



**TKI NIEUW GAS**  
Topsector Energie



# Rapportage over waterstof voor de missies en missieteams van de TSE

door Jörg Gigler en Marcel Weeda

10 maart 2022



# Inhoudsopgave

<b>0. Achtergrond van de rapportage</b>	<b>3</b>
<b>1. Algemene toelichting over waterstof</b>	<b>4</b>
<b>2. Waterstof binnen de Topsector Energie</b>	<b>8</b>
2.1 Innovatieagenda waterstof	8
2.2 Overzicht waterstofprojecten	9
2.3 Innovatie-ecosysteem voor waterstof	9
2.4 Innovatieanalyse waterstofprojecten 2012-2019	10
2.5 Kennisdisseminatie waterstofprojecten	10
2.6 Groeifondsvoorstel GroenvermogenNL	10
2.7 Elektrolyser-makersplatform	11
2.8 Nationaal Waterstofprogramma	11
2.9 Subsidieregelingen	11
2.10 HyDelta	12
2.11 WVIP	12
2.12 Internationale activiteiten	12
<b>3. Waterstof en de missies van de TSE</b>	<b>13</b>
3.1 Missie A: Elektriciteitsopwekking	13
3.2 Missie B: Gebouwde omgeving	14
3.3 Missie C: Industrie	15
3.4 Missie D: Mobiliteit	16
3.5 Missie E: Landbouw	17
3.6 MMIP 13: Systeemintegratie	18
<b>4. Subsidieprojecten waterstof</b>	<b>20</b>
4.1 Projecten uit de innovatieanalyse Waterstof (TKI Nieuw Gas)	20
4.2 Projecten uit de RVO/TSE-subsidieregelingen van 2020/21	22
4.3 Projecten uit 2021 die nog niet in de database zijn opgenomen	23
4.4 Projecten uit de technologietender waterstof van TKI Nieuw Gas	24
4.5 Overige subsidieprojecten	25
4.6 Samenvattend beeld van gehonoreerde projecten en ontwikkelingen	26
<b>5. Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>28</b>

## 0. Achtergrond van de rapportage

Binnen het missiegedreven innovatiebeleid en de IKIA Energietransitie en Duurzaamheid is waterstof een doorsnijdend thema. Waterstof komt namelijk in alle missies en veel meerjarige missiegedreven programma's (mmip's) voor. TKI Nieuw Gas treedt als coördinerend TKI voor de innovatie-activiteiten op het gebied van waterstof op. Zij doet dat in nauwe samenwerking met de andere TKI's van de Topsector Energie en met andere topsectoren.

Het doel van deze rapportage is primair om alle TKI's en missieteams goed te informeren over de voortgang op het onderwerp waterstof. Daarnaast is het ook bedoeld om input op te halen (waar dat nog niet is gebeurd) teneinde de programmering op een goede en breed gedragen manier te continueren dan wel aan te passen.

In deze rapportage wordt een terugblik gegeven op de ontwikkelingen en activiteiten op waterstofgebied in de afgelopen twee jaar. Dat wordt eerst generiek gedaan, daarna vindt een uitsplitsing plaats naar de vijf missies. Vervolgens worden de projecten van de afgelopen 10 jaar besproken; de innovatieanalyse voor waterstof van het TKI Nieuw Gas van 2020 is daarvoor de basis, aangevuld met de projecten die in de periode daarna zijn gehonoreerd. Het rapport eindigt met een vooruitblik op de programmering voor de komende jaren.

Dit rapport is op persoonlijke titel geschreven. Het geeft een overzicht van de ontwikkelingen en voegt daar een persoonlijke interpretatie aan toe vanuit de gedachte dat dit toegevoegde waarde heeft voor de lezers. Sommige onderdelen zijn op een uitgebreide analyse gebaseerd, zoals de beschrijving van de gesubsidieerde projecten. Andere onderdelen beschrijven de gesignaleerde ontwikkelingen, aangevuld met een persoonlijke duiding. Dat is gedaan om de TKI's en missieteams een goed beeld te schetsen van wat er gebeurt op dit onderwerp.

