrijbewijs. Het aantal snorfietsbezitters van 16-20 jaar nam af. Boven de 20 jaar nam het aantal snor- en bromfietsbezitters in bijna alle leeftijdsgroepen wel toe. Het is wel onzeker of de brom- en snorfietsen op naam van de gebruikers worden geregistreerd. Het is mogelijk dat deze tweewielers op de naam van bijvoorbeeld een ouder worden geregistreerd, maar in de praktijk door een jonger persoon worden gebruikt.

2.4.1.1. Conventioneel

Veruit de meeste tweewielers rijden op benzine. Er zijn geen streefwaarden voor conventionele tweewielers. Algemene observatie is dat het aantal conventionele tweewielers de afgelopen jaren ieder jaar toeneemt.

2.4.1.2. Elektrisch

Nieuwe snor- en bromfietsen zijn steeds vaker elektrisch. In de eerste vier maanden van 2022 was het aandeel nieuw verkochte elektrische brommers al meer dan 50%. In dezelfde periode van vorig jaar was dat aandeel nog 30%. Elektrische snorfietsen blijven nog licht achter met een aandeel van 43%²¹. Ter vergelijking, in de autosector lag het aandeel elektrische exemplaren van de nieuw verkochte wagens in 2021 op 19,8% (RVO, 2022).

Het aantal elektrische brom- en snorfietsen groeit snel en bedroeg eind 2021 in totaal 71.042 voertuigen. Eind 2021 was van alle brom- en snorfietsen die in Nederland staan geregistreerd circa 8.5% elektrisch.

Het Klimaatakkoord hanteert de ambitie om in 2025 alleen nog maar elektrische snorfietsen te verkopen (100% van alle nieuwe registraties). Daarnaast is in het Klimaatakkoord afgesproken om bromfietsen (45 km/u) met verbrandingsmotor voor 1/1/2030 uit te faseren. In dit geval zal de vloot naar verwachting groeien tot 500.000 elektrische snor- en bromfietsen in 2030. Onlangs is echter duidelijk geworden dat dit doel in strijd is met EU-regels omdat het de interne markt van de EU zou schaden²².

2.4.2. *Personenauto's*

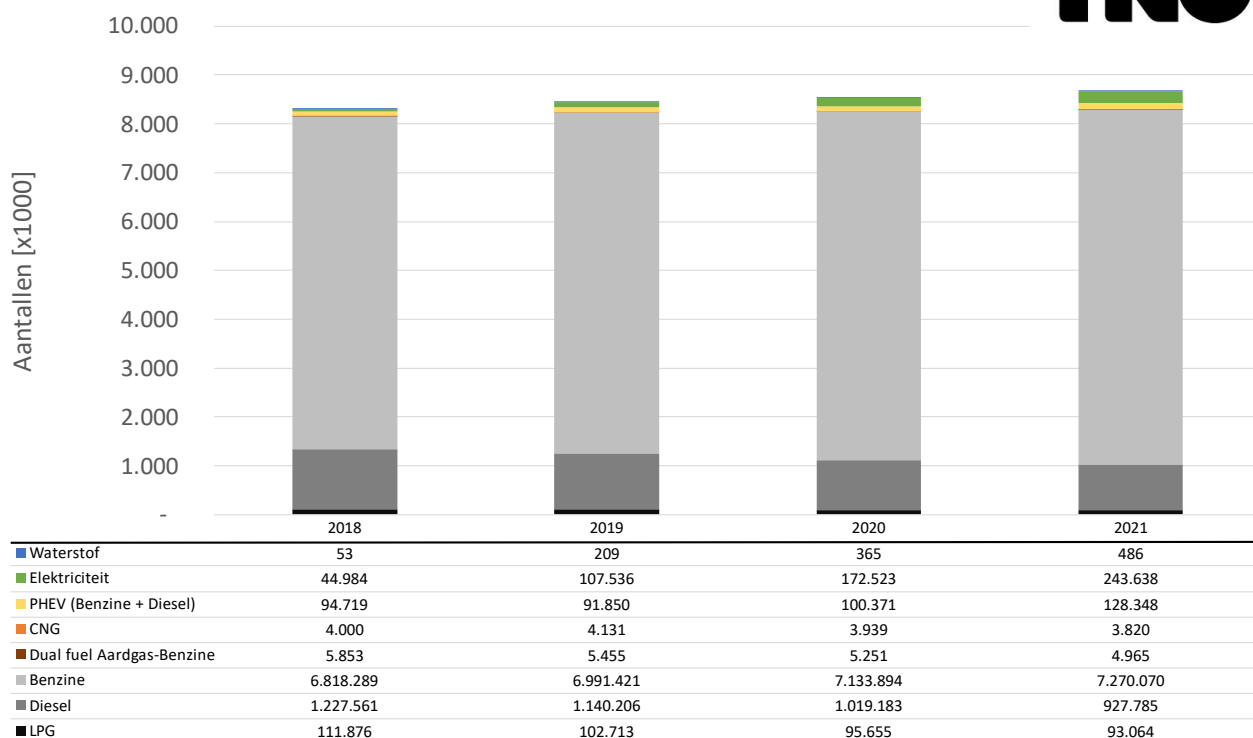
De grootste CO₂-emissiebijdrage in het wegverkeer komt van personenauto's. Met ruim 8,6 miljoen voertuigen vormen personenauto's het grootste marktsegment. Dit aantal groeit al acht jaar op rij. Van deze personenauto's was 88% eigendom van een particulier. Het aantal auto's van particulieren nam met 3,3% toe ten opzichte van een jaar eerder, toen het aantal ook al met 1,7% toenam. Het aantal auto's op naam van bedrijven nam met 1,2% af.

Onderstaande figuur toont het aantal actieve personenauto's in de Nederlandse vloot met differentiatie naar energiedrager. In de volgende paragrafen worden de ontwikkelingen op energiedragerniveau nader toegelicht.

²¹ [Helpt nieuwe bromfietsen elektrisch | RAI Vereniging](#)

²² [Verbod op verkoop snorfietsen op benzine in 2025 gaat niet door \(nos.nl\)](#)

Aantal actieve personenauto's in de Nederlandse vloot (2021)

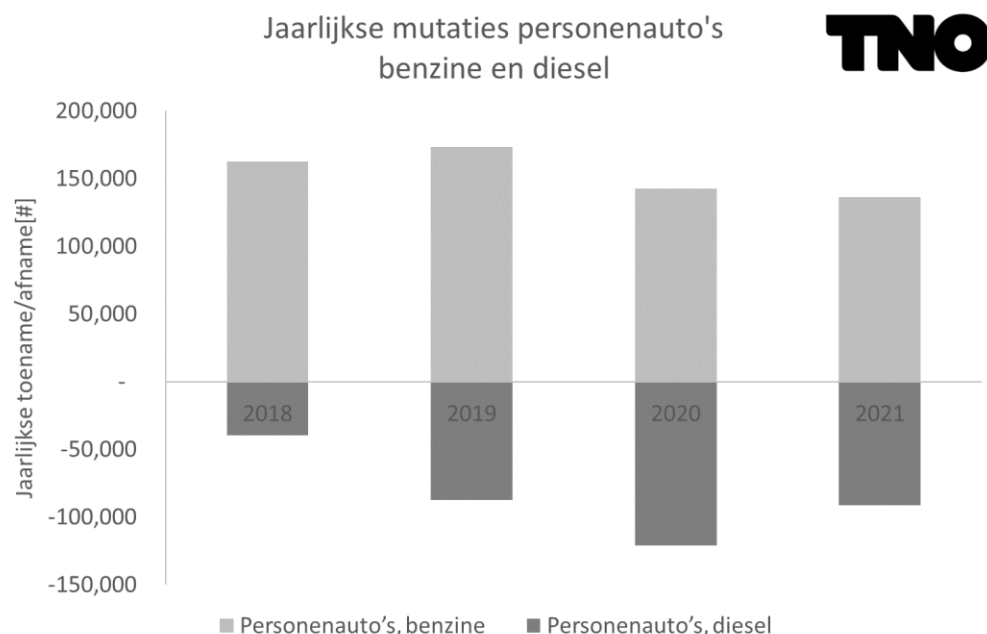


Figuur 8: Aantal actieve personenauto's in de Nederlandse vloot historische ontwikkeling (RDW, 2022).

2.4.2.1. Conventioneel

Conventionele aandrijvingen zijn voorsnog dominant onder personenauto's. Het merendeel van de personenauto's rijdt op benzine, gevolgd door diesel. Het aantal LPG auto's is al jarenlang dalende. Het aandeel conventionele personenauto's in de totale vloot is afgenomen van 98,6% in 2016 naar 96,8% in 2020 en 95,7% in 2021. In Figuur 9 is de jaarlijkse toe- en afname van diesel- en benzineauto's gevisualiseerd.

- Tussen 2018 en 2021 is het aantal benzineauto's in Nederland jaarlijks met ongeveer 2% toegenomen. Wel is een lichte daling zichtbaar in de snelheid waarmee de benzinevloot groeit (2,4% in 2018 en 1,9% in 2021).
- Het aantal diesel personenauto's is de afgelopen vier jaar ieder jaar verder gedaald. Afgelopen twee jaar is de dieselvloot met 10,6% en 9% gekrompen ten opzichte van een jaar eerder.

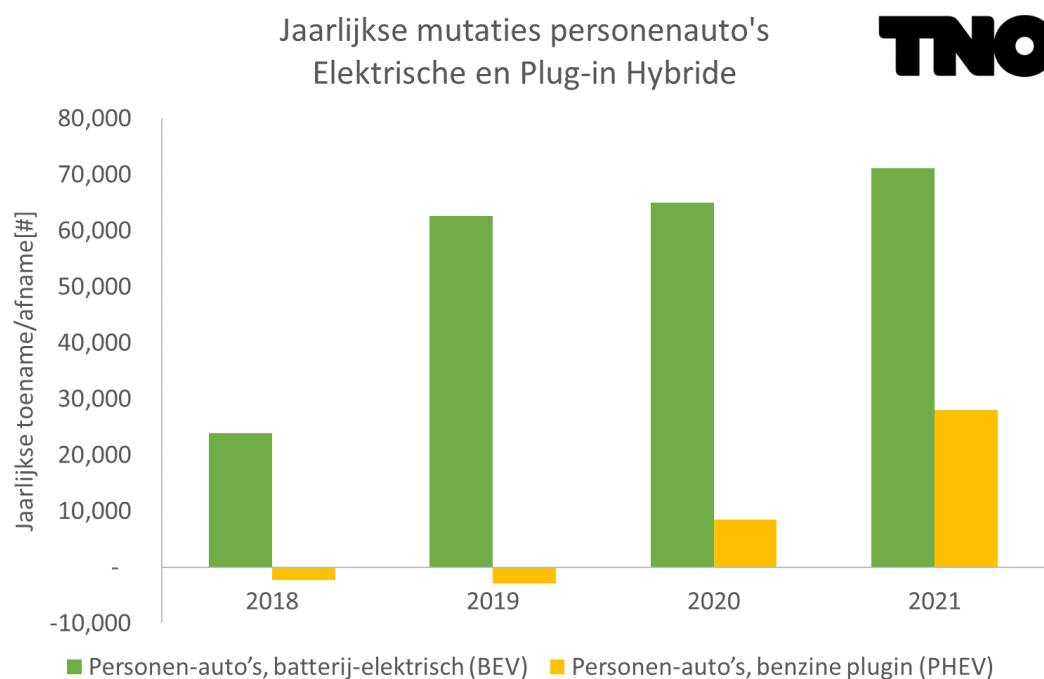


Figuur 9: Jaarlijkse absolute toename in benzineauto's en afname in dieselauto's in de periode 2018 tot 2021.

2.4.2.2. Elektrisch en Waterstof

Het aantal stekkerauto's (volledig elektrische auto's en plug-in hybrides) groeide in 2021 tot iets meer dan 371.000. In Figuur 10 is de procentuele jaarlijkse toe- en afname van elektrische en (plug-in)hybride personenauto's zichtbaar gemaakt.

- Tussen 2018 en 2021 is het aantal elektrische personenauto's in Nederland flink gegroeid. In absolute aantallen is het aantal nieuw geregistreerde elektrische voertuigen jaarlijks gegroeid: 24.000 in 2018, 62.500 in 2019, 65.000 in 2020 en 71.000 in 2021.
- Naast het verschijnen van nieuwe stekkerauto's, verdwenen er in de loop van 2022 ook stekkerauto's uit het straatbeeld, onder andere door export en opname in de bedrijfsvoorraad van dealers en leasemaatschappijen;
- Volledig elektrische auto's waren in 2020 voor 78% in zakelijk bezit. Dit is bijna het omgekeerde van conventionele voertuigen (88% in particulier bezit). In 2021 is dit aandeel afgenomen en is 74% van de elektrische voertuigen in zakelijk bezit.
- De groei was wel hoog onder particulieren, het aantal elektrische voertuigen op naam van particulieren is in 2021 met ruim 71% toegenomen (van 37.000 naar 63.000 voertuigen).
- Het marktaandeel van nieuwverkopen van elektrische personenauto's was 20,0% in 2021. Dit aandeel was vrijwel gelijk en zelfs iets lager dan in 2020 (RVO, 2022). Inclusief nieuw verkochte hybride en waterstofpersonenauto's is het marktaandeel gestegen van 24,8% naar 29,8%.



Figuur 10: Jaarlijkse absolute veranderingen in elektrische en plug-in hybride elektrische voertuigen in de periode 2018 tot 2021.

- In 2018 en 2019 was het aandeel hybride elektrische voertuigen nagenoeg constant en zelfs licht gedaald. In 2020 en 2021 is het aantal nieuw geregistreerde hybride personenauto's wel toegenomen met bijna 28.000 voertuigen.
- De verhouding tussen particulier en zakelijk is wel veranderd:
 - In 2020 was het aantal PHEV personenauto's in particulier bezit toegenomen met 59% en het aantal zakelijke personenauto's met 11%.
 - Het aandeel particulier/zakelijk was in 2020 respectievelijk 61% om 39%. In 2020 is dat veranderd naar 69% particulier en 31% zakelijk.
- Het Klimaatakkoord hanteert de ambitie om in 2030 alleen nog maar zero emissie personenauto's te verkopen in Nederland (100% van de nieuwverkoop).
- Het aantal waterstof personenauto's is met minder dan 500 nog relatief laag.

2.4.2.3. Aardgas

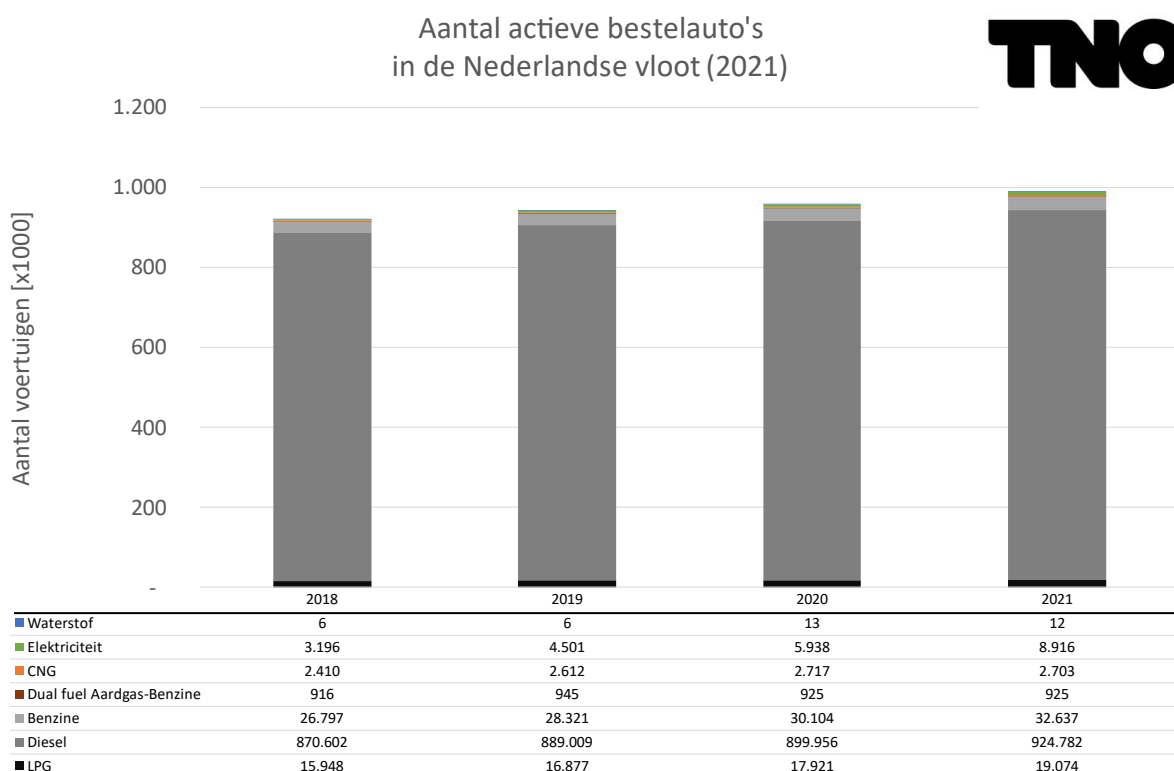
De in Figuur 8 genoemde aantallen CNG personenauto's betreft personenauto's die (grotendeels) op CNG rijden. In de Nederlandse vloot zijn echter méér voertuigen aanwezig die op CNG kunnen rijden. Ze zijn in de tabel weergegeven onder de categorie dual fuel benzine aardgas. Deze voertuigen hebben echter een grote brandstoftank voor bijvoorbeeld benzine.

- Het aantal CNG personenauto's is relatief constant over de afgelopen drie jaar. Sinds 2017 lijkt de groei gestagneerd en er lijkt nu een dalende trend te ontstaan, met iets minder dan 3.939 stuks in 2020 en 3.820 in 2021. Het aantal is met 3% gedaald ten opzichte van een jaar eerder.
- Naast de 3.820 CNG personenauto's (2020) zijn in het Nederlandse wagenpark nog zo'n 4.986 personenauto's aanwezig die wel op CNG kunnen rijden, maar dat in de praktijk waarschijnlijk weinig doen.

2.4.3 Bestelwagens

Bestelwagens vormen met ruim 950.000 (actieve) voertuigen de grootste groep bedrijfsmotorvoertuigen (circa 80%). Naast een kleine groep benzine en LPG auto's, rijdt bijna de gehele vloot op diesel (zie Figuur 11). Ten opzichte van een jaar eerder

nam het aantal bestelwagens in 2020 met 1,6% toe. In de volgende paragrafen wordt per energiedrager gekeken naar de ontwikkelingen.



Figuur 11: Aantal actieve bestelwagens in de Nederlandse vloot & historische ontwikkeling (RDW, 2022).

2.4.3.1. Conventioneel

- Conventionele aandrijvingen zijn vooralsnog dominant onder bestelwagens. Het merendeel van de bestelwagens rijdt op diesel, gevolgd door benzine. Het aantal conventionele bestelwagens groeit gestaag door.

2.4.3.2. Elektrisch

- Het aantal volledig elektrische bestelwagens is de afgelopen jaren snel gegroeid. Eind 2021 telde Nederland 8.916 elektrische bestelwagens.
- In het Klimaatakkoord is de ambitie beschreven om 115.000 zero-emissie bestelwagens in 2030 in de vloot te hebben. In welke mate de genoemde ambitie realistisch is op basis van de huidige vlootdynamiek (nieuwverkoop, export en sloop) moet nog nader worden onderzocht. Daarnaast is er de komende jaren ook subsidie beschikbaar om deze ingroei te stimuleren²³.

2.4.3.3. Waterstof

- Het aantal waterstof bestelwagens is op dit moment nog erg laag. Volgens de RDW waren er op 1 januari 2021 nog maar 12 geregistreerd in Nederland.
- In het Klimaatakkoord zijn geen streefwaarden opgenomen voor waterstof bestelwagens. Wel is beleid in ontwikkeling voor de stimulering van ZE-vervoer in het algemeen (115.000 in 2030). Naast batterij-elektrisch vervoer, behoort waterstof tot de ZE-vervoersopties. Rekening houdend met een aandeel van circa 10% waterstofauto's zijn dit circa 11.500 FCEV

²³ [TNO Kennisinbreng Mobiliteit voor Klimaat- en Energieverkenning \(KEV\) 2022 | TNO Publications](#)

bestelwagens in 2030. Gezien de lage aantallen FCEV voertuigen in 2021 lijkt de ambitie voor de aantallen voertuigen in 2025 en 2030 moeilijk realiseerbaar.

2.4.3.4. Aardgas

De in de bovenstaande Tabel genoemde aantallen CNG bestelwagens betreffen bestelwagens die (grotendeels) op CNG rijden. In de Nederlandse vloot zijn echter méér voertuigen aanwezig die op CNG kunnen rijden. Deze voertuigen hebben echter een grote brandstoftank voor een andere energiedrager. Uit tankpasdata waarin dergelijke voertuigen worden gemonitord blijkt dat deze voertuigen weinig op CNG rijden.

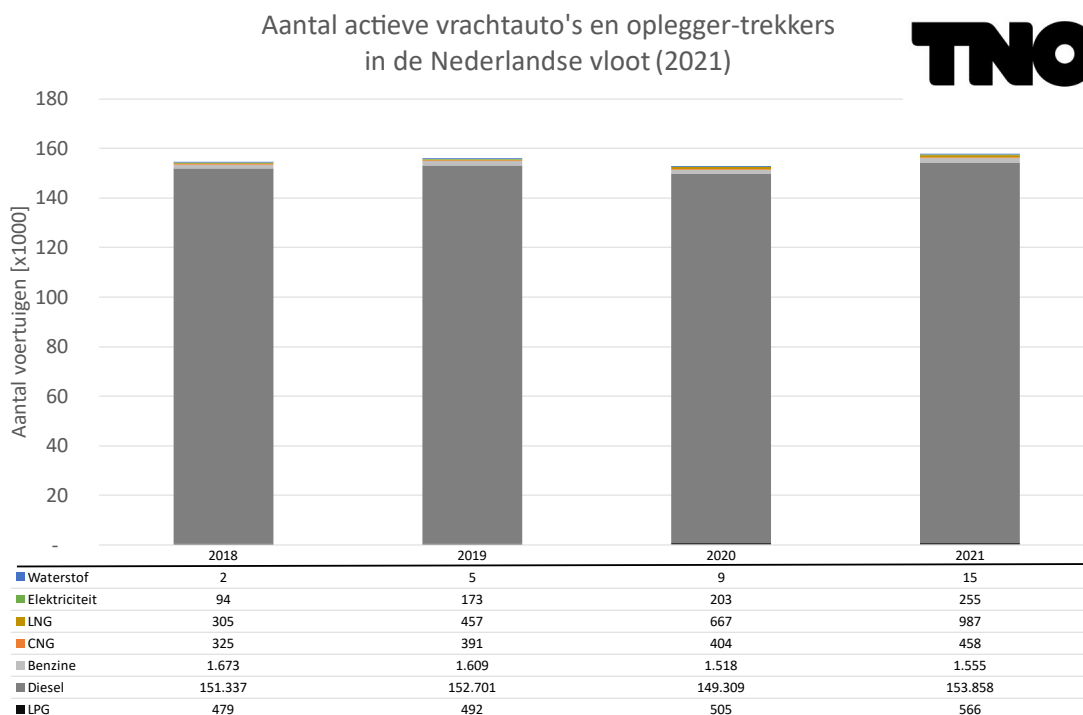
- Het aantal CNG bestelwagens was met 2.717 stuks in 2020 klein (circa 100 meer dan een jaar geleden). De groeisnelheid vanaf 1.500 stuks in 2016 lijkt af te nemen.
- Voor de jaren 2025 en 2030 zijn er geen streefwaarden bekend voor CNG bestelwagens.

2.4.3.5. Biobrandstoffen (hoge mixen)

Sommige fabrikanten (bijvoorbeeld PSA groep) geven toestemming voor gebruik van HVO in nieuwe Euro 5/6 dieselmotoren.

2.4.4. Vrachtwagens en trekkers (voor oplegger)

Vrachtwagens en trekkers (voor oplegger) en utiliteitsvoertuigen vormen met ruim 152.000 voertuigen de op één na grootste groep bedrijfsmotorvoertuigen (circa 10%). Naast een kleine groep benzine en LNG auto's, rijdt bijna de gehele vloot op diesel (zie Figuur 12). Ten opzichte van een jaar eerder nam het aantal vrachtwagens en trekkers (voor oplegger) met ruim 2% af. In de volgende paragrafen wordt per energiedrager gekeken naar de ontwikkelingen.



Figuur 12: Aantal actieve vrachtwagens en trekkers (voor oplegger) in de Nederlandse vloot – historische ontwikkeling (RDW, 2022).

Tabel 10: Aantal actieve vrachtwagens en trekkers (voor oplegger) in de Nederlandse vloot - elektrisch (RVO, 2022)

Vrachtwagens en trekkers (voor oplegger)	Meetwaarden		
	2019	2020	2021
Vrachtwagens, trekkers (voor oplegger) en utiliteit, conventioneel	154.802	151.332	155.979
Vrachtwagens, conventioneel	63.192	60.853	63.950
Vrachtwagens, Diesel	61.669	59.349	62.336
Vrachtwagens, Benzine	1.054	1.023	1.076
Vrachtwagens, LPG	469	481	538
Trekkers, conventioneel	71.975	70.588	72.968
Trekkers, Diesel	71.906	70.536	72.930
Trekkers, Benzine	66	50	36
Trekkers, LPG	3	2	2
Utiliteitsvoertuig, conventioneel	19.635	19.891	19.061
Utiliteitsvoertuig, Diesel	9.126	19.424	18.592
Utiliteitsvoertuig, Benzine	489	445	443
Utiliteitsvoertuig, LPG	20	22	26
Vrachtwagens, trekkers (voor oplegger) en utiliteit, BEV	173	203	255
Vrachtwagens, trekkers (voor oplegger) en utiliteit, FCEV	5	9	15
Vrachtwagens, trekkers (voor oplegger) en utiliteit, CNG + LNG	848	1.071	1.445
Vrachtwagens, trekkers (voor oplegger) en utiliteit, CNG	391	404	458
Vrachtwagens, trekkers (voor oplegger) en utiliteit, LNG	457	667	987

2.4.4.1. Conventioneel

- Conventionele aandrijvingen zijn vooralsnog dominant onder vrachtwagens en trekkers (voor oplegger): 99%. Het merendeel van het vrachtverkeer rijdt op diesel.
- Voor conventionele vrachtwagens en trekkers (voor oplegger) zijn er geen streefwaarden bekend.

2.4.4.2. Elektrisch

- Eind 2021 reden er 255 elektrische vrachtwagens en trekkers (voor oplegger) in Nederland. Het merendeel (99%) was volledig elektrisch. In 2019 had Simon Loos de Europese primeur om te gaan rijden met twee plug-in elektrische DAF CF vrachtwagens. Plug-in hybride vrachtwagens zouden een sleutelrol kunnen vervullen in de bevoorrading van de stad binnen ZE-zones. Door binnen de zone over te schakelen op de elektrische aandrijving kunnen

emissies in dergelijke zones worden vermeden, terwijl de flexibiliteit van een diesel voertuig behouden blijft;

- Het Klimaatakkoord hanteert de ambitie van 10.000 ZE/PHEV vrachtwagens en trekkers (voor oplegger) in 2030. Realisatie van dit aantal vergt een snelle groei in het aantal nieuwverkopen. Momenteel wordt vooral geëxperimenteerd (pilotfase). Regelingen zoals DKTI kunnen ertoe bijdragen dat de opschalingsfase wordt bereikt.

2.4.4.3. Waterstof

- Op dit moment rijden er nog nauwelijks waterstof vrachtwagens in Nederland. Er wordt vooral geëxperimenteerd en eerste ervaringen opgedaan;
- In het Klimaatakkoord wordt een ambitie van 3.000 vrachtwagens op waterstof in 2025 genoemd, dat lijkt momenteel wel zeer ambitieus. Het Klimaatakkoord hanteert de ambitie van 10.000 ZE/PHEV vrachtwagens en trekkers (voor oplegger) in 2030. Waterstof speelt hierin ook een rol. Uitgaande van een aandeel van circa 10% van alle ZE-voertuigen in 2030, zouden mogelijk 1.000 FCEV vrachtwagens in 2030 kunnen worden verwacht. Om dit aantal te realiseren, is een snelle groei in het aantal nieuwverkopen nodig.

2.4.4.4. Aardgas

- Het aantal CNG vrachtwagens en trekkers is met 458 stuks in 2021 nog erg klein. Dit aantal is de afgelopen 4 jaar heel licht toegenomen.
- Verder rijden er in 2021 bijna 1.000 vrachtwagens en/of trekkers op LNG²⁴. Streefwaarde van het LNG-platform is 3.500 tot 7.000 LNG vrachtvoertuigen in 2030.

2.4.4.5. Biobrandstoffen (hoge mixen)

Er zijn geen cijfers bekend over het aantal vrachtwagens en trekkers (voor oplegger) met high-blend biobrandstoffen. Trucks met Euro V/VI dieselmotoren (circa 90% van de vloot) zijn vrijgegeven voor gebruik van 100% HVO (mits het HVO voldoet aan de daarvoor voorgeschreven norm EN15940).

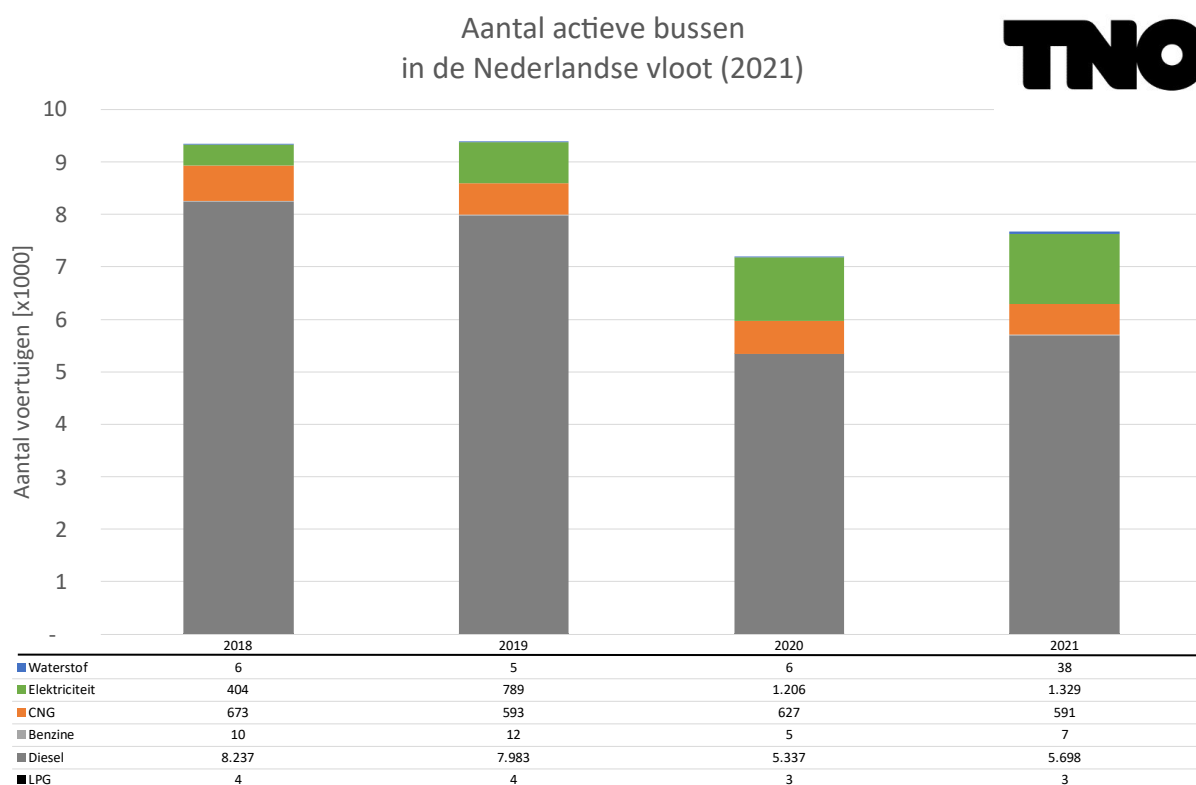
2.4.5 Bussen

Het aantal bussen was de afgelopen vijf jaar redelijk stabiel. In 2020 was een krimp van ruim 20% zichtbaar, dit effect is waarschijnlijk toe te schrijven aan het coronavirus. Er zijn ruim 2.000 diesel bussen als non-actief geregistreerd in 2020. In 2021 is de vloot weer toegenomen met ongeveer 500 voertuigen.

Het marktsegment bussen is in te delen in lijndienstbussen en touringcars. Lijndienstbussen omvatten ongeveer 60% van de vloot en zijn verantwoordelijk voor circa 75% van de gemaakte kilometers op Nederlands grondgebied. In jaren van economische groei neemt dit aandeel af, omdat er relatief meer kilometers met touringcars worden afgelegd (TNO-3, 2019).

Traditioneel gezien rijden bussen op diesel. Van 2008 tot 2014 was er een sterke groei in CNG bussen. Benzine en LPG bussen namen in dezelfde periode af. In de periode na 2014 is er een sterke toename in elektrische bussen te zien, hoofdzakelijk bij de lijndienstbussen. Eind 2021 reden er 1.329 elektrische bussen in Nederland. In de volgende paragrafen wordt per energiedrager gekeken naar de ontwikkelingen.

²⁴ Sinds 2010 zijn er door Scania, Iceco, Volvo en Mercedes 700 LNG trucks in Nederland verkocht. Hiervan zijn er nog 433 voertuigen volgens RDW in de actieve Nederlandse vloot.



Figuur 13: Aantal actieve bussen in de Nederlandse vloot – historische ontwikkeling (RDW, 2022)

2.4.5.1. Conventioneel

- Conventionele aandrijvingen zijn vooralsnog dominant onder bussen: 75%. Het merendeel van de bussen rijdt op diesel (circa 5.700). Tien bussen rijden op benzine en LPG. Er is een grote afname in het aantal diesel bussen in het afgelopen jaar. Deze afname is vermoedelijk een tijdelijk effect als gevolg van het coronavirus. Omdat voornamelijk diesel voertuigen buiten actieve registratie zijn geplaatst (veel diesel touringcars) geven deze cijfers een vertekend beeld van de vloot ontwikkeling.
- Voor conventionele bussen zijn er geen streefwaarden bekend.

2.4.5.2. Elektrisch en waterstof

- Eind 2021 reden er 1367 zero emissie bussen in Nederland, veelal batterij-elektrisch (1329) en 38 op waterstof. In 2030 moet volgens het Bestuursakkoord Zero OV Bus het regionale busvervoer volledig emissievrij zijn bij de uitlaat, dus 100% batterij- of waterstof-elektrisch. Lijndienstbussen omvatten 60% van de vloot, dus dan gaat het om een streefwaarde van circa 6.000 bussen in 2030. TNO nam in 2019 aan dat hiervan circa 80% (4.800) elektrisch en 20% (1.200) waterstof-elektrisch zal zijn (TNO-3, 2019).

2.4.5.3. Aardgas

- Het aantal CNG bussen in 2021 is met krap 600 exemplaren minder dan 8% van de totale bussenvloot. Er is op dit moment geen beleid dat CNG voertuigen stimuleert.

2.4.5.4. Biobrandstoffen (hoge mixen)

Er zijn geen cijfers bekend over het aantal bussen met high-blend biobrandstoffen. Er zijn wel enkele initiatieven bekend.

2.5 Emissies

De emissiereductie, zoals gepresenteerd in dit hoofdstuk, is bepaald op basis van vermeden emissies. Hierbij wordt de aanname gemaakt dat een elektrisch - of waterstof voertuig een voertuig met een verbrandingsmotor heeft vervangen. Het kan niet met zekerheid worden bepaald welk type voertuig is vervangen (groot of klein, veel of weinig kilometers). Om de 'vermeden' emissies te berekenen is een gemiddeld representatief emissiefactor en een gemiddelde kilometrage voor Nederlandse voertuigen aangenomen (g/km).

De resultaten in dit hoofdstuk dienen scherp te worden onderscheiden van de landelijke mobiliteit-emissie cijfers zoals die door PBL (KEV rapportages), CBS en RIVM worden gemonitord. De RR-DEM cijfers dienen uitsluitend om een indruk te geven van de relatieve bijdragen en trends ten opzichte van de verwachtingen uit het klimaatakkoord zoals die vanuit de verschillende modaliteiten en vervoerssegmenten worden gegeven. Het betreffen inschattingen op hoofdlijnen die niet zijn bedoeld voor aggregatie of het vaststellen van landelijke of regionale beelden.

2.5.1 Realisatie vermeden emissies 2021

De realisaties van vervoermiddelen in de RR-DEM paragrafen hierboven kunnen worden vertaald naar een hoeveelheid vermeden emissies. In Tabel 11 staan de realisaties van de zero-emissie vloot in 2021, daarnaast staan in Tabel 12 de fysieke realisatie van hernieuwbare brandstoffen voor wegverkeer. In Tabel 11 zijn de vermeden emissies gepresenteerd die horen bij de ZE-voertuigaantallen, in Tabel 12 de vermeden emissies door de inzet van hernieuwbare energie. Dit kan overigens niet als feitelijke reductie worden gezien, omdat niet vaststaat welke voertuigen daadwerkelijk zijn vervangen. Het is puur een indicatie van de jaarlijkse emissiereducties die volgen uit de vlootverduurzaming per vervoerssegment. Hierbij is ervan uitgegaan dat de voertuigen een gemiddelde inzet (jaarlijkse kilometrage) en een gemiddeld verbruik (g/km) hebben, dit geeft inzicht in wat de emissies zouden zijn geweest indien het voertuig geen elektrische of waterstof aandrijving had. Voor het bepalen van de emissies is de onderstaande formule gebruikt;

$$\begin{aligned} \text{Vermeden emissie} &= \text{Gem. jaarkilometrage} \left[\frac{\text{km}}{\text{jaar}} \right] \\ &\quad * \text{Gem. emissiefactor referentievoertuig} \left[\frac{\text{g}}{\text{km}} \right] * \text{aantal voertuigen} \end{aligned}$$

2.5.2 De hernieuwbaarheid van de energiedragers in mobiliteit.

De emissiereductie als gevolg van de inzet van biobrandstoffen zijn de vermeden TTW emissies. Dit is in overeenstemming met de overeengekomen Europese rekenmethodiek. In het eerste deel van de keten vinden echter ook emissies plaats; we noemen dit de zogenaamde Well-to-Tank emissies (WTT). Alle emissies over de gehele keten zijn de Well-to-Wheel (WTW) emissies. In Tabel 12 staat de fysieke energie-inhoud van biobrandstoffen die is geleverd aan het wegverkeer, de hernieuwbare energie die bestemd was voor de zeevaart en binnenvaart is hierin niet meegenomen. Het is niet mogelijk om een uitsplitsing te maken naar modaliteiten binnen het wegverkeer, daarom is alleen de totale inzet gepresenteerd. De inzet van biobrandstoffen heeft alleen effect op de CO₂-uitstoot. Om de vermeden emissies van de biobrandstoffen te bepalen is de totale fysieke energie-inhoud vermenigvuldigd met de TTW emissie factor van de fossiele tegenhanger.

Tabel 11: Indicatie van de jaarlijkse emissiereductie als gevolg van de verduurzaming van de vloot

Voertuigsoort Zero Emissie = BEV + FCEV*	Aantal**	Jaarkilometrage [km]**	Emissiefactoren			Vermeden emissies 2021		
			CO ₂ [g/km]	NO _x [g/km]	PM ₁₀ *** [g/km]	CO ₂ [Mton]	NO _x [kton]	PM ₁₀ [kton]
Personenwagens	244.124	12.624	159,8	0,230	0,0032	0,49	0,71	0,01
Bestelwagens	8.928	20.139	195,6	0,712	0,0163	0,04	0,13	0,00
Vrachtwagens en trekkers	270	66.522	700,2	2,926	0,0230	0,01	0,05	0,00
Bussen	1.367	66.863	830,9	2,181	0,0366	0,08	0,20	0,00
Totaal	254.689	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,62	1,09	0,02

* Noot: BEV = Battery Electric Vehicle; FCEV = Fuel Cell Electric Vehicle (waterstof).

** Noot: Aantallen, jaarkilometrages en emissiefactoren stand per 31/12/2021.

*** Noot: PM₁₀ = PM_{10,uitlaat}, PM₁₀ slijtage buiten beschouwing gelaten.

Tabel 12: CO₂-reductie door in inzet van biobrandstoffen in het wegverkeer, gebaseerd op Tabel 6 uit (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022)

	Biogas	Biodiesel	Biobenzine
Emissiefactor fossiel (gCO ₂ /MJ)	74,50	95,1	93,3
Emissiefactor bio (gCO ₂ /MJ)	20,2	11	20,2
Reductie (gCO ₂ /MJ)	54,3	84,1	73,1
Afzet (PJ)	1,7	18,20	9,77
CO₂-reductie (MTON)	0,1	1,5	0,7

De huidige vlootsamenstelling en energiemix leidt tot een jaarlijkse emissiereductie van ongeveer 2,9 Mton²⁵ CO_{2,TTW}, circa 1,09 kton NO_{x,uitlaat} en circa 20 ton PM_{10,uitlaat} ten opzichte van een situatie zonder zero emissie voertuigen en bijmenging van biobrandstoffen. De grootste CO₂-reductie in het wegverkeer wordt gerealiseerd door de bijmenging van biobrandstoffen: circa 2,3 Mton CO_{2,TTW}²⁶, op basis van fysieke energie inhoud (exclusief binnenvaart en zeevaart). Elektrische voertuigen, met name personenauto's, dragen verder bij aan een reductie van ongeveer 0,6 Mton CO_{2,TTW}²⁷. Ook voor NO_{x,uitlaat} en PM_{10,uitlaat} wordt de grootste besparing gerealiseerd door de hoeveelheid elektrische personenauto's in de vloot.

Om een basisinzicht in de ontwikkeling van de WTW emissies te krijgen, volgen onderstaand de belangrijkste ontwikkelingen in de mate van hernieuwbaarheid van de diverse energiedragers over de gehele keten.

- Door de oplopende jaarverplichting voor de inzet van hernieuwbare energiedragers is het aandeel hernieuwbaar de afgelopen jaren toegenomen tot 6% (benzine) en bijna 7% (diesel). Dit is exclusief de dubbeltellingen;
- Elektrische aandrijving: in 2021 werd circa 33% van de in Nederland geproduceerde elektriciteit uit hernieuwbare bronnen geproduceerd (met name wind, zon en biomassa). In 2020 was dat nog 27%. (Bron CBS)

²⁵ Deze is bepaald voor het jaar 2021 t.o.v. een business as usual scenario, waarin alleen conventionele brandstoffen gebruikt zouden worden.

²⁶ In de NEa rapportage [NEa, 2022] wordt de CO₂-reductie berekend voor de gehele keten (WTW). Deze is iets lager. Dit heeft te maken met de conventie, die voor TTW-berekening wordt gehanteerd, waardoor de emissie aan de uitlaat (CO_{2,TTW}-emissie) als nul wordt gerekend. Het verschil in de berekening (en dus de reductie) tussen fossiel en hernieuwbaar is TTW hierdoor groter. Diesel heeft bijvoorbeeld TTW een emissiefactor van 74.1 gCO₂/MJ, biodiesel 0. Diesel heeft WTW een emissiefactor van 95.1 gCO₂/MJ, biodiesel 13.5 gCO₂/MJ.

²⁷ Hiervoor wordt uitgegaan van een gemiddelde jaarlijkse inzet (kms/j) en een gemiddelde emissiefactor voor de conventionele vloot (159 g CO₂/km) en de in tabel 11 genoemde aantallen.

- Waterstof-elektrisch:
 - De industriële productie van waterstof vindt voornamelijk plaats op basis van fossiele brandstoffen. Echter, de huidige tankstations leveren overwegend groene waterstof middels groencertificaten;
 - Over de wenselijkheid van het vergroenen van energiedragers middels groencertificaten loopt een maatschappelijke discussie;
 - Daarnaast zal moeten worden onderzocht op welke wijze het gebruik van 'groene waterstof' de TCO voor gebruikers beïnvloedt. Hetzelfde geldt uiteraard voor groene elektriciteit en hernieuwbaar gas;
 - In de markt komen we de zogenaamde blauwe waterstof (geproduceerd uit aardgas, met afvang en opslag CO₂) in Nederland niet tegen;
- Hoge mixen biobrandstoffen hebben per definitie een hoog gehalte hernieuwbaarheid. In de totale brandstoffenmix worden deze brandstoffen alleen nog maar op kleine schaal toegepast [NEa, 2021].

2.6 Conclusie

2.6.1 Algemeen

Wegverkeer heeft de volgende verduurzamingsopties in termen van hernieuwbare energiedragers:

1. Batterij-elektrische aandrijving (BEVs en PHEVs);
2. Waterstof-elektrische aandrijving (FCEV), of toekomstig mogelijk waterstof in de verbrandingsmotor voor heavy duty of mogelijk scheepvaart toepassingen;
3. Rijden op hernieuwbare gasvormige brandstoffen (bio-CNG, bio-LNG en bio-LPG);
4. Conventionele motoren op biobrandstoffen, mogelijk als drop-in en high-blend (hoge mixen): ethanol, biodiesel en synthetische brandstoffen (GTL, et cetera).

Niet alle opties zijn beschikbaar voor alle marktsegmenten. Zo zijn er bijvoorbeeld geen brandstofcel tweewielers of LNG-personenauto's.

2.6.2 Realisaties ten opzichte van de doelstellingen (streefwaarden)

Conclusie is dat conventionele brandstoffen nog steeds domineren in de markten voor alle vervoersegmenten. Of, in andere woorden: de maatschappelijke vraag naar hernieuwbare energiedragers in transport blijft achter bij de ambitieuze doelstellingen die zijn geformuleerd. Deze discrepantie doet zich het sterkst voor bij de zogenaamde sectordoelstellingen en in mindere mate bij de doelstellingen uit het Klimaatakkoord.

- Het diesel wagenpark voor personenauto's en bussen is de afgelopen jaren gekrompen. Daarentegen groeide de afgelopen jaren (2016-2020) de actieve vloot van diesel bestelwagens met 1 à 2 % per jaar. De krimp bij personenauto's heeft wellicht te maken met het negatieve beeld van diesel personenauto's als gevolg van 'Diesel-gate'. De krimp bij diesel bussen is wellicht deels te verklaren doordat er meer elektrische bussen zijn bijkomen, onder meer als gevolg van het Bestuursakkoord Zero Emissie Regionaal Openbaar Vervoer per Bus. Maar ook is het totaal aantal bussen in Nederland afgenomen;
- Het aantal personen- en in mindere mate bestelwagens dat op benzine rijdt is de afgelopen jaren gegroeid. Het gebruik van LPG als brandstof voor personenauto's is afgenomen. Het LPG-gebruik in het vracht- en bestelverkeer is echter juist wel toegenomen.

2.6.3 Ontwikkeling batterij-elektrisch

Het aantal elektrische voertuigen neemt in alle marktsegmenten (sterk) toe en is onder alle hernieuwbare energiedragers de snelst groeiende groep. Van alle nieuw

verkochte snorfietsen was in de eerste vier maanden van 2022 43% elektrisch (in 2019 nog 15% batterij-elektrisch), van de bromfietsen was het aandeel batterij elektrisch al meer dan 50% (ten opzichte van 14% in 2019). Het aandeel batterij-elektrisch bij de nieuw verkochte personenauto's lag in 2021 op 20%. Dat is vergelijkbaar met 2020. Mogelijk ligt de stagnatie van het aandeel batterij-elektrisch in de nieuwverkoop aan versoering van de belastingvoordelen voor batterij-elektrische voertuigen, maar ook aan de problemen bij de toeleveranciers van onderdelen voor batterij-elektrische auto's. Het aantal elektrische bussen en vrachtwagens is de afgelopen tijd toegenomen, al is het aantal elektrische vrachtwagens nog steeds laag. De ontwikkeling van de benodigde laadinfrastructuur in Nederland loopt ongeveer gelijk.

Bij al deze ontwikkelingen is wel een kanttekening op zijn plaats: de beschikbaarheid van groene elektriciteit blijft achter bij de Europese doelstellingen volgens de RED II. (NB: de opwek van hernieuwbare elektriciteit in Nederland groeit wel sterk; zie bijvoorbeeld KEV-2022).

2.6.4 *Ontwikkeling waterstof-elektrisch*

- Het aantal waterstofauto's in Nederland is nog steeds klein en groeit minder hard dan batterij-elektrisch. Het aantal waterstof-elektrische personenauto's is het afgelopen jaar gegroeid tot 486 stuks (van 50 in 2018). Ook rijdt er intussen een handvol bestelwagens en vrachtwagens op waterstof, veelal gesubsidieerd op projectbasis (zie bijvoorbeeld het Interreg-project H₂-Share). Het aantal waterstofbussen blijft voorlopig nog klein (circa 38). In het kader van het JIVE2-project gaan binnenkort zo'n 50 waterstofbussen rijden in Zuid-Holland, Groningen en Drenthe.
- Het aantal waterstoftankstations is nog klein: op dit moment (juni 2022) kan er in Nederland op 15 locaties waterstof worden getankt, in de meeste gevallen zowel 350 bar (voor zwaar wegverkeer, zoals bussen en vrachtwagens) als 700 bar (voor personen- en bestelwagens). Daarbij waren in de zomer van 2022 zo'n 18 nieuwe waterstoftankstations voorzien tegen eind 2022, die in diverse stadia van ontwikkeling waren. Volgens de website waterstofnet.eu zijn begin januari 2023 in Nederland in totaal 17 waterstoftankstations operationeel en de overige nog in ontwikkeling. De huidige tankstations leveren overwegend groene waterstof middels groencertificaten²⁸. In de Nederlandse waterstoftankstations komen we de zogenaamde blauwe waterstof (geproduceerd uit aardgas, met afvang en opslag van CO₂) niet tegen.

2.6.5 *Ontwikkeling gasvormige brandstoffen*

- Gasvormige brandstoffen zoals CNG en LNG zijn redelijk stabiel, alleen het aandeel LNG neemt bij vrachtwagens toe maar is nog altijd gering. Ten opzichte van de hele vloot blijft dit aantal klein (<1%). Verder is de Nederlandse (publiek toegankelijke) tankinfrastructuur met 178 CNG-tankstations voldoende dekkend, maar in vergelijking met conventionele brandstoffen beperkt (4%).

2.6.6 *Ontwikkeling vloeibare biobrandstoffen*

- Vloeibare biobrandstoffen worden tot op heden voornamelijk gebruikt voor bijmenging aan benzine en diesel. Het merendeel van de hernieuwbare biobrandstoffen bestaat uit vloeibare biobrandstoffen. De streefwaarde volgens de Europese regelgeving RED is 10% in 2020 en volgens de RED II tenminste 14% in 2030. Het lijkt erop dat Nederland zijn doelstelling voor het bijmengen van biobrandstoffen gaat halen.

²⁸ Er loopt een maatschappelijke discussie over de wenselijkheid van het vergroenen van energiedragers middels groencertificaten. Daarnaast zal onderzocht moeten worden op welke wijze het gebruik van 'groene waterstof' de TCO voor gebruikers beïnvloedt. Hetzelfde geldt uiteraard voor groene elektriciteit en hernieuwbaar gas.

2.6.7 Emissies

Uit de Tabellen 11 en 12 blijkt dat de huidige vlootsamenstelling en energiemix tot een jaarlijkse emissiereductie leidt van 2,9 Mton CO_{2,TTW}²⁹, 1,09 kton NO_{x,uitlaat} en 20 ton PM_{10,uitlaat}. De grootste CO₂-reductie wordt gerealiseerd door de bijmenging van biobrandstoffen: 2,3 Mton CO_{2,TTW}³⁰, op basis van fysieke energie inhoud. Elektrische voertuigen (BEV en FCEV), met name personenauto's, dragen verder bij aan een reductie van 0,6 Mton CO_{2,TTW}³¹. Ook voor NO_{x,uitlaat} en PM_{10,uitlaat} wordt de grootste besparing gerealiseerd door de grote hoeveelheid elektrische personenauto's in de vloot.

Bovenstaande RR-DEM emissie cijfers dienen scherp te worden onderscheiden van de landelijke mobiliteit-emissie cijfers zoals die door PBL (NEV en KEV rapportages), CBS en RIVM worden gemonitord. De RR-DEM cijfers dienen uitsluitend om een indruk te geven van de relatieve bijdragen zoals die vanuit de verschillende modaliteiten en vervoerssegmenten worden gegeven en betreffen in feite grove inschattingen die niet geschikt zijn voor aggregatie of het vaststellen van landelijke of regionale beelden.

Wat gebeurt er op projectniveau?

Op het niveau van demonstratieprojecten gebeurt er veel. Naast Europese subsidies zoals Interreg en Horizon 2020, biedt in Nederland vooral de DKTI-regeling ruimte voor techniekontwikkeling en demonstratieprojecten. Zo richtten de DKTI-projecten van 2017 en 2021 zich grotendeels op de aanleg van laad-en vulpunten voor het wegverkeer, de vergroening van energiedragers, en aanzetten tot opschaling van het aantal voertuigen met hernieuwbare energiedragers in de vloot.

De DKTI is echter in de eerste plaats een innovatieregeling voor techniekontwikkeling met demonstratieprojecten met relatief kleine aantallen. Daarnaast zijn er een aantal grote projecten, die vaak vanuit Europese regelingen ondersteund worden. Echte opschaling in de richting van duizendtallen is iets wat vanuit de markt moet gebeuren, eventueel met ondersteuning vanuit een aanschafsubsidiereregeling (geen innovatiesubsidieregeling). De grotere aantallen vragen ook om reguliere financieringsmogelijkheden. Hiervoor schieten op het moment de opties in Nederland tekort.

Wat gebeurt er op beleidsniveau voor producten in de verschillende marktfasen?

De belangrijkste drivers voor de verduurzaming van het wegverkeer tussen 2020 en 2030 komen uit Europees en nationaal beleid (zie hoofdstuk twee). Op EU-niveau zetten vooral de CO₂-normen voor personen-, bestel- en vrachtverkeer aan tot lagere CO₂-emissies van nieuwe voertuigen. Deze hebben met name betrekking op techniekontwikkeling. Wat betreft marktontwikkeling is op nationaal niveau met name de Green Deal een sterk instrument om commitment vast te leggen (meer dan 200 ondertekeningen sinds 2011, waarvan een groot deel op het gebied van mobiliteit). Het betreft hier vooral convenanten.

Op het gebied van financiële instrumenten zijn er landelijke (en regionale) subsidies beschikbaar voor de ontwikkeling van techniek en markt voor hernieuwbare energiedragers en de daarbij behorende vervoermiddelen en infrastructuur. Daarnaast zijn er regelingen in voorbereiding om het gebruik van zero emissie

²⁹ Deze is bepaald voor het jaar 2019 t.o.v. een business as usual scenario, waarin alleen conventionele brandstoffen gebruikt zouden worden.

³⁰ In de NEa rapportage [NEa, 2020] wordt de CO₂-reductie berekend voor de gehele keten (WTW). Deze is iets lager: 1.9 Mton. Dit heeft te maken met de conventie, die voor TTW-berekening wordt gehanteerd, waardoor de emissie aan de uitlaat (CO_{2,TTW}-emissie) als nul wordt gerekend. Het verschil in de berekening (en dus de reductie) tussen fossiel en hernieuwbaar is TTW hierdoor groter. Diesel heeft bijvoorbeeld TTW een emissiefactor van 74.1 gCO₂/MJ, biodiesel 0. Diesel heeft WTW een emissiefactor van 95.1 gCO₂/MJ, biodiesel 13.5 gCO₂/MJ.

³¹ Hiervoor wordt uitgegaan van een gemiddelde jaarlijkse inzet (kms/j) en een gemiddelde emissiefactor voor de conventionele vloot (158 g CO₂/km) en de in tabel 4 genoemde aantallen.

voertuigen zowel voor de particuliere gebruiker (via aanschafsubsidies) als voor de zakelijke rijder (fiscale bijtelling, et cetera) te stimuleren.

Bij de financiële instrumenten valt op dat er weinig mogelijkheden (in de vorm van financieringen door middel van leningen of overheidsgaranties) zijn voor de latere productfasen van marktintroductie en marktopschaling. Helaas zijn dat precies de producten waarmee in potentie meer volume en daarmee meer CO₂-reductie kan worden bereikt. Daarbij moeten we met name denken aan: BEV en PHEV bestel- en vrachtwagens en bussen, FCEV (waterstof) bussen, bio-LNG vrachtwagens en hoge mixen vloeibare biobrandstoffen ten behoeve van vrachtvervoer.

3 Binnenvaart

3.1 Inleiding

De binnenvaart is verantwoordelijk voor circa 3% van de totale CO₂-equivalente uitstoot door binnenlandse mobiliteit [KEV, 2022]. De verduurzaming van de binnenvaart in Nederland wordt (in de periode tot 2030) gestimuleerd door:

- Het Klimaatakkoord:
 - Hierin is afgesproken dat er minimaal 5 PJ (dit komt overeen met een CO₂-reductie van 0,4 Mton) aan hernieuwbare energiedragers in de binnenvaart wordt ingezet (streefcijfer is een bijmengpercentage van 30%). Doel voor 2030 is dat er minimaal 150 zero-emissie schepen zijn.
- De Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens:
 - De ontwikkeling van een groen label voor de binnenvaart.
 - De binnenvaart laten aansluiten bij de RED III verplichting.
 - Subsidierегeling voor de toepassing van retrofit SCR katalysatoren en Stage V motorvervanging.
 - Stimulering van Europese financieringsopties voor verduurzaming binnenvaart.
- Schone lucht akkoord (SLA)
 - Voor de binnenvaart wordt gestreefd naar een reductie van de verontreinigende uitstoot van tenminste 35% in 2045 ten opzichte van 2015. Dit zou naast de autonome verbetering van de emissies door de introductie van schonere motoren ook moeten worden gerealiseerd met maatregelen zoals walstroomvoorzieningen, stimulering elektrificatie en gunningscriteria bij aanbesteding.
- Subsidies voor elektrificatie van de aandrijflijn, Stage V her-motorisering en SCR retrofit. Totaal circa € 70 miljoen euro.
- Subsidie uit het groeifonds voor batterij-elektrisch varen, totaal circa € 40 miljoen voor circa 45 schepen (in 2025).
- De subsidies 'Innovaties Duurzame Binnenvaart' en de Demonstratieregeling klimaattechnologieën en -innovaties in transport (DKTI).
- Het convenant 'Duurzame biobrandstoffen'.

3.2 Energiedragers

Verreweg de meeste binnenvaartschepen varen op diesel (door schippers vaak gasolie genoemd). In totaal was het energieverbruik van de binnenvaart in 2020 circa 14,7 PJ. Dit is het nationaal aandeel, dus alleen voor reizen met vertrek en aankomst binnen Nederland. Volgens het totaal afzet bunkervolume is de geleverde energie aan de binnenvaart circa 37,4 PJ in 2020. Verwacht wordt dat de energiebehoefte in de periode van 2020 tot 2030 met ca 3,5% stijgt. Dit resulteert in stijgende CO₂-emissies.

De ietwat hoge emissies zullen naar verwachting worden gecompenseerd door het gebruik van een verhoogd aandeel van biodiesel en aardgas in 2030 en daarnaast door introductie van volledig batterij-elektrische schepen. De CO₂-emissies stijgen hierdoor minder snel. Verder zijn er geen efficiëntiewinsten verondersteld in de Nationale Energieverkenning 2017 [NEV, 2017].

Tabel 13: Verwachte energiegebruik in de binnenvaart voor reizen in Nederland [NEV,2017], bewerking TNO voor biodiesel en elektrisch/waterstof

Energie [PJ] Binnenvaart	2015	2020	2025	2030	Toename 2015- 2030, absoluut	Toename 2015- 2030, jaarlijks
Diesel	14,3	14,7	14,2	13,9	-3%	<-1%
Waarvan biodiesel	0	0	2,1	4,6 (bijmeng- percentage 30%)	>100%	>100%
Aardgas	0,01	0,01	0 – 0,5	0 – 0,8	>100%	>100%
Elektrisch/ waterstof	0,0	0,01	0,2	0,5	>100%	>100%
TOTAAL	14,3	14,7	14,9	15,2	6%	<1%

3.2.1

Conventioneel

De conventionele brandstof in de binnenvaart is diesel. Voor de binnenvaart geldt nog een accijnsuitzondering op basis van de Akte van Mannheim (rode diesel). Hierin komt mogelijk toch op de lange termijn verandering door de invoering van de ETD, Energy Taxation Directive. Volgens deze regelgeving komt er een minimum belasting op transportbrandstoffen afhankelijk van de CO₂ emissie.

3.2.2

Elektrisch

Het eerste schip dat volledig elektrisch kan varen is in 2022 in de vaart gekomen. Het nationaal groeifonds heeft een project van € 45 miljoen toegekend voor de uitbreiding naar 45 volledig elektrische schepen in 2025, met bijbehorende infrastructuur. Momenteel is de afzet van elektriciteit in de binnenvaart dus nog beperkt en wordt met name gebruikt voor walstroom, maar nog nauwelijks voor de aandrijving van schepen.

3.2.3

Waterstof

Afzet en gebruik van waterstof in de binnenvaart is op dit moment nul. Op waterstof aangedreven binnenvaartschepen zijn nog niet beschikbaar op de markt. Er lopen wel enkele projecten, gericht op onderzoek en ontwikkeling van varen op waterstof (zie hoofdstuk 4.4.4).

3.2.4

Aardgas

De binnenvaart maakt naast diesel op zeer beperkte schaal gebruik van LNG als brandstof (12 schepen). De afzet van LNG in de binnenvaart is dan ook beperkt. De ontwikkeling van het gebruik van LNG in de toekomst is onzeker. LNG wordt als transitiebrandstof richting zero-emissie gezien. Vanuit LNG kan de switch worden gemaakt naar biogas (LBG) of synthetisch gas.

3.2.5

Biobrandstoffen (hoge mixen)

Biobrandstoffen kunnen in technisch opzicht redelijk gemakkelijk worden toegepast in verschillende kwaliteiten en blends met conventionele diesel. Er zijn wel kleine technische risico's met betrekking tot de brandstoftanks en het toevoersysteem naar de motor, vooral bij hoge blends. Zie paragraaf 3.4.5.

Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat was oorspronkelijk van plan om binnenvaart vanaf 2022 deel te laten nemen in de RED II. Dat betekent dat voor de in de binnenvaart afgezette brandstof hetzelfde aandeel biocomponenten moet worden ingeboekt als voor wegtransport. Dit is echter niet doorgegaan. De RED III is wel van toepassing op de binnenvaart, alhoewel het onzeker is of de aan de

binnenvaart geleverde brandstof daadwerkelijk zal moeten bijdragen aan deze verplichting. De RED III verplichting kan op verschillende manieren worden gerealiseerd, bijvoorbeeld in de vorm van een combinatie van lage en hogere mixen duurzame brandstoffen (biodiesel, biogas). Daarnaast kan de verplichting deels worden ingevuld door elektrisch varen of varen op waterstof of door extra inzet van duurzame brandstoffen in het wegtransport.

3.3 Infrastructuur

In de binnenvaart wordt over het algemeen getankt via bunkerschepen. Bunkerfaciliteiten voor schepen zijn relatief eenvoudiger, omdat faciliteiten op een beperkt aantal strategische locaties, denk aan Rotterdam en Amsterdam of Nijmegen, al een flink deel van de markt kunnen voorzien.

Rekening houdend met de verschillende brandstoffen, is de infrastructuur te onderscheiden in:

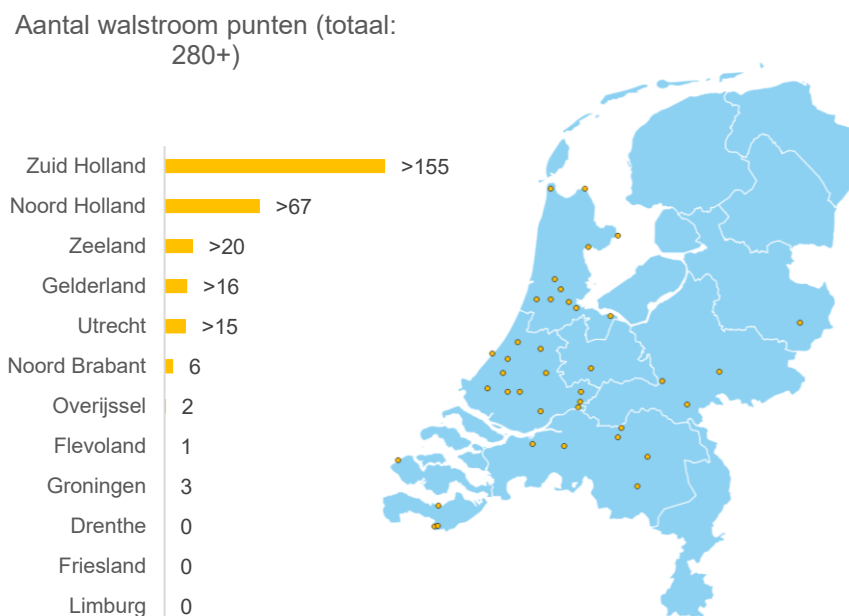
- Conventionele brandstoffen;
- Elektrische laadpunten en walstroom;
- Waterstof vulpunten;
- LNG bunkerlocaties en bunkerschepen;
- Bunkerlocaties voor biobrandstoffen (hoge mixen).

3.3.1 Conventionele brandstoffen

Er zijn in Nederland meerdere leveranciers van conventionele brandstoffen. Deze leveranciers voorzien binnenvaartschepen van brandstof door het hele land in zeehavens (Rotterdam, Amsterdam, Vlissingen, Delfzijl), maar ook op bunkerlocaties langs de belangrijkste vaarroutes in het achterland (bijvoorbeeld rond Dordrecht en langs de Waal bij Nijmegen).

3.3.2 Elektrische aansluitpunten en walstroom

Elektrische infrastructuur betreft voornamelijk walstroom die wordt gebruikt als vervanging van een conventionele hulpmotor tijdens het stilliggen van het schip. In (vrijwel) alle belangrijke binnenvaarthavens in Nederland zijn walstroomaansluitingen beschikbaar. Onderstaande figuur toont de walstroomlocaties van twee aanbieders: Parkline en Walstroom. In de toekomst zullen hier waarschijnlijk locaties voor het verwisselen van batterij-containers voor volledig elektrisch varen aan worden toegevoegd.



Figuur 14: Aantal walstroom aansluitpunten in de binnenvaart [Parkline.nl & walstroom.eu, 2021]

Aansluitpunten zijn niet te verwarren met laadpunten: aansluitpunten zijn puur bedoeld als vervanging van een conventionele hulpmotor tijdens het stilliggen. Laadpunten zijn bedoeld om energie te laden voor de tractie. Voor het opladen van een batterij (ten behoeve van tractie) is het vermogen van walstroom aansluitpunten veel te laag.

3.3.3 Waterstof bunkerlocaties

In Amsterdam en België wordt in het kader van het H2SHIPS project een H₂-bunkerfaciliteit ontwikkeld en getest die geschikt is voor open zee.

3.3.4 LNG bunkerlocaties en bunkerschepen

De binnenvaart kan op zeven locaties in Nederland LNG bunkeren: Amsterdam, Rotterdam, Moerdijk, Vlissingen en Groningen, Harlingen en Zeebrugge. Gezien de grootte van de markt is dat voldoende. Binnenvaartschepen kunnen zowel via tankertrucks als via een bunkerponton van LNG worden voorzien. De bunkerpontons 'Flexfueler 001' en '002' zijn flexibel inzetbaar voor zee- en binnenvaartschepen in Nederland en België.

Waar kunnen zeeschepen LNG bunkeren?



Figuur 15: Bunkerlocaties LNG voor zeeschepen [nationaallngplatform.nl]

3.3.5 Bunkerlocaties voor biobrandstoffen (hoge mixen)

Voor zover bekend is er 1 bunkerlocatie in Nederland waar in 2019 voor het eerst een binnenvaartschip op volledig duurzame biobrandstof werd gebunkerd (zie paragraaf 3.4.6 voor een verdere toelichting).

3.4 Vervoermiddelen

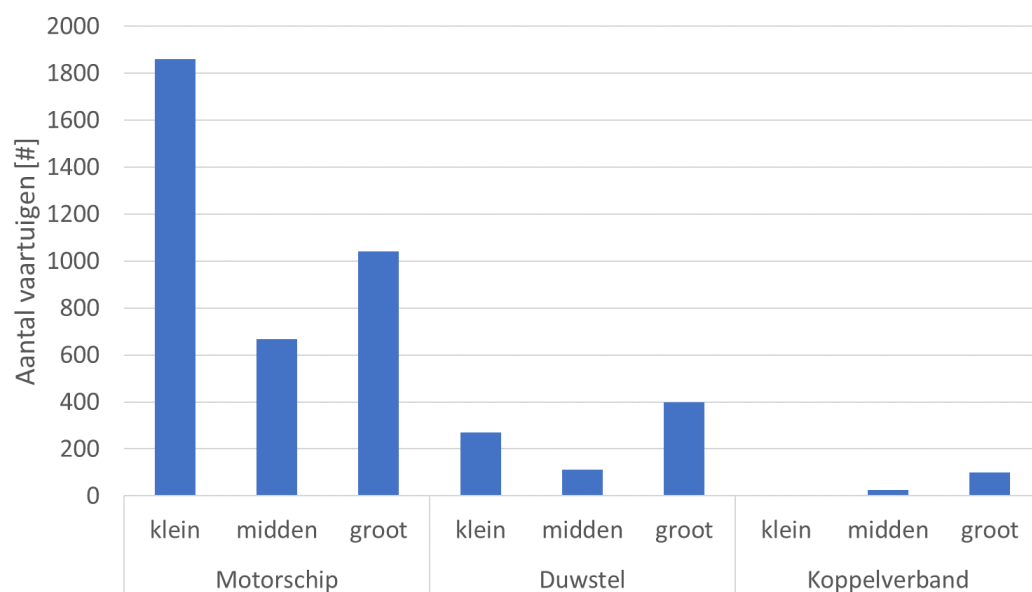
In 2018 voeren er 4.473 binnenvaartschepen onder Nederlandse vlag. De vaartuigen zijn te onderscheiden in termen van vaartuigtype (motorschip, duwstel, koppelverband) en gewichtsklasse³² (klein, middel, groot).

De vlootsamenstelling ziet er als volgt uit:

- Het merendeel van de binnenvaartschepen zijn reguliere motorschepen (circa 80% van de vloot): 40% van de vloot zijn kleine motorschepen; de overige 40% zijn grote en middelgrote motorschepen.
- Duwstellen zijn goed voor circa 17% van de vloot.
- 3% van de binnenvaartschepen zijn koppelverbandschepen.

³² Klein – CEMT-klasse 0-III; midden – CEMT-klasse IV; groot – CEMT-klasse V-VI.

Samenstelling Nederlandse vloot - binnenvaart



Figuur 16: Samenstelling Nederlandse vloot – aantal schepen in de binnenvaart [Panteia 2019]

3.4.1

Conventioneel

Vrijwel alle binnenvaartschepen hebben een conventionele dieselaandrijving. Meestal wordt de schroef direct door de motor aangedreven. Er zijn echter ook circa 90³³ schepen met een dieselektrische (hybride) aandrijving. Sinds enkele jaren is de Stage V emissiewetgeving van kracht voor de uitstoot van verontreinigende emissies, zoals NO_x en fijnstof (PM). Stage V geldt voor nieuwe schepen en ook voor de montage van nieuwe motoren in bestaande schepen. De gemiddelde levensduur tot een complete revisie wordt geschat op circa 20 jaar, maar er zijn grote verschillen afhankelijk van de inzet en het motortype. Bij deze levensduur kan de motor gereviseerd of compleet worden vernieuwd. In het laatste geval zullen de emissies veel lager zijn, omdat de motor dan moet voldoen aan de nieuwste wetgeving. CESNI houdt als onderdeel van CCNR (Commission Centrale pour la Navigation du Rhin) een lijst bij van leverbare motoren en emissieklasse³⁴. In de tabel, wordt een overzicht gegeven van de markt met gerealiseerde aantallen schepen met innovatieve aandrijflijn en doelstelling voor 2030.

Tabel 14: Aantal binnenvaart schepen [EICB, 2019 + TNO aanvulling]

Aantal vaartuigen	Meetwaarden			Streefwaarden
	2019	2020	2022	2030
Diesel	4.473			NT*
Hybride	65	Ca 90		NT*
Batterij-elektrisch	1 (plug-in)		3 (plug-in)	100
Waterstof-elektrisch	0		1	50
LNG	11		12	300 à 700
CNG	0			NT*

*NT = no target

³³ Stand 2^e kwartaal 2021, info Koedood.

³⁴ Lists of approved authorities, firms, installations and equipment in the field of technical requirements for inland navigation vessels. (cesni.eu)

3.4.2 *Elektrisch*

Het eerste vrachtschip van circa 90 meter dat volledig elektrisch kan varen is in 2022 in de vaart gekomen. Dit containerschip, de Alphenaar, vaart op een vaste route tussen Alphen a/d Rijn en Moerdijk met verwisselbare batterij-containers.

Het nationaal groeifonds heeft een project van € 45 miljoen toegekend voor de uitbreiding naar 45 volledig elektrische schepen in 2025.

In 2019 is wel een eerste schip (SENDO shipping) in gebruik genomen met een batterijpakket van 560 kWh. Dit schip kan enkele uren elektrisch varen. Daarnaast heeft Bek & Verburg een tweetal schepen met batterijpakket, de Invotis IX en X. Deze kunnen één tot anderhalf uur volledig elektrisch varen. Verder zijn er nog enkele kleinere schepen met batterijpakket, zoals de IJveren. Het Klimaatakkoord zet in op minimaal 150 (volledig) zero-emissie schepen in 2030, waarvan 100 met batterij elektrische aandrijving en 50 met waterstof elektrische aandrijving.

3.4.3 *Waterstof*

Er zijn momenteel nog geen binnenvaartschepen die varen op waterstof. In het RH2INE project zijn drie schepen met waterstofaandrijving gepland, waarvan één reeds in 2022. Daarnaast zijn enkele opleidingsschepen met een waterstofaandrijving gepland voor de Maritieme Academie Harlingen en voor de STC-group in Rotterdam. Behalve de toepassing van waterstof in een brandstofcel, kan waterstof eventueel ook worden bijgemengd bij een (speciale) dieselmotor. Dit heeft als voordeel dat geïnstalleerde motoren alleen hoeven te worden aangepast. Deze technologie bevindt zich echter nog in de onderzoeksfase. Zoals reeds gemeld, zet het Klimaatakkoord in op 50 schepen met zero-emissie schepen op waterstof in 2030.

3.4.4 *Aardgas*

Momenteel varen slechts circa 12 schepen in Nederland op LNG. Er is relatief weinig vraag naar LNG aandrijflijnen vanwege de hoge investeringskosten en het relatief kleine prijsverschil tussen diesel en LNG. Concordia Damen bouwt voor Shell een serie van 40 tankschepen, waarvan er naar verwachting minimaal 20 met LNG aandrijflijn zullen worden uitgerust.

Vanuit de markt zijn er drie tot vier motorleveranciers die LNG motoren aanbieden, zowel voor de kleine binnenvaartsegmenten (motorvermogens kleiner dan 500 kW) als voor het grotere segment (boven 500 kW). De aardgasmotoren zullen vanaf 2020-2022 moeten voldoen aan de Stage V eisen, die vooral voor de uitstoot van fijnstof (PM) streng is. Dit heeft geleid tot een verminderde beschikbaarheid van motoren. Vooral voor dual fuel motoren zijn de eisen waarschijnlijk moeilijker haalbaar (zonder nabehandeling).

De methaanemissies van aardgas binnenvaartmotoren is nog steeds aanzienlijk. Verschillende rapportages³⁵ melden circa 2 tot circa 5,5 g/kWh methaanemissie afhankelijk van de motorbelasting. Daarmee voldoen ze aan de methaanlimiet van de Stage V regelgeving, maar het leidt niet tot een reductie in broeikasgasemissie ten opzichte van diesel brandstof. Bij 5,5 g/kWh is de voor 100 jaar GWP³⁶ aardgas ongeveer gelijk aan diesel (TTP). Voor 20 jaar GWP is het echter meer dan 50% hoger.

³⁵ [Pilot-test-report-Argonon.pdf \(Inginnenvaart.eu\)](#)

[Breakthrough LNG parameters Werkendam \(Inginnenvaart.eu\)](#)

³⁶ GWP – Global Warming Potential

In de Routeradar 2018 zijn de ambities van het LNG-platform opgenomen als streefwaarden voor 2021 (60 schepen) en 2030 (300³⁷ à 700³⁸ schepen) op basis van een economische analyse aan de hand van de prijsontwikkeling van diesel en LNG [NEV2017][Nationaal LNG platform, 2019]. Op basis van de ontwikkelingen in de markt, zullen de verwachtingen naar beneden moeten worden bijgesteld. Mogelijk ook lager dan de eerdere TNO projectie van maximaal 160 schepen in 2030.

Toepassingen van CNG in de binnenvaart beperken zich tot rondvaartschepen (Amsterdam) en een veerboot (Texel). De volumetrische energie-inhoud van CNG is veel lager dan voor LNG, waardoor vrijwel dagelijks bunkeren van brandstof mogelijk moet zijn. Dat kan bij bovengenoemde toepassingen. Voor CNG schepen zijn geen streefwaarden bekend.

3.4.5 *Biobrandstoffen (hoge mixen)*

Biobrandstoffen kunnen in technisch opzicht redelijk gemakkelijk worden toegepast in verschillende kwaliteiten en blends met conventionele diesel. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft de technische en economische consequenties laten onderzoeken, zie (TNO-4, 2020) en (NEN, 2021). Hieruit bleek wel dat er beperkte technische risico's zijn vanwege de specifieke eigenschappen en vanwege kwaliteitsfluctuaties van het FAME type biodiesel. Uit eerste onderzoek bleek dat biodiesel, meestal in lage mixen, reeds een aantal jaren in beperkte mate aan de binnenvaart werd geleverd. Dit wordt dan geboekt onder de 'opt'-in regeling voor wegtransport. Afhankelijk van het type biobrandstof en blend, valt de biodiesel blend wel of niet onder de specificatie voor dieselbrandstof volgens de richtlijn EN590:

- Een dieselblend met tot 7% FAME of tot circa 30% HVO valt onder de EN590 specificatie en kan daardoor eenvoudig worden toegepast.
- Er wordt ook een blend van 20% FAME met 80% GTL geleverd. Deze blend valt niet onder de EN590 specificatie, maar motorleveranciers laten afwijkende specificaties in blends met FAME, GTL en HVO vaak wel toe. Op grond van de eigenschappen van FAME en GTL is het te verwachten dat deze blend bij conventionele motoren geen negatieve invloed heeft op de verontreinigende emissies (NO_x en PM). Het is wel belangrijk dat dit bevestigd wordt met metingen. Bij de nieuwe Stage V motoren zal dit effect naar verwachting beperkt of zelfs nihil zijn.

3.5 Emissies

Binnenvaart wordt onderverdeeld in binnenvaart voor goederen, passagiers en werk op zee. In totaal is de CO₂-equivalente uitstoot in 2030 naar verwachting 1,1 Mton. Recreatievaart en visserij worden hier niet bijgeteld [NEV, 2017].

Tabel 15: Verwachte CO₂-uitstoot in de binnenvaart [NEV, 2017]

CO ₂ -eq. [Mton] Binnenvaart	2015	2020	2025	2030	Toename 2015- 2030, absoluut	Toename 2015- 2030, jaarlijks
Goederen	0,5	0,5	0,5	0,6	2%	<1%
Passagiers	0,1	0,1	0,1	0,1	<1%	<1%
Werk op zee	0,4	0,5	0,5	0,5	10%	<1%
TOTAAL	1,0	1,1	1,1	1,1	6%	<1%

³⁷ Bron: TNO 2016 R11467: Monitoring brandstofvisie: PMC format en platformgesprekken

³⁸ Bron: Fiche uitrol LNG: bio-LNG juni 2018

3.6 Conclusie³⁹

Algemeen

De voornaamste opties qua hernieuwbare energiedragers voor de binnenvaart op dit moment zijn:

1. Elektrische aandrijving:
 - a. Op basis van batterijtechniek (verwisselbare batterij-containers);
 - b. Op basis van brandstofcellen en waterstof;
 - c. Dieselelektrische schepen al dan niet met batterij voor tijdelijk zero-emissie varen en/of hotelbedrijf uit batterij. Hybridevormen met elektriciteitsproductie aan boord met behulp van generatoren die meestal lopen op diesel (met biodiesel en bio-LNG als duurzame opties).
2. Conventionele motoren met hernieuwbare energiedragers. Opties hiervoor zijn biobrandstoffen (bio-LNG, HVO, et cetera) en synthetische brandstoffen (GTL, et cetera).

Realisaties ten opzichte van de doelstellingen (streefwaarden)

Hoewel er binnen de Nederlandse binnenvaartsector serieuze belangstelling voor hernieuwbare energiedragers is, zijn de toepassingen heel beperkt en gaat de feitelijke implementatie erg langzaam. Dit heeft de volgende oorzaken:

- Veel producten zitten nog in de fase van techniek- en infrastructuurontwikkeling. Voornaamste reden is het tot dusver ontbreken van een verplichting.
- Tot nu toe ontbreken van concrete instrumenten die grootschalige marktintroductie van hernieuwbare energiedragers in de binnenvaart kunnen stimuleren. Hierdoor ontbreekt ook commerciële belangstelling. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft er vanaf gezien om de binnenvaart per 2022 onderdeel te laten uitmaken van de RED II verplichting. De RED III is wel van toepassing op de binnenvaart, alhoewel het onzeker is of de aan de binnenvaart geleverde brandstof daadwerkelijk zal moeten bijdragen aan deze verplichting. Toepassing van de RED III zal een extra stimulans vormen voor de inzet van duurzame brandstoffen in de binnenvaart, in de vorm van biocomponenten voor dieselbrandstof, bio-LNG en duurzame elektriciteit en waterstof. Er is onderzoek gedaan naar de technische en economische consequenties [TNO, 2020]. Deze zijn significant, zowel op economisch als technisch gebied. Het heeft reeds geleid tot vervolgonderzoek.
- Doordat er verschillende technische opties zijn, die ieder een andere tank-/laadinfrastructuur vereisen, is het voor ondernemers lastig om een keuze te maken.
- Er worden voor veel technieken, zoals H₂ of methanol, nog geen pakket van standaard, typegekeurde producten aangeboden. Daardoor is het moeilijk om de vereiste goedkeuringen te verkrijgen.
- In de binnenvaart zijn veel kleine ondernemers actief die slechts beperkte risico's kunnen nemen en ook beperkte investeringsmiddelen hebben.

De realisaties ten opzichte van de doelstellingen zijn grotendeels onbekend. Dit komt omdat er vrijwel geen doelstellingen zijn. Zo is er voor vervoermiddelen wel een doelstelling voor elektrische aandrijving, maar is er geen onderscheid naar de drie opties hiervoor. Dit geeft geen helder signaal af richting markt en het te maken beleid.

Wat gebeurt er op projectniveau?

Er lopen verschillende demonstratieprojecten op het gebied van hernieuwbare energiedragers in de binnenvaart. Zo wordt er al gevaren met biodiesel blends bij enkele tientallen schepen. Daarnaast ontplooiën scheepseigenaren en de

³⁹ Deze conclusie (inclusief beleidsadvisering) is onder verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat opgesteld.

toeleveringsindustrie initiatieven voor elektrisch varen (met batterijpakketten) en waterstof met fuel-cell aandrijving.

Wat gebeurt er op beleidsniveau?

Zoals hierboven vermeld, ontbreekt het bij de overheid aan instrumenten voor marktopschaling. Er wordt wel onderzoek gedaan naar een aparte RED II-verplichting voor de binnenvaart. Daarnaast is er een paragraaf Binnenvaart in de DKTI-regeling.

4 Mobiele werktuigen

Buiten het wegverkeer vormen de zogenoemde mobiele werktuigen (Non-Road Mobile Machines, NRMM) een belangrijke emissiebron van broeikasgassen. Hiertoe behoren onder andere graafmachines, laadschoppen, (landbouw)tractoren, vorkheftrucks en bladblazers. Deze werktuigen worden niet primair voor vervoer gebruikt, maar de uitstoot van broeikasgassen van ruim 3 megaton CO₂-equivalenten wordt wel aan de sector mobiliteit toegerekend.

Ontwikkeling in de sector

Het inzicht in de vlootsamenstelling van de mobiele werktuigen in Nederland is het afgelopen jaar duidelijk verbeterd. Daar heeft de recent ingevoerde registratieplicht voor machines met een maximale constructiesnelheid van minimaal 6 km/uur en een door TNO uitgevoerde studie (TNO-1, 2021) aan bijgedragen. Toch valt nog een groot deel van de NRMM vloot niet onder de registratieplicht.

Er is nog veel onbekend over de exacte samenstelling van de vloot (aantallen, vermogens, leeftijd en inzet). Dat wil zeggen dat van een onbekend aantal werktuigtypen niet precies kan worden achterhaald hoeveel er in Nederland zijn en hoe deze worden ingezet. De vlootsamenstelling, de inzet en de bijbehorende emissies van de mobiele werktuigen in Nederland worden modelmatig benaderd met het EMMA model (TNO-2, 2009). Dit model wordt jaarlijks geüpdatet met de laatste inzichten op het gebied van het machinepark, inzichten in emissies en inzet (draaiuren).

Nader onderzoek wordt aanbevolen om de vloot beter in kaart te brengen. Hierbij kan worden gedacht aan het monitoren van de inzet van NRMM, bij een deel van de modernere machines kan dit tegenwoordig op afstand. Daarnaast kan worden gedacht aan uitbreiding van de registratieplicht, zodat machines als pompen, generatoren en (grotere) voertuigen die niet op de openbare weg komen (snelheid < 6 km/h) eveneens moeten worden geregistreerd. Andere mogelijkheden zijn om alle nieuwverkoop te registreren en om (bouw)bedrijven gegevens te laten aanleveren van hun NRMM voertuigen en machinepark.

De belangrijkste stimulansen voor schonere en zuinigere werktuigen zijn:

- Schoon en emissieloos bouwen. Subsidierегeling Schoon en Emissieloos Bouwmaterieel (SSEB).
- Europese emissiewetgeving voor verontreinigende uitstoot (NO_x, PM, et cetera), bijvoorbeeld de introductie van de Stage IV en Stage V emissiewetgeving. De uitstoot van CO₂ en andere broeikasgassen is hier geen onderdeel van.
- Autonome ontwikkeling: bij bijvoorbeeld graafmachines en laadschoppen blijkt dat elke nieuwe generatie (elke 3-5 jaar) circa 10% zuiniger is dan de voorgaande generatie en dus ook 10% minder CO₂ uitstoot [Hulskotte, 2017].
- Openbare aanbestedingen waarbij op het aanbestedingsbedrag tot 10% korting wordt gegeven als een aannemer kan aantonen dat hij schoner of zuiniger kan werken. Dat kan via schonere brandstoffen, via schonere machines en/of via zuiniger werken door bijvoorbeeld de grondtransporten te beperken.
- De Green Deal Het Nieuwe Draaien (GDHND), looptijd 2016-2020. Met de GDHND geeft de sector (grond-, weg- en waterbouw, vastgoed en de agrarische sector) verdere invulling aan de afspraken in het SER-Energieakkoord. Doel is een vermindering van de gemiddelde uitstoot van CO₂

(naar reductie van 10% gedurende de looptijd van deze Green Deal), NO_x (naar een reductie van 15%) en fijnstof door mobiele werktuigen in de bouw en landbouw. Dit wil men realiseren door de inzet van biobrandstoffen of andere hernieuwbare brandstoffen en door trainingen en bewustwording van chauffeurs.

- Klimaatakkoord: maatregelen ter stimulering van nulmissie bouwverkeer. Daarbij gaat het om de opname van zero-emissie mobiele werktuigen en de principes van de GDHND (Green Deal Het Nieuwe Draaien) in de inkoopprocessen van overheden tot verplicht nulmissie bouwverkeer en bouwmaschinen in 2026.

Actualiteit en onzekerheid in emissiecijfers

Informatie omtrent emissiecijfers van mobiele werktuigen in deze notitie is gebaseerd op het EMMA model. Dit model wordt gebruikt voor bepaling van de landelijke emissiecijfers (zoals opgenomen in de emissieregistratie) voor mobiele werktuigen. Het EMMA model bevat een inschatting (er is immers beperkte registratie) over de aantallen machines, machinetypen, hun eigenschappen (motortypen, vermogen, bouwjaar/emissienorm), de inzet (draaiuren, brandstofgebruik, motorbelasting, et cetera) en emissiefactoren. De cijfers die in deze notitie zijn gebruikt gaan over zichtjaar 2021. De cijfers voor 2021 zijn nog niet officieel vastgesteld door de emissieregistratie.

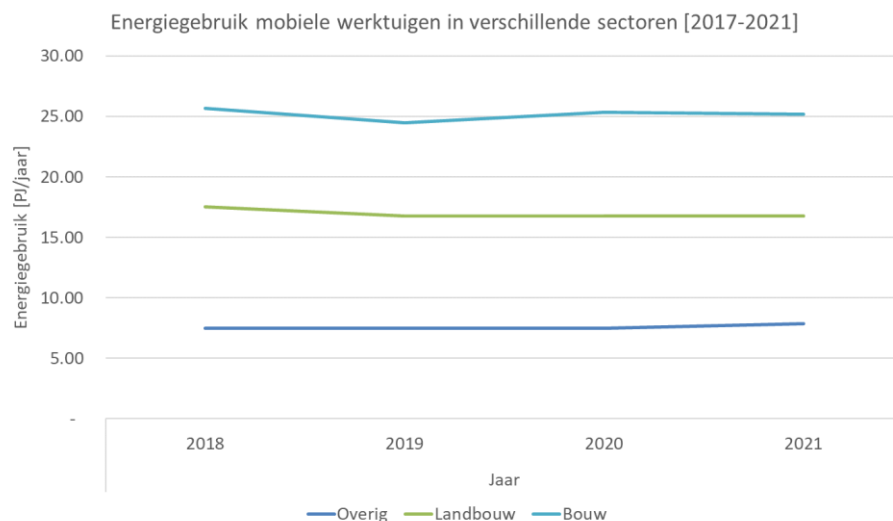
De uitkomsten uit het model zijn onzeker door het gebrek aan registraties van machines en de inzet ervan. Ondanks nieuwe en verbeterde inzichten zijn er hoogstwaarschijnlijk blinde vlekken waardoor diverse bronnen buiten beeld blijven. In het kader van het informeren en onderbouwen van beleid en andere maatregelen om de milieu-impact van mobiele machines te verminderen, is het van belang het inzicht in het machinepark en de inzet daarvan verder te blijven verbeteren.

Eind 2021 is een update geweest van het EMMA model op basis van nieuwe inzichten (waaronder nieuwe emissiemetingen, RDW kentekenregistratie en een uitgevoerde inventarisatie van de vlootsamenstelling en -inzet. Ten gevolge van de nieuwe inzichten zijn de totale berekende emissies gestegen. Dit komt onder andere door de toevoeging van nieuwe machinecategorieën (zoals lichtmasten) en een verhoging van het aantal actieve machines, mede doordat machines langer worden gebruikt dan voorheen ingeschat. Daarnaast zijn er veranderingen doorgevoerd op basis van nieuwe inzichten in het aantal draaiuren (hoger bij nieuwe machines, lager bij oude machines).

Bovengenoemde updates aan het EMMA model resulteren voor zichtjaar 2020 in hogere emissies dan in voorgaande jaren. In 2009, toen het model is ontwikkeld, waren de cijfers te relateren aan de inzet van rode diesel voor mobiele werktuigen. De geregistreerde inzet van rode diesel is gebruikt om de met het model berekende waarden voor brandstofverbruik en CO₂-uitstoot te valideren. Tegenwoordig wordt er geen rode diesel meer ingezet voor mobiele werktuigen en valt het dieselverbruik in de bouw niet te onderscheiden van het dieselverbruik van het wegverkeer. De uitkomsten van de nieuwe berekeningen in 2021 laten zien dat het dieselverbruik (van mobiele werktuigen) met circa 20% is toegenomen ten opzichte van de verwachtingen op basis van de oude rekenmethode. Daarop is bij de Taakgroep emissieregistratie besloten om de totale emissies voorlopig terug te schalen naar de verwachte brandstofplas in zichtjaar 2020 op basis van de oude rekenmethode. Met een betere onderbouwing (meer inzichten dan destijds beschikbaar) van de afwijking met de oude rekenmethode is in toekomstige berekeningen schalen mogelijk niet meer nodig. In 2022 vindt aanvullende kennisopbouw plaats ten behoeve van een betere onderbouwing.

4.1 Energiedragers

Het gebruik van mobiele werktuigen is onderverdeeld in verschillende subsectoren. De grootste sectoren (wat betreft emissies) zijn bouw en landbouw. De overige sectoren zijn in dit rapport samengevoegd en bestaan uit consumenten, containeroverslag, HDO (handel, diensten en overheid) en industrie. In onderstaande Figuur is te zien dat de landbouw- en de bouwsector het meest energie-intensief zijn.



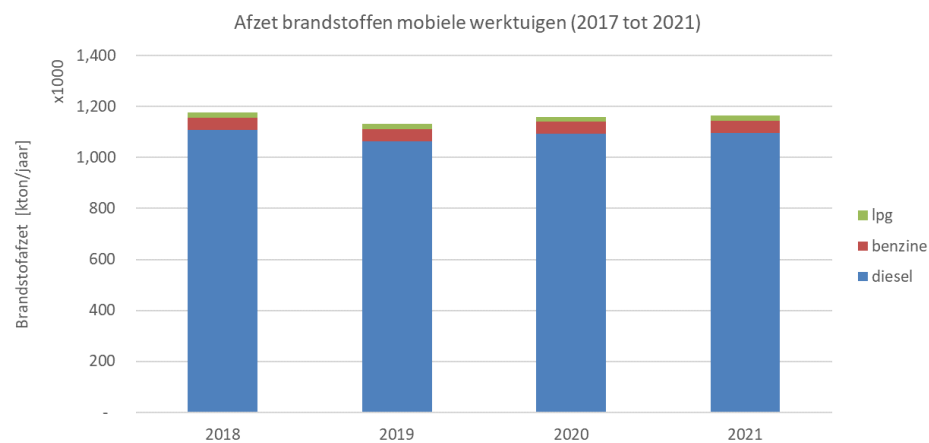
Figuur 17: Energiegebruik van mobiele werktuigen in Nederland.

4.1.1

Conventioneel

Mobiele werktuigen draaien hoofdzakelijk op diesel. Enige uitzondering zijn kleine machines die voornamelijk door consumenten worden gebruikt, bijvoorbeeld bladblazers en kettingzagen. Inzet van biobrandstoffen zal naar verwachting dezelfde bijmenging volgen als voor het wegverkeer. LPG als brandstof wordt gebruikt voor vorkheftrucks die vooral indoor worden gebruikt.

Ondanks dat er in Nederland veel machines zijn met een benzinemotor, wordt er in absolute zin voornamelijk diesel gebruikt door mobiele werktuigen. Benzine wordt vooral door kleine machines gebruikt, waardoor de totale benzineplas kleiner is dan de dieselplas. De verhouding tussen de verschillende brandstoffen is weergegeven in Figuur 18.



Figuur 18: brandstofafzet (kton/jaar) van mobiele werktuigen in Nederland

Het aandeel hernieuwbare energie voor mobiele machines wordt door het CBS niet separaat gemonitord, maar als een onderdeel samen met wegvervoer. Het aandeel hernieuwbare energie is dus ook vergelijkbaar met wegvervoer, zie Hoofdstuk 2.

4.1.2 *Elektrisch & waterstof*

Afzet en gebruik van elektriciteit en waterstof als energiedrager is klein en is op dit moment nog niet opgenomen in de emissiemodellen. In 2022 is er een aanschaf en retrofitsubsidie (Subsidieregeling schoon en emissieloos bouwen, SSEB) voor mobiele werktuigen gekomen die groei van elektrische mobiele werktuigen moet bevorderen.

4.2 **Infrastructuur**

Mobilee werktuigen gebruiken op dit moment geen speciale infrastructuur. Brandstofvoorziening verloopt via normale tankstations. Bij bouwprojecten worden kleine tankwagens gebruikt om machines bij te tanken. Maar in 2030 moet de stikstofuitstoot afkomstig van bouwmachines afnemen met 60% ten opzichte van 2018. Grootschalige elektrificatie van de mobiele werktuigen vloot is belangrijk om de doelstelling te halen. Wanneer meer werktuigen een elektrische aandrijving krijgen wordt de manier van laden en tanken cruciaal.

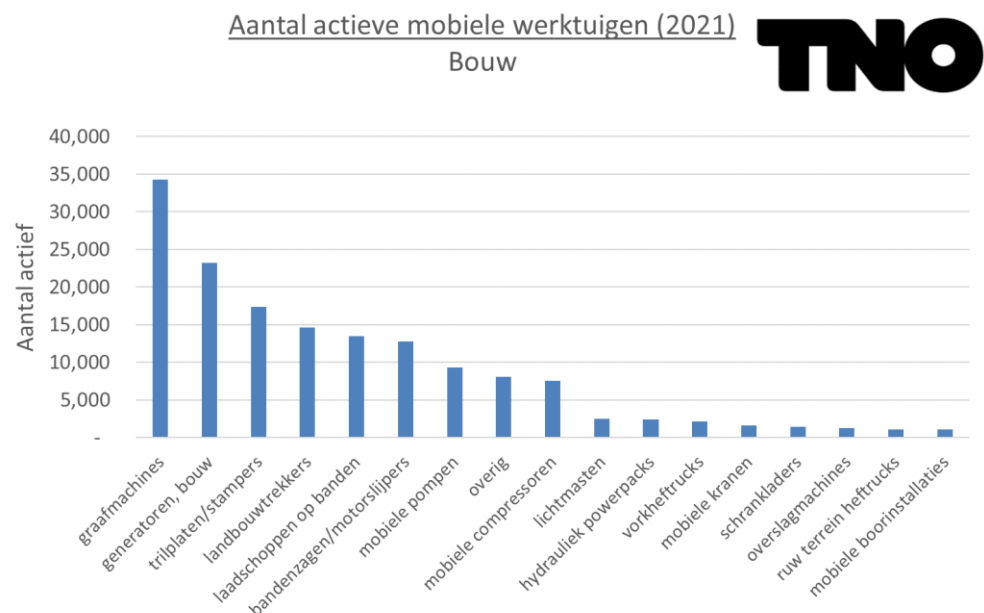
Een elektrische aandrijving kan zijn;

- Batterij-elektrisch
- Bekabeld-elektrisch
- Waterstof-elektrisch

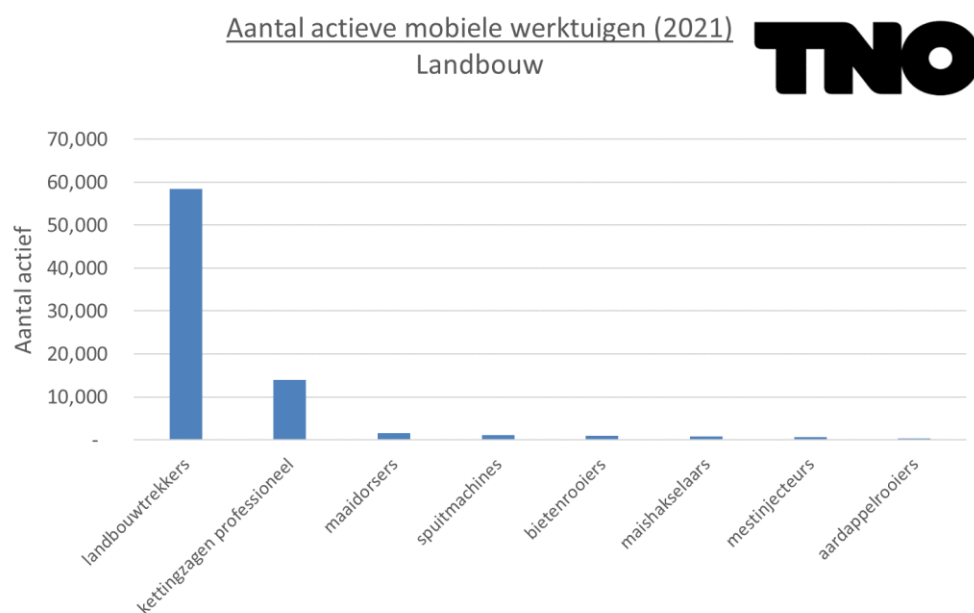
Met name voor de bouwsector wordt een alternatieve energievoorziening een uitdaging. Dit komt door de veelal tijdelijke aard van de projecten en de typisch hoge energievraag. Onlangs is er een TNO onderzoek gepubliceerd rondom laden-en tanken op de bouwplaats. In dat onderzoek wordt voor verschillende bouwplaatsen de energievraag in kaart gebracht. Ook wordt beargumenteerd dat het op orde krijgen van (betaalbare) laad- en tankvoorzieningen cruciaal is om de energietransitie in de bouwsector te laten slagen (TNO, 2021).

4.3 **Vervoermiddelen**

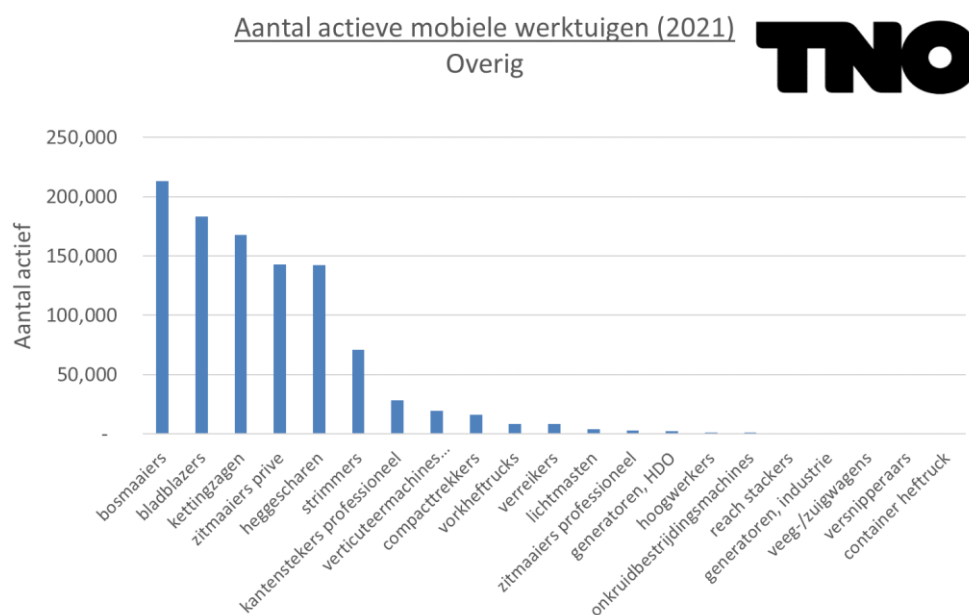
In deze paragraaf worden de machine-aantallen in de categorieën 'bouw', 'landbouw' en 'overig' weergegeven zoals op dit moment opgenomen in het TNO EMMA model.



Figuur 19: Actieve mobiele werktuigen in de bouw (bron: EMMA 2022).



Figuur 20: Actieve mobiele werktuigen in de landbouwsector (bron: EMMA 2022).



Figuur 21: Actieve mobiele werktuigen in de sectoren consumenten, HDO en industrie (bron: EMMA 2022).

De volgende observaties zijn te maken:

- Subsector consumentenmarkt (aantal machines: circa 1 miljoen):
In absolute aantallen is de consumentenmarkt met 1 miljoen mobiele werktuigen de grootste afzetmarkt. Het gaat hier wel over relatief kleine benzine machines. De werktuigen worden gebruikt voor het onderhoud van tuinen en landschappen, zoals grasmaaiers, kettingzagen en bladblazers. Door lagere inzet en kleinere motoren is deze sector in totale emissies relatief klein.

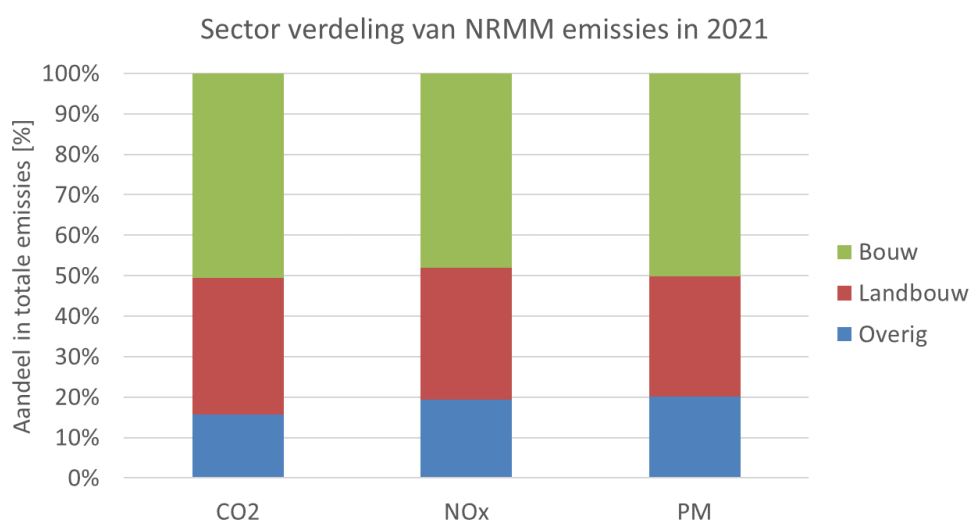
- Subsector landbouw (aantal machines: circa 77.500):
Het aantal mobiele werktuigen in de landbouw bestaat voor het grootste deel uit landbouwtractoren. Vanuit de RDW registratie blijkt dat dit aantal in de werkelijkheid hoger ligt.
- Subsector HDO (aantal machines: circa 80.000):
De meest gebruikte machines zijn kantenstekers, verticuteermachines en compacttrekkers.
- Subsector bouw (aantal machines: circa 150.000):
De variatie in machinetype en vermogens is groot in de bouwsector. De machines variëren van kleine generatoren en lichtmasten tot hijskranen, heimachines en graafmachines. In de bouw worden vooral graafmachines, landbouwtractoren, trilplaten/stampers, generatoren en laadschoppen ingezet (samen goed voor circa 70% van de machines).
- Subsector industrie (aantal machines: circa 12.000):
Dit zijn voornamelijk vorkheftrucks en verreikers die worden gebruikt in productie- en distributiehallen.
- Subsector containeroverslag (aantal machines: circa 600):
Dit zijn voornamelijk reach stackers en container heftrucks.

Afzet en gebruik van elektriciteit als energiedrager is klein en wordt op dit moment niet centraal bijgehouden. Door onder andere de stikstofcrisis neemt de vraag naar elektrisch en hybride bouw materieel wel toe. Dat het aantal elektrisch/hybride machines in de vloot nog steeds zo laag is, heeft meerdere redenen:

- Het aantal beschikbare opties is gering.
- Als gevolg van de stikstofcrisis investeren bouwbedrijven minder. Oude machines worden hierdoor minder snel vervangen.
- Laadinfrastructuur en/of bouwstroom moet eerst worden gerealiseerd.

4.4 Emissies

In Figuur 22 is de verdeling van CO₂, NO_x en PM uitstoot weergegeven van de mobiele werktuigen in de verschillende sectoren. De bouwsector en de landbouwsector zijn gezamenlijk verantwoordelijk voor ongeveer 80% van de NRMM emissies.



Figuur 22: Verdeling CO₂, NO_x en PM uitstoot naar de verschillende sectoren.

4.5 Conclusie⁴⁰

Elektrificatie en biobrandstoffen zijn de voornaamste opties voor mobiele werktuigen qua hernieuwbare energiedragers.

⁴⁰ Deze conclusie (inclusief beleidsadviesing) is onder verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat opgesteld.

Realisaties ten opzicht van de doelstellingen (streefwaarden)

Op basis van marktobservaties is de conclusie dat de toepassing van hernieuwbare energiedragers in mobiele werktuigen op dit moment geen enorme vlucht neemt. De realisaties zijn lastig vast te stellen, omdat het ontbreekt aan een verplichte registratie van alle machines. De samenstelling van de vloot kan hierdoor niet nauwkeurig worden gemonitord. Bovendien is het lastig vast te stellen hoe de realisaties zich verhouden tot de doelstellingen, omdat er vaak geen doelstellingen zijn in termen van de hoogte van bijmenging of het aantal voertuigen in de vloot dat gebruik maakt van duurzame brandstoffen.

Oorzaken voor lage aantallen hernieuwbare energiedragers zijn onder andere:

- Onvoldoende aanbod van zero-emissie machines.
- Onvoldoende laadinfrastructuur op bouwlocaties: elektrische toepassing vergt hoogvermogen netaansluitingen, die er vaak niet zijn. Een dekkend netwerk voor waterstof tankinfrastructuur is er ook voor wegvervoer nog niet.

Wat gebeurt er op projectniveau?

Op basis van de bestaande monitoring zijn een aantal observaties te maken:

- De toepassing van biobrandstoffen in mobiele werktuigen neemt nog geen hoge vlucht. De bijmenging van biobrandstoffen loopt in de pas met de bijmenging voor wegvervoer. Hoge mixen biobrandstoffen spelen nog nauwelijks een rol voor mobiele werktuigen.
- De toepassing van batterij-elektrische machines komt wel mondjesmaat op gang – o.a. als gevolg van de stikstofcrisis. Elektrificatie en hybridisatie zijn namelijk alleen commercieel vooral beschikbaar voor kleinere machines of via de ombouw van dieselwerktuigen.

Wat gebeurt er op beleidsniveau?

De belangrijkste doelstellingen voor schonere en zuinigere werktuigen zijn:

- (Subsidieregeling) Schoon en emissieloos bouwen.
- Europese emissiewetgeving voor verontreinigende uitstoot (NO_x, PM, et cetera), met name de introductie van Stage V emissiewetgeving.
- Green Deal Het Nieuwe Draaien (GDHND): met name bij nieuwe graafmachines en laadschoppen wordt een autonome verbetering van het brandstofverbruik gezien van circa 10% per 5 jaar. Daarnaast kan door het verminderen van het stationair draaien nog eens circa 10% op het verbruik bespaard worden. De GDHND draagt bij aan de bewustwording van energiebesparing. Ook het aantal aanmeldingen voor de HND-opleiding is sterk toegenomen.
- Klimaatakkoord: maatregelen ter stimulering van zero-emissie bouwverkeer, zoals opname van zero-emissie mobiele werktuigen en de principes van de GDHND in de inkoopprocessen van overheden en verplicht zero-emissie bouwverkeer en bouwmachines in 2026.

Naast het Klimaatakkoord worden ook maatregelen onderzocht in het SLA (Schone Luchtakkoord en het PAS (Programma Aanpak Stikstof). Een daarvan is het op korte termijn verplicht stellen van machines met Stage V (en eventueel Stage IV). Dit draagt vooral bij aan lagere NO_x- en PM-emissies. Rijkswaterstaat is bovendien het initiatief 'Zero-emissie bouwplaats' gestart om de emissies en het energieverbruik op bouwplaatsen terug te dringen. Dit draagt bij aan het Klimaatakkoord, het Schone Luchtakkoord en het PAS (Programma Aanpak Stikstof). Daarnaast lopen er vanuit Rijkswaterstaat nog een aantal andere initiatieven, zoals het Programma Duurzaam Aanleg & Onderhoud en Invoering MKI (Milieu Kosten Indicator) als parameter voor de toekenning van projecten bij aanbestedingen.

5 Luchtvaart en Zeevaart

De lucht- en zeevaart stoten veel uit. Deze emissies dragen bij aan luchtverontreiniging (onder andere door de uitstoot van stikstofoxiden en fijnstof) en aan de hoeveelheid broeikasgassen. Er is vanuit beleidsmakers toenemende aandacht om de emissies in deze sectoren terug te dringen.

5.1 Luchtvaart

De CO₂-uitstoot van de luchtvaart wordt voornamelijk bepaald door: (1) de vlootsamenstelling (type en aantallen), (2) de inzet van deze vliegtuigen, met name kilometers en aantallen vluchten per jaar, 3) de ingezette typen (hernieuwbare) energiedragers en daarmee samenhangend, 4) emissiefactoren per type vliegtuig en energiedrager. Overigens heeft luchtvaart, behalve door CO₂-uitstoot, ook een aanzienlijke impact op het klimaat door uitstoot van waterdamp in combinatie met roetdeeltjes (contrails). Dit aspect laten we hier buiten beschouwing vanwege de complexiteit en omdat de klimaatimpact van reductiemaatregelen zeer moeilijk is te kwantificeren.

De luchtvaart vormt binnen de overall klimaatopgave een belangrijke uitdaging. De omvang van de getankte brandstof is tussen 1990 en 2019 toegenomen van 66 PJ naar 167 PJ, omgerekend naar CO₂-uitstoot een toename van 5 naar 12 megaton⁴¹. Daarnaast hebben waterdamp, condenssporen en stikstofoxiden een forse negatieve klimaatimpact. Nu de coronacrisis voorbij is zou het vervoersvolume en daarmee het brandstofverbruik, weer sneller kunnen gaan groeien dan kan worden gecompenseerd door de efficiencyverbetering van nieuwe vliegtuigen. Bovendien is de luchtvaart sterk internationaal: de concurrentie is stevig. Stringent nationaal beleid kan leiden tot uitwijkgedrag naar andere landen, waardoor de CO₂-uitstoot vooral verschuift en maar beperkt leidt tot mondiale afname. Daarom heeft nationaal beleid een beperkte reikwijdte voor emissievermindering zodat tegelijkertijd onderhandelingen voor ambitieus Europees en mondiaal klimaatbeleid in de luchtvaart nodig zijn.

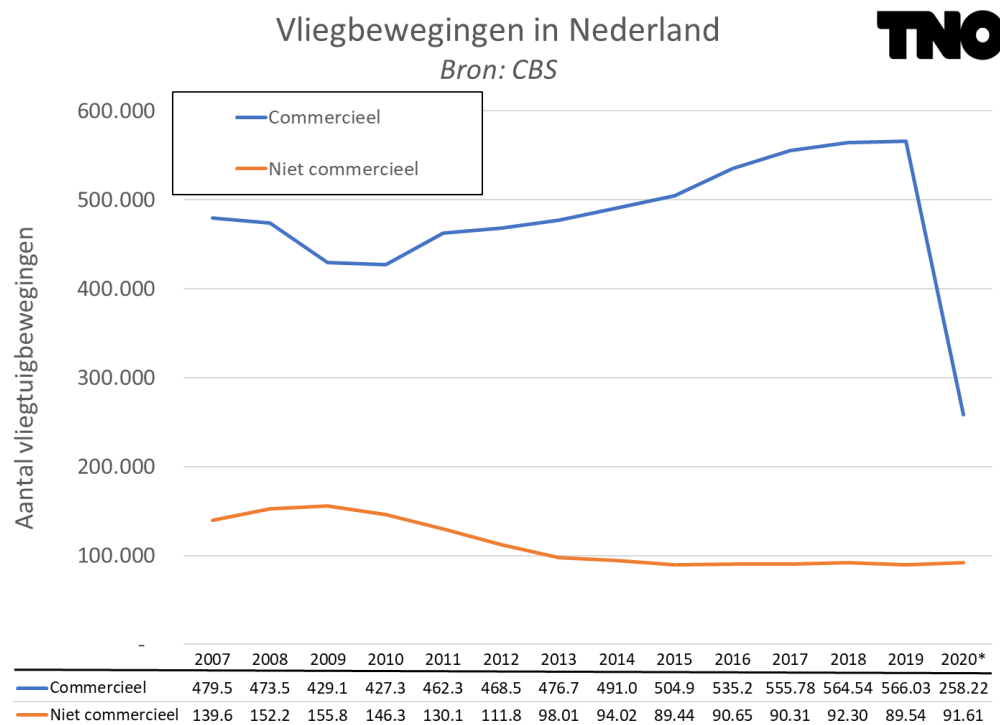
Brandstoffen voor luchtvaart:

- Bijna alle stakeholders (waaronder de EU) zijn het er over eens dat het verduurzamen van de luchtvaart tot 2050 in zeer belangrijke mate zal zijn gestoeld op de inzet van hernieuwbare SAF (Sustainable Aviation Fuel, ofwel kerosine uit hernieuwbare bron). SAF beslaat zowel bio-kerosine gemaakt uit biomassa als e-kerosine gemaakt uit hernieuwbare elektriciteit en een koolstofbron.
- Bio-kerosine (HEFA) gemaakt uit gebruikte oliën en vetten is het enige proces dat momenteel op commerciële schaal operationeel is. Maar vanwege de begrensde beschikbaarheid van gebruikte oliën en vetten en de inzetbegrenzing uit de RED II kan HEFA maar een beperkt deel van de toekomstige vraag naar SAF dekken. Echter, de andere routes voor productie van bio-kerosine, in het bijzonder FTJ (Fischer-Tropsch Jet) en ATJ (Alcohol-To-Jet), zijn nog niet op commerciële schaal beschikbaar, terwijl er ook nog technische barrières moeten worden overwonnen.
- Ook productie van e-kerosine is nog niet op commerciële schaal beschikbaar. Het proces vraagt veel hernieuwbare elektriciteit en een koolstofbron. Op termijn zal moeten worden overgeschakeld op CO₂ die uit de lucht wordt afgevangen (DAC, Direct Air Capture).

⁴¹ [Nederlandse luchtvaartmaatschappijen stootten 12,3 Megaton CO₂ uit in 2019 | Nieuwsbericht | Nederlandse Emissieautoriteit](#)



Figuur 23: Brandstofgebruik door luchtverkeer, cijfers 2019 en 2020 zijn nog voorlopig (CBS-1, 2022)

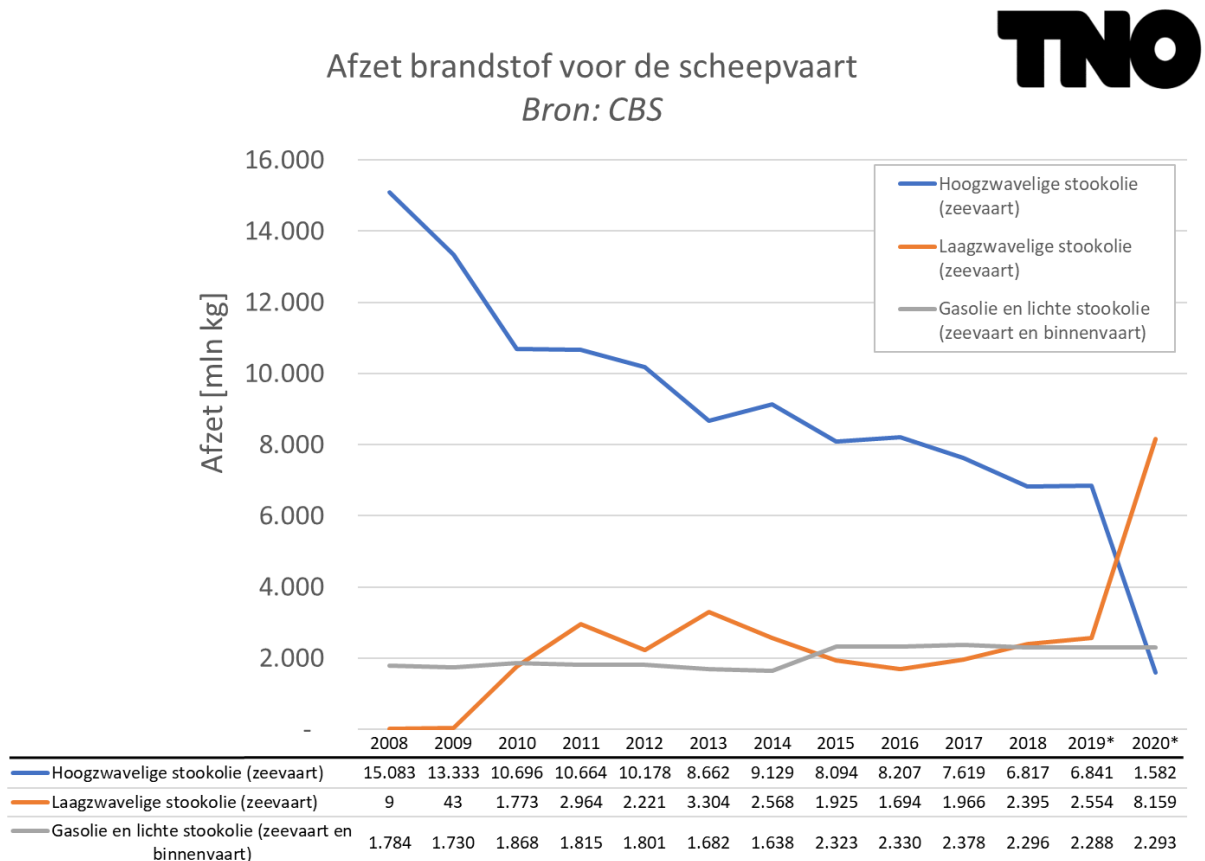


Figuur 24: Commerciële en niet commerciële vliegbewegingen in Nederland, cijfers 2019 en 2020 zijn nog voorlopig [CBS-1, 2020]

De sterke daling in het aantal vliegbewegingen in 2020 is direct gerelateerd aan het coronavirus. Aan het einde van 2022 is de situatie weer te vergelijken met de periode vóór 2020 en is het aantal vliegbewegingen weer sterk toegenomen.

5.2 Scheepvaart

Nederland heeft een grote scheepvaartsector. De schepen gebruiken voornamelijk brandstoffen op aardoliebasis. Om de emissie van zwaveldioxide terug te dringen zijn de limieten voor het zwavelgehalte van scheepsbrandstoffen door de EU en de IMO (Internationale Maritieme Organisatie) aangescherpt. De invloed van deze milieueisen is terug te zien in de scherpe daling van de afzet van hoogzwavelige stookolie en de dito stijging van het verbruik van laagzwavelige stookolie van 2009 op 2010. Per 2020 zijn de IMO regels verder aangescherpt.



Figuur 25: Afzet brandstoffen voor scheepvaart, cijfers 2019 en 2020 zijn nog voorlopig (CBS-1, 2022)

Het PBL rapporteert scheepvaartemissies in het kader van de Klimaat en Energie Verkenning (KEV). Hiervoor worden door TNO ontwikkelde modellen voor binnenvaart-emissies (Potamis) en zeevaart-emissies (Poseidon) gebruikt. Deze modellen worden momenteel doorontwikkeld. Een van de aandachtspunten is de analyse van zogenaamde Automatic Identification System (AIS) data waarmee meer zicht op de precieze aantallen en de inzet van binnenvaartschepen wordt verkregen. Deze data maken het ook mogelijk om de in Nederlandse wateren gevaren afstanden en hoeveelheid vervoerde vracht nauwkeuriger in kaart te brengen. Dit vormt de basis voor een meer betrouwbare berekening van de scheepvaartemissies.

6 Referenties

- BOVAG-RAI. (2021). *Mobiliteit in Cijfers Auto's*.
- CBS. (2022, 05 13). *Hoeveel bromfietsen en snorfietsen zijn er in Nederland?*
Opgehaald van cbs.nl: <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/verkeer-en-vervoer/vervoermiddelen-en-infrastructuur/bromfietsen-snorfietsen>
- CBS-1. (2022, juni). *Motorbrandstoffen; afzet in petajoule, gewicht en volume*.
Opgehaald van <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/83406NED/table>
- Dellaert, S., van Mensch, P., Bhoraskar, A., & van der Mark, P. (2021). *Eindrapport data onderzoek mobiele machines in Nederland*.
- H2Platform. (2022, 05 13). *Op weg met waterstof*. Opgehaald van <https://opwegmetwaterstof.nl/tanklocaties/>
- MyLPG. (2022, juni). Opgehaald van <https://www.mylpg.eu/nl/tankstations/nederland/>
- Nationaal LNG platform. (2022, Juni 1). *Nationaal LNG platform*. Opgehaald van <https://www.nationaalngplatform.nl/waar-kunnen-trucks-Ing-tanken/>
- Nederlandse Emissieautoriteit. (2022). *Rapportage Energie voor Vervoer in Nederland 2021*.
- NEN. (2021). *Vervolgonderzoek veiligheidsrisico's biobrandstoffen gebruik in binnenvaart. 17 december 2021*. Rijksoverheid.
- OG Clean Fuels. (2022, juni 1). Opgehaald van Tanklocaties: <https://ogcleanfuels.com/nl/tanklocaties>
- PBL, TNO, CBS en RIVM. (2022). *Klimaat- en Energieverkenning*. Den Haag: Planbureau van de Leefomgeving.
- RDW. (2022). *Opendata (1 januari 2022)*.
- RVO. (2022). *Electric Vehicles Statistics in the Netherlands - up to and including March 2022*.
- SER. (2014). *Een duurzame brandstoffenvisie met LEF*. Den Haag: SER.
- TNO. (2021). *Opties laad- en tankinfrastructuur voor mobiele werktuigen en bouwlogistiek*.
- TNO-1. (2021). *Eindrapport data onderzoek mobiele machines in Nederland*. Den Haag.
- TNO-2. (2009). *Emissiemodel Mobiele Machines gebaseerd op machineverkoop in combinatie met brandstof afzet*.
- TNO-3. (2019). *Routeradar DEM*.
- TNO-4. (2017). *Routeradar Duurzame Energiedragers voor Mobiliteit*.
- TNO-4. (2020). *Ruud Verbeek, Salih Karaarslan, Martin Quispel, Khalid Tachi: Impact assessment biobrandstoffen voor de binnenvaart. Rapport nr. TNO 2020 R11455. 2 November 2020*. TNO.
- Waterstofnet. (2022, Juli 25). *Waterstofnet*. Opgehaald van <https://www.waterstofnet.eu/nl/overzicht-waterstof-tankstations-benelux>
- [EC_HD, 2019] https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/heavy_en
- [EC_LD, 2019] https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/regulation_en
- [EICB, 2019] Bilaterale communicatie met EICB, 2019
- [IMO, 2011]
<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx>
- [LNG Platform, 2021] <https://www.nationaalngplatform.nl/waar-kunnen-trucks-Ing-tanken/>

[myLPG, 2021] www.myLPG.eu, 2021

[PBL-KA, 2019] ACHTERGRONDDOCUMENT EFFECTEN ONTWERP
KLIMAATAKKOORD: MOBILITEIT, PBL, 2019

[RAI, 2019] www.raivereniging.nl, RAI, 2019

[Rai/Bovag, 2020] Mobiliteit in cijfers, Rai/Bovag, 2020

[RDW, 2020] RDW-datadump (Stand: 1 januari 2021)

[Rijksoverheid, 2019] www.rijksoverheid.nl, 2019

[RR, 2017] Routeradar, RWS, 2017

[RR, 2018] Routeradar, RWS, 2018

[RR, 2019] Routeradar, RWS, 2019

[RR-INNOM, 2020] Routerader Innovatiemonitor RWS, 2020

[RVO, 2020] Electric Vehicles Statistics in the Netherlands, RVO, 2020

[SER, 2014] Brandstofvisie met LEF, SER, 2014

[TTM, 2019] www.ttm.nl, 2019

[Panteia, 2019] Wouter van Geest, Menno Menist: Op weg naar een klimaatneutrale binnenvaart per 2050, Transitie- en rekenmodel binnenvaart, Zoetermeer 10 juli 2019.

[Parkline.nl & walstroom.eu, 2019] <https://walstroom.eu/nl/> & <https://www.parkline.nl/>

[PWC, 2021] <https://www.pwc.nl/nl/actueel-en-publicaties/diensten-en-sectoren/automotive/verkoopstop-nieuwe-brandstofautos-in-2030-is-haalbaar.html>

[National LNG platform, 2019] LNG in de binnenvaart. Martin Quispel, EICB. Maritime Industry, 8 mei 2019.

[DENS, 2019] 'Mierenzuurmotor' uit Helmond krijgt flinke injectie. <https://www.ed.nl/eindhoven/mierenzuurmotor-uit-helmond-krijgt-flinke-injectie~ac50192e/>

[EMMA, 2009] Emissiemodel Mobiele Machines gebaseerd op machineverkoop in combinatie met brandstof Afzet, TNO, 2009

[FD, 2019] Vraag naar elektrische bouwmachines groeit, aanbod blijft achter. <https://fd.nl/achtergrond/1324192/vraag-naar-elektrische-bouwmachines-groeit-aanbod-blijft-nog-achter-stand-12.12.2019>

[HEFTRUCK, 2015] Pilot gestart met waterstof. http://www.heftruck.com/nieuws/nieuws_item/t/pilot_gestart_met_waterstof

[HND, 2018] Green Deal Het Nieuwe Draaien, 2018

[Hulskotte, 2017], Jan Hulskotte, Ruud Verbeek: Selectie machines met hoog energieverbruik. Actie in het kader van Green Deal HND. Februari 2017.

[N&M, 2019] Elektrische mobiele werktuigen in beeld, Natuur & Milieu, 2019

[Nouhuijs, 2017] Floris van Nouhuijs: Vooronderzoek monitoring Green Deal Het Nieuwe Draaien. April 2017. Publicatie van Green Deal HND en van Oord

[PBL, 2019] ACHTERGRONDDOCUMENT EFFECTEN ONTWERP KLIMAATAKKOORD: MOBILITEIT, PBL, 2019

[SGS, 2017] Gert-Jan Vroege: ELEKTRIFICATIE VAN MOBIELE WERKTUIGEN, 2017

[Sherpa, 2019] www.bouwmachines.nl, 2019

[TNO, 2020] Impact assessment biobrandstoffen voor de binnenvaart. Ruud Verbeek, Salih Karaarslan, Martin Quispel, Khalid Tachi: Rapport nr. TNO 2020 R11455. September 2020.
<http://publications.tno.nl/publication/34637419/wHTZ8b/TNO-2020-R11455.pdf>

[TNO, 2014] MEPHISTO 1.1 gebruikershandleiding Machinery Emissions Prognosis Helped by Information on Sales of Technology and Oils, TNO, 2014

[uCARE-D1.6, 2019] Guiding document for pollutant reducing operations and maintenance of NRMM, PTW and HD, uCARE, 2019

7 Bijlage: methodiek van DEM- en innovatiemonitor

7.1 De Routeradar en andere monitoractiviteiten

Het PBL is met de KEV verantwoordelijk voor de monitoring van de CO₂-emissies in het Klimaatakkoord, maar monitort niet de uitvoering van de afspraken binnen het Klimaatakkoord en de daaraan verbonden indicatoren. Dat laatste is wel de taak van het DuMo Monitoring en Evaluatie (M&E) team⁴². Het M&E-team verzorgt monitorrapportages met betrekking tot elk van de vier thema's binnen het Klimaatakkoord.

De Routeradar (RR) levert een deel van de data ten behoeve van de M&E-rapportages aan. Met name data met betrekking tot het thema Hernieuwbare Energiedragers in mobiliteit en logistiek, maar ook een aantal gegevens met betrekking tot het thema Elektrisch Vervoer. Die gegevens zijn in principe dezelfde als die in de RR-rapporten worden gepubliceerd, hoewel er soms nog extra bewerkingsslagen overheen gaan.

Los van het feit dat de Routeradar een substantieel deel van de data voor de M&E-rapportages aanlevert, heeft de Routeradar ook nog een eigen meerwaarde. Deze bestaat uit het feit dat de Routeradar:

- Fysieke realisaties monitort in de vorm van aantallen gerealiseerde vervoermiddelen, laad-/tankinfrastructuur en hoeveelheden energiedrager. Deze worden vervolgens gerelateerd aan de bijbehorende beleidsdoelstellingen (streefwaarden) uit het Klimaatakkoord en de sector;
- Per modaliteit uitsplitst naar de drie velden:
 - Energiedrager;
 - Infrastructuur;
 - Vervoermiddelen;
- Het veld vervoermiddelen voor de modaliteit wegvervoer opsplitst naar vijf vervoersegmenten;
- Per vervoersegment de opsplitsing maakt naar de gebruikte energiedrager (door vaststellen Product Markt Combinaties/PMC's);
- Per PMC aangeeft in welke marktphase het product zich bevindt (dit is vertrekpunt voor verdere marktanalyse in RR-INNOM);
- Per PMC de realisaties koppelt aan de beleidsdoelstellingen (streefwaarden) van het KA en/of de sector;
- Per PMC de fysieke realisaties vertaalt naar emissiereducties, zodat relatieve effecten per deelgebied zichtbaar worden;
- In de RR-INNOM per PMC de techniek- en marktontwikkeling in beeld brengt;
- In de RR-INNOM de marktontwikkeling per PMC in beeld brengt op de sleutelfactoren:
 - Beschikbaarheid;
 - Betaalbaarheid;
 - Betrouwbaarheid;
 - Kritische gebruikersspecificaties.

Zoals eerder aangegeven bestaat de Routeradar 2021 uit twee delen, de Routeradar Duurzame Energiedragers in de Mobiliteit (RR-DEM) en de Innovatiemonitor (RR-INNOM). Hoewel beide rapporten een andere focus en inhoud hebben, wordt gewerkt vanuit eenzelfde indelingsstructuur, begrippen en termen.

⁴² Dit team is samengesteld uit contactpersonen van de verschillende KA thema's plus vertegenwoordigers van TNO en RWS, inclusief de projectleider van de Routeradar. Een onafhankelijke secretaris, en als voorzitter een MT lid, maken het team compleet.

7.1.1

DEM-monitor

Het eerste deel van de DEM-monitor rapporteert per modaliteit en per basisveld de voortgang met betrekking tot in het straatbeeld zichtbare producten. Dit wordt gedaan door het vaststellen van feitelijke realisaties (in concreet meetbare eenheden) voor de drie basisvelden per modaliteit:

- Infrastructuur;
- Energiedragers;
- Vervoermiddelen.

Deze realisaties worden altijd gepresenteerd in relatie tot de bestaande doelstellingen (ook wel streefwaarden of ambities genoemd) uit het Klimaatakkoord, dan wel vanuit de brandstofplatforms of anderszins vanuit de sector (zoals uit Green Deals of convenanten). Het verschil in status tussen deze verschillende soorten doelstellingen wordt duidelijk aangegeven.

Milieueffecten in de Routeradar

In het Klimaatakkoord, het Energieakkoord en de Visie op Hernieuwbare Energiedragers in Mobiliteit staat de reductie van CO₂-uitstoot centraal. Deze CO₂-opgave is gericht op de vermindering van het (versnelde) broeikaseffect en daarmee op afremming van de wereldwijde klimaatopwarming. Een belangrijk tweede doel voor de inzet van hernieuwbare energiedragers is het verbeteren van de luchtkwaliteit in Nederland. Dat betekent dat het belangrijk is om ook de uitstoot van stikstofoxiden (NO_x) en fijnstof (PM) te reduceren. Naast luchtkwaliteit vormt stikstofdepositie in de bodem (onder meer door de NO_x-uitstoot in transport) een belangrijke nieuwe 'driver' voor de omslag naar hernieuwbare energiedragers. Om deze redenen worden in de Routeradar naast de CO₂-emissiereducties ook de vermeden luchtverontreinigende emissies berekend op basis van de vastgestelde realisaties in aantallen vervoermiddelen. Om praktische redenen gebeurt dat dit jaar, echter uitsluitend voor het wegvervoer.

De RR-DEM schat de hoeveelheid vermeden emissies in op basis van de realisaties van vervoermiddelen die zijn vastgesteld voor 2021. Deze emissiereducties (voor CO₂, NO_{x,uitlaat} en PM_{10,uitlaat}) zijn overigens slechts inschattingen en geen feitelijke reducties, omdat niet vaststaat welke voertuigen daadwerkelijk vervangen zijn. Het is puur een indicatie van de jaarlijkse emissiereducties die volgen uit de vlootverduurzaming per vervoerssegment. Hierbij is ervan uitgegaan, dat de voertuigen een gemiddelde inzet (jaarlijks kilometrage) en een gemiddeld verbruik (g/km) hebben. De feitelijke reducties voor mobiliteit in den brede en per modaliteit worden in het kader van de KEV door het PBL berekend.

De RR-DEM emissiecijfers dienen om een indruk te geven van de relatieve bijdragen zoals die vanuit de verschillende modaliteiten en vervoerssegmenten gegeven worden en betreffen grove inschattingen die niet geschikt zijn voor aggregatie of het vaststellen van landelijke of regionale beelden. Wel laten ze zien wat het relatieve milieueffect is van bijvoorbeeld 50 extra H₂-bussen op de weg in Nederland.

Well-to-wheel versus tank-to-wheel

CO₂-equivalente emissies kunnen op verschillende manieren worden berekend:

- Well-to-tank (WTT) - de emissies van de bron tot aan het vervoermiddel. Dit zijn bijvoorbeeld de emissies die ontstaan bij de exploitatie van olievelden en het transport tot aan het tankstation;
- Tank-to-wheel (TTW) - de emissies van het vervoermiddel zelf. Dit zijn bijvoorbeeld de emissies van een diesel - of een elektrische auto op de weg. De TTW-emissie van diesel personenauto's is circa 170 gram per kilometer, die van elektrische voertuigen is nul. Voor scheepvaart is ook de term TTP gangbaar: tank-to-propellor emissies;

- Well-to-Wheel (WTW) - de som van WTT en TTW. Dit beschrijft dus de emissies van de hele keten. Voor scheepvaart is ook de term WTP gangbaar: well-to-propellor emissies.

Volgens internationale rekenregels (IPCC) zijn alleen de TTW-emissies relevant voor de sector mobiliteit. De WTT-emissies zijn onderdeel van de energiesector. De Routeradar rapporteert daarom per realisatie de gerealiseerde reducties in CO₂, NO_x en PM als TTW-emissies.

Volgens de IPCC-methodiek worden de TTW-emissies van biobrandstoffen als nul geteld, hoewel biobrandstoffen bij de uitlaat natuurlijk nog steeds emissies hebben. Deze emissies worden volgens de methodiek opgeteld bij het WTT-gedeelte van de keten. Voor Europese en Internationale rapportages van emissies van CO₂ en luchtverontreinigende stoffen gelden alleen de TTW-cijfers.

Monitoring hernieuwbaarheid van de energiedragers

Zoals hierboven uitgelegd worden in de RR voor alle modaliteiten alleen de TTW-getallen vermeld. Voor de totale uitstoot (WTW) zijn uiteraard de emissies over de gehele keten van belang. Vanuit het perspectief van transport hebben we het dan in feite over de hernieuwbaarheid van de energiedragers.

De zogenaamde hernieuwbare energiedragers worden momenteel namelijk vaak maar deels hernieuwbaar geproduceerd. Gezien het belang voor de uitstoot over de gehele keten worden aan de mate van hernieuwbaarheid in het rapport Wegvervoer enkele alinea's gewijd. Het streven is om dit jaarlijks bij te houden, zodat kan worden gezien welke voortgang hier jaarlijks in Nederland mee wordt gemaakt.

7.1.2

Innovatiemonitor, techniekontwikkeling en marktontwikkeling

Het tweede deel van de Routeradar is de innovatiemonitor en bestaat uit twee delen (techniekontwikkeling en marktontwikkeling) en rapporteert ook per basisveld (dezelfde drie als hierboven). Dit is een apart rapport dat later in het jaar wordt gepubliceerd. De marktontwikkeling wordt alleen voor de modaliteiten wegvervoer, binnenvaart en mobiele werktuigen in kaart gebracht.

Techniekontwikkeling

De Innovatiemonitor schetst per veld en brandstofspoor de voornaamste ontwikkelingen van de stand der techniek. Dit deel focust uitsluitend op de allerbelangrijkste ontwikkelingen en pretendeert niet een volledig beeld te geven. De focus is hier vooral internationaal.

Marktontwikkeling

Voor de marktontwikkelingen binnen de drie genoemde modaliteiten baseert de Innovatiemonitor zich op dezelfde producten (product-marktcombinaties, PMC's) en marktfasen die in de RR-DEM al zijn geïdentificeerd.

Vervolgens worden deze producten beoordeeld op basis van de volgende sleutelfactoren:

1. Beschikbaarheid (energiedrager, infrastructuur en vervoermiddelen);
2. Betaalbaarheid (vervoermiddelen);
3. Betrouwbaarheid (vervoermiddelen);
4. Kritisch functionele gebruikersspecificaties (vervoermiddelen).

Dit betekent dat in kaart wordt gebracht in hoeverre aanbod beschikbaar is in Nederland, hoe betaalbaar de techniek is om ook te worden geabsorbeerd en hoe betrouwbaar de techniek is ten opzichte van de alternatieven.

De kritische functionele gebruikersspecificaties benaderen een product vanuit de functionaliteiten die de gebruiker verwacht van een vervoermiddel. Hierbij wordt naar de volgende sleutelfactoren gekeken:

1. Actieradius;
2. Laad-/tanktijd;
3. Mee te nemen bagage (voor personenauto's en bussen);
4. Mee te nemen vracht (voor bestel- en vrachtwagens).

7.2

Methodiek

De structuur van de DEM- en Innovatiemonitor en de tabellen en grafieken waarin we concrete data presenteren, is in belangrijke mate bepaald door de voor de Routeradar ontwikkelde monitoringsmethodiek en de keuzes die daarin zijn gemaakt met betrekking tot onder andere product-marktcombinaties (PMCs), sleutelfactoren (SF-en) en indicatoren (IC-en), velden en marktfasen. Deze methodiek is ontwikkeld door het Uitvoeringsteam Routeradar onder leiding van Rijkswaterstaat en is beschreven in een bijlage bij het Routeradarrapport over 2017 (TNO-4, 2017).

Product-marktcombinaties (PMC):

Een PMC is een combinatie van een vervoerssegment (binnen een modaliteit) met een specifieke energiedrager. Bijvoorbeeld: een waterstof personenauto, een batterij-elektrische personenauto, een bus op LNG, et cetera.

Sleutelfactor:

Een sleutelfactor beschrijft een bepaald aspect dat van groot belang is voor de technische ontwikkeling of de marktontwikkeling van een product. Kortom, het zijn factoren die bepalend zijn voor de innovatieve ontwikkeling van een product, dan wel van een PMC.

Indicator:

Elke sleutelfactor heeft een of meerdere indicatoren waaraan kan worden afgemeten welke ontwikkeling/voortgang zich bij de betreffende sleutelfactor voordoet. Voorbeelden van indicatoren voor de DEM: het aantal waterstof personenauto's, het aantal laadpunten voor batterij-elektrische auto's et cetera. Jaarlijks worden de realisaties per indicator in kaart gebracht. De realisatie (meetwaarde) wordt vergeleken met de doelstelling (streefwaarde/ambitie) voor een vastgesteld jaar.

Marktfasen en opschalingspotentie:









De marktphase waarin een product zich bevindt is bepalend voor de mogelijkheid tot opschaling. Aangezien alleen opschaling de gestelde CO₂-doelen voor 2030 binnen bereik kan brengen, is de marktphase ontwikkeling van cruciaal belang.

Nadere toelichting voor bovenstaande termen volgt in onderstaande subhoofdstukken.

7.2.1

Product-marktcombinaties

Zowel de DEM-monitor als de Innovatiemonitor maken gebruik van PMCs. Onderstaande figuur schetst een aantal verschillende product-marktcombinaties.

Brandstof	Wegvervoer	Scheepvaart	Luchtvaart	Rail
Elektrisch				
H ₂ Waterstof				
LNG/CNG				
Conventionele aandrijving Biobrandstoffen				

Figuur B7-1: Overzicht product-marktcombinaties, ingedeeld naar energiedragers en vervoermiddelen

In onderstaande tabellen worden de modaliteiten en energiedragers nader toegelicht. Per PMC wordt de ontwikkeling van de volgende drie basisvelden bepaald: energiedrager, infrastructuur en vervoermiddel.

Tabel B7-1: Definities van modaliteiten in relatie tot Routeradar

Modaliteit	Beschrijving
Wegvervoer	<p>Wegvervoer richt zich op al het (transport) vervoer over de weg. Wegvervoer is verder onderverdeeld in diverse marktsegmenten (tweewielers, personenauto's, bestelwagens, vrachtwagens, trekkers en bussen).</p> <ul style="list-style-type: none"> • De categorie tweewielers bevat L-type voertuigen zoals snorfietsen, bromfietsen, brommobielen en motorfietsen • De categorie personenauto's bevat M1-voertuigen met een gewicht onder 3,5 ton • De categorie bestelwagens bevat N1-voertuigen met een gewicht onder 3,5 ton • De categorie vrachtwagens en trekker bevat N2-en N3-voertuigen met een gewicht boven 3,5 ton • De categorie bussen bevat M2- en M3-voertuigen
Binnenvaart	Binnenvaart heeft betrekking op niet-zeewaardige vaartuigen die goederen en personen over de binnenwateren (zoals rivieren en kanalen) vervoeren.
Zeevaart	Zeevaart is afgebakend tot scheepvaart buiten de kustlijnen van Nederland.
Luchtvaart	Luchtvaart richt zich op de commerciële vloot van passagiers en goederenvervoer.
Spoor	Spoorvervoer richt zich op al het (transport) vervoer over het spoor.
Mobiele werktuigen	Mobiele werktuigen zijn voertuigen speciaal ontworpen en gebouwd voor werkzaamheden en dus niet bedoeld voor personen- of goederenvervoer over de weg. Voorbeelden zijn bulldozers, shovels, graafmachines en asfaltwerkmachines.

Tabel B7-2: Definities van energiedragers in relatie tot Routeradar

Energiedrager	Beschrijving
Conventioneel	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Energiedrager</i>: vloeibare brandstoffen (diesel/benzine en kerosine voor luchtvaart en gasvormig (LPG)) • <i>Infrastructuur</i>: tank- en bunkerstations, waar je conventionele energiedragers kunt tanken/bunkeren • <i>Vervoermiddelen</i>: voer- en vaartuigen, die rijden of varen op conventionele energiedragers
Batterij-elektrisch	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Energiedrager</i>: elektriciteit (grijs, groen)⁴³ • <i>Infrastructuur</i>: laadpalen, walstroom (voor binnenvaart en zeeschepen)⁴⁴ en installaties voor vast elektrisch grondvermogen (voor luchtvaart) en (partiële) bovenleidingen (voor spoor) • <i>Vervoermiddelen</i>: voer- en vaartuigen, die rijden of stationair gebruik maken van elektriciteit. Hieronder vallen zowel volledig elektrische voer- en vaartuigen (FEV's), die enkel een elektromotor hebben (en emissievrij zijn), als plug-in hybrides (PHEV's)
Waterstof	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Energiedrager</i>: waterstof (grijs, blauw, groen)⁴⁵ • <i>Infrastructuur</i>: vulpunten en bunkerstations • <i>Vervoermiddelen</i>: voer- en vaartuigen, die rijden of varen op waterstof. Hieronder vallen zowel brandstofcelauto's (FCEV – waterstof wordt omgezet in elektriciteit), als auto's met verbrandingsmotor (waterstof wordt omgezet in thermische energie, momenteel in ontwikkeling)
Gasvormig (innovatief)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Energiedrager</i>: gasvormig – CNG en LNG (grijs, blauw, groen)⁴⁶ • <i>Infrastructuur</i>: vulpunten en bunkerstations voor CNG en LNG • <i>Vervoermiddelen</i>: voer- en vaartuigen, die rijden of varen op CNG en LNG, zowel mono- als dual-fuel
Biobrandstoffen (hoge mixen)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Energiedrager</i>: vloeibare en gasvormige brandstoffen uit hernieuwbare grondstoffen en met hoge blend-ratio, hoger dan 10%. 100% HVO, GTL, BTL, 30% FAME, et cetera • <i>Infrastructuur</i>: vulpunten en bunkerstations voor biobrandstoffen (vaak dezelfde als fossiele brandstoffen) • <i>Vervoermiddelen</i>: voer- en vaartuigen, die geschikt zijn om te rijden of varen op hoge mixen

7.2.2 Marktfasen

Bij elke marktphase horen andere aantallen voertuigen in de vloot. De aantallen kunnen verschillend zijn voor de typen voertuigen. Bijvoorbeeld, bij voertuigen waarvan de (gewenste) vloot klein is, kan men bij kleinere aantallen al spreken van opschaling. In onderstaande tabel is per marktphase een definitie gegeven en zijn de gekozen aantallen voer- of vaartuigen genoemd die met deze marktphase corresponderen.

⁴³ Groene elektriciteit is geproduceerd door hernieuwbare energiedragers zoals wind, zon, biomassa. Grijs elektriciteit geproduceerd door fossiele brandstoffen zoals steenkool, olie en gas. Elektriciteit is meestal een mix uit groen en grijs.

⁴⁴ Voor schepen is walstroom een aansluiting tussen het schip en de wal om het schip te voorzien van elektrische energie voor het hotelverbruik en eventuele hulpsystemen (bijvoorbeeld ladingkoeling, pompen) als het schip aan de kade ligt.

⁴⁵ Grijs waterstof is geproduceerd met fossiele brandstoffen waarbij tijdens de productie broeikasgassen in de atmosfeer terecht komen. Blauw waterstof is het product van grijze waterstofproductie in combinatie met CO₂-afvang en -opslag. Groen waterstof is afkomstig uit een hernieuwbare bron en is geproduceerd met duurzame energie.

⁴⁶ Grijs is uit fossiel geproduceerd. Blauw uit fossiel geproduceerd in combinatie met CO₂-afvang en -opslag. Groen gas is uit hernieuwbare bronnen geproduceerd.

Tabel B7-3: Marktfasen voor wegvervoer, binnenvaart, zeevaart, lucht, spoor en NRMM (aantal voertuigen)

	Definitie	Twee- wielers	Bestel- auto	Personen- auto	Bussen	Vracht- auto	Binnenvaart	Zeevaart	Spoor	Luchtvaart	Mobiele werktuigen
R&D - onderzoeksfase	Onderzoek, testen van belangrijke componenten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prototype/ pilot	De eerste complete voertuigen met de technologie worden gebouwd.	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-2	1-2	1-2	1-4	1-4
Marktvoor- bereiding/ demonstratie	De eerste voertuigen worden door normale gebruikers in de dagelijkse praktijk gebruikt, infra kan heel lokaal georganiseerd zijn. Marktintroductie is nog onzeker.	10 - 100	10 - 100	10 - 100	10-20	10-50	2-4	2-4	2-4	4-10	4-50
Markt- introductie/ niche	Product is verkrijgbaar (in niche-markten). Infra wordt uitgebreid, meerdere voertuigtypen beschikbaar voor willekeurige gebruikers.	100 - 5000	100 - 5000	100 - 5000	20 - 50	50 -500	4-10	4-10	4-10	10-50	10-100
Opschaling	Infra wordt langzaam uitgebreid tot landelijk dekkend.	>5000	>5000	>5000	>50	>500	>10	>10	>10	>50	>100
Beheer	Een stabiele situatie is bereikt. De vraag neemt niet verder toe. Aantallen zijn afhankelijk van de gewenste penetratiegraad.	> 100000	> 100000	> 1000000	>1.000	>15.000	>500	>500	>500	>500	>1000

7.3 Gebruikte bronnen voor deze studie

De gebruikte gegevens zijn gebaseerd op verschillende bronnen en worden opgevoerd in de *referenties* aan het einde van het rapport.

- De belangrijkste bronnen voor de historische ontwikkeling van energiedragers zijn:
 - Rapportage Energie voor Vervoer in Nederland, de Nederlandse Emissieautoriteit (NEa);
 - Afzet diesel, benzine en autogas (LPG) voor het wegverkeer, Centraal Bureau voor Statistiek (CBS);
 - Afzet aardgas en elektriciteit voor het wegverkeer, Centraal Bureau voor Statistiek (CBS);
- De belangrijkste bronnen voor de historische ontwikkeling van tank-/laadinfrastructuur zijn:
 - PetrolView;
 - Nationaal LNG platform;
 - GroenGas Nederland;
 - Waterstofnet;
 - Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) – voor elektrisch;
- De belangrijkste bronnen voor de historische ontwikkeling van het Nederlandse wagenpark zijn:
 - Verkeersprestaties wegverkeer, Centraal Bureau voor Statistiek (CBS);
 - Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) – voor elektrisch;
 - Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO);
 - RDW open data;
- De belangrijkste bronnen voor de prognoses en streefwaarden van energiedragers, infrastructuur, vervoermiddelen en emissies zijn:
 - De KEV, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL);
 - Achtergronddocument Effecten Ontwerp Klimaatakkoord: Mobiliteit, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL);
 - Als er geen data beschikbaar is via PBL, zijn streefwaarden gerapporteerd zoals in het Klimaatakkoord (KA, versie 28-06-2019);
 - Als er geen streefwaarden worden genoemd in het Klimaatakkoord wordt achtereenvolgens de eerste indicatie van de DEM-werkgroep en de beleidsrapportage Routeradar Brandstofvisie 2017 voor streefwaarden geraadpleegd;
 - Daarnaast worden streefwaarden gerapporteerd zoals die kunnen worden afgeleid van ambities op basis van zero-emissiebeleid voor mobiliteit op nationaal en Europees niveau (bijvoorbeeld aantallen batterij-elektrische en brandstofcel-elektrische voertuigen);
 - De Green Deals documenteren ook streefwaarden, die indien van toepassing zijn opgenomen in de Routeradar. Voorbeelden zijn de GDZEOB (zero-emissie openbaar busvervoer) en GDZBH (zeevaart, binnenvaart en havens).

8 Bijlage: Beleidskader

In deze bijlage volgt een beknopt overzicht van de beleidskaders.

8.1 Europees beleid

De Europese richtlijn Hernieuwbare Energie (RED II) en in het verleden de richtlijn Brandstofkwaliteit (FQD) stellen criteria ten aanzien van duurzame energie en CO₂-reductie in de mobiliteitssector. Samen met de Richtlijn Infrastructuur Alternatieve Brandstoffen (AFID) zijn deze EU-richtlijnen belangrijke aanjagers voor het vergroten van het aandeel hernieuwbare energiedragers in transport in Nederland. Daarnaast zijn er emissie-eisen vastgelegd in een aantal Europese verordeningen. Deze verordeningen zijn direct van toepassing in alle EU-landen.

Een klein overzicht van de meest relevante EU-regelgeving is weergegeven in onderstaande tabel. Meer uitleg volgt hieronder.

Tabel B8-1: Relevant Europees beleid CO₂-reductie – beknopt overzicht

Regelgeving en beleid	Veld	Beschrijving
Renewable Energy Directive – RED II (2018/2001 recast)	Energiedrager	<p>De inzet van hernieuwbare energie in vervoer is momenteel wettelijk verplicht in Nederland. In 2022 moet 16,4 % (inclusief dubbeltellingen) van alle energie voor vervoer afkomstig zijn uit hernieuwbare bronnen. Dit is vastgelegd in de regelgeving voor hernieuwbare energie in vervoer, die weer mede voortvloeit uit de Europese verplichtingen uit de richtlijnen voor hernieuwbare energie (RED en RED II) en de afspraken die in dit kader in het Klimaatakkoord zijn gemaakt. Momenteel is regelgeving in voorbereiding die beoogt de verplichting voor hernieuwbare energie in vervoer te laten oplopen tot 27,1% in 2030⁴⁷.</p> <p>De implementatie van de RED II in de lidstaten moet uiterlijk 1 juli 2021 zijn geëffectueerd. In Nederland wordt de implementatie verzorgd door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat via een aanpassing van de Wet milieubeheer.</p>

⁴⁷ [Overheid.nl | Consultatie REDII besluit energie vervoer kalenderjaren 2022 2030 \(internetconsultatie.nl\)](https://overheid.nl/consultatie/redii-besluit-energie-vervoer-kalenderjaren-2022-2030)

Fuel Quality Directive – FQD (98/70/EC and 2009/30/EC) ⁴⁸	Energiedrager	Reductie van brandstof-gerelateerde broeikasgasintensiteit met 6 tot maximaal 10 energie-% voor 31 december 2020 (in vergelijking met 2010), gemeten over de hele keten (WTW) in CO ₂ -eq/MJ en in vergelijking met de fossiele referentiebrandstof.
Directive on the Deployment of Alternative Fuels Infrastructure – AFID (2014/94/EU)	Infrastructuur	Een dekkend netwerk van vul- en laadpunten voor elektriciteit, waterstof en gas tot 2020/2030, afhankelijk van modaliteit en brandstoftype. Dit geldt zowel voor fossiele als biobrandstoffen.
CO ₂ -emissienormen, Light Duty (Regulation (EU) 2019/631). De Commissie werkt aan een herziening ⁴⁹ als onderdeel van het 'Fit for 55%' -pakket)	Vervoermiddelen - personenauto's	Voor personenauto's geldt sinds 2021 een emissienorm van 95 gCO ₂ -eq./km (TTW). De huidige norm is 130 gCO ₂ -eq./km (TTW).
	Vervoermiddelen - bestelwagens	Sinds 2020 geldt voor bestelwagens een emissienorm van 95 gram/kilometer.
CO ₂ -emissienormen, Heavy Duty (Regulation (EU) 2019/1242)	Vervoermiddelen - zwaar wegverkeer	Voor zwaar wegverkeer (voorlopig alleen de Europese klassen 5, 6, 9, 10) gelden de volgende streefwaarden (t.o.v. het referentiejaar juli 2019-juni 2020): - in 2025: 15% CO ₂ -reductie - in 2030: 30% CO ₂ -reductie
Energy Efficiency Design Index (MARPOL Annex VI (resolution MEPC.203(62)))	Vervoermiddelen - scheepvaart	Reguleert de efficiency van het scheepsdesign. In het Klimaatakkoord wordt dit ook nog eens behartigd: - fase 1: 10% CO ₂ -reductie - fase 2: 20% CO ₂ -reductie - fase 3: 30% CO ₂ -reductie

8.1.1 Veld energiedrager RED II

In de richtlijn Hernieuwbare Energie (Renewable Energy Directive II) staan onder andere Europese streefcijfers voor het aandeel hernieuwbare energie in finaal eindgebruik (tenminste 32% in 2030) en het aandeel hernieuwbare energie in transport (tenminste 14% in 2030). Lidstaten mogen zelf kiezen hoe te sturen op de RED II doelen: op volume, op energie-inhoud of op broeikasgasreductie, mits equivalent aan 14% hernieuwbare energie in vervoer in 2030. In Nederland wordt de RED II verplichting ingevoerd op basis van percentages hernieuwbare energie voor brandstofleveranciers. Looptijd 2022-2030. Het verplichte percentage hernieuwbare energie loopt hierbij op van 16,4% in 2020 naar 27,1% in 2030 (inclusief meervoudige telling en op basis van energie-inhoud).

De RED II bevat specifieke bepalingen voor transport, waaronder:

⁴⁸ Gold tot eind 2020. De herziening van FQD is opgeschort, zonder indicatie van een verdere tijdlijn. De verwachting is dat de herziene FQD aanzienlijke veranderingen zal kennen, waaronder hoge bio-blends van voor zowel benzine als diesel, bijmenging van HVO, HEFA en e-fuels en dat de brandstofsificaties voor NRMM zullen worden afgestemd op die van het wegverkeer (bron: <https://stratasadvisors.com/Insights/2021/01292021-EU-MS-fuel-quality> (EU's Ambitious Environmental Policies Pushing for Cleaner Fuels and Stringent Vehicle Emissions in Member States | Stratas Advisors).

⁴⁹ [CO₂ emission performance standards for cars and vans | Climate Action \(europa.eu\)](https://climate.ec.europa.eu/en/energy/energy-efficiency/co2-emission-performance-standards-for-cars-and-vans)

- Een limiet van 1,2% voor de inzet van conventionele biobrandstoffen (geproduceerd uit voedsel-/veevoergewassen).
- Een limiet van 4,2% voor biobrandstoffen gemaakte grondstoffen, genoemd in Annex IX-B van de RED II; dit betreft met name gebruikte spijsoliën en vetten. Deze brandstoffen tellen dubbel, dus administratief gezien telt de fysieke 4,2% voor 8,4%.
- Een verplichting, oplopend van 0,85% in 2022 tot 3,5% in 2030 voor geavanceerde biobrandstoffen, dat wil zeggen gemaakt uit grondstoffen zoals genoemd in Annex IX A van de RED II. Deze geavanceerde biobrandstoffen tellen dubbel, dus de fysieke verplichting van 3,5% telt administratief gezien voor 7%.

De RED II stimuleert de inzet van elektrisch rijden sterk. De in wegverkeer ingezette hoeveelheid elektrische energie telt administratief viervoudig mee voor het halen van de hernieuwbare doelstelling. Gasvormige hernieuwbare brandstoffen geproduceerd uit hernieuwbare elektriciteit zoals waterstof tellen mee met een factor 2,5. Ook vloeibare hernieuwbare brandstoffen geproduceerd uit hernieuwbare elektriciteit (PtL). Daarnaast stuurt de richtlijn op innovaties van hernieuwbare brandstoffen van niet-biologische oorsprong. Dit zijn bijvoorbeeld brandstoffen gemaakt van afgevangen CO₂ en hernieuwbare elektriciteit.

FQD

De richtlijn Brandstofkwaliteit (Fuel Quality Directive) heeft als doel het reduceren van vervuilende emissies tijdens de productie en het gebruik van brandstoffen. De richtlijn schrijft voor dat brandstofleveranciers jaarlijks moeten rapporteren over de broeikasgasintensiteit van de door hen verkochte brandstoffen en energie. Met broeikasgasintensiteit wordt bedoeld de hoeveelheid broeikasgasemissies over de gehele levenscyclus van de brandstof, per eenheid energie (gCO₂-equivalent_{WTT}/MJ).

Verder moeten de Europese lidstaten brandstofleveranciers ertoe verplichten om stapsgewijs de broeikasgasintensiteit van de geleverde brandstoffen te reduceren met maximaal 10% voor 31 december 2020⁵⁰. Deze doelstelling moet worden gerealiseerd door het gebruik van biobrandstoffen, alternatieve brandstoffen en de vermindering van het affakkelen en ontluichten in olieproductie-installaties.

Behalve broeikasgasemissiereductie- en duurzaamheidseisen bevat de richtlijn ook technische specificaties voor transportbrandstoffen. Zo geldt voor standaardbenzine dat maximaal 10 volumeprocent ethanol (E10) en maximaal 22 volumeprocent ETBE (Ethyl-Tert-ButylEther) mag worden bijgemengd. Standaarddiesel mag volgens de nieuwe richtlijn maximaal 7 volumeprocent biodiesel (FAME) en tot 30% HVO bevatten, mits de biodiesel voldoet aan de Europese standaard EN 14214 en de HVO voldoet aan EN15940. De richtlijn bevat ook maximale gehalten voor enkele andere alcoholen (zie Annex I van FQD).

8.1.2

Veld infrastructuur

AFID

De Richtlijn Infrastructuur Alternatieve Brandstoffen (AFID) draagt bij aan de EU-doelen om de CO₂-uitstoot door de EU-transport- en mobiliteitssector terug te dringen en de afhankelijkheid van olie te verminderen door de aanleg van energieinfrastructuur te bevorderen. De richtlijn betreft alle alternatieve brandstoffen

⁵⁰ De FQD loopt tot eind 2020. Er wordt gewerkt aan een update van de FQD, eventueel in de vorm van een samenvoeging van RED II en FQD. Het is nog onduidelijk welke percentages gaan gelden voor de komende jaren. De verwachting is dat de herziene FQD aanzienlijke veranderingen zal kennen, waaronder hoge bio-blends van voor zowel benzine als diesel, bijmenging van HVO, HEFA en e-fuels en dat de brandstofsamenstellingen voor NRMM zullen worden afgestemd op die van het wegverkeer (bron: <https://stratasadvisors.com/Insights/2021/01292021-EU-MS-fuel-quality> (EU's Ambitious Environmental Policies Pushing for Cleaner Fuels and Stringent Vehicle Emissions in Member States | Stratas Advisors).

(inclusief LPG, elektriciteit en biobrandstoffen) voor de huidige vloeibare fossiele energiedragers die worden ingezet in auto's, bussen, vrachtwagens, schepen en vliegtuigen. De richtlijn bevat verplichtingen voor die alternatieve brandstoffen waarvoor nog een aparte infrastructuur aangelegd moet worden om het gebruik ervan mogelijk te maken en te stimuleren. Dit zijn elektriciteit, waterstof en aardgas (CNG en LNG).

8.1.3 *Veld vervoermiddelen*

Europese emissienormen

Er gelden Europese CO₂-emissiestandaarden voor verschillende vervoermodaliteiten in Europa (zie tabel B8-1). Een uitzondering hierop zijn mobiele werktuigen. Hoewel ook in deze modaliteit een duidelijke trend valt te observeren naar zuinigere motoren.

De normen zijn vaak gecategoriseerd in schadelijke emissies (NO_x, PM, et cetera) en CO₂. Het onderstaande overzicht geeft een beeld van de geldende normen voor CO₂-uitstoot in diverse categorieën.

CO₂-emissienormen voor licht wegverkeer [EC_LD, 2019]

Volgens de Europese CO₂-normering moeten nieuwe personenauto's in 2030 hun CO₂-uitstoot, gemiddeld over de vloot, met 37,5% hebben verlaagd ten opzichte van de gemiddelde WLTP-waarde die overeenkomt met de 2021 norm van 95 g/km (NEDC). Deze eis komt overeen met een 2030 uitstootnorm van 59 g/km (NEDC).

Voor bestelwagens geldt een reductie van 15% in 2025 en van 31% in 2030, ten opzichte van de gemiddelde WLTP-waarde in 2021, die overeenkomt met de 2021 norm van 147 g/km (NEDC).

CO₂-emissienormen voor zwaar wegverkeer [EC_HD, 2019]

Daarnaast heeft de EU in 2019 CO₂-emissienormen vastgesteld voor trucks en bussen. Vanaf 2025 moeten nieuwe trucks in de vier belangrijkste categorieën 15% minder uitstoten dan het gemiddelde op basis van VECTO⁵¹ in 2019/20. De norm voor 2030 is indicatief gesteld op 30% reductie en zal in 2022 worden gereviewd. Een belangrijke factor daarbij zijn de ontwikkelingen in de beschikbaarheid en kosten van elektrische trucks. Voor andere categorieën trucks en bussen moeten nog specifieke normen worden ontwikkeld.

CO₂-emissienormen voor zeevaart [IMO, 2011]

Voor CO₂-emissies voor schepen geldt het Energy Efficiency Design Index. Deze schrijft voor dat schepen in drie fasen zuiniger moeten worden (t.o.v. het referentiejaar 2008):

- Fase 1: 10%;
- Fase 2: 20%;
- Fase 3: 30%.

Voor de binnenvaart, mobiele werktuigen, spoor en luchtvaart zijn er geen CO₂-emissienormen.

8.2 **Nederlands beleid**

8.2.1 *SER Energieakkoord*

In 2013 werd het SER Energieakkoord voor duurzame groei gesloten, een overeenkomst tussen 47 partijen: overheden, werkgevers, vakbeweging, natuur- en milieuorganisaties, andere maatschappelijk organisaties en financiële instellingen. Het doel was de energievoorziening van Nederland te verduurzamen. Voor verkeer en

⁵¹ VECTO: Vecto is software waarmee de CO₂ uitstoot en het brandstofverbruik van een bepaalde truckcombinatie kan worden bepaald op basis van parameters die en fabrikant kan invoeren.

vervoer bevatte het Energieakkoord onder andere stimulerende maatregelen voor LNG, logistieke efficiëntie, gedragsverandering personenvervoer, meer fietsvervoer, duurzaam inkopen en WLTP-typekeuring. Het Energieakkoord kende een beleidsdoelstelling voor mobiliteit van maximaal 25 Mton CO₂-uitstoot in 2030 (inclusief 9,1 Mton reductie door beleid).

8.2.2 *Brandstofvisie*

Een van de twaalf actiepunten voor mobiliteit van het Energieakkoord was het opstellen van een brandstofvisie. Tevens werden er voor mobiliteit een aantal ambitieuze doelstellingen afgesproken om de CO₂-uitstoot te verminderen. In 2014 werd 'Een duurzame brandstofvisie met LEF' (hierna: Brandstofvisie) gepresenteerd, het resultaat van een intensief traject, waar meer dan honderd organisaties, onder regie van het toenmalige ministerie van Infrastructuur en Milieu, bij betrokken waren. De Brandstofvisie bevatte een meersporenstrategie voor de inzet van diverse soorten brandstoffen voor de verschillende vervoersmodaliteiten, alsmede een aantal actiepunten, gericht op onder andere Europees bronbeleid, R&D en innovatie en financiële stimulering (fiscaal of anderszins).

In 2020 is de Brandstofvisie herijkt onder de titel 'Visie Duurzame Energiedragers in Mobiliteit'⁵². Deze visie beschrijft de huidige stand van zaken en schetst globaal de transitiepaden van de verschillende energiedragers en modaliteiten, op basis van technologische en marktontwikkelingen en afspraken uit onder andere het Klimaatakkoord. Een belangrijk verschil met de visie uit 2014 is dat de Visie Duurzame Energiedragers in Mobiliteit een visie is van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Hiermee beoogt het ministerie richting te geven, enerzijds aan het duurzame mobiliteitsbeleid en anderzijds aan de rol en inzet van zijn stakeholders.

De hoofdboodschap van de visie luidt: Het uitgangspunt is toewerken naar zero emissie mobiliteit. Dat betekent vooral voor personen- en bestelwagens de massale overschakeling op elektrisch rijden (en in sommige situaties mogelijk waterstof). Echter, nog niet voor alle modaliteiten zijn zero emissie opties in voldoende mate beschikbaar. Op de korte en - voor zwaardere modaliteiten - langere termijn zijn daarom hernieuwbare (bio)brandstoffen nodig. Die leveren snel CO₂-winst op, wanneer ze kunnen worden bijgemengd bij fossiele brandstoffen. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat zet daarom ook in op het gebruik van hernieuwbare (bio)brandstoffen, zowel om de transitie van het bestaande voertuigenpark in het wegvervoer te ondersteunen, als ook voor de verdere opschaling van de inzet van hernieuwbare (bio)brandstoffen in de zee- en luchtvaart.

8.2.3 *Regeerakkoord Rutte IV en Klimaatakkoord*

In het Regeerakkoord waren enkele ambities opgenomen voor de verduurzaming van mobiliteit. Voor mobiliteit was een reductiedoelstelling geformuleerd van 3,5 Mton CO₂ in 2030, als bijdrage aan de overall reductiedoelstelling van 49% in 2030 (NB: In april 2021 is de EU het eens geworden over een nieuwe Europese klimaatwet⁵³, waarin is vastgelegd dat voor de EU als geheel de uitstoot van broeikasgassen 55 % lager moet zijn dan in 1990). De ambities uit het Regeerakkoord zijn in het Klimaatakkoord⁵⁴ van juni 2019 uitgewerkt in een groot aantal afspraken en beleidsverwachtingen, die zijn gekwantificeerd in termen van CO₂-reductie. In totaal komt het Klimaatakkoord op een CO₂-reductie van 5,2 Mton in 2030. In het ontwerp-Klimaatakkoord werd lange tijd als sectordoelstelling voor mobiliteit een maximale CO₂-uitstoot van 25 Mton in 2030 genoemd, neerkomend op een reductieopgave van minimaal 7,3 Mton CO₂ in 2030. Deze doelstelling is uiteindelijk niet overgenomen in het definitieve Klimaatakkoord.

⁵² [Visie Duurzame Energiedragers in Mobiliteit | Rapport | Rijksoverheid.nl](#)

⁵³ [Provisional agreement on the European Climate Law \(europa.eu\)](#)

⁵⁴ www.klimaatakkoord.nl

8.2.4 *Jaarverplichting (RED II)*

In Nederland wordt de RED II verplichting ingevoerd op basis van percentages hernieuwbare energie voor brandstofleveranciers, looptijd 2022-2030. Bedrijven die op jaarbasis meer dan 500.000 liter diesel en benzine leveren bestemd voor wegvervoer, spoorvervoer, mobiele machines en pleziervaart moeten jaarlijks een bepaald aandeel hernieuwbare energie leveren. Hiervoor ontvangen ze HBE's⁵⁵. In 2021 moest 17,5 % (inclusief dubbelstellingen) van alle energie voor vervoer afkomstig zijn uit hernieuwbare bronnen. Het verplichte percentage hernieuwbare energie loopt hierbij jaarlijks op. Momenteel is regelgeving in voorbereiding die beoogt de jaarverplichting voor hernieuwbare energie in vervoer te laten oplopen tot 27,1% in 2030 (inclusief meervoudige telling en op basis van energie-inhoud).

De jaarverplichting bestaat uit enkele subdoelstellingen. Bijvoorbeeld een maximum aandeel hernieuwbare brandstoffen dat afkomstig mag zijn uit conventionele bronnen en een minimum aandeel 'geavanceerde' biobrandstoffen. Voor meer informatie over de jaarverplichting wordt de lezer verwezen naar de officiële rapportage van de Nederlandse Emissie Autoriteit (Nederlandse Emissieautoriteit, 2022).

8.2.5 *CO₂-reductie Klimaatakkoord langs vier inhoudelijke thema's*

De beleidsverwachtingen in het Klimaatakkoord voor mobiliteit tellen op tot een CO₂-reductie van 5,2 Mton 2030, hoofdzakelijk ten opzichte van het NEV 2017 referentiescenario voor 2030. De reducties zijn als volgt uitgesplitst in vier inhoudelijke thema's:

1. Hernieuwbare energie
 - Veld energiedrager: Maximaal 27PJ in wegtransport (ten opzichte van NEV-2017). Beleidsverwachting CO₂-reducties in 2030: 2,0 Mton middels hernieuwbare brandstoffen in het wegverkeer bovenop de NEV-berekeningen van 2017; aanvullend hieraan nog minimaal 5PJ inzet hernieuwbare energie in binnenvaart in 2030.
 - Veld infrastructuur: 50 waterstofstations in 2025 en 1,8 miljoen (semi-) publieke en private laadpunten in 2030;
 - Veld vervoermiddelen: 15.000 FCEV personenauto's en 3.000 FCEV vrachtwagens in 2025;
 - Duurzaam inkopen overheden.
2. Stimulering elektrisch (personen)vervoer
 - Veld vervoermiddelen:
 - i. Streven naar 100% emissieloze nieuwverkoop van personenauto's in 2030;
 - ii. Regionaal zoveel mogelijk emissieloos vervoer in 2030;
 - iii. Elektrificering leaseauto's, autodelen (2030: 80.000 BEV deelauto's) en tweewielers.
 - Veld infrastructuur: Nationale Agenda Laadinfrastructuur:
 - i. Personenvervoer: 1,8 miljoen (semi-)publieke en private laadpunten in 2030;
 - ii. Bestelwagens: 18.600 laadpunten t.b.v. stadslogistiek;
 - iii. Vrachtwagens: 7.400 laadpunten t.b.v. stadslogistiek.

NB: De bij punt 1 genoemde 2 Mton vormt een plafond voor het wegverkeer én een communicerend vat met de in punt 2 genoemde maatregelen voor elektrisch vervoer [Klimaatakkoord, paragraaf C2.3]. Daarmee wordt impliciet aangegeven dat de gezamenlijke reductiedoelstelling voor de maatregelen voor elektrisch vervoer en hernieuwbare brandstoffen een reductie van 2 Mton in 2030 is.

3. Verduurzaming logistiek
 - Veld vervoermiddelen:

⁵⁵ Hernieuwbare brandstof eenheden - 1 HBE staat gelijk aan 1 GJ energie (rekening houdend met eventuele dubbelstellingen.)

- i. Middelgrote zero-emissiezones stadslogistiek (ZES) in 30 tot 40 grotere gemeenten in 2025; Zero-emissie bouwverkeer en mobiele werktuigen. Beleidsverwachting CO₂-reducties in 2030: 1,0 Mton voor Zero-emissie stadslogistiek (ZES) en 0,4 Mton voor bouwverkeer en mobiele werktuigen;
 - ii. 30% reductie van de CO₂-uitstoot door achterland- en continentaal vervoer in 2030. Beleidsverwachting CO₂-reducties in 2030: 0,4 Mton.
 - iii. Bronbeleid NL: Vrachtwagenheffing⁵⁶ NL: 0,2 Mton
Bronbeleid EU: 0,8 Mton
- Veld infrastructuur: Klimaatneutrale en circulaire grond-, weg- en waterbouw en -werken (GWW)
- Binnenvaart:
 - i. Veld energiedragers: minimaal 5 PJ inzet (Aanvullend aan de 27PJ in het wegverkeer; ten opzichte van NEV-2017). Beleidsverwachting CO₂-reducties in 2030: 0,4 Mton (hieraan gekoppeld streefcijfer is een inzet van 30% hernieuwbare brandstof/energie)
 - ii. Veld vervoermiddelen: minimaal 150 zero emissie schepen in 2030.
- 4. Verduurzaming personenmobiliteit (inclusief zakelijk reizen, OV en fiets)
 - Veld vervoermiddelen: 8 miljard zakelijke (auto)kilometers minder in 2030. Beleidsverwachting CO₂-reducties in 2030: halvering van CO₂-emissies zakelijke mobiliteit ten opzichte van 2016.