



RWS INFORMATIE

Routeradar 2019 Straatbeeldmonitor

Status quo en ontwikkeling van hernieuwbare energiedragers in mobiliteit in Nederland

Modaliteit: Mobiele werktuigen

Datum: 16 juni 2020
Status: Finaal DEFINITIEF

Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat
Auteur	Uitvoeringsteam Routeradar 2019: -Stephan van Zyl (TNO) -Vincent de Jonge (TNO) -Ruud Verbeek (TNO) -Jorrit Harmsen (TNO) Redactie: -Floris Mulder (RWS) -Katinka Regtien (IenW) -ERAC
Informatie	Projectleider Floris Mulder
Telefoon	088-797 1111
E-mail	floris.mulder@rws.nl
Datum	19 mei 2020
Status	DEFINITIEF

Inhoudsopgave

Begrippenlijst	5
Afkortingenlijst	7
Managementsamenvatting	9
1. Inleiding.....	11
1.2 Doelstelling en doelgroepen	12
1.3 Aanpak in het kort.....	13
1.4 Leeswijzer	14
2. Beleidskader	15
2.1 Europees beleid	15
2.1.1 Veld energiedrager	16
2.1.2 Veld infrastructuur	17
2.1.3 Veld vervoermiddelen	17
2.2 Nederlands beleid.....	18
2.2.1 SER Energieakkoord	18
2.2.2 Brandstofvisie.....	18
2.2.3 Regeerakkoord Rutte III en Klimaatakkoord	18
2.3 Analyse monitoring nationale doelstellingen en realisaties	19
Leeswijzer	19
2.3.1 Uitleg begrippen.....	19
2.3.2 CO ₂ -reductie Klimaatakkoord langs vier inhoudelijke thema's	20
2.3.3 Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2019	21
2.3.4 Verdeling broeikasgasemissies binnen mobiliteit volgens KEV 2019	21
2.3.5 PBL policy brief 'Het Klimaatakkoord: Effecten en Aandachtspunten'	21
2.3.6 Conclusies.....	22
2.3.7 Aanbevelingen	23
3. Methodiek van straatbeeld- en innovatiemonitor	24
3.1 De Routeradar en andere monitoractiviteiten	24
3.1.1 Straatbeeldmonitor	25
3.2 Methodiek	27
3.2.1 Product-marktcombinaties.....	28
3.2.2 Marktfasen	30
3.3 Gebruikte bronnen voor deze studie	32
4 Mobiele werktuigen	33
Leeswijzer	33
4.1 Inleiding.....	33
4.2 Energiedragers.....	34
4.2.1 Overzicht	34
4.2.2 Conventioneel.....	34
4.2.3 Elektrisch	35
4.2.4 Waterstof.....	35
4.2.5 Aardgas	35
4.2.6 Biobrandstoffen (hoge mixen).....	35
4.3 Infrastructuur	35

4.3.1	Overzicht	35
4.4	Vervoermiddelen	35
4.4.1	Overzicht	35
4.4.2	Conventioneel.....	39
4.4.3	Elektrisch	39
4.4.4	Waterstof	40
4.4.5	Aardgas	40
4.4.6	Biobrandstoffen (hoge mixen).....	40
4.5	Praktijkvoorbeelden projecten met diverse energiedragers	40
4.6	Emissies.....	41
4.7	Benchmark internationaal.....	42
4.7.1	Overzicht	42
4.7.2	Conventioneel.....	42
4.7.3	Elektrisch	42
4.7.4	Waterstof	42
4.7.5	Aardgas	43
4.7.6	Biobrandstoffen (hoge mixen).....	43
4.8	Conclusie	43
5	Referenties.....	46

Begrippenlijst

Brandstofplatform	De maatschappelijke organisatie rond een brandstofspoor veelal bestaande uit bedrijven en industriële organisaties, branche- en maatschappelijke organisaties en regionale overheden. Er zijn vier brandstofplatforms: Formule E-team, Bio-LNG, Duurzame biobrandstoffen en H2 Platform.
Brandstofspoor	Het spoor rond de implementatie van een bepaalde energiedrager. Dit spoor bestaat uit de drie velden zoals hieronder genoemd en de maatschappelijke beweging hier omheen.
Duurzame energiedrager in mobiliteit (DEM)	Hiermee refereren we aan de benaming van thema 2 in het Klimaatakkoord. Het betreft hier 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 REDII.
Indicator	Een meetbaar verschijnsel dat verwijst naar de toestand van (een) sleutelfactor(en), dan wel naar een streefwaarde.
Marktfase	Binnen het innovatieproces worden zes marktfasen onderscheiden: R&D/onderzoekfase, prototype/pilot fase, markt voorbereiding fase, markintroductie fase, opschalingsfase en beheerfase. In grove lijnen zijn de eerste drie fasen gericht op technologieontwikkeling en de laatste drie fasen op marktontwikkeling (zie hoofdstuk 3 voor een verdere toelichting).
Marktsegment	Waar aan de orde is per veld een nadere onderverdeling gemaakt in marktsegmenten. Vooral het veld vervoermiddelen is opgesplitst in diverse marktsegmenten (personenwagen, bestelwagen, vrachtauto, bussen etc.) aangezien tussen deze marktsegmenten per brandstofspoor grote verschillen kunnen bestaan.
Meetwaarde	De vastgestelde realisatie van de indicator op dit moment (zie datum document Routeradar 2019). Geeft aan hoe het 'nu' gesteld is met de realisatie van een streefwaarde.
O-emissie voertuigen	Definitie van zero emissie voertuigen in kader Nederlands beleidsvoornemen nieuwverkopen personenwagens 0-emissie in 2030: deze beperkt zich tot personenwagens met tailpipe 0-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.

De term 0-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 BB over de hele keten genomen een stevige bijdrage kan leveren aan CO₂-reductie.

PMC	Een Product Markt Combinatie is een unieke combinatie van een duurzame energiedrager en een marktsegment, zoals: een waterstof-bus, een batterij-elektrische personenwagen etc.
Sleutelfactor	Omstandigheid die van essentieel belang is voor een product om tot een volgende marktfase te komen.
Streefwaarde	Ambitie die in afstemming met de stakeholders, dan wel beleid is opgesteld voor een afgesproken ijkjaar, ook wel 'zichtjaar' genoemd. Deze wordt uitgedrukt in een bepaalde indicator (bijvoorbeeld: aantal H2 tankstations in 2030).
Velden	Elke modaliteit kent drie velden, namelijk: - Energiedragers: de ontwikkeling of productie van de brandstof; - Infrastructuur: de ontwikkeling van tank- en laadinfrastructuur; - Vervoermiddelen: waarin de energiedrager voor de aandrijving gebruikt wordt.

Afkortingenlijst

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
DK-TI	Demonstratieregeling Klimaattechnologieën en -innovaties in transport
DuMo	Programma directie Duurzame Mobiliteit van I&W
E10	Euro 95 (Benzine)
E20	20% ethanol mix
E5	Euro 98 (Benzine)
EC	Europese Commissie
ERAC	European and Regional Affairs Consultants
EV	Elektrisch Vervoer
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
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
REDII	Renewable Energy Directive II
RWS	Rijkswaterstaat
SDE/ SDE+	Stimulering Duurzame Energieproductie
SBM	Routeradar Straatbeeldmonitor
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

Managementsamenvatting¹

De Routeradar 2019 presenteert feitelijke informatie met betrekking tot de introductie en marktopschaling van verschillende duurzame energiedragers en vervoermiddelen, inclusief de benodigde tank-/laadinfrastructuur in het mobiliteitssysteem. Dit rapport zoomt in op de modaliteit mobiele werktuigen.

Algemeen

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 landen².

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.

Beleidsagendering

Aandacht voor meerdere duurzame energiedragers

Zet in op een combinatie van zero-emissie opties en hoge mixen duurzame brandstof als dieselvervanger.

Aandacht voor uitdetailleringen doelstellingen

Om de marktontwikkeling van duurzame energiedragers in mobiele werktuigen te stimuleren, wordt geadviseerd om samen met de diverse sectoren doelstellingen met ijkjaren te formuleren voor de verschillende verduurzamingsporen.

Aandacht voor invoeren elektrische machines

Ga met de sectoren na in welke marktsegmenten volledig elektrische machines het eerste ingevoerd kunnen worden (vanuit machine en laadinfrastructuur).

Aandacht voor de overheid als launching customer

Onderzoek de mogelijkheid om de overheid (Rijkswaterstaat en Prorail) als launching customer in te zetten voor de overstap naar volledig elektrisch en andere duurzame energiedragers (zoals het initiatief 'Zero emissie bouwplaats in 2030').

Aandacht voor aansluiting financieringsinstrumenten bij juiste marktfase en doelgroep

¹ Deze managementsamenvatting (inclusief beleidsadvisering) is onder verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat opgesteld.

² In dit rapport wordt regelmatig naar oudere onderzoeken verwezen. De reden hiervoor is dat er in de laatste jaren beperkt onderzoek naar deze sector verricht is en beschikbare informatie uit oudere studies afkomstig is.

Uit de marktfase-analyse blijkt dat een aantal producten zich bevinden in de overgang van techniekontwikkeling naar marktontwikkeling. Dat betekent dat er meer aandacht nodig is voor (deels nieuwe) beleidsinstrumenten, die zich specifiek richten op marktintroductie en opschaling.

Aanbevolen financieringsinstrumenten per marktfase en doelgroep³

- Innovatiesubsidies: ten behoeve van bedrijven en producten in de fasen van techniekontwikkeling;
- Aankoopsubsidies: vooral ten behoeve van producten in de marktintroductiefase;
- Fiscale ondersteuning: vooral ten behoeve van producten in de marktintroductiefase;
- Financiering door middel van (groene) leningen en/of garanties: ten behoeve van grotere vlootbeheerders en producten in de opschalingsfase (en verder).

³ In de nog te verschijnen Innovatiemonitor (RR-INNOM) wordt dit verder uitgewerkt.

1. Inleiding

1.1 Introductie

Achtergrond

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 krijgt 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 duurzame 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 (MMIP-DM). 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 duurzame energiedragers/brandstoffen voor mobiliteit. Dit is gevolg van het feit dat de Routeradar is opgezet als monitor van de Visie Duurzame Energiedragers in Mobiliteit. Daarnaast is er ook ander beleid dat bijdraagt aan duurzame mobiliteit. Denk aan minder transport, meer gebruik van fietsen en openbaar vervoer, verandering van vervoerswijze ('modal shift'), efficiëntere logistiek, et cetera. Deze elementen komen grotendeels terug in de andere onderdelen van het Klimaatakkoord: 'Verduurzaming logistiek' en 'Verduurzaming personenmobiliteit'. Deze vallen niet binnen de scope van de Routeradar, maar de Routeradar draagt wel bij aan de monitoring hiervan op alle deelonderdelen die duurzame energiedragers betreffen.

De Routeradar levert een bijdrage aan: de monitoring van duurzame energiedragers binnen het Klimaatakkoord, de AFID-rapportages aan de Europese Commissie en de monitoring van innovatie binnen duurzame mobiliteit.

Rapportage per modaliteit

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

1. Wegvervoer;
2. Binnenvaart;
3. Zeevaart;
4. Luchtvaart;
5. Spoor;
6. Mobiele werktuigen.

Voor iedere modaliteit is een apart rapport opgesteld. Dit betreft een van die rapporten. Per modaliteit zijn er twee Routeradar-delen. Dit betreft het eerst deel, de zogenaamde 'Routeradar – Straatbeeldmonitor', waarin realisaties aan doelstellingen

worden gekoppeld. Het tweede deel verschijnt later dit jaar en heeft betrekking op innovaties binnen techniek en marktontwikkelingen.

Buiten scope: relaties en dwarsverbanden tussen modaliteiten en met andere sectoren

Hoewel er om praktische redenen voor gekozen is om per modaliteit een rapport op te stellen, zijn er vele dwarsverbanden en onderlinge afhankelijkheden tussen de modaliteiten. Denk hierbij aan zaken als:

- De gevolgen van 'modal shift' voor de transportvraag per modaliteit;
- De onderlinge beïnvloeding op schaalgroottes, bijvoorbeeld:
 - Vergrote brandstofcelproductie voor wegvervoer verlaagt ook de prijs van brandstofcellen voor binnenvaart;
 - Grote vraag naar een bepaalde biobrandstof in luchtvaart maakt grondstoffen schaarser en daarmee duurder in andere modaliteiten;
- Het delen van onderdelen in de distributie-infrastructuur maakt de transportkosten lager voor de betrokken modaliteiten;
- Het bundelen en centreren van energiedragerproductie verlaagt voor alle modaliteiten de kostprijs.

Bovenstaande voorbeelden laten al zien dat het zoeken van synergie met de energie sector al snel tot schaal- en andere voordelen leidt. Hetzelfde geldt voor het goed aansluiten bij de gebouwde omgeving, dit kan zowel leiden tot een lagere overall transportbehoefte als tot het kosteneffectief realiseren van tank-/laad infrastructuur.

Al deze zaken en meer zijn buitengewoon belangrijk, ook voor de marktontwikkeling van duurzame energiedragers in transport, maar zij vallen buiten de scope van deze rapportage.

1.2 Doelstelling en doelgroepen

Doelstelling

Het hoofddoel van de Routeradar 2019 is om feitelijke informatie met betrekking tot de ontwikkeling van duurzame energiedragers in transport te verzamelen en overzichtelijk te presenteren. De rapportage evalueert de voortgang met betrekking tot de introductie en marktopschaling van verschillende duurzame energiedragers en vervoermiddelen, inclusief de benodigde tank-/laadinfrastructuur in het mobiliteitssysteem.

De resultaten van de Routeradar 2019 zijn input voor een proces van evaluatie van beleid en beleidsadvisering. Daarbij beperken deze rapporten zich qua conclusies en aanbevelingen strikt tot zaken die op grond van de gepresenteerde informatie geconcludeerd kunnen worden.

Definitie duurzame 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 2019 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 gebruikt worden zijn: 'alternatieve', 'duurzame' of 'innovatieve' brandstoffen. Voor alle duurzame energiedragers geldt overigens dat ook deze vaak niet hernieuwbaar geproduceerd

worden. Het streven is daarom om dit vanaf volgende 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 gemaakt wordt.

Doelgroepen

De Routeradar 2019 wordt uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW). De rapportage is bedoeld voor de volgende doelgroepen en rapportages:

1. Beleidsmedewerkers die duurzaam mobiliteitsbeleid formuleren, herijken of inzicht willen in het huidige beleid met betrekking tot de zes belangrijkste transportmodaliteiten⁴;
2. Leden van de brandstofplatforms⁵;
3. Deelnemers aan Green Deals en convenanten en andere stakeholders op het gebied van duurzame mobiliteit;
4. Monitoring van het mobiliteitsdeel van het Klimaatakkoord, dit betreft:
 - a. Duurzame energiedragers;
 - b. Stimulering elektrisch (personen)vervoer;
 - c. Verduurzaming logistiek;
 - d. Verduurzaming personenmobiliteit;
 - e. Innovatie binnen mobiliteit;
5. Monitoring van de EU-richtlijn AFID (Alternative Fuels Infrastructure Directive) in het kader van de rapportages aan de Europese Commissie door Nederland.

1.3 Aanpak in het kort

Rapportage in zes modaliteitrappen

Voor u ligt een van de zes modaliteitrappen waarin de 'Routeradar 2019 – Straatbeeldmonitor' (RR-SBM) is opgedeeld. Dit SBM-rapport is de eerste van twee delen. Het tweede deel, de 'Routeradar 2019 - de Innovatiemonitor' (RR-INNOM), wordt in de zomer van 2020 verwacht.

De RR-SBM rapporten

De Straatbeeldmonitor (RR-SBM) presenteert per modaliteit de getalsmatige voortgang en ontwikkelingen van de duurzame energiedragers in mobiliteit als volgt:

1. Door het afzetten van de streefwaarden (targets van beleid en platforms) per zichtjaar tegen de realisaties (meetwaarden) in 2019;
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.

⁴ Wegvervoer, Mobiele werktuigen, Binnenvaart, Zeevaart, Spoor en Luchtvaart

⁵ Formule E-Team, LNG Platform (inclusief CNG), Biobrandstoffen Platform en H2 Platform

De RR-INNOM rapporten

In het tweede deel, de Innovatiemonitor, wordt binnen het gebied van duurzame 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.

Technische ontwikkelingen

De Innovatiemonitor (RR-INNOM) schetst daarbij de stand van de technische ontwikkelingen van alle brandstofsporen, door in te zoomen op de drie velden:

1. Energiedragers;
2. Infrastructuur;
3. Vervoermiddelen.

Marktontwikkelingen

De marktontwikkelingen zullen specifiek in beeld worden gebracht voor de modaliteiten:

- Wegvervoer;
- Binnenvaart;
- Mobiele werktuigen.

Per modaliteit zal daarbij ook weer worden ingezoomd op de drie velden: energiedragers, infrastructuur en vervoermiddelen.

Gezamenlijk geeft dit een beeld van de stand op de volgende sleutelfactoren:

1. Beschikbaarheid van merken en modellen in Nederland;
2. Betaalbaarheid van het gebruik zoals dat door middel van een Total Cost of Ownership (TCO) berekening kan worden vastgesteld ten opzichte van een conventioneel referentievoertuig;
3. Betrouwbaarheid in het gebruik zoals dat kan worden vastgesteld ten opzichte van een conventioneel referentievoertuig;
4. Uitsluitend voor het veld 'vervoermiddelen' wordt ook nog gekeken naar kritische functionele gebruikersspecificaties (zoals actieradius, tank-/laadtijd, bagageruimte etc.).

1.4 Leeswijzer

De Routeradar 2019 is onderverdeeld in zes rapporten per modaliteit. Ieder rapport heeft daarbij dezelfde beginhoofdstukken. Hoofdstuk 1 presenteert de doelstelling, doelgroepen en de gehanteerde aanpak in het kort. Hoofdstuk 2 beschrijft het relevante beleidskader rondom duurzame mobiliteit vanuit Europees en nationaal perspectief. In hoofdstuk 3 worden de focus, inhoud en methodiek van de straatbeeldmonitor (RR-SBM) en innovatiemonitor (RR-INNOM) verder toegelicht. Daarna volgt hoofdstuk 4, waarin wordt ingegaan op de huidige stand van zaken, ontwikkelingen en streefwaarden van de duurzame energiedrager per modaliteit. Aan het einde van dit hoofdstuk volgen conclusies met aanbevelingen.

2. Beleidskader

2.1 Europees beleid

De Europese richtlijn Hernieuwbare Energie (REDII) en 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-besluiten belangrijke aanjagers voor het vergroten van het aandeel duurzame 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 1: Relevant Europees beleid – klein overzicht

Regelgeving en beleid	Veld	Beschrijving
Renewable Energy Directive - REDII (2018/2001 recast)	Energiedrager	Lidstaten streven naar een energieverzorging van 32% uit hernieuwbare bronnen. Voor transport (RES-T target) geldt een hernieuwbaar energieaandeel van ten minste 14% in 2030.
Fuel Quality Directive – FQD (98/70/EC and 2009/30/EC) ⁶	Energiedrager	Reductie van brandstof-gerelateerde broeikasgasemissies (GHG) met 6 tot maximaal 10 energie-% voor 31.12.2020 (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 en biobrandstoffen.
CO ₂ -emissienormen, Light Duty (Regulation (EU) 2019/631)	Vervoermiddelen - personenauto's	Voor personenauto's geldt vanaf 2021 een emissienorm van 95 gCO ₂ -eq./km (TTW). De huidige norm is 130 gCO ₂ -eq./km (TTW).
	Vervoermiddelen - bestelauto's	Vanaf 2020 geldt voor bestelauto's een emissienorm van 95 gram/kilometer. De huidige norm is 147 gram/kilometer.

⁶ Geldt alleen voor het jaar 2020. Er ligt een nieuw voorstel om dit beleid langer aan te houden, maar de gehanteerde percentages zijn nog onbekend.

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 jul 2019-jun 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

2.1.1 Veld energiedrager

RED II

In de nieuwe richtlijn Hernieuwbare Energie (Renewable Energy Directive II) staan onder andere Europese streefcijfers voor het aandeel hernieuwbare energie in finaal eindgebruik (ten minste 32%) en het aandeel hernieuwbare energie in transport (ten minste 14%). Het bevat specifieke doelstellingen voor transport, zoals een limiet op de inzet van biobrandstoffen afkomstig van voedsel-/veevoergewassen en een limiet op biobrandstoffen uit gebruikt frituurvet en dierlijke vetten.

Bovendien is het doel om geavanceerde biobrandstoffen gemaakt van afval- en reststromen uit te breiden tot 3.5% (zie Annex IX-A van REDII). Daarnaast stuurt de richtlijn op innovaties van hernieuwbare brandstoffen van niet-biologische oorsprong. Dit zijn bijvoorbeeld brandstoffen gemaakt van afgevangen CO₂ en hernieuwbare elektriciteit. Tot slot voorziet de richtlijn in de ambitie om de ontwikkeling en toepassing van elektrische mobiliteit te stimuleren.

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 2020⁷. Deze doelstelling moet worden gerealiseerd door het gebruik van biobrandstoffen, alternatieve brandstoffen en de vermindering van het affakkelen en ontluchten 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) bijgemengd mag worden. 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

⁷ 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.

voldoet aan EN15940. De richtlijn bevat ook maximale gehalten voor enkele andere alcoholen (zie Annex I van FQD).

2.1.2 *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 energie-infrastructuur te bevorderen. De richtlijn betreft alle alternatieven (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 alternatieven 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).

2.1.3 *Veld vervoermiddelen*

Europese emissienormen

Er gelden Europese CO₂-emissiestandaarden voor verschillende vervoermodaliteiten in Europa. 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, etc.) 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% verlaagd hebben 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 bestelauto's 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 VECTO in 2019/20. De norm voor 2030 is indicatief gesteld op 30% reductie en zal in 2022 gereviewd worden. 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.

2.2 Nederlands beleid

2.2.1 *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 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).

2.2.2 *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 wordt de Brandstofvisie herijkt onder de titel 'Visie Duurzame Energiedragers in Mobiliteit'. 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. 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, wanneer ze kunnen worden bijgemengd bij fossiele brandstoffen, snel CO₂-winst op. IenW 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.

2.2.3 *Regeerakkoord Rutte III en Klimaatakkoord*

In het Regeerakkoord heeft het huidige kabinet enkele ambities opgenomen voor de verduurzaming van mobiliteit. Voor mobiliteit is een reductiedoelstelling geformuleerd van 3,5 Mton CO₂ in 2030, als bijdrage aan de overall reductiedoelstelling van 49% in 2030. De ambities uit het Regeerakkoord zijn in het Klimaatakkoord 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 hoofdstuk 2.3 zullen we hier in meer detail op ingaan. 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.

2.3 Analyse monitoring nationale doelstellingen en realisaties

Leeswijzer

In dit hoofdstuk worden de nationale CO₂-doelstellingen en -prognoses voor mobiliteit (van het SER Energieakkoord uit 2013 tot heden) op een rij gezet en met elkaar vergeleken. Allereerst worden in paragraaf 2.3.1 de verschillende begrippen, die gehanteerd worden met betrekking tot CO₂-uitstoot, uitgelegd. Paragraaf 2.3.2 geeft een overzicht van de beleidsverwachtingen voor mobiliteit uit het Klimaatakkoord langs vier grote inhoudelijke thema's. In paragraaf 2.3.3 en 2.3.4 wordt ingegaan op de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) respectievelijk de verdeling van broeikasgasemissies binnen mobiliteit volgens KEV 2019. In paragraaf 2.3.5 wordt de PBL policy brief 'Het Klimaatakkoord: Effecten en Aandachtspunten' van november 2019 behandeld. Paragraaf 2.3.6 bevat conclusies. Tot slot worden in paragraaf 2.3.7 aanbevelingen gedaan om tot meer transparantie en duidelijkheid te komen met betrekking tot de CO₂-doelstellingen en prognoses.

2.3.1 Uitleg begrippen

Er zijn over CO₂ veel verschillende soorten cijfers in omloop, die op verschillende zaken betrekking hebben: CO₂-reducties, CO₂-uitstoot, CO₂-doelstellingen, CO₂-prognoses, CO₂-emissierealisaties, etcetera. Daarnaast zijn er verschillen tussen de vaststellingsjaren en de referentiejaar waarop de cijfers betrekking hebben, dan wel op de inhoud van de gebruikte referentiescenario's. Voor een goed en gezamenlijk inzicht is het belangrijk om onderscheid te maken tussen de volgende begrippen:

- **Doelstellingen en beleidsverwachtingen** zijn door beleid geformuleerde doelen dan wel verwachtingen, bijvoorbeeld ten aanzien van de CO₂-reductie of de totale CO₂-uitstoot in een bepaald ijkjaar (bijvoorbeeld 2030).
- **Realisaties** zijn empirische vaststellingen van wat op een bepaald moment in de tijd feitelijk gerealiseerd is (ex post). Voor wat betreft de Routeradar heeft dit betrekking op realisaties van aantallen vervoermiddelen, aantallen tank- en laadinfra en hoeveelheden energiedragers. De Routeradar maakt op basis hiervan ook een inschatting van de gerealiseerde emissiereducties per deelgebied. De Routeradar geeft echter geen beeld voor mobiliteit als geheel. De landelijke emissiereducties voor mobiliteit overall worden door het PBL berekend in de Klimaat- en Energieverkenning (KEV), zie verder paragraaf 2.3.3 en 2.3.4.
- **Prognoses** zijn wetenschappelijke toekomstverwachtingen (ex ante) ten aanzien van een bepaald ijkjaar (bijvoorbeeld 2030). Deze zijn gebruikelijk gebaseerd op een basis- of referentiescenario voor dat ijkjaar, waar bovenop het effect van een x-aantal beleidsmaatregelen wordt berekend. Dit kan worden uitgedrukt in CO₂-reductie of totale CO₂-uitstoot. Voor het Klimaatakkoord voert het PBL de prognoses uit in de KEV.

CO₂-reducties kunnen betrekking hebben op een bepaald jaar of op een bepaalde periode. In het laatste geval is sprake van de cumulatieve CO₂-reductie. Hetzelfde geldt voor CO₂-uitstoot. Tot slot is het van belang een onderscheid te maken tussen

CO₂-cijfers die betrekking hebben op het geheel van mobiliteit en CO₂-cijfers die betrekking hebben op één modaliteit (bijvoorbeeld wegvervoer).

2.3.2 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 t.o.v. het NEV 2017 referentiescenario voor 2030. De reducties zijn als volgt uitgesplitst in vier inhoudelijke thema's:

1. Duurzame energiedragers

- Veld energiedrager: Maximaal 27PJ. Beleidsverwachting CO₂-reducties in 2030: 2,0 Mton middels hernieuwbare brandstoffen in het wegverkeer bovenop de NEV-berekeningen van 2017;
- Veld infrastructuur: 50 waterstoftankstations 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. Bestelauto's: 18.600 laadpunten t.b.v. stadslogistiek;
 - iii. Vrachtauto's: 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:
 - 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 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: Vrachtwagenheffing 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. Beleidsverwachting CO₂-reducties in 2030: 0,4 Mton (hieraan gekoppeld streefcijfer is een bijmengpercentage van 30%)

- 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.

2.3.3 *Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2019*

De Klimaat- en Energieverkenning (KEV) wordt uitgevoerd door het PBL en geeft een geactualiseerd beeld van de nationale broeikasgasuitstoot tot en met 2030. De KEV verschijnt jaarlijks conform de Klimaatwet uit 2019 en komt in de plaats van de eerdere Nationale Energieverkenningen (NEV).

Ten behoeve van de KEV 2019 is een nieuw basispad (referentiescenario) voor 2030 ontwikkeld. Het PBL stelt dat daarmee het referentiescenario uit de NEV 2017 voor beleidsanalyses zijn betekenis heeft verloren, en daarmee ook de daarop gebaseerde sectorale reductieopgaven. De actuele inzichten uit de KEV 2019 vormen nu de geëigende basis voor de analyse van het klimaatbeleid.

2.3.4 *Verdeling broeikasgasemissies binnen mobiliteit volgens KEV 2019*

Over de broeikasgasuitstoot door mobiliteit geeft de KEV 2019 aan dat: "het wegverkeer met een aandeel van circa 85% in het totaal veruit de grootste bron van broeikasgasemissies binnen de binnenlandse mobiliteit is. Binnen het wegverkeer vormen personenauto's de grootste emissiebron met een aandeel van circa 50% in de totale uitstoot van mobiliteit. Vrachtauto's en bestelauto's zijn goed voor achtereenvolgens 19 en 13% van de uitstoot. Bussen, motorfietsen en bromfietsen leveren een kleine bijdrage aan de uitstoot. Deze aandelen per vervoersmiddel zijn tussen 2000 en 2030 nagenoeg stabiel.

Buiten het wegverkeer vormen de zogenoemde mobiele werktuigen de belangrijkste emissiebron van broeikasgassen. Hiertoe behoren onder andere de graafmachines, landbouwtractoren, vorkheftrucks en bladblazers. Deze werktuigen worden niet primair voor vervoer gebruikt, maar hun uitstoot van broeikasgassen van ruim 3 Mton CO₂-equivalenten wordt wel tot de sector mobiliteit gerekend. Daarmee zijn de mobiele werktuigen goed voor circa 10% van de totale uitstoot van deze sector.

De binnenvaart en de visserij leveren een bescheiden bijdrage aan de uitstoot van circa 2 à 3%. Railvervoer is hoofdzakelijk elektrisch aangedreven en levert daarmee nauwelijks een bijdrage aan de uitstoot van broeikasgassen.

De luchtvaart en zeescheepvaart vanuit Nederland ten slotte zijn vrijwel volledig internationaal georiënteerd. De uitstoot van broeikasgassen door de internationale lucht- en scheepvaart wordt niet tot de nationale emissietotalen gerekend."

2.3.5 *PBL policy brief 'Het Klimaatakkoord: Effecten en Aandachtspunten'*

In november 2019 publiceerde het PBL de policy brief 'Het Klimaatakkoord: Effecten en Aandachtspunten', waarin de effecten van het Klimaatakkoord op hoofdlijnen zijn ingeschat. Dit is alleen gedaan op het niveau van een kwantitatieve duiding, niet op het niveau van een integrale doorrekening. De policy brief bevat prognoses van de CO₂-uitstoot in 2030, met medeneming van de volgende maatregelen uit het Klimaatakkoord: de extra inzet van hernieuwbare brandstoffen, zero-emissie zones voor stadslogistiek, maatregelen rond mobiele werktuigen en maatregelen rond

personenmobiliteit. De policy brief baseert zich daarbij op het basispad (referentiescenario) voor 2030 uit de KEV 2019 en realisaties uit 2018.

Onderstaande tabel laat zien dat:

- De maatregelen uit het Klimaatakkoord tot een verwachte CO₂-reductie leiden van 1,3 tot 3,6 Mton in 2030;
- De prognose voor de totale uitstoot door mobiliteit in 2030, met medeneming van de effecten van het Klimaatakkoord, tussen 29,3 en 31,7 Mton ligt (restemissie).

Tabel 2a: Emissie broeikasgassen [PBL, policy brief 2019, p.9]

Sector	2018 [Mton]	2030 Raming KEV 2019 [Mton]	2030 Klimaat- akkoord [Mton]		Belangrijke aanknopingspunten voor sturing op onzekerheden
			Reductie	Restemissie	
Mobiliteit	35,6	32,9	1,3 - 3,6	29,3 – 31,7	• Omvang inzet biobrandstoffen • Omvang en criteria zero-emissie zones • Vormgeving autobelastingen na 2025

2.3.6

Conclusies

Kijkend naar de hoofdlijnen van het beleid is door de jaren heen een verschuiving in de beleidsdoelstellingen en -verwachtingen te zien, die als volgt kan worden samengevat:

Tabel 2b: Vergelijking beleidsdoelstellingen en prognoses

Bron	Totale CO ₂ - uitstoot 2030 door mobiliteit	CO ₂ -reductie door beleid	Referentie- scenario
SER- Energieakkoord 2013	Max. 25 Mton (beleidsdoelstelling)	9,1 Mton	PBL/ECN referentie- raming 2012
Ontwerp- Klimaatakkoord eind 2018	Max. 25 Mton (beleidsdoelstelling)	7,3 Mton	NEV 2017 referentie- scenario voor 2030
Definitief Klimaatakkoord juni 2019		5,2 Mton (beleidsverwachting, incl. EU-bronbeleid en vrachtwagenheffing)	Hoofdzakelijk NEV 2017 referentie- scenario voor 2030
PBL policy brief 'Het Klimaatakkoord: Effecten en Aandachtspunten' nov. 2019	29,3 - 31,7 Mton, gemiddeld 30,5 Mton (prognose)	1,3 - 3,6 Mton, gemiddeld 2,3 Mton (prognose)	KEV 2019 referentie- scenario voor 2030

Uit de tabel kan worden vastgesteld dat de CO₂-reductie door beleid uit de policy brief van PBL (gemiddeld 2,3 Mton) lager ligt dan het totaal aan beleidsverwachtingen voor CO₂-reductie uit het Klimaatakkoord (5,2 Mton). Verder ligt de prognose uit de policy

brief voor de totale CO₂-uitstoot in 2030 (met medeneming van de effecten van het Klimaatakkoord) hoger dan de prognose voor 2030 uit het Energieakkoord van 2013 (maximaal 25 Mton). Het Energieakkoord dateert echter van voor het Klimaatakkoord van Parijs uit 2015; het Nederlandse Klimaatakkoord is daarna gesloten.

Met het Klimaatakkoord van Parijs, waarbij de landen zich gecommitteerd hebben aan het streven naar een maximale temperatuurstijging van 1,5°C, zijn ook de CO₂-reductiedoelstellingen aangescherpt. Voor mobiliteit is de reductiedoelstelling aangescherpt van 60% naar 95% in 2050 ten opzichte van 1990.

De conclusie is dat terwijl de internationale afspraken ambitieuzer zijn geworden, de huidige PBL-prognose voor 2030 voor mobiliteit juist op een hogere CO₂-uitstoot uitkomt dan de Nederlandse beleidsdoelstellingen van een paar jaar eerder. Ook als deze PBL-prognose wordt gehaald, dan zullen er na 2030 veel extra maatregelen nodig zijn om de in Parijs gemaakte afspraken voor 2050 te halen.

2.3.7 *Aanbevelingen*

Tijdens het schrijven van dit rapport bleken er over de reductiecijfers in het Klimaatakkoord een aantal misverstanden en onduidelijkheden te bestaan. Daar komt bij dat het lastig is om de voortgang van realisaties ten opzichte van beleidsdoelstellingen te monitoren, omdat er geen objectief vast ijkpunt is vastgesteld. De beleidsverwachtingen in het Klimaatakkoord zijn gedefinieerd in termen van reducties ten opzichte van het NEV 2017 referentiescenario. Voor de KEV 2019 is een nieuw referentiescenario ontwikkeld. Referentiescenario's worden in principe jaarlijks bijgesteld om rekening te houden met verschillende exogene factoren die de autonome ontwikkeling van emissies beïnvloeden.

Op basis van deze observaties kunnen twee algemene aanbevelingen worden gegeven voor de uitwerking van het Klimaatakkoord:

1. Onderzoek of er doelstellingen ontwikkeld kunnen worden in termen van absolute CO₂-uitstoot per ijkjaar (bijvoorbeeld voor 2030), in ieder geval voor de sector als geheel, maar liefst ook per modaliteit en per deelsector. Dit vergroot de transparantie en leidt tot een meer consistente monitoring.
2. Zorg voor goede en eenduidige communicatie over de huidige beleidsverwachtingen per onderdeel in het Klimaatakkoord.

3. Methodiek van straatbeeld- en innovatiemonitor

3.1 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) team⁸. 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 m.b.t. het thema Duurzame Energiedragers in mobiliteit en logistiek, maar ook een aantal gegevens m.b.t. 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.

Vergelijking Routeradar, KEV en monitoring door M&E-team

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 KA en de sector;
- Per modaliteit uitsplitst naar de drie velden:
 - Energiedrager;
 - Infrastructuur;
 - Vervoermiddelen;
- Het veld vervoermiddelen voor de modaliteit wegvervoer opsplitst naar 5 vervoersegmenten;
- Per vervoersegment de opsplitsing maakt naar de gebruikte energiedrager (door vaststellen Product Markt Combinaties/PMC's);
- Per PMC aangeeft in welke marktfase 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.

⁸ 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.

Zoals eerder aangegeven bestaat de Routeradar 2019 uit twee delen, de Straatbeeldmonitor (RR-SBM) en de Innovatiemonitor (RR-INNOM). Hoewel beide rapporten een andere focus en inhoud hebben, wordt gewerkt vanuit eenzelfde indelingsstructuur, begrippen en termen.

3.1.1 *Straatbeeldmonitor*

Realisaties en doelstellingen

Het eerste deel van de Straatbeeldmonitor 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.

Marktfasen

In dit deel wordt ook de marktfase van een product aangegeven. Dit is belangrijk omdat de marktfase bepaalt welke typen beleidsinstrumenten zinvol kunnen worden ingezet.

Milieueffecten in de Routeradar

In het Klimaatakkoord, het Energieakkoord en de Visie op Duurzame 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 duurzame 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 duurzame 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-SBM schat de hoeveelheid vermeden emissies in op basis van de realisaties van vervoermiddelen die vastgesteld zijn voor 2019. 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-SBM 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 de 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 ca 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 wel 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 de Europese en Internationale rapportages van emissies van luchtverontreinigende stoffen en CO₂ 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 duurzame 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 gezien kan worden welke voortgang hier jaarlijks in Nederland mee gemaakt wordt.

3.1.2

Innovatiemonitor

De Innovatiemonitor bestaat uit twee delen (techniekontwikkeling en marktontwikkeling) en rapporteert ook per basisveld (dezelfde drie als hierboven). 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-SBM al geïdentificeerd zijn.

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 geabsorbeerd te worden 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 personenwagens en bussen);
4. Mee te nemen vracht (voor bestel- en vrachtwagens).

3.2 Methodiek

De structuur van de straatbeeld- 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 gemaakt zijn 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.

- *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 etc.
- *Sleutelfactor:*
Een sleutelfactor beschrijft een bepaald aspect dat van groot belang is voor ofwel de technische, ofwel de marktontwikkeling van een product. Kortom, dit 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 SBM: het aantal personenwagens-waterstof, het aantal laadpunten voor batterij-elektrische auto's etc. 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 marktfase 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 marktfase ontwikkeling van cruciaal belang.

Nadere toelichting voor bovenstaande termen volgt in onderstaande subhoofdstukken.

3.2.1

Product-marktcombinaties

Zowel de Straatbeeldmonitor als de Innovatiemonitor maakt gebruik van PMCs. Onderstaand figuur schetst een aantal verschillende product-marktcombinaties.

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

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

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 3: definities van modaliteiten in relatie tot Routeradar

Modaliteit	Beschrijving
Wegvervoer	Wegvervoer richt zich op al het (transport) vervoer over de weg. Wegvervoer is verder onderverdeeld in diverse marktsegmenten (tweewielers, personenwagen, bestelwagen, vrachtauto en trekkers, en bussen). - 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 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 voertuigen 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, niet bedoeld voor personen- of goederenvervoer over de weg. Voorbeelden zijn bulldozers, shovels, graafmachines en asfaltwerkmachines.

Tabel 4: definities van energiedragers in relatie tot Routeradar

Energiedrager	Beschrijving
Conventioneel	• <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 op conventionele energiedragers
Batterij-elektrisch	• <i>Energiedrager</i>: elektriciteit (grijs, groen)⁹ • <i>Infrastructuur</i>: laadpalen, walstroom (voor binnenvaart en zeeschepen)¹⁰ 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	• <i>Energiedrager</i>: waterstof (grijs, blauw, groen)¹¹ • <i>Infrastructuur</i>: vulpunten en bunkerstations • <i>Vervoermiddelen</i>: voer- en vaartuigen, die rijden op waterstof. Hieronder vallen zowel brandstofcelauto's (FCEV – waterstof wordt omgezet in elektriciteit), als auto's met verbrandingsmotor (waterstof wordt omgezet in thermische energie)
Gasvormig (innovatief)	• <i>Energiedrager</i>: gasvormig – CNG en LNG (grijs, blauw, groen)¹² • <i>Infrastructuur</i>: vulpunten en bunkerstations voor CNG en LNG • <i>Vervoermiddelen</i>: voer- en vaartuigen, die rijden op CNG en LNG, zowel mono- als dual-fuel

⁹ 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.

¹⁰ 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.

¹¹ 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.

¹² Grijs is uit fossiel geproduceerd. Blauw uit fossiel geproduceerd in combinatie met CO₂-afvang en -opslag. Groen gas is uit hernieuwbare bronnen geproduceerd.

Biobrandstoffen (hoge mixen)	• <i>Energiedrager</i>: vloeibare en gasvormige brandstoffen uit hernieuwbare grondstoffen en met hoge blend-ratio, hoger dan 10%. 100% HVO, GTL, BTL, 30% FAME, etc. • <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/varen op hoge mixen
---------------------------------	---

3.2.2

Marktfasen

Bij elke marktfase 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 marktfase een definitie gegeven, en zijn de gekozen aantallen voer- of vaartuigen genoemd die met deze marktfase corresponderen.

Tabel 5: marktfasen voor wegvervoer, binnenvaart, zeevaart, lucht, spoor en NRMM

	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

3.3 Gebruikte bronnen voor deze studie

De gebruikte gegevens zijn gebaseerd op verschillende bronnen.

- De belangrijkste bronnen voor de historische ontwikkeling van energiedragers zijn:
 - Rapportage Energie voor Vervoer in Nederland 2018, 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);
- De belangrijkste bronnen voor de prognoses en streefwaarden van energiedragers, infrastructuur, vervoermiddelen en emissies zijn:
 - De KEV 2019 en de NEV 2017, 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 KA wordt achtereenvolgens de 1e indicatie van de DEM-werkgroep en de beleidsrapportage Routeradar Brandstofvisie 2017 geraadpleegd voor streefwaarden;
 - 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 (zeevervaart, binnenvaart en havens).

4 Mobiele werktuigen

Leeswijzer

Dit hoofdstuk is onderverdeeld in acht paragrafen. Paragraaf 1 is een inleiding met een korte opsomming van de (internationaal) gemaakte afspraken en stimuleringsmaatregelen voor duurzamere mobiele werktuigen. In paragraaf 2 volgt de huidige stand van zaken rondom diverse energiedragers bij deze modaliteit. Paragraaf 3 gaat in op de beschikbare infrastructuur in Nederland voor het tanken en/of laden van mobiele werktuigen. Vervolgens volgt in paragraaf 4 een overzicht van diverse vervoermiddelen met een uitsplitsing naar verschillende energiedragers. Paragraaf 5 presenteert een aantal praktijkvoorbeelden van projecten met diverse energiedragers. Paragraaf 6 gaat in op de huidige en verwachte emissie uitstoot van deze modaliteit, en paragraaf 7 toont duurzame ontwikkelingen in internationaal perspectief. Tot slot volgt in paragraaf 8 een conclusie met bevindingen en aanbevelingen.

4.1 Inleiding

Buiten het wegverkeer vormen de zogenoemde mobiele werktuigen een belangrijke emissiebron van broeikasgassen. Hiertoe behoren onder andere graafmachines, laadschoppen (dumpers), (landbouw)tractoren, vorkheftrucks en bladblazers. Deze werktuigen worden niet primair voor vervoer gebruikt, maar hun uitstoot van broeikasgassen van ruim 3 megaton CO₂-equivalenten wordt wel aan de sector mobiliteit toegerekend. Daarmee zijn de mobiele werktuigen goed voor circa 10 procent van de totale uitstoot van deze sector [KEV, 2019].

De belangrijkste stimulansen voor schonere en zuinigere werktuigen zijn:

- Europese emissiewetgeving voor verontreinigende uitstoot (NO_x, PM, etc.), 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 tot 10% korting op het aanbestedingsbedrag wordt gegeven als een aannemer kan aantonen dat hij schoner of zuiniger kan werken. Dat kan dan 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 met 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 onder andere inzet van biobrandstoffen – of andere hernieuwbare brandstoffen – en 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 bouwmachines in 2026.

4.2 Energiedragers

4.2.1 Overzicht

Het totale energieverbruik van mobiele werktuigen in Nederlands was in 2015 circa 43 PJ [NEV, 2017]. Ervan uitgaande dat de doelstellingen van de Green Deal Het Nieuwe Draaien worden gerealiseerd, zal het energieverbruik van mobiele werktuigen de komende jaren circa 10% dalen. Dit resulteert in een energieverbruik van 39 PJ in 2030. Daarnaast wordt er versterkt ingezet op het gebruik van biobrandstoffen. De verwachting is dat het gebruik van ethanol in mobiele werktuigen tussen 2015 en 2030 en met 60% toeneemt; voor biodiesel is dit gemiddeld over alle sectoren zelfs 190%.

Het gebruik van mobiele werktuigen is onderverdeeld in verschillende subsectoren: consumenten, HDO (handel, diensten en overheid), industrie, landbouw en bouw (inclusief infrastructuur bouw). In onderstaande tabel is te zien dat de landbouw- en de bouwsector het meest energie-intensief zijn. Samen zijn ze verantwoordelijk voor circa driekwart van het energieverbruik in mobiele werktuigen.

Tabel 6: Verwachte energieafzet van mobiele werktuigen [NEV, 2017]

Energieverbruik [PJ] per sector	2015	2020	2025	2030	toename 2015-2030, absoluut	toename 2015-2030, jaarlijks
Consumenten	1	1	0,9	0,9	-15%	-1%
benzine	1	0,9	0,9	0,8	-18%	-1%
ethanol	0	0,1	0,1	0,1	59%	3%
HDO	5,5	5,8	6,1	6,3	15%	1%
benzine	0,4	0,4	0,4	0,4	-3%	0%
diesel	5	4,9	5,2	5,4	10%	1%
biodiesel	0,1	0,5	0,5	0,5	267%	9%
Industrie	3,3	2,7	2,7	2,7	-17%	-1%
diesel	1,2	0,9	0,9	0,9	-30%	-2%
biodiesel	0	0,1	0,1	0,1	134%	6%
LPG	2	1,8	1,8	1,8	-12%	-1%
Landbouw	16,5	14,8	14,8	14,8	-10%	-1%
diesel	16	13,3	13,5	13,5	-16%	-1%
biodiesel	0,4	1,5	1,3	1,3	183%	7%
Bouw	16,6	16,6	15,5	14,2	-14%	-1%
diesel	16,1	14,9	14,1	13	-19%	-1%
biodiesel	0,4	1,7	1,3	1,2	170%	7%
TOTAAL	42,9	41	40,1	39	-9%	-1%

4.2.2 Conventioneel

Mobiele werktuigen gebruiken voornamelijk diesel als brandstof (circa 92% in 2015). Benzine wordt maar in beperkt mate gebruikt, vooral voor kleine machines in de consumentensector. 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. In 2015 was het aandeel benzinevervangers in benzine ongeveer 3,5%, bij diesel was het aandeel dieselvevangers circa 7% (inclusief dubbeltelling). De

verwachting is dat deze bijmenging stijgt 10% in 2020 en 14% in 2030, analoog met het wegverkeer. Hier zijn afspraken over gemaakt in de Europese regelgeving, met name in de Fuel Quality Directive (FQD).

4.2.3 *Elektrisch*

Afzet en gebruik van elektriciteit als energiedrager is klein en wordt op dit moment niet centraal bijgehouden. Voor kleinere machines zijn er wel hybride of batterij-elektrische versies beschikbaar.

4.2.4 *Waterstof*

Afzet en gebruik van waterstof als energiedrager is op dit moment nul. Voor zover bekend zijn waterstof aangedreven mobiele werktuigen nog niet of nauwelijks beschikbaar op de Nederlandse markt. Er zijn wel enkele nationale en internationale projecten en pilots gericht op onderzoek en ontwikkeling van waterstof.

4.2.5 *Aardgas*

Afzet en gebruik van gas voor mobiele werktuigen is op dit moment nul. Voor zover bekend zijn gas aangedreven mobiele werktuigen nog niet of nauwelijks beschikbaar op de Nederlandse of internationale markt.

4.2.6 *Biobrandstoffen (hoge mixen)*

Biobrandstoffen worden nog maar zeer beperkt toegepast bij de mobiele werktuigen. De afzet hiervan is onbekend.

4.3 **Infrastructuur**

4.3.1 *Overzicht*

Mobiele werktuigen gebruiken geen speciale infrastructuur. Brandstofvoorziening verloopt via normale tankstations. Bij bouwprojecten worden kleine tankwagens gebruikt om machines bij te tanken.

4.4 **Vervoermiddelen**

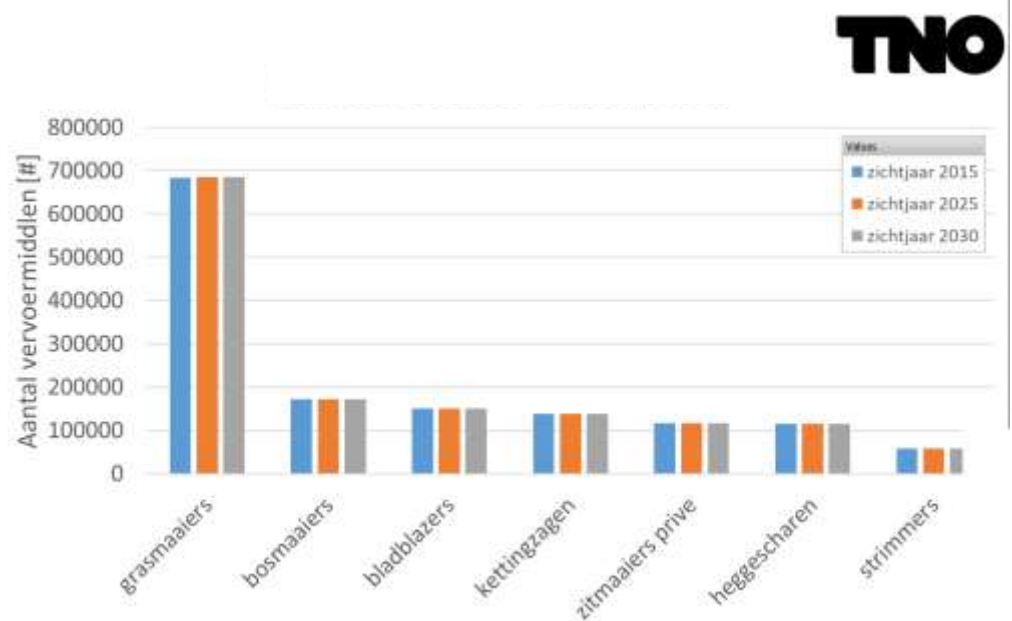
4.4.1 *Overzicht*

In de vijf subsectoren van mobiele werktuigen (consumenten; HDO; industrie; bouw; landbouw) wordt per subsector onderscheid gemaakt naar verschillende types (graafmachines, laadschoppen, bladblazers, et cetera). De prognose van de machineparkontwikkeling is onderdeel van de KEV.

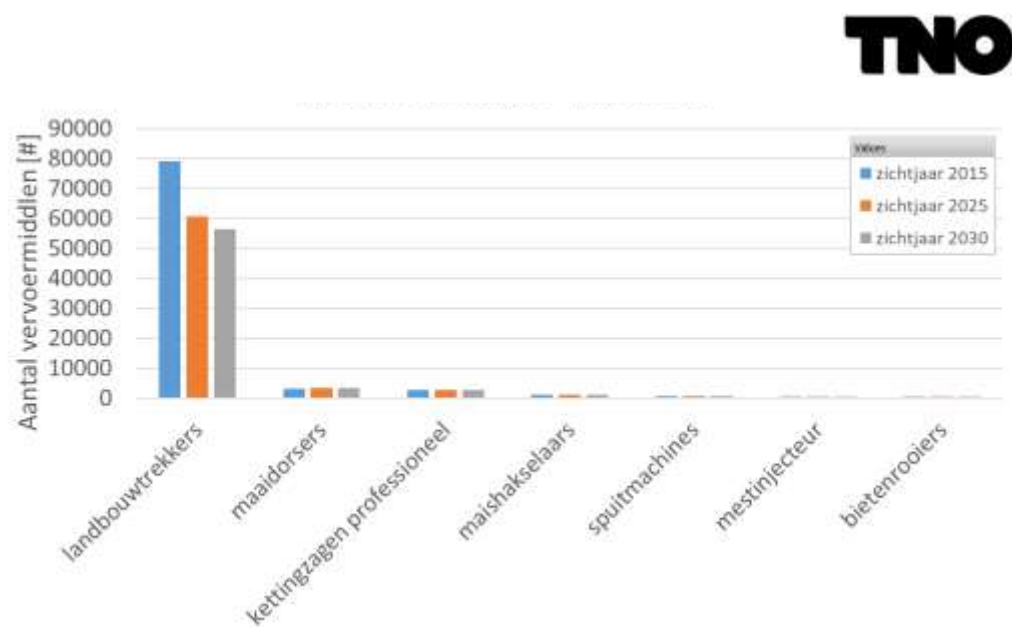
De samenstelling van het machinepark wordt gemodelleerd met het Nederlandse Mephisto model. De basis van dit model is de opgedane kennis en data uit de EMMA studie [EMMA, 2009] in combinatie met verkoopaantallen van machinetypen in Nederland (via BMW¹³). Onderstaande figuren geven een overzicht van het machinepark in 2015 en de verwachte ontwikkeling voor 2025 en 2030. Voor iedere subsector is een aparte figuur aangemaakt [TNO, 2014]. De samenstelling van het machinepark behoorlijk onzeker omdat er geen registratieplicht bestaat.

¹³ Tot 2014 kreeg TNO verkoopaantallen van machinetypen in Nederland (via BMW), sindsdien is de monitoring gestopt en wordt de verkoop geëxtrapoleerd. Een nieuwe datastroom is in toekomst mogelijk via het Off-highway Research. Off-highway Research heeft betaalde informatie over de mobiele werktuigen in Nederland. Met behulp van een uitvalfunctie wordt de grootte van het park geschat. De grootte van het park is hierdoor nog steeds behoorlijk onzeker.

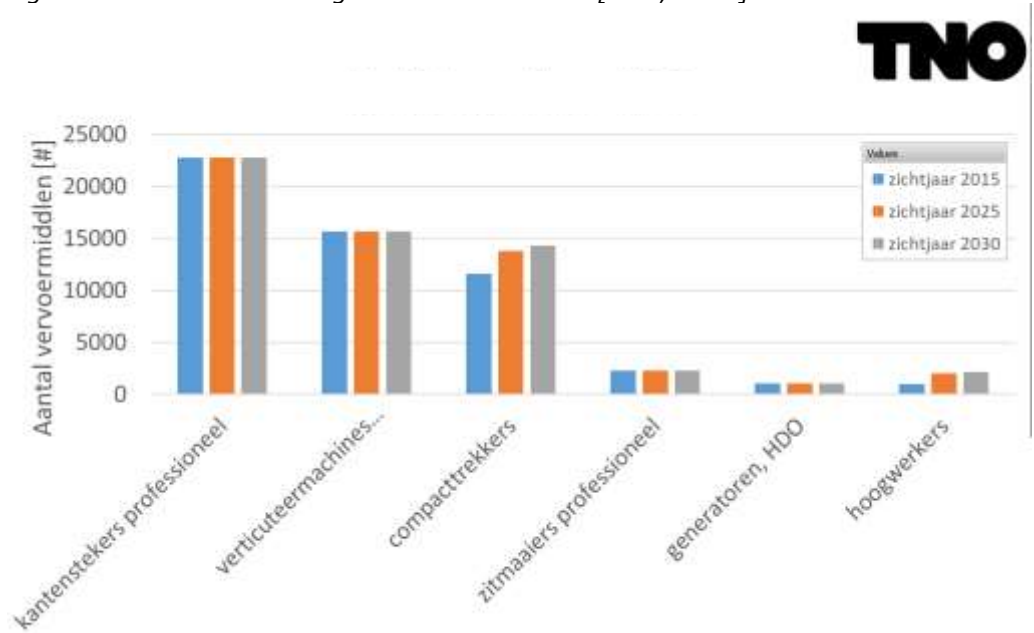
Figuur 2: Mobiele werktuigen – subsector consumenten [TNO, 2014]



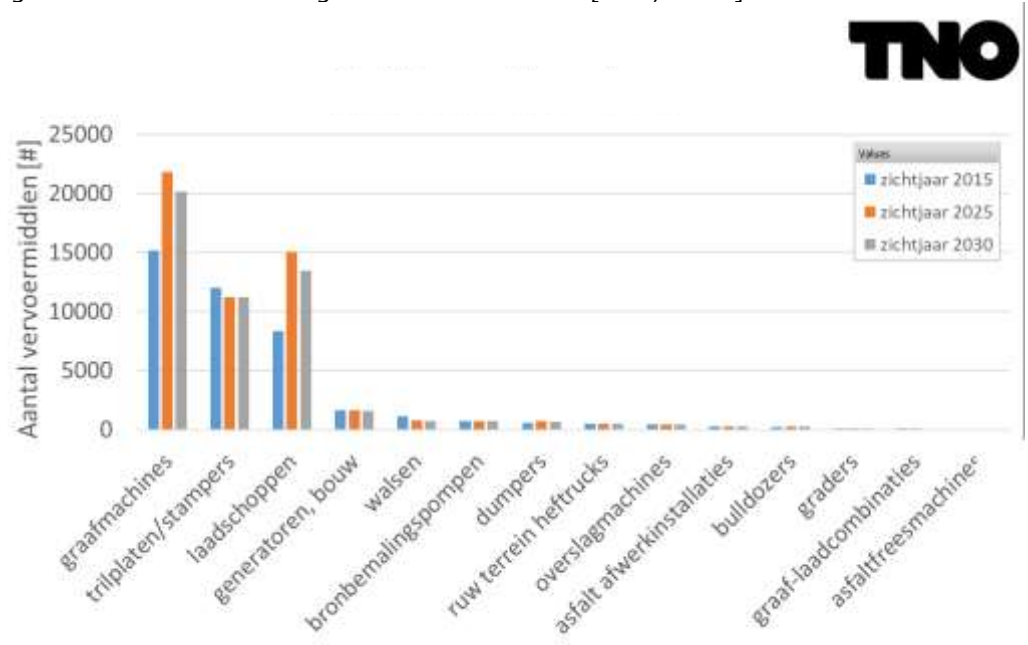
Figuur 3: Mobiele werktuigen – subsector landbouw [TNO, 2014]



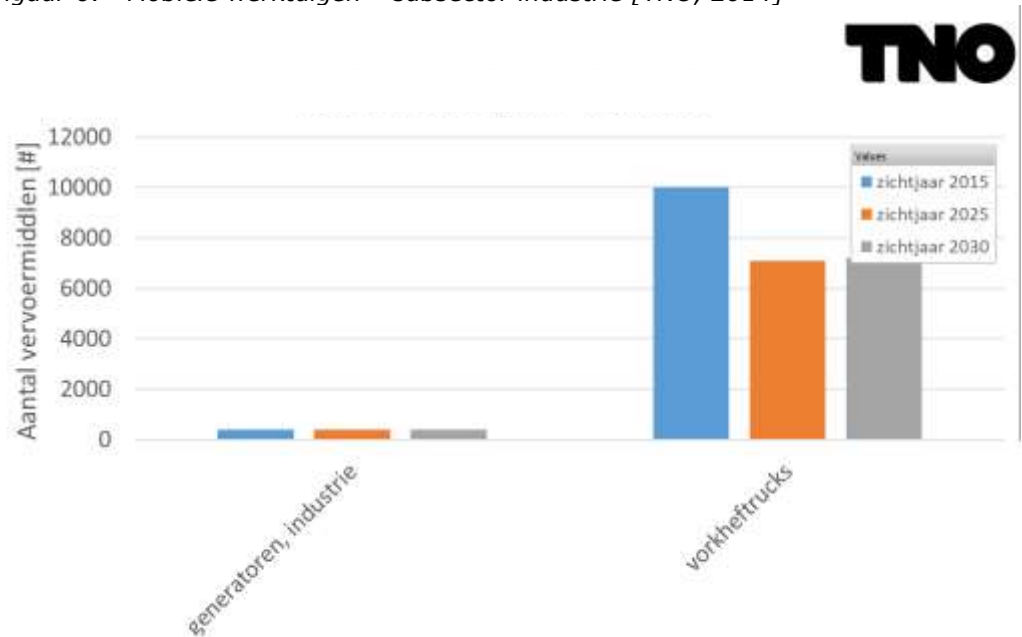
Figuur 4: Mobiele werktuigen – subsector HDO [TNO, 2014]



Figuur 5: Mobiele werktuigen – subsector bouw [TNO, 2014]



Figuur 6: Mobiele werktuigen – subsector industrie [TNO, 2014]



De volgende observaties zijn te maken:

- Subsector consumentenmarkt (aantal machines: circa 1,4 miljoen):
De consumentenmarkt is met 1,4 miljoen mobiele werktuigen de grootste afzetmarkt. Het gaat hier over het algemeen om relatief kleine machines, gebruikt voor het onderhoud van tuinen en landschappen. De helft hiervan zijn grasmaaiers. De markt is redelijk verzadigd. Volgens de prognoses blijven de aantallen dan ook constant.
- Subsector landbouw (aantal machines: circa 90.000):
Het aantal mobiele werktuigen in de landbouw bestaat voor 90% uit landbouwtrekkers. De verwachting is dat het aantal landbouwtrekkers tussen 2015 en 2030 met 30% daalt. De daling is gerelateerd aan schaalvergroting. Terwijl het aantal trekkers daalt, neemt het gemiddelde vermogen van de trekkers toe, met circa 23% tussen 2015 en 2030 volgens de prognoses.
- Subsector HDO (aantal machines: circa 55.000):
De meest gebruikte machines zijn kantenstekers, verticuteermachines en compacttrekkers. Er wordt een groei in het aantal compacttrekkers verwacht tot en met 2030. De groei in het aantal compacttrekkers is het gevolg van specialisering. Waar vroeger gewone trekkers gebruikt werden (bijvoorbeeld voor groenwerk, tuiniersbedrijven, sportvelden), worden nu juist compacttrekkers toegepast.
- Subsector bouw (aantal machines: circa 40.000):
In de bouw worden vooral graafmachines, trilplaten/stampers en laadschoppen ingezet (samen goed voor circa 85% van de machines). De verwachting is dat deze sector tussen 2015 en 2030 met circa 20% groeit. In de bouw is, in tegenstelling tot de landbouw, een groei zichtbaar in de verkoop van kleinere machines (het gemiddelde vermogen daalt). Dit heeft waarschijnlijk te maken met efficiëntieverbeteringen van de machines (kleinere motoren) en de toename van klein werk (kabels leggen, kleine reparaties etc.).
- Subsector industrie (aantal machines: circa 10.000):
Dit zijn voor 96% vorkheftrucks die worden gebruikt in productie- en distributiehallen. De verwachting is dat dit aantal tot en met 2030 daalt tot 7.200 stuks, maar dit is lastig om te voorspellen. De laatste bekende verkoopcijfers zijn uit 2014. De kans is dus aanwezig dat het in werkelijkheid

afwijkt – mede door de recente ontwikkelingen bij grote distributiecentra (Amazon, bol.com en dergelijke). Aan de andere kant verwacht men binnen distributiecentra een toename van elektrificatie. Dit vergt nader onderzoek.

4.4.2 *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 gebruikt worden.

Marktfase: Conventionele mobiele werktuigen bevinden zich in de beheerfase.

4.4.3 *Elektrisch*

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 bouwmaterieel wel toe [FD, 2019].

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.

Natuur & Milieu heeft onlangs samen met BMWT (de branchevereniging van leveranciers van bouwmachines, magazijninrichtingen, wegenbouwmachines en transportmaterieel) een overzicht gemaakt van de beschikbare en aangekondigde modellen elektrische machines in het zware segment. Vooral in de markt van machines boven de 20 ton is het aanbod gering. Onder de 20 ton is het aanbod en de keuze groter. Beschikbare elektrische modellen zijn [N&M, 2019]:

- Laadschoppen op banden (<8 ton en <10,5 ton);
- (Mini-)graafmachines (<10 ton);
- Graafmachines op banden (<11,5 ton);
- Graafmachines op rupsen (elektrisch <23 ton, hybride <33 ton of met voedingskabel zelfs < 120 ton);
- Overslagmachines (breed beschikbaar, vooral met voedingskabel);
- Hijskranen die volledig elektrisch kunnen rijden en opereren (max. last 7 ton). In sommige sectoren zoals havens zijn deze altijd elektrisch. Op bouwplaatsen is de uitdaging om daar een zware 100-200 kW kabel naar toe te leggen;
- Ook in het kleine compacte segment (minigravers, trilstampers en trilplaten) is er ruim aanbod van elektrisch werkmaterieel [FD, 2019];
- Daarnaast zijn generatoren en bronbemaalingspompen elektrisch beschikbaar.

Een vergelijkbaar overzicht is eerder gemaakt door SGS [SGS, 2017].

Naast machines bestaat de vloot mobiele werktuigen ook uit generatoren. Generatoren op bouwplaatsen (maar ook andere sectoren) draaien op dit moment nog vaak op diesel. Elektrische aggregaten zijn wel commercieel beschikbaar, maar zijn niet overal inzetbaar door gebrek aan een hoogvermogens netaansluiting. Een (verplichte) hoogvermogensaansluiting heeft mogelijk veel impact op de lokale emissies en luchtkwaliteit.

Marktfase: De precieze grootte van het elektrische machinepark mobiele werktuigen is onbekend. De marktfase is hierdoor moeilijk in te schatten. Bovendien varieert de marktfase per machine type. Zo zullen elektrische bladblazers sneller de beheerfase bereiken, dan bijvoorbeeld elektrische graafmachines.

4.4.4 *Waterstof*

Afzet en gebruik van waterstof als energiedrager is op dit moment nul. Waterstof aangedreven mobiele werktuigen zijn nog niet of nauwelijks beschikbaar op de Nederlandse markt. Er zijn wel enkele nationale en internationale projecten en pilots gericht op onderzoek en ontwikkeling van waterstof.

Marktfase: De toepassing van waterstof in mobiele werktuigen bevindt zich voor alle machinetypes nog in de prototype/pilotfase.

4.4.5 *Aardgas*

Er is op dit moment geen goed beeld beschikbaar over het Nederlandse machinepark van mobiele werktuigen op aardgas. LPG is reeds behandeld bij de conventionele energiedragers.

Marktfase: De toepassing van aardgas in mobiele werktuigen wordt op dit moment niet grootschalig onderzocht. De marktfase is onbekend.

4.4.6 *Biobrandstoffen (hoge mixen)*

Er is op dit moment geen goed beeld beschikbaar van het Nederlandse park van mobiele werktuigen op biobrandstoffen. Er zijn geen cijfers beschikbaar (als aandeel in het totaal).

Marktfase: De toepassing van hoge mixen biobrandstoffen in mobiele werktuigen wordt op dit moment niet grootschalig onderzocht. De marktfase is onbekend.

4.5 **Praktijkvoorbeelden projecten met diverse energiedragers**

DKTI Eco kniklader

De Rijksoverheid heeft een subsidie toegekend aan de ontwikkeling van een bouwmaschine op waterstof en een elektrische Sherpa 300 Eco kniklader [Sherpa, 2019]. De twee projecten maken onderdeel uit van in totaal 43 projecten die samen ruim 87 miljoen euro subsidiegeld te verdelen hebben.

Dens

In december 2019 brengt Dens [DENS, 2019] de eerste generator naar de markt die elektriciteit opwekt op basis van hydrozine (mierenzuur). In de generator wordt het mierenzuur omgezet in waterstof dat weer wordt omgezet in stroom. Dens deed 2018 al ervaring op met de generator tijdens een pilot in samenwerking met bouwbedrijf BAM Infra. Met een generator die werd gevoed door een flinke hydrozinetank leverde Dens twee weken lang stroom bij de verbouwing van de N211 bij Den Haag.

HVO in NRMM

Bij een vooronderzoek voor de GDHND (Green Deal Het Nieuwe Draaien) kwam HVO naar voren als een zeer goede verduurzamingsoptie [Nouhuijs, 2017].

4.6 Emissies

In totaal waren mobiele werktuigen verantwoordelijk voor ongeveer 3,1 Mton aan CO₂-equivalenten in 2015 (zie onderstaande tabel). De landbouw- (met name trekkers) en bouwsector (met name graafmachines en laadschoppen) waren samen verantwoordelijk voor het grootste aandeel van de CO₂-equivalente emissies (2,4 Mton). Dit is 77% van het totaal in dit jaar.

Volgens de NEV [NEV, 2017] zou de CO₂-equivalente emissies (en andere vervuilende emissies) van mobiele werktuigen tussen 2015 en 2030 dalen met circa 14%. Deze verwachting is in de KEV [KEV, 2019] bijgesteld naar boven, omdat bleek dat de emissies tussen 2015 en 2020 waarschijnlijk nauwelijks zullen wijzigen. Dit betekent dat reducties als gevolg van zuinigere machines, verjonging van het wagenpark, en bijmenging biobrandstoffen teniet worden gedaan door de groei in gebruik. Kanttekening is dat zowel het wagenpark van mobiele werktuigen als de emissies hiervan grote onzekerheden kent. In de taakgroep verkeer en vervoer is men zich bewust van de beperkte informatie rondom mobiele werktuigen. Er wordt de komende jaren gewerkt aan een update van de emissiefactoren en een inventarisatie van het mobiele werktuigen park.

Onderstaande tabel toont de emissies volgens de NEV, omdat hier meer detailinformatie over beschikbaar is. De totalen van de KEV zijn in de laatste regel toegevoegd ter vergelijking.

Tabel 7: Tank-to-wheel Emissies NRMM [NEV, 2017]

CO ₂ -eq. [Mton]	2015	2020	2025	2030	toename 2015- 2030, absoluut	toename 2015- 2030, jaarlijks
Consumenten	0,07	0,07	0,06	0,06	-18%	-1%
benzine	0,07	0,07	0,06	0,06	-18%	-1%
ethanol	0	0	0	0	0%	0%
HDO	0,40	0,40	0,42	0,44	9%	1%
benzine	0,03	0,03	0,03	0,03	-3%	0%
diesel	0,37	0,37	0,39	0,41	10%	1%
biodiesel	0	0	0	0	0%	0%
industrie	0,23	0,19	0,19	0,19	-19%	-1%
diesel	0,09	0,06	0,07	0,07	-30%	-2%
biodiesel	0	0	0	0	0%	0%
LPG	0,14	0,12	0,12	0,12	-12%	-1%
landbouw	1,21	1,01	1,02	1,02	-16%	-1%
diesel	1,20	1,00	1,02	1,02	-16%	-1%
biodiesel	0	0	0	0	0%	0%
bouw	1,22	1,13	1,07	0,98	-19%	-1%
diesel	1,21	1,12	1,06	0,98	-19%	-1%
biodiesel	0	0	0	0	0%	0%
TOTAAL [NEV, 2017]	3,1	2,8	2,8	2,7	-14%	-1%
TOTAAL [KEV, 2019] ter vergelijking	3,1	3,1	3,2	3,1	-4%	< -1%

4.7 Benchmark internationaal

4.7.1 Overzicht

In onderstaande tabel is een vergelijking gemaakt van de uitstoot van mobiele werktuigen tussen vier verschillende landen. De tabel toont het aandeel van de uitstoot van mobiele werktuigen in de nationale emissies van de sector mobiliteit. Hoewel de referentiejaar van de brondata met enkele jaren verschillen (Duitsland en Oostenrijk 2018; Zwitserland 2015; Nederland 2017), is de data nog steeds vergelijkbaar. Emissietotalen in mobiliteit ontwikkelen zich namelijk historisch gezien niet snel. Voor relatieve cijfers (mobiele werktuigen uitgedrukt als aandeel van de totale emissie) geldt dit nog meer.

De resultaten zijn redelijk vergelijkbaar. Het aandeel van de CO₂- en NO_x-emissies van mobiele werktuigen in Nederland is iets hoger ten opzichte van andere landen. Zwitserland valt op, omdat het aandeel van de CO₂- en NO_x-emissies van mobiele werktuigen relatief laag is. Mogelijk houdt dit verband met stimulering van retrofit nabehandelingssystemen en/of met een machinepark dat relatief nieuw is.

Tabel 8: Aandeel van de emissies van mobiele werktuigen ten opzichte van de nationale emissies van mobiliteit [uCARE-D1.6, 2019]

Emissie	AT	CH	D	NL
CO ₂	8.5%	7.8%	8%	10%
NO _x	17%	14%	20%	20%
PM	37%	32%	53%	35%
PN	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
HC	27%	19%	25%	n.a.
CO	31%	30%	24%	13%
Source	AT Inventory RefYear 2018	CH inventory (RefYear 2015)	D inventory RefYear 2018	NL inventory RefYear 2017

4.7.2 Conventioneel

Het is te verwachten dat het aandeel van conventionele voertuigen in de vloot overal in Europa vergelijkbaar groot is. Dit komt doordat er alleen een beperkt aantal leveranciers wereldwijd machines leveren, met name voor de grote groep standaardmachines. Het grootste deel van de mobiele werktuigen leent zich maar heel beperkt voor duurzame energiedragers. Dit heeft te maken met de beschikbare ruimte op de machine en ook de praktische aspecten van de brandstoftoevoer naar de bouwplaats. Dieselbrandstof leent zich daar het beste voor in verband met de hoge energiedichtheid en gemakkelijke hanteerbaarheid.

4.7.3 Elektrisch

PON heeft op basis van een Caterpillar graafmachine en een project in Noorwegen een volledig elektrisch graafmachine ontwikkeld. De mogelijkheid voor levering in Nederland wordt onderzocht.

4.7.4 Waterstof

Machines die draaien op waterstof worden nog nauwelijks ingezet in Europa. Deze technologie bevindt zich ook internationaal in de onderzoeksfase. In Europa is alleen

een project bekend waarin elektrische pallettrucks met brandstofcel worden ingezet in een distributiecentrum in Frankrijk [HEFTRUCK, 2015]

4.7.5 Aardgas

Er zijn geen initiatieven uit andere Europese landen bekend.

4.7.6 Biobrandstoffen (hoge mixen)

Er zijn geen initiatieven uit andere Europese landen bekend.

4.8 Conclusie¹⁴

Algemeen

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.

Realisaties ten opzicht van de doelstellingen (streefwaarden)

Op basis van marktobservaties is de conclusie dat de toepassing van duurzame 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 machines. De samenstelling van de vloot kan hierdoor niet nauwkeurig worden gemonitord (in tegenstelling tot wegverkeer). 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 duurzame energiedragers zijn onder andere:

- Onvoldoende aanbod van elektrische machines: accu-elektrische machines zijn alleen beschikbaar voor kleine machines (lager dan 20 ton). Het aanbod van waterstof machines is op dit moment nul.
- 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.
- Onvoldoende laadinfrastructuur op bouwlocaties: onvoldoende instrumenten om de toepassing van nieuwe opties te stimuleren. Zo is er bijvoorbeeld geen extra stimulans voor de toepassing van biobrandstoffen. De ontwikkelingen met betrekking tot bijmenging lopen parallel aan wegvervoer en grijpen in op de RED II verplichting. DKTi geeft wel de mogelijkheid tot experimenteren.

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 – onder andere als gevolg van de stikstofcrisis. Hier blijkt dat het aanbod nog ver achter blijft bij de vraag. Elektrificatie en hybridisatie zijn namelijk alleen commercieel beschikbaar voor kleine machines. Op het gebied van waterstof wordt alleen nog geëxperimenteerd.

¹⁴ Deze conclusie (inclusief beleidsadvisering) is onder verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat opgesteld.

Wat gebeurt er op beleidsniveau?

De belangrijkste doelstellingen voor schonere en zuinigere werktuigen zijn:

- Europese emissiewetgeving voor verontreinigende uitstoot (NO_x, PM, etc.), 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.

Emissies

Naar verwachting zullen de CO₂-equivalente emissies van mobiele werktuigen met circa 10% dalen tussen 2015 en 2030: van 3,1 Mton naar 2,7 Mton. De voornaamste redenen hiervoor zijn:

- Autonome ontwikkeling: bij een aantal machines (bijvoorbeeld graafmachines en laadschoppen) blijkt dat elke nieuwe generatie circa 10% zuiniger is dan de voorgaande generatie (elke 3-5 jaar), dus ook 10% minder CO₂-uitstoot [HND 2019, Verbeek].
- Bijmengingsverplichting: analoog aan wegverkeer. RED II zorgt voor hogere ambities en mixen.
- Verplichting voor zero emissie bouwverkeer en mobiele werktuigen in 2026: in de doorrekening van het Klimaatakkoord [PBL, 2019] houdt PBL rekening met een verplichte invoer van zero-emissie bouwverkeer in 2026. Dit levert circa 0,1 Mton extra CO₂-reductie op in 2030 ten opzichte van het basispad.

Beleidsagendering

Gebaseerd op bovenstaande bevindingen kunnen de volgende beleidsadviezen gegeven worden:

Aandacht voor meerdere duurzame energiedragers

Zet in op een combinatie van zero-emissie opties en hoge mixen duurzame brandstof als dieselvervanger.

Aandacht voor uitdetailleringen doelstellingen

Om de marktontwikkeling van duurzame energiedragers in mobiele werktuigen te stimuleren, zou het behulpzaam zijn om samen met de diverse sectoren doelstellingen met ijkjaren te formuleren voor de verschillende verduurzamingsporen.

Aandacht voor invoeren elektrische machines

Ga met de sectoren na in welke marktsegmenten volledig elektrische machines het eerste ingevoerd kunnen worden (vanuit machine en laadinfrastructuur).

Aandacht voor de overheid als launching customer

Onderzoek de mogelijkheid om de overheid (Rijkswaterstaat en ProRail) als launching customer in te zetten voor de overstap naar volledig elektrisch en andere duurzame energiedragers (zoals het initiatief van de 'Zero-emissie bouwplaats in 2030').

Aandacht voor aansluiting financieringsinstrumenten bij juiste marktfase en doelgroep

Uit de marktfase-analyse blijkt dat een aantal producten zich bevinden in de overgang van techniekontwikkeling naar marktontwikkeling. Dat betekent dat er meer aandacht nodig is voor (deels nieuwe) beleidsinstrumenten, die zich specifiek richten op marktintroductie en opschaling.

Aanbevolen financieringsinstrumenten per marktfase en doelgroep¹⁵:

- Innovatiesubsidies: ten behoeve van bedrijven en producten in de fasen van techniekontwikkeling;
- Aankoopsubsidies: vooral ten behoeve van producten in de marktintroductiefase;
- Fiscale ondersteuning: vooral ten behoeve van producten in de marktintroductiefase;
- Financiering door middel van (groene) leningen en/of garanties: ten behoeve van grotere vlootbeheerders en producten in de opschalingsfase (en verder).

¹⁵ In de nog te verschijnen Innovatiemonitor (RR-INNOM) wordt dit verder uitgewerkt.

5 Referenties

- [DENS, 2019] 'Mierenzuurmotor' uit Helmond krijgt flinke injectie.
<https://www.ed.nl/eindhoven/mierenzuurmotor-uit-helmond-krijgt-flinke-injectie~ac50192e/>
- [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
- [EMMA, 2009] Emissiemodel Mobiele Machines gebaseerd op machineverkoop in combinatie met brandstof Afzet, TNO, 2009
- [FD, 2019] Vraag naar elektrische bouwmaschinen groeit, aanbod blijft achter.
<https://fd.nl/achtergrond/1324192/vraag-naar-elektrische-bouwmaschinen-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.
- [IMO, 2011]
<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx>
- [KA, 2019] Klimaatakkoord, 2019
- [KEV, 2019] Klimaat- en Energieverkenning 2019, PBL, 2019
- [N&M, 2019] Elektrische mobiele werktuigen in beeld, Natuur & Milieu, 2019
- [NEV, 2017] Nederlandse Energieverkenning 2017, PBL, 2017
- [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
- [Routeradar, 2017] Routeradar, RWS, 2017
- [SGS, 2017] Gert-Jan Vroege: ELEKTRIFICATIE VAN MOBIELE WERKTUIGEN, 2017
- [Sherpa, 2019] www.bouwmaschinen.nl, 2019
- [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