Tot slot: daar waar begrippen onderstreept zijn wordt via hyperlinks verwezen naar documenten die op de website van de TSE te vinden zijn. Veel leesplezier!

# 1. Algemene toelichting over waterstof

Het thema waterstof heeft zich in de afgelopen 3-5 jaar wereldwijd in een ongekend hoog tempo ontwikkeld. Veel landen hebben een nationale waterstofstrategie opgesteld en daarvoor publieke middelen gereserveerd, vaak vele miljarden in omvang. Landen die nog geen strategie hebben, zijn druk bezig deze te formuleren. Ook Nederland heeft sinds maart 2020 een kabinetsvisie op waterstof. Dat is nog geen echte strategie maar het geeft wel (alvast) richting aan de ontwikkeling van waterstof.

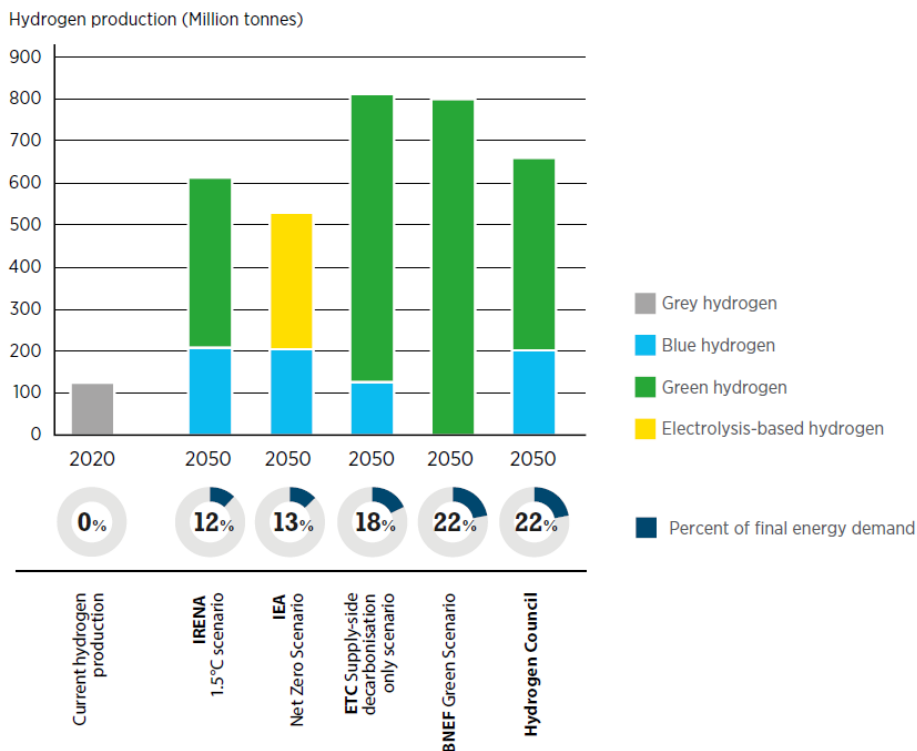
De redenen voor de grote aandacht voor waterstof zijn meervoudig. De belangrijkste zijn als volgt:

- Vanwege de snelle opschaling en kostprijsreductie van de productie van duurzame elektriciteit via (offshore) wind en zon-pv, is het besef gegroeid dat elektriciteit naast directe toepassing ook in andere, indirecte toepassingen, zoals voor elektrolyse, kan worden gebruikt. Dit vergroot de mogelijkheid voor benutting van wind- en zonne-energie aanzienlijk.
- Voor een deel ligt hier de toegenomen uitdaging aan ten grondslag om het variabele aanbod aan duurzame elektriciteit goed in het systeem te krijgen, zowel qua afstemming van vraag en aanbod als qua (alternatieve) infrastructuur en opslag.
- Een ander argument ligt in de behoefte om alle sectoren rond 2050 klimaatneutraal te maken waarvoor alleen directe toepassing van elektriciteit niet volstaat; naast elektronen is er een zeer grote behoefte aan moleculen, bijvoorbeeld voor de productie van hogetemperatuurwarmte en grondstoffen.
- Door de mogelijkheid om wind- en zonne-energie via elektriciteit op te slaan en te transporteren in de vorm van waterstof, is het besef gegroeid dat het mogelijk is om wind- en zonne-energie uit werelddelen te importeren die een veel groter wind- en zonpotentieel hebben, en daarmee een ander kostprijsperspectief, dan Nederland en NW-Europa.

Vanwege onder meer deze redenen is het besef gegroeid dat groene waterstof een relevante bijdrage kan leveren aan de energietransitie en het behalen van de CO<sub>2</sub>-emissiereductiedoelstellingen in 2050. Het gevolg is dat veel landen posities proberen in te nemen in het internationale speelveld rond waterstof, leidend tot grote internationale plannen, MoU's met diverse landen en aankondigingen van hele grote projecten op dit terrein.

Door de veelzijdigheid van waterstof wat betreft productie, infrastructuur en toepassingen ontwikkelt het thema zich tegelijkertijd in allerlei dimensies. Er is belangstelling voor de inrichting van technische ketens van productie en toepassing, van infrastructuur en opslag, import en export, ontwikkeling van elektrolyse en de maakindustrie, beleid en regelgeving, veiligheid, human capital agenda en een groot scala aan toepassingen, variërend van de industrie tot de gebouwde omgeving. Vanwege deze grote dynamiek lijkt het soms alsof waterstof niet zozeer een middel maar een doel op zich is geworden. Binnen de betrokken sectoren en spelers leeft echter een groot besef dat de uitdaging waar waterstof voor staat van enorme proporties is en dat waterstof bij voorkeur daar wordt ingezet waar het de grootste voordelen heeft vanuit klimaatoptiek. Zij zien waterstof dus niet als doel maar als middel, naast

andere oplossingen, om de doelstellingen te realiseren. IRENA schetst in haar rapport “Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor” (Januari 2022) het belang van waterstof op basis van de inschattingen van verschillende internationale gremia; zij schatten in dat waterstof 12-22% van het finale energiegebruik zal uitmaken. Ofwel: waterstof wordt significant maar heeft een positie naast allerlei andere (niet afgebeelde) opties.



Figuur 1.1 Schattingen voor de mondiale vraag naar waterstof in 2050.

De keerzijde van deze snelle en brede ontwikkeling is dat er veel discussie is, bijvoorbeeld over de productiewijze van waterstof (wel uit groene elektriciteit, liever niet uit aardgas met CCS), de mogelijkheden van import, de geschiktheid van de aardgasinfrastructuur en het nut van de aanwending van waterstof in verschillende eindtoepassingen. De uiteindelijke standpuntbepaling van wat wel en niet gewenst is, is per land en regio verschillend. In ZO-Azië bijvoorbeeld speelt vooral voorzieningszekerheid een rol terwijl in Europa het klimaat op de eerste plaats komt. Zuid-Amerika en Afrika/Midden-Oosten richten zich vooral op waterstof om daarmee een (nieuwe) exportpositie te ontwikkelen. Het interessante van waterstof is dat het op termijn grote geopolitieke consequenties kan hebben, onder meer voor landen die geen positie hadden in de productie, handel en verkoop van fossiele brand- en grondstoffen. In dit nieuwe speelveld waarbij de ruime beschikbaarheid van grote zoninstraling en hoge windsnelheden van primair belang zijn, kunnen zij in een kansrijke productie- en handelspositie terecht komen.

Nederland wordt internationaal als een belangrijke speler gezien in de waterstofwereld.

Belangrijke redenen daarvoor zijn de volgende:

- Nederland is actief in internationale gremia en mengt zich stevig in internationale discussies over waterstof. Hierbij heeft Noé van Hulst, die in de periode 2020/21 de Nederlandse

waterstofgezant is geweest, een belangrijke rol vervuld door Nederland op de kaart te zetten.

- In Nederland staan veel activiteiten op stapel en sommige projecten zijn al tot uitvoering gebracht of hebben commitment van bedrijven en overheden. Voorbeelden zijn HyWay27 (waterstofbackbone), de eerste Hydrogen Valley van Europa (Noord-Nederland) en diverse concrete en/of aangekondigde projecten op het gebied van mobiliteit en industrie.
- Nederland wordt gezien als een interessant land vanwege de ligging en de infrastructuur. Het potentieel aan windenergie van (ons deel van) de Noordzee voor de productie van waterstof wordt (h)erkend, evenals de havens en verbindingen met het achterland. Ook onze huidige positie als handels- en doorvoerland van grondstoffen speelt zeker een rol die uitstekend van pas kan komen bij de import van waterstof voor NW-Europa.
- Daarnaast heeft de Nederlandse overheid zich nadrukkelijk uitgesproken over waterstof, o.a. in de kabinetsvisie en in internationale gremia, zeker in moeilijk te verduurzamen sectoren zoals de industrie.
- Tot slot wordt vaak verwezen naar ons poldermodel in positieve zin: relevante spelers vormen met elkaar een sterke community die gezamenlijk projecten tot ontwikkeling wil brengen waarbij iedereen bereid is om een steentje bij te dragen om er een succes van te maken.

Een belangrijke kanttekening is dat het aantal plannen in Nederland en de rest van de wereld groot is, terwijl er in de praktijk nog maar een beperkt aantal concrete projecten speelt. Wij staan als land goed voorgesorteerd om een rol van betekenis in de internationale kopgroep te spelen. Dat vereist wel dat op korte termijn serieuze (demonstratie)projecten van de grond moeten komen, inclusief het stimulerende beleid dat daarvoor noodzakelijk is. Het aantal initiatieven en activiteiten op het terrein van waterstof is groot. Dat geldt op nationaal en internationaal niveau. Om inzicht te geven in deze ontwikkelingen heeft TKI Nieuw Gas een overzicht gemaakt waarin deze activiteiten kort zijn toegelicht. Ook publiceert het TKI regelmatig een Engelstalig overzicht van waterstofprojecten in Nederland zodat duidelijk is waar we staan op dit terrein, voor onszelf maar ook voor de internationale waterstof-community. Ook zijn er verschillende internationale databases (die o.a. van onze informatie gebruik maken), zoals de IEA-projectendatabase en het jaarverslag van de Hydrogen Council.

Een belangrijke observatie is dat het beeld over waterstof continu in beweging is. Opties die enkele jaren geleden kansrijk werden geacht, zoals bijmenging van waterstof aan aardgas ter decarbonisatie, of het produceren van synthetisch methaan uit waterstof en CO<sub>2</sub> dat relatief makkelijk mee kan in het aardgas, zijn nu weer grotendeels uit de discussie verdwenen. Aan de andere kant is momenteel bijvoorbeeld import en offshore-elektrolyse heel actueel, terwijl daar 2-3 jaar geleden bijna geen sprake van was. De betekenis van waterstof voor de energie- en grondstoffentransitie verandert dus voortdurend; daarom is het van belang om open te staan voor nieuwe ontwikkelingen en de internationale omgeving voortdurend te 'scannen' omdat het tot nieuwe inzichten en ontwikkelrichtingen kan leiden.

Een discussie die actueel is, is die over de kleuren van waterstof. Groene waterstof wordt verkregen door waterstof via elektrolyse met behulp van duurzame elektriciteit te splitsen in waterstof en zuurstof. Met grijze waterstof wordt de conventionele productie van waterstof uit

aardgas via SMR (steam methane reforming) bedoeld, momenteel de wereldwijd veruit meest toegepaste technologie. Indien de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de grijze waterstof wordt afgevangen en opgeslagen, is er sprake van blauwe waterstof. Hierbij past de opmerking dat er (nog) geen vastomlijnde definitie is voor blauwe waterstof: het CO<sub>2</sub>-afvangpercentage kan variëren van ca. 60% tot meer dan 90%. Verder kan het betrekking hebben op afvang bij bestaande productie, op projecten voor decarbonisatie van aardgas voor gebruik als brandstof, en op projecten voor decarbonisatie van methaanrijke restgassen uit raffinaderijen en petrochemie. Afgezien van afvang bij bestaande SMR-installaties gaan de nieuwe projecten in de meeste gevallen uit van ATR (ATR = Auto Thermal Reforming).

Maar er zijn nog veel meer 'kleuren' in omloop, zoals geel (uit de woestijn), paars (uit kernenergie), turquoise (aardgaspyrolyse) enzovoorts. De kern van deze categorisering is de koolstofintensiteit (carbon intensity) van de geproduceerde waterstof waarbij het doel is om deze zoveel mogelijk naar nul te brengen richting 2050. De verwachting is dat de discussie in de toekomst vooral over deze koolstofintensiteit zal gaan en niet over de kleuren omdat die niet onderscheidend genoeg zijn.

## 2. Waterstof binnen de Topsector Energie

In de afgelopen twee jaar zijn vanuit de TSE verschillende activiteiten ondernomen die gericht waren op de ontwikkeling van waterstof. Hier worden deze activiteiten benoemd die TSE-breed en voor de missies het meest relevant zijn. Een overzicht van de overige nationale en internationale activiteiten is te vinden in het eerder genoemde overzichtsdocument.

### 2.1 Innovatieagenda waterstof

Nadat het TKI Nieuw Gas in 2018 een rapportage over waterstof heeft gepubliceerd die de breedte van het thema en de innovatiebehoefte belichtte, is in 2020 de innovatieagenda voor waterstof gepubliceerd. Deze publicatie bevat een programmatische aanpak en geeft aan wat op de verschillende onderdelen van waterstofketens aan innovatie gewenst is op basis van een brede analyse en marktconsultatie onder ca. 150 stakeholders. De meerjarige, programmatische aanpak voor waterstof is uitgewerkt in 5 onderdelen die met elkaar verbonden zijn:

1. Van visie naar beleidsvorming: Hier staat visievorming en programma-ontwikkeling centraal, gericht op het verkennen van de opties voor realisatie van de energietransitie, de functies die waterstof hierbij kan vervullen en de benodigde beleidsondersteuning en marktordening.
2. Laten zien in praktijkprojecten (pilots, demo's en implementatie): Dit deel gaat over praktijkprojecten met waterstof die in de periode 2025-2030 gereed moeten zijn voor brede implementatie en daarom op korte termijn verkend en gedemonstreerd moeten worden. Deze projecten dienen meerdere doelen, zoals versnelde introductie van op waterstof gebaseerde oplossingen, organiseren van integrale waterstofketens, testen en ontwikkelen van business cases, en werken aan maatschappelijke inbedding via praktijkvoorbeelden die geschikt zijn voor toekomstige opschaling. Korte(re) termijn R&D-vragen maken hiervan onderdeel uit.
3. Creëren van de randvoorwaarden: Diverse overkoepelende thema's moeten in samenhang geadresseerd en opgepakt worden zodat synergievoordelen worden benut en activiteiten snel en efficiënt kunnen worden uitgevoerd en (mogelijke) knelpunten worden opgelost. De focus ligt op thema's die op de korte tot middellange termijn urgent zijn, zoals wet- en regelgeving, veiligheid en risicobeheersing, standaardisatie en de behoefte aan infrastructuur.
4. Onderzoek voor de langere termijn: Hierbij staat onderzoek en ontwikkeling (lagere TRL's) centraal ten behoeve van oplossingen voor de langere termijn die in de periode richting en na 2030 betekenisvol kunnen worden en/of richting 2050 robuuste elementen zijn voor het realiseren van de energietransitie. Een goed voorbeeld is de co-elektrolyse van water en kooldioxide tot een syngas dat kan dienen als basis voor productie van klimaatneutrale chemische producten en materialen (kunststoffen) en synthetische brandstoffen.
5. Ondersteunende en flankerende activiteiten: Dit betreft activiteiten die zijn gericht op het wegwerken van belemmeringen en het adresseren van onderwerpen die van belang zijn om waterstof te ontwikkelen en op te schalen, zoals voorlichting, human capital agenda, digitalisering, inbedding in de regio's en internationale samenwerking. Voor deze



onderdelen zijn prioritaire activiteiten benoemd die in de komende jaren nodig zijn om de ambities van het klimaatakkoord te kunnen realiseren en om waterstof tot wasdom te brengen.

In 2022 wordt een actualisatie van deze innovatieagenda gemaakt in nauwe afstemming met het Nationaal Waterstofprogramma.

## 2.2 Overzicht waterstofprojecten

Op het gebied van concrete projecten heeft het TKI in juni 2020 voor het eerst een overzicht van concrete waterstofprojecten gepubliceerd. Dit bevatte 99 waterstofprojecten. Deze zijn door ons geselecteerd waarbij een belangrijk criterium was dat er enige mate van concreetheid moest zijn over de projecten (meer dan vage plannen). Later dat jaar en in 2021 is een update gemaakt die leidde tot 135 projecten. Het is de bedoeling dat medio 2022 weer een update verschijnt waarbij de huidige lijst wordt geactualiseerd en nieuwe projecten worden toegevoegd. Een belangrijke conclusie van deze projectenlijst is dat er veel plannen en ideeën bestaan voor grote demonstratie- en implementatieprojecten, maar dat het aantal concrete projecten die gerealiseerd zijn of binnenkort tot realisatie kunnen komen beperkt is. Wil Nederland ook in de toekomst serieus worden genomen in de internationale waterstofwereld, wat nu het geval is, dan is het noodzakelijk dat meer projecten gerealiseerd worden.

## 2.3 Innovatie-ecosysteem voor waterstof

Het innovatiesysteem voor waterstof heeft zich sterk ontwikkeld; vanwege de verschillende rollen voor waterstof is die ontwikkeling veel breder dan in het verleden. Er zijn meerdere consortia actief die zich organiseren en plannen ontwikkelen om waterstof in mobiliteit en transport, industrie en gebouwde omgeving te introduceren, met een verschillende mate van concreetheid (rijp en groen door elkaar). Een inventarisatie uit 2019 in opdracht van RVO/EZK en FME naar de maakindustrie in Nederland op het gebied van waterstof en de mogelijkheden om deze te versterken, bracht aan het licht dat meer dan 250 bedrijven en organisaties waterstofactiviteiten ontplooiën en dat er goede economische kansen voor deze partijen zijn. Ook zijn er veel regionale plannen gemaakt, zoals in Noord-Nederland, Zuid-Holland, Limburg, Gelderland, de Noordzeekanaalzone en de Zeeuwse Delta (SDR), waarin beschreven wordt welke rol waterstof kan spelen. In de innovatietenders zijn veel verschillende partijen bezig om gezamenlijk te innoveren.

Wat opvalt is dat zich een breed scala aan actoren aansluit bij de ecosystemen rond waterstof. Grote bedrijven, het MKB, netbeheerders, kennisinstellingen, regionale organisaties, gemeenten en provincies, ministeries en maatschappelijke organisaties tonen belangstelling voor waterstofontwikkelingen en zijn bereid om actief en ook financieel te participeren. Dat zich in relatief korte tijd een brede groep aan belangstellenden heeft gevormd, die bereid is om actief mee te doen, is nog geen garantie voor succes, maar het betekent wel dat de startpositie voor deze potentieel brede ontwikkeling op z'n minst goed is; deze spelers zijn immers nodig om aan succesvolle waterstofketens te bouwen.

## 2.4 Innovatieanalyse waterstofprojecten 2012-2019

In 2020 is een innovatieanalyse uitgevoerd van alle waterstofprojecten die in de periode 2012-2019 zijn gesubsidieerd in de verschillende RVO-subsidieprogramma's. De in het kader van de Topsector Energie gesubsidieerde projecten zijn geanalyseerd op basis van informatie uit de projectendatabase van RVO (76 projecten), eindrapporten voor zover beschikbaar (42), en gesprekken met projectuitvoerders (41 gesprekken, waarmee de meeste projecten zijn afgedekt). Dit betrof projecten uit verschillende subsidieregelingen. Ook zijn projecten uit de subsidieregeling DKTI-Transport (31) onderzocht maar in minder detail.

Waterstof is onderwerp van 76 projecten. Meestal als hoofdonderwerp, maar soms is het onderdeel van een vergelijkende studie of onderdeel van een breder energieconcept. Er is een piek van gehonoreerde projecten in 2018 en 2019, toen er een specifiek op waterstof gerichte subsidieregeling was (looptijd 2017-2019) met projecten van een redelijke omvang (ordegrootte enkele € 100.000, jaarbudget € 1-3 miljoen). Deze regeling is in 2020 opgegaan in de MOOI-regeling (Missiegedreven Onderzoek, Ontwikkeling en Innovatie).

Het totale toegekende subsidiebedrag voor de 76 projecten is € 27.916.303. De investering in de projecten is niet openbaar maar wordt geschat op € 46,5 miljoen, waarvan € 18,6 miljoen cofinanciering van aanvragers (inclusief in-kind bijdrage). Dit gaat uit van een gemiddelde private bijdrage van ca. 40% die gangbaar is binnen de TSE. Veel projecten zijn samenwerkingsprojecten, met gemiddeld 4 partners. De spreiding is van 1 tot en met 21 partners per project. Het rapport bevat voorts een uitgebreide beschrijving van de verschillende clusters aan projecten die onderscheiden kunnen worden, zoals clusters rond elektrolyse, infrastructuur en toepassingen.

## 2.5 Kennisdisseminatie waterstofprojecten

Om het delen van kennis en informatie te stimuleren heeft het TKI Nieuw Gas samen met RVO in 2021 vier digitale kennisdelingssessies georganiseerd die thematisch van aard waren. Deze sessies werden redelijk goed bezocht met 80-150 deelnemers. Het is de bedoeling om in 2022 een innovatiedag waterstof te organiseren met RVO waarbij de huidige en afgeronde innovatieprojecten centraal staan. Ook werkt het TKI regelmatig samen met andere organisaties en gremia om een goede disseminatie van ervaringen van projecten te bereiken, zoals met regionale organisaties en netwerkbijeenkomsten van anderen waar we actief aan deelnemen.

## 2.6 Groeifondsvoorstel GroenvermogenNL

Het TKI heeft deelgenomen aan het schrijfteam van een projectvoorstel voor het nationale groeifonds getiteld GroenvermogenNL: Groenvermogen van de Nederlandse economie. De Topsectoren Chemie, Energie en HTSM zijn de drijvende krachten achter GroenvermogenNL. In april 2021 heeft het groeifonds een subsidiebedrag van € 338 miljoen aan het project toegekend; feitelijk gaat het hier om een integraal programma. Het investeringsprogramma

loopt tot 2028 en krijgt een vliegende start vanwege de grote interesse bij Nederlandse partijen om waterstofprojecten op te schalen. Groenvermogen voor de Nederlandse economie gaat een substantiële bijdrage leveren aan de opschaling van klimaatneutrale waterstof en toepassing van groene elektronen in energie-intensieve industrieën. Met een integrale aanpak zorgt het voor een krachtig nationaal innovatie-ecosysteem voor waterstof-productie en -toepassingen. Intussen is het TKI ook betrokken bij het schrijven van een opschalingsvoorstel voor waterstof in industrieketens voor methanol, ammoniak, staal en synthetische kerosine op een schaal van ordegrrootte 100 MW.

## 2.7 Elektrolyser-makersplatform

Om Nederland een rol te laten spelen in de opbouw van een maakindustrie voor (toeleverende ketens voor) elektrolyse, is actief meegewerkt aan de oprichting van een elektrolyser-makersplatform. FME en TNO zijn de coördinerende partijen. Intussen telt het platform 40+ bedrijven van uiteenlopende grootte (veel MKB). Het groeit nog steeds.

## 2.8 Nationaal Waterstofprogramma

TKI Nieuw Gas speelt een actieve rol in het nationaal waterstofprogramma (NWP) dat in 2021 tot stand is gekomen. Het NWP ondersteunt toepassingen van waterstof in diverse sectoren en helpt bij de realisatie van doelen en afspraken op het gebied van waterstof. Een cross-sectorale werkgroep waterstof heeft het werkplan voor het NWP gemaakt. Het TKI is actief op de onderdelen innovatie en HCA.

## 2.9 Subsidieregelingen

In april 2021 heeft TKI Nieuw Gas een subsidieregeling voor projecten op het thema waterstoftechnologie gepubliceerd. De regeling was bedoeld om technologieontwikkeling te stimuleren die nodig is om waterstofketens succesvol in te richten en voor technologie die de toepasbaarheid van waterstof mogelijk maakt en/of verbetert. De projecten moeten binnen 3-5 jaar een concrete bijdrage in de praktijk kunnen leveren. Van de 29 expressions of interest zijn 13 projecten gehonoreerd binnen het beschikbare budget van € 3 miljoen. De projecten hebben een waarde van ruim € 7 miljoen. Er werken in totaal 34 partners aan, waarvan 24 unieke partners. Het gaat om 6 kennisinstellingen, 15 MKB-bedrijven, 2 grote bedrijven en één fieldlab. TKI Nieuw Gas is zeer tevreden met deze opbrengst omdat de regeling de samenwerking tussen het innovatieve MKB en kennisinstellingen op het gebied van waterstof bevordert, zoals bedoeld was met deze subsidieregeling. Uitgebreide openbare samenvattingen van alle projecten zijn beschikbaar. Projecten uit deze en andere subsidieregelingen, zoals de MOOI en DEI+, worden in hoofdstuk 3 nader toegelicht.

## 2.10 HyDelta

TKI Nieuw Gas heeft in 2021 via de PPS-toeslag ruim € 1 miljoen subsidie verleend aan HyDelta. Dit project richt zich op het wegwerken van knelpunten die de opschaling van waterstofprojecten in de weg staan, met name op het gebied van infrastructuur, opslag en toepassingen. Een belangrijk aandachtspunt heeft betrekking op de inzet van de aardgasinfrastructuur voor waterstof (transmissie- en distributienetten) en het effect van waterstof(kwaliteit) op diverse toepassingen.

## 2.11 WVIP

In 2020 is ook PPS-toeslag vrijgemaakt voor het Waterstof Veiligheid Innovatie Programma. Het doel van dit programma is om allerlei vraagstukken rond de veiligheid van waterstof op te lossen. Hierin wordt door een groot consortium samengewerkt, o.a. samen met TNO, NEN, Deltalinqs en het H2Platform.

## 2.12 Internationale activiteiten

De Topsector Energie is de afgelopen jaren zeer vaak benaderd door internationale partijen. Enerzijds komen contacten voort uit bilaterale activiteiten, zoals met Japan, Zuid-Korea en de VS en dichterbij huis met Duitsland en Vlaanderen. Er zijn diverse (digitale) innovatie- en handelsmissies geweest naar deze landen die vaak geresulteerd hebben in samenwerkingsovereenkomsten. Daarnaast wordt TKI Nieuw Gas veelvuldig benaderd door Nederlandse posten in het buitenland die willen samenwerken op het gebied van waterstof en/of op zoek zijn naar informatie, kennis en ervaringen op dit terrein. Zo is er, naast bovengenoemde landen, belangstelling (geweest) vanuit alle Scandinavische landen, Het VK, Frankrijk, Portugal, Roemenië, Letland, Egypte, Israël, Uruguay, Chili, Canada etc. Hierbij wordt veel ondersteuning gegeven door RVO en door de posten in de betreffende landen. Om meer ondersteuning in het internationale speelveld te realiseren, is door RVO het Platform Internationaal Waterstof opgezet waar het TKI actief aan bijdraagt. De bedoeling is dat dit platform prioriteiten vaststelt met betrekking tot het actief benaderen van landen enerzijds, en anderzijds als toegangsportaal naar Nederland kan fungeren. Om de Nederlandse activiteiten goed onder de aandacht te brengen is ook een Nederlandse Hydrogen Guide uitgebracht. Deze wordt periodiek geactualiseerd.

## 3. Waterstof en de missies van de TSE

In dit hoofdstuk wordt een beknopte toelichting per missies gegeven in aanvulling op de generieke ontwikkelingen die in het vorige hoofdstuk is beschreven.

### 3.1 Missie A: Elektriciteitsopwekking

Op het terrein van de elektriciteitsopwekking en de relatie met waterstof zijn er veel ontwikkelingen. Vooral op het gebied van offