

Energie
Radarweg 60
1043 NT Amsterdam

www.tno.nl

Onderwerp
Second opinion op waterstofadvies aan PZH

Datum
10 september 2019

Second opinion op het advies 'Naar een groene waterstof- economie in Zuid-Holland: een visie voor 2030'

Samenvatting

Deze notitie behandelt vragen die zijn gesteld door de Provincie Zuid-Holland naar aanleiding van het advies 'Naar een groene waterstofeconomie in Zuid-Holland: een visie voor 2030' dat tevens adviezen bevat voor vervolgstappen gericht op nadere ontwikkeling van de visie en een plan voor realisatie.

Algemene bevindingen ten aanzien van het advies

Op hoofdlijn constateren we dat het advies veel kenmerken heeft van een visiedocument. Dit is daarom door ons als zodanig besproken. Het document bedient de provincie van een concrete en positieve visie die voldoende aanknopingspunten heeft om actief met waterstof aan de slag te gaan. Deze visie sluit goed aan bij de activiteiten die in het kader van het Klimaatakkoord (KA) worden benoemd. Zowel thematisch als qua timing is de aansluiting goed. Verschillende verwijzingen naar sectoren en projecten in het KA komen overeen met de longlist aan projecten in het visiedocument. Ons advies is om vooruitlopend op de verwachte concretisering van het KA en de bijbehorende Integrale Kennis en Innovatieagenda (IKIA) in de komende maanden, als provincie een proactieve en faciliterende rol te vervullen ter ondersteuning van (het ontstaan van) nieuwe initiatieven en projecten in ontwikkeling die goed binnen deze kaders passen.

Datum

10 september 2019

Blad

2/52

Op basis van het visiedocument is het lastig om in te schatten of, en in hoeverre de kwantitatieve invulling van vraag en aanbod van waterstof zoals gepresenteerd breed wordt gedragen omdat niet uitgebreid beschrijft welke stakeholders betrokken waren en welk proces met deze partijen is doorlopen. Daarnaast zijn er naar onze mening een aantal aspecten die nadere aandacht verdienen om tot een betere plaatsing te kunnen komen van de mogelijke snelheid en omvang van de ontwikkeling van waterstof, zowel in de tijd als ten opzichte van alternatieve opties en ontwikkelingen. Aspecten die wij zien zijn:

- Het systeemperspectief kan duidelijker in het visiedocument worden verankerd. Het verdient aandacht om de invloed van mogelijk grote systeemveranderingen mee te nemen bij de uitwerking. Voorbeelden zijn de toekomst van de (petro)chemie en de verwachte ontwikkelingen als doorvoerhaven.
- De ontwikkeling van alternatieve opties die invloed kunnen hebben op de toekomstige vraag naar waterstof, zoals de verduurzaming in de glastuinbouw (de rol van geothermie, Kas van de Toekomst), elektrificatie van de warmtevoorziening in de industrie en isolatie/renovatie in combinatie met (hybride) warmtepompen in de gebouwde omgeving.
- Een bredere beschouwing van mogelijke ontwikkeling van infrastructuur en waterstofkwaliteit. Naast een centrale infrastructuur (backbone) is ook een decentraal ontwikkelperspectief interessant., terwijl een transitieroute via bijmengen van waterstof in een aardgas potentie kan hebben.
- Timing en fasering: niet-lineaire ontwikkeling van toepassingen en type waterstofproductie omdat technologie en toepassingen zich in verschillende fases van ontwikkeling bevinden, en het verschil tussen kosten voor waterstof en wat het zou mogen kosten om concurrerend te zijn verschilt per toepassing.
- De invloed van publieke perceptie, maatschappelijk acceptatie en politiek draagvlak op de snelheid en mate waarin waterstoftoepassingen en verschillende typen waterstofproductie zich kunnen ontwikkelen.

Van de zijde van de opdrachtgever is aangegeven dat er wel een brede gespreksronde heeft plaatsgevonden vooraf en tijdens het adviestraject, en dat het advies/visiedocument achteraf aan vier partijen is voorgelegd voor commentaar. Mede vanwege de beperkte aandacht voor bovengenoemde aspecten is ons advies niettemin om nadere (integrale) analyses uit te voeren en daarbij een breed en zorgvuldig stakeholdersproces te organiseren. Hierin kan de provincie een belangrijke faciliterende rol spelen.

De analyses zijn nodig om beter grip te krijgen op alle mogelijke aspecten en ontwikkelingen zodat investeringen op de korte(re) termijn zo goed mogelijk passen in een robuust perspectief voor het systeem op de lange(re) termijn. Vanwege de vereiste brede kennis en expertise, de complexiteit van de (integrale) analyses, en het creëren van draagvlak is samenwerking en betrokkenheid van andere partijen van groot belang, zoals de ministeries van EZK, I&W en BZK (ondersteund door de planbureaus), gemeenten, maatschappelijke organisaties, kennisinstellingen, en diverse brancheorganisaties voor de industrie (VNPI, VNCI en VEMW) en andere sectoren.

Datum

10 september 2019

Blad

3/52

Bevindingen naar aanleiding van een indicatieve (kosten)analyse

Ten aanzien van de beschreven ontwikkelingen laat een indicatieve kostenanalyse zien, in combinatie met aanvullende overwegingen, dat er op basis van een aantal factoren verschillen in kansrijkheid, of snelheid van ontwikkeling is te verwachten voor de diverse opties voor productie en toepassing van waterstof.

Deze factoren zijn:

- Fase van technische ontwikkeling van de technologie en de toepassing. Sommige toepassingen worden al seriematig of in kleine series gemaakt zoals auto's en bussen, terwijl andere toepassingen zich nog bevinden in de fase van prototype of ontwerp zoals trucks, binnenvaartschepen, CV-ketels en hybride warmtepompen op waterstof.
- Mogelijke beleidsruimte om hogere kosten voor waterstof te absorberen binnen huidige integrale prijsniveaus voor de referentiesituatie waar waterstof een alternatief voor is. Als dit kan door (tijdelijke) vrijstelling van bijvoorbeeld netwerkkosten en heffingen (energiebelasting en accijnzen) dan is er mogelijk meer draagvlak voor dan wanneer er veel subsidie nodig is om een onrendabele top af te dekken omdat de kosten voor productie (veel) hoger liggen dan die huidige integrale prijzen voor de referentie. De (hoge) prijs die kleinverbruikers voor aardgas betalen kan zo bijvoorbeeld meer perspectief bieden dan de (lage) prijs die grootverbruikers in de industrie betalen om aardgas door waterstof te vervangen.
- Een noodzaak voor toepassing van een alternatief als gevolg van een knellend CO₂-emissieplafond waarbij waterstof een gunstig perspectief biedt ten opzichte van de alternatieven. Een voorbeeld hiervan is de mogelijk al grote behoefte aan productie van nul-emissie elektriciteit door flexibele regelbare centrales voor 2030.

De toepassing van auto's en bussen, inclusief bijbehorende tankinfrastructuur, heeft op korte termijn de grootste kans om tot realisatie te komen. Trucks en kleine vrachtwagens zijn ook kansrijk, maar daar is nu eerst behoefte aan pilots om eerste praktijkervaringen op te kunnen doen zodat verdere uitrol op de middellange termijn kan plaatsvinden. Dit geldt ook voor binnenvaartschepen hoewel voor deze toepassing de aantallen kleiner zullen zijn en de onzekerheden groter, met name aan de kant van opslag aan boord en de tankinfrastructuur.

Naast deze toepassingen in de vervoerssector lijkt waterstof kansrijk als alternatief voor aardgas in de gebouwde omgeving. Maar ook hier is voorlopig eerst behoefte aan een aantal praktijkprojecten waarbij ervaring wordt opgedaan met betrekking tot het gebruik van waterstof en de aanpassing en ombouw van bestaande situaties. Een aantal van deze projecten is nodig om grootschaligere inzet mogelijk te maken over een jaar of tien. Er is op het ogenblik vooral aandacht voor volledige vervanging van aardgas, maar transitieroutes via bijmengen zijn ook mogelijk en wellicht eenvoudiger te realiseren omdat deze minder afhankelijk zijn van grootschalige productie en een centrale infrastructuur. Bijmengen is mogelijk ook te combineren met decentrale productie ter ondersteuning van optimale inpassing van wind- en zonne-energie in de regio.

Datum

10 september 2019

Blad

4/52

Richting 2030 kan er ook een aanzienlijke behoefte ontstaan aan waterstof voor de productie van elektriciteit. Projecties op basis van het Ontwerp Klimaatakkoord geven aan dat er rond 2030 mogelijk behoefte is aan 17 TWh elektriciteit die is geproduceerd in flexibele centrales zonder emissies. Gascentrales op waterstof lijken hier een goede optie. De waterstof moet dan wel worden geproduceerd op basis van aardgas met CCS omdat er dan nog onvoldoende duurzame energie (met name wind op zee) aanwezig is voor voldoende groene waterstof. In feite gaat het dan om decarbonisatie van aardgas voordat het (energetisch) wordt ingezet. Voor optimalisatie zouden meerdere toepassingen gebruik kunnen maken van deze waterstof in aanloop naar ontwikkeling van voldoende groene waterstof.

Vervanging van de huidige waterstofproductie op basis van aardgas door waterstof uit water via elektrolyse is nog een dure optie. Kansen voor toepassing op de korter(re) termijn, kunnen zich vooral voordoen bij een behoefte aan uitbreiding van productiecapaciteit voor waterstof door een toenemende vraag vanuit bestaande toepassingen. De uitbreiding kan dan geheel of gedeeltelijk plaatsvinden door elektrolyse. Door combinatie met een grote(re) reeds bestaande capaciteit aan conventionele waterstof zou de stijging van de gemiddelde kosten voor waterstof beperkt kunnen blijven waardoor elektrolyse eerder haalbaar wordt.

Nieuwe toepassingen van waterstof in de industrie is iets van de langere adem. Vervanging van aardgas door waterstof voor hoge temperatuur proceswarmte is een relatief dure optie voor de industrie. Enige kans op de kortere termijn zou kunnen ontstaan als er (betaalbare) synergie is te behalen met de (grootschalige) productie van waterstof voor elektriciteit (zie hierboven). Andere nieuwe toepassingen vormen de inzet van waterstof (als grondstof) voor de productie van synthetische brandstoffen, en producten en materialen die nu worden geproduceerd op basis van aardolie. Dit vergt naast investeringen in grootschalige productie van waterstof ook investeringen in geheel nieuwe fabrieken. Daarbij hebben deze nieuwe toepassingen vanuit het oogpunt van klimaat en CO₂-reductie ook pas vooral zin als er groene waterstof wordt gebruikt wat betekent dat er eerst voldoende duurzame energie voorhanden moet zijn. Daarnaast dient ook de koolstof die nodig is bij voorkeur duurzaam te zijn (biomassa, circulair of uit de lucht), hoewel in de opstartfase hergebruik van fossiele, afgevangen CO₂ wellicht nodig is om tot haalbare business cases te kunnen komen.

Dat ontwikkelingen pas op langere termijn kansrijk lijken wil overigens niet zeggen dat er nu geen actie nodig is. Het type actie zal echter een andere zijn; meer verkenning en onderzoek van haalbaarheid dan, actie gericht op realisatie.

Bouwstenen en handelingsperspectief voor de provincie

Er zijn tal van concrete projecten en initiatieven in de provincie die de bouwstenen kunnen vormen voor een programma en investeringsagenda op het gebied van waterstof. Voorbeelden zijn onder andere de tankstations (vulpunten) voor waterstof in Rhoon en Den Haag; de 20-25 waterstofbussen die gaan rijden bij de RET en Connexxion; het FELMAR pilot project binnenvaartschip; de activiteiten rond de gebouwde omgeving in Rozenburg, the Green Village (TU Delft) en Stad aan 't Haringvliet; H-Vision (decarbonisatie van aardgas, en restgassen uit

Datum
10 september 2019

Blad
5/52

raffinaderijen voor elektriciteitsproductie en brandstof voor de industrie); en het groene methanolproject op basis van afvalvergassing en waterstof (o.a. Enerkem en Nouryon). Naast deze bouwstenen voor nieuwe activiteiten vormt de aanwezigheid van een aantal state-of-the-art waterstoffabrieken, inclusief waterstofpijpleidingen, een opslag voor vloeibare waterstof, en de bijbehorende kennis ook een belangrijke bouwsteen.

De provincie heeft diverse mogelijkheden om vorm en inhoud te geven aan het onderwerp waterstof. Het meest direct kan dit vanuit de wettelijke taken die aan de provincie zijn toegekend. De meest relevante beleidsterreinen in dit verband zijn ruimtelijke ordening, milieubeheer en openbaar vervoer. Hier kan de provincie randvoorwaarden scheppen (o.a. ruimte creëren, en adequate vergunningverlening), kaders stellen (o.a. veiligheid) en zelfs maatregelen afdwingen of verplichten (bijvoorbeeld nul-emissie busvervoer).

Naast de verschillende wettelijke taken kan de provincie als onderdeel van een 'open huishouding' ook zelf bepalen welke taken zij wil aanpakken, of voor welke zaken zij verantwoordelijkheid wil nemen. Vanuit een streven naar ontwikkeling van een sterke regionale economie met toekomstperspectief zowel qua aard (duurzame producten en diensten) als omvang van bedrijvigheid (werkgelegenheid en toegevoegde waarde) zal de provincie nog op tal van andere manieren een bijdrage kunnen leveren aan de ontwikkeling van waterstof als belangrijk element in een duurzame energie- en grondstoffenhuishouding. Door het ontbreken van een wettelijke basis zal het echter lastiger zijn om op die terreinen iets af te dwingen. In deze gevallen komt het er op aan om partijen te informeren, te enthousiasmeren, te verleiden gewenste ontwikkelingen op te pakken en daar waar nodig ontwikkelingen te coördineren.

De provincie Zuid-Holland heeft, in analogie met Noord-Nederland, veel aanleiding om een grote rol te spelen bij ontwikkeling van de waterstof-optie zoals: de ligging aan zee, van belang voor wind op zee en CCS; veel industriële activiteiten waarvoor vergaande CO₂-emissiereductie van groot belang is; een grote verduurzamingsopgave in de gebouwde omgeving, en enorm veel vervoersbewegingen die emissieloos gemaakt moeten worden. De provincie kan de rol van 'draaipunt' op zich nemen, in het speelveld tussen de innovaties, het daarvoor gewenste stimulerende (nationale) beleid, en het publiek.

Leeswijzer

In deze notitie zijn 3 delen te onderscheiden. Na een korte inleiding bevatten de secties 2 en 3 onze bevindingen ten aanzien van het visiedocument en de adviezen. Sectie 4 en bijbehorende Bijlage bevat een nadere onderbouwing van de kansrijkheid van waterstofopties en een prioritering van de opties ten opzichte van elkaar. De secties 5 tot en met 7 gaan tot slot in op de bouwstenen die in de provincie aanwezig zijn voor concrete ontwikkelingen en projecten op het gebied van waterstof en het handelingsperspectief voor de provincie om nader vorm en inhoud te kunnen geven aan die ontwikkelingen en projecten.

Datum
10 september 2019

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	7
2.	Algemeen oordeel over het advies	7
2.1	Algemene inhoudelijk oordeel.....	7
2.2	Algemeen oordeel over het proces.....	8
2.3	Relatie met het Ontwerp Klimaatakkoord	9
3.	Aspecten die nadere aandacht verdienen	11
3.1	Systeemperspectief	11
3.2	Ontwikkeling van alternatieve opties	13
3.3	Infrastructuur en waterstofkwaliteit	13
3.4	Timingsaspecten en fasering	14
3.5	Maatschappelijk en politiek draagvlak	15
4.	Kansrijkheid van beschreven ontwikkelingen	15
4.1	Vraag- een aanbodontwikkelingen uit “het advies”	15
4.2	Overwegingen met betrekking tot de aanbodzijde	16
4.3	Kansrijkheid van opties aan de vraagzijde	17
5.	Waterstofbouwstenen voor de Provincie	23
5.1	Positionering van waterstof in het Klimaatakkoord.....	23
5.2	Bouwstenen voor de Provincie Zuid-Holland.....	27
6.	Nut en noodzaak om te investeren in waterstof	29
7.	Handelingsperspectief voor de Provincie	29
7.1	Waterstof en ruimtelijke ordening	30
7.2	Waterstof en milieubeheer	31
7.3	Waterstof en openbaar vervoer	32
7.4	Waterstof en maatschappelijk verantwoord inkopen	32
7.5	Faciliterende activiteiten	33
	BIJLAGE: Indicatieve kostenanalyse	36

Blad
6/52

Datum

10 september 2019

Blad

7/52

1. Inleiding

Op 17 april 2019 heeft de provincie Zuid-Holland een offerteverzoek gedaan voor een “second opinion” op het advies 'Naar een groene waterstofeconomie in Zuid-Holland: een visie voor 2030'. Onder leiding van TNO is een offerte uitgebracht die door de provincie is gehonoreerd. De opdracht had betrekking op de informatie die in drie documenten is beschreven, te weten het rapport, de samenvatting en een Powerpoint-presentatie van het advies 'Naar een groene waterstofeconomie in Zuid-Holland 2030'.

Deze rapportage bevat onze bevindingen. Als leidraad voor structurering van deze “second opinion” zijn de in de offerte gestelde vragen gebruikt die in deze notitie achtereenvolgens worden behandeld.

2. Algemeen oordeel over het advies

Deze sectie gaat in op de vraag ‘wat is het algemene oordeel over het advies, zowel op inhoud als op proces?’ Het rapport ‘Naar een groene waterstofeconomie in Zuid-Holland: een visie voor 2030’ is, zoals de titel aangeeft, hoofdzakelijk een visiedocument dat de rol die waterstof in de provincie zou kunnen spelen in 2030 beschrijft, aangevuld met een beknopt advies over de rol die de provincie kan vervullen bij de realisatie van deze visie. In de beantwoording van bovenstaande vraag wordt daarom, zoals met u afgesproken, in de basis gereflecteerd op de beschrijving van deze visie. Daarnaast wordt ook het in het rapport geformuleerde advies ten aanzien van de acties die de provincie kan ondernemen behandeld.

2.1 Algemene inhoudelijk oordeel

Het visiedocument is een inspirerend verhaal dat met veel deskundigheid is samengesteld en dat op een positieve wijze de mogelijke ontwikkelingen op het waterstofterrein belicht. Het document sluit goed aan bij de actuele ontwikkelingen die waterstof sinds een jaar of drie á vier doormaakt en die gekenmerkt worden door veel enthousiasme en optimisme over een toekomst met een grote rol voor waterstof, gedragen door een heel scala aan stakeholders in binnen- en buitenland. Het document gaat uitgebreid in op de vele mogelijkheden die er zijn om waterstof te produceren en te importeren, te transporteren en distribueren, en toe te passen in een heel scala aan markten, zoals de elektriciteitsopwekking, de gebouwde omgeving, de industrie, de glastuinbouw en de mobiliteit. Daardoor wordt de waterstofketen goed en volledig afgedekt. Het visiedocument gaat tevens in op de rol die waterstof kan spelen als transport- en opslagmedium in een steeds duurzamer wordend energiesysteem hetgeen refereert aan de belangrijke systeemfunctie die waterstof kan vervullen. Naast de regionale dimensie benoemt het rapport ook de nationale en internationale dimensies die van eminent belang zijn bij de ontwikkeling en uitrol van waterstof op grote schaal.

Datum

10 september 2019

Blad

8/52

Naast volledig duurzame productie uit water met behulp van duurzame elektriciteit, wordt aandacht besteed aan de productie van koolstofarme (*low-carbon*) of blauwe waterstof, waarbij aardgas de basisgrondstof is en waarbij de vrijkomende CO₂ ondergronds wordt opgeslagen teneinde CO₂-emissiereductie te realiseren. Daarmee gaat deze visie verder dan vergelijkbare documenten waarbij de nadruk vrijwel altijd op de productie van groene waterstof ligt. Zeker gezien de kansen die er in Nederland in het algemeen zijn voor CO₂-afvang en -opslag is dat prijzenswaardig en slaat het document een belangrijke brug om de transitie te maken van de huidige, door fossiele koolstof gedomineerde, economie naar een duurzame, klimaat-neutrale economie. Naast energie adresseert het visiedocument ook het belang van waterstof als grondstof voor een heel scala aan industriële producten. Dit is expliciet voor de provincie Zuid-Holland van belang, gegeven het feit dat het tot een van de meest geïndustrialiseerde gebieden ter wereld behoort.

