

TNO-rapport

TNO 2019 R11705

**Behoeftte aan infrastructuur voor alternatieve
energiedragers voor mobiliteit in Nederland**

Traffic & Transport

Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
Postbus 96800
2509 JE Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

Datum	11 november 2019
Auteur(s)	Maarten Verbeek, Rob Cuelenaere
Exemplaarnummer	2019-RAP-STL-100327013
Aantal pagina's	84 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	6
Opdrachtgever	Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Projectnaam	Prognoses snel laden EV
Projectnummer	060.38239

Alle rechten voorbehouden.

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

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

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

© 2019 TNO

Samenvatting

In juni 2019 is het Klimaatakkoord gesloten. Hierin zijn acties opgenomen om in 2030 49% minder CO₂ uit te stoten dan in 1990. Ook de mobiliteitssector is onderdeel van dit akkoord. Zo zijn er beleidsplannen om het aantal voertuigen met lage of zelfs geen CO₂-emissies te laten toenemen. Dit betekent ook dat de vraag naar alternatieve energiedragers zal toenemen. Om aan deze vraag te kunnen voldoen zal er voldoende aanbod van deze energiedragers moeten zijn en daarmee een passende infrastructuur.

Een andere driver voor de ontwikkeling van infrastructuur voor alternatieve energiedragers is de Europese richtlijn 2014/94/EU, ook wel bekend als de AFID. Deze richtlijn eist dat landen een passend infrastructuurnetwerk realiseren voor een aantal alternatieve energiedragers, met extra aandacht voor drukke Europese wegen. Lidstaten zijn in het kader van de AFID verplicht om de Europese Commissie te informeren over de ontwikkeling van de markt voor alternatieve energiedragers in de vervoerssector en de uitrol van de relevante infrastructuur.

Ter ondersteuning van deze AFID en de uitvoering van het Klimaatakkoord wordt in deze studie bepaald hoe de behoefte aan infrastructuur voor alternatieve energiedragers (elektriciteit, waterstof, LNG/CNG) voor mobiliteit zou kunnen ontwikkelen in Nederland in 2020, 2025 en 2030. Hierbij is extra aandacht voor de behoefte op het hoofdwegennet.

Deze behoefte is bepaald middels de volgende stappen:

- Bepalen van het totale energiegebruik per energiedrager op basis van
 - het aantal voertuigen;
 - hun jaarkilometrage;
 - energiegebruik per kilometer;
 - het deel van de energie die op het hoofdwegennet wordt getankt/ geladen.
- Bij een bepaalde afvuelsnelheid van de infrastructuur en de tijd die nodig is voor afrekenen, kan vervolgens worden bepaald hoeveel tijd er nodig is om deze energie te verstrekken;
- Bij een bepaalde bezettingsgraad van tank- en vulpunten (deel van de dag dat een vul- of laadpunt bezet is) kan worden bepaald hoeveel tank- of vulpunten er nodig zijn.

De hiervoor benodigde aannames zijn in overeenstemming met het Klimaatakkoord, de Routeradar en de Nationale Energieverkenning (NEV2017).

Vervolgens is gekeken naar (globale) geschikte locaties voor deze infrastructuur. Ook is de hoeveelheid infrastructuur zoals bepaald in deze studie vergeleken met regionale plannen en studies om vast te stellen of deze beelden verenigbaar zijn. Tot slot is een aantal specifieke vragen die wel relevant zijn voor deze casus, maar die niet direct volgen uit de kwantitatieve analyse. Deze vragen zijn geselecteerd door Rijkswaterstaat en het Ministerie van IenW.

Wegvoertuigen op elektriciteit

Uit deze analyse blijkt dat de behoefte aan snellaadpunten in Nederland sterk zal toenemen tot ongeveer 4.400 voor lichte voertuigen (personen- en bestelauto's) en bijna 300 voor zware voertuigen (vrachtwagens en trekker-opleggers) in 2030.

Indien de kans op een vrij snellaadpunt (resultierend in een groter aantal snellaadpunten met lagere bezettingsgraad) zwaarder weegt dan de meerkosten van een groter aantal snellaadpunten, kan het aantal snelladers oplopen tot respectievelijk 8.200 en ruim 500. Elk snellaadpunt wordt in dat geval 2,6 uur per etmaal bezet in plaats van 4,8 uur.

Snelladers zullen slechts een beperkt deel van de elektriciteit voorzien. Het totale aantal benodigde laadpunten, inclusief 'reguliere' laadpunten met lagere vermogens, zal daarom veel hoger zijn dan dit aantal.

Ook specifiek langs en nabij het hoofdwegennet zal de behoefte aan snellaadpunten aanzienlijk zijn: 2.900 voor lichte voertuigen en 115 voor zware voertuigen. Van deze 115 snellaadpunten zullen er 38 moeten worden gerealiseerd op de belangrijke vrachtwagencorridors (TenT en MIRT). Bij een lagere gemiddelde bezettingsgraad zal de totale behoefte aan snellaadpunten langs en nabij het hoofdwegennet respectievelijk ongeveer 8.000 en 340 bedragen.

Dit grote aantal snellaadpunten kan niet zondermeer worden gerealiseerd op de bestaande verzorgingsplaatsen waar al tankinfrastructuur aanwezig is vanwege een gebrek aan fysieke ruimte en vanwege de capaciteit op het elektriciteitsnet. Het is daarom van belang om snelladers met hoge vermogens te realiseren (ca. 350 kW voor personen- en bestelauto's), vooral op verzorgingsplaatsen waar een grote behoefte aan snelladers wordt verwacht. Hierdoor kan er sneller elektriciteit worden geleverd en zijn er minder laders nodig. Ook kan er worden gezocht naar andere locaties dan verzorgingsplaatsen, met name voor vrachtauto's maar ook voor personenauto's. Hierbij dient rekening te worden gehouden met mogelijke complicaties, zoals grondbezit door derden of complexe situaties ten aanzien van de aansluiting op het middenspanningsnet bijv. door de aanwezigheid van bebouwing.

Wegvoertuigen op waterstof

In totaal zullen er voor lichte voertuigen ongeveer 360 waterstofvulpunten nodig zijn (uitgaande van de voertuigaantallen voorzien in het klimaatakkoord, zie Tabel 1). Voor zware voertuigen nog eens 66. Hiervan zullen er respectievelijk 140 en 26 benodigd zijn langs en nabij het hoofdwegennet. Het huidige aantal verzorgingsplaatsen met een tankstation is voldoende om deze waterstofvulpunten te realiseren. Indien de waterstoftankstations middels tankwagens van waterstof worden voorzien, leidt dit tot een groot aantal leveringen (gemiddeld ongeveer 2,3 per dag per vulpunt) en daardoor tot een grote hoeveelheid extra gereden kilometers door tankwagens. Of dit leidt tot onaanvaardbare veiligheidsrisico's dient nader te worden geanalyseerd. Door lokale productie van waterstof of de aanvoer via pijpleidingen kan de inzet van 'tube-trailers' worden beperkt. Bovendien is er nog geen uitsluitsel over de toelaatbaarheid van het gecombineerd aanbieden met andere brandstoffen (zoals bio(diesel) en benzine) in hetzelfde tankstation vanwege veiligheid.

Wegvoertuigen op CNG en LNG

Voor CNG en LNG geldt dat het benodigde aantal vulpunten om te voldoen aan de vraag beperkt zal zijn. Bij een redelijke bezettingsgraad (4,8 uur per etmaal) zou in de energiebehoefte kunnen worden voorzien met 28 CNG-vulpunten voor lichte voertuigen en 10 LNG-vulpunten voor zware voertuigen in 2030 in Nederland.

Wanneer er 7.000 LNG-vrachtwagens in plaats van 3.500 zouden rijden in 2030, wat volgens de Routeradar mogelijk is onder gunstige omstandigheden voor het gebruik van LNG-voertuigen, zou er behoefte ontstaan naar 20 LNG-vulpunten. Als de gemiddelde bezetting lager is (2,6 uur per dag) zou dat aantal zelfs 35 kunnen bedragen.

Dit is niet voldoende om een 'dekkend' netwerk te realiseren waarbij voertuigen niet of zeer gering hoeven om te rijden om te tanken en er een alternatieve tanklocatie aanwezig is in het geval er één uitvalt. Wanneer er geen dekkend netwerk wordt gerealiseerd is het van belang om de vulpunten te realiseren op locaties waar de voertuigen worden ingezet en op zoek te gaan naar synergie met andere modaliteiten zoals de binnenvaart

Een beperkte dekking zou een barrière kunnen zijn voor het vergroten van LNG-voertuigvloot. Indien er wel een 'dekkend' netwerk wordt gerealiseerd, zal de bezettingsgraad lager zijn. Dit leidt tot relatief hogere afschrijving van infrastructuur, wat waarschijnlijk zal doorwerken in een hogere brandstofprijis. Bij voldoende marge op de brandstof zou het echter ook mogelijk kunnen zijn om een tankstation rendabel te exploiteren bij lagere bezettingsgraden dan onderzocht in deze studie.

Tabel 1: Samenvatting van benodigde infrastructuur bij een bezettingsgraad van 20% in 2030. * het aantal CNG-voertuigen is gebaseerd op het totaal aantal gereden kilometers volgens de NEV2017 en een aangenomen kilometrage van gemiddeld 30.000 km/jaar.

		# Voertuigen	# Snellaad/ tankpunten in NL	# Snellaad/ tankpunten langs HWN	Opmerkingen
Personen- en bestelauto's	Elektriciteit	1.785.000	4.400	2.900	Op een aantal verzorgingsplaatsen zou dit resulteren in zeer veel snelladers. Door gebruik van laders met hogere vermogens (bijv. 350 kW in plaats van de aangenomen 120 kW) zijn minder snelladers nodig en daardoor minder fysieke ruimte.
	Waterstof	330.000	360	140	Distributie van waterstof middels tankwagens / 'tube trailer' leidt tot veel leveringen en daardoor veel extra kilometers. Transport via pijpleidingen of lokale productie zouden dit kunnen verminderen.
	CNG	~11.000*	28	5	Dit aantal vulpunten leidt niet tot een dekkend netwerk. Vanwege omrijden en het risico dat er geen station beschikbaar is als het dichtstbijzijnde station buiten werking is, kan dit leiden tot een kleinere vraag naar dergelijke voertuigen.
Vrachtwagens en trekker-opleggers	Elektriciteit	15.000	300	115	Om grote accu's van vrachtwagens voldoende snel te kunnen opladen zijn hoge vermogens nodig.
	Waterstof	7.700	66	26	Zie opmerking waterstof bij personen- en bestelauto's.
	LNG	3.500	10	3	- Bij 7.000 in plaats van 3.500 LNG-trucks, zouden er 20 vulpunten nodig zijn. - Indien tankstations kunnen worden geëxploiteerd met een lagere bezettingsgraad zijn er voor 7.000 voertuigen 35 vulpunten nodig. - Zie ook opmerking bij CNG.

Binnenvaart

Volgens de Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens zullen er in 2025 50 zero-emissie binnenvaartschepen varen. In het klimaatakkoord wordt gesteld dat de binnenvaartsector en de Rijksoverheid inzetten op tenminste 150 emissievrije binnenvaartschepen en een bijmengingspercentage van 30% biobrandstoffen in aanloop naar 2030.

De eerste emissievrije schepen zullen waarschijnlijk zijn uitgerust met een modulaire energievoorziening waarbij de energiedragers en (een gedeelte van) de aandrijving in containers zijn ingebouwd. Deze containers, gevuld met bijv. batterijen of een brandstofcel, kunnen worden gewisseld zoals dat ook gebeurt met goederencontainers. Aangezien containerschepen toch al aanmeren bij containerterminals waar de benodigde kranen aanwezig zijn, ligt het voor de hand dat dergelijke schepen als eerste van een dergelijk modulair worden voorzien. Dit betekent dat er in de komende jaren voldoende capaciteit op het elektriciteitsnetwerk moet zijn voor het laden van batterijen of het produceren van waterstof langs en nabij een aantal containerterminals. Momenteel wordt in een andere TNO-studie nader onderzocht welke containerterminals hiervoor het meest geschikt zijn en hoe een dergelijk systeem ingericht zou kunnen worden.

Voor schepen op waterstof, al dan niet met een modulair aandrijvingsstelsel, geldt dat ze waarschijnlijk vooral worden ingezet op langere (internationale) routes. Typisch vertrekken (of passeren) deze schepen één van de grote zeehavens van Rotterdam, Amsterdam of Antwerpen. Vanwege de synergie met zeevaart en het vrachtverkeer en met waterstofindustrie in deze havens, ligt het voor de hand om opslag en distributie van waterstof in eerst instantie op deze locaties te ontwikkelen.

Aanbevelingen

Ten behoeve van een toekomstbestendige en robuuste infrastructuur voor alternatieve energiedragers kan een aantal acties worden ondernomen, te weten:

- Monitor de ontwikkeling van aantal voertuigen per energiedrager om vraag en aanbod van de verschillende energiedragers op te lijnen, ter voorkoming van onder- of overbezetting van tank- en laadpunten.
- Realiseer snelladers met hoge vermogens (~350 kW voor personen- en bestelauto's) op verzorgingsplaatsen waar een grote vraag naar elektriciteit zal ontstaan, omdat hierdoor minder laders en daardoor minder fysieke ruimte nodig zal zijn
- Onderzoek geschikte locaties voor het opladen van elektrische voertuigen in de buurt van het hoofdwegennet, om verzorgingsplaatsen te ontlasten. Dit geldt voor personen- en bestelauto's maar ook zeker voor vrachtwagens en trekkeropleggers.
- Onderzoek de gevolgen van mobiliteit op het lokale energiesysteem. Dit kan bijv. door mobiliteit op te nemen in de RES'en.
- Ga vroeg in gesprek met netbeheerders om mogelijke barrières ten aanzien van benodigde netwerkenaanpassingen in kaart te brengen en mogelijk tijdig te slechten. Dit vergroot de kans op een goede aansluiting van het aanbod bij de vraag naar snelladers.
- Realiseer waterstofinfrastructuur op zo'n manier dat toevoer leidt tot beperkte hoeveelheid extra voertuigkilometers, omdat dit leidt tot minder congestie, transportkosten en veiligheidsproblemen. Dit kan bijv. door lokale waterstofproductie of toevoer via pijpleiding.

- Spits infrastructuur voor LNG en CNG toe op locaties waar vraag is, omdat dit leidt tot een betere bezettingsgraad en daardoor een rendabelere exploitatie.
- Onderzoek de mogelijke gevolgen voor de veiligheid wanneer er verschillende alternatieve energiedragers worden aangeboden bij hetzelfde tankstation (multi-fuel tankstations).
- Onderzoek de invloed van de bezettingsgraad van tankstations op de benodigde marges om de stations rendabel te kunnen exploiteren.
- Onderzoek in meer detail de vraag naar snellaadinfrastructuur door onderscheid te maken naar typen inzet van elektrische voertuigen, bijv. gebruikers die veel kilometers en weinig kilometers maken.
- Onderzoek in meer detail wat de gevolgen zijn van de ingroei van nul-emissie binnenvaartschepen op de hiervoor benodigde infrastructuur.

Summary

In June 2019 the Dutch National Climate Agreement was made. This agreement includes various actions to reduce CO₂ emissions by 49% in 2030 compared to 1990. Also the mobility sector is part of this agreement. For this sector an increase of the share of low or zero emission vehicles is an important aim. As a result, also the demand for alternative fuels or energy carriers will rise. In order to meet this demand, a proportionate infrastructure for these energy carriers needs to be built.

A second important driver for the further development of infrastructure for alternative energy carriers is a European directive known as the Alternative Infrastructure Directive (2014/94/EU). This directive is in place to ensure that EU members will realise a proportionate infrastructure, especially on important European transnational corridors. All EU members states are required to develop national policy frameworks for the market development of alternative energy carriers and their infrastructure.

In this study, the development of the demand for infrastructure is determined between 2020 and 2030 to support the AFID as well as the Dutch National Climate Agreement. The selected energy carriers included in this study are electricity, hydrogen, LNG and CNG. The focus is mainly on the Dutch core network.

The proportionate amount of infrastructure are determined using the following steps:

- Determine the energy use per energy carrier based on
 - Number of vehicles
 - Annual mileage
 - Energy efficiency
 - Share of the energy refuelled at the Dutch core network
- At a certain filling speed and additional time required for other activities such as paying, the overall time required for supplying the total energy can be determined.
- Based on a certain occupancy rate of the refuelling station (share of the day that a refuelling point is occupied) the appropriate amount of refuelling points can be determined.

The assumptions made for this study are in line with the Dutch National Climate Agreement and other Dutch studies such as the National Energy Outlook 2017 and another Dutch outlook on the development of sustainable mobility called the 'Routeradar'.

The next step was to look for (globally) suitable locations for this infrastructure. The amount of infrastructure as determined in this study was also compared with regional plans and studies to determine whether these call groups are compatible. Finally, there are a number of specific questions that are relevant to this case, but which do not follow directly from the quantitative analysis. These questions were selected by Rijkswaterstaat and the Ministry of Infrastructure and the Environment.

Road vehicles powered by electricity

From this analysis can be concluded that the need for fast charging points in the Netherlands will increase significantly to around 4400 for light vehicles (cars and delivery vans) and almost 300 for heavy vehicles (trucks and semi-trailers) by 2030.

If the probability of a unoccupied fast charging point (resulting in a larger number of fast charge points with lower occupancy rate) outweighs the additional costs of a larger number of fast charging points, the number of fast chargers could rise to 8200 and more than 500 respectively.

Fast-chargers will only provide a limited part of the electricity. The total number of charge points required, including 'regular' lower powered charging points, will therefore be much greater than the number mentioned above.

There will also be a considerable need for fast charging points specifically along the core road network, i.e. 2900 for light vehicles and 115 for heavy vehicles. Of these 115 fast charging points, 38 will have to be built on roads that form the core freight transport corridors (TenT and MIRT). At a lower average occupancy rate, the total need for fast loading points along and near the core road network will be around 8000 and 340 respectively.

This large number of fast charging points cannot be realised at existing service areas along the Dutch core road network where tank infrastructure is already available. This is due to a lack of physical space and to insufficient capacity on the electricity grid. It is therefore important to realise high-power fast chargers (~350 kW for cars and delivery vans), especially at service areas where a high demand for fast chargers is expected. This means that electricity can be supplied more quickly and fewer chargers are needed. Another way to realise sufficient fast chargers is identifying other locations than existing service areas, particularly for lorries. Possible complications for this alternative are land ownership by third parties or complex situations related to the connection to the medium-voltage grid, for example due to the presence of buildings.

Hydrogen-powered road vehicles

In total, about 360 hydrogen filling points will be required for light vehicles (based on the vehicle numbers provided for in the Dutch Climate Agreement, see Table 1). For heavy vehicles another 66 would be required. Of these, respectively 140 and 26 will be needed along the core road network. The current number of service areas with a filling station is sufficient to realise these hydrogen filling points. If the hydrogen filling stations are supplied with hydrogen by tube-trailers, this will lead to a large number of deliveries (on average approximately 2.3 per day per filling point) and therefore to a large number of extra truck kilometres. Whether this leads to unacceptable safety risks requires further analysis. Local production of hydrogen or supply via pipelines can limit the use of tube trailers. Moreover, whether multi fuel refuelling stations, also supplying hydrogen, are permissible is currently under investigation for safety reasons.

Road vehicles on CNG and LNG

For CNG and LNG, the number of filling points required to meet demand will be limited. At a reasonable occupancy rate (4.8 hours a day), the energy demand could be met with 28 CNG filling points for light vehicles and 10 LNG filling points for heavy vehicles in the Netherlands by 2030. If 7000 LNG trucks instead of 3500 were to run on LNG in 2030, which according to the Routeradar is possible under favourable conditions for the use of LNG vehicles, there would be a need for 20 LNG filling points. If the average occupancy is lower (2.6 hours per day), the number could be as high as 35.

These numbers are not enough to create a network with an high geographical coverage. As a result, vehicles would have to make a detours to refuel or no alternative refuelling location available in the event of one failing. If a network with limited coverage is realised, it is important to realise the filling points at locations where the vehicles are deployed and to look for synergy with other modalities such as inland shipping.

Limited coverage could be a barrier to growth of the LNG vehicle fleet. If a network with significant geographical coverage is realised, the occupancy rate will be limited. This leads to relatively higher depreciation costs of infrastructure, which will probably result in a higher fuel price. However, with a sufficient margin on the fuel, it might be possible to operate a filling station profitably at lower occupancy rates than those investigated in this study.

		# vehicles	# fast chargers / filling points in NL	# fast chargers / filling points along core network	Remarks
Passenger cars and ICVs	Electricity	1.785.000	4.400	2.900	On several service areas these amounts would lead to a large number of fast chargers. By realising chargers with higher power (e.g. 350 kW instead of the assumed 120 kW), fewer fast chargers are needed and therefore less physical space.
	Hydrogen	330.000	360	140	Distribution of hydrogen via 'tube trailer' leads to many deliveries and therefore many additional kilometres. Local hydrogen production or pipeline transportation could reduce this.
	CNG	~11.000*	28	5	This number of filling points does not lead to a network with high geographical coverage. Due to detours and the risk of no station being available when the nearest station is out of order, this can lead to a smaller demand for such vehicles.
Trucks and semi-trailers	Electricity	15.000	300	115	In order to charge large truck batteries sufficiently quickly, high capacities are required.
	Hydrogen	7.700	66	26	See remark on hydrogen for passenger cars and LCVs.
	LNG	3.500	10	3	- At 7000 instead of 3500 LNG trucks, 20 filling points would be needed. - If filling stations can be operated with a lower capacity utilisation rate, 7000 vehicles would require 35 filling points. - See also remark on CNG.

Table 1: Summary of the required infrastructure at a 20% occupancy rate in 2030. *The number of CNG vehicles is based on the total number of kilometres driven according to NEV2017 and an assumed mileage of an average of 30,000 km/year.

Inland navigation

According to the Dutch "Green Deal for Shipping, Inland Navigation and Ports", fifty zero-emission inland navigation vessels will be sailing by 2025. The climate agreement states that the inland shipping sector and the central government are committed to at least 150 zero-emission inland shipping vessels and a 30% biofuels blend towards 2030.

The first zero-emission vessels will probably be equipped with a modular energy supply with the energy carriers and (part of) the propulsion system built into freight containers. These containers, filled with, for example, batteries or a fuel cell, can be exchanged in the same way as regular freight containers. Since container ships already call into container terminals and since the necessary cranes are present, it is likely that container ships will be the first to be fitted with such a modular energy system. This means that in the coming years there must be sufficient capacity on the electricity network to charge batteries or produce hydrogen along and near a number of container terminals. Another TNO study is currently investigating which container terminals are the most suitable for this purpose and how such a system could be set up.

Hydrogen-powered ships, with or without a modular propulsion system, are likely to be used mainly on longer (international) routes. Typically, these ships depart from (or pass through) one of the major seaports of Rotterdam, Amsterdam or Antwerp. Because of the synergy with shipping and freight traffic and with the hydrogen industry in these ports, it would be beneficial to develop hydrogen storage and distribution at these locations in the first instance.

Recommendations

From the analyses in this study, several recommendations were derived that could increase the possibility of realising a future-proof and robust infrastructure for alternative energy carriers, i.e.:

- Monitor the development of the number of vehicles per energy carrier in order to match supply and demand of the different energy carriers, in order to avoid under- or over-utilisation of refuelling and charging points.
- Realise high-power fast chargers (~350 kW for cars and delivery vans) in service areas where there will be a high demand for electricity, as this will lower the demand for chargers and therefore required physical space.
- Investigate suitable locations for charging electric vehicles near the core road network besides the existing service areas, in order to relieve the burden on these. This applies especially to trucks and semi-trailers and to a lower extent to passenger cars and LCVs.
- Assess the effects of mobility on the local energy system. This can be done, for example, by including mobility in the Dutch Regional Energy Strategies (RES).
- Connect with network operators at an early stage in order to identify possible barriers with regard to the necessary network modifications and possibly to deal with them in time. This will increase the chance that supply and demand for fast chargers will be properly matched.
- Realise hydrogen infrastructure in such a way that supply leads to a limited amount of additional 'tube trailers' kilometres, this will lead to less congestion, transport costs and safety issues. This can be done, for example, by local hydrogen production or supply via pipeline.
- Realise infrastructure for LNG and CNG at locations where there is demand, because this leads to a better occupancy rate and therefore a more profitable operation.
- Investigate the possible safety implications when different alternative energy carriers are offered at the same refilling station (multi-fuel fuel stations).
- Investigate the influence of the occupancy rate of filling stations on the margins required to operate the stations profitably.

- Investigate in more detail the demand for fast charging infrastructure by making a distinction between the types of use of electric vehicles, for example, users with high and low mileage.
- Investigate in more detail the effects of the implementation of zero-emission inland navigation vessels on the required infrastructure.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
	Summary	7
1	Inleiding	14
1.1	Aanleiding.....	14
1.2	Doelstelling	15
1.3	Afbakening	15
1.4	Onzekerheden door energietransitie.....	16
1.5	Vulpunten, tankstations, laadpunten, laadpalen en laadstations.....	16
1.6	Leeswijzer	16
2	Aanpak	18
2.1	Bepalen van de behoefte aan energiedragers	18
2.2	Inventariseren / valideren van geschikte locaties voor infrastructuur	22
3	Behoefte naar verschillende energiedragers	24
3.1	Behoefte aan infrastructuur voor energiedragers op het (hoofd)wegennet	24
3.2	Ontwikkeling van infrastructuur voor binnenvaart	32
4	Inventariseren van geschikte locaties voor infrastructuur	36
4.1	Criteria voor het aanleggen van infrastructuur voor alternatieve energiedragers ...	36
4.2	Bepalen potentiële locaties en aantal vul/laadpunten per locatie	40
5	Analyse van de interactie met/impact op regionale plannen en studies	47
5.1	Relatie tussen het Klimaatakkoord en de RES	47
5.2	Nationaal klimaatakkoord	48
5.3	Regionale Energiestrategieën van drie geselecteerde regio's	48
6	Specifieke vragen	51
6.1	Op wat voor locaties zal een concentratie van infrastructuur voor waterstof en elektrisch wenselijk zijn?.....	51
6.2	Welke ontwikkelingen worden verwacht van nieuwe laadtechnieken?.....	54
6.3	Welke ontwikkelingen worden verwacht van nieuwe energiedragers?.....	56
6.4	Hoe zal de vraag naar en beschikbaarheid van biobrandstoffen ontwikkelen?	60
6.5	Wat is het effect van de veranderende infrastructuur voor de businesscase ten aanzien van de verkoop van energiedragers?	61
6.6	Wat zijn mogelijke verdienmodellen ten aanzien van energieopslag?	62
7	Conclusies en aanbevelingen	64
7.1	Conclusies	64
7.2	Aanbevelingen.....	67
8	Ondertekening	69

Bijlage(n)

- A "Core networks"
- B Voertuigintensiteiten op het Nederlandse hoofdwegennet
- C Aannames voor berekeningen
- D Verdeling van de behoefte naar tank- en laadinfrastructuur over het hoofdwegennet
- E Stuurgroepsamenstelling

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Nederland heeft in 2015 ingestemd met het internationale klimaatakkoord in Parijs. Dit akkoord heeft als doel om de opwarming van de aarde te beperken tot ruim onder 2°C. Voor Nederland betekent dit dat de CO₂-emissies tussen 2020 en 2050 lineair moeten worden gereduceerd tot een niveau dat 85% tot 95% lager is dan in 1990. In het akkoord is ook afgesproken dat er zal worden gestreefd naar een temperatuurstijging van maximaal 1,5°C. In dat geval zouden de CO₂-emissies lineair moeten afnemen tot een niveau onder nul CO₂-emissies in 2050¹.

In juni 2018 is een voorstel voor een Klimaatwet ingediend. Dit wetsvoorstel gaat uit van 95% minder CO₂-uitstoot in 2050 (en al 49% in 2030) ten opzichte van 1990. De acties die genomen zullen worden om te voldoen aan deze ambities zijn opgenomen in het Klimaatakkoord². Hierin zijn ook acties opgenomen om de CO₂-uitstoot van de mobiliteitssector richting 2030 verder te reduceren.

Voor mobiliteit zijn er in het Klimaatakkoord ambities opgenomen zoals:

- Streven naar 100% emissieloze nieuwverkoop van personenauto's in 2030. Daartoe zijn in 2030 ongeveer 1,8 miljoen laadpalen beschikbaar;
- Alle (circa 5000) OV-bussen zijn uiterlijk in 2030 100% emissieloos;
- Invoering van ZE-zones voor goederenvervoer in een aantal steden.

Dit betekent dat de vraag naar alternatieve energiedragers zal toenemen. Om aan deze vraag te kunnen voldoen zal er voldoende aanbod van deze energiedragers moeten zijn op geschikte locaties.

Een andere driver voor de ontwikkeling van infrastructuur voor alternatieve energiedragers is de Europese richtlijn 2014/94/EU betreffende de uitrol van infrastructuur voor alternatieve brandstoffen, ook wel bekend als de AFID. Deze richtlijn eist dat landen een passend infrastructuurnetwerk realiseren voor elektriciteit en LNG en CNG, met extra aandacht voor drukke Europese wegen³. Lidstaten zijn in dit kader verplicht om de Europese Commissie te informeren over de ontwikkeling van de markt voor deze alternatieve energiedragers in de vervoerssector en de inzet van de relevante infrastructuur. Dit dient te gebeuren middels zogenaamde nationale beleidskaders. Ondanks dat waterstof in de AFID wordt benoemd als belangrijke energiedragers waarvoor infrastructuur dient te worden gerealiseerd, is het voor landen niet verplicht om waterstof op te nemen in deze beleidskaders.

¹ [Wat betekent het Parijsakkoord voor het Nederlandse langetermijn-klimaatbeleid? PBL, 18 november 2016](#)

² [Klimaatakkoord, Den Haag, 28 juni 2019](#)

³ [Richtlijn 2014/94/EU van het Europees parlement en de raad van 22 oktober 2014 betreffende de uitrol van infrastructuur voor alternatieve brandstoffen](#)

1.2 Doelstelling

De doelstelling van dit project is om de behoefte te bepalen (grootte en locatie) van infrastructuur voor een aantal alternatieve energiedragers (elektriciteit, waterstof, LNG/CNG) voor mobiliteit in Nederland in 2020, 2025 en 2030 op het hoofdwegennet en het hoofdvaarwegennet.

Dit project wordt uitgevoerd ten behoeve van ondersteuning van het

- Nationaal beleidskader voor de Europese richtlijn 2014/94/EU, ook wel de AFID;
- Nationale Klimaatakkoord en brandstofvisie (NL).

Deze studie zal waar mogelijk in lijn zijn met en aanvullend zijn aan ander werk, zoals de Route Radar, Klimaatakkoord, Nationale Agenda Laadinfrastructuur.

Om dit te waarborgen zal waar mogelijk:

- gebruik worden gemaakt van bestaande data;
- worden afgestemd met stakeholders / stuurgroep (zie bijlage E voor overzicht van de stuurgroepleden).

1.3 Afbakening

Focus op het hoofdwegennet

In het project zal in kaart worden gebracht hoe de behoefte aan infrastructuur voor alternatieve energiedragers zal ontwikkelen tussen 2020 en 2030 langs en nabij dit hoofdwegennet. De verdeling van deze behoefte wordt bepaald per wegsegment van 20 tot 50 km lengte.

Op deze segmenten wordt bepaald wat mogelijke goede locaties zouden zijn voor deze infrastructuur, bijv. vanwege synergie met:

- bestaande verzorgingsplaatsen eventueel met tankinfrastructuur;
- langs de afritten van snelwegen, vanwege synergie en goede bereikbaarheid vanuit onderliggend wegennet, en tweezijdige bereikbaarheid;
- bestaande / geplande netwerken voor de distributie van waterstof of elektriciteit;
- aanvoerroutes voor energiedragers bijv. via binnenvaart.

Voor het vrachtvervoer wordt extra aandacht gegeven aan de belangrijke Europese corridors.

De rest van het Nederlandse wegennet wordt meegenomen als "black box". Dit betekent dat er wel zal worden bepaald wat de behoefte aan infrastructuur voor alternatieve energiedragers zal zijn, maar niet hoe deze infrastructuur geografisch zou moeten worden verdeeld.

Energiedragers op basis van de AFID

De energiedragers waarop de nadruk ligt in deze studie zijn de relevante nieuwe energiedragers die genoemd worden in de AFID en waarvoor een nieuw infrastructuurtype dient te worden uitgerold. Dit zijn elektriciteit, waterstof, LNG, CNG. Daarnaast komen ook vloeibare brandstoffen aan bod.

Voertuigen

De analyse wordt uitgevoerd voor een aantal modaliteiten. De nadruk ligt op wegtransportsegmenten (personenauto's, bestelauto's, vrachtwagens en

trekker-opleggers). Daarnaast wordt ook de benodigde infrastructuur voor binnenvaart en zeevaart wordt behandeld.

1.4 Onzekerheden door energietransitie

De ontwikkeling van de behoefte aan infrastructuur voor alternatieve energiedragers wordt beïnvloed door een aantal factoren waarvan de ontwikkeling onzeker is. Voorbeelden van deze factoren zijn prijs en beschikbaarheid van voertuigen en infrastructuur. Deze worden weer beïnvloed door onder andere (overheids)beleid, technologieontwikkeling, beschikbaarheid van materialen, (vraag)ontwikkelingen in andere landen. Wanneer de ontwikkeling van één of meerdere van deze factoren (aanzienlijk) afwijkt van hetgeen dat is aangenomen in deze studie (of in andere studies waarvan gebruik is gemaakt in deze studie), kan ook de werkelijke ontwikkeling van de behoefte naar infrastructuur voor alternatieve energiedragers afwijken van de hier gepresenteerde resultaten. Het is daarom van belang om de werkelijke ontwikkelingen te monitoren, te evalueren welke effecten dit kan hebben op de resultaten en deze mogelijk opnieuw te bepalen. Op basis deze nieuwe resultaten kunnen beleid en / of ambities vervolgens worden bijgestuurd.

1.5 Vulpunten, tankstations, laadpunten, laadpalen en laadstations

In deze studie wordt gebruik gemaakt van de termen 'vulpunt', 'tankstation', 'laadpunt' en 'laadstation'. Met de term 'vulpunten' wordt bedoeld: het aantal vulpistolen dat simultaan kan worden gebruikt. Bij een regulier tankstation kan de consument bij elke pomp kiezen uit verschillende typen brandstoffen, zoals benzine E95, benzine E98 en diesel. Er kan echter maar één brandstof tegelijk door de pomp worden verstrekt. In dat geval betreft het dus één vulpunt. Tankstations hebben over het algemeen meerdere vulpunten. Voor vloeibare en gasvormige alternatieve brandstoffen / energiedragers geldt dat ze op een vergelijkbare manier worden verstrekt als conventionele brandstoffen. Daarom worden de termen 'vulpunt' en 'tankstation' op dezelfde manier gehanteerd.

Voor het verstrekken van elektrische energie wordt gebruik gemaakt van laders. Met de term 'laadpunt' wordt bedoeld het aantal stekkers dat simultaan kan worden gebruikt. In veel gevallen zijn er twee 'laadpunten' aanwezig per 'laadpaal'. Snellaadpalen hebben doorgaans meerdere typen stekkers, waarvan er maar één tegelijkertijd kan worden gebruikt. In dat geval is er dus maar één 'laadpunt' per 'laadpaal'. Per 'laadstation' kunnen één of meerdere 'laadpalen' aanwezig zijn, elk met één of twee 'laadpunten'.

1.6 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zal de gehanteerde aanpak verder worden uitgewerkt. De behoefte naar verschillende energiedragers en bijbehorende infrastructuur wordt bepaald in hoofdstuk 3. Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 geïnventariseerd op welke locaties er mogelijk synergie is tussen nieuwe infrastructuur en bestaande structuren, zoals netwerken of geschikte toevoerwegen. Bovendien wordt er in dit hoofdstuk bekeken of er voldoende capaciteit is op het bestaande elektriciteitsnetwerk om te kunnen voldoen aan de vraag naar elektriciteit als energiedrager.

In Hoofdstuk 5 worden de uitkomsten van de analyses uit de voorgaande hoofdstukken vergeleken met plannen die op regionaal niveau tot dusverre zijn gemaakt door verschillende partijen. Hoofdstuk 6 is gereserveerd voor een aantal losse, meer kwalitatieve vragen. Hier zal ook worden gekeken naar infrastructuur behoefte voor andere modaliteiten dan wegvervoer. Tot slot worden de conclusies gepresenteerd in hoofdstuk 7.

2 Aanpak

Om te komen tot de doelstelling zoals opgenomen in paragraaf 1.2, zal een aantal stappen worden doorlopen. De aanpak is hieronder beschreven en is schematisch weergegeven in Figuur 1.

2.1 Bepalen van de behoefte aan energiedragers

De nadruk in deze studie ligt op het wegvervoer. De binnenvaart wordt in minder detail behandeld aangezien hiervoor een separaat project is opgestart. Dit wordt verder toegelicht in paragraaf 3.2.

2.1.1 *Benodigde parameters*

Voor de analyse voor de wegvoertuigen zijn waarden bepaald voor een aantal parameters die nodig zijn voor het bepalen van de behoefte aan tank- en laadinfrastructuur, te weten:

- Voertuigintensiteiten op het Nederlandse (hoofd)wegennet op basis van (interpolatie van) LMS-data (bijlage B);
- Aandelen van voertuigen met verschillende aandrijvingen op het hoofdwegennet op basis van een aantal bronnen, te weten:
- Typische inhoud van de tank / accu;
- Typische energie-efficiëntie van voertuigen⁶;
- Aandeel van de totaal gereden kilometers dat voertuigen gemiddeld afleggen op het Nederlandse hoofdwegennet;
- Aandeel brandstof getankt / geladen langs en nabij het hoofdwegennet;
- Afvuilsnelheid / laadvermogen van de infrastructuur;
- Aandeel van de tank / accu gevuld tijdens tanken / laden;
- Bezettingsgraad van het tank- of laadpunt: deel van de dag dat een tank - of laadpunt bezet is;
- Additionele tijd bij vulpunt, bijv. voor afrekenen.

De waarden voor al deze parameters zijn bepaald voor

- verschillende voertuigcategorieën:
 - lichte voertuigen (personenauto's en bestelauto's)
 - zware voertuigen (vrachtwagens en trekker-opleggers);
- verschillende energiedragers: vloeibaar⁴, elektriciteit, waterstof, CNG⁵, LNG;
- de jaren 2020, 2025 en 2030.

Voor het bepalen van de waarden van deze parameters zijn verschillende bronnen gebruikt waaronder de NEV2017, Routeradar, Klimaatakkoord, Nationale Agenda Laadinfrastructuur en data van CBS en PBL ten aanzien van voertuigprestaties. Alle gehanteerde waarden voor de verschillende parameters zijn opgenomen in bijlage C.

⁴ De term vloeibaar wordt gehanteerd voor benzine en diesel en alle equivalenten op basis van biomassa (vleibare biobrandstoffen) en elektriciteit (vleibare power-2-fuels / electrobrandstoffen).

⁵ CNG is gebruikt omdat deze term ook wordt gebruikt in de AFID. In deze studie zouden ook andere gasvormige vormen van methaan hieronder kunnen worden geschaard, zoals bio-CNG ofwel CBG.

Voor het bepalen van de aantallen en aandelen gereden kilometers is zoveel mogelijk uitgegaan van de NEV 2017. In het geval er expliciete ambities zijn genoemd in het Klimaatakkoord of in de Routeradar, zijn deze overgenomen. De expliciete ambities uit deze twee publicaties zijn weergegeven in Tabel 2. Hierbij geldt dat voor elektrisch en waterstof alle data afkomstig zijn uit de voor het klimaatakkoord opgestelde DEM-tabellen. Voor LNG is het totaal aantal voertuigen afkomstig uit de Routeradar⁶, waarbij de verdeling tussen vrachtwagens en trekker-opleggers is gebaseerd op de gemiddelde verdeling volgens CBS in 2017. De jaarkilometrages voor LNG-voertuigen zijn gelijk verondersteld aan die van gemiddelde vrachtwagens en trekker-opleggers in 2017. Het energiegebruik van LNG-voertuigen is afkomstig uit een TNO-studie naar LNG⁷, waarbij 1,5% efficiencyverbetering per jaar aangenomen. De uitgangspunten voor CNG zijn gelijk aan die in de NEV2017 en daarom niet opgenomen in Tabel 2.

Tabel 2: Aangenomen aantallen voertuigen, jaarkilometrage en energiegebruik die afwijken van de NEV2017. *Het totale aantal LNG-voertuigen zou volgens de routeradar⁶ in 2030 kunnen oplopen tot 7.000 (in plaats van 3.500) wanneer aan een aantal voorwaarden wordt voldaan.

		Aantal voertuigen [-]			Jaarkilometrage [km/jaar]			Energiegebruik [kWh/km]		
		2020	2025	2030	2020	2025	2030	2020	2025	2030
Elektrisch	Personenauto	27500	370000	1700000	16500	16500	16500	0.19	0.19	0.19
	Bestelauto	13000	36957	85000	24000	24000	24000	0.22	0.20	0.18
	Vrachtwagen	0	1904	9518	50000	50000	50000	1.42	1.42	1.42
	Trekker-oplegger	0	1096	5482	50000	50000	50000	1.69	1.69	1.69
Waterstof	Personenauto	1115	15000	300000	22000	22000	22000	0.31	0.31	0.31
	Bestelauto	500	13043	30000	24000	24000	24000	0.40	0.40	0.40
	Vrachtwagen	0	635	4886	85000	85000	85000	2.15	2.15	2.15
	Trekker-oplegger	0	365	2814	85000	85000	85000	2.55	2.55	2.55
LNG	Vrachtwagen	348	914	1524*	35500	35500	35500	2.46	2.46	2.46
	Trekker-oplegger	452	1186	1976*	74500	74500	74500	2.92	2.92	2.92

Daarnaast is aangenomen dat aandeel elektriciteit dat wordt geladen via snelladers 15% zal bedragen van de totale geladen hoeveelheid elektriciteit. Dit is in overeenstemming met de Nationale Agenda Laadinfrastructuur (NAL)¹¹.

Hoe dit aandeel zich in werkelijkheid zal ontwikkelen is echter onzeker, omdat het afhankelijk is van een groot aantal factoren, zoals de:

- (meer)prijs voor snelladers;
- beschikbaarheid van reguliere laders en snelladers;
- actieradiusontwikkeling van voertuigen.

2.1.2 Gevoeligheidsanalyse

Voor een aantal parameters beschreven in paragraaf 2.1.1 geldt dat ze een grote invloed hebben op de uitkomsten terwijl de ontwikkeling van deze parameters nog erg onzeker is.

⁶ Rapportage Routeradar Brandstofvisie Duurzame energiedragers in mobiliteit (DEM). 26 april 2019

⁷ LNG for trucks and ships: fact analysis Review of pollutant and GHG emissions Final

Deze parameters zijn:

- de bezettingsgraad van het tank- of laadpunt: deel van de dag dat een tank - of laadpunt bezet is
- het aandeel brandstof getankt / geladen langs en nabij het hoofdwegennet.

De bezettingsgraad is onzeker omdat deze beïnvloed wordt door de bereidheid om te wachten op een vrij beschikbaar tank- of laadpunt en door de kosten van de energiedrager. Zo leidt een groot aantal vul- of laadpunten tot een lage gemiddelde wachttijd en een lage bezettingsgraad, maar tot relatief hoge infrastructuurkosten die door de exploitant (deels) worden doorgerekend in de prijs van de energiedrager. De behoefte aan tank- en laadinfrastructuur is daarmee de balans tussen het gewenste kans op een vrij vulpunt / vrije snellader (en daarvoor benodigde aantal vulpunten / snelladers) en de prijs van de energiedragers.

Hoe de prijs van energiedragers zal ontwikkelen is afhankelijk van onder andere:

- kostenontwikkeling van infrastructuur (inclusief verzwaring van het elektriciteitsnet);
- productielocatie in het geval van waterstof (lokaal elektrolyse of centrale productie en transport);
- kostenontwikkeling van de energiedrager inclusief accijns / energiebelasting.

Het aandeel energiedragers dat langs en nabij het hoofdwegennet zal worden getankt / geladen, wordt bepaald door:

- beschikbaarheid van infrastructuur;
- het kostenverschil tussen tank- en laadlocaties, mede bepaald door kosten voor het verkrijgen van een concessie;
- het aandeel van de kilometers dat voertuigen op het hoofdwegennet rijden, zodat zij niet hoeven om te rijden;
- de mogelijkheid om te laden (of tanken) op een moment dat goed past in het gebruiksprofiel. Voor personenauto's is dat bijv. 's-nachts aan huis of overdag op kantoor, voor vrachtauto's is dat bijv. tijdens laden / lossen.

Vanwege deze onzekerheden is er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarvoor de uitkomst is bepaald voor drie verschillende scenario's:

1. Centraal: een centraal scenario;
2. Laag: een scenario met een lage behoefte aan infrastructuur voor alternatieve energiedragers op het hoofdwegennet;
3. Hoog: een scenario met een hoge behoefte aan infrastructuur voor alternatieve energiedragers op het hoofdwegennet.

De aannames die zijn gebruikt voor deze gevoeligheidsanalyse zijn weergegeven in Tabel 3 en Tabel 4. Deze en alle andere aannames voor de verschillende parameters zijn opgenomen in bijlage C.

Deze aannames voor vloeibare brandstoffen zijn gedaan omdat de gemiddelde huidige bezettingsgraad van reguliere tankpunten voor vloeibare brandstoffen ((bio)benzine en (bio)diesel) momenteel ongeveer 7% bedraagt. Voor de andere energiedragers is een spreiding gekozen die realistisch wordt geacht. Het is niet zo dat een lagere bezettingsgraad dan hier aangenomen direct leidt tot een onrendabele situatie.

Voor een aantal energiedragers is aangenomen dat de bezettingsgraad met de tijd zal stijgen. Dit is gedaan omdat er een redelijke infrastructuur aanwezig moet zijn voordat de voertuigen die er gebruik van maken op de weg verschijnen. Naarmate de ratio tussen het aantal voertuigen en de hoeveelheid infrastructuur toeneemt, zal ook de bezettingsgraad toenemen.

Tabel 3: Aangenomen gemiddelde bezettingsgraad in het centrale scenario en in de twee scenario's ten behoeve van de gevoeligheidsanalyse.

Scenario		Zichtjaar		Gemiddelde bezettingsgraad laad- en tankpunten					
				Lichte voertuigen			Zware voertuigen		
				Vloeibaar	Elektrisch	Waterstof	CNG	Vloeibaar	Elektrisch
Centraal	2020	7%	7%	4%	20%	15%	7%	4%	20%
	2025	7%	15%	15%	20%	15%	15%	15%	20%
	2030	7%	20%	20%	20%	15%	20%	20%	20%
Laag	2020	7%	10%	4%	30%	15%	13%	4%	30%
	2025	7%	20%	15%	30%	15%	25%	20%	30%
	2030	7%	30%	30%	30%	15%	30%	30%	30%
Hoog	2020	7%	7%	4%	11%	15%	10%	4%	11%
	2025	7%	10%	7%	11%	15%	11%	8%	11%
	2030	7%	11%	11%	11%	15%	11%	11%	11%

Ook voor het aandeel van de energie die wordt getankt / geladen langs en nabij het hoofdwegennet (Tabel 4) geldt dat het aandeel voor vloeibare brandstoffen is gebaseerd op de huidige situatie.

Voor de andere energiedragers is het aandeel bepaald op basis van:

- het aandeel dat ze op het hoofdwegennet rijden;
- het type vervoer waarvoor de energiedrager voornamelijk zal worden ingezet;
- de mogelijkheid om te laden op momenten dat het geen extra tijd kost, zoals 's nachts aan huis, overdag op kantoor of tijdens laden / lossen voor vrachtwagens.

Tabel 4: Aangenomen gemiddeld aandeel energie getankt / geladen op het hoofdwegennet in het centrale scenario en in de twee scenario's ten behoeve van de gevoeligheidsanalyse. Voor elektriciteit is dit het aandeel van de totale energievraag inclusief reguliere laders met lagere vermogens.

Scenario		Zichtjaar		Aandeel energie getankt / geladen op het hoofdwegennet					
				Lichte voertuigen			Zware voertuigen		
				Vloeibaar	Elektrisch	Waterstof	CNG	Vloeibaar	Elektrisch
Centraal	2020	10%	5%	40%	15%	40%	1%	40%	40%
	2025	10%	8%	40%	15%	40%	3%	40%	40%
	2030	10%	10%	40%	15%	40%	6%	40%	40%
Laag	2020	10%	5%	15%	10%	40%	1%	15%	15%
	2025	10%	5%	15%	10%	40%	2%	15%	15%
	2030	10%	5%	15%	10%	40%	5%	15%	15%
Hoog	2020	10%	10%	60%	15%	40%	3%	60%	60%
	2025	10%	12%	60%	15%	40%	8%	60%	60%
	2030	10%	15%	60%	15%	40%	10%	60%	60%

2.1.3 *Methode voor het bepalen van de behoefte aan energiedragers*

Op basis van deze gegevens kan de behoefte naar infrastructuur worden bepaald op de hieronder beschreven wijze. Per stap is een voorbeeld opgenomen van het benodigde aantal snellaadpunten voor elektrische lichte voertuigen in 2030, voor andere energiedragers is dezelfde benadering gehanteerd:

- aantal voertuigen die gebruik maken van een bepaalde energiedrager (bijv. 1,7 miljoen elektrische personenauto's in 2030).
- jaarkilometrage (bijv. 16.500 km/jaar voor elektrische voertuigen in 2030).
- kilometers gereden op (een deel van) het wegennet door een voertuigcategorie op een energiedrager (bijv. 1,7 mln * 16.500 km/jaar = 28 mld km/jaar).
- totale energiebehoefte van deze voertuigen (bijv. 0.19 kWh/km * 28 mld km = 5,3 TWh/jaar).
- aandeel geladen bij snelladers (bijv. 15% van 5,3 TWh = 795 GWh/jaar)
- hoeveelheid energie getankt / geladen per sessie (bijv. 60 kWh * 60% = 36 kWh).
 - tank of accugroote (bijv. 60 kWh),
 - aandeel getankt / geladen per sessie (bijv. 60%).
- tijd per tank- of laadsessie (bijv. 36 kWh / 120 kW = 18 min + 2 min = 20 min)
 - hoeveelheid energie getankt / geladen per sessie (bijv. 36 kWh).
 - afvuelsnelheid / vermogen van het tank – of laadpunt (bijv. 120 kW).
 - additionele tijd bij tank- of vulpunt (bijv. 2 min).
- aantal tank of laadsessies (bijv. 795 GWh/jaar / 36 kWh = 22 mln/jaar).
- totale tijd die nodig is bij tank- of laadpunten (23 mln * 20 min = 840 jaar).
- gemiddelde deel van de tijd dat een tank- of laadpunt in gebruik is (bijv. 20%).
- aantal benodigde tank – of laadpunten (bijv. 840 jaar / 20% = 4116 snellaadpunten in 2030).

2.2 **Inventariseren / valideren van geschikte locaties voor infrastructuur**

Het doel van deze studie is niet om de exacte potentiële locaties te bepalen waar energiedragers aangeboden zouden kunnen worden.

Wel zal worden gekeken waar mogelijk synergie bestaat met bijv.:

- de aanwezigheid van bestaande rustplaatsen / tankstations;
- andere liggende netwerken voor waterstof of elektriciteit;
- koppelkansen voor verschillende modaliteiten;
- aanvoerroutes voor energiedragers bijv. via binnenvaart.

Hierbij wordt rekening gehouden met veiligheidscontouren.

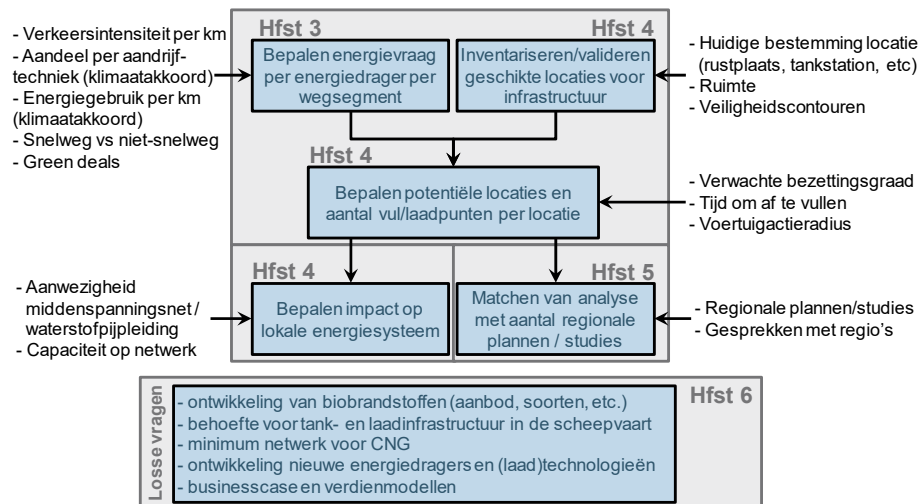
Bepalen van de impact op het lokale energiesysteem

Om te bepalen of de te verwachten behoefte aan verschillende energiedragers zal kunnen worden voldaan, zal worden vastgesteld wat het effect van de energievraag zal zijn op het distributienetwerk, bijv. op de capaciteit van het elektriciteitsnet en gevolgen van brandstoftransport op de gereden kilometers door tankwagens.

In het geval van elektriciteit zal hiervoor gebruik worden gemaakt van de kennis van de ElaadNL en netbeheerders.

Matchen van de verwachte behoefte naar energiedragers en plannen van regio's
Nederland is ten behoeve van de verdere invulling en uitvoering van het klimaatbeleid ingedeeld in 30 zogenaamde energieregio's. Deze regio's werken momenteel aan Regionale Energie Strategieën (RES).

In deze studie zullen de ambities en / of verwachte ontwikkelingen ten aanzien van infrastructuur voor alternatieve energiedragers in een aantal regio's worden vergeleken met de behoefte zoals bepaald in deze studie.



Figuur 1: Schematische weergave van de aanpak.

Aantal specifieke vragen

Tot slot worden er nog antwoorden geformuleerd door de opdrachtgevers op een aantal specifieke vragen die niet volgen uit de hierboven beschreven aanpak maar wel relevant zijn voor het nationale beleidsplan en AFID.

Deze zijn gesteld door de opdrachtgevers, te weten Rijkswaterstaat en het Ministerie van IenW:

- Op wat voor locaties zal een concentratie van infrastructuur voor waterstof en elektrisch wenselijk zijn?
- Welke ontwikkelingen worden verwacht van nieuwe en laadtechnieken?
- Welke ontwikkelingen worden verwacht van nieuwe brandstoffen?
- Hoe zal de vraag en beschikbaarheid van biobrandstoffen ontwikkelen?
- Hoe groot is de behoefte voor tank- en laadinfrastructuur (inclusief walstroom) in de scheepvaart:
- Wat is het minimum netwerk voor CNG?
- Wat is het effect van de veranderende infrastructuur voor de businesscase ten aanzien van de verkoop van energiedragers (kwalitatief)?
- Wat zijn mogelijke verdienmodellen ten aanzien van energieopslag (kwalitatief)?

Voor het beantwoorden van deze vragen is gebruik worden gemaakt van verschillende informatiebronnen, zoals bestaande TNO-kennis en rapporten andere literatuur en gesprekken met verschillende stakeholders.

3 Behoeft naar verschillende energiedragers

In dit hoofdstuk wordt behandeld hoeveel behoefte op welke locaties zal ontstaan naar infrastructuur voor alternatieve energiedragers in 2020, 2025 en 2030 op het Nederlandse (hoofd)wegennet.

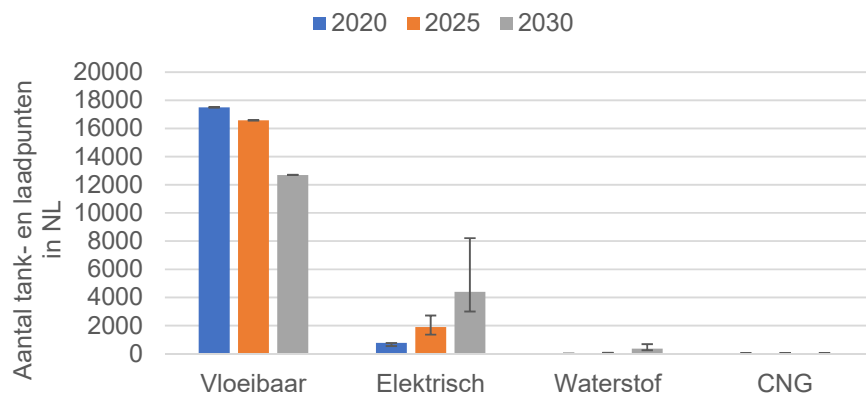
3.1 Behoeft aan infrastructuur voor energiedragers op het (hoofd)wegennet

Er is een onderscheid gemaakt tussen lichte en zware voertuigen omdat de infrastructuur voor deze voertuigen vaak verschillend is, bijv. in termen van de snelheid waarmee energiedragers worden geleverd. Bij zware voertuigen is deze typisch hoger. Als gevolg hiervan maken lichte en zware voertuigen gebruik van verschillende infrastructuur.

3.1.1 Behoeft aan infrastructuur voor energiedragers in Nederland

Lichte voertuigen

Op basis van de aannames in paragraaf 2.1 en bijlage C is bepaald wat de behoefte zal zijn naar infrastructuur voor verschillende energiedragers voor 2020, 2025 en 2030. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 2 voor lichte voertuigen (personen- en bestelauto's).



Figuur 2: Behoeft aan aantal tank- en snellaadpunten voor personen- en bestelauto's in Nederland om te voldoen aan de behoefte in 2020, 2025 en 2030. De 'foutbalken' geven de aantallen voor de scenario's 'hoog' en 'laag' (zie paragraaf 2.1.2).

De vloeibare brandstoffen zoals vermeld in de Figuur 2 zijn momenteel nog vooral benzine en diesel met een deel bijgemengde biobrandstof. Op langere termijn kunnen hier veranderingen plaatsvinden, zoals de groei van het aandeel biobrandstoffen of zelfs het aanbod van pure biobrandstoffen of synthetische brandstoffen.

Uit deze figuur kan worden geconcludeerd dat de behoefte aan vulpunten voor vloeibare brandstoffen tot en met 2030 zal afnemen met ongeveer 27% tussen 2020 en 2030. Dit is het gevolg van een afnemend aantal voertuigen met een verbrandingsmotor, zoals aangenomen in het Klimaatakkoord.

Desalniettemin zal de behoefte aan vulpunten voor vloeibare brandstoffen groter blijven dan aan snellaadpunten en vulpunten voor waterstof en CNG. Dit komt enerzijds doordat de behoefte aan energie uit deze vloeibare brandstoffen groter zal blijven dan aan energie uit elektriciteit, waterstof of CNG. Daarnaast geldt dat de aangenomen bezettingsgraad van deze vulpunten voor vloeibare brandstoffen lager is dan bij de andere energiedragers, zoals behandeld in paragraaf 2.1.

Wanneer exploitanten van tankstations toe zouden kunnen met een lagere bezettingsgraad, zou de werkelijke afname van infrastructuur voor vloeibare brandstoffen mogelijk wat minder snel afnemen dan blijkt uit de berekeningen. Echter, aangezien de gemiddelde bezettingsgraad voor deze brandstoffen al beperkt is, is de verwachting dat hier niet veel marge is.

De behoefte aan snellaadpunten zal juist aanzienlijk toenemen, tot ongeveer 4.400 voor personen- en bestelauto's in 2030. Het aantal snelladers groeit relatief snel ten opzichte van het aantal elektrische voertuigen, omdat het laden van een elektrisch voertuig aanzienlijk langer duurt dan het tanken van een vergelijkbare hoeveelheid energie middels vloeibare brandstoffen. Indien het comfort van grote kans op een vrije snellader (en bijbehorend groot aantal snelladers met lage bezettingsgraad) zwaarder gaat wegen dan de meerkosten van een groter aantal snelladers kan dit aantal oplopen tot ongeveer 8.200. De gemiddelde bezettingsgraad is in dat geval 11% in plaats van 20%. Indien het gemiddelde vermogen van snelladers in 2030 gemiddeld 350 kW zal bedragen (in plaats van 120 kW) zal het aantal snelladers aanzienlijk lager zijn. Ongeveer 1.800 bedragen in plaats van 4.400. In een scenario met een lagere bezettingsgraad zal dat 3.350 zijn in plaats van 8.200.

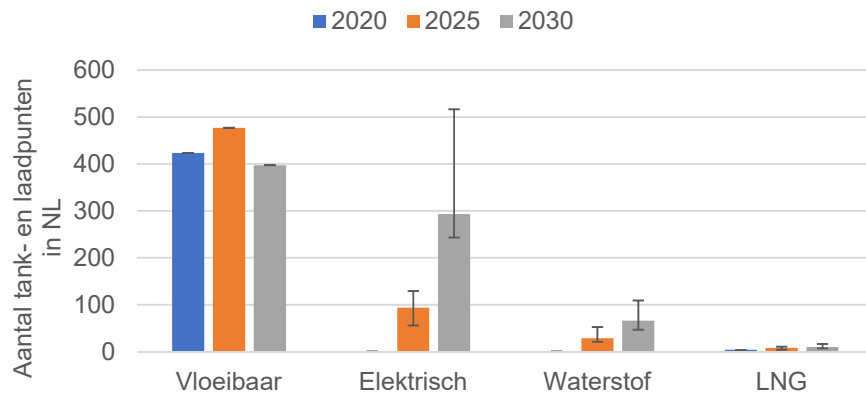
Wanneer het aantal personenauto's op waterstof groeit tot 300.000 in 2030², zal de behoefte aan waterstofvulpunten voor lichte voertuigen toenemen tot 364 in 2030. Bij een lagere bezettingsgraad kan dit oplopen tot 680.

De verwachting is dat de behoefte aan CNG lager zal zijn dan voor de bovengenoemde energiedragers. De behoefte aan vulpunten zal toenemen tot 2030 tot 28 of maximaal 51 bij een lagere bezettingsgraad.

Zware voertuigen

Ook voor zware voertuigen blijft de behoefte aan vulpunten voor vloeibare brandstoffen (momenteel vrijwel geheel (bio)diesel, maar later mogelijk deels ingevuld door andere vloeibare brandstoffen) domineren tot 2030. Naar verwachting zal de vraag naar deze brandstof en benodigde infrastructuur tussen 2020 en 2025 zelfs nog toenemen doordat de vraag naar goederentransport over de weg (nog) sterker groeit dan de transitie naar andere energiedragers.

Bij een ingroei van 15.000 elektrisch aangedreven vrachtwagens en trekker-opleggers in 2030², zal de behoefte aan snelladers groeien tot ongeveer 300. Bij een lagere gemiddelde bezettingsgraad zou dit zelfs 517 kunnen zijn en daarmee de behoefte aan tankinfrastructuur voor vloeibare brandstoffen overstijgen. De groei van het aantal snelladers ten opzichte van het aantal voertuigen is relatief groot doordat het laden van een accu langer duurt dan het tanken van een vergelijkbare hoeveelheid vloeibare brandstof.



Figuur 3: Behoeftte aan aantal tank- en snellaadpunten voor vrachtwagens en trekker-opleggers in Nederland om te voldoen aan de behoefte in 2020, 2025 en 2030. De 'foutbalken' geven de aantallen voor de scenario's 'hoog' en 'laag' (zie paragraaf 2.1.2).

De behoefte aan vulpunten voor waterstof en LNG blijft beperkt tot respectievelijk 66 en 10 in 2030. Bij een lagere bezettingsgraad (11% in plaats van 20%) zou dit kunnen oplopen tot respectievelijk 117 en 18. Bij LNG is in dit geval uitgegaan van 3.500 zware LNG-voertuigen in 2030 (zie paragraaf 2.1). In de Routeradar⁶ is ook vermeld dat dit aantal kan oplopen tot 7.000 wanneer aan een aantal voorwaarden wordt voldaan. In dat geval zal er behoefte zijn aan 20 LNG-vulpunten in het centrale scenario en 35 bij het hoge scenario, ofwel bij een lagere bezettingsgraad. Indien LNG-infrastructure wordt uitgerold in omliggende landen, zou de brandstof meer kunnen gaan worden ingezet voor long-haul toepassingen. In dat geval zou het (gemiddelde) jaarkilometrage kunnen toenemen. Indien LNG in Nederland verkrijgbaar zal zijn voor een gunstige prijs, zou ook de hoeveelheid getankte LNG per voertuig kunnen toenemen. Indien LNG-vrachtoertuigen gemiddeld voor 80.000 km/jaar LNG in Nederland zouden tanken in plaats van 57.500 km/jaar zou de behoefte aan LNG vulpunten beperkt hoger zijn. Dit is weergegeven in Tabel 5. Voor al de onderzochte gevallen geldt dat de hoeveelheid infrastructuur zal leiden tot een netwerk met een beperkte geografische dekking. Hierop wordt verder ingegaan in paragraaf 3.1.3.

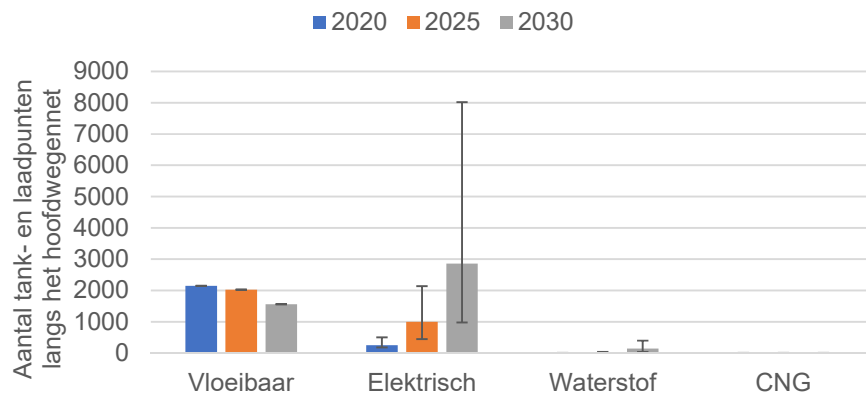
Tabel 5: Behoeftte aan LNG-vulpunten in Nederland in 2030 afhankelijk van het jaarkilometrage.

	Centraal scenario		Laag scenario		Hoog scenario	
	3.500	7.000	3.500	7.000	3.500	7.000
# LNG vrachtoertuigen	3.500	7.000	3.500	7.000	3.500	7.000
57.500 km/jaar	10	20	7	14	18	35
80.000 km/jaar	14	28	10	19	25	49

3.1.2 Behoeftte aan infrastructuur voor energiedragers op het hoofdwegennet

Voor personen- en bestelauto's zijn er momenteel ruim 200 tankstations langs Nederlandse snelwegen. Bij gemiddeld ongeveer 8 vulpunten per station, komt ongeveer 1600 vulpunten zoals berekend en weergegeven in Figuur 4.

Ook op het hoofdwegennet geldt dat de behoefte aan vulpunten voor vloeibare brandstoffen af zal nemen. De behoefte aan snellaadpunten langs en nabij het hoofdwegennet zal in 2030 (ongeveer 2.900) waarschijnlijk zelfs hoger zijn dan de behoefte aan vulpunten voor vloeibare brandstoffen (ongeveer 1.550). Het aantal snelladers kan oplopen tot ongeveer 8.000 wanneer blijkt dat het comfort van grote kans op een vrije snellader (en bijbehorend groot aantal snellaadpunten met lage bezettingsgraad) zwaarder weegt dan de hogere elektriciteitsprijs als gevolg van de meerkosten van een groter aantal snelladers. In het geval dat het gemiddelde vermogen van snelladers in 2030 gemiddeld 350 kW zal bedragen in plaats van de aangenomen 120 kW, zullen er minder snelladers nodig zijn om te voorzien in de elektriciteitsbehoefte. Ongeveer 1.170 snellaadpunten in plaats van 2.900 of 3.270 in plaats van 8.100 bij een lagere bezettingsgraad.

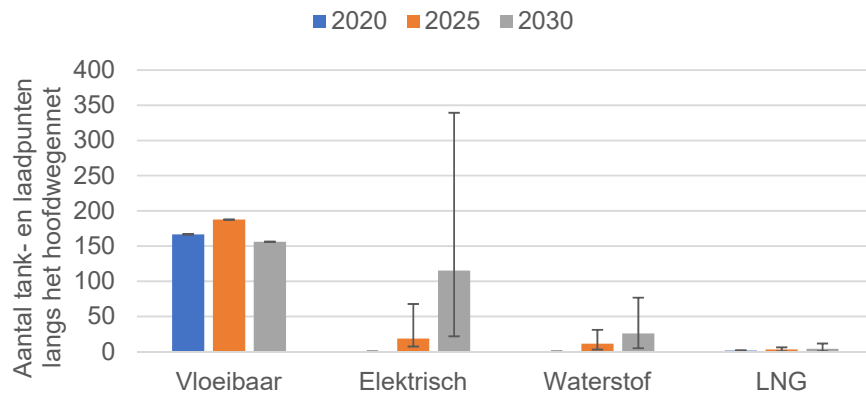


Figuur 4: Behoeftte aan aantal tank- en snellaadpunten op het hoofdwegennet voor personen- en bestelauto's in Nederland om te voldoen aan de behoefte in 2020, 2025 en 2030. De 'foutbalken' geven de aantallen voor de scenario's 'hoog' en 'laag' (zie paragraaf 2.1.2).

Voor waterstof en CNG geldt dat het aantal benodigde tankpunten langs en nabij het hoofdwegennet in 2030 respectievelijk 142 en 5 zal bedragen. Bij een lage bezettingsgraad zal dit respectievelijk 400 en 9 zijn. Voor CNG betekent dit dat het netwerk een beperkte geografische dekking zal hebben. Hierop wordt verder ingegaan in paragraaf 3.1.3.

Zware voertuigen

Zoals te zien in Figuur 5 blijven vloeibare brandstoffen voor zware voertuigen naar verwachting de dominante energiedrager op het hoofdwegennet in 2030 (156 vulpunten). Alleen bij een lage gemiddelde bezettingsgraad en wanneer een relatief groot deel van de elektriciteit geladen wordt langs en nabij het hoofdwegennet, zal de behoefte aan snellaadpunten het aantal vulpunten voor vloeibare brandstoffen overschrijden (339 snellaadpunten).



Figuur 5: Behoeftte aan aantal tank- en snellaadpunten op het hoofdwegennet voor vrachtwagens en trekker-opleggers in Nederland om te voldoen aan de behoefte in 2020, 2025 en 2030. De 'foutbalken' geven de aantallen voor de scenario's 'hoog' en 'laag' (zie paragraaf 2.1.2).

Het aantal waterstofvulpunten langs en nabij het hoofdwegennet zal naar verwachting beperkt blijven tot 26 tot maximaal 69 in 2030. Dit leidt tot een netwerk met een beperkte geografische dekking. Hierop wordt verder ingegaan in paragraaf 3.1.3.

Voor (bio)LNG zal het benodigde aantal vulpunten langs en nabij het hoofdwegennet ook zeer beperkt zijn tot 3 tot 9. Dit is het gevolg van het beperkte aantal LNG-voertuigen op basis van de routeradar, namelijk 3.500⁶, waardoor het aantal kilometers gereden door zware LNG-voertuigen op het hoofdwegennet is beperkt tot ongeveer 200 miljoen kilometer per jaar, ofwel minder dan 3% van het totaal door zware voertuigen gereden kilometers op het hoofdwegennet. Wanneer het aantal zware LNG-voertuigen in 2030 zou oplopen tot 7.000 (wat volgens de Routeradar haalbaar is onder bepaalde omstandigheden) zouden er 6 tot maximaal 17 vulpunten nodig zijn. Dit leidt tot een netwerk met een beperkte geografische dekking. Hierop wordt verder ingegaan in paragraaf 3.1.3.

3.1.3 Verdeling van de behoefte naar tank- en laadinfrastructuur over het hoofdwegennet

Lichte voertuigen

Voor lichte voertuigen geldt dat vooral het aantal snellaadpunten langs en nabij het hoofdwegennet aanzienlijk zal moeten groeien. De behoefte aan snellaadpunten zal bij de ambities uit het Klimaatakkoord² in 2030 groter zijn dan het aantal vulpunten voor vloeibare brandstoffen op dit moment. Dit betekent dat er op alle snelwegen aanzienlijke hoeveelheden snellaadstations dienen te worden gerealiseerd. De verdeling van deze behoefte over het Nederlandse snelwegennet is weergegeven in bijlage D. Per 10 kilometer snelweg, zijn er 1,3 tot 11 snellaadpunten nodig, afhankelijk van de verkeersintensiteit van het wegsegment.

Dit betekent bijv. dat de behoefte aan snellaadpunten op:

- de A2 tussen Amsterdam en Utrecht in 2030 ongeveer 88 zal bedragen;
- de A4 tussen Amsterdam en Den Haag in 2030 ongeveer 127 zal bedragen;
- de A77 tussen Boxmeer en de Duitse grens (20 kilometer lang) in 2030 'slechts' 2,5 zal bedragen.

Het aantal benodigde vulpunten voor waterstof zal aanzienlijk lager zijn dan voor elektriciteit. Desalniettemin zou er behoefte zijn aan minstens één vulpunt op elke 18 à 160 kilometer hoofdwegennet. Dat betekent dat er een redelijke spreiding mogelijk is, met een beperkt aantal vulpunten per tankstation (1 à 2). Hierbij geldt dat goed moet worden bepaald of een dergelijk systeem rendabel kan bestaan. Vanwege het lage aantal vulpunten per tankstation zullen de kosten voor het belevaren van stations relatief hoog zijn per afgeleverde hoeveelheid waterstof.

De behoefte aan CNG-vulpunten zal naar verwachting veel lager zijn. Dit betekent dat de gemiddelde bezettingsgraad van de vulpunten laag zal zijn wanneer er een 'dekkend' netwerk wordt onderhouden met minimaal één vulpunt per 30 kilometer. Wanneer de infrastructuurkosten van dit grote aantal vulpunten worden doorgerekend aan de consument, zal dit leiden tot een hogere brandstofprijs aan de pomp. Wanneer de consument bereid is deze prijs te betalen, is het mogelijk om ook op lagere bezettingsgraden dan onderzocht in deze studie een tankstation rendabel te exploiteren.

Zware voertuigen

Voor zware voertuigen (vrachtwagens en trekker-opleggers) geldt dat de voertuigen meer geconcentreerd over het hoofdwegennet bewegen dan lichte voertuigen. Dit betekent ook dat de behoefte aan energiedragers minder gelijkmatig is verdeeld over het wegennetwerk.

Buiten vloeibare brandstoffen geldt voor alle energiedragers (elektriciteit, waterstof en LNG) dat de behoefte van dien aard is dat bij een bezettingsgraad van 11% (ruim 2,5 uur poer dag in gebruik) de hoeveelheid infrastructuur niet leidt tot een geografisch 'dekkend' netwerk. Een beperkte dekking zal de keuze voor voertuigen op alternatieve energiedragers beïnvloeden, zeker wanneer het van belang is dat voertuigen (gedeeltelijk) kunnen worden ingezet op routes waar beperkt of geen infrastructuur aanwezig is, aangezien dat zou leiden tot omrijden en het risico dat er geen energiedragers beschikbaar zijn in het geval er een tankstation inactief is.