Het rapport besluit met een scala aan concrete acties die de provincie zelf kan ondernemen om de ontwikkelingen van waterstof te stimuleren en faciliteren, rekening houdend met de mogelijkheden en beperkingen die de provincie heeft in haar handelingsperspectief. Deze acties worden verderop in dit rapport uitgebreid besproken en aangevuld omdat de indruk bestaat dat een aantal sleutelactiviteiten die op de korte termijn noodzakelijk zijn hier nog niet in is meegenomen.

Samengevat kan worden geconstateerd dat de provincie wordt bediend met een concrete en inspirerende visie die voldoende aanknopingspunten biedt om actief met waterstof aan de slag te gaan.

2.2 Algemeen oordeel over het proces

Het oordeel over het proces is gebaseerd op de aanname dat gevraagd wordt naar het proces dat ten behoeve van de totstandkoming van het rapport heeft plaatsgevonden, zoals de mate waarin stakeholders actief betrokken en/of geconsulteerd zijn. Ons oordeel is dat het visiedocument summier is in de beschrijving van dat proces. Uit een gesprek met de opdrachtgever is duidelijk geworden dat met veel partijen is gesproken bij de totstandkoming van het document, en dat het eindproduct voor commentaar is voorgelegd aan een viertal externe partijen. Gezien het ontbreken van details hierover is het niet mogelijk om uitgebreid te reflecteren op dat proces.

We geven daarom de aanbeveling mee om bij de uitwerking en implementatie van het visiedocument een breed en zorgvuldig stakeholderproces te organiseren waarbij met alle relevante groeperingen gesproken wordt. Uiteindelijk zijn zij voor een groot deel verantwoordelijk voor de realisatie van het visiedocument, daarbij gefaciliteerd door de provincie en andere stakeholders. Daarom is het van cruciaal belang om goed zicht te hebben op de activiteiten die zij kunnen en willen ondernemen, de ondersteuning die zij daarvoor nodig hebben en de wijze waarop de provincie – in nauwe samenwerking met anderen – daarin kan voorzien.

Datum

10 september 2019

Blad

9/52

Partijen die bij het stakeholderproces betrokken zouden moeten worden, zijn de volgende:

- Bedrijven, met name die vertegenwoordigers waar waterstof een kansrijke optie is om invulling te geven aan de doelstellingen van het OKA¹. Daarbij kan, op basis van hun betrokkenheid bij diverse activiteiten op het waterstofterrein, in ieder geval gedacht worden aan chemische bedrijven zoals Nouryon (voorheen AkzoNobel) en DOW, verschillende olieraffinaderijen (zoals Shell en BP) en waterstofproducenten (Air Liquide, Air Products).
- Gemeenten die plannen hebben om met waterstof aan de slag te gaan op het gebied van mobiliteit en transport, en in de gebouwde omgeving. Daarnaast zijn ook de gemeentelijke vervoersbedrijven in bijvoorbeeld Rotterdam en Den Haag van belang, evenals de reinigingsdiensten in deze (en andere) gemeenten. Regionale samenwerkingsverbanden en/of brancheorganisaties zijn van belang om een brug te slaan tussen ondernemers en overheden, zoals het havenbedrijf, Deltalinqs en lokale ondernemersverenigingen.
- Betrokkenen bij waterstofmobiliteit: pomphouders, bedrijven die verbonden zijn aan logistieke centra, grotere transportbedrijven en de eerder genoemde gemeenten die bijvoorbeeld als 'launching customers' kunnen optreden.
- Maatschappelijke organisaties, zoals de provinciale milieufederatie en op nationaal niveau Stichting Natuur en Milieu en Greenpeace, teneinde maximale maatschappelijke steun te krijgen van deze organisaties voor de ontwikkeling van waterstof.

Via een zorgvuldig ingericht proces zouden deze stakeholders betrokken kunnen worden bij de uitwerking van het visiedocument. Daarin staan het maken van duidelijke keuzes en het aanbrengen van focus op specifieke gebieden waar waterstof kansrijk wordt geacht centraal. Ook kan daarbij in beeld worden gebracht in welke activiteiten zij bereid zijn projecten (mede) te ontwikkelen en te investeren. Daarbij verdient ook de rol van burgers aandacht zodat zij meegenomen worden in de ontwikkeling van en kennisgeving met waterstof(activiteiten) in concrete praktijkprojecten om maatschappelijke acceptatie en inbedding te kunnen borgen.

2.3 Relatie met het Ontwerp Klimaatakkoord

In uw opdrachtbeschrijving vraagt u naar de positionering van het thema waterstof in het Ontwerp Klimaatakkoord (OKA) in relatie tot het door ons uit te brengen advies. Sinds 28 juni jl. is er sprake van een "Klimaatakkoord" (KA). Op inhoud is er voor waterstof geen verschil. Voor beantwoording van de vraag is in Tabel 1 samengevat hoe waterstof in het KA is opgenomen.

Uit deze tabel blijkt dat het (O)KA diverse verwijzingen bevat naar de significante rol die waterstof in verschillende sectoren zou kunnen vervullen, te weten binnen vier van de vijf sectoren; binnen de sectortafel landbouw is waterstof niet benoemd waarbij is opgemerkt dat de glastuinbouw onder de gebouwde omgeving is geschaard. Ook wordt gesteld dat een bedrag in de orde grootte € 30-40 miljoen per jaar voor een programma met pilots en demo's beschikbaar gesteld zou moeten worden. Het (O)KA meldt daarover dat 'Zo'n programma zou moeten

¹ OKA = Ontwerp Klimaat Akkoord: zie www.klimaatakkoord.nl

Datum
10 september 2019

bestaan uit een landelijke component als het gaat om de realisatie van de noodzakelijke randvoorwaarden, maar ook uit regionale deelprogramma's met een maatwerk-aanpak per industriecluster en omliggend verzorgingsgebied'. Daarnaast zet de overheid in op internationale samenwerking voor de ontwikkeling van waterstof en het ontsluiten van fondsen via diverse EU-programma's.

Blad
10/52

Tabel 1 Overzicht van verwijzingen naar en doelen voor waterstof in het (Ontwerp) Klimaatakkoord

Sector	Doel (Wat?)	Aanpak (Hoe?)
Gebouwde Omgeving	Voor 2030 duidelijk hebben hoe waterstof kan bijdragen aan realiseren 2050-doel	Ruimte creëren in wet en regelgeving voor pilots en demo's in de komende jaren
Mobiliteit en Transport	<ul style="list-style-type: none"> In 2025 50 tankstations, 15.000 brandstofcelauto's en 3000 zware voertuigen. Reductie investeringskosten tankstations met gemiddeld 10% per jaar Bijdrage waterstof aan tenminste 150 emissievrije binnenvaartschepen in 2030, met 5 PJ aan duurzame energiedragers voor 0,4 Mton CO₂-reductie 	<ul style="list-style-type: none"> Convenant met stakeholders Fiscale stimulering Overheid als "Launching customer" zowel rijk als decentrale overheden Green deal zeevaart, binnenvaart en havens
Industrie	<ul style="list-style-type: none"> Significante bijdrage aan 4 Mton CO_{2eq.}-reductie in 2030 met kosten van 70-150 €/ton bovenop ETS Opschaling naar 3-4 GW elektrolyse in 2030 Reductie investeringskosten elektrolyse met 65% tussen nu en 2030 	<ul style="list-style-type: none"> Waterstofprogramma met €30-40 mln/jaar voor pilots en demo's voor komende jaren vanuit het Rijk Onderzoek naar opname van elektrolyse in SDE++ Tijdige aanpassing en aanleg van (waterstof)infrastructuur Vaststellen van een brede visie op marktordening en energietransitie, met aanpassing van wettelijke kaders uiterlijk 2021
Elektriciteit	Ontwikkeling CO ₂ -vrije regelbare productie, mogelijk tot 17 TWh in 2030, waarvoor CO ₂ -vrije waterstof een optie is	<ul style="list-style-type: none"> Ontwikkeling (EU) waterstofcertificaten

Als uitvloeisel van het OKA is door de topsectoren een Integrale Kennis en Innovatie Agenda (IKIA²) opgesteld waarin ook waterstof wordt behandeld. Uit analyse blijkt dat waterstof een rol speelt bij ca. 8 zogenaamde MMIP's (Meerjarige Missie-gedreven Innovatie Programma's). Deze MMIP's worden momenteel uitgewerkt en de eerste conceptversies worden rond 1 juli opgeleverd. De regio's zullen bij de verdere uitwerking worden betrokken.

In het kader van de uitwerking van deze MMIP's is ook op verzoek van het ministerie van EZK een werkgroep ingericht die een zogenaamd Meerjarig

² Zie rapportage 'Innoveren met een missie' op www.klimaatakkoord.nl/themas/kennis--en-innovatieagenda

Datum

10 september 2019

Blad

11/52

Innovatieprogramma Waterstof (MIW) uitwerkt. Dit programma benoemt de innovatiebehoefte op het waterstofdomenein voor 2030 en 2050 en legt ook de verbinding met de benodigde activiteiten in de regio's om landingsplaatsen voor innovaties te creëren.

Verwijzend naar de hiervoor genoemde documenten en activiteiten (OKA, KA, IKIA, MIW) kan worden gesteld dat het visiedocument van de Provincie Zuid-Holland heel goed aansluit bij de activiteiten die momenteel in het kader van het (O)KA worden uitgevoerd. Zowel thematisch als qua timing is de aansluiting goed. Verschillende verwijzingen naar sectoren en projecten in het (O)KA komen overeen met de longlist aan projecten in het visiedocument.

Ons advies is om, vooruitlopend op de verwachte concretisering van het KA en de invulling van de IKIA in de komende maanden, als provincie een proactieve en faciliterende rol te vervullen ter ondersteuning van (het ontstaan van) nieuwe initiatieven en projecten in ontwikkeling die goed binnen deze kaders passen. Het stakeholderproces dat hiervoor is geschetst kan daarbij doorlopen worden met als gewenste uitkomst dat stakeholders zich actief op de ontwikkeling van waterstof gaan inzetten, zich committeren aan de daarvoor benodigde activiteiten en middelen, en aangeven hoe zij door o.a. de provincie ondersteund zouden kunnen worden om hun plannen te realiseren. Dit wordt nader geconcretiseerd bij het bespreken van het handelingsperspectief voor de provincie.

3. Aspecten die nadere aandacht verdienen

Deze sectie gaat in op de vraag of er aspecten zijn die nadere aandacht verdienen. Zoals eerder aangegeven neigt het huidige advies sterk naar een visiedocument dat op inspirerende wijze de mogelijkheden schetst van de rol die waterstof in de provincie Zuid-Holland zou kunnen spelen in de toekomst, in de transitie naar een klimaatneutraal energie- en grondstoffensysteem. Er zijn echter aspecten die naar onze mening nadere aandacht verdienen om tot betere plaatsing van ontwikkelingen in de tijd te kunnen komen en meer onderscheid te kunnen maken tussen korte termijn en langere termijn prioriteiten. Deze paragraaf gaat nader in op deze aspecten en formuleert een aantal aanbevelingen ten aanzien van de stappen die kunnen worden genomen om vanuit het huidige visiedocument tot een robuust plan te komen voor een succesvolle ontwikkeling van waterstof in de provincie.

3.1 Systeemperspectief

In het rapport wordt de rol die waterstof kan spelen vanuit systeemperspectief goed beschreven, zoals de productie van blauwe en groene waterstof, de toepassing in diverse markten, import van en export naar het buitenland, en de opslag- en transportcapaciteit die waterstof kan bieden voor duurzame elektriciteitsopwekking. Deze ontwikkelingen zijn relatief lineair vanuit de huidige situatie redenerend naar de toekomst toe geschetst, feitelijk vanuit een aanbodperspectief en niet zozeer vanuit een vraagperspectief. Wat hierbij echter

Datum

10 september 2019

Blad

12/52

van grote invloed is, zijn de ontwikkelingen op andere terreinen als gevolg van de transitie die van invloed kunnen zijn op het perspectief en de slaagkans van waterstof. Deze 'transitiedynamiek' heeft invloed op de ontwikkeling van markten die in de toekomst volledig zouden kunnen veranderen.

Enkele voorbeelden om dit systeemperspectief te schetsen zijn:

- De import van waterstof en toepassing in de industrie. Bij het schatten van hoeveelheden wordt in sterke mate uitgegaan van vervanging van de huidige capaciteit (een-op-een vervanging van bijvoorbeeld fossiele door duurzame(re) waterstof). Een belangrijke vraag is echter hoe deze industrieën zich zullen ontwikkelen in een duurzame toekomst? Zullen zij naar andere plaatsen in de wereld willen verhuizen, bijvoorbeeld om dichterbij goedkopere waterstofproductie (en mogelijk ook afzetmarkten) te zitten? Nederland heeft namelijk onder meer vanwege ons aardgasverleden een grote chemische industrie opgebouwd die kon beschikken over ruime voorraden goedkoop aardgas met een grote leveringszekerheid. Bij de ontwikkeling van een waterstofeconomie met beperkte waterstofproductie in Nederland kan dat beeld kantelen, zeker als daar grote investeringen voor nodig zijn die elders mogelijk beter kunnen renderen.
- In de petrochemische industrie zijn grote hoeveelheden waterstof nodig voor de raffinage van olie (en biobrandstoffen). Als zich echter een waterstofeconomie ontwikkelt op wereldwijde schaal, te beginnen vanuit Europa, Japan en Noord-Amerika, dan kan dit ingrijpende gevolgen hebben voor de vraag naar conventionele transportbrandstoffen en de productie van deze raffinaderijen, zeker in het licht van steeds stringenter klimaatambities en emissie-eisen. Wat betekent dit dan voor de ontwikkeling van de vraag naar waterstof in de petrochemie op de lange termijn? Welke verschuivingen zullen gaan plaatsvinden, op welke termijn, en wat zijn de implicaties voor de traditionele productiesectoren?
- De import- en exportpositie van het haven-industrieel-complex (HIC) wordt in belangrijke mate bepaald door de doorvoer van fossiele brandstoffen/-grondstoffen. In de mondiale ontwikkelingen van waterstof zijn veranderingen te verwachten in de vraag naar fossiele brandstoffen. Het rapport stelt dat waterstof die functie zou kunnen vervangen. Echter, als het systeem verandert van een dominante rol van fossiel naar een dominante rol van waterstof, dan is de vraag of de traditionele import- en exportkanalen nog steeds de meest efficiënte en gewenste routes zijn? Een belangrijke vraag is bijvoorbeeld hoe de grondstoffenstromen in NW-Europa gaan veranderen als niet meer olie, kolen en aardgas de dominante energiedragers zijn, maar waterstof? Wat zal dit betekenen voor de doorvoer en export van energie en (petro)chemische grondstoffen door Nederland naar Duitsland en België? Vraagt die transitie om nieuwe infrastructuur die voor deze landen gunstiger/handiger is in te richten in plaats van de doorvoer via het HIC? Denk bijvoorbeeld aan het gebruik van de Nordstream-aardgasleidingen ten behoeve van waterstof.

Deze voorbeelden illustreren dat het effect van de transitie op het systeem onverwacht, verstrekend en lastig te voorspellen kan zijn. Het kan echter wel grote gevolgen hebben voor de verwachte vraag naar waterstof en de productie van waterstof in relatie tot de positie van de Rotterdamse haven.

Datum

10 september 2019

Blad

13/52

3.2 Ontwikkeling van alternatieve opties

Het rapport bevat verschillende lineaire redeneerlijnen over de toepassing van waterstof in bepaalde markten, zoals de gebouwde omgeving, de industrie en de glastuinbouw. Om goed onderbouwde keuzes te kunnen maken, is het verstandig om op basis van andere duurzame ontwikkelingen ten behoeve van deze sectoren, zoals de aanleg van warmtenetten i.c.m. geothermie en elektrificatie (zoals warmtepompen) in diverse sectoren, een integraal beeld te construeren welke duurzame alternatieven er zijn in bepaalde toepassingen en welke, op basis van een set helder gedefinieerde criteria, waar optimaal zijn. De volgende voorbeelden illustreren dit:

- De glastuinbouw wordt genoemd als belangrijke vraagsector naar waterstof. Echter, een relevante ontwikkeling is de vervanging van aardgas door geothermie. Wat is in een dergelijk beeld (nog) de positie van waterstof? En hoe verhoudt waterstof zich bijvoorbeeld tot het programma "Kas als energiebron" waar ook breed op wordt ingezet in de sector? Een belangrijk aandachtspunt voor de sector is de CO₂-behoefte in kassen die op alternatieve wijze moet worden ingevuld als de kassen van het aardgas af gaan? Waterstof biedt hier in ieder geval geen voordelen ten opzichte van de andere opties, omdat ook bij waterstof externe aanvoer van CO₂ nodig is.
- Diverse scenario's schetsen een grote rol voor elektrificatie in de industrie. Ook de rol van waterstof zal toenemen. Het visiedocument schetst o.a. de verwachting dat waterstof ingezet zal gaan worden voor de productie van hoge temperatuur warmte. Analyse laat echter zien dat de productie van hoge temperatuur (HT) warmte met waterstof een relatief dure optie is voor de industrie.³ Dat kan betekenen dat het marktaandeel in dit segment significant lager wordt dan nu voorspeld is waardoor een belangrijke vraag naar waterstof veel kleiner kan uitvallen.

Deze voorbeelden geven aan dat er grote onzekerheden zijn die invloed hebben op de ontwikkeling van de vraag naar waterstof.

3.3 Infrastructuur en waterstofkwaliteit

Het visiedocument benoemt de ontwikkeling van infrastructuur voor waterstof, zoals de ombouw van het bestaande aardgasnetwerk en de aanleg van nieuwe waterstofinfra. Een belangrijke rol wordt daarin voorzien voor de ombouw van een deel van de hoofdtransportleidingen van aardgas van Noord-Nederland naar Zuid-Nederland en de Rotterdamse haven. Een belangrijk punt hierbij is het kip-ei-effect: hoe lang zal aardgas nog in specifieke markten nodig zijn en wanneer komt infrastructuur daadwerkelijk beschikbaar? Valt het afnemen van de vraag naar aardgas samen met de opschaling voor waterstof? Passen de voorspelde hoeveelheden waterstof dan in relatie tot de dimensies van de bestaande aardgasinfrastructuur?

Ook beschrijft het rapport de mogelijkheden van opslag van waterstof in Noord-Nederland, gekoppeld aan het geschikt maken van de aardgasinfrastructuur voor distributie door Nederland. In dit denkmodel is nu niet het scenario meegenomen

³ : Navigant, Verkenning uitbreiding SDE+ met industriële opties, januari 2019.

Datum

10 september 2019

Blad

14/52

dat waterstof zich ook in meer ‘decentrale’ gebruikscentra kan ontwikkelen (“bottom-up”) die meegroeien met de ontwikkeling van de vraag, in plaats van een scenario dat uitgaat van een grootschalige aanpak “van bovenaf”. In dit beeld zou er vooralsnog geen behoefte kunnen zijn aan de ontwikkeling van een nationale infrastructuur, maar veel meer aan een sterke decentrale infrastructuur. In de vervolgfase verdient het aanbeveling om meer analyses te doen naar de mogelijkheden van de ontwikkeling van alternatieve (decentrale) concepten. Dat kan de slagingskans vergroten en de risico’s beter beheersbaar maken, alhoewel naar verwachting ook voor de ontwikkeling van decentrale(re) opties grote investeringen nodig zullen zijn.

Het rapport spreekt van twee infrastructuren met verschillende waterstofkwaliteiten (hoogwaardig en laagwaardig). Deze benadering zou uitgebreid kunnen worden met een analyse van de verwachte productie van waterstof (welke kwaliteiten) versus de vraag (welke kwaliteiten), en in welke mate dat op elkaar past. Daarbij kan worden overwogen om uit te gaan van één waterstofkwaliteit die ter plekke verder aangepast kan worden (lokale kwaliteitsconversie) waardoor er geen behoefte is aan twee aparte netwerken. Ook ligt de focus nu geheel op pure waterstof, maar zou er voor de transitie ook aandacht moeten zijn voor bijmenging van waterstof in aardgasnetten. Het leidt tot verlaging van de koolstof-inhoud van het gas (CO₂ emissiereductie bij gebruik), en kan bijvoorbeeld een optie zijn om relatief snel een aanzienlijke vraag naar waterstof te genereren. Ook kan het een flexibele optie bieden om (variabel) aanbod van waterstof gerelateerd aan wind- en zon-PV parken, of knelpunten in het elektriciteitsnet, lokaal in te passen zodat duur transport (per truck) vermeden kan worden.

3.4 Timingsaspecten en fasering

Het rapport gaat momenteel uit van een soort van lineaire ontwikkeling van de productie en vraag naar waterstof in verschillende markten en de ombouw/aanleg van de daartoe benodigde infrastructuur. In werkelijkheid zal de ontwikkeling in diverse tempi zijn. Bijvoorbeeld, de vraag naar groene waterstof in de industrie als grondstof zou zich sneller kunnen ontwikkelen dan de vraag naar waterstof in de gebouwde omgeving. Iets soortgelijks kan vanuit kostenperspectief gelden voor de ontwikkeling als grondstof versus de ontwikkeling voor HT-warmte in de industrie. Om een meer realistisch ontwikkelpad te kunnen schetsen, is meer inzicht gewenst in de timing van ontwikkelingen en tot welke fasering dat leidt. Daarmee is het mogelijk om, verwijzend naar het gewenste handelingsperspectief voor stakeholders, beter te kunnen bepalen welke ontwikkelingen prioriteit hebben en als eerste opgepakt moeten worden.

De aspecten die in secties 3.1 tot en met 3.4 illustreren allemaal dat er grote onzekerheden zijn die invloed hebben op de snelheid en mate waarin een vraag naar waterstof zich kan ontwikkelen. Meer inzicht in deze aspecten en grip op ontwikkelscenario’s kunnen helpen om vraagontwikkeling van waterstof in verschillende markten beter in beeld te krijgen zodat op basis hiervan robuuste keuzes gemaakt kunnen worden over welke markten op de korte, middellange en

Datum

10 september 2019

lange termijn het meest kansrijk zijn. Dat helpt om een duidelijk handelingsperspectief te ontwikkelen voor de sectoren waar de slagingskans van de toepassing van waterstof het grootst is.

Blad

15/52

Het advies is daarom om als eerste stap nadere analyses uit te voeren om beter grip te krijgen op alle mogelijke aspecten en ontwikkelingen zodat investeringen op de korte(re) termijn passen in een robuust perspectief voor het systeem op de lange(re) termijn. Het is de verwachting dat deze analyses voor meer eindgebruiksdoelen en regio's nodig zullen zijn om goed onderbouwde keuzes te kunnen maken. Vanwege de vereiste brede kennis en expertise, de complexiteit van deze analyses, en de daarmee samenhangende kosten is het aan te bevelen om op dit terrein samenwerking te zoeken met andere partijen zoals de ministeries van EZK, I&W en BZK (ondersteund door de planbureaus), de kennissector, en brancheorganisaties voor de industrie (VNPI, VNCI en VEMW) en andere sectoren.

3.5 Maatschappelijk en politiek draagvlak

De transitie naar waterstof vergt enorme investeringen. Voor de slagingskans is maatschappelijk en politiek draagvlak van cruciaal belang. Het is niet zo dat maatschappelijke actoren zich per definitie achter (alle) ontwikkelingen met betrekking tot waterstof zullen scharen. De discussie over blauwe en groene waterstof met milieuorganisaties is daar een goed voorbeeld van. Aan de andere kant van het spectrum zien we burgers en gemeenten die misschien 'overhaast' voor waterstof kiezen, bijvoorbeeld in de gebouwde omgeving, terwijl dat voor hen mogelijk niet de meest gepaste/gewenste optie is. Hierdoor bestaat het risico op een impasse in de energietransitie. Het verdient daarom aanbeveling om maatschappelijk en politiek draagvlak nadrukkelijk een plek te geven in de ontwikkeling van het plan zoals gepresenteerd. Dit is ook al toegelicht in de aanbevelingen over de invulling van het toekomstig proces.

4. Kansrijkheid van beschreven ontwikkelingen

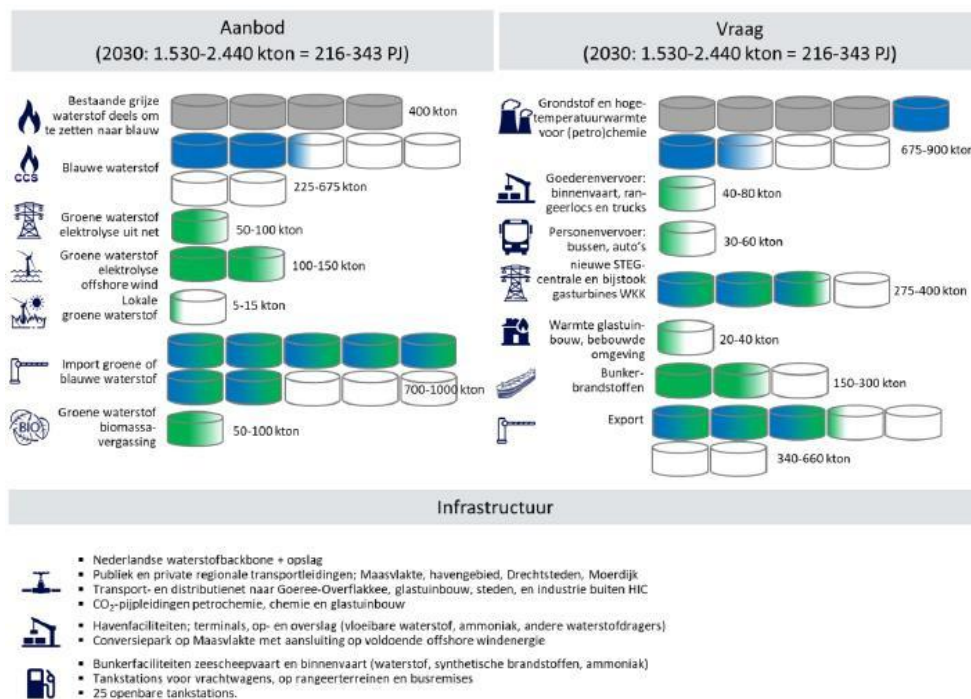
Deze sectie gaat in op de vraag 'hoe realistisch en kansrijk acht u de beschreven ontwikkelingen; binnen welke kosten-marges?'

4.1 Vraag- een aanbodontwikkelingen uit "het advies"

In "het advies" worden de beschreven ontwikkelingen samengevat in onderstaande figuur. Omdat er in de praktijk nog weinig tot niets is gerealiseerd van de beschreven ontwikkelingen, zijn het tot nu toe in feite alleen nog opties of mogelijkheden. In het vervolg zal daarom de term "opties" worden gebruikt.

Datum
10 september 2019

Blad
16/52



Figuur 1: Waterstof in 2030: aanbod, vraag en infrastructuur in Zuid-Holland

4.2 Overwegingen met betrekking tot de aanbodzijde

Elektrolyse-waterstof

Voor beantwoording van bovenstaande vraag worden in deze notitie de mogelijke toepassingen van waterstof aan de vraagkant van de figuur als uitgangspunt genomen. Hierbij wordt er in eerste instantie van uitgegaan dat de waterstof wordt geproduceerd door splitsing van water met behulp van elektriciteit, ofwel door water-elektrolyse. De reden hiervoor is dat deze route uiteindelijk de essentie vormt van waarom we waterstof beschouwen als energiedrager in de energievoorziening. Het levert het mechanisme om wind- en zonne-energie (via elektriciteit) vast te leggen in een (moleculaire) vorm die grootschalig is op te slaan, relatief eenvoudig is te transporteren (van regionaal tot intercontinentaal), en die breed is in te zetten in toepassingen waar elektrificatie of inzet van elektriciteit via batterijen niet haalbaar of toereikend is. Het maakt daarmee een veel grotere benutting van wind- en zonne-energie mogelijk dan wanneer deze bronnen alleen zouden worden ingezet voor de productie van elektriciteit en het eindgebruik daarvan in elektrische apparaten, en biedt zo uitzicht op de realisatie van een duurzame energievoorziening die voornamelijk is gebaseerd op zon, wind en water.

Huidige industriële productie van waterstof voor industriële (niet-energetische) toepassingen

Toepassen van CCS op de bestaande op aardgas gebaseerde productie van industriële waterstof leidt op de korte termijn tot belangrijke CO₂-emissiereductie

Datum

10 september 2019

Blad

17/52

maar staat los van de mogelijke toekomstige waarde van waterstof als energiedrager. Enkel en alleen toepassen van CCS op de bestaande productie levert geen bijdrage aan de introductie en inzet van waterstof als energiedrager, of de introductie van en transitie naar hernieuwbare waterstof. Aan deze optie wordt in het kader van deze notitie dan ook verder geen aandacht besteed. In de figuur is bestaande productie ook “grijs” gelaten.

Mogelijk dat waterstof van de huidige productie kan worden ingezet voor pilot- en demoprojecten en de eerste praktijkprojecten indien er enige reservecapaciteit aanwezig is. Dit kan helpen om de kosten in de opstartfase te beperken, vooruitlopend op het beschikbaar komen van voldoende hernieuwbare waterstof. Bij inzet in vervoerstoepassingen wordt er *well-to-wheels* zelfs met fossiele waterstof op basis van aardgas zonder CCS al enige CO₂-emissiereductie gerealiseerd ten opzichte van de huidige referentie wat bij kan dragen aan rechtvaardiging van deze transitieroute. Er is echter wel een mogelijk afbreukrisico op het vlak van maatschappelijke acceptatie waardoor “goedkoop” uiteindelijk “duurkoop” kan blijken te zijn omdat het de brede acceptatie van waterstof als energiedrager kan hinderen.

Nieuwe industriële productie van waterstof op basis van aardgas met CCS

Uitbreiding van de productie van waterstof op basis van aardgas met CCS ten behoeve van de decarbonisatie van het energetisch gebruik van aardgas, kan wel een bijdrage leveren aan de introductie van en transitie naar hernieuwbare waterstof. Het product van deze koolstofarme inzet van aardgas is koolstofarme waterstof en wordt ook wel blauwe waterstof genoemd. Vanwege het efficiencyverlies door CCS leidt deze route op de kortere termijn wel tot extra verbruik van aardgas en vergt (extra) capaciteit voor opslag van CO₂. De optie is daarom vooral zinvol voor ontwikkeling van waterstof als energiedrager indien ook doorgroei naar inzet van hernieuwbare waterstof kansrijk is, en de waterstofoptie zich gunstig verhoudt ten opzichte van andere duurzame alternatieven.

4.3 Kansrijkheid van opties aan de vraagzijde

De beschreven opties in het advies zijn hieronder nog eens samengevat:

- *Personenvervoer auto's en bussen en goederenvervoer trucks, binnenvaartschepen en rangeerlocomotieven*: Dit betreft de vervanging van benzine en diesel als brandstof voor voer- en vaartuigen met een verbrandingsmotor door waterstof als brandstof voor brandstofcel-elektrische varianten van deze voer- en vaartuigen.
- *Hoge temperatuur warmte voor (petro)chemie*: Dit betreft de vervanging (geheel of gedeeltelijk) van aardgas door waterstof voor de productie van hoge temperatuur (proces)warmte in de industrie.
- *Warmte glastuinbouw en bebouwde omgeving*: Dit betreft de vervanging (geheel of gedeeltelijk) van aardgas door waterstof voor de productie van lage temperatuur warmte in de gebouwde omgeving (woningen en gebouwen) en de glastuinbouw.

Datum

10 september 2019

Blad

18/52

- *Nieuwe STEG centrales en bijstook gasturbines WKK*: Dit betreft de vervanging (geheel of gedeeltelijk) van aardgas door waterstof voor de productie van elektriciteit in elektriciteits- en WKK-centrales.
- *Grondstof voor (petro)chemie en bunkerbrandstoffen*: Inzet van waterstof als grondstof voor nieuwe industriële toepassingen zoals de productie van chemicaliën en synthetische brandstoffen, waaronder bunkerbrandstoffen, op basis van CO₂ en waterstof.
- *Export*: Export van energie in de vorm van waterstof of waterstofdragers.

Hoewel hier en daar nog wat ontwikkelingswerk nodig is en optimalisatie mogelijk is, zijn technisch gezien deze opties allemaal realistisch en kansrijk. Of, wanneer en in welke mate deze opties tot realisatie en uitrol komen zal echter vooral worden bepaald door de economie van de opties ten opzichte van de heersende referentiesituatie en mogelijke andere alternatieven. In het kader van deze “second opinion” is het niet mogelijk om hier een volledige en gedetailleerde analyse naar te doen. Maar om een gevoel te krijgen van de haalbaarheid zijn in het kader van deze notitie de kosten voor het waterstof-alternatief vergeleken met de huidige referentie. Een gedetailleerde beschrijving is gegeven in de bijlage. In Tabel 2 is volstaan met de hoofdpunten uit de kostenanalyse en aanvullende overwegingen om tot een inschatting te komen van de termijn waarop de kansen voor de verschillende opties uit het advies zich voor kunnen doen.

Uit het overzicht komt naar voren dat op basis van de beschikbaarheid van technologie en producten, het economisch perspectief en de aanwezigheid van doelen en concreet beleid, toepassingen in de vervoerssector op de korte termijn het meest kansrijk zijn om in de praktijk te realiseren. Mogelijkheden voor auto's en bussen zijn het meest concreet, gevolgd door trucks. De binnenvaart of maritieme sector volgt op iets langere termijn.

Ook kansrijk is de vervanging van aardgas door waterstof in toepassingen waar de extra kosten van waterstof relatief het meest eenvoudig kunnen worden geabsorbeerd, en waarbij gebrek aan of beperkingen van alternatieven de toepassing van waterstof snel in beeld brengen. Hierbij kan in eerste instantie worden gedacht aan de behoefte die wordt voorzien aan nul-emissie elektriciteit die voor 2030 moet worden geproduceerd in flexibele, regelbare centrales. Dit lijkt ook technisch al goed mogelijk. Een tweede potentieel kansrijke toepassing in dit verband is vervanging van aardgas door waterstof voor de warmtevoorziening in de gebouwde omgeving. Hier zijn echter eerst nog een aantal gecontroleerde langjarige praktijkprojecten nodig voordat tot echte implementatie kan worden overgegaan. Vervanging van aardgas door waterstof voor warmte in de industrie wordt als zelfstandige optie voorlopig minder kansrijk geacht vanwege de hoge kosten en de beperkte ruimte om die kosten te absorberen. Wel is het mogelijk dat er zich kansen voordoen in combinatie met andere toepassingen.

Omdat voor 2030 de beschikbaarheid van duurzame energie voor de productie van groene waterstof nog veel te beperkt is, ligt voor nul-emissie elektriciteitsproductie in centrales met waterstof een transitieroute via

Datum

10 september 2019

Blad

19/52

koolstofarme waterstof op basis van aardgas (blauwe waterstof) voor de hand. Mogelijk kan hierbij optimalisatie van de benodigde productie- en opslagcapaciteit voor de waterstof worden gerealiseerd door kansen voor synergie te benutten met andere toepassingen zoals inzet voor vervoerstoepassingen en vervanging van aardgas voor warmtetoepassingen in de industrie en de gebouwde omgeving. Voor de warmtetoepassingen kan dit door volledige of gedeeltelijke vervanging al naar gelang de mogelijkheden die, mede vanuit een transitieperspectief richting 2050, technisch en economisch het meest gunstig zijn. Voor het creëren van maatschappelijk draagvlak is het verder raadzaam deze transitieroute via blauwe waterstof te combineren met ambitieuze water-elektrolyse projecten die passen binnen een concreet actieplan voor geleidelijke vergroening van alle waterstof in de periode na 2030. Hierbij kan worden overwogen om een minimum, of oplopend percentage elektrolyse-waterstof als randvoorwaarde op te nemen voor realisatie van blauwe waterstof plannen. Daarnaast kan water-elektrolyse ook als randvoorwaarde worden gehanteerd voor uitbreiding of vervanging van productiecapaciteit voor bestaande industriële toepassingen van waterstof.

Hoewel voor de gebouwde omgeving de nadruk ligt op renoveren en isoleren, in combinatie met elektrificeren en warmtenetten, geldt voor veel wijken dat het aardgasnet tot na 2030 gewoon nog blijft liggen. Het kan dan worden benut voor geheel of gedeeltelijke vervanging van aardgas door hernieuwbaar gas dat kan bestaan uit groen gas (op biomassa gebaseerd gas), waterstof, of een combinatie van deze opties. Isoleren om de warmtevraag sterk te verminderen in combinatie met duurzamer of duurzaam gas in een aangepaste CV-ketel of een hybride warmtepomp kan dan voorlopig de beste oplossing zijn. Door de relatief hoge prijs die kleinverbruikers betalen voor hun aardgas, zowel exclusief als inclusief heffingen en netwerkkosten, ligt hier relatief veel ruimte om de (nu nog) hogere kosten voor duurzaam gas in te passen. Waar en in welke mate waterstof een rol kan spelen is nog niet duidelijk. In eerste instantie ligt daarom decentrale productie en inpassing meer voor de hand dan centrale productie met een centrale infrastructuur. Hier is mogelijk synergie te behalen met oplossingen die worden gezocht voor toenemende congestieproblemen in het elektriciteitsnet als gevolg van steeds meer decentrale elektriciteitsproductie van zon-PV en wind op land. Lokale conversie naar waterstof en inpassing van de waterstof in nabijgelegen gasnetten kan hier bijdragen aan het vinden van oplossingen voor de wens om al te grote (dure) uitbreiding van netten te voorkomen, maar tegelijkertijd de inpassing van lokale duurzame energie niet te beperken. De toepassing van waterstof moet wel volledig veilig plaatsvinden, en om uit te vinden hoe dat precies te doen is er de komende tijd eerst behoefte aan een aantal praktijkprojecten waarin toepassing plaatsvindt onder goed gecontroleerde omstandigheden.

Tot slot wordt de inzet van hernieuwbare waterstof als grondstof voor de productie van synthetische brandstoffen en duurzame chemische producten en materialen als minder kansrijk gezien voor de korte termijn. Hernieuwbare waterstof is daar voorlopig een te dure grondstof in vergelijking met aardolie. Ook zijn er naast de investeringen die nodig zijn in duurzame energie en elektrolyse ook investeringen nodig in fabrieken waarin op basis van hernieuwbare waterstof en klimaatneutrale

Datum
10 september 2019

Blad
20/52

koolstof (CO₂ of CO) de gewenste koolwaterstof producten kunnen worden gesynthetiseerd en geraffineerd. Dit lijkt een brug te ver voor de kortere termijn mede omdat vervanging van aardolie als grondstof voor producten waarin fossiele koolstof in eerste instantie blijft vastgelegd, en vervanging van bunkerbrandstoffen niet of slechts heel beperkt bijdragen aan reductie van nationale CO₂-emissies. Meest kansrijk op korte of kortere termijn in deze categorie lijkt de relatief eenvoudige productie van methanol met waterstof en syngas op basis van aardgas dat is vergroend met behulp van groen gas certificaten, en met het groene deel van syngas geproduceerd door vergassing van afval. Dit kan een opstap vormen voor echte vergroening van de waterstof en uitbreiding naar de productie van complexere koolwaterstoffen in een latere fase.

Tabel 2 Overzicht van kansen en bijbehorende overwegingen voor waterstoftoepassingen

	Waterstofoptie	Kansrijkheid	Motivatie en opmerkingen
Vervanging benzine en diesel voor verbrandingsmotoren in vervoerstoepassingen door waterstof voor brandstofsystemen	Auto's en bussen	Nu al kansrijk	<ul style="list-style-type: none"> Eerste (semi-) commerciële producten zijn beschikbaar, met kansen en belang voor NL maakindustrie voor bussen Tankinfrastructuur is in opbouw, met kansen voor NL maakindustrie Beperkte alternatieven voor nul-emissie Divers beleid (o.a. lage bijtelling, BPM, MRB) en beleidsruimte voor waterstof (hoge accijns) aanwezig
	Trucks	Nu pilot/demo, kansrijk binnen 5 jaar	<ul style="list-style-type: none"> Sterk toenemende aandacht, eerste pilots in de praktijk Beperkte alternatieven voor nul-emissie Kansen NL en belang voor maakindustrie Aantal beleidsprikkelers aanwezig, zoals: milieuzones; nul-emissie stadslogistiek; programma aanpak stikstof (PAS)
	Binnenvaart	Nu pilot/demo, kansrijk in 5-10 jaar	<ul style="list-style-type: none"> Trend naar elektrificatie aandrijving 150 emissievrije schepen in 2030 (doel Klimaatakkoord); waterstof of batterijen Eerste pilots in ontwikkeling Kansen en belang voor NL maakindustrie Naast kosten nog veel vragen rond bunkering (wat en hoe?)
	Locomotieven	Weinig kansrijk	<ul style="list-style-type: none"> Beperkte impact en herhalingspotentieel Geen NL industrie op dit gebied Wellicht pilot/demo mogelijk bij grote synergie met andere opties m.b.t. beschikbaarheid tankinfra en waterstof

Datum

10 september 2019

Blad

21/52

Vervanging van aardgas door waterstof als brandstof voor de productie van warmte in de industrie, voor elektriciteitsproductie en in de gebouwde omgeving	Hoge temperatuur warmte voor (petro)chemie	Voorlopig alleen kansrijk i.c.m. elektriciteit	<ul style="list-style-type: none"> • I.v.m. concurrentie op wereldmarkt alleen bij kosten "Niet Meer Dan Anders", incl. CO₂-prijs • Elektrolyse-waterstof is een erg dure optie en elektriciteit van duurzame bronnen nog schaars • Koolstofarme waterstof o.b.v. aardgas is minder duur maar binnen de industrie zijn nog veel goedkopere mogelijkheden aanwezig • Optie indien emissiereductie uit alternatieve maatregelen tegenvalt (bv. directe elektrificatie) en goedkopere CCS opties zijn benut • Blauwe waterstof kan richting 2030 noodzaak worden voor elektriciteitsproductie; mogelijk kan industrie dan aanhaken in een integrale aanpak
	Lage temperatuur warmte in gebouwde omgeving	Nu pilot/demo maar kansrijk mogelijk al voor 2030	<ul style="list-style-type: none"> • Focus op isolatie, renovatie, elektrificatie en warmtenetten, maar mogelijk aanzienlijk deel (voorlopig) nog op gas • Tarieven voor huishoudens bieden meer beleidsruimte dan tarieven voor zakelijke verbruikers en grootverbruikers • Bijmenging tot 20 vol% lijkt zonder (al te) grote aanpassingen mogelijk • Kansen voor combinatie met decentrale productie o.b.v. elektrolyse; initiële investering is kleiner; geen centrale infra nodig; minder onderlinge afhankelijkheden • Combinatie met centrale productie indien nabij (mogelijke synergie met andere toepassingen voor elektriciteit en in de industrie), en combinatie met backbone ook mogelijk maar niet noodzakelijk
	Elektriciteitsproductie in STEG en WKK-centrales	Waarschijnlijk al kansrijk voor 2030	<ul style="list-style-type: none"> • In 2030 in NL mogelijk al 17 TWh nodig aan nul-emissie elektriciteit uit flexibele regelbare centrales, na benutting van overige opties voor flexibiliteit. • Behoeft aan elektriciteit kan niet worden uitgesteld; kosten zijn dan minder van belang • Eerder kansen voor koolstofarme waterstof o.b.v. aardgas dan hernieuwbare waterstof van elektrolyse; duurzame elektriciteit voor 2030 nog schaars en elektrolyse-waterstof nog duurder • Puur en bijmengen kan; technologie voor hoge

Datum

10 september 2019

Blad

22/52

			<p>concentraties waterstof al aanwezig</p> <ul style="list-style-type: none"> • Effect benodigde CCS voor blauwe waterstof i.r.t. afgesproken plafond in Klimaatakkoord verdient aandacht; kan issue opleveren met maatschappelijke acceptatie. Combinatie met een of meerdere projecten voor opschaling van elektrolyse kan uitkomst bieden.
Vervanging van aardolie als basis voor (bunker)brandstoffen en chemische producten en materialen door hernieuwbare waterstof en duurzame koolstof (CO ₂ of CO van biomassa, afval (circulair), of uit de atmosfeer	Productie synthetische brandstoffen, o.a. bunkerbrandstof (diesel, kerosine)	Optie voor de periode 2030-2050	<ul style="list-style-type: none"> • Grote investeringen nodig, niet alleen in elektrolyse, maar ook in andere fabrieken • Elektrolyse-waterstof is een dure grondstof in vergelijking met aardolie • Bunkerbrandstoffen dragen niet bij aan NL emissies • Nog geen echte beleidsprikkels en weinig beleidsruimte om extra kosten te absorberen in de prijs van brandstoffen voor de eindgebruiker (geen/weinig accijns) • Korte(re) termijn kansen mogelijk voor inzet van bijproduct- of elektrolyse-waterstof bij optimalisatie van de conversie van biomassa naar biobrandstoffen
	Productie duurzame (basis)-chemicaliën	Optie voor de periode 2030-2050	<ul style="list-style-type: none"> • Grote investeringen nodig, niet alleen in elektrolyse, maar ook in andere fabrieken • Elektrolyse-waterstof is een dure grondstof in vergelijking met aardolie • Chemische (basis)producten waarin koolstof wordt vastgelegd en die grotendeel worden geëxporteerd dragen weinig bij aan reductie van NL emissies • Nog geen echte beleidsprikkels en weinig beleidsruimte om extra kosten te absorberen in (eind)producten i.v.m. concurrentie op wereldmarkt • Korte termijn kansen mogelijk bij inzet groene en "vergroende" CO en waterstof, en hogere verwaarding van bijproductwaterstof voor groene methanol dat zowel als brandstof als voor chemie kan worden ingezet (bv. project Enerkem-Nouryon e.a.)
	Export (en import, m.n. over zee)	Optie voor de periode 2030-2050	<ul style="list-style-type: none"> • Optie vergelijkbaar met bunkerbrandstoffen en duurzame (basis)chemicaliën • Kosten waterstofproductie elders potentieel lager, maar eerste

Datum

10 september 2019

Blad

23/52

	<p>indicaties zijn dat kosten voor transport het voordeel teniet doet</p> <ul style="list-style-type: none"> • Opbouw internationale ketens kost tijd: productiecapaciteit wind en zon voor export bovenop invulling lokale behoefte; opbouw elektrolysecapaciteit; havenfaciliteiten aan export- en importkant; ontwikkeling markt • Grote onzekerheid over aard en omvang van de vraag (waterstof vloeibaar of aan drager, of basischemicaliën op basis van waterstof, koolstof en stikstof) • Mogelijk kansen om een rol te spelen in internationale pilots op dit gebied
--	---

5. Waterstofbouwstenen voor de Provincie

Deze sectie gaat in op de vraag 'welke bouwstenen ziet u waarmee, in welke volgorde, invulling kan worden gegeven aan de landelijke routekaart, gegeven de positionering van waterstof in het Klimaatakkoord'.

5.1 Positionering van waterstof in het Klimaatakkoord

Het onderwerp waterstof is prominent aanwezig in het Klimaatakkoord, waarbij wordt gesteld dat er brede consensus is 'dat waterstof een zeer belangrijke rol gaat spelen in de transitie naar een CO₂-neutrale samenleving'. Om invulling te geven aan het belang dat aan waterstof wordt gehecht is het de bedoeling dat 'in het kader van dit Klimaatakkoord zal worden gestart met een substantieel waterstofprogramma. Dat programma zal zich primair richten op het ontsluiten van het aanbod van groene waterstof, de ontwikkeling van de benodigde infrastructuur en de samenwerking met diverse sectorprogramma's, en het faciliteren van lopende initiatieven en projecten.' Het idee is dat het waterstofprogramma 'zou moeten bestaan uit een landelijke component als het gaat om de realisatie van de noodzakelijke randvoorwaarden, maar ook uit regionale deelprogramma's met een maatwerk-aanpak per industriecluster en omliggend verzorgingsgebied'.

'Het streven is om zoveel mogelijk in te zetten op groene waterstof', voornamelijk op basis van elektrolyse van water met behulp van duurzame elektriciteit, en dat er voor moet worden gezorgd 'dat de [energetische] inzet van blauwe waterstof – geproduceerd uit aardgas met afvang van CO₂ – optimaal bijdraagt aan de ontwikkeling van een breder waterstofsysteem, zonder de groei van groene waterstof te belemmeren'.

'Ambitie van dit programma is om in 2030 3-4 GW aan geïnstalleerd vermogen aan elektrolysers te hebben gerealiseerd, waarbij de ontwikkeling in de pas moet lopen met de extra groei van het aandeel duurzame elektriciteit. Daarnaast zal het programma zich richten op de ontwikkeling van een optimale

Datum

10 september 2019

Blad

24/52

waterstofinfrastructuur. Tot 2030 worden er in dit programma (voorlopig) de volgende fases en doelen onderscheiden:

- 2019-2021: Voorbereidend programma voor de uitrol van waterstof, met de vele lopende initiatieven en projecten als vertrekpunt, af te sluiten met een evaluatie ten behoeve van de nadere invulling en doelen van de volgende fases. Eind 2021 wordt besloten over de definitieve inrichting van de vervolgfase en over de omvang van de opschaling na 2030.
- 2022-2025: Op basis van de resultaten van de eerste fase, met name als de kostendaling van elektrolyse en het commitment van de betrokken partijen daar voldoende basis voor bieden, opschaling naar zo mogelijk 500 MW geïnstalleerde elektrolysecapaciteit, in combinatie met ontwikkeling van waterstofvraag en regionale infrastructuur, en koppeling van de verschillende clusters. In 2025 wordt besloten over de definitieve inrichting van de vervolgfase.
- 2026-2030: Opschaling naar 3-4 GW geïnstalleerde elektrolysecapaciteit, koppeling aan opslaglocaties, uitbouw infrastructuur, onder meer onder voorwaarde van de extra groei van duurzame elektriciteit.

Het programma richt zich niet rechtstreeks op de ontwikkeling van de vraag naar waterstof; die taak ligt veel meer bij de verschillende sectorprogramma's. Over die sectorprogramma's bevat het Klimaatakkoord het volgende:

Vervoerssector

Met betrekking tot de vervoerssector stelt het Klimaatakkoord dat naast een gedragsverandering in onze personenmobiliteit die moet leiden tot minder kilometers, meer deelauto's, meer fietsen en OV, het nodig is dat er zo snel mogelijk een transitie plaatsvindt naar 0% fossiele brandstoffen in het vervoer. Het streven hierbij is dat uiterlijk in 2030 alle nieuwe auto's emissieloos zijn. In dit verband ziet het kabinet dat er in de toekomst naast het personenverkeer ook een belangrijke rol is weggelegd voor waterstof als energiedrager voor zwaar transport, bijvoorbeeld vrachtwagens, OV-bussen en mogelijk ter vervanging van dieseltreinen. De ambitie is om in 2025 50 waterstof-tankstations te hebben met 15.000 brandstofcelauto's en 3000 zware voertuigen (bussen en trucks), mogelijk doorgroeïend naar in totaal 300.000 voertuigen in 2030. In 2020 zal het H2-Platform hiervoor een "Convenant stimulering waterstofmobiliteit" opstellen samen met voertuigleveranciers, waterstofleveranciers, leasemaatschappijen, zakelijke gebruikers en overige stakeholders, waarin partijen zich committeren aan deze doelen en toezeggen zich in te spannen voor tijdige en adequate allocatie van voertuigen aan Nederland, het tijdig bouwen van tankstations, en het aggregeren van vraag daaromheen.

De voorgenomen afbouw van de financiële en fiscale stimulering voor batterij-elektrische auto's die voorlopig niet geldt voor brandstofcel-elektrische auto's zou hierbij wel eens een faciliterende rol kunnen spelen. Verder zal de Rijksoverheid de verduurzaming van de eigen vloot stimuleren (o.a. elektrificatie wagenpark batterij en waterstof elektrisch via het programma Duurzaam Inkopen), en zal met decentrale overheden worden overlegd hoe zij hierbij kunnen aansluiten. Specifiek voor bussen en binnenvaart is er daarnaast het volgende opgenomen:

Datum

10 september 2019

Blad

25/52

- 'Provincies, vervoersregio's, netbeheerders, energieproducten, de Rijksoverheid en het bedrijfsleven werken samen aan de verdere uitrol en opschaling van zero-emissie bussen en de noodzakelijke alternatieve tank- en laadinfrastructuur door middel van het Bestuursakkoord zero-emissie bus (BAZEB). In 2025 zullen alle nieuwe instromende OV-bussen zero-emissie zijn zodat in 2030 alle ongeveer 5000 OV-bussen zero-emissie zijn'. Dit is een reeds lopende ontwikkeling.
- Binnen de Green Deal zeevaart, binnenvaart en havens zal worden opgenomen dat de binnenvaartsector streeft naar een CO₂-reductie in de binnenvaart waarbij de Rijksoverheid bereid is om binnen de bestaande middelen te zoeken naar mogelijkheden voor ondersteuning voor maximaal 0,4 Mton. Voor invulling worden verschillende opties uitgewerkt voor de inzet van duurzame energiedragers, waaronder hybride elektrisch, waterstof en duurzame biobrandstoffen. De binnenvaartsector en de Rijksoverheid zetten hierbij in op ingroei van tenminste 150 emissievrije schepen in 2030. In het kader van de Nationale Agenda Laadinfrastructuur zal ter ondersteuning onderzoek worden gedaan infrastructuur voor laden (elektrisch) en bunkeren (waterstof) voor het uitvoeren van pilots met elektrisch aangedreven binnenvaartschepen, en hoe de uitrolstrategie voor de op termijn benodigde infrastructuur er uit zal moeten zien.

Gebouwde Omgeving

Wat betreft de gebouwde omgeving wordt verwacht dat in veel wijken het aardgasnet tot na 2030 nog gewoon blijft liggen. Isoleren en inzet van groen gas of waterstof in een CV-ketel of hybride warmtepomp is dan een mogelijke verstandige (tussen)oplossing. In het kader van de warmtevisies waarin gemeenten een realistisch tijdspad gaan vastleggen waarop wijken van het aardgas af gaan bevat het Klimaatakkoord de nadrukkelijke suggestie om hierbij ook de mogelijkheden voor benutting van het gasnet voor groen gas en waterstof te betrekken. Met het oog daarop wordt inzet op pilots en demo's de komende jaren van belang geacht. In dit verband zullen de Rijksoverheid en de sector onderzoeken hoe waterstof-gerelateerde pilots en demo's in de gebouwde omgeving gestimuleerd kunnen worden, en hoe hiervoor ruimte te creëren in wet- en regelgeving. De uitwerking van de regionale energiestrategieën (RES) die in 2021 voltooid moeten zijn, is in dit kader ook van belang. Een van de hulpmiddelen is de zogenaamde leidraad waar vanaf volgend jaar ook de inzet van waterstof als verduurzamingsoptie zal worden meegenomen.

Industrie

Voor het slagen van de systeemtransitie in de industrie is het noodzakelijk om nieuwe processen en technieken te ontwikkelen, die het mogelijk maken om efficiënter maar vooral ook anders en beter te produceren. Die nieuwe technieken en processen komen er niet vanzelf. R&D, pilots en demonstratieprojecten zijn van groot belang om de benodigde nieuwe technologieën beschikbaar, betrouwbaar en betaalbaar te krijgen. Het accent ligt op het realiseren van kostenreductie en versneld naar de markt brengen van technologieën zoals elektrolyse van water (groene waterstof), elektrificatie, CCU(S), circulaire processen, betere inzet van reststromen en groen gas en warmte-uitkoppeling, die noodzakelijk zijn om de doelstelling in 2030 en daarna te realiseren. De

Datum

10 september 2019

energetisch en vanuit duurzaamheidsperspectief beste verduurzaming van de industrie is via directe inzet van duurzame energie: inzet van geothermische warmte en duurzame restwarmte, en elektrificatie vanuit zon en windparken.

Blad

26/52

Waar de inzet van deze energiedragers echter geen optie zijn, is groene waterstof een alternatief dat zowel binnen als buiten de industrie op de middellange (2030) en lange (2050) termijn een aantal cruciale functies in het energie- en grondstoffsysteem zal moeten en kunnen vervullen. Om snel een goede infrastructuur voor waterstof in te kunnen richten, waar groene waterstof direct in kan worden ingepast, en nieuwe technologische toepassing van waterstof te stimuleren, is tijdelijk blauwe waterstof nodig (snel te realiseren in grote hoeveelheden). De Rijksoverheid zal initiatieven die Nederland-breed reeds in beeld zijn actief ondersteunen (in Provincie Zuid-Holland bijvoorbeeld. H-Vision en 250 MW elektrolyse (BP/Nouryon). Door het waterstofprogramma krijgen de noodzakelijke voorwaarden sneller vorm, zoals marktordering en certificaten voor groene waterstof. Uit de klimaatenvolpe zullen voor pilots en demonstratiefaciliteiten extra middelen ad gemiddeld 40 mln. euro per jaar beschikbaar komen, en via de vebrede SDE+ zal vanaf 2020 worden gewerkt aan de uitrol van groene waterstof waar dit kosteneffectief al mogelijk is. Het zal echter van de mate van commitment en investeringsbereidheid van de industrie afhangen of en wanneer initiatieven ook daadwerkelijk gerealiseerd worden. Mogelijk dat de individuele CO₂-reductieplannen van de industrie hier meer inzicht in zullen verschaffen.

Elektriciteit

Concreet wordt hierbij gestreefd naar het opschalen van de elektriciteitsproductie uit hernieuwbare bronnen tot 84 TWh. De maatregelen en acties die hiervoor nodig zijn, zijn uitgewerkt in concrete afspraken voor hernieuwbare energie op land en wind op zee. Ten behoeve van een betrouwbaar elektriciteitssysteem zal in toenemende mate behoefte bestaan aan aanbod van flexibiliteit dat via de markt wordt gerealiseerd (onbalansmarkt). Tevens is vanuit oogpunt van leveringszekerheid relevant dat wordt voorzien in voldoende regelbaar vermogen, dat in toenemende mate CO₂-vrij zal moeten zijn. Ter invulling van de lange termijn flexibiliteit is een mix van de verschillende bronnen van flexibiliteit nodig. Onder bepaalde scenario's gebaseerd op een aantal aannames is naar schatting 15 tot 17 GW regelbare capaciteit (langdurige demand side response uit bijvoorbeeld hybride systemen, interconnectie, grootschalige opslag en regelbare productie) nodig bij een gemiddeld weerjaar. In een extreem weerjaar is een aantal GW meer nodig. Verder is bij deze modelaannames de benodigde CO₂-vrije regelbare productie in 2030 ingeschat op 17 TWh en voor niet CO₂-vrije productie op 27 TWh. Het elektriciteitssysteem kan op een aantal manieren met CO₂-vrije regelbare productie worden gevoed: met elektriciteit uit CO₂-vrije waterstof⁴ of uit andere hernieuwbare bronnen zoals biomassa en groen gas, uit kernenergie, of uit fossiele bronnen waarbij CO₂ wordt afgevangen. De verschillende technologische oplossingen kennen verschillende realisatie-

⁴ Deze optie wordt bijvoorbeeld beoogd in het Hydrogen-to-Magnum (Delfzijl, Groningen) en het H-Vision (Rotterdam, Zuid-Holland) initiatief.

Datum

10 september 2019

Blad

27/52

termijnen, kosten, maatschappelijk draagvlak en andere karakteristieken waardoor ze in meer of mindere mate realistisch zijn voor de periode tot 2030. Zo vereist CO₂-vrije waterstof voldoende hernieuwbare energie, of opslagcapaciteit en bijbehorende infrastructuur voor CO₂ (net als voor centrales met geïntegreerde afvang van CO₂), zijn er meer toepassingen die gebruik willen maken van biomassa (oa. biobrandstoffen, grondstof voor industrie en groen gas voor warmte in de gebouwde omgeving) terwijl de beschikbaarheid van duurzame biomassa beperkt is, en vormen de zeer hoge initiële investeringen, en de afvalproblematiek aanleiding voor scepsis rond kernenergie.

5.2 Bouwstenen voor de Provincie Zuid-Holland

Op basis van de ruwe analyse die is uitgevoerd in het kader van deze notitie (zie Bijlage), de passages rond waterstof in het Klimaatakkoord, en aanvullende informatie over lopende projecten en de stand-van-zaken rond waterstof in de Provincie Zuid-Holland schetst onderstaande tabel een overzicht van bouwstenen en aangrijpingspunten waar op kan worden voortgebouwd om invulling te geven regionale deelprogramma's op het gebied van waterstof met een maatwerk-aanpak per industriecluster en omliggend verzorgingsgebied.

Tabel 3 Overzicht van aanwezige bouwstenen en aangrijpingspunten voor een deelprogramma waterstof in de provincie Zuid-Holland

Waterstofoptie	Kansrijkheid	Bouwstenen en aangrijpingspunten
Auto's en bussen	Nu al kansrijk	<ul style="list-style-type: none"> • Tankstations in Rhoon en Den Haag • Overgrote deel brandstofcelauto's in Nederland • "Convenant Stimulering Waterstofmobiliteit" en aansluiting bij Rijksoverheid voor verduurzaming van het eigen wagenpark via het programma Duurzaam Inkopen • 20-25 waterstofbussen uit verschillende Europese projecten (o.a. 3Emotion, JIVE II) • Bestuursakkoord zero-emissie bus (BAZEB)
Trucks	Nu pilot/demo, kansrijk binnen 5 jaar	<ul style="list-style-type: none"> • "Convenant Stimulering Waterstofmobiliteit" en aansluiting bij Rijksoverheid voor verduurzaming van het eigen wagenpark via het programma Duurzaam Inkopen • Identificatie brede behoefte aan gemeentevoertuigen met een relatief grote vermogensbehoefte door Roteb Lease (Rotterdam) • Milieuzone voor vrachtauto's in Rotterdam • Verbetering luchtkwaliteit in de Rijnmond • Verlichting stikstofproblematiek (PAS)
Binnenvaart	Nu pilot/demo, kansrijk in 5-10 jaar	<ul style="list-style-type: none"> • Green deal zeevaart, binnenvaart en havens • RH₂INE initiatief • FELMAR pilot project binnenvaartschip tussen Rotterdam en Antwerpen (Future Proof Shipping, Damen, Nedstack,

Datum

10 september 2019

Blad

28/52

		Holland Ship Electric, Marine Service Noord en Marin)
Locomotieven	Weinig kansrijk	<ul style="list-style-type: none"> • Vermelding in Klimaatakkoord als mogelijkheid
Hoge temperatuur warmte voor (petro)chemie	Voorlopig alleen kansrijk i.c.m. elektriciteit	<ul style="list-style-type: none"> • Alleen groene en blauwe waterstof o.b.v. aardgas voorlopig weinig kansrijk • H-Vision: decarbonisatie, of blauwe waterstof o.b.v. restgassen raffinaderijen aangevuld met blauwe waterstof o.b.v. aardgas of groene waterstof (mogelijk in combinatie met 250 MW initiatief BP/Nouryon) wel interessant • CO₂-reductieplannen van de industrie
Lage temperatuur warmte in gebouwde omgeving	Nu pilot/demo maar kansrijk mogelijk al voor 2030	<ul style="list-style-type: none"> • Regionale Energiestrategieën en warmtevisies van gemeenten • Power-to-Gas demo in Rozenburg met testfaciliteit voor CV-ketels op pure waterstof • Aanleg waterstofnet voor de gebouwde omgeving bij de Green Village • Initiatief voor pilot waterstof in de gebouwde omgeving in Stad aan 't Haringvliet
Elektriciteitsproductie in STEG en WKK-centrales	Waarschijnlijk al kansrijk voor 2030	<ul style="list-style-type: none"> • Sluiting kolencentrales in de periode 2020-2030 en naderende behoefte aan nul-emissie regelbare productie van elektriciteit • H-Vision: blauwe waterstof productie i.r.t. ombouw kolencentrales die moeten sluiten in de periode 2020-2030. (NB. Voor de centrales wordt ook aanpassing tot biomassacentrales overwogen!) • Porthos-project: infra voor afvoer CO₂ naar opslag
Productie synthetische brandstoffen, o.a. bunkerbrandstof (diesel, kerosine)	Optie voor de periode 2030-2050	<ul style="list-style-type: none"> • Aanwezigheid van aantal state-of-the-art waterstof-fabrieken, waterstofpijpleidingen en een opslag voor vloeibaar waterstof, en bijbehorende kennis • Vervanging aardolie door groene waterstof en klimaat-neutrale koolstof is nog weinig kansrijk, maar stappen in die richting wel mogelijk • Project Enerkem, Nouryon, Air Liquide, Shell en Port of Rotterdam voor productie van (groene) methanol op basis van syngas van afvalvergassing en waterstof • 250 MW water-elektrolyse initiatief BP en Nouryon voor uitbreiding huidige industriële waterstofbehoefte voor olieraffinage
Productie duurzame (basis)-chemicaliën	Optie voor de periode 2030-2050	<ul style="list-style-type: none"> • Idem 'Productie synthetische brandstoffen', met inzet van methanol uit "Enerkem/Nouryon" voor chemie in plaats van brandstof
Export	Optie voor de periode 2030-2050	<ul style="list-style-type: none"> • Interesse VOPAK

Datum
10 september 2019

6. Nut en noodzaak om te investeren in waterstof

Deze sectie gaat kort in op de vraag 'hoe kijkt u aan tegen het nut en de noodzaak voor de Provincie Zuid-Holland om te investeren in de waterstof?'

Blad
29/52

Nut en noodzaak voor de provincie Zuid-Holland om te investeren in de inzet van waterstof als energiedrager en duurzame grondstof voor synthetische brandstoffen en chemie, kortweg waterstof, volgt uit de brede consensus die er is dat waterstof een essentiële schakel is in de energietransitie en een toekomstige duurzame energievoorziening. De aanwezigheid van een groot energie- en grondstof-intensief industrieel complex dat een belangrijk onderdeel vormt van de Nederlandse economie en aan vele mensen werkgelegenheid biedt, en dat moet overschakelen van fossiele bronnen naar duurzame bronnen, maakt nut en noodzaak alleen maar groter, evenals de functie van de regio in de doorvoer van grote hoeveelheden energie en grondstoffen naar "het achterland". Daarnaast is het terugdringen van emissies op lokaal niveau, bijvoorbeeld door transport en mobiliteit, een belangrijk aspect omdat de regio tot een van de dichtstbevolkte en drukste gebieden van Nederland behoort. Nut en noodzaak staat dus buiten kijf.

De vraag is wel welke rol de provincie Zuid-Holland kan spelen, of welke invloed de provincie kan uitoefenen om het onderwerp waterstof vorm en inhoud te geven. Terecht stelt het advies "Naar een groene waterstofeconomie in Zuid-Holland – Een visie voor 2030" in dit verband dat de provincie Zuid-Holland een groene waterstofeconomie niet alleen kan ontwikkelen, maar deze wel kan stimuleren. Ze heeft andere partijen nodig om projecten op het gebied van waterstof te realiseren, en ontwikkelingen in gang te zetten. Nationale en Europees beleid is zeer bepalend voor passende wet- en regelgeving, marktordening, marktontwikkeling via fiscaal- en subsidiebeleid, en R&D-beleid. Netbeheerders zijn verantwoordelijk voor de realisatie van de energie-infrastructuur, en bedrijven zullen uiteindelijk investeringsbereidheid moeten tonen en besluiten moeten nemen om waterstof te gaan toepassen.

7. Handelingsperspectief voor de Provincie

Deze sectie gaat in op de vraag 'op welke onderdelen verwacht u het grootste effect, afgezet tegen de investering en/of personele inzet?' De provincie heeft diverse mogelijkheden om vorm en inhoud te geven aan het onderwerp waterstof. Het meest direct kan dit vanuit de wettelijke taken die aan de provincie zijn toegekend. De meest relevante beleidsterreinen in dit verband zijn ruimtelijke ordening, milieubeheer en openbaar vervoer. Hier kan de provincie randvoorwaarden scheppen (o.a. ruimte creëren, en adequate vergunningverlening), kaders stellen (o.a. veiligheid) en zelfs maatregelen afdwingen of verplichten (bijvoorbeeld nul-emissie busvervoer). Maar de invulling van taken ligt voor provincies niet helemaal vast. Naast de verschillende wettelijke taken kan de provincie als onderdeel van een 'open huishouding' ook zelf bepalen welke taken zij wil aanpakken, of voor welke zaken zij verantwoordelijkheid wil

Datum

10 september 2019

Blad

30/52

nemen. Door het ontbreken van een wettelijke basis zal het echter lastiger zijn om op die terreinen iets af te dwingen. In deze gevallen komt het er op aan om partijen te informeren, te enthousiasmeren, te verleiden gewenste ontwikkelingen op te pakken en daar waar nodig ontwikkelingen te coördineren. Hierna wordt dit nader toegelicht.

7.1 Waterstof en ruimtelijke ordening

Zoals eerder betoogd is de inzet van waterstof als energiedrager verbonden met inpassing op grote schaal van duurzame elektriciteit, die is opgewekt met behulp van hernieuwbare energiebronnen, via water-elektrolyse. In de Nederlandse situatie gaat het vooral om inpassing van windenergie op zee, maar kunnen wind op land en zon-PV ook van belang zijn. In de transitiefase naar duurzame waterstof ligt er ook een rol voor fossiele waterstof die kan worden geproduceerd met behulp van aardgas en restgassen van olieraffinaderijen en petrochemie. Deze decarbonisatie van fossiele brandstoffen betreft in feite conventionele waterstofproductie in combinatie met CCS.

In het geval van duurzame elektrolyse-waterstof gaat het in eerste instantie om het mogelijk maken van de fysieke ontwikkeling en inpassing van duurzame elektriciteit, zoals locaties voor aanlanding van wind op zee, maar ook locaties voor wind op land en zon-PV. Daarnaast zijn er locaties nodig voor water-elektrolyse installaties. Dit kunnen zowel centrale installaties zijn in relatie tot de industrie (inclusief raffinaderijen) en de elektriciteitssector ⁵, als decentrale eenheden in relatie tot de inzet van waterstof in de gebouwde omgeving en de vervoerssector, mogelijk in combinatie met slimme netwerkontwikkelingen waarbij water-elektrolyse ⁶ een van de maatregelen kan zijn om regionale en lokale congestieproblematiek in het elektriciteitsnetwerk zo kosteneffectief mogelijk op te lossen.

In het tweede geval gaat het om locaties voor min of meer conventionele, nieuwe waterstoffabrieken uitgerust met installaties voor afvang van CO₂ en een infrastructuur voor het verzamelen en afvoeren van CO₂-stromen naar opslaglocaties op zee. In alle gevallen moet ook rekening worden gehouden met een bijbehorende infrastructuur voor transport en distributie van waterstof. Het kan hier gaan om benutting van het aardgasnetwerk voor bijmenging, om conversie van (delen van) het aardgasnetwerk naar een waterstofnetwerk, om aanleg van nieuwe leidingen voor waterstof en om vulpunten voor waterstof op aparte of multi-fuel openbare tankstations, op busremises en op bedrijventerreinen.

De inpassing van waterstof kan belangrijke consequenties hebben voor de ruimtelijke ordening, wat de belangrijkste taak is van de provincie. De

⁵ Voor water-elektrolysefabrieken moet rekening worden gehouden met een aanzienlijk ruimtebeslag. Van projecten die in Frankrijk in ontwikkeling zijn is de indicatie dat een fabriek van 100 MW een afmeting heeft van 70 bij 140 meter. Gezien het modulaire karakter van elektrolyse is het de vraag of grotere fabrieken tot veel ruimtewinst leiden. Wellicht is het mogelijk om winst te behalen door fabrieken met meerdere verdiepingen te realiseren.

⁶ Regionale of lokale conversie van elektrische energie naar waterstof-energie.

Datum

10 september 2019

Blad

31/52

structuurvisie of omgevingsvisie die in dit kader door de provincie wordt gemaakt moet regelmatig worden aangepast in reactie, of ter voorbereiding op nieuwe trends en ontwikkelingen. Waterstof is duidelijk zo'n ontwikkeling en in een volgende versie van de omgevingsvisie zou in overleg met alle belanghebbenden alvast rekening gehouden kunnen worden met de mogelijke ruimtelijke impact van waterstof. Bij die aanpassingen kan prioriteit worden gegeven aan ontwikkelingen die op korte termijn als meest kansrijk worden gezien en tot grotere uitrol kunnen leiden, maar is het raadzaam ook alvast rekening te houden met ontwikkelingen voor de middellange termijn, maar die al wel op korte(re) termijn tot specifieke projecten kunnen leiden. Vervoerstoepassingen (m.n. auto's, bussen en trucks) en de bijbehorende transport en distributie-infrastructuur (vulpunten inclusief bevoorradingsroutes) behoren tot de eerste categorie. De gebouwde omgeving met pilots en demo's op korte termijn (Rozenburg, Green Village en Stad aan 't Haringvliet), en toepassingen in de industrie en elektriciteitssector met initiatieven als H-Vision en 250 MW water-elektrolyse door BP en Nouryon vallen in de tweede categorie. Hierbij kan ook worden gedacht aan het initiatief van Gasunie voor een Nederlandse waterstofbackbone die ook door de provincie Zuid-Holland loopt en het Rotterdams Havengebied moet verbinden met de overige grote industrieclusters in Nederland.

De structuur- of omgevingsvisie geeft een overkoepelend beeld en is de resultante van diverse deelprocessen die elkaar ook onderling nog beïnvloeden. Zo zal het ook de resultaten omvatten van de Regionale Energie Strategieën die in ontwikkeling zijn, en waarin provincies en gemeenten onder andere zullen vastleggen waar op basis van kansen en mogelijkheden wind op land, zon-PV en geothermie ontwikkeld kan worden. Daarnaast zijn er de warmtevisies van gemeenten waarin zij een realistisch tijdspad gaan vastleggen waarop wijken van het aardgas af gaan en overschakelen op elektrische warmtepompen, een warmtenet of hernieuwbaar gas (waaronder waterstof), of een combinatie daarvan. Om alles tot een logisch en passend geheel te smeden zal een aanzienlijke investering in coördinatie van de provincie vergen, waarin het onderwerp waterstof integraal moet worden meegenomen.

7.2 Waterstof en milieubeheer

Waterstof wordt reeds grootschalig ingezet als industrieel gas (chemisch product) in de industrie. Het afgeven van vergunningen, het toezicht houden op, en het handhaven van de naleving van vergunningen voor complexere bedrijven, en bedrijven met bijzondere risico's op zware ongevallen (BRZO), is dagelijkse praktijk, maar is wel werk voor specialisten en moet van geval tot geval worden bekeken. Met productie, distributie en inzet van waterstof als brandstof in en rond de gebouwde omgeving is nog weinig tot geen ervaring en zijn er nog niet voor alle activiteiten duidelijke richtlijnen over de randvoorwaarden waarbinnen waterstof veilig kan worden toegepast en waaronder een vergunning kan worden verleend. Indien die informatie er wel is dan blijkt die nog niet altijd goed toegankelijk te zijn.

Datum

10 september 2019

Blad

32/52

Om er voor te zorgen dat vergunningverlening niet gaat leiden tot een knelpunt in de realisatie van waterstofprojecten, verdient het sterke aanbeveling om, in samenwerking met de Rijksoverheid (m.n. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat), de Omgevingsdiensten ⁷ en gemeenten, alle relevante informatie over waterstof in relatie tot vergunningverlening zo goed mogelijk op orde te hebben of te brengen, en toegankelijk te maken, via informatiesystemen en opleiding, voor de vergunningverleners die hiermee te maken gaan krijgen. Dit kan gaan over vulpunten voor waterstof op tankstations, busremises en bedrijventerreinen (bijvoorbeeld voor trucks en gemeentevoertuigen), maar ook over onderhoudsbedrijven voor waterstofvoertuigen, en om waterstof in gasnetten te mogen inzetten en over decentrale productie-eenheden nabij de gebouwde omgeving. Daarnaast zijn er bijvoorbeeld richtlijnen nodig voor tunnelveiligheid en parkeren van waterstofvoertuigen in parkeergarages.

Aandachtspunt voor extra productie van waterstof op basis van aardgas en inzet van waterstof als brandstof vormt de mogelijke emissies van NO_x. Zonder passende maatregelen kunnen met name toepassingen met verbranding van waterstof tot verhoogde emissies van NO_x leiden. Dit kan een knelpunt vormen met het oog op het Programma Aanpak Stikstof (PAS) en de recent verscherpte aandacht voor de stikstofproblematiek.

7.3 Waterstof en openbaar vervoer

Op het gebied van openbaar vervoer ligt er een duidelijk handelingsperspectief voor de provincie. Als opdrachtgever voor het openbaar vervoer die bepaalt welke bedrijven onder welke voorwaarden het regionale bus en treinvervoer in de provincie mogen verzorgen, en met het BAZEB als leidraad kan hier actief worden gestreefd naar een mix van batterij en brandstofcel-elektrisch nul-emissie busvervoer die aansluit bij de behoefte aan dienstregelingen die moeten worden ingevuld. Ook hier kan de verscherpte aandacht voor de stikstofproblematiek (PAS) een extra stimulans vormen voor de overstap naar nul-emissie busvervoer omdat beide vormen van elektrisch aangedreven bussen geen NO_x-emissies hebben.

7.4 Waterstof en maatschappelijk verantwoord inkopen

Naast de acties die voortvloeien uit de verantwoordelijkheid voor de beleidsterreinen ruimtelijke ordening, milieubeheer en openbaar vervoer kan de provincie ook een bijdrage leveren aan de ontwikkeling van het onderwerp waterstof door te kijken naar mogelijkheden om een voorbeeldfunctie te vervullen onder de noemer “maatschappelijk verantwoord inkopen”. Dit kan zowel direct als indirect waarbij kan worden gedacht aan de volgende zaken:

- Met het eigen voertuigenpark dat nodig is voor uitvoering van de hierboven beschreven taken kan de provincie deelnemen aan pilots en demo's en optreden als “launching customer” om zodoende marktvrage op gang te brengen en zichtbaarheid in het straatbeeld te realiseren. Vanwege de

⁷ De taken vergunningverlening, toezicht en handhaving worden uitgevoerd door de Omgevingsdiensten waarvan er 29 zijn, verspreid over het hele land.

Datum

10 september 2019

Blad

33/52

zichtbaarheid lenen mobiliteitsprojecten zich uitstekend om burgers te informeren over en kennis te laten maken met waterstof.

- Verder kan de provincie bij de inkoop van diensten die nodig zijn voor het uitvoeren van haar taken (bijvoorbeeld de aanleg en het onderhoud van regionale verbindingswegen, fietspaden, tunnels en bruggen, en voor het beheer van regionale vaarwegen), daar waar passend, eisen opnemen of extra punten toekennen aan aanbieders die voor uitvoering van de diensten gebruik maken van waterstoftoepassingen zoals auto's, trucks en mobiele werktuigen. Dat deze toepassingen geen NO_x-emissies hebben kan een aanzienlijk voordeel zijn in het kader van het PAS.

7.5 Faciliterende activiteiten

De bovenstaande aanknopingspunten vormen belangrijke elementen voor een concreet handelingsperspectief als onderdeel van een regionaal deelprogramma voor waterstof met een maatwerk-aanpak voor het Rotterdamse industriecluster en het omliggend verzorgingsgebied in de provincie Zuid-Holland. Het beoogt echter geen volledig overzicht te zijn van mogelijkheden. Vanuit een streven naar ontwikkeling van een sterke regionale economie met toekomstperspectief zowel qua aard (duurzame producten en diensten) als omvang (werkgelegenheid en toegevoegde waarde) van bedrijvigheid zal de provincie nog op tal van andere manieren een bijdrage kunnen leveren als facilitator, (mede) investeerder, kennismakelaar, wegbereider en coördinator aan de ontwikkeling van waterstof als belangrijk element in een duurzame energie- en grondstoffenhuishouding.

Vanwege de onzekerheid over de investerings- en veranderingsbereidheid op korte termijn van grote gevestigde industriële partijen die moeten concurreren op een wereldmarkt, verdient het aanbeveling hier ook nadrukkelijk aandacht te hebben voor meer kleinschalige innovatieve industrie en het MKB. Hierbij kan focus worden aangebracht op de gebieden die het meest kansrijk worden geacht op de korte tot middellange termijn. Qua ondersteuning valt hierbij te denken aan:

- het actief faciliteren van het vormen van en bouwen aan netwerken en consortia om gezamenlijk te kunnen innoveren én om grote en kleine partijen/bedrijven aan elkaar te kunnen koppelen omdat dit doorgaans voor kleine spelers erg lastig is. Denk daarbij aan bijeenkomsten zoals symposia, ontbijt- en lunchbijeenkomsten en het bouwen aan specifieke projectconsortia waar hele ketens in zijn vertegenwoordigd. Dit kan rond specifieke thema's worden georganiseerd, zoals de gebouwde omgeving (met gemeenten), rond de mobiliteit (met uiteenlopende vervoerders) en met de industrie (chemie, energie);
- het beschikbaar stellen van informatie op dit terrein (kennispunt), bijvoorbeeld de koppeling met het provinciale, nationale en Europese beleid om het MKB te helpen om hierin haar weg te vinden. Ook het bieden van inzicht in wat er nationaal en internationaal gebeurt is nodig, bijvoorbeeld via het verschaffen van toegang tot netwerken op dit terrein (H2 Platform, FCH JU, Hydrogen Europe, IEA et cetera). Ook het inzichtelijk maken van subsidiemogelijkheden is hier een belangrijk onderdeel van, inclusief het begeleiden in trajecten, zoals lobby, programmering, en aanvraagprocedures;

Datum

10 september 2019

Blad

34/52

- het beschikbaar stellen van middelen om het MKB en start-ups te helpen bij het uitwerken van kansrijke ideeën (concepten, producten, diensten) via provinciale subsidies die bijvoorbeeld de haalbaarheid mede financiert en/of die een 'bonus' geven op (inter)nationale subsidies;
- het creëren, met partners, van innovatieruimte, bijvoorbeeld in bepaalde gebieden of in daarvoor opgezette innovatiecentra (denk bijvoorbeeld aan Plant One) die tevens als showroom voor een breed publiek kunnen dienen.

Om te komen tot goed onderbouwde keuzes en prioriteiten voor een regionaal deelprogramma waterstof met realistische doelen is het advies om nadere analyses uit te voeren om meer grip te krijgen op de snelheid en maatvoering waarmee de ontwikkeling van de waterstofopties die in "het advies" zijn geschetst zich voor kunnen doen. Bij voorkeur worden deze analyses uitgevoerd vanuit een integraal perspectief dat ook rekening houdt met de ontwikkeling van alternatieven voor invulling van energiefuncties, en de samenhang tussen allerlei opties binnen het grotere energiesysteem. Dit helpt om tot focus te komen op de inzet van (schaarse) middelen en personen met oog voor de risico's die spelen.

Verder verdient het aanbeveling hierbij verschillende scenario's te onderscheiden waarin de provincie verschillende rollen aanneemt variërend van "afwachtend en alleen randvoorwaarde scheppend" tot "pro-actieve trekker en mede-investeerder". Het advies is om deze analyses zoveel mogelijk gezamenlijk uit te voeren met een representatieve groep vertegenwoordigers van belanghebbenden waardoor niet alleen kan worden gewerkt aan een breed draagvlak voor het programma, maar ook een duidelijk beeld kan worden verkregen van het commitment van de partijen die het uiteindelijk in de praktijk zullen moeten doen. De provincie zou hier het voortouw in kunnen nemen.

Op basis van dergelijke informatie en inzichten kan de provincie een actieve rol spelen om de regio gericht en gezamenlijk te profileren als een uitstekend geschikte 'proeftuin' of 'praktijkruimte' voor ontwikkelingen rond productie, opslag, transport, distributie en diverse toepassingen van waterstof als energiedrager. Dit is van belang op regionaal, nationaal en internationaal niveau en past uitstekend bij de huidige positie van de regio. Provinciale bestuurders kunnen hier een belangrijke rol bij vervullen als 'boegbeeld' voor ontwikkelingen en projecten. Het optimaal uitvoeren van deze taak vergt coördinatiecapaciteiten, contacten en inzicht in (inter)nationale ontwikkelingen waarvoor het MKB niet (optimaal) is geëquipeerd.

Samenwerken aan de energietransitie en innoveren ten behoeve van de energietransitie gebeurt bij uitstek op 'landingsplaatsen' voor de transitie, zoals wijken, industrieterreinen en logistieke centra. Deze locaties bieden uitstekende mogelijkheden om de energietransitie aan een breed veld van maatschappelijke actoren te laten zien, en te testen of innovaties die nodig zijn om waterstof succesvol te ontwikkelen goed werken vanuit het perspectief van stakeholders. Het levert een veelheid aan ervaringen op die nodig zijn om een volgende verbeterde versie van een product, concept of dienst te kunnen ontwikkelen.

In de kennis- en innovatieagenda (IKIA) van het Klimaatakkoord en de uitwerking in meerjarige missie-gedreven innovatieprogramma's is de regionale inbedding van groot belang omdat praktijkprojecten (in dit geval pilots, demo's en implementatieprojecten) een cruciaal onderdeel vormen. Voor waterstof geldt dat de technologie in veel gevallen ver genoeg ontwikkeld is om te kunnen testen en toepassen in de praktijk en in sommige gevallen zelfs gereed voor implementatie. Omdat er sprake is van voor de maatschappij nieuwe producten, zoals brandstofcelauto's of het gebruik van waterstof in woningen, behoeft deze maatschappelijke 'kennismaking' met waterstof nadrukkelijk een goede begeleiding en borging met als doel om eisen en wensen van deze actoren, liefst in het begin en anders bij verbeterde producten, mee te nemen. Zonder deze 'toets' bestaat het risico dat maatschappelijke actoren zich niet betrokken voelen en innovaties daardoor afwijzen.

Datum

10 september 2019

Blad

35/52

De provincie Zuid-Holland heeft, in analogie met Noord-Nederland, veel aanleiding om een grote rol te spelen bij ontwikkeling van de waterstof-optie zoals: de ligging aan zee, van belang voor wind op zee en CCS; veel industriële activiteiten waarvoor vergaande CO₂-emissiereductie van groot belang is; een grote verduurzamingsopgave in de gebouwde omgeving, en enorm veel vervoersbewegingen die emissieloos gemaakt moeten worden. De provincie kan de rol van 'draaipunt' op zich nemen, in het speelveld tussen de innovaties, het daarvoor gewenste stimulerende (nationale) beleid, en het publiek.

Datum
10 september 2019

BIJLAGE: Indicatieve kostenanalyse

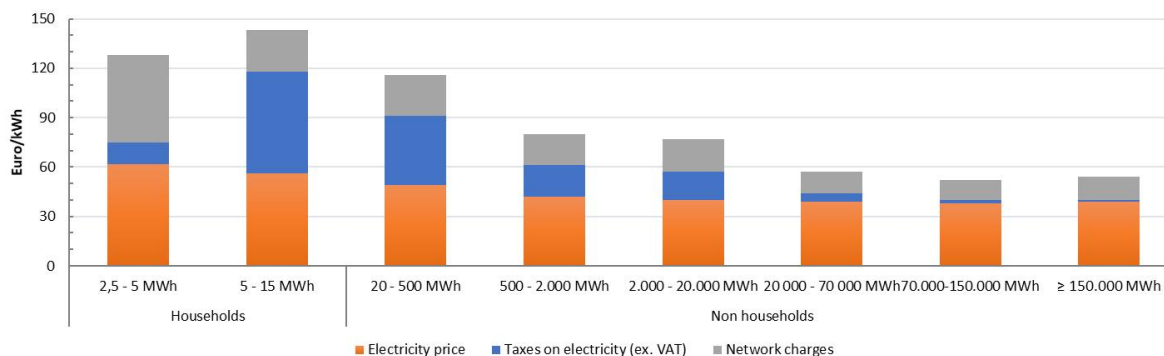
Inhoudsopgave

Blad
36/52

A. Productie van water door water-elektrolyse	36
B. Vervanging van benzine en diesel door waterstof als brandstof voor vervoerstoepassingen	37
B.1 Inschatting van kansen per vervoerstoepassing	40
C. Vervanging van aardgas door waterstof als brandstof voor de productie van warmte in de industrie en de gebouwde omgeving	42
C.1 Waterstof in de industrie	43
C.2 Waterstof in de gebouwde omgeving	46
D. Vervanging van aardgas voor de productie van elektriciteit	47
E. Inzet van waterstof als grondstof voor nieuwe industriële toepassingen	48
F. Export van energie in de vorm van waterstof of waterstofdragers	49

A. Productie van waterstof door water-elektrolyse

Bij productie van waterstof uit water met behulp van elektriciteit is de elektriciteitsprijs van groot belang. Figuur 1 geeft een overzicht van elektriciteitsprijzen in 2017 per verbruiksklasse op basis van CBS-cijfers. Deze cijfers zijn in Tabel 4 gebruikt om voor elektrolyse-units of -fabrieken van verschillende capaciteit een indicatie te geven van de elektriciteitskosten per eenheid waterstof die wordt geproduceerd. De bandbreedte geeft het verschil tussen kosten met en zonder belastingen en netwerkkosten.



Figuur 1 Elektriciteitsprijzen in 2017 per verbruiksklasse inclusief heffingen en belastingen (maar exclusief BTW), en netwerkkosten (bron CBS)

Datum
10 september 2019

Tabel 4 Specifieke elektriciteitskosten voor productie van waterstof via elektrolyse zowel inclusief als exclusief belastingen (ex BTW) en netwerkkosten voor verschillende elektrolyser capaciteiten bij een indicatief aantal vollasturen aan productie.

Capaciteit elektrolyser [MW]	Vollasturen [uur]	Jaarlijks verbruik elektriciteit [MWh/j]	Specifiek verbruik elektriciteit [kWh/kg H ₂]	Specifieke kosten elektriciteit [€/kg H ₂]
1	4.000 – 6.000	4.000 – 6.000	60	2,2 – 4,6
10	5.000 – 7.000	50.000 – 70.000	57	2,1 – 3,2
100	6.000 – 8.000	600.000 – 800.000	55	2,1 – 3,0

Blad
37/52

De resultaten geven aan dat de elektriciteitskosten minimaal ongeveer 2 €/kg bedragen en kunnen oplopen tot 3 à 5 €/kg, afhankelijk van de hoogte van eventuele belastingen en netwerkkosten. Daar komt afhankelijk van de investeringskosten, de onderhoudskosten, de levensduur van de elektrolyse-stacks en de totale installatie, het aantal vollasturen en de financieringskosten nog minimaal 0,5 €/kg tot 2 €/kg of meer bij aan vaste kosten. Voor de ondergrens is hierbij al een voorschot genomen op de kostendalingen die de komende 5-10 jaar wordt verwacht voor de technologie. De productiekosten voor waterstof via elektrolyse liggen daarmee voor grote systemen en voor systemen met een beperkte capaciteit voorlopig in de orde van 2,5 à 3,0 tot 6,5 à 7,0 €/kg.

In deze kosteninschatting is niet expliciet rekening gehouden met de mogelijkheid dat grote afnemers lange termijn elektriciteitscontracten afsluiten tegen aantrekkelijke tarieven. Vertrouwelijke marktinformatie daarover geeft echter aan dat deze tarieven aan de onderkant liggen van de elektriciteitsprijzen zoals gehanteerd in Tabel 4. De verwachting is daarom dat deze contracten niet tot veel lagere productiekosten zullen leiden.

B. Vervanging van benzine en diesel door waterstof als brandstof voor vervoerstoepassingen

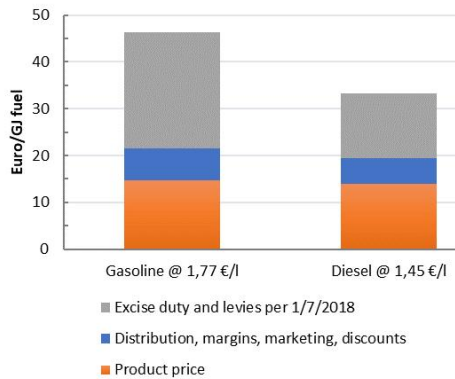
Onder de aanname dat de efficiencywinst voor alle typen brandstofcel-elektrische voertuigen ten opzichte van voertuigen met een verbrandingsmotor ongeveer even groot is geldt de volgende beschouwing voor zowel auto's als bussen, trucks, locomotieven en binnenvaartschepen. In de praktijk zal dit niet helemaal kloppen omdat de winst mede afhankelijk is van het inzetprofiel van de voertuigen. Hoe gelijkmatiger die worden bedreven, hoe beperkter de efficiencywinst; stadsverkeer leidt bijvoorbeeld tot een hoger verbruik dan inzet op constante snelheid op buitenwegen. Ondanks mogelijk onderlinge verschillen zal het algemene beeld voor alle opties vergelijkbaar zijn.

Datum

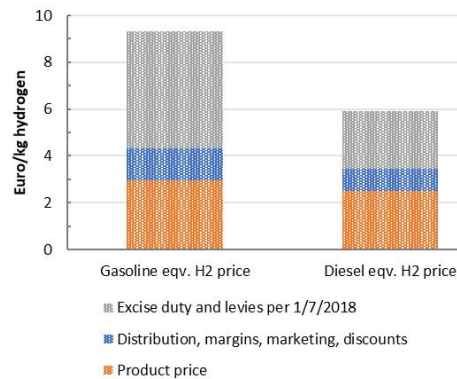
10 september 2019

Blad

38/52



Figuur 2 Opbouw van benzine- en dieselprijs (peildatum 1/7/2018) met bijdragen omgerekend naar €/GJ ex. BTW bij gegeven brandstofprijzen aan de pomp incl. BTW.



Figuur 3 Waterstof equivalente prijzen op basis van brandstofprijzen op peildatum 1/7/2018, bij vervanging van benzine en diesel voor hybrides door waterstof voor brandstofcelvoertuigen onder aanname van gelijke kilometerkosten aan accijnzen, heffingen, en distributie en overige kosten

Figuur 3 geeft equivalente kosten voor waterstof op basis van het huidige niveau aan brandstofprijzen en de opbouw daarvan. In de vergelijking is er rekening mee gehouden dat brandstofcelvoertuigen concurreren met voertuigen met een verbrandingsmotor in een hybride configuratie waarbij brandstofcelvarianten 1,5 maal zo zuinig omspringen met energie dan diesel-hybrides en 1,7 maal zo zuinig als benzine-hybrides. De figuur laat zien dat bij vergelijking met benzine en diesel waterstof aan de pomp respectievelijk ongeveer 9 €/kg en 6 €/kg zou mogen kosten (ex BTW) om te komen tot dezelfde brandstofkosten per kilometer. Om de optie aantrekkelijk te maken zouden de kosten voor waterstof bij voorkeur iets lager moeten liggen en daarmee dus iets onder de aangegeven waarden.

Voor deze kosten moet de waterstof worden geproduceerd, getransporteerd (afhankelijk van waar productie plaatsvindt) en gedistribueerd via vulpunten op een tankstation. Bij productie op het tankstation is geen transport nodig. Productie geschiedt dan echter kleinschalig (1 MW-schaal) waardoor de kosten voor productie hoger liggen dan voor centrale productie. Mogelijk dat door bundeling van vraag op meerdere tankstation gunstigere elektriciteitsprijzen kunnen worden gerealiseerd, maar de kosten zullen eerder in de bovenste helft zitten van de aangegeven bandbreedte (richting 7,0 €/kg) voor elektrolyse-waterstof, dan in de onderste helft (richting 2,5 €/kg). Bij centrale productie moet rekening worden gehouden met transportkosten. In de meeste gevallen zal dit voorlopig plaatsvinden als gecombineerd waterstof (300-1000 kg op 200-500 bar) of als vloeibaar waterstof (ca. 4000 kg per keer) over de weg per truck. De kosten hiervan worden geschat op 0,2 – 1,0 €/kg afhankelijk van de precieze vorm⁸. Tezamen met centrale productie leidt dit tot kosten voor levering van waterstof op een tankstation van 3 à 4 €/kg.

⁸ Op basis van integrale kosten voor vervoer per truck van 1,5 – 2,5 €/km en aflevering vanuit Rotterdam in Nederland over een gemiddelde afstand van 200 km heen en terug.

Datum

10 september 2019

Blad

39/52

Deze kosten komen redelijk overeen met de equivalente kosten voor waterstof zoals aangegeven in Figuur 3. De kosten voor een tankstation komen hier echter nog bij. Vanwege de verkoeling die nodig is om waterstof voldoende snel te kunnen tanken, en vanwege de hoge druk die nodig is om voldoende waterstof te kunnen tanken zijn de installaties voor tanken van waterstof een stuk duurder dan de huidige installaties voor vloeibare brandstoffen die toe kunnen met eenvoudige tanks en vloeistofpompen. De kosten voor waterstoftankstations liggen dan ook hoger, zeker in de aanloop- en opstartfase waarin systemen nog niet zijn geoptimaliseerd en er sprake zal zijn van onderbenutting van de installaties omdat de vraag naar waterstof nog beperkt is. Overigens zal dit minder het geval zijn bij bussen en trucks waar de capaciteit van de vulpunten beter kan worden afgestemd op de vraag, en er dus sneller een goede benutting kan worden gerealiseerd. Bij voldoende grote installaties en optimale benutting moet de kostenbijdrage van tankstations uiteindelijk kunnen dalen tot ordegrrootte 0,5 – 1,0 €/kg⁹.

Alles bij elkaar brengt dit de totale kosten voor de centrale variant naar 3,5 – 5,0 €/kg wat goed binnen de vereiste bandbreedte valt zoals getoond in Figuur 3. Hiermee kan dit op termijn ook economisch als een realistische en kansrijke optie worden gezien. Mogelijk lukt dit ook voor de decentrale variant indien synergie is te behalen met bijvoorbeeld de inzet van waterstof voor de warmtevoorziening in de gebouwde omgeving, direct dan wel indirect via een warmtenet. Deze analyse houdt echter geen rekening met de concurrentie van batterij-elektrische auto's. Verder zullen in de aanloopfase de kosten veel hoger liggen, tot mogelijk 10 – 15 €/kg hoger. Een indicatie hiervoor geeft de huidige situatie in Californië waar de waterstofprijs aan de pomp gemiddeld nog rond 16 \$/kg bedraagt.¹⁰ Tot slot houdt deze beschouwing ook nog geen rekening met de mogelijkheid dat er op enig moment accijns zullen worden geheven op waterstof; op het ogenblik is dat nog niet het geval.

Naast de brandstof zou in een analyse ook moeten worden gekeken naar de kosten van de voertuigen. De voertuigen zijn nog relatief duur. Naar verwachting zullen de investeringskosten voor voertuigen bij grote aantallen kunnen dalen naar het niveau van de conventionele varianten, maar het zal nog geruime tijd duren voordat die niveaus worden bereikt. Dit alles wijst niet in de richting van een snelle ontwikkeling naar grote aantallen op korte termijn. Tegelijkertijd lijkt een toenemende rol in het komende decennium wel verzekerd gezien de beleidsambities die er zijn rond nul-emissie auto's (alle verkoop van nieuwe auto's nul emissie vanaf 2030), busvervoer (alleen nog maar nul-emissie aanbesteding vanaf 2025) en logistiek (nul-emissie stadslogistiek), en het feit dat op het ogenblik batterij- en brandstofcel-elektrisch de enige opties zijn die echte nul-emissie kunnen realiseren zowel qua CO₂-uitstoot op voertuigniveau als qua uitstoot van

⁹ FCH JU, Portfolio of powertrains for Europe: a fact-based analysis, 2010; p.38

https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/Power_trains_for_Europe_0.pdf

¹⁰ Informatie van de Annual Merit Review van het DOE Hydrogen & Fuels Cells program: https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review19/plenary_overview_satyapal_2019.pdf

overige emissies (met uitzondering van fijnstof-emissies gerelateerd aan slijtage van banden)

Datum
10 september 2019

B.1 Inschatting van kansen per vervoerstoepassing

Blad
40/52

De vervanging van benzine en diesel door waterstof als brandstof voor voer- en vaartuigen omvat een groot aantal categorieën en subcategorieën die onderling verschillen in ontwikkelingsstadium, eisen aan infrastructuur en mogelijkheden voor ondersteuning¹¹. Op hoofdlijnen kunnen bijvoorbeeld auto's, bussen en trucks worden onderscheiden. Maar voor auto's kan het gaan om de zakelijke markt en de private markt, terwijl er binnen de zakelijke markt mogelijk nog weer onderscheid gemaakt kan worden tussen "leaserijders" die door het hele land rijden en auto's die wel veel kilometers maken maar vooral lokaal of regionaal rondrijden zoals taxi's en bedrijfsauto's. Bij bussen kan worden gedacht aan stadvervoer, streekvervoer en touring cars. De diversiteit aan trucks, utility en andere logistieke voertuigen is nog vele malen groter met trekkers, bakwagens, trucks van verschillende grootte van 3,5 tot 40 ton, vuilniswagens, gemeentevoertuigen voor diverse werkzaamheden tot heftrucks en reach trucks in distributie centra. Het is in het kader van deze opdracht niet mogelijk al deze varianten in detail te beschouwen. Hier volstaan we met enkele bevindingen op hoofdlijnen.

Auto's

Auto's zijn het verst ontwikkeld. Er zijn een aantal modellen in seriematige productie waarvan er op het ogenblik twee in Nederland leverbaar zijn; de Toyota Mirai en de Hyundai Nexa. Vulpunten zijn nog maar beperkt beschikbaar, maar met Rhon en Den Haag zit Zuid-Holland wel in de voorhoede. Verder wordt er gewerkt aan een station in de buurt van Utrecht en twee in de buurt van Amsterdam/Schiphol waarmee de hoekpunten van de Randstad zijn afgedekt. Dit is voldoende voor taxi's en vlootvoertuigen (wagenparken van bedrijven en overheden) met een standplaats rond deze locaties of die zich regelmatig in de buurt van deze locaties bevinden. Met stations in Helmond en Arnhem (aansluiting op het netwerk in Duitsland) en ontwikkeling van een corridor naar het Noorden, met stations rond Groningen en Pesse (langs de A27) begint er zelfs al zicht te komen op een landelijke dekking die voldoende kan zijn om zakelijke en private "innovators" en "early adopters" over de streep te trekken. De fiscale voorzieningen die er zijn voor brandstofcel-elektrische auto's op waterstof, en waarvoor voorlopig nog geen beperkingen gelden zoals die al wel gelden en verder zijn aangekondigd voor batterij-elektrische auto's, zouden hierbij kunnen helpen. Voor beide varianten kan ook de toenemende aandacht voor milieuzones in steden, met het weren van dieselauto's, een extra zetje opleveren. Verder bieden de mogelijkheden voor CAPEX ondersteuning van vulpunten en accijnsbeleid ruimte aan de brandstofkant om marktintroductie te faciliteren.

¹¹ Overzicht van state-of-the-art per 2017 van een grote diversiteit aan vervoerstoepassingen; <https://www.fch.europa.eu/page/presentations-2>

Datum

10 september 2019

Blad

41/52

Bussen

In Nederland en Europa is al 15 jaar ervaring opgedaan met brandstofcelbussen op waterstof. Er zijn ondertussen meerdere aanbieders waarbij het Nederlandse VDL een van de partijen is. Verder zijn de kosten sinds het begin aanzienlijk gedaald van initieel meer dan € 1,5 mln per bus naar nu minder dan € 0,6 mln per bus, met uitzicht op € 0,4 mln per bus bij realisatie van grotere aantallen zoals voorzien in de plannen voor vraagbundeling en gezamenlijke inkoop van bussen in het kader van Europese projecten. Hoewel batterij-elektrisch een goed alternatief lijkt voor stadstrajecten lijken brandstofcelbussen met een groter bereik beter aan te sluiten bij de eisen voor intensieve en flexibele inzet van materieel op streektrajecten. Voor beide gevallen is er echter nog onvoldoende langjarige ervaring om definitieve antwoorden te geven. Wel is duidelijk dat het de enige twee opties zijn die invulling kunnen geven aan het beleid voor OV-bussen om vanaf 2025 alleen nog maar “nul-emissie” aan te besteden. De tankinfrastructuur is hierbij nog wel een aandachtspunt omdat er nog weinig ervaring is met het dagelijks tanken van grote busvloeten.

Trucks

Nu de brandstofceltechnologie zich aan het bewijzen is voor auto's en bussen neemt de aandacht voor inzet van de technologie in nog veeleisender toepassingen zoals trucks snel toe. Er lopen pilots, of pilots zijn in ontwikkeling in Zwitserland, Noorwegen, België en de Verenigde Staten (m.n. in Californië). Daarnaast was er in september 2018 de aankondiging van een initiatief van Hyundai en het Zwitserse H2 Energy voor levering van 1000 trucks op waterstof¹². Onlangs is dit aantal zelfs omhoog bijgesteld naar 1600¹³ waarbij levering wordt voorzien in de periode 2019-2025. Toyota is bezig met een demonstratie samen met Kenwood uit de Verenigde Staten dat onderdeel is van het Paccar-concern waar ook DAF toe behoort. Ondertussen bouwt VDL aan een 28 en 40 ton vrachtwagen in het kader van een tweetal Europese projecten, en werkt het Nederlands-Belgische E-Trucks aan productie van 15 elektrische vuilnisauto's met batterijen en een brandstofcelsysteem op waterstof. Het illustreert de interesse die er in de markt ontstaat en de kansen die er op dit terrein liggen voor Nederlandse partijen. De toenemende aandacht voor nul-emissie (stads)logistiek en milieuzones in en rondom steden kan deze interesse verder versterken. Mogelijk dat ook het recent verscherpte regime rond uitvoering van het Programma Aanpak Stikstof (PAS) een sterke stimulans kan gaan vormen; brandstofcel-elektrische trucks (en andere voertuigen) hebben, in tegenstelling tot diesel-varianten, geen NO_x-uitstoot. Lokale overheden hebben hierbij mogelijkheden om op te treden als “launching customer” via aanbestedingen voor bijvoorbeeld stadsreiniging en gemeentewerken.

Binnenvaartschepen

Net als in het wegvervoer is er in de binnenvaart een trend richting elektrificatie van de aandrijflijn. De herkomst van de elektriciteit voor de aandrijflijn is

¹² <https://www.reuters.com/article/us-hyundai-motor-hydrogen-truck/hyundai-signs-deal-to-sell-1000-hydrogen-powered-trucks-in-switzerland-idUSKCN1LZ1V1>

¹³ <https://www.electrive.com/2019/04/15/hyundai-h2e-1600-fuel-cell-trucks-for-european-market/>

Datum

10 september 2019

Blad

42/52

onderwerp van studie en pilots waarbij de opties grofweg zijn een generator op basis van diesel of LNG, een batterijpakket of een brandstofcelsysteem op waterstof. Er lopen meerdere projecten in nationaal en Europees verband naar de mogelijkheden en haalbaarheid voor waterstof waarbij met name de opslag van voldoende waterstof aan boord en de manier van bunkeren de komende jaren nog moeten uitkristalliseren. Vanwege dit aspect, het benodigde ontwikkelingstraject, de lange levensduur van schepen en bijbehorende lage vervangingssnelheid, en de kosten, is er voor 2030 nog geen grote bijdrage te verwachten van deze optie. Maar om een omslag te kunnen maken kort na 2030 moeten pilot projecten nu wel worden ondersteund en tot realisatie komen.

Rangeer locomotieven

Ondertussen rijden ook de eerste passagierstreinen op waterstof. Dit heeft vooral aandacht in Duitsland waar het belang relatief groot is omdat het overgrote deel van de regionale netten nog niet is geëlektrificeerd, en de treinen op diesel rijden. Dit is in Nederland niet aan de orde met uitzondering van een aantal regionale en grensoverschrijdende lijnen in het oosten van het land. Wel rijden er nog treinen op diesel in het goederenvervoer, met name in havengebieden rond industrie- en op rangeerterreinen. Het aantal is echter beperkt evenals de impact. Er zijn een paar proefprojecten bekend, waaronder een in Oostenrijk, maar er is op het ogenblik geen serieuze ontwikkeling op dit gebied, en er is ook geen Nederlandse industrie die hier het voortouw kan nemen. Wellicht dat er mogelijkheden zijn voor een pilotproject wanneer er veel synergie is te behalen met andere opties, maar in vergelijking met andere mogelijkheden heeft dit weinig prioriteit.

C. Vervanging van aardgas door waterstof als brandstof voor de productie van warmte in de industrie en de gebouwde omgeving

Bij inzet van waterstof voor de productie van lage temperatuur warmte in de gebouwde omgeving, van hoge temperatuur warmte in de industrie, en voor de productie van elektriciteit in gas- of WKK-centrales gaat het in alle gevallen om de vervanging van aardgas als brandstof door waterstof. Technisch is dit in de meeste gevallen geen hele grote uitdaging. Alle gasapparaten voor huishoudelijk gebruik moeten na invoering van de Gas Appliance Directive (GAD) van 1996 worden getest met 23 vol% waterstof als onderdeel van EU-certificering.¹⁴ In de industrie worden veel restgassen gebruikt die een behoorlijk percentage waterstof bevatten, en die al dan niet in een mengsel met aardgas worden ingezet voor ondervuring of in WKK-installaties. En tot slot zijn er brandersystemen voor gasturbines die stookgas uit kolen- of biomassavergassers met een aanzienlijk percentage waterstof als brandstof kunnen gebruiken. Gedeeltelijke vervanging behoort in

¹⁴ Belangrijke kanttekening is wel dat het hierbij gaat om H-gas toestellen (toestellen voor hoogcalorisch aardgas). In Nederland worden G-gas toestellen gebruikt. Deze worden niet getest met 23% waterstof. Verder betekent de test ook nog niet dat ze 23% waterstof in de praktijk aan kunnen vanwege bijvoorbeeld variaties in Wobbe-index en slijtage in de tijd. Hier is aanvullend onderzoek voor nodig.

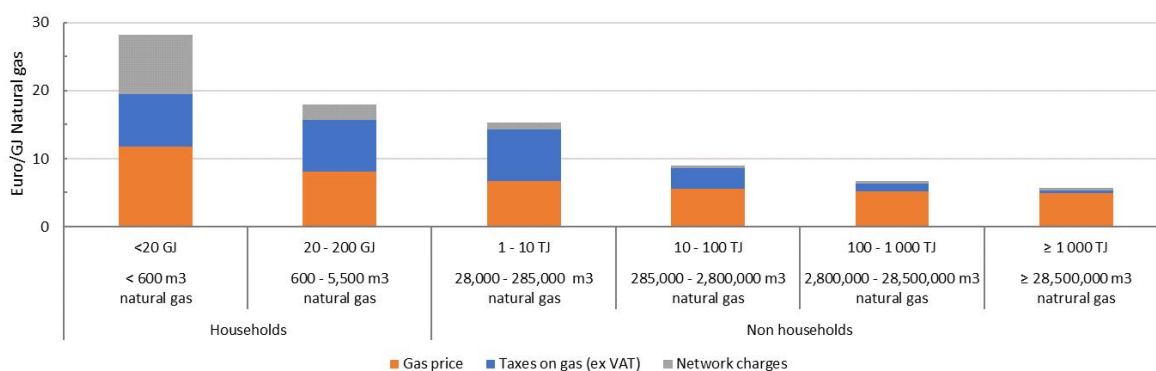
Datum

10 september 2019

Blad

43/52

veel gevallen dus al tot de mogelijkheden. Bij hele hoge percentages waterstof of pure waterstof zijn er nog wel aandachtspunten zoals het voorkomen van vlamterugslag en vorming van te hoge concentraties NO_x. Dit laatste aandachtspunt is extra relevant in het licht van de recente ontwikkelingen rond het Programma Aanpak Stikstof (PAS). Ook zal op z'n minst de geschiktheid van bestaande gasnetwerken nog moeten worden geverifieerd, met mogelijk beperkte aanpassingen tot gevolg, en vormen gasmeters nog een punt van aandacht ¹⁵. Dit zijn echter geen onoverkomelijke uitdagingen.



Figuur 4 Aardgasprijzen in 2017 per verbruiksklasse inclusief heffingen en belastingen (maar exclusief BTW), en netwerkkosten. (bron CBS)

Voor de economische haalbaarheid van de inzet van waterstof als brandstof in plaats van aardgas is het van belang hoe de productiekosten van waterstof zich verhouden tot de prijs van aardgas. In Figuur 4 zijn aardgasprijzen getoond zoals die volgens CBS golden in 2017 voor de verschillende verbruiksklassen die worden onderscheiden. De figuur laat duidelijk zien dat de prijs die voor aardgas moet worden betaald sterk afneemt naarmate het verbruik toeneemt. De afname geldt zowel voor de prijs van het aardgas zelf, als ook en nog sterker voor de belastingen en heffingen op aardgas en voor de netwerkkosten. De prijs voor het aardgas zelf ligt voor de grootste zakelijke verbruiksklassen ongeveer de helft lager dan voor huishoudens. De belastingen en netwerkkosten liggen respectievelijk zelfs tot een factor 18 en 25 lager. In 2017 bedroeg de integrale aardgasprijs voor de grootste verbruiksklasse 5,7 €/GJ bij een prijs van het aardgas zelf van 4,9 €/GJ ¹⁶. Een studie naar vergelijking van elektriciteits- en aardgasprijzen voor grote industriële verbruikers in een aantal Noordwest-Europese landen laat zelfs nog iets lagere prijzen en tarieven zien. ¹⁷

¹⁵ Zie voor meer achtergrondinformatie:

https://www.netbeheernederland.nl/upload/Files/Toekomstbestendige_gasdistributienetten_133.pdf

¹⁶ Prijzen op basis van *Higher Heating Value* (HHV)

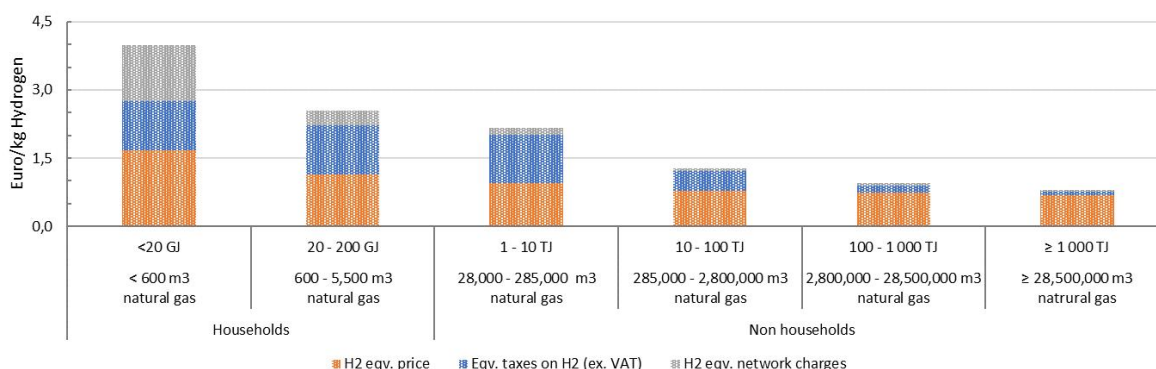
¹⁷ CREG, A European comparison of electricity and gas prices for large industrial consumers, 16 July 2018 <https://www.creg.be/nl/publicaties/studie-f20180716>

Datum
10 september 2019

Blad
44/52

C.1 Waterstof voor warmte in de industrie

Voor Figuur 5 zijn de gegevens uit Figuur 4 omgerekend naar waterstof-equivalente prijzen in €/kg waterstof. Deze prijzen kunnen worden vergeleken met de productiekosten van waterstof door middel van water-elektrolyse. In het geval van de hoogste verbruiksklasse (1 PJ aardgas per jaar of meer) laat dit zien dat voor kostenneutrale vervanging van aardgas door waterstof, zonder rekening te houden met investeringen in eventueel noodzakelijke technische aanpassingen aan apparatuur, de prijs van waterstof niet meer mag bedragen dan 0,8 €/kg. Bij de huidige CO₂-prijs van circa 25 €/ton zou de ruimte op kunnen lopen tot circa 1,0 €/kg waterstof¹⁸. Deze equivalente prijzen liggen ruim lager dan de kosten voor productie via water-elektrolyse die minimaal op 2,6 à 3,5 €/kg worden geschat afhankelijk van de hoogte van de heffingen en vooral de netwerkkosten die moeten worden betaald voor elektriciteit.



Figuur 5 Waterstof equivalente prijzen op basis van 2017-aardgas prijzen bij vervanging van aardgas door waterstof onder aanname van gelijke heffingen, belastingen en netwerkkosten per eenheid energie

In het meest gunstigste geval dat er geen heffingen en netwerkkosten zitten op de elektriciteit voor de productie, en de waterstof is vrijgesteld van heffingen en netwerkkosten, dan is de waterstof nog minimaal 1,6 €/kg duurder dan die zou mogen zijn om als brandstof kostenneutraal te zijn. Rekening houdend met een emissiefactor van 56,5 kg CO₂/GJ aardgas en 0 kg CO₂/GJ waterstof levert dit een bedrag van 236 €/ton vermeden CO₂ uitstoot in de industrie. In het ongunstigste geval dat er heffingen en hoge netwerkkosten voor de elektriciteit gelden, en er ook heffingen en netwerkkosten voor waterstof van toepassing zijn vergelijkbaar met die voor aardgas, dan kan het verschil oplopen tot 2,5 €/kg wat zich vertaalt naar 385 €/ton vermeden CO₂ uitstoot in de industrie. De industrie kent veel opties voor CO₂-emissiereductie die ruimschoots onder deze bedragen liggen.

Op nationaal niveau liggen de kosten voor systemen gekoppeld aan het openbare net nog iets hoger. Dan moet voor berekeningen in principe worden uitgegaan van

¹⁸ De emissiefactor van aardgas is 56,5 kg CO₂/GJ. Bij de huidige CO₂-prijs van circa 25 €/ton CO₂ of 0,025 €/kg CO₂ kan dit voor ETS-bedrijven leiden tot een kostenverhoging van 1,4 €/GJ aardgas, wat omgerekend naar waterstof 0,2 €/kg waterstof oplevert.

Datum

10 september 2019

Blad

45/52

de gemiddelde emissiefactor van alle elektriciteit die jaarlijks in Nederland wordt geproduceerd. Die emissiefactor gaat richting 2030 snel dalen door toenemende productie van elektriciteit met hernieuwbare bronnen (m.n. uitbreiding wind op zee), maar zal zeker nog niet gelijk zijn aan nul. Dit betekent dat op nationaal niveau de kosten per ton vermeden CO₂ nog een stuk hoger liggen dan geschetst voor de industrie. Daarmee moet deze optie voorlopig als een behoorlijk dure maatregel worden beschouwd.¹⁹

Voor kleinere afnemers wordt het beeld voor vervanging van aardgas door waterstof die is geproduceerd in grootschalige water-elektrolysefabrieken gunstiger omdat de prijs per eenheid aardgas toeneemt naarmate het verbruik lager ligt, en daarmee “de ruimte” voor waterstof groter wordt. Niettemin zou op basis van de hier gebruikte cijfers ook voor de laagste zakelijke verbruiksklasse elektrolyse-waterstof nog minimaal 0,4 tot meer dan 2,5 €/kg te duur zijn om kostenneutraal uit te komen. Dit leidt tot kosten variërend van 65 tot 375 €/ton vermeden CO₂ voor de zakelijke eindverbruiker.

Van belang is hier ook om op te merken dat er in de industrie ook mogelijkheden zijn voor (directe) elektrificatie voor warmteproductie, zoals elektrische boilers voor de productie van stoom. Ook elektrificatie voor hoge temperatuur warmte is niet uitgesloten; met andere woorden, vervanging van aardgas door waterstof is niet per sé de oplossing. Een illustratie van “elektrische hoge temperatuur warmte” is het smelten van schroot in *electric arc furnaces* voor de productie van staal, wat een gangbaar proces is. Daarnaast wordt er bijvoorbeeld ook serieus nagedacht over elektrificatie van hoge temperatuur fornuizen, o.a. voor de productie van olefinen en aromaten (elektrische naftakrakers).

Koolstofarme inzet van aardgas (koolstofarme waterstof of blauwe waterstof)

In het advies wordt voor de optie ‘waterstof voor warmte in de industrie’ alleen inzet van waterstof beschouwd die is geproduceerd op basis van aardgas met CCS. In dit geval voegt het conversieverlies van aardgas naar waterstof al kosten toe ten opzichte van de directe inzet van aardgas. Daarnaast voegt ook de waterstoffabriek zelf nog kosten toe, en tot slotte zijn er kosten verbonden aan afvang, transport en opslag van de CO₂.

De conversie naar waterstof met 75-80% rendement leidt tot een toename van de brandstofprijs met minimaal 20-25%. Daar komen bijdragen voor het terugverdienen van de investeringskosten, de financieringskosten en de onderhoudskosten nog bij. Bij een integrale gemiddelde gasprijs van 5,7 €/GJ zoals die gold in 2017 (CBS) komen de productiekosten voor een nieuwe waterstoffabriek zonder CCS op ruim 1,3 €/kg waterstof. Dat is 9,4 €/GJ waterstof (HHV).

Door toepassen van CCS neemt het rendement verder af met 5-10%, waardoor de brandstofkosten naar rato toenemen. Verder komen daar de kosten voor de afvanginstallatie van CO₂ en voor transport en opslag nog bovenop. In de recente

¹⁹ Zie ook: Navigant, Verkenning uitbreiding SDE+ met industriële opties, januari 2019.

Datum

10 september 2019

Blad

46/52

H-Vision studie komt men tot 110 €/ton vermeden CO₂²⁰. Dit voegt ongeveer 1 €/kg waterstof aan kosten toe²¹. In totaal komen de kosten dan op ruim 2,3 €/kg waterstof, of 16,4 €/GJ waterstof (HHV). Dit ligt voorlopig onder het niveau van water-elektrolyse, maar wel ruimschoots boven de 0,8 tot 1,0 €/kg die de waterstof op het ogenblik mag kosten voor vergelijkbare kosten met aardgas. Op basis van deze cijfers, en rekening houdend met alle mogelijke combinaties van kosten, ligt kosteneffectiviteit voor de vermeden emissies op industrie-niveau in de orde van 185 – 245 €/ton CO₂. Deze onrendabele zal moeten worden gedicht door een oplopende CO₂-prijs en een SDE-achtige ondersteuning.

C.2 Waterstof voor warmte in de gebouwde omgeving

Voor woningen ligt de focus vooralsnog op reductie van de warmtevraag door isolatie en renovatie, op elektrificatie van de warmtevoorziening door elektrische warmtepompen en warmtevoorziening door middel van restwarmte en geothermie via warmtenetten. Maar mogelijk zal voor een aanzienlijk deel van de woningen een warmtevoorziening met hernieuwbaar gas maatschappelijk gezien de meest haalbare optie zijn. In deze gevallen toont inzet van waterstof uit water-elektrolyse op basis van een vergelijkbare cijfermatige analyse als hierboven een aardig perspectief, zeker bij grootschalige productie, maar ook bij kleinschalige decentrale productie. Afhankelijk van het precieze verbruik en de hoogte van belastingen en netwerkkosten die moeten worden meegenomen is waterstof 1,4 €/kg goedkoper tot 2,4 €/kg duurder per eenheid energie dan aardgas bij productie op 100 MW-schaal. Bij productie op 1 MW-schaal varieert dit van 1,3 €/kg goedkoper tot circa 4 €/kg duurder. Ondanks de grote bandbreedte geeft het aan dat er mogelijke combinaties zijn voor een kansrijke propositie.

Deze kansrijke propositie zal zich naar verwachting eerder voordoen in het geval van bijmenging dan in het geval van inzet van pure waterstof, omdat voor bijmenging, bijvoorbeeld tot 20% op volumebasis (circa 7% op basis van energie-inhoud), geen of veel minder aanpassingen nodig zijn aan infrastructuur en apparatuur. Hierbij lijkt relatief kleinschalige decentrale productie in eerste instantie kansrijker dan grootschalige centrale productie omdat in het eerste geval de waterstof (voor enkele honderden tot enkele duizenden woningen) na productie direct kan worden bijgemengd in de netten van specifieke wijken, gemeenten of regio's. Bij grootschalige centrale productie (voor tienduizenden tot honderdduizenden woningen) moet de waterstof eerst via een aparte infrastructuur naar de specifieke wijken, gemeenten of regio's worden getransporteerd voordat het kan worden bijgemengd. De grotere initiële investeringen die hiermee zijn gemoeid en de onderlinge afhankelijkheden tussen de verschillende elementen leveren extra uitdagingen die tijdige realisatie in de weg kan staan.

²⁰ <https://www.deltalings.nl/h-vision>

²¹ Bij productie wordt er ongeveer 9 kg CO₂ gevormd per kilogram waterstof. Onder aanname dat alle CO₂ wordt afgevangen en opgeslagen levert dit bij 110 €/ton vermeden CO₂ (0,11 €/kg CO₂) ongeveer 1,0 € CCS kosten per kilogram waterstof.

Datum

10 september 2019

D. Vervanging van aardgas door waterstof voor de productie van elektriciteit

Blad

47/52

Bij geheel of gedeeltelijke vervanging van aardgas door waterstof voor de productie van elektriciteit in elektriciteits- en WKK-centrales gaat het in feite ook om de productie van hoge temperatuur warmte. De beschouwing voor vervanging van aardgas door elektrolyse-waterstof voor hoge temperatuur warmte in de industrie is dan ook hier van toepassing. Die analyse gaf aan dat er een behoorlijk gat zit tussen inzet van aardgas en elektrolyse-waterstof.

Een verschil daarbij is wel dat de inzet van waterstof voor hoge temperatuur warmte in de industrie tot gevolg kan hebben dat het eindproduct van het proces zich uit de markt prijst. Bij elektriciteit zijn er omstandigheden mogelijk die dicteren dat ondanks de hoge prijs, het product, te weten elektriciteit, toch wordt geabsorbeerd in de markt. Dit kan bijvoorbeeld wanneer aanbod uit wind en zon (voor langere tijd) tekortschiet, het potentieel voor uitstel van vraag naar elektriciteit is benut (vraagsturing of *demand side management*), aanvulling vanuit batterij-opslag en import van elektriciteit onvoldoende beschikbaar is, en vanwege opgelegde emissiereductiedoelstellingen of emissieplafonds de geproduceerde elektriciteit uit centrales nul-emissie moet zijn.

Analyses in het kader van het Ontwerp Klimaatakkoord hebben laten zien dat er in 2030 mogelijk al behoefte is aan 17 TWh elektriciteit die moet worden geproduceerd met flexibele regelbare nul-emissie centrales, gegeven de voorgenomen maatregelen voor elektrificatie van de energievraag, de voorgenomen uitbreiding van hernieuwbare elektriciteit uit variabele bronnen, en het gestelde emissieplafond voor de elektriciteitssector. Bij 50% vollasturen betekent dit bijna 4000 MW aan centrales, wat bijvoorbeeld gelijk is aan drie Magnum centrales.

Nul-emissie opties, althans qua emissie van fossiele CO₂ zijn biomassacentrales, nucleaire centrales, aardgascentrales uitgerust met een installatie voor afvang van CO₂, en waterstof-gestookte gascentrales. Gegeven de discussies rond beschikbaarheid en duurzaamheid van biomassa, de maatschappelijk acceptatie en de hoge investeringskosten voor nucleair, en de lagere flexibiliteit en efficiency van aardgascentrales met geïntegreerde afvang van CO₂ lijken geheel of gedeeltelijk op waterstof gestookte centrales een kansrijke optie. Om de kosten zo laag mogelijk te houden en omdat er in 2030 nog onvoldoende duurzame energie beschikbaar zal zijn voor productie van de benodigde hoeveelheid hernieuwbare waterstof²² ligt er hier naar verwachting in eerste instantie een rol voor Blauwe waterstof²³.

²² Voor 17 TWh elektriciteitsproductie met waterstof in een moderne gascentrale is bijna 10 mrd m³, of 880 kton nodig wat ongeveer gelijk is aan de totale huidige productie van industriële waterstof. Voor de productie van deze hoeveelheid waterstof via elektrolyse is ongeveer 10 GW wind op zee nodig.

²³ Blauwe waterstof kan ook worden gelezen als: de productie van waterstof op basis van aardgas met CCS; of decarbonisatie van aardgas voordat het energetisch wordt inzet.

Datum

10 september 2019

Blad

48/52

Het streven zal zijn om de waterstoffabriek zo klein mogelijk te dimensioneren (minimale investeringskosten) en zo continu en gelijkmatig mogelijk te bedienen (maximale efficiency) om de productiekosten zo laag mogelijk te houden. Bij de huidige aardgasrijzen van circa 5 €/GJ en kosten voor CCS van 70 €/ton vermeden CO₂²⁴ moet waterstofproductie dan mogelijk zijn voor 1,6 €/kg. Per 10 €/ton CO₂ dat de kosten voor CCS hoger of lager liggen komt daar iets minder dan 0,1 €/kg bij of gaat er 0,1 €/kg af. De recent gepubliceerde resultaten van het H-Vision project laten kosten zien van 110 €/ton vermeden CO₂²⁵. Bij continue productie in combinatie met een variabele vraag zal er wel voldoende buffering of opslag van waterstof nodig zijn om vraag en aanbod goed op elkaar af te kunnen stemmen. Dit levert een extra factor die moet worden meegenomen in de optimalisatie. Door de waterstof ook in te zetten in andere kansrijke toepassingen in de industrie, vervoerssector en/of gebouwde omgeving kan er flexibiliteit aan het systeem worden toegevoegd en de behoefte aan buffering en opslag worden beperkt.

E. Inzet van waterstof als grondstof voor nieuwe industriële toepassingen

Naast inzet van waterstof voor energetische toepassingen (als energiedrager of brandstof) kan het ook breder non-energetisch worden ingezet voor nieuwe industriële toepassingen op basis van waterstof en CO₂, zoals de productie van chemicaliën en synthetische brandstoffen, waaronder bunkerbrandstoffen.

Het project van Enkerm, Nouryon, Air Liquide, Havenbedrijf Rotterdam, en sinds 1 maart ook Shell, is een project dat valt onder deze noemer. Afval wordt vergast tot syngas dat samen met (bijproduct) waterstof van Nouryon wordt gebruikt voor de productie van methanol. Dit is een belangrijke bouwsteen voor de chemische industrie en kan ook als brandstof worden bijgemengd bij benzine. Gezien de interesse van het groeiende aantal partners is dit een zeer kansrijk project, hoewel het recent wel vertraging heeft opgelopen, onder andere vanwege onduidelijkheid over de mate waarin de methanol mee mag tellen voor de leveranciersverplichting voor duurzame brandstoffen in het kader van de RED II, en de emissierechten voor de fabriek.

Inzet van bestaande bijproductwaterstof van Nouryon draagt ongetwijfeld bij aan de haalbaarheid van het project. De vraag is of het project dezelfde haalbaarheid zou hebben als er nieuwe capaciteit voor productie van waterstof op basis van water-elektrolyse gerealiseerd zou moeten worden. Een indicatie hiervoor komt uit de vergelijking van Figuur 2 en Figuur 3. Na de productie van waterstof is verdere conversie naar methanol nodig wat extra verlies en kosten met zich meebrengt. Dit gaat ten koste van de toegestane productiekosten voor elektrolyse-waterstof

²⁴ <https://ieaghg.org/component/content/article/49-publications/technical-reports/784-2017-02-smr-based-h2-plant-with-ccs>

²⁵ <https://www.deltalinqs.nl/h-vision>

Datum

10 september 2019

Blad

49/52

om tot een gunstige vergelijking te komen met benzine. Deze bandbreedte wordt nog verder gereduceerd doordat de waterstof via methanol nu met een aanzienlijk lager rendement wordt ingezet in een verbrandingsmotor dan in een brandstofcel-elektrische aandrijflijn. Aan de andere kant leidt transport en distributie van methanol niet tot extra kosten ten opzichte van benzine, en kan de inzet van de duurzame(re) methanol ook een zekere extra waarde vertegenwoordigen als die meetelt voor invulling van de leveranciersverplichting voor duurzame brandstof in het kader van de RED II. De accijns op brandstof biedt daarnaast een aanzienlijke beleidsruimte om de kansen voor deze optie gunstig te beïnvloeden.

Anders ligt dit voor de productie van bunkerbrandstoffen. Hiervoor gelden nog geen verplichtingen waar extra waarde aan kan worden ontleend. Verder zijn er aanzienlijk meer investeringen nodig om vanuit syngas via Fisher-Tropsch synthese en opwerking en zuivering van synthetische koolwaterstoffen uiteindelijk diesel en kerosine te maken. Indien aardolie niet beschikbaar is of heel duur, dan kan het een interessante optie zijn. Technisch zijn er geen belemmeringen. Het proces is in Duitsland tijdens de Tweede Wereldoorlog, en in Zuid-Afrika tijdens het Apartheidsregime al gebruikt om vloeibare brandstoffen te produceren op basis van steenkool. En op het ogenblik produceert Shell door middel van dit proces vloeibare brandstoffen en chemicaliën op basis van (goedkoop) aardgas in de grootste Gas-to-Liquids fabriek ter wereld in Qatar. De haalbaarheid met inzet van een dure grondstof als elektrolyse-waterstof is echter twijfelachtig.

Wellicht dat inzet van goedkoop hoogovengas als koolstofbron met de waarde van uitgespaarde emissies mogelijkheden biedt. Dit is onderdeel van een gezamenlijke studie door Tata Steel, Dow en Nouryon. Benutting van restgassen die vrijkomen tijdens raffinage van aardolie en het kraken en opwerken van nafta zou een andere bron kunnen zijn. Deze worden nu echter voor het grootste deel energetisch ingezet binnen de bestaande processen. Hiervoor zullen dan dus andere brandstoffen moeten worden gebruikt wat een groot deel van de waardevermindering van de restgassen en mogelijke emissiereductie teniet zal doen. Voor bunkerbrandstoffen geldt verder als extra factor die het moeilijk maakt dat er geen of weinig belastingen en accijnzen op die brandstoffen zitten waardoor er geen ruimte is om door variatie hierin de economie van de optie gunstig te beïnvloeden. Het geheel aan factoren maakt dat de optie op korte termijn niet als heel kansrijk kan worden gezien.

F. Export van energie in de vorm van waterstof of waterstofdragers

Export van energie is niet los te zien van import. Hoewel het primair energieverbruik in Nederland op het ogenblik schommelt rond 3100 PJ, bedraagt volgens de statistieken de totale invoer van energie in Nederland de laatste jaren

Datum

10 september 2019

Blad

50/52

ruim 10.000 PJ (CBS).²⁶ Ongeveer 80% hiervan zijn aardoliegrondstoffen en -producten, en ruim 15% is aardgas. Samen vormen ze ruim 95% van de totale invoer van energie in Nederland. Bij die invoer komt nog de eigen winning. Deze vertoont de laatste jaren wel een dalende trend als gevolg van het dichtdraaien van de aardgaskraan in Groningen. In 2018 bedroeg de totale eigen winning van energie in Nederland 1550 PJ met een bijdrage van aardgas van 1160 PJ.

Het verschil tussen winning en invoer enerzijds en het primaire energieverbruik in Nederland anderzijds is een indicatie voor de hoeveelheid energie die via Nederland naar andere landen stroomt. Deze hoeveelheid (uitvoer) schommelt de laatste jaren tussen 8000 en 8500 PJ.

Van alle ingevoerde aardoliegrondstoffen en -producten is ongeveer de helft ruwe aardolie. Ruim 45% hiervan wordt alleen doorgevoerd. De rest ondergaat bewerking in Nederlandse raffinaderijen tot een reeks aardolieproducten. Van het totaal aan aardolieproducten - van invoer ²⁷ en uit raffinaderijen - is een deel voor eindverbruik binnen Nederland (ca. 15%) maar het overgrote deel (de laatste jaren 5000 – 5500 PJ) wordt geëxporteerd als brandstoffen en als chemische basisproducten, of wordt afgezet via bunkering van schepen en vliegtuigen.

Naarmate de transitie vordert zal dit beeld veranderen. Als gevolg van energievraag-besparende maatregelen, de elektrificatie van energievraag, toenemende aandacht voor circulariteit, en verdergaande implementatie van duurzame energie zal naar verwachting in ons deel van de wereld de vraag naar aardolie voor brandstoffen en de vraag naar aardgas voor verwarming van woningen en gebouwen afnemen. Mogelijk dat met het sluiten van kolencentrales en nucleaire centrales de vraag naar aardgas voor de productie van elektriciteit de komende tijd nog wel toeneemt, maar naarmate de uitrol van duurzame energie voortschrijdt zal ook die vraag uiteindelijk dalen. Niettemin zal er behoefte blijven bestaan aan gasvormige en vloeibare brandstoffen, en aan nieuwe producten en materialen uit de chemische industrie. De rollen die waterstof kan spelen bij duurzame invulling van de vraag naar deze producten is hierboven reeds beschreven.

De vraag is nu hoe ver de energievraag zal dalen en in welke mate we in Nederland en de ons omringende landen zelf kunnen voorzien in de behoefte aan duurzame energie. Gezien de enorme hoeveelheid energie die nu wordt geïmporteerd en de relatief schaarse ruimte die beschikbaar is in dit deel van de wereld om zonne-energie (direct of via biomassa) en windenergie te winnen is zelfvoorziening allerminst vanzelfsprekend. Het is daarom zeker voorstelbaar dat in de loop van de energietransitie de import van aardolie en aardgas geleidelijk wordt vervangen door de import van wind- en zonne-energie.

²⁶ Energie-invoer uit de CBS-tabel 'Energiebalans: aanbod, omzetting en verbruik'. De tabel 'Energiebalans: aanbod en verbruik, sector' geeft zelfs een energie-aanvoer van ongeveer 20.000 PJ. Dit kental is echter niet scherp gedefinieerd en kan dubbeltellingen bevatten (omschrijving: energie die wordt geïmporteerd of in Nederland wordt gekocht of ontvangen).

²⁷ Een deel van de ingevoerde aardolieproducten ondergaat conversie naar andere aardolieproducten (chemische basisproducten) in de petrochemische industrie.

Datum

10 september 2019

Blad

51/52

Zonne-energie is te importeren als biomassa, en in feite gebeurt dit nu al op grote schaal, niet alleen voor energetische doeleinden, maar ook in de vorm van voedsel voor bijvoorbeeld de intensieve veehouderij. Gezien de grote impact die biomassagebruik nu al heeft op ontbossing en de afname van de biodiversiteit is het duidelijk dat de beschikbaarheid van duurzame biomassa verre van toereikend is om nog veel grotere aandelen van het huidige verbruik aan steenkool, aardolie en aardgas te vervangen. Het winnen van wind- en zonne-energie en het gebruik ervan voor de splitsing van water waarbij de energie wordt vastgelegd in waterstof is potentieel een schoon en duurzaam alternatief dat door z'n hogere rendement ook veel minder ruimte vergt.

Er zijn veel plekken op de wereld waar de condities voor duurzame energie gunstiger zijn dan bij ons, en dit kan leiden tot lagere kosten voor productie van waterstof. Onder de meest gunstigste condities worden er al projecten gerealiseerd die elektriciteit leveren voor minder dan 20 €/MWh. Dit brengt productiekosten voor water-elektrolyse van 1,5 €/kg in beeld, hoewel nog rekening moet worden gehouden met beperkte vollasturen voor de elektrolysefabriek omdat bijvoorbeeld ook in de meest gunstige condities de zon niet meer dan een paar duizend uur per jaar op volle kracht schijnt. Deze kosten liggen nog steeds iets hoger dan de huidige productiekosten op basis van aardgas, maar zijn wel concurrerend met productie op basis van aardgas met CCS.

Met alleen productie is de waterstof echter nog niet op de plaats van verbruik, en de eerste indicaties zijn dat transport extra kosten in de orde van 1 tot 3 €/kg waterstof toevoegt afhankelijk van de vorm waarin de waterstof wordt getransporteerd. Deze kosten omvatten niet alleen de kosten voor het verschepen zelf maar ook de kosten voor binnenlands transport naar de haven van waar export plaatsvindt, en de havenfaciliteiten die nodig zijn zowel aan de exportkant als aan de importkant. Alles bij elkaar lijken de kosten op z'n minst zo hoog als voor binnenlandse productie van elektrolyse-waterstof zodat dit geen doorslaggevende factor is om op korte termijn meer van de import/export-optie te verwachten dan van binnenlandse productie. Hierbij speelt ook dat duurzame energieprojecten elders nu in eerste instantie worden ontwikkeld voor verduurzaming van de eigen energievoorziening en nog niet voor de export. Ook zal het ontwikkelen van deze internationale ketens naar verwachting meer tijd vergen dan de ontwikkeling van lokale ketens.

Een aspect dat nog nader onderzoek behoeft is in welke vorm import/export van wind- en zonne-energie het beste kan plaatsvinden waarbij uiteindelijk best meerdere opties tot ontwikkeling kunnen komen. Waterstof is een optie, maar er kan ook worden gedacht aan opslag in grote (varende) redox-flow batterijen, of bijvoorbeeld aan gebruik van duurzame energie elders om ijzererts te reduceren en vervolgens het gereduceerde erts te verschepen.

Bij import/export van waterstof wordt al snel gedacht aan transport van vloeibaar waterstof of waterstof gebonden aan een drager; gasvormig gecomprimeerd waterstof heeft voor grootschalig transport onvoldoende energiedichtheid, tenzij transport via een pijpleiding mogelijk is. Maar de potentieel grootste toepassingen

Datum

10 september 2019

Blad

52/52

voor waterstof zijn als grondstof voor de productie van vloeibare synthetische brandstoffen en voor de productie van basischemicaliën voor de chemische industrie ²⁸. Dit zijn overwegend koolwaterstofverbindingen zodat er naast waterstof, ook veel koolstof nodig is die uiteindelijk volledig circulair of duurzaam moet zijn. Nu wordt vrijwel alle koolstof via fossiele bronnen geïmporteerd, maar wanneer straks grote delen van de energievoorziening overschakelen op lokale duurzame energie dan is het de vraag waar al die koolstof vandaan komt. Het kan voor bedrijven dan een meer realistische optie blijken om de productie van bijvoorbeeld basischemicaliën (zoals methanol, olefines en aromaten) en brandstoffen elders te laten plaatsvinden vanwege de beschikbaarheid van grondstoffen, het eenvoudigere transport van de producten, en betere omstandigheden voor investeringen in nieuwe fabrieken (o.a. beschikbare ruimte). In dit geval zou de doorvoerfunctie van Rotterdam zonder al te grote aanpassingen in stand kunnen blijven, maar het zou grote gevolgen kunnen hebben voor de raffinaderijen en de petrochemische sector.

Op basis van de huidige inzichten in kosten, de nog beperkte beschikbaarheid van duurzame energie, de tijd die het kost om deze geheel nieuwe ketens op te bouwen, en de onzekerheden over de aard en de omvang van de vraag, en de snelheid waarmee die zich kan ontwikkelen lijkt dit meer een optie voor de langere termijn en niet een waar op korte termijn grote volumes van zijn te verwachten. Wellicht dat de haven van Rotterdam voor 2030 een rol spelen in een of meerdere pilots of dit gebied.

²⁸ <https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/TKI%20Gas/publicaties-/20180307%20Routekaart%20Waterstof%20TKI%20Nieuw%20Gas%20maart%202018.pdf>