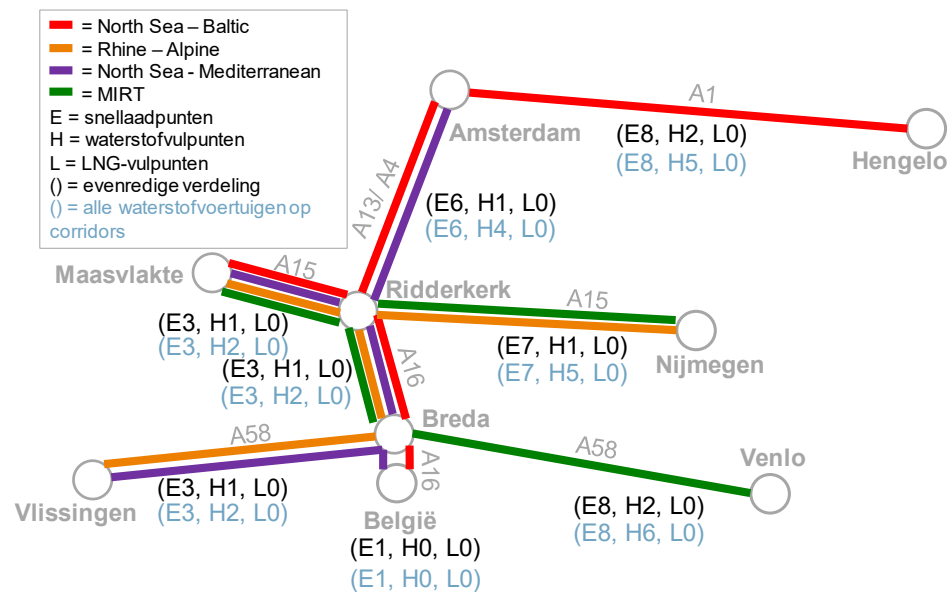
Om een tankinfrastructuurnetwerk te realiseren met een zo hoog mogelijke bezettingsgraad en geografische dekking is het daarom van belang om:

- synergie te realiseren met andere voertuigtypen of modaliteiten, zoals lichte voertuigen en waar mogelijk met de binnenvaart;
- zware voertuigen op alternatieve energiedragers geconcentreerd in te zetten op het netwerk en alleen tank- en laadinfrastructuur realiseren op wegsegmenten waar de voertuigen rijden.

Indien het wenselijk is om de infrastructuur geen belemmering te laten zijn bij de voertuigkeuze, zou een geografisch dekkend netwerk kunnen worden gerealiseerd. Zoals eerder toegelicht, zal dit leiden tot een lagere gemiddelde bezettingsgraad en daardoor hogere transportkosten en afschrijvingskosten voor gerealiseerde infrastructuur. Wanneer deze kosten worden doorgerekend aan de klant, zal dit leiden tot hogere prijzen voor deze energiedragers. Er bestaat dus een afweging tussen de geografische dekkingsgraad en bezettingsgraad / kosten.

Specifiek voor de belangrijke (Europese) corridors (zie bijlage A) zijn de benodigde laad- en vulpunten voor zware voertuigen opgenomen in Figuur 6 en Tabel 6.

Hieruit kan worden geconcludeerd dat er op de wegsegmenten, die onderdeel uitmaken van één van de belangrijke corridors, in het totaal behoefte zal zijn aan ongeveer 38 snellaadpunten en ruim 8,6 waterstofvulpunten. Voor langeafstandstransport lijkt de inzet van batterij-elektrische voertuigen op korte termijn niet realistisch. Een mogelijk nulmissie alternatief voor dit type transport zou waterstof kunnen zijn. Wanneer de ontwikkeling zo is dat alle 7.700 zware waterstofvoertuigen worden ingezet op deze corridors, zou in 2030 dus alle behoefte aan waterstofvulpunten voor zware voertuigen, 27 stuks in 2030 (zie paragraaf 3.1.2) op deze corridors ontstaan. Ook de verdeling van waterstofvulpunten in dit geval is weergegeven in Figuur 6.



Figuur 6: Benodigde tank- en laadinfrastructuur voor zware voertuigen in 2030 op de belangrijke vrachtwagencorridors die zijn opgenomen in de MIRT en/of TenT.

Tabel 6: Benodigde tank- en laadinfrastructuur voor zware voertuigen in 2020, 2025 en 2030 op de belangrijke vrachtwagencorridors die zijn opgenomen in de MIRT en/of TenT.

Corridor sectie	Elektrisch			Waterstof			LNG		
	2020	2025	2030	2020	2025	2030	2020	2025	2030
België - Breda	0.0	0.1	0.7	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0
Vlissingen - Breda	0.0	0.5	3.2	0.0	0.3	0.7	0.0	0.1	0.1
Breda - Ridderkerk	0.0	0.5	2.8	0.0	0.3	0.6	0.0	0.1	0.1
Maasvlakte - Ridderkerk	0.0	0.5	3.0	0.0	0.3	0.7	0.0	0.1	0.1
Ridderkerk - Amsterdam	0.0	0.9	5.7	0.0	0.6	1.3	0.1	0.1	0.2
Ridderkerk - Nijmegen	0.0	1.0	6.5	0.0	0.6	1.5	0.1	0.1	0.2
Amsterdam - Hengelo	0.0	1.2	7.7	0.0	0.7	1.7	0.1	0.2	0.2
Breda - Venlo	0.0	1.4	8.1	0.0	0.8	2.0	0.1	0.2	0.2
Totaal	0.0	6.1	38	0.0	3.7	8.6	0.4	0.8	1.0

3.1.4 *Vergelijk met andere publicaties*

Elektriciteit

In een aantal recente publicaties zijn eveneens prognoses gemaakt voor de ontwikkeling van snellaadinfrastructuur van lichte voertuigen. In Figuur 7 zijn de resultaten van een aantal publicaties opgenomen evenals de ontwikkeling zoals die werkelijk heeft plaatsgevonden in de laatste jaren. Zoals te zien liggen het lage en middenscenario van de publicatie van ElaadNL⁸ ongeveer in lijn met de bevindingen in deze studie. Het hoge scenario (7.900 in 2025) is echter aanzienlijk hoger. Het aantal snelladers in de publicatie van ElaadNL is bepaald op de verhouding tussen het aantal elektrische voertuigen en het aantal beschikbare snelladers. Hierbij is uitgegaan van 95 tot 133 elektrische voertuigen per snellaadpunt op basis van een empirische studie van The ICCT⁹. In de publicatie van The ICCT wordt vermeld dat de ideale verhouding van de toekomst moeilijk te bepalen is en sterk afhangt van een groot aantal ontwikkelingen, maar dat 200 tot 700 voertuigen per snellader in veel gevallen voldoende lijkt. Bovendien geldt dat het aantal snelladers per voertuig in de toekomst zal kunnen afnemen als gevolg van de hogere vermogens van de snelladers. De verhoudingen die is aangenomen in de publicatie van ElaadNL is dus lager dan in de publicatie van The ICCT. Ter vergelijking met deze TNO-studie: bij 4400 snellaadpunten per 1,7 miljoen voertuigen in 2030 is de verhouding 1 op 387. Deze ligt daarmee in de range die wordt gehanteerd door The ICCT.

Ook een recente studie van APPM¹⁰ die input is geweest voor de Nationale Agenda Laadinfrastructuur (NAL)¹¹, komt op een iets hogere verwachte behoefte naar snelladers in 2030.

Dit verschil wordt veroorzaakt door twee factoren:

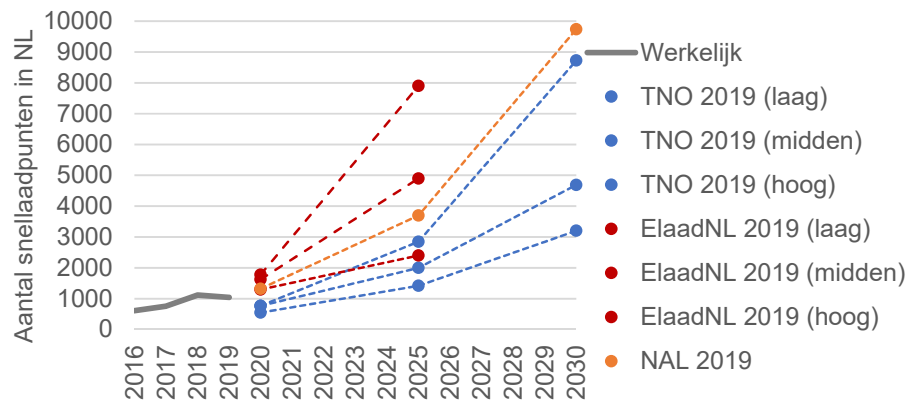
- In de NAL wordt uitgegaan van 47% meer behoefte aan elektriciteit door een hoger energiegebruik, hoger jaarkilometrage en groter aantal elektrische voertuigen dan aangenomen in deze studie op basis van de routeradar⁶ en het klimaatakkoord²;
- In de NAL wordt uitgegaan van 38% minder energie geleverd per snellaadpunt per jaar, wat bij een gemiddeld vermogen van 250 kW leidt tot een gemiddelde bezettingsgraad van 11% (2,7 uur per dag) terwijl in deze TNO-studie in het geval van 4.400 snelladers (centrale scenario) is uitgegaan van een bezettingsgraad van 20% (4,7 uur per dag). De bezettingsgraad van 11% is in deze studie ook onderzocht in het "hoge scenario".

⁸ Snel, sneller, snelst: de ontwikkeling van snelladers in Nederland t/m 2025. Outlook Q1 2019

⁹ Lessons learned on early electric vehicle fast-charging deployments. Nicholas M., Hall D. July 2018

¹⁰ Prognose laadinfrastructuur. Vermeij R., Veger J. Maart 2019.

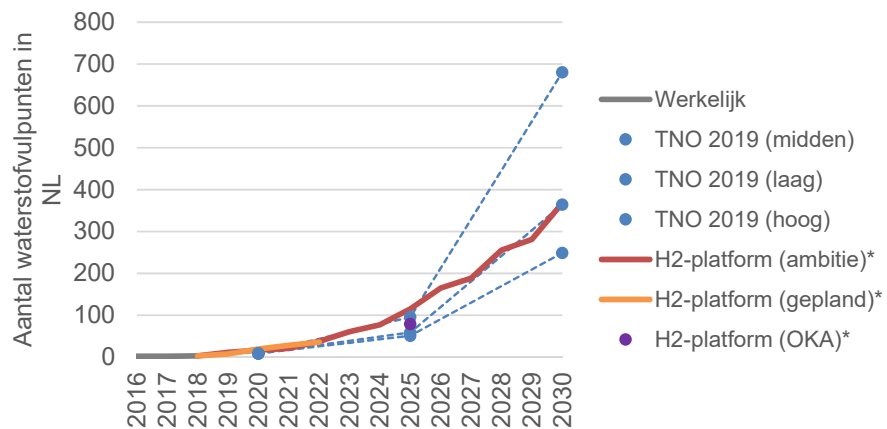
¹¹ Nationale Agenda Laadinfrastructuur: RVO. November 2018. Publicatienummer: RVO-197-1801/RP-DUZA.



Figuur 7: Vergelijk van het aantal benodigde snellaadpunten in deze studie met een aantal andere publicaties

Waterstof

Net als voor snelladers, zijn er ook publicaties met prognoses voor de ontwikkeling van infrastructuur voor waterstof in Nederland. Deze zijn grotendeels afkomstig van het H₂-platform. Deze prognoses zijn samen met de uitkomsten uit deze studie weergegeven in Figuur 8. Aangezien in de prognoses van het H₂-platform alleen aantallen 'waterstofstations' zijn opgenomen en geen 'vulpunten', is aangenomen dat het aantal vulpunten per waterstofstation lineair zal toenemen van één in 2018 tot vier in 2030. Bij deze aanname geldt dat de prognose van het aantal waterstofvulpunten in 2030 gelijk is aan het 'centrale scenario' in deze studie. De gemiddelde bezettingsgraad bedraagt in dat geval 20%. Naarmate er meer waterstofvulpunten per tankstation zijn, neemt de spreiding af. Tegelijkertijd leidt een hoog aantal vulpunten per station tot relatief lage infrastructuurkosten.



Figuur 8: Vergelijk van het aantal benodigde waterstofvulpunten in deze studie met een aantal andere publicaties (*op basis van de aanname dat het gemiddeld aantal vulpunten per station groeit van 1 in 2018 naar 4 in 2030).

3.2 Ontwikkeling van infrastructuur voor binnenvaart

De situatie voor binnenvaartschepen wijkt op vele manieren af van die van wegvoertuigen. Zo is de levensduur van binnenvaartschepen aanzienlijk langer met ongeveer 30 jaar.

Deze periode is dermate lang dat de goederenstromen tijdens de levensduur aanzienlijk kunnen veranderen in termen van soorten, grootte en herkomst / bestemming. Als gevolg hiervan is de kans groot dat een schip tijdens zijn levensduur op verschillende routes zal worden ingezet. Het is daarom van belang dat de benodigde energiedrager van een schip (naar verloop van tijd) op verschillende routes beschikbaar is.

Volgens het klimaatakkoord zetten de binnenvaartsector en de Rijksoverheid in op ingroei van tenminste 150 emissievrije schepen (op basis van modulaire energievoorziening) in 2030. In de aanloop naar emissievrije schepen wordt ingezet op bijmenging van 30% biobrandstoffen voor binnenvaartschepen.

Naast het klimaatakkoord is er in 2019 een Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens¹² gesloten. Hierin zijn voor 2030 de volgende ambities opgenomen:

- De CO₂-emissies van de Nederlandse binnenvaartvloot gereduceerd met 40% tot 50% ten opzichte van 2015 ;
- Tenminste 150 binnenvaartschepen voorzien van een zero-emissie aandrijflijn;
- tenminste één emissieloos zeeschip in de vaart

3.2.1 *Biobrandstoffen*

Dit bijmengingspercentage betekent dat de hoeveelheid gebruikte biobrandstoffen in de binnenvaart op korte termijn aanzienlijk zal toenemen. Aangezien biobrandstoffen als HVO en BTL tot ongeveer 30% kunnen worden bijgemengd zonder dat er aanpassingen benodigd zijn aan verbrandingsmotoren en infrastructuur, zal deze ambitie van 30% hoogstwaarschijnlijk worden gehaald door bijmenging. Aangezien ook de energiedichtheid van de resulterende brandstof zeer vergelijkbaar is met die van conventionele diesel, hoeft ook de opslagcapaciteit niet te worden aangepast. Dit betekent dat deze ambitie weinig tot geen aanpassingen vereist aan vaartuigen en infrastructuur.

3.2.2 *Emissievrije binnenvaartschepen*

Op langere termijn zal de inzet van emissievrije binnenvaartschepen leiden tot een ander beeld ten aanzien van de benodigde infrastructuur. De 150 emissievrije binnenvaartschepen met een modulaire energievoorziening zullen voorzien zijn van een elektrische aandrijving waarbij de elektrische energie wordt geleverd door containers gevuld met energiedragers en eventueel de aandrijving.

Mogelijke modulaire aandrijvingen zijn:

- batterijcontainers;
- containers gevuld met waterstofcilinders en eventueel een brandstofcel;
- containers met een generator (op basis van een verbrandingsmotor).

Een combinatie van bovenstaande aandrijvingen is ook mogelijk.

De containers met generator zijn niet emissievrij, maar kunnen bij het gebruik van bepaalde biobrandstoffen of synthetische brandstoffen wel tot een aanzienlijk lagere klimaatbelasting leiden of zelfs klimaatneutraal zijn. Een dergelijk systeem leidt nog wel tot de uitstoot van luchtvervuilende stoffen als NO_x en fijnstof. Een voordeel ten opzichte van andere modulaire alternatieven is de hoge energiedichtheid van de brandstoffen ten opzichte van batterijen en waterstof.

¹² [Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens](#)

Het gebruik van batterijcontainers is wel volledig emissievrij. Een nadeel van een systeem met batterijcontainers is dat de investeringskosten momenteel nog aanzienlijk hoger zijn dan van een systeem met een verbrandingsmotor.

Voor containers gevuld met waterstof en eventueel een brandstofcel, geldt ook dat er geen emissies vrij komen. De investeringskosten van een dergelijk systeem, inclusief benodigde elektrolyzers aan wal (met volledige bezetting) is vergelijkbaar met de investeringskosten voor batterijcontainers. Echter, de productiekosten voor waterstof zijn aanzienlijk hoger dan de kosten voor elektriciteit vanwege de beperkte energie-efficiëntie van waterstofproductie^{13,14}. Een voordeel ten opzichte van een systeem met batterijcontainers is een grotere actieradius.

Voordelen van dergelijke modulaire systemen zijn

- voorkomen van technology lock-in;
- tijdswinst, vooral in het geval van een volledig elektrische aandrijving;
- lagere investeringskosten dan in het geval dat er overgedimensioneerde aandrijving wordt geïmplementeerd om met zekerheid bepaalde routes te kunnen afleggen

De eerste schepen die met behulp van een dergelijke modulaire energievoorziening zullen varen zijn waarschijnlijk containerschepen aangezien deze toch al aanmeren bij containerterminals waar de benodigde kranen aanwezig zijn. Dit betekent dat er in de komende jaren voldoende capaciteit op het elektriciteitsnetwerk moet zijn voor het laden van batterijen of het produceren van waterstof bij een aantal containerterminals (zie Figuur 9). Hiervoor dient te worden onderzocht welke containerterminals geschikt zouden zijn in termen van voldoende frequentie, netwerkcapaciteit en containerinfrastructuur en welke aanpassingen daar moeten worden gedaan.

Voor schepen op waterstof, al dan niet met een modulair aandrijvingsstelsel, geldt dat ze waarschijnlijk vooral worden ingezet op langere (internationale) routes. Typisch vertrekken (of passeren) deze schepen één van de grote zeehavens van Rotterdam, Amsterdam of Antwerpen. Vanwege de synergie met zeevaart, het vrachtverkeer en met waterstofindustrie in Rotterdam, ligt het voor de hand om opslag en distributie van waterstof in eerst instantie op deze locaties te ontwikkelen.

Andere locaties waar koppelkansen bestaan met infrastructuur voor (zwaar) wegverkeer zijn bijv.:

- Gorinchem (Containerterminal, A15 TenT corridor);
- Nijmegen (Containerterminal, A15 TenT corridor);
- Venlo (Containerterminal, A67 TenT corridor);
- Utrecht (Containerterminal, A2 TenT corridor).

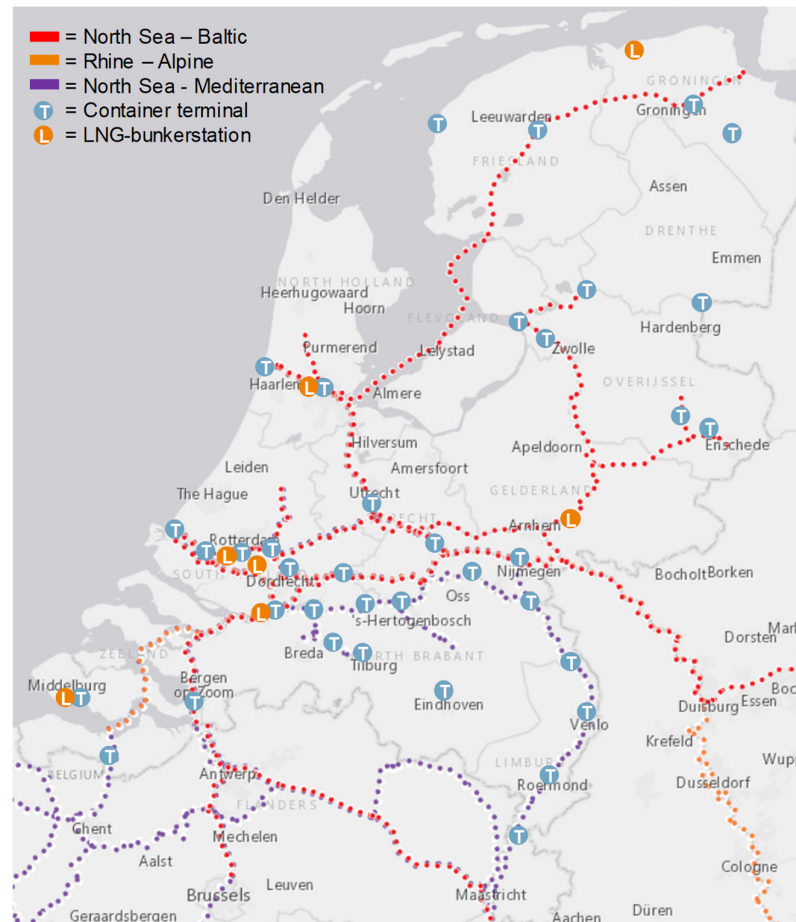
Een meer gedetailleerde analyse is nodig om te bepalen welke aanpassingen aan infrastructuur nodig zijn voor het introduceren van nul-emissie binnenvaartschepen. Een dergelijke analyse zou inzicht kunnen geven in:

- de eerste schepen die potentieel volledig zero-emissie kunnen varen;

¹³ Feasibility study for a zero emission, hydrogen fuel cell powertrain for the Gouwenaar II. TNO 2019 R10453. 28 March 2019

¹⁴ Feasibility study for a zero emission, battery-electric powertrain for the Gouwenaar II. TNO 2019 R10454. 28 March 2019

- de meest geschikte (container)terminals voor het wisselen van de containers gevuld met energiedragers;
- het benodigde aantal containers in het systeem;
- effecten van de invoer van het systeem om het vaargedrag;
- benodigde aanpassingen aan het energienetwerk (capaciteit van het elektriciteitsnetwerk en mogelijkheid om waterstof op te wekken en te distribueren);



Figuur 9: Overzicht van Europese corridors en containerterminals in Nederland.

Momenteel zijn er volgens het nationaal LNG platform¹⁵ al zeven locaties waar LNG gebunkerd kan worden (Rotterdam (2x), Moerdijk, Vlissingen, Amsterdam, Eemshaven en Doesburg). Deze zijn ook weergegeven in Figuur 9.

Voor LNG-schepen geldt hetzelfde als voor schepen op waterstof: doordat er slechts een beperkte hoeveelheid vulpunten nodig is voor wegvervoer, kan een situatie ontstaan waarin de bezettingsgraad van vulpunten laag is. Door synergie te zoeken met de binnenvaart, zouden de transport- en opslagkosten per afgeleverde hoeveelheid LNG beperkt kunnen worden. Hiervoor zouden LNG-tankstations kunnen worden gerealiseerd op locaties waar belangrijke corridors voor vervoer over weg en water bij elkaar liggen. Dit is bijv. nabij de haven van Rotterdam en Amsterdam, langs de A15 en nabij Venlo.

¹⁵ <https://www.nationaalngplatform.nl/waar-kun-je-bunkeren/>

4 Inventariseren van geschikte locaties voor infrastructuur

4.1 Criteria voor het aanleggen van infrastructuur voor alternatieve energiedragers

Om een levensvatbare infrastructuur voor alternatieve energiedragers voor mobiliteit te kunnen realiseren en behouden, zijn drie criteria van groot belang voor de locatie waar de energiedragers worden aangeboden:

- Voldoende mate van (externe) veiligheid
 - Veiligheid van opslag bij tank- of laadlocatie
 - Voldoende veilige distributie naar de locatie toe (basisnet)
- Beperkte investeringskosten voor realisatie van infrastructuur
 - Bestaand distributienetwerk
 - Bestaande locaties met opslag en vulpunten
- Voldoende fysieke ruimte
- Realistische exploitatie door voldoende afzet van energiedragers en marge
 - Voldoende verkeersintensiteit
 - Clusteren van modaliteiten
 - “op de route”
 - Aanbod niet te ver vooruitlopen op de vraag

4.1.1 *Voldoende mate van veiligheid*

Voldoende mate van veiligheid voor transport en opslag van energiedragers is van groot belang bij de keuze voor een locatie. Wanneer de veiligheid van het transport of de opslag niet kan worden gegarandeerd, zal er geen vergunning worden afgegeven en zal bevoorrading of distributie van energiedragers niet kunnen plaatsvinden.

Veiligheid van opslag bij tank- of laadlocatie

Om de gevolgen van ongevallen bij locaties waar tankinfrastructuur aanwezig is te beperken, mogen kwetsbare objecten in principe niet binnen zogenaamde risicocontouren aanwezig zijn of komen. Dit betekent dat er binnen een bepaalde straal om een tank- of laadstation geen gebouwen aanwezig mogen zijn met een bepaalde functie. Voor woningen, gebouwen met een onderwijsfunctie of gebouwen met een gezondheidszorgfunctie geldt het strengste regime.

Voor waterstof zijn de risicocontouren groter dan voor (bio-)LNG en (bio-)CNG. Echter voor al deze brandstoffen bedragen de risicocontouren enkele tientallen meters. De exacte risicocontouren zijn afhankelijk van tal van factoren zoals de hoeveelheid opgeslagen brandstof, de druk, de afleversnelheid en de wijze waarop de brandstof wordt aangeleverd.

Voor een groot deel van het hoofdwegennet geldt dat de afstand tussen de weg en de bebouwing enkele tientallen meters of meer bedraagt. Ook voor de een groot deel van de bestaande tankstations die direct aan het hoofdwegennet liggen is dit het geval. Het leveren van alternatieve brandstoffen (zoals waterstof of (bio-)LNG / CNG) op deze locaties zal dan ook niet direct leiden tot onaanvaardbare risico's.

Voor locaties waar naar verwachting veel behoefte zal zijn aan dergelijke energiedragers zullen relatief grote hoeveelheden moeten kunnen worden opgeslagen bij het tankstation. In deze gevallen dient extra rekening te worden gehouden met de afstand tot bebouwing.

Bovenstaande risico's en veiligheidsmarges gelden voor individuele brandstoffen. Voor het geval dat meerdere typen brandstoffen worden aangeboden en opgeslagen op één tanklocatie, zouden andere risicocontouren van kracht kunnen worden. Hiervoor zijn momenteel nog geen richtlijnen.

Voor elektriciteitsaansluitingen op het middenspanningsnet ten behoeve van snelladers is het externe veiligheid geen relevante parameter voor de keuze voor een locatie.

Voldoende veilige distributie naar de locatie toe (basisnet)

Naast de locatie waar energiedragers worden aangeboden dient bij de keuze voor een geschikte locatie ook rekening te worden gehouden met de mogelijkheid om de toevoer van de energiedragers naar het tank- of laadstation veilig te kunnen organiseren. Hiervoor zijn door de Rijksoverheid afstanden bepaald waarbinnen de gevolgen van ongevallen beperkt zullen zijn. Dit is ook wel bekend als het Basisnet. Alle rijkswegen, spoorwegen, vaarwegen en enkele provinciale wegen zijn opgenomen in dit Basisnet. Ook hiervoor geldt dat nieuwbouw van (beperkt) kwetsbare objecten niet is toegestaan binnen deze gedefinieerde afstanden.

Voor een aantal brandstoffen, waaronder (bio-)LNG, zijn in het Basisnet plafonds opgenomen. Deze plafonds bepalen de maximale hoeveel van een bepaald type brandstof dat mag worden vervoerd over een bepaald (vaar)wegsegment. Gezien de beperkte groeiverwachting van de vraag naar LNG op basis van het conceptklimaatakkoord, lijkt het transport voor deze brandstoffen ook in de toekomst geen barrière te vormen.

Voor waterstof is een dergelijk plafond momenteel nog niet beschikbaar. Daarom is de veiligheid van transport van waterstof over de weg of over het water momenteel nog geen parameter die bepalend is voor de locatie van een waterstoftankstation.

4.1.2 *Beperkte investeringskosten voor realisatie van infrastructuur*

Omwille van het beperken van investeringskosten kan gebruik worden gemaakt van

- bestaande distributienetwerken;
- locaties die al zijn ingericht als rustplaats of tankstation.

Bestaande distributienetwerken / infrastructuur

Waterstof

Indien een nieuw waterstoftankstation direct wordt aangesloten op een bestaand waterstofpijpleidingennetwerk, zal dit (op termijn) leiden tot lagere kosten dan wanneer het moet worden bevoorrad via een nieuw te leggen leidingennetwerk of via transport over weg of water. Het bestaande waterstofpijpleidingennetwerk is echter zeer beperkt, waardoor de dekkingsgraad zeer beperkt zou zijn. Er liggen momenteel waterstofleidingnetwerken tussen Rotterdam en Antwerpen (en door naar Noord-Frankrijk) en tussen Brielle en Zwijndrecht.

Beide netwerken zijn eigendom van private partijen¹⁶ en worden gebruikt voor de toevoer van waterstof naar industriële partijen. Het waterstoftankstation in Rhooen is al rechtstreeks aangesloten op dit netwerk.

Naast het bestaande waterstofnetwerk, wordt er momenteel een vier kilometer lange waterstofpijpleiding aangelegd tussen Delfzijl en de Eemshaven. Deze gaat waterstof gemaakt met duurzame energie uit windmolens en zonneparken transporteren naar met name chemiebedrijven in de regio Groningen. Mogelijk wordt één van de geplande waterstoftankstations in de noordelijke provincies (zie paragraaf 5.3.2) direct aangesloten op dit netwerk.

Naast deze netwerken speciaal ingericht voor de distributie van waterstof, zou waterstof ook kunnen worden getransporteerd via het bestaande hogedruk gasnet^{16,17}. Echter, op korte termijn wordt er geen uitsluitel verwacht over of en welk deel van het bestaande gasnetwerk gebruikt zal gaan worden voor waterstofdistributie. Bij het plannen van de locaties van waterstoftankstations is het desondanks raadzaam om kennis te nemen van de meest recente ontwikkelingen ten aanzien van het mogelijke gebruik van het bestaande gasnetwerk.

Een andere bevoorradingsmogelijkheid is het produceren van waterstof bij het tankstation of op korte afstand (bijv. 1 km) met bevoorrading via een korte pijpleiding. Vooral nabij locaties waar waterstof zal worden geproduceerd door elektrolyse middels (overcapaciteit van) duurzame elektriciteit van een eigen/nabij windmolen- of zonnepark, kan deze bevoorradingsmethode leiden tot aanzienlijk lagere exploitatiekosten dan wegtransport. Bij een bezettingsgraad van 20%, zou in dit geval per vulpunt ongeveer 1,2 MW aan elektrolysecapaciteit nodig. Vanwege de onbalans tussen vraag en aanbod over de dag zou er voldoende opslagcapaciteit nodig zijn voor het bufferen van de waterstof.

Voor de middellange termijn (2025-2030) is de verwachting van het H₂-platform dat waterstoftankstations grotendeels zullen worden bevoorrad door middel van wegtransport. Vanwege de lage energiedichtheid van waterstof zijn relatief veel en dure trucks nodig voor het transport. Dit leidt tot relatief hoge transportkosten ten opzichte van vloeibare brandstoffen¹⁸.

Elektriciteit

Voor de distributie van elektriciteit licht al een zeer dicht netwerk verspreid over heel Nederland tot in alle woningen. Deze woningen zijn aangesloten op zogenaamde laagspanning. Het beschikbare vermogen bij thuis laden is, zonder aanpassingen, vaak gelimiteerd tot 3,7 kW (bij 16 A), waardoor het laden van een accu van 40 kWh ongeveer 11 uur duurt. Door een driefasige aansluiting te realiseren, zou het vermogen thuis kunnen toenemen tot bij 10 kW. In dat geval zou dezelfde accu in 4 uur zijn opgeladen.

Voor het (bij)laden van voertuigen op het hoofdwegennet zijn lange laadtijden onwenselijk. De benodigde vermogens zijn daarom aanzienlijk hoger zijn.

¹⁶ Verkenning waterstofinfrastructuur. Ministerie van Economische Zaken. Report No.: OGNL.151886, Rev. 2, Date: November 2017

¹⁷ Netbeheer Nederland, Toekomstbestendige gasdistributienetten. GT-170272, 5 juli 2018

¹⁸ TNO 2018 R11197 | Eindrapport Waterstof uit elektrolyse voor maatschappelijk verantwoord netbeheer – Businessmodel en businesscase

De hiervoor benodigde snelladers (vanaf 50kW) dienen mede daarom aangesloten te zijn op het middenspanningsnet. Dit middenspanningsnet ligt al verspreid door het hele land, maar de inspanningen die benodigd zijn om de verzorgingsplaatsen hier op een toekomstbestendige manier op aan te sluiten kunnen aanzienlijk zijn. Om deze inspanningen en kosten te beperken is het van belang om op elke locatie de netwerkconfiguratie te optimaliseren. Dit is altijd maatwerk en complex waardoor er inhoudelijk onderzoek zal moeten worden gedaan en afstemming plaatsvinden tussen de exploitant van de laadinfrastructuur, de netbeheerders en de beheerder van de verzorgingsplaats.

Bij de configuratie van het lokale energienetwerk dient niet alleen rekening te worden gehouden met ontwikkelingen ten aanzien van de energievraag door mobiliteit, maar ook van andere sectoren (gebouwde omgeving, industrie en energieopwekking) die zijn aangesloten op hetzelfde netwerk. Vanwege de ontwikkelingen in andere sectoren zal het elektriciteitsnet de komende decennia nog aanzienlijke veranderingen ondergaan. Door goede planning kan het mogelijk zijn om de netwerkaanpassingen die benodigd zijn voor de verschillende sectoren te combineren waardoor de netto kosten lager uitpakken.

Zo kan bij het configureren van het netwerk bijv. worden onderzocht of het mogelijk is om een snellaadstation en lokaal opgewekte (duurzame) energie in elkaars nabijheid te realiseren. Eventueel in combinatie met lokale buffercapaciteit (batterij) kan door een dergelijke configuratie minder netverzwaring nodig zijn waardoor de kosten worden gedrukt. Een dergelijk systeem is al gerealiseerd bij het snellaadstation Haarrijn aan de A2 bij Breukelen.

CNG

Voor CNG geldt dat het verspreid kan worden via het bestaande aardgasnetwerk dat momenteel wordt gebruikt om onder andere huishoudens te voorzien van aardgas. Dit netwerk heeft momenteel een zeer goede dekking door Nederland, waardoor tankstations door heel het land kunnen worden bevoorrad. Dit betekent dat de toevoer niet over de weg hoeft. Omwille van CO₂-reducie in de gebouwde omgeving zal er voor huishoudens op termijn een andere energietoevoer moeten komen dan aardgas. Wat dit betekent voor de manier waarop het bestaande aardgasnetwerk in de toekomst zal worden gebruikt is nog onzeker. Het is daarom van belang om te monitoren of deze ontwikkeling effect zal hebben op de mogelijkheid om tankstations te voorzien van aardgas voor het leveren van CNG.

Bestaande locaties met opslag en vulpunten

Door de alternatieve energiedragers aan te bieden op locaties die nu al zijn ingericht als verzorgingsplaats of tankstation worden de kosten voor het inpassen in de omgeving beperkt. Bovendien zijn er in veel gevallen ook al faciliteiten aanwezig. Momenteel zijn er al elektriciteitsaansluitingen aanwezig, maar het beschikbare vermogen zal in de meeste gevallen niet toereikend zijn. Daarnaast is er ook al rekening gehouden met de veiligheid zowel in termen van opslag als transport naar de locatie toe. Ook hiervoor moeten wellicht aanpassingen plaatsvinden vanwege de opslag van nieuwe energiedragers.

4.1.3 *Voldoende fysieke ruimte*

Het bestaande netwerk van verzorgingsplaatsen bestaat momenteel uit ruim 200 locaties. De verzorgingsplaatsen hebben meerdere functies, zoals rustplaats,

aanbod van eten- en drinken, ruimte voor voertuiginspectie en tankfaciliteiten. Deze functies worden gerealiseerd op een beperkte hoeveelheid ruimte. Als er meer infrastructuur wordt gerealiseerd dan momenteel beschikbaar is, is er meer ruimte nodig om deze functie te vervullen. Dit gaat dan ten koste van andere functies of moet de verzorgingsplaats worden aangepast.

4.1.4 *Realistische exploitatie door voldoende afzet van energiedragers en marge*

Voldoende verkeersintensiteit

Om voldoende afzet te hebben, is het van belang dat er voldoende voertuigen passeren. Vooral voor energiedragers waarvan het aantal voertuigen nog beperkt is, is het van belang om de locatie zo te kiezen dat er veel voertuigen passeren of niet ver voor hoeven om te rijden. Dit kan bijv. door de locatie van het tankstation te kiezen dichtbij een knooppunt. Dit maakt dat voertuigen uit verschillende richtingen en van verschillende wegen gebruik kunnen maken van dezelfde infrastructuur zonder hiervoor om te moeten rijden.

Clusteren van modaliteiten (koppelkans)

Een hogere afzet kan ook worden gerealiseerd door infrastructuur voor verschillende modaliteiten te koppelen. Dit zou bijv. kunnen door het koppelen van infrastructuur voor binnenvaart en het wegvervoer. Zo zou kunnen worden onderzocht of er locaties zijn waar waterstof kan worden geproduceerd, opgeslagen en gedistribueerd op een locatie waar het hoofdwegennet voldoende dicht bij infrastructuur voor de binnenvaart ligt.

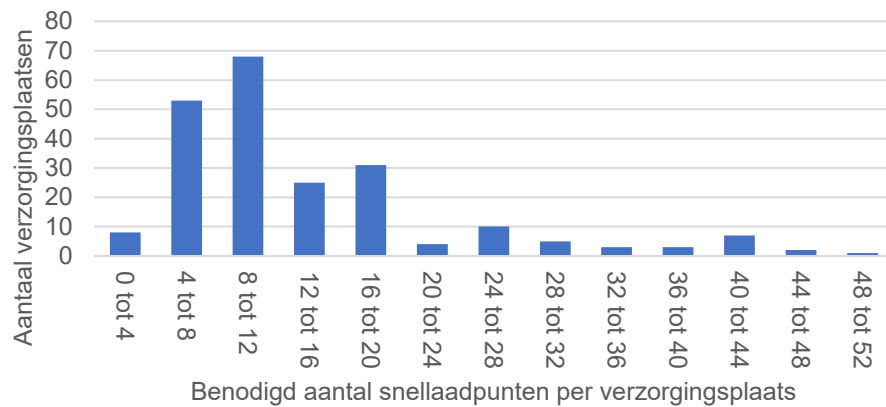
Aanbod niet te ver vooruitlopen op de vraag

Wanneer het aanbod van infrastructuur vooruitloopt op de vraag vanwege een beperkt aantal voertuigen, zal de bezettingsgraad van de pompen laag zijn. Aangezien de afschrijving van de fysieke infrastructuur niet enkel afhankelijk is van de doorzet van energiedragers, maar ook van de tijd, zullen de kosten per afzeteenheid hoog zijn. Dit kan leiden tot een onrendabele situatie.

4.2 **Bepalen potentiële locaties en aantal vul/laadpunten per locatie**

4.2.1 *Laadpunten voor elektriciteit*

Zoals behandeld in paragraaf 4.1, ligt het vanwege kosten en regelgeving voor de hand dat nieuwe infrastructuur voor alternatieve energiedragers zal worden gerealiseerd op bestaande verzorgingsplaatsen waar al tankinfrastructuur aanwezig is. Op een aantal secties van het hoofdwegennet is de ratio tussen de verkeersintensiteit en het aantal verzorgingsplaatsen met tankfaciliteiten zo hoog dat er in 2030 op bepaalde verzorgingsplaatsen behoefte zal zijn aan meer dan 50 snelladers (zie Figuur 10).



Figuur 10: Behoeftte aan snellaadpunten per verzorgingsplaats langs en nabij het hoofdwegennet (centraal scenario) wanneer enkel bestaande verzorgingsplaatsen worden gebruikt.

Wet- en regelgeving

De huidige regelgeving, vastgelegd in het 'Kader inrichting verzorgingsplaatsen', biedt de mogelijkheid tot uitbreiding van de tank- en laadinfrastructuur. Hiertoe dient een motivatie te worden opgesteld om de noodzaak tot uitbreiding te beargumenteren. Bovendien dient de beheerder een analyse aan te leveren gericht op de lokale verkeersveiligheid en alternatieve beheersmaatregelen.

Fysieke ruimte

De fysieke ruimte op bestaande verzorgingsplaatsen lijkt daarmee een grotere barrière dan de regelgeving voor het realiseren van grote hoeveelheden snellaadpunten.

Voor deze potentiële barrière zijn meerdere deeloplossingen:

- Door op de verzorgingsplaatsen snelladers te (laten) plaatsen met hoge vermogens (350 kW) zijn veel minder snelladers nodig. Aangezien snelladers van 350 kW ongeveer drie keer zoveel vermogen leveren als het vermogen dat is aangenomen in deze studie (120 kW), leidt het plaatsen van enkel snelladers met dergelijke hoge vermogens tot een behoefte van één derde van het aantal snellaadpunten.
- Een andere mogelijkheid voor het creëren van ruimte voor meer snellaadpunten is het gebruik maken van ruimte die beschikbaar komt door de afname van benodigde infrastructuur voor vloeibare brandstoffen. De afname van het benodigde aantal tankpunten voor vloeibare brandstoffen op het hoofdwegennet bedraagt echter slechts ongeveer 20% van de groei van benodigde snellaadpunten (zie ook Figuur 4). Bovendien is er voor het realiseren van snellaadpunten meer (bovengrondse) ruimte nodig voor randapparatuur ten opzichte van de huidige tankinfrastructuur (ongeveer 10 tot 35 m² per laadstation)¹⁹.

In het verlengde hiervan is het ook mogelijk om ruimte te maken door het aantal tankpunten voor vloeibare brandstoffen verder te verminderen, waardoor de bezettingsgraad zal stijgen. Hiermee zal ook de gemiddelde wachttijd voor het tanken van fossiele brandstoffen toenemen.

¹⁹ Basisinformatie over energie-infrastructuur. Opgesteld voor de Regionale Energie Strategieën. Netbeheer Nederland. 24 Mei 2019.

- Een laatste mogelijkheid is het beperken van de ruimte voor andere functies van de verzorgingsplaatsen.

Naast de bestaande verzorgingsplaatsen waar al tankinfrastructuur aanwezig is, kan ook worden onderzocht of er andere locaties geschikt kunnen worden gemaakt voor het realiseren van snelladers,. Dit kan bijv. bij op- en afritten en bij wegresterants. Bovendien kan het zijn dat de benodigde inspanningen voor aansluiting op het middenspanningsnet op deze locaties groter zijn dan op de verzorgingsplaatsen vanwege de nabijheid van bijv. bouwstructuren.

Beperkte investeringskosten voor realisatie van infrastructuur

Netbeheerders zijn momenteel verplicht om een aansluiting te realiseren als een (toekomstig) gebruiker hiervoor een verzoek indient (tot 10 MVA ofwel 10 MW). Indien uitbreiding vanwege ruimte, tijd en/of kosten niet mogelijk is, zal in overleg met de klant naar andere opties worden gekeken, zoals levering vanaf ander station of een tijdelijke transportbeperking. Dit betekent in theorie dat het elektriciteitsnetwerk geen barrière zal zijn voor het realiseren van dergelijke grote hoeveelheden snelladers. De vereiste aanpassingen aan het net zijn echter altijd maatwerk en complex. Daarom dient voor elk snellaadstation te worden onderzocht wat de optimale oplossing is. Dit kan veel tijd in beslag nemen. Het is daarom van belang dat het gesprek tussen de betrokken partijen op gang komt ruim voordat de infrastructuur gerealiseerd moet zijn.

Boven een totale aansluitwaarde vanaf 3 MVA (ofwel 3 MW, wat overeenkomt met 25 snelladers van 120 kW of 8 van 350 kW) wordt altijd een aparte middenspanningsring (MS-ring) naar het onderstation aangelegd. Dit betekent dat de afstand tussen de verzorgingsplaats en het onderstation dubbel bekabeld moet worden. Voor het realiseren van een aparte MS-ring is nagenoeg altijd een uitbreiding van het onderstation nodig omdat vrije velden in de meeste gevallen al gereserveerd zijn (voor bijv. duurzame opwek, onderhoud v/h onderstation, industrie). Beneden een totale aansluitwaarde van 3 MVA wordt de verzorgingsplaats aangesloten op een bestaande MS-ring.

In paragraaf 3.1.3 is in kaart gebracht hoe groot de behoefte aan snellaadpunten zal zijn op verschillende delen van het Nederlandse hoofdwegennet. Vervolgens zijn deze snellaadpunten verdeeld over de bestaande verzorgingsplaatsen. Hierdoor is bekend hoe groot de elektriciteitsvraag zal zijn op de elk van deze verzorgingsplaatsen. Op basis van deze gegevens heeft ElaadNL bepaald voor hoeveel van deze verzorgingsplaatsen een aparte MS-ring dient te worden aangelegd.

Hieruit blijkt dat dit nodig is voor:

- Centraal scenario: voor 13% van de verzorgingsplaatsen;
- Laag scenario: voor 0% van de verzorgingsplaatsen;
- Hoog scenario: voor 73% van de verzorgingsplaatsen.

Daarnaast hebben ElaadNL en Stedin voor vijf verzorgingsplaatsen onderzocht welke aanpassingen aan het elektriciteitsnet zouden moeten plaatsvinden om de snelladers te faciliteren (zie Tabel 7).

Tabel 7: Kenmerken van het elektriciteitsnetwerk op een vijftal verzorgingsplaatsen en de benodigde aanpassingen voor het realiseren van de benodigde laadinfrastructuur.

Verzorgingsplaats	Kenmerken	Onderstation	Capaciteit onderstation	Uitbreiding mogelijk?	Afstand tot MS-net (m)
Ruwiel (Breukelen)	Korte afstand tot onderstation	Breukelen	150 kV	ja	1.200 (x2)
Haarrijn (Breukelen)	Middellange afstand tot onderstation	Maarsssen	50 kV	ja	4.048 (x2)
Nijpoort (Groenekan)	Middellange afstand tot onderstation en complexe infrastructuur*	Bilthoven	50 kV	ja	3.967 (x2)
Voordaan (Groenekan)	Middellange afstand tot onderstation en complexe infrastructuur*	Bilthoven	50 kV	ja	3.667 (x2)
De Slaag (Hoogland)	Lange afstand tot onderstation en natuurgebied	Soest	150 kV	ja	7.700 (x2)

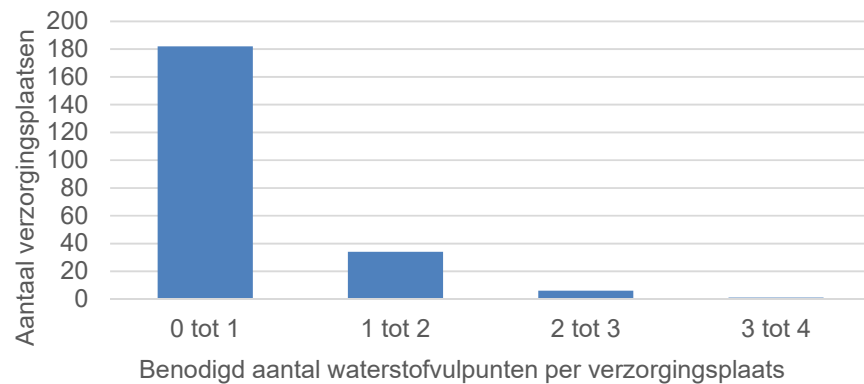
* Twee aparte MS-ringen via dezelfde weg moeten worden aangelegd, dus vier bundels MS-kabels naast elkaar in de grond; daarnaast is er sprake van een geasfalteerde weg die open moet, direct naast water en bomen gelegen, en moet een spoorweg worden doorkruist.

Voor een aantal van deze verzorgingsplaatsen geldt dat de benodigde aanpassingen erg complex zijn. De afstanden zijn in deze vijf gevallen variëren tussen 1.200 en 7.700 meter. Om inzicht te krijgen in de totale opgave dient voor elk van de 223 verzorgingsplaatsen een dergelijke analyse te worden verricht.

Realistische exploitatie door voldoende afzet van energiedragers en marge
Een groot deel van de snelladers op en nabij het hoofdwegennet zal worden gerealiseerd op bestaande verzorgingsplaatsen. Deze zullen deels tot stand komen via concessies, waarbij de verkoop van energiedragers de hoofdactiviteit is. Voor dergelijke constructies geldt dat de gegenereerde baten (op termijn) moeten opwegen tegen de kosten. Daarnaast zullen waarschijnlijk ook snellaadpunten worden aangeboden door partijen die in andere sectoren actief zijn, zoals restaurants en hotels. Voor dergelijke partijen geldt dat de snelladers een extra service zijn, met als doel het genereren van meer klandizie. Hierbij is het niet noodzakelijk dat de exploitatie van de snelladers (op termijn) kostendekkend zal zijn.

4.2.2 *Vulpunten voor waterstof*

Het aantal benodigde waterstofvulpunten langs en nabij het hoofdwegennet is aanzienlijk lager dan het aantal snellaadpunten. Wanneer de benodigde waterstofvulpunten worden verdeeld over alle bestaande verzorgingsplaatsen waar momenteel al een tankstation gevestigd is, is in veel gevallen behoefte aan minder dan één waterstofvulpunt per verzorgingsplaats (zie Figuur 11). Met andere woorden, er hoeft niet op elke verzorgingsplaats een waterstofvulpunt te worden gerealiseerd. Langs de A15 (tussen de Maasvlakte en de A16) is behoefte aan ongeveer drie waterstofvulpunten. Verder zou er op de verzorgingsplaatsen langs de A12 (Den Haag - A20), A4 (A10 - A44) en A2 (N201 - A12) en A50 (A2 - A59) behoefte zijn aan meer dan twee waterstofvulpunten. Hieruit kan worden geconcludeerd dat het aantal verzorgingsplaatsen in de meeste gevallen geen barrière hoeft te zijn voor het realiseren van voldoende waterstofvulpunten.



Figuur 11: Behoeft aan waterstofvulpunten per verzorgingsplaats langs en nabij het hoofdwegennet (centraal scenario).

Dit betekent dat er meer vrijheid is voor het kiezen van locaties voor waterstofvulpunten.

Op basis van de argumenten genoemd in paragraaf 4.1.2 zouden de waterstofvulpunten het meest kosteneffectief geplaatst kunnen worden nabij locaties waar:

- het bestaande aardgasnetwerk geschikt wordt gemaakt voor waterstoftransport;
- een aanzienlijk hoeveelheid duurzame energie wordt opgewekt, waarbij meer dan 1 MW gemiddeld beschikbaar kan worden gesteld voor waterstofproductie.

De zogenaamde 'waterstofcoalitie' heeft in een handreiking²⁰ een mogelijke ontwikkeling van een pijpleidingennetwerk ten behoeve van waterstoftransport opgenomen (zie Figuur 12). Hoe dit verder ontwikkeld zal worden zou in de komende jaren meer bekend worden.

Momenteel zijn er al drie waterstoftankstations in gebruik en zijn er nog eens twintig gepland of al in aanbouw (zie Figuur 13). De tankstations in Delfzijl en Rhoon zijn al aangesloten op bestaande waterstofpijpleidingen. De overige stations zullen naar verwachting van het H₂-platform voorlopig worden bevoorrad met tankwagens. In het geval van waterstoftransport worden deze vaak 'tube trailers' genoemd. Vanwege de beperkte dichtheid van waterstof, kunnen dergelijke tube-trailers ongeveer 300 kg waterstof vervoeren en zal elk waterstofvulpunt elke dag 2,3 keer moeten worden beleverd. Voor een tankstation met drie waterstofvulpunten zou dit leiden tot zeven leveringen per dag.

Bij een retourafstand van 100 km, zou het bevoorraden van de 431 vulpunten (364 voor lichte voertuigen en 66 voor zware voertuigen) die zijn voorzien in deze studie, leiden tot 37 miljoen extra kilometers per jaar door tube-trailers. Ofwel 0,5% meer vrachtwagenkilometers. Of dit grote aantal kilometers en beleveringen tot onaanvaardbare veiligheidsrisico's zou kunnen leiden zou verder kunnen worden onderzocht door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

²⁰ Waterstof Coalitie – Vier pijlers onder een duurzame waterstofeconomie in 2030. November 2018



Figuur 12: Mogelijke ontwikkeling van een waterstoftransportnetwerk tussen 2025 en 2030²⁰



Figuur 13: Locaties van bestaande en geplande waterstoftankstations. Bron: H₂ Platform.

4.2.3 *Vulpunten voor LNG en CNG*

Vanwege het beperkte aantal LNG- en CNG-voertuigen dat is voorzien in het klimaatakkoord en in de NEV2017, zal ook de behoefte aan infrastructuur beperkt zijn. Gegeven dat de CNG-vulpunten kunnen worden beleverd via het aardgasnetwerk, lijken er momenteel geen barrières voor het realiseren van CNG-vulpunten in termen van fysieke ruimte, toelevering en veiligheid.

Voor LNG gebeurt de toelevering wel via vrachtwagens. Bij een beperkte hoeveelheid infrastructuur, is de hoeveelheid extra vrachtverkeer ten behoeve van toelevering echter beperkt. Ook voor LNG-tankstations geldt daarom dat zowel fysieke ruimte als toelevering en veiligheid geen barrières zijn.

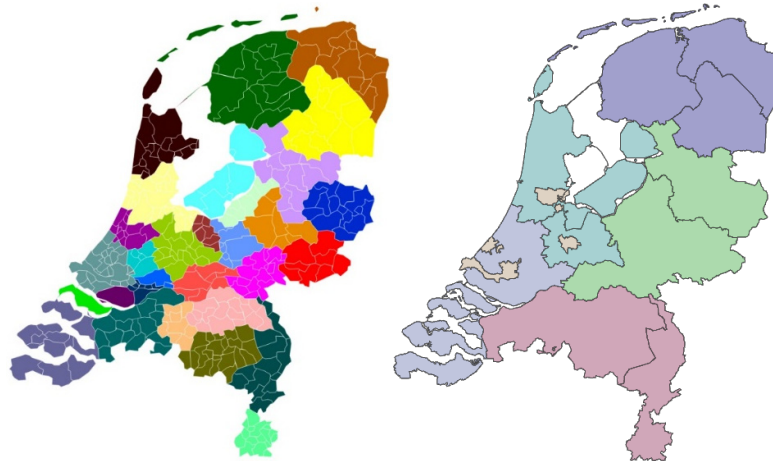
Momenteel zijn er al zo'n 150 tanklocaties voor CNG en 25 voor LNG. Dit aantal is hoger dan blijkt uit de analyse in paragraaf 3.1.1. Bij de verwachte ontwikkeling van het aantal CNG- en LNG-voertuigen zal dit leiden tot een beperkte bezettingsgraad. Dit zal de rendabele exploitatie van tankstations (op termijn) bemoeilijken

5 Analyse van de interactie met/impact op regionale plannen en studies

In dit hoofdstuk worden de plannen en studies van verschillende Nederlandse regio's ten aanzien van de uitrol van infrastructuur voor alternatieve energiedragers vergeleken met de behoefte die naar verwachting zal ontstaan zoals bepaald in deze studie.

5.1 Relatie tussen het Klimaatakkoord en de RES

In het klimaatakkoord is een groot aantal acties en maatregelen gedefinieerd. In veel gevallen zullen deze moeten nog verder worden uitgewerkt en uiteindelijk worden geïmplementeerd op het grondgebied of onder de verantwoordelijkheid van lokale overheden, zoals gemeenten, provincies en waterschappen. Om de uitwerking en implementatie verder uit te werken, is Nederland opgedeeld in 30 zogenaamde energieregio's. Daarnaast is specifiek ten behoeve van het realiseren van (elektrische) laadinfrastructuur Nederland opgedeeld in vijf NAL-regio's (zie Figuur 14).



Figuur 14: Geografische verdeling van Nederland in 'energieregio's' (links) en NAL-regio's (rechts)

Voor elk van de energieregio's zal op termijn Regionale Energiestrategieën (RES) worden opgesteld. De RES is een instrument om gezamenlijk invulling te geven aan lokale (beleids)maatregelen ten behoeve van CO₂-reductie. Daarom worden de strategieën opgesteld door gemeentes, provincies en waterschappen in samenwerking met alle belanghebbenden.

Op het moment zijn deze RES'en nog niet beschikbaar. Bovendien zijn de RES'en gericht op de gebouwde omgeving en elektriciteit. Eventueel kunnen afspraken van andere sectoren worden meegenomen in de RES, zoals maatregelen voor duurzame mobiliteit. De energiebehoefte van de sector mobiliteit is daarmee geen verplicht onderdeel van de RES'en. Vanwege de toename van elektriciteit als energiedrager voor mobiliteit, is het van belang om ook met deze ontwikkeling rekening te houden bij het opstellen van energiestrategieën.

Ten aanzien van laadinfrastructuur (publiek en privaat) geldt dat iedere Nederlandse gemeente eind 2020 een integrale visie op laadinfrastructuur heeft vastgesteld (inclusief buitengebied). Deze visie wordt elke twee jaar geactualiseerd, met een zichttermijn van 10 tot 15 jaar. Bij voorkeur worden de verschillende gemeentelijke visies op regionaal niveau afgestemd.

Momenteel zijn er al wel verschillende regio's die studies hebben laten uitvoeren ten aanzien van duurzame mobiliteit in de het kader van het klimaatakkoord.

5.2 Nationaal klimaatakkoord

Voor de volledigheid zijn in deze paragraaf ter referentie ook waarden uit het klimaatakkoord opgenomen ten aanzien van infrastructuur voor alternatieve energiedragers:

- Voor personenvervoer wordt een laadbehoefte voorzien van 1,8 miljoen private en (semi-)publieke laadpunten in 2030²¹.
- De maximale laadbehoefte voor bestelauto's is naar verwachting 18.600 laadpunten in 2030.
- Er is een ambitie van 50 waterstoftankstations in 2025.
- Er zijn geen expliciete afspraken of ambities gedefinieerd ten aanzien van infrastructuur voor LNG/CNG.

5.3 Regionale Energiestrategieën van drie geselecteerde regio's

5.3.1 Zuid Holland

In de periode 2016-2018 zijn al verschillende energiestrategieën opgesteld voor verschillende gebieden in de provincie Zuid-Holland. Deze zijn gebundeld in de publicatie 'Regionale Energiestrategieën in Zuid-Holland'²². Een aantal van deze strategieën is opgesteld in het kader van het pilotprogramma voor Regionale Energiestrategieën van de VNG. In deze publicaties wordt aandacht besteed aan de wijze waarop energie zal worden opgewekt in de vorm van elektriciteit, warmte en mobiliteit (motorbrandstoffen). Echter, de wijze waarop de energie voor mobiliteit zal worden gedistribueerd, wordt niet concreet. Enkel staat vermeld de mogelijkheid van een waterstoftankstation en een installatie voor waterstofelektrolyse.

In andere documenten van de provincie Zuid-Holland wordt wel duidelijk gesteld dat ze een belangrijke rol willen spelen in de productie en distributie van waterstof ten behoeve van mobiliteit. In een advies in opdracht van de Provincie Zuid-Holland²³ wordt voor een aantal modaliteiten beschreven wat de rol van waterstof zou kunnen zijn. Dit is niet persé de visie of ambitie van de Provincie Zuid-Holland.

Wegvervoer

Binnen het wegvervoer verwacht de provincie Zuid-Holland dat waterstof vooral zal worden gebruikt voor het langeafstandstransport van vrachtwagens. Verondersteld is dat in 2030 zo'n 2.000-3.000 vrachtwagens op waterstof zullen rijden. Dit is 26% tot 39% van het totaal aantal verwachte waterstofvrachtwagens op basis van het OKA.

²¹ In de NAL 2019 is dit bijgesteld naar 1,7 miljoen

²² Regionale Energiestrategieën in Zuid-Holland: Analyse en vergelijking van de stand van zaken in de zeven regio's. Augustus 2018

Deze 2000 – 3000 vrachtwagens zullen zo'n 11-17 kton (1,5-2,3 PJ) waterstof gebruiken²³. In documenten van de provincie worden geen concrete aantallen tankstations genoemd. Op basis van de aannames gedaan in paragraaf 2.1 heeft een afzet van 14 kton waterstof (midden tussen 11 en 17 kton) ongeveer 14 tankpunten. Volgens een publicatie van het H₂-platform zijn er in de provincie Zuid-Holland zes waterstoftankstations gepland (zie Figuur 13). Bij een gemiddelde van 2 vulpunten per tankstation, zoals aangenomen in paragraaf 3.1.4, komt dit neer op 12 vulpunten. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de geprognosticeerde aantallen met elkaar in lijn zijn.

Binnenvaart

De binnenvaart bunkert een groot deel van haar brandstoffen in het havengebied van Zuid-Holland, jaarlijks ongeveer 34 PJ²⁴ aan diesel. Volgens CBS werd in 2017 in Nederland ongeveer 12,7 PJ aan brandstof gebruikt in de binnenvaart. Een deel van de in Zuid-Holland gebunkerde energie wordt dus gebruikt in het buitenland.

Momenteel wordt er door de binnenvaartsector en andere belanghebbenden onderzocht of waterstof en brandstofcellen rendabel kunnen worden ingezet in de binnenvaart. Inmiddels zijn er diverse initiatieven om binnenvaartschepen om te bouwen naar voortstuwing via waterstof met een brandstofcel. Volgens een recente studie voor de provincie Zuid-Holland²⁵, zou in 2030 zo'n 10-25% van het volume dat gebunkerd wordt (25-60 kton (3,4-8,5 PJ)), kunnen zijn vervangen door waterstof. Deze studie representeert niet per definitie de ambitie van de provincie Zuid-Holland.

In het Klimaatakkoord is een ambitie opgenomen van minimaal 5 PJ aan duurzame energiedragers in de binnenvaart in 2030. Deze energiedragers omvatten zowel de bijgemengde biobrandstoffen (gemiddeld 30%) als elektriciteit en waterstof. Wanneer biobrandstoffen 3,8 PJ verzorgen (30% van 12,7 PJ), zou volgens de ambitie in het Klimaatakkoord nog 1,2 PJ worden opgewekt met elektriciteit of waterstof. Indien de provincie Zuid-Holland de 3,4-8,5 PJ aan waterstof zou overnemen als ambitie, zou dit de centraal afgestemde ambitie ruimschoots overstijgen.

5.3.2 *Groningen*

Bedrijven en overheden hebben in Groningen en Drenthe een gezamenlijke investeringsagenda opgesteld voor de ontwikkeling van het waterstofsysteem in Noord-Nederland²⁵. In dit waterstofplan zijn plannen opgenomen voor productie, infrastructuur en gebruik van blauwe en groene waterstof. Een aantal waterstofprojecten in de mobiliteitssector is reeds gerealiseerd of in uitvoering in Noord-Nederland. Zo zullen er acht waterstoftankstations worden gerealiseerd in de drie noordelijke provincies tussen 2019 en 2022 (zie Figuur 13).

Volgens de analyse uit paragraaf 3.1.2, zou er in de drie noordelijke provincies in 2025 en 2030 behoefte zijn aan respectievelijk ongeveer 1,8 en 13,2 waterstofvulpunten langs en nabij het hoofdwegennet in dit gebied voor alle wegvoertuigen. Dit is op basis van de aanname dat er in 2030 ongeveer 300.000

²³ Naar een groene waterstofeconomie in Zuid-Holland: Een visie van 2030. Advies aan en in opdracht van de Provincie Zuid-Holland. Van Wijk A. et al., Februari 2019.

²⁴ Bureau Voorlichting Binnenvaart, 2018

²⁵ [Investeringsagenda waterstof Noord-Nederland, Februari 2019](#)

waterstofvoertuigen in Nederland zullen rijden. Bij gemiddeld twee vulpunten per tankstation, betekent dat respectievelijk 0,9 en 6,6 tankstations. Aangezien dit alleen de stations langs en nabij het hoofdwegennet betreft, en is aangenomen dat voertuigen 40% van de benodigde waterstof tanken langs en nabij het hoofdwegennet, zullen er in 2025 en 2030 in totaal respectievelijk ongeveer 4,6 en 33 vulpunten nodig zijn, ofwel 2,3 en 17 stations met gemiddeld twee vulpunten per station. Het aantal geplande stations lijkt daarmee in lijn te liggen met de behoeften die naar verwachting zullen ontstaan bij de aannames zoals gedaan in deze studie. Tussen 2022 en 2030 zal de groei van het aantal tankstations nog wel moeten worden doorgezet.

Deze aantallen zijn wel onder de aanname dat waterstofvrachtwagens evenredig worden ingezet over het wegennet. In werkelijkheid zou het kunnen zijn dat waterstofvrachtwagens voornamelijk op internationale routes worden gebruikt, bijv. op de belangrijke corridors. Aangezien geen van deze corridors door Groningen loopt, zou het benodigde aantal waterstof-tankstations in Groningen aanzienlijk lager kunnen uitvallen.

Naar verwachting zal een deel van de benodigde waterstof worden opgewekt in Groningen. Transmission and storage options (TSO 2020)²⁶ in Groningen is een pilot waarin duurzaam opgewekte elektriciteit opgeslagen wordt in waterstof en vervolgens (onder ander) in mobiliteit wordt toegepast.

5.3.3 Noord-Brabant

De provincie Noord-Brabant heeft momenteel nog geen concrete ambitie ten aanzien van het te realiseren aantal snellaadpunten. Wel is in de NAL per provincie aangegeven wat de verwachte behoefte aan snellaadpunten zal zijn, namelijk 216, 604 en 1591 snellaadpunten in respectievelijk 2020, 2025 en 2030 (zie Tabel 8).

Voor deze studie is het aantal verwachte benodigde laadpunten op het hoofdwegennet opgeteld bij het aantal benodigde laadpunten voor een aantal grote steden, zal worden behandeld in Tabel 9 in paragraaf 6.1.1.

Tabel 8: Verwachte ontwikkeling van het aantal laadpunten in de provincie Noord-Brabant in 2020, 2025 en 2030 op basis van drie studies.

Jaar	NAL (2019)	TNO (2019)
2020	216	282
2025	604	692
2030	1591	1003

Uit deze Tabel 8 kan worden opgemaakt dat dat de verwachte behoefte aan snellaadpunten in 2020 en 2025 zeer vergelijkbaar is voor de NAL en deze TNO-studie. De prognose van de NAL voor 2030 komt hoger uit wat waarschijnlijk het gevolg is van de twee afwijkingen die ook al zijn behandeld in paragraaf 3.1.4, namelijk:

- de NAL gaat uit van een hogere behoefte aan elektriciteit door een hoger energiegebruik, hoger jaarkilometrage en groter aantal elektrische voertuigen;
- de NAL gaat uit van 36% minder energie geleverd per snellaadpunt per jaar en daardoor een lagere bezettingsgraad.

²⁶ <http://tso2020.eu/>

6 Specifieke vragen

Zoals uitgelegd in paragraaf 2.2, worden er in dit hoofdstuk antwoorden geformuleerd op een aantal specifieke die niet volgen uit de analyse in de voorgaande hoofdstukken, maar die wel relevant zijn voor het nationale beleidsplan en AFID. Deze zijn gesteld door de opdrachtgevers, te weten Rijkswaterstaat en het Ministerie van IenW.

6.1 Op wat voor locaties zal een concentratie van infrastructuur voor waterstof en elektrisch wenselijk zijn?

Naar verwachting zullen er tussen nu en vijf à tien jaar veel nieuwe nul-emissievoertuigen in gebruik worden genomen in Nederland. Dit is mede gedreven door de Green Deals die zijn gesloten met verschillende sectoren en de nul-emissiezones die steden mogelijk gaan invoeren. De voertuigcategorieën waarop deze Green Deals en nul-emissiezones betrekking hebben zijn vrachtwagens, bussen, vuilniswagens, taxi's (waaronder ook doelgroepenvervoer). Al deze typen voertuigen worden bedrijfsmatig gebruikt. Omwille van kostenefficiëntie is het van belang dat het tanken of laden van deze voertuigen geen aanzienlijke (negatieve) invloed heeft op de inzetbaarheid. Daarom zullen deze voertuigen moeten kunnen tanken en laden nabij de locaties waar zij hun werkzaamheden uitvoeren. Dit zal over het algemeen niet zijn langs en nabij het hoofdwegennet. In deze paragraaf wordt daarom ingegaan op de locaties waar een concentratie van infrastructuur voor waterstof en elektrisch wenselijk zal zijn.

6.1.1 *Elektrisch*

Een kenmerk van elektrische voertuigen is de relatief lange tijd die benodigd is om de batterij op te laden. Daarom is het voor voertuigen die bedrijfsmatig worden gebruikt van belang om de laadperiode goed in te passen in het inzetpatroon. Een voordeel is dat elektriciteit op relatief veel plaatsen beschikbaar is, waardoor laadpunten op veel locaties kunnen worden gerealiseerd, waarbij netwerkcapaciteit en doorlooptijd van het realiseren van laadpunten mogelijke barrières zijn. Daarom is het van belang om vroeg in het proces afstemming te laten plaatsvinden tussen verschillende stakeholders waaronder de netbeheerders.

Bussen en vuilniswagens

Bussen en vuilniswagens worden gekenmerkt door een hoge mate van voorspelbaarheid / planbaarheid van hun inzet. Daarnaast geldt voor beide categorieën dat de voertuigen onderdeel zijn van een grotere vloot met één eigenaar en een niet-openbare locatie waar de voertuigen staan wanneer ze niet in gebruik zijn (remise of depot).

Voor de elektrische varianten geldt dat er een relatie bestaat tussen de grootte van de batterij aan boord en de wijze waarop deze opgeladen wordt. Indien de voertuigen enkel worden opgeladen op het moment dat ze niet worden ingezet ('overnight charging'), zal de batterij groter moeten zijn dan wanneer er wel wordt (bij) geladen gedurende hun inzet ('opportunity charging'). Voor beide gevallen geldt dat het van belang is dat de laders beschikbaar zijn volgens planning.

In verreweg de meeste gevallen zal gebruik worden gemaakt van 'overnight charging' eventueel aangevuld met 'opportunity charging'. Voor 'overnight charging' zullen de depots of remises moeten worden voorzien van laders die met een aanzienlijk vermogen (>50 kW). Voor 'opportunity charging' geldt voor bussen en vuilniswagens dat er aanzienlijk hogere vermogens nodig zijn (>350 kW). Bovendien moeten de snellaadlocaties voor 'opportunity charging' zo gekozen zijn dat ze passen in de gebruiksplanning. Dit kan bijv. zijn bij eindpunten van lijnbussen of afvalverwerkingscentrales in het geval van vuilniswagens.

Taxi

Het is waarschijnlijk dat er in de komende decennia voertuigen met grotere accucapaciteit op de markt zullen komen. Als taxi gebruikte voertuigen zullen waarschijnlijk van dergelijke grotere accu's gebruik maken, omdat ze relatief veel kilometers rijden op een dag. Als gevolg daarvan zal ook de actieradius toenemen tot bijv. 500 km (bij 100 kWh accu en 0.19 kWh/km energiegebruik). Dergelijke voertuigen zouden meer dan 6 uur moeten opladen bij 16,5 kW (relatief hoog vermogen voor 'regulier' laden). In veel gevallen zal het mogelijk zijn om het voertuig buiten dienst (bijv. 's nachts) op te laden. Echter er zijn ook voertuigen die worden gebruikt voor meerdere diensten op één dag.

Voor voertuigen die op deze manier gebruikt worden, zal het noodzakelijk zijn om te snelladen. Dit zou bij voorkeur gebeuren op locaties waar taxi's voor langere tijd stil staan, zoals op standplaatsen bij stations of evenementenlocaties. Hier zouden de vermogens aanzienlijk hoger moeten zijn. Voor 20% batterijcapaciteit ofwel ~100 km bij een laadvermogen van 50 kW zou een voertuig ongeveer ($20\% * 100 \text{ kWh} / 50 \text{ kW} * 60 \text{ min} =$) 24 minuten moeten laden.

Vrachtwagens en trekker-opleggers

Ook voor elektrische vrachtwagens geldt dat de accucapaciteit waarschijnlijk zal toenemen door technische verbeteringen en dalende kosten. Desondanks zal het voor bepaalde gebruiksprofielen mogelijk nodig of financieel voordeliger zijn om bij te laden gedurende de inzet. Vanwege de grote batterij en beperkt beschikbare tijd, zal dit op hoog vermogen moeten (>350 kW). Het is vanwege economische redenen van belang om dit zoveel mogelijk te doen op locaties waar de vrachtwagens langere tijd stil staan, zoals tijdens laden / lossen bij winkels, distributiecentra of logistieke hubs. Het laden van 80 km actieradius zou bij 350 kW ongeveer ($1.7 \text{ kWh/km} * 80 \text{ km} / 350 \text{ kW} * 60 \text{ min} =$) 23 minuten moeten laden.

Voor lange-afstandstrucks zouden (publieke en private) rustplaatsen geschikte locaties zijn. Ook deze zouden moeten worden uitgerust met laders met hoge vermogens (>350 kW), zodat voertuigen die lange afstand over het hoofdwegennet rijden maar beperkt tijd verliezen. Om geen tijd te verliezen zou een chauffeur kunnen laden gedurende de verplichte rustperiode. Per 24 uur mag een bestuurder 11 uur rijden. In het geval hij kan laden met een vermogen van 350 kW, zou hij per dag ongeveer ($11 \text{ uur} * 80 \text{ km/uur} = 880 \text{ km} * 1.7 \text{ kWh/km} = 1500 \text{ kWh} / 350 \text{ kW} =$) 4 uur en een kwartier moeten laden. Dit zal in de meeste gevallen inpasbaar zijn in het gebruiksprofiel.

Verdeling van benodigde tank- en laadinfrastructuur niet nabij het hoofdwegennet

Op basis van de verwachte aantallen gereden kilometers door verschillende voertuigtypen op verschillende energiedragers op het totale wegennet in Nederland in 2030, is ook de totale verwachte behoefte bepaald naar tank- en

laadinfrastructuur in 2030. Op basis van de aannames die zijn gebruikt voor de eerdere analyses (15% snelladen waarvan twee derde op het hoofdwegennet) is bepaald aan hoeveel snelladers en waterstofvulpunten behoefte zal zijn buiten het hoofdwegennet in 2030. Dit resterende aantal is vervolgens verdeeld over buitenstedelijke en stedelijke wegen op basis van de gereden kilometers. Het aantal benodigde laad- en vulpunten in steden is vervolgens verdeeld over de 40 grootste gemeenten op basis van de gereden kilometers. Hierdoor ontstaat de verdeling zoals weergegeven in Tabel 9.

Dit betekent bijv. voor Amsterdam dat er, naast de tank- en vulpunten langs en nabij het hoofdwegennet in 2030 (51 snellaadpunten en 3 waterstofvulpunten langs en nabij de A10) ongeveer 94 snellaadpunten passend zou zijn voor de energievraag in Amsterdam en 10 waterstofvulpunten. Ter referentie, in maart 2018 stonden er in Amsterdam 13 snelladers en waren er nog 52 gepland.

Tabel 9: Verdeling van tank- en laadpunten over de 40 grootste gemeenten van Nederland in 2030

Gemeente	Elektrisch (snelladers)		Waterstof	
	Lichte voertuigen	Zware voertuigen	Lichte voertuigen	Zware voertuigen
's-Gravenhage	66	4	7	1
's-Hertogenbosch	24	2	3	1
Alkmaar	11	1	1	0
Almere	20	1	2	0
Alphen aan den Rijn	13	1	1	0
Amersfoort	19	2	2	0
Amsterdam	90	4	9	1
Apeldoorn	22	2	2	1
Arnhem	22	2	2	0
Breda	23	2	2	1
Delft	10	1	1	0
Deventer	14	2	1	0
Dordrecht	14	2	1	1
Ede	11	1	1	0
Eindhoven	32	3	3	1
Emmen	15	1	2	0
Enschede	19	2	2	1
Groningen	24	2	3	0
Haarlem	20	1	2	0
Haarlemmermeer	21	2	2	1
Leeuwarden	19	2	2	0
Leiden	17	2	2	0
Maastricht	20	2	2	1
Nijmegen	29	2	3	1
Rotterdam	78	6	8	2
Tilburg	27	4	3	1
Utrecht	42	3	4	1
Venlo	13	1	1	0
Westland	8	1	1	0
Zaanstad	15	1	2	0
Zoetermeer	14	1	1	0
Zwolle	17	1	2	0

6.1.2 Waterstof

De snelheid waarmee een waterstofvoertuig kan worden afgevuld is momenteel een factor twee à drie lager dan van een voertuig op fossiele brandstoffen.

De verwachting is echter dat dit verschil in het komende decennium verder zal afnemen als gevolg van een hogere doorvoersnelheid van waterstof.

Daarom is het voor bedrijfsvoertuigen op waterstof makkelijker om het tanken goed in te passen in de operatie dan voor elektrische voertuigen. Voor waterstof is distributie en opslag (vanwege energiedichtheid en veiligheid) juist een grotere barrière. Vooral in de opstartfase is het van belang om zoveel mogelijk voertuigen gebruik te laten maken van dezelfde tanklocatie om de kosten te beperken. Hierbij liggen depots van bussen en vuilniswagens en logistieke hubs voor de hand. Taxi's en andere waterstofvoertuigen zouden ook gebruik kunnen maken van deze faciliteiten. Deze locaties liggen vaak aan de randen van grote steden. Daarom zal er rekening moeten worden gehouden met veiligheid bij aanvoer en opslag van waterstof.

6.1.3 Conclusie

Infrastructuur voor alternatieve energiedragers zal voornamelijk nodig zijn op locaties waar:

- zakelijke voertuigen (taxi, bestelauto's, vrachtwagens) stil staan zoals op standplaats, bedrijventerreinen, remises en laad- en losplekken;
- personenauto's voor een korte periode stil staan, zoals nabij winkels;
- veel personenauto's passeren, zoals snelwegen.

6.2 Welke ontwikkelingen worden verwacht van nieuwe laadtechnieken?

In de analyse in hoofdstuk 3 is uitgegaan van snelladers die via een kabel elektriciteit leveren aan stilstaande voertuigen. Naast deze technologie, vinden er ontwikkelingen plaats die het mogelijk maken om

- draadloos te laden (zogenaamd inductieladen);
- te laden terwijl voertuigen in beweging zijn (in-motion charging).
- laden in stilstand met een pantograaf.

6.2.1 Inductieladen

Voordelen van deze nieuwe ten opzichte van de bestaande technologie zijn:

- Gemak en gebruiksvriendelijkheid: niet meer nodig om de auto via een stekker te koppelen
- Minder bovengrondse objecten in de openbare ruimte.

De technologie achter inductief laden is al beschikbaar, maar wordt nog niet toegepast voor het laden van elektrische voertuigen. Wel zijn er voertuigfabrikanten die deze technologie aan het testen zijn. Dit betreft met name 'luxe' automerken.

In een recente studie is inductief laden getest in de gemeente Rotterdam op een aantal hiervoor geschikt gemaakte auto's²⁷. Op basis hiervan is een aantal conclusies getrokken, die aantonen dat er nog een aantal belangrijke barrières zijn die geslecht moeten worden voordat inductief laden op grote schaal zal worden toegepast:

- Gebrek aan standaardisatie maakt dat verschillende typen / merken voertuigen niet kunnen laden op de diverse inductieve laadsystemen.
- Slim laden, waarbij het geleverde vermogen aan voertuigen in de tijd wordt bepaald door de vraag en aanbod die er in het (lokale) elektriciteitsnet bestaat, is bij draadloos laden momenteel nog moeilijker te realiseren dan bij laden via een kabel.

- Er wordt bij draadloos laden onzekerheid ervaren in het op de juiste manier parkeren van de auto op de laadplaat en in de bevestiging dat de auto daadwerkelijk aan het laden is. Als een gebruiker onzeker is, sluit hij liever een kabel aan. De verwachting is dat parkeerhulp en applicaties hier op termijn verandering in zullen brengen.

Wanneer deze technologie op termijn wel op grote schaal kan worden toegepast heeft dit tot 2030 maar beperkt effect op de hoeveelheid benodigde (snel)laders zoals bepaald in hoofdstuk 3. Mogelijk zal het verbinden van het voertuig op het laadsysteem iets minder tijd in beslag nemen, waardoor de duur van een laadsessie iets afneemt. Hierdoor zouden er iets minder inductieladers nodig zijn dan 'normale' snelladers, indien zij hetzelfde vermogen kunnen leveren. Pas wanneer voertuigen inductief geladen kunnen worden tijdens het rijden of bijv. bij verkeerslichten, zal het moment en locatie van laden aanzienlijk veranderen. Een toepassing van inductief laden op dergelijke wijze wordt niet verwacht voor 2030.

6.2.2 *Laden in stilstand met een pantograaf*

Een pantograaf kan ook worden gebruikt alleen op vaste locaties. Dit zou bijv. een manier kunnen zijn om bussen van elektriciteit te voorzien wanneer ze stil staan bij een bushalte.

6.2.3 *In-motion charging*

In-motion charging is geen nieuwe technologie. Zo rijden er in Arnhem al sinds 1949 Trolleybussen. Dit systeem in Arnhem bestaat uit een bovenleiding en bussen die zijn voorzien van een pantograaf. Via deze pantograaf wordt het voertuigen voorzien van elektrische energie (vergelijkbaar met treinen en trams).

De belangrijkste voordelen van deze technologie is dat voertuigen:

- toe kunnen met een veel kleinere accu, wat leidt tot minder kosten, lager energiegebruik en minder ruimteverlies;
- minder lang stil hoeven te staan om te laden.

Aan de andere kant zijn er ook nadelen ten opzichte van 'reguliere' laadtechnologieën, te weten:

- hogere kosten (investering en onderhoud);
- gebrek aan flexibiliteit;
- beeldvervuiling

Er lopen momenteel verschillende praktijkproven waarin deze technologie wordt toegepast op het hoofdwegennet. In mei 2019 is in Duitsland, op de A5 ten zuiden van Frankfurt, een stuk weg geopend waarvan de rechterbaan over een lengte van tien kilometer is voorzien van een bovenleiding: de eHighway. Vrachtwagens kunnen tot 90 km/h onder de lijnen doorrijden om de accu op te laden. Het vermogen waarmee de voertuigen worden opgeladen is 200 kW.

Daarnaast wordt er momenteel in Zweden een proef gedaan waarbij de weg tussen Arlanda bij Stockholm en een vrachtcentrum over een lengte van twee kilometer is voorzien van een elektrische rail. Deze is verwerkt in de weg. Op deze weg gaat een omgebouwde DAF truck rijden met een sleepcontact eronder. Ook in dit systeem worden de voertuigen voorzien van 200 kW vermogen tijdens het rijden.

6.2.4 *Conclusie*

De belangrijkste ontwikkeling van laadtechnieken is de toename van vermogens van met name snelladers. Deze zullen voor personenauto's in rap tempo toenemen van typisch 50kW nu tot 350kW. Een tweede ontwikkeling is inductief laden, wat zich voor het komende decennium vooral lijkt te ontwikkelen voor niches, zoals luxe voertuigen en mogelijk taxi's. Tot slot is er een aantal proeven gaande voor in-motion charging, vooral voor zware voertuigen. Voor beide technologieën geldt dat er nog geen zicht is op het moment dat deze toepassingen op grote schaal zullen worden toegepast.

6.3 **Welke ontwikkelingen worden verwacht van nieuwe energiedragers?**

Vanwege beperkte beschikbaarheid, leveringszekerheid en milieubelastende emissies worden er continu nieuwe brandstoffen en energiedragers voor transport ontwikkeld. Belangrijkste nieuwe typen brandstof zijn:

- synthetische brandstof op basis van fossiele grondstoffen;
- verschillende brandstoffen op basis van biomassa;
- power-to-fuels;
- redox-batterij.

6.3.1 *Synthetische brandstoffen op basis van fossiele grondstoffen*

Middels een chemisch proces kunnen verschillende fossiele grondstoffen zoals aardgas of kolen worden omgezet in een vloeibare brandstof, respectievelijk GTL en CTL. Tot 30% kunnen deze synthetische brandstoffen worden bijgemengd met fossiele diesel en worden gebruikt in dieselmotoren zonder aanpassing. Voor de distributie van deze blends kan gebruik worden gemaakt van de huidige infrastructuur (trucks en brandstoftanks bij het tankstation). De specificaties van hoge blends (30% tot 100%) wijken wat af van die van diesel. Daarom kunnen deze alleen worden toegepast in voertuigen die daar tijdens de typegoedkeuring geschikt voor zijn bevonden, of na een beperkte motoraanpassingen. Hoge blends kunnen worden gedistribueerd op dezelfde wijze als diesel, maar tijdens vervoer en bij tankstations dient de brandstof wel gescheiden van diesel te worden opgeslagen.

Het gebruik van GTL en CTL in oudere dieselmotoren leidt tot een reductie van NO_x- en PM10-emissies van respectievelijk ongeveer 15% en 20%²⁸. Het gebruik in moderne Euro VI motoren leidt niet tot een substantieel effect²⁸.

De CO₂-ketenemissies van GTL zijn ongeveer 6% hoger dan van conventionele diesel²⁹. Indien de CO₂ die vrijkomt bij de brandstofproductie wordt afgevangen en opslagen (Carbon Capture and Storage ofwel CCS) kunnen de CO₂-ketenemissies tot 5% lager zijn dan die van reguliere diesel²⁹. Bij het gebruik van synthetische diesel uit steenkool (ook wel CTL) zijn de CO₂-ketenemissies aanzienlijk hoger dan die van diesel of GTL, namelijk meer dan twee keer zo hoog²⁹.

Als gevolg van het klimaatakkoord, zullen de CO₂-emissies in Nederland richting nul moeten in 2050. Dit geldt ook voor mobiliteit. Om dit te halen zal de rol van synthetische brandstoffen op basis van fossiele grondstoffen op termijn zeer beperkt zijn. Het gebruik van CTL is onwenselijk vanwege de hoge CO₂-ketenemissies.

²⁸ TNO, CE Delft 2014: Factsheets brandstoffen voor het wegverkeer

²⁹ JRC, 2014 Well-To-Tank Appendix 2 - Version 4a

Op kortere termijn zou GTL beperkt kunnen worden ingezet in oudere motoren ten behoeve van luchtkwaliteitsverbetering. Ook zou de afzet van GTL kunnen stijgen wanneer de verhouding tussen de aardgasprijs en dieselprijs ertoe leidt dat GTL voor een lagere prijs kan worden aangeboden dan diesel. Aangezien GTL kan worden ingepast in de huidige infrastructuur, zijn er geen aanzienlijke aanpassingen nodig.

6.3.2 *Verschillende brandstoffen op basis van biomassa*

Verschillende soorten biomassa kunnen via tal van productieroutes worden omgezet in biobrandstoffen. Door de grote variëteit in termen van herkomst, grondstoffen en productieroutes variëren ook de CO₂-ketenemissies van de tientallen beschikbare biobrandstofproductieroutes sterk. Met biobrandstof geproduceerd uit afvalstromen kunnen WTW CO₂-emissiereducties tot wel 90% worden gerealiseerd doordat de CO₂-emissies ten gevolge van productie en transport beperkt zijn. Dit zijn bijv. biobrandstoffen op basis van reststromen. Echter, er bestaan ook productieroutes van biobrandstoffen die leiden tot CO₂-ketenemissies die vergelijkbaar zijn met die van equivalente conventionele brandstoffen. Dit is het gevolg van beperkte reducties in de productieketen en aanzienlijke broeikasgasemissies ten gevolge van indirecte veranderingen in landgebruik³⁰. Mede als gevolg van (Europese) regelgeving³¹ zijn de in Nederland gebruikte biobrandstoffen zo geproduceerd dat ze leiden tot aanzienlijk lagere CO₂-emissies dan equivalente fossiele brandstoffen.

Een voordeel van biobrandstoffen ten opzichte van alternatieven als elektriciteit en waterstof, is de hoge energiedichtheid, vergelijkbaar met die van fossiele brandstoffen. Vooral voor voer-, vaartuigen die lange afstanden afleggen en voor vliegtuigen is een hoge energiedichtheid van groot belang. Beschikbare biobrandstoffen zouden daarom bij voorkeur moeten worden ingezet in deze typen inzet.

Van de biobrandstoffen zijn er verschillende potentieel geschikt voor gebruik in mobiliteit, waaronder

- Bio-ethanol
- FAME ook wel 'biodiesel'
- HVO
- Syngas / biomethaan
- BTL / Bio-FT-diesel
- bio-methanol
- ED95
- DME

Bio-ethanol en biodiesel worden momenteel al bijgemengd bij respectievelijk benzine (tot 10%) en diesel (tot 7%). Voor BTL en HVO geldt dat ze tot 30% kunnen worden bijgemengd met fossiele diesel en worden gebruikt in dieselmotoren zonder aanpassing. Voor hogere aandelen van deze biobrandstoffen dienen het voertuig en de pomp hiervoor geschikt te zijn.

³⁰ The land use change impact of biofuels consumed in the EU: Quantification of area and greenhouse gas impacts. Ref. Ares(2015)4173087 - 08/10/2015

³¹ [Directive \(EU\) 2018/2001 ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen. Renewable Energy Directive RED II](#)

Momenteel accepteren verschillende voertuigfabrikanten al volledig 100% hernieuwbare diesel in hun voertuigen.

Een voordeel van BTL en HVO is dat ze (eventueel na beperkte aanpassingen) kunnen worden gebruikt in dieselmotoren. Hierdoor kunnen de brandstoffen zonder veel aanpassingen worden gebruikt in de huidige langeafstandsvrachtwagens en in de binnenvaart. BTL is momenteel echter niet of nauwelijks commercieel verkrijgbaar. HVO is wel beperkt beschikbaar en wordt onder andere in Rotterdam geproduceerd.

Bio-methaan is zeer vergelijkbaar met CNG en kan daarom zonder problemen worden toegepast in CNG-voertuigen en de bijbehorende infrastructuur.

Naast deze biobrandstoffen zijn er nog vele andere soorten te produceren, zoals biomethanol, biobutanol, en PPO. Het gebruik van deze brandstoffen vereist in meer of mindere mate aanpassingen aan dieselmotoren of de ontwikkeling van nieuwe typen motoren. Momenteel lopen er meerdere onderzoeken naar de haalbaarheid van de inzet van dergelijke biobrandstoffen die niet één-op-één bestaande fossiele transportbrandstoffen kunnen vervangen.

De beschikbaarheid van biobrandstoffen wordt verder behandeld in paragraaf 6.4.

6.3.3 *Power-to-fuels*

Power-to-fuels is een productiemethode waarbij een brandstof wordt geproduceerd uit waterstof en CO₂ of stikstof (N₂). De waterstof wordt in dit geval verkregen door elektrolyse met gebruik van (hernieuwbare) elektriciteit.

Er zijn twee productieroutes te onderscheiden, te weten:

- synthese met waterstof (uit elektrolyse) en CO₂ resulterend in verschillende mogelijk gasvormige of vloeibare brandstoffen (waaronder synthetische diesel);
- synthese met waterstof (uit elektrolyse) en stikstof resulterend in ammoniak.

Deze routes zijn schematisch weergegeven in Figuur 15.

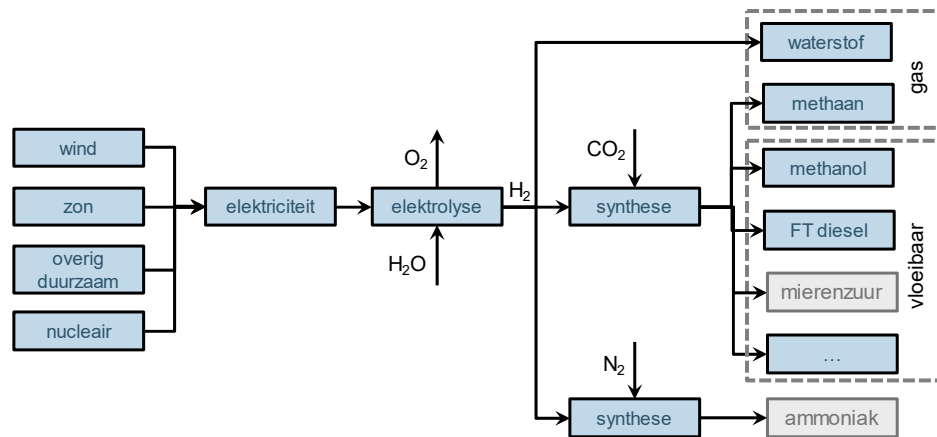
Voor beide routes geldt dat er extra conversiestappen zijn ten opzichte van de productie van elektriciteit en waterstof. Deze conversiestappen leiden tot energieverliezen, waardoor het ketenrendement lager is en de kosten relatief hoog. Echter, voor bepaalde modaliteiten zijn elektriciteit en waterstof (op de middellange termijn) geen geschikte alternatieven, bijv. vanwege lage energiedichtheid. Daarnaast is de hoeveelheid biomassa beschikbaar voor transportbrandstoffen beperkt (zie paragraaf 6.4). Aangezien mobiliteit in 2050 over de brandstofketen bezien (nagenoeg) geen CO₂-emissies mag veroorzaken, zal er mogelijk behoefte zijn aan duurzaam geproduceerde energiedragers met andere eigenschappen dan waterstof en elektriciteit.

Power-to-fuels zijn brandstoffen die hier wellicht een rol kunnen gaan spelen.

Voordelen van dergelijke brandstoffen zijn:

- een hoge energiedichtheid (MJ/kg en MJ/l);
- duurzame energiedragers;
- productiemethode maakt het mogelijk om duurzaam opgewekte energie op te slaan / te bufferen wanneer er een mismatch is tussen vraag en aanbod met verschillende tijdschalen: seconden, uren, dagen, weken, seizoenen;

- compatibiliteit met bestaande voertuigtechnologie en infrastructuur voor productie, opslag en distributie. Dit geldt niet voor ammoniak.



Figuur 15: Schematische weergave van mogelijke productieroute van duurzame waterstof en power-to-fuels.

Momenteel worden er nog geen power-to-fuels brandstoffen commercieel geproduceerd. Er is een markt nodig om investeringen in deze productieroutes te rechtvaardigen. Zolang deze niet bestaat zal het nog een aanzienlijke tijd duren voordat dergelijke brandstoffen beschikbaar zullen komen. Wanneer dit het geval is, zal de distributie op dezelfde manier kunnen worden vormgegeven als nu.

6.3.4 Redox-batterij

Een Redox-batterij is een oplaadbare 'batterij' waarin een elektrolyt door een elektrochemische cel stroomt waardoor de chemische energie wordt omgezet in elektriciteit. Door het vloeibaar elektrolyt te laden of door geladen vloeibaar elektrolyt aan de 'batterij' toe voegen, wordt deze als het ware opgeladen.

Redox-batterijen hebben een aantal aanzienlijke voordelen ten opzichte van momenteel gebruikte batterijtypen:

- een bijna onbegrensde capaciteit, omdat deze relatief eenvoudig kan worden vergroot door het gebruik van grotere opslagtanks;
- de 'batterij' kan een lange periode compleet ontladen zijn zonder dat daarbij negatieve geheugeneffecten optreden;
- de 'batterij' kan snel weer geladen worden door het vloeibare elektrolyt te vervangen.

De belangrijkste nadelen van de redox-batterijtechnologie ten opzichte van bestaande batterijtechnologie zijn

- de complexiteit van het systeem;
- de nog slechte energie-volumeverhouding: redox-batterijen hebben een energiedichtheid van ~25 Wh/kg elektrolyt. Dit kan met bekende innovaties toenemen tot 35 Wh/kg. Ter vergelijking, moderne oplaadbare lithium-ion accu's hebben een energiedichtheid van 80 Wh/kg tot 200 Wh/kg. De verwachting is dat de ontwikkeling redox-batterijen op termijn zal leiden tot vergelijkbare energiedichtheden.

Er is nog geen zicht op commerciële toepassing van deze energiedrager.

6.3.5 Conclusie

Er vinden momenteel zeer veel ontwikkelingen plaats op het gebied van brandstoffen, bijv. voor biobrandstoffen en synthetische brandstoffen. Hoe deze brandstoffen zullen ontwikkelen is afhankelijk van een aantal factoren die moeilijk te voorspellen zijn, zoals

- de ontwikkeling van batterij-elektrische voertuigen;
- de ontwikkeling van de hoeveelheid opgewekte duurzame elektriciteit;

6.4 Hoe zal de vraag naar en beschikbaarheid van biobrandstoffen ontwikkelen?

Vanwege Europese regelgeving wordt er momenteel al biobrandstof bijgemengd bij conventionele brandstof. Voor deze 'blends' wordt gebruik gemaakt van dezelfde bestaande infrastructuur als voor conventionele brandstoffen. In de toekomst zouden er brandstoffen op de markt kunnen komen met hogere aandelen biobrandstof, tot wel 100%. In deze paragraaf wordt beschreven hoe vraag en beschikbaarheid van biobrandstoffen zal ontwikkelen.

Biomassa is de grondstof voor biobrandstoffen. Het dient ook als grondstof voor andere toepassingen, zoals

- voedselvoorziening (menselijk voedsel en veevoer);
- grondstof voor productie van (constructie)materialen;
- grondstof in de chemische sector;
- energievoorziening in de vorm elektriciteits- en warmteproductie.

Als gevolg van de vraag naar biomassa en een beperkte hoeveelheid landbouwgrond is biomassa een schaars goed.

Voor voedselvoorziening bestaat geen alternatief voor biomassa. Daarnaast is de maatschappelijke en / of economische waarde van biomassa hoger wanneer het wordt ingezet in andere doeleinden dan de productie van biobrandstof. Ook geldt dat er toepassingen voor biomassa zijn waarbij de klimaatvoordelen groter zijn dan voor biobrandstofproductie.

Er is Europese regelgeving van kracht die ervoor moet zorgen dat de gebruikte biomassa ten behoeve van transportbrandstoffen leiden tot een significante CO₂-reductie en zo min mogelijk moet concurreren met andere doeleinden³¹. Dit kan door bijv. gebruik te maken van reststromen zoals houtresten, restafval, rioolslib en ongebruikte delen van gewassen. Doordat dergelijke stromen slechts in beperkte hoeveelheid beschikbaar zijn, zijn ook (duurzame) biobrandstoffen ten behoeve van transport beperkt beschikbaar.

In 2015 heeft de Rijksoverheid een strategische visie gepubliceerd op de inzet van biomassa tot 2030³². In dit rapport wordt geconcludeerd dat er in potentie voldoende duurzame biomassa beschikbaar kan komen om in de Nederlandse behoefte aan voedsel, veevoer, energie, transport, chemie en materialen te voorzien, mits aan een aantal complexe voorwaarden wordt voldaan, te weten:

- een verantwoorde toename van het aanbod van duurzame biomassa (nationaal, Europees en mondiaal);
- het beter en efficiënter benutten van beschikbare biomassa;

³² Biomassa 2030: Strategische visie voor de inzet van biomassa op weg naar 2030, 1 december 2015

- cascadering en technologieontwikkeling om tot hogere conversierendementen te komen en om coproductie en het hoogwaardig gebruik van reststromen mogelijk te maken.

Voor de vraag naar biomassa ten behoeve van transportbrandstoffen zijn twee scenario's opgenomen in deze visie. Het scenario met een lage vraag is gebaseerd op het finaal verbruik van biomassa op basis van een extrapolatie van het staande beleid volgens de NEV2015. Het scenario met een hoge vraag is gebaseerd het ambitieniveau van de sector in 2030 op basis van de brandstofvisie^{33,34}. Deze scenario's zijn weergegeven in Tabel 10..

Tabel 10: Verwachte ontwikkeling van het biomassaverbruik ten behoeve van biobrandstofproductie in Nederland weergegeven in finaal verbruik.

Vraag naar biomassa [PJ]	2020	2030
Scenario laag	31	43
Scenario hoog	50	90

Conclusie: Voor de vraag naar biobrandstoffen in 2030 lijkt voldoende (duurzame) biomassa beschikbaar te zijn.

6.5 Wat is het effect van de veranderende infrastructuur voor de businesscase ten aanzien van de verkoop van energiedragers?

Naar verwachting zal de hoeveelheid voertuigen dat tankt / laadt langs en nabij het hoofdwegennet afnemen naar mate het aandeel elektrische voertuigen toeneemt. Dit is het gevolg van de relatief lange tijd die benodigd is om een elektrische voertuig (gedeeltelijk) op te laden ten opzichte van het voltanken van een conventioneel voertuig. Bovendien geldt voor personenauto's en mogelijk ook voor andere modaliteiten dat de energiedrager, elektriciteit, ook beschikbaar is nabij woning of werk. Voor voertuigen op waterstof of andere (vloeibare) brandstoffen is de afvultijd vergelijkbaar met die van benzine en diesel en is daarom ook te verwachten dat het aandeel dat ze zullen tanken langs en nabij het hoofdwegennet vergelijkbaar is met conventionele benzine en diesel.

Wel geldt dat voertuigen die gebruik maken van infrastructuur langs en nabij het hoofdwegennet gemiddeld langer verblijven op het tank / laadstation. Zo kost het laden van 'slechts' 70 km actieradius ongeveer 15 minuten bij een vermogen van 50 kW. Het voor 90% voltanken van een conventionele personenauto kost ongeveer drie minuten, ofwel een factor vijf minder.

In het geval dat het aantal keren dat elektrische auto's laden langs en nabij het hoofdwegennet een factor vijf lager ligt dan het aantal tankbeurten van conventionele voertuigen, zullen er netto evenveel personenauto's aanwezig zijn op een tank / laadstation. Per saldo zal de bezetting van tankstations daarom mogelijk niet veel verschillen ten opzichte van nu. Om een vergelijkbare omzet te genereren zal de marge per laadbeurt voor een elektrische auto aanzienlijk groter moeten zijn dan voor een tankbeurt met een conventionele auto. Of dit leidt tot een prijs die nog acceptabel is voor weggebruikers dient verder te worden onderzocht.

³³ Een duurzame brandstofvisie met LEF, juni 2014

³⁴ Deelrapport Brandstofafel Wegvervoer Duurzaam Vloeibaar, juni 2014

Voor vrachtwagens geldt dat (bio)diesel naar verwachting de dominante brandstof zal blijven tot 2030 (zie hoofdstuk 3). De elektrische vrachtwagens die wel zijn voorzien voor 2030, zullen waarschijnlijk vooral worden ingezet op zo'n wijze dat ze kunnen laden tijdens laden / lossen en gedurende de nacht op bijv. privéterrein van de vervoerder. Dit zijn bijv. voertuigen die worden ingezet voor nationale distributie. Doordat deze voertuigen maar beperkt gebruik zullen maken van (semi)publieke snelladers zal het aantal vrachtwagens bij tankstations tot 2030 waarschijnlijk iets afnemen. Echter, gegeven dat momenteel vooral vrachtwagens die worden ingezet voor langeafstandstransport gebruik maken van tankstations langs en nabij het hoofdwegennet en deze voertuigen nog niet op grote schaal vervangen zullen worden door elektrische vrachtwagens, zal dit effect waarschijnlijk beperkt zijn tot 2030.

Conclusie: waarschijnlijk zullen er door de toename van het aantal elektrische voertuigen (die langer laden dan conventionele voertuigen tanken) minder voertuigen naar tankstations gaan. Zij zullen hier echter wel langer verblijven, waardoor er netto ongeveer evenveel voertuigen op een tankstation aanwezig zullen zijn.

6.6 Wat zijn mogelijke verdienmodellen ten aanzien van energieopslag?

6.6.1 *Biobrandstoffen*

Een toename in het gebruik van biomassa ten behoeve van energievoorziening (waaronder voor transport) kan een positief effect hebben op de Nederlandse economie via twee sectoren:

- Logistieke sector: invoer, opslag en doorvoer van biomassa;
- Chemische sector: hoogwaardige verwerking van biomassa.

De grootschalige import van biomassa voor energie (waaronder biobrandstoffen) biedt kansen voor Nederland. Waarde kan worden gecreëerd door invoer, opslag en doorvoer bij Nederlandse havens. Voor Nederland is biobrandstofproductie op dit moment al een interessante economische activiteit. De toegevoegde waarde van de productie van biobrandstoffen in Nederland bedroeg in 2011 ongeveer 100 M€. Voor biodiesel bedroeg de productie in Nederland in 2012 52,8 PJ. Ter vergelijking: de binnenlandse gebruikersvraag was 10,1 PJ³².

Mede door Europese regelgeving zal de hoeveelheid benodigde biobrandstof op de korte tot middellange termijn naar verwachting nog verder toenemen. Op langere termijn is biobrandstof bovendien een belangrijk alternatief voor luchtvaart en scheepvaart en voor langeafstandstransport over de weg.

6.6.2 *Waterstof*

Voor waterstof zou ook een situatie kunnen ontstaan waarbij toegevoegde waarde in Nederland wordt gecreëerd.

Zo zou er opslag en distributie kunnen plaatsvinden vanuit de zeehavens en mogelijk ook op grootschalige wijze in zoutcavernes in Noord-Nederland. Hier wordt onderzoek naar gedaan door EnergyStock, een dochteronderneming van Gasunie.

Momenteel vindt er al grensoverschrijdend transport van waterstof plaats via onder meer de waterstofpijpleiding tussen Rotterdam-Rijnmond en Antwerpen.

Op termijn zou ook (een deel van) het publieke aardgaspijpleiding geschikt gemaakt kunnen worden voor import en export van waterstof. Enerzijds voor de export van binnen Nederland geproduceerde waterstof, maar anderzijds mogelijk ook import van relatief goedkoop geproduceerde waterstof uit regio's waar veel duurzame elektriciteit kan worden opgewekt, zoals in Zuid-Europa, Noord-Afrika, Midden-Oosten.

6.6.3 *Conclusie*

Zowel de toename van het gebruik van biobrandstoffen als van waterstof zou de Nederlandse economie ten goede kunnen komen, vanwege,

- zeehavens waar opslagmogelijkheden bestaan;
- binnenvaart en pijpleidingennetwerken (met aansluiting op buitenlandse netwerken) waarmee brandstoffen kunnen worden getransporteerd;
- chemische sector waarin brandstoffen kunnen worden verwerkt.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

7.1.1 *Behoeftte aan tank- en laadinfrastructuur voor alternatieve energiedragers*

Wegvoertuigen op elektriciteit (snelladers)

De ambities in het Klimaatakkoord ten aanzien van de ingroei van elektrische voertuigen leidt ertoe dat de behoefte aan snellaadpunten sterk zal toenemen tot ongeveer 4.400 voor lichte voertuigen (personen- en bestelauto's) en bijna 300 voor zware voertuigen (vrachtwagens en trekker-opleggers) in 2030. Indien de kans op een vrij snellaadpunt (resultierend in een groter aantal snellaadpunten met lagere bezettingsgraad) zwaarder weegt dan de meerkosten van een groter aantal snellaadpunten, kan het aantal snelladers oplopen tot respectievelijk 8.200 en ruim 500. Elk snellaadpunt wordt in dat geval 2,6 uur per etmaal bezet in plaats van 4,8 uur.

Ook langs en nabij het hoofdwegennet zal de behoefte aan snellaadpunten aanzienlijk zijn: 2.900 voor lichte voertuigen en 115 voor zware voertuigen. Van deze 115 snellaadpunten zullen er 38 moeten worden gerealiseerd op de belangrijke vrachtwagencorridors (TenT en MIRT). Bij een lagere gemiddelde bezettingsgraad zal de totale behoefte aan snellaadpunten langs en nabij het hoofdwegennet respectievelijk ongeveer 8.000 en 340 bedragen.

Dit grote aantal snellaadpunten kan niet zondermeer worden gerealiseerd op de bestaande verzorgingsplaatsen waar al tankinfrastructuur aanwezig is vanwege een gebrek aan fysieke ruimte. Het is daarom van belang om snelladers met grote vermogen te realiseren, vooral op verzorgingsplaatsen waar een grote behoefte aan snelladers wordt verwacht omdat hierdoor minder snelladers nodig zijn. Ook kan er worden gezocht naar andere locaties dan verzorgingsplaatsen. Dit kan echter weer leiden tot andere complicaties, zoals grondbezit door derden of complexe situaties ten aanzien van de aansluiting op het middenspanningsnet bijv. door de aanwezigheid van bebouwing. In alle gevallen geldt dat deze aansluiting een complexe opgave is, waarvoor het van belang is om vroegtijdig in kaart te hebben welke acties er wanneer door welke partij moeten worden genomen.

Wegvoertuigen op waterstof

De behoefte aan waterstofvulpunten zal aanzienlijk lager zijn aan snellaadpunten. In het totaal zullen er voor lichte voertuigen ongeveer 360 waterstofvulpunten nodig zijn, voor zware voertuigen nog eens 66. Hiervan zullen er respectievelijk 142 en 26 benodigd zijn langs en nabij het hoofdwegennet. De fysieke ruimte die beschikbaar is op de bestaande verzorgingsplaatsen met een tankstation lijkt voldoende om deze waterstofvulpunten te realiseren.

Bevoorrading van de waterstofstations middels 'tube trailers' leiden tot 2,3 leveringen per dag per waterstofvulpunt. Voor een tankstation met drie waterstofvulpunten zou dit zeven leveringen per dag betekenen. In het totaal zou de hoeveelheid vrachtwagenkilometers in Nederland met 0,5% toenemen. Of dit leidt tot onaanvaardbare veiligheidsrisico's dient nader te worden geanalyseerd.

Het aantal bevoorradingen per 'tube trailer' kan worden beperkt door het realiseren van lokale productie van (groene) waterstof of bevoorrading middels pijpleidingen.

Verder moet de Rijksoverheid nog bepalen of de distributie van waterstof mag worden gecombineerd met die van andere brandstoffen (zoals bio(diesel) en benzine) in hetzelfde tankstation. Hierbij is de veiligheid de belangrijkste barrière.

Wegvoertuigen op CNG en LNG

Voor CNG en LNG geldt dat het benodigde aantal vulpunten om te voldoen aan de vraag beperkt zal zijn. Bij een redelijke bezettingsgraad (4,8 uur per etmaal) zou in de energiebehoefte kunnen worden voorzien met 28 CNG-vulpunten voor lichte voertuigen en 10 LNG-vulpunten voor zware voertuigen in 2030 in Nederland. Wanneer er 7.000 LNG-vrachtwagens in plaats van 3.500 zouden rijden in 2030, wat mogelijk is onder bepaalde omstandigheden, zou er behoefte ontstaan naar 20 LNG-vulpunten. Als de gemiddelde bezetting lager is (2,6 uur per dag) zou dat aantal zelfs 35 kunnen bedragen.

Dit is niet voldoende om een 'dekkend' netwerk te realiseren waarbij voertuigen niet of zeer gering hoeven om te rijden om te tanken en er een alternatieve tanklocatie aanwezig is in het geval er één uitvalt. Wanneer er geen dekkend netwerk wordt gerealiseerd is het van belang om de vulpunten te realiseren op locaties waar de voertuigen worden ingezet en op zoek te gaan naar synergie met andere modaliteiten zoals de binnenvaart

Een beperkte dekking zou een barrière kunnen zijn voor het vergroten van LNG-voertuigvloot. Indien er wel een 'dekkend' netwerk wordt gerealiseerd, zal de bezettingsgraad lager zijn. Dit leidt tot relatief hogere afschrijving van infrastructuur, wat waarschijnlijk zal doorwerken in een hogere brandstofprijs.

Binnenvaart

Volgens de Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens zullen er in 2025 50 zero-emissie binnenvaartschepen varen. In het klimaatakkoord wordt gesteld dat de binnenvaartsector en de Rijksoverheid inzetten op tenminste 150 emissievrije binnenvaartschepen en het gebruik van 30% biobrandstoffen in 2030.

De eerste schepen die met behulp van een dergelijke modulaire energievoorziening zullen varen zijn waarschijnlijk containerschepen aangezien deze toch al aanmeren bij containerterminals waar de benodigde kranen aanwezig zijn. Dit betekent dat er in de komende jaren voldoende capaciteit op het elektriciteitsnetwerk moet zijn voor het laden van batterijen of het produceren van waterstof nabij een aantal containerterminals. Momenteel wordt onderzocht welke containerterminals hiervoor het meest geschikt zijn.

Voor schepen op waterstof, al dan niet met een modulair aandrijvingssysteem, geldt dat ze waarschijnlijk vooral worden ingezet op langere (internationale) routes. Typisch vertrekken (of passeren) deze schepen één van de grote zeehavens van Rotterdam, Amsterdam of Antwerpen. Vanwege de synergie met zeevaart en het vrachtverkeer en met waterstofindustrie in Rotterdam, ligt het voor de hand om opslag en distributie van waterstof in eerst instantie op deze locaties te ontwikkelen.

7.1.2 *Verhouding tussen benodigde infrastructuur en bestaande regionale plannen*

Voor drie provincies die zich profileren als koploper voor het realiseren van een voertuigvloot met een bepaalde energiedrager zijn de regionale plannen vergeleken met de uitkomsten van deze studie.

De provincie Zuid-Holland zet in op een sterke rol voor waterstof. Het aantal waterstofvulpunten voor het zware wegvervoer dat nodig is volgens een studie die in opdracht van de provincie is gedaan, is in lijn met het benodigde aantal dat voortkomt uit de analyses in deze studie in 2030. Het gebruik geprognosticeerde van waterstof in de binnenvaart in de provincie Zuid-Holland overschrijdt ruimschoots de ambities die in het Klimaatakkoord zijn opgenomen.

Ook de provincie Groningen ambieert een prominente rol voor waterstof in de energievoorziening. Het geplande aantal waterstoftankstations in de noordelijke provincies is in lijn met het aantal dat voortkomt uit deze studie in 2025. Om ook in 2030 voldoende waterstofvulpunten te hebben, zal de geplande groei moeten worden doorgezet. Een aanzienlijk deel van de waterstof die via deze tankstations wordt verstrekt, zal in Groningen worden gegenereerd.

De provincie Noord-Brabant heeft momenteel nog geen concrete ambitie ten aanzien van het te realiseren aantal snellaadpunten. Wel is in de NAL per provincie aangegeven wat de verwachte behoefte aan snellaadpunten zal zijn. Voor Noord-Brabant geldt dat de verwachte behoefte aan snellaadpunten in 2020 en 2025 volgens de NAL en deze TNO-studie overeenkomen. De prognose van de NAL voor 2030 komt hoger uit wat waarschijnlijk het gevolg is van afwijkingen in aannames ten aanzien van het energiegebruik van voertuigen, het jaarkilometrage en het aantal elektrische voertuigen. Verder gaat de NAL uit van een lagere bezettingsgraad.

7.1.3 *Beantwoording van een aantal specifieke vragen*

Tot slot is een aantal ontwikkelingen bestudeerd die niet voortkomen uit de kwantitatieve analyse die is gebruikt voor de conclusies uit 7.1.1.

Hieruit zijn onderstaande conclusies getrokken:

- Infrastructuur voor alternatieve energiedragers zal voornamelijk nodig zijn op locaties waar:
 - zakelijke voertuigen (taxi, bestelauto's, vrachtwagens) stil staan zoals op standplaats, bedrijventerreinen, remises en laad- en losplekken;
 - personenauto's voor een korte periode stil staan, zoals nabij winkels;
 - veel personenauto's passeren, zoals snelwegen.
- De belangrijkste ontwikkeling van laadtechnieken is de toename van vermogens van met name snelladers. Deze zullen voor personenauto's in rap tempo toenemen van typisch 50kW nu tot 350kW. Een tweede ontwikkeling is inductief laden, wat zich voor het komende decennium vooral lijkt te ontwikkelen voor niches, zoals luxe voertuigen en mogelijk taxi's. Tot slot is er een aantal proeven gaande voor in-motion charging, vooral voor zware voertuigen.
- Er vinden momenteel zeer veel ontwikkelingen plaats op het gebied van brandstoffen, bijv. voor biobrandstoffen en synthetische brandstoffen.

Hoe deze brandstoffen zullen ontwikkelen is afhankelijk van een aantal factoren die moeilijk te voorspellen zijn, zoals:

- de ontwikkeling van batterij-elektrische voertuigen;
- de ontwikkeling van de hoeveelheid opgewekte duurzame elektriciteit.
- De hoeveelheid duurzame biomassa gewenst voor de productie van duurzame biobrandstoffen op basis van de ambities in het klimaatakkoord lijkt beschikbaar te zijn tot 2030.
- Waarschijnlijk zullen er door de toename van het aantal elektrische voertuigen (die langer laden dan conventionele voertuigen tanken) minder voertuigen naar tankstations gaan. Zij zullen hier echter wel langer verblijven, waardoor er netto ongeveer evenveel voertuigen op een tankstation aanwezig zullen zijn. Voor een vergelijkbare omzet dienen de inkomsten per voertuig wel groter te zijn.
- Zowel de toename van het gebruik van biobrandstoffen als van waterstof zou de Nederlandse economie ten goede kunnen komen, vanwege,
 - zeehavens waar opslagmogelijkheden bestaan;
 - binnenvaart en pijpleidingennetwerken (met aansluiting op buitenlandse netwerken) waarmee brandstoffen kunnen worden getransporteerd;
 - chemische sector waarin brandstoffen kunnen worden verwerkt.

7.2 Aanbevelingen

In de hoofdtekst van deze studie komt een aantal zaken naar voren waarop invloed uitgeoefend kan worden door de Rijksoverheid om een situatie positief te beïnvloeden. Deze zijn hieronder ter verduidelijking nogmaals opgesomd.

- Monitor de ontwikkeling van aantal voertuigen per energiedrager om vraag en aanbod van de verschillende energiedragers op te lijnen, ter voorkoming van onder- of overbezetting van tank- en laadpunten.
- Realiseer snelladers met hoge vermogens (~350 kW voor personen- en bestelauto's) op verzorgingsplaatsen waar een grote vraag naar elektriciteit zal ontstaan, omdat hierdoor minder laders en daardoor minder fysieke ruimte nodig zal zijn
- Onderzoek geschikte locaties voor het opladen van elektrische voertuigen in de buurt van het hoofdwegennet, om verzorgingsplaatsen te ontlasten. Dit geldt voor personen- en bestelauto's maar ook zeker voor vrachtwagens en trekkeropleggers.
- Onderzoek de gevolgen van mobiliteit op het lokale energiesysteem. Dit kan bijv. door mobiliteit op te nemen in de RES'en.
- Ga vroeg in gesprek met netbeheerders om mogelijke barrières ten aanzien van benodigde netwerkenaanpassingen in kaart te brengen en mogelijk tijdig te slechten. Dit vergroot de kans op een goede aansluiting van het aanbod bij de vraag naar snelladers.
- Realiseer waterstofinfrastructuur op zo'n manier dat toevoer leidt tot beperkte hoeveelheid extra voertuigkilometers, omdat dit leidt tot minder congestie, transportkosten en veiligheidsproblemen. Dit kan bijv. door lokale waterstofproductie of toevoer via pijpleiding.
- Spits infrastructuur voor LNG en CNG toe op locaties waar vraag is, omdat dit leidt tot een betere bezettingsgraad en daardoor een rendabelere exploitatie.
- Onderzoek de mogelijke gevolgen voor de veiligheid wanneer er verschillende alternatieve energiedragers worden aangeboden bij hetzelfde tankstation (multifuel tankstations).

- Onderzoek de invloed van de bezettingsgraad van tankstations op de benodigde marges om de stations rendabel te kunnen exploiteren.
- Onderzoek in meer detail de vraag naar snellaadinfrastructuur door onderscheid te maken naar typen inzet van elektrische voertuigen, bijv. gebruikers die veel kilometers en weinig kilometers maken.
- Onderzoek in meer detail wat de gevolgen zijn van de ingroei van nul-emissie binnenvaartschepen op de hiervoor benodigde infrastructuur.

8 Ondertekening

Den Haag, 11 november 2019

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Arjan Eijk', written in a cursive style.

Arjan Eijk
Projectleider

TNO

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Maarten Verbeek', written in a cursive style.

Maarten Verbeek
Auteur

A “Core networks”

Overzicht van de belangrijkste Europese (vaar)wegen³⁵.



³⁵<https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/infrastructure/ten-t-guidelines/doc/maps/be-lu-nl.pdf>



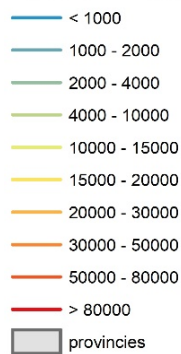
B Voertuigintensiteiten op het Nederlandse hoofdwegennet

In deze bijlage is een overzicht opgenomen van de voertuigintensiteiten op het Nederlandse hoofdwegennet. Hierin is te zien dat de voertuigintensiteiten van personenauto's in de randstand hoog zijn. Dit geldt met name voor de A4, A10, A12 west, A2 noord en A1 west.

Voor het vrachtverkeer geldt dat de intensiteiten hoog zijn op de A67, A16, A15, A2 en A12. Hierbij is vooral opvallend dat de A15, ondanks de hoge intensiteit van vrachtwagens geen TEN-T corridor is (zie bijlage A).

Hoofdwegennet 2030

Personen + Bestelauto's (etmaal)



Legend

Hoofdwegennet 2030

Vrachtauto's (etmaal)

-  < 100
-  100 - 200
-  200 - 500
-  500 - 1000
-  1000 - 2000
-  2000 - 4000
-  4000 - 8000
-  8000 - 10000
-  10000 - 15000
-  > 15000
-  provincies



	Passenger car						LCV						Truck						Tractor-trailer						
	kWh	kg	kg	kWh	kg	kg	kWh	kg	kg	kWh	kg	kg	kWh	kg	kg	kWh	kg	kg	kWh	kg	kg				
Aandeel van de gereden kilometers (onderscheid naar LD en HD)	2020	56%	28%	0%	0%	0%	Petrol [l]	Diesel [l]	Electric [kWh]	H ₂ [kg]	CNG [kg]	Petrol [l]	Diesel [l]	Electric [kWh]	H ₂ [kg]	CNG [kg]	Diesel [l]	Electric [kWh]	H ₂ [kg]	CNG [kg]	LNG [kg]	Electric [kWh]	H ₂ [kg]	CNG [kg]	LNG [kg]
	2025	53%	24%	5%	0%	0%																			
Typische inhoud van de tank / accu [l] [kWh] [kg]	2020	40	40	40	5	20																			
	2025	40	40	40	5	20																			
Typische energieficiëntie [kWh/kml]	2020	0.66	0.62	0.19	0.31	0.73																			
	2025	0.61	0.60	0.19	0.31	0.69																			
Aandeel kilometers gereden op het hoofdwegennet [%]	2020	0.57	0.59	0.19	0.31	0.66																			
	2025	0.33%	39%	39%	39%	35%																			
Aandeel brandstof getankt / geladen nabij het hoofdwegennet [%]	2020	10%	15%	10%	60%	15%																			
	2025	10%	15%	10%	60%	15%																			
Aantal vul- of laadpunten per station [-]	2020	1	1	1	1	1																			
	2025	1	1	1	1	1																			
Afvulselnelheid / laadvermogen [l/min]	2020	35	35	50	1.6	40																			
	2025	35	35	90	2.5	40																			
Aandeel van de tank / accu gevuld tijdens tanken / laden [%]	2020	90%	90%	60%	90%	90%																			
	2025	90%	90%	60%	90%	90%																			
Bezettingsgraad van het tank- of laadpunt [%]	2020	7%	7%	7%	4%	11%																			
	2025	7%	7%	7%	4%	11%																			
Additionele tijd bij vulpunt [min]	2020	2	2	2	2	2																			
	2025	2	2	2	2	2																			
	2030	2	2	2	2	2																			

Hoog Scenario

D Verdeling van de behoefte naar tank- en laadinfrastructuur over het hoofdwegennet

De figuren in deze bijlage geven een indicatie van de behoefte aan infrastructuur voor verschillende energiedragers op het Nederlandse hoofdwegennet in 2020, 2025 en in 2030. Er is onderscheid gemaakt tussen infrastructuur voor lichte en zware voertuigen. Deze bijlage is omwille van leesbaarheid ook als los document beschikbaar met een hogere resolutie.

F = Aantal vulpunten voor vloeibare brandstoffen

E = Aantal snellaadpunten

H = Aantal waterstofvulpunten

C = Aantal vulpunten voor CNG

L = Aantal vulpunten voor LNG



Figuur 16: Overzicht van behoefte aan infrastructuur op het Nederlandse hoofdwegennet voor lichte voertuigen 2020.



Figuur 17: Overzicht van behoefte aan infrastructuur op het Nederlandse hoofdwegennet voor lichte voertuigen in 2025.



Figuur 18: Overzicht van behoefte aan infrastructuur op het Nederlandse hoofdwegennet voor lichte voertuigen in 2030.



Figuur 19: Overzicht van behoefte aan infrastructuur op het Nederlandse hoofdwegennet voor zware voertuigen in 2020.



Figuur 20: Overzicht van behoefte aan infrastructuur op het Nederlandse hoofdwegennet voor zware voertuigen in 2025.



Figuur 21: Overzicht van behoefte aan infrastructuur op het Nederlandse hoofdwegennet voor zware voertuigen in 2030

E Stuurgroepsamenstelling

- Paul Penders - Ministerie van I&W
- Ad van Ommen - Ministerie van I&W
- Hans de Waal - Ministerie van I&W
- Han Feenstra - Ministerie van Economische Zaken
- Wilco Fiechter - Rijkswaterstaat
- Saeda Moorman - Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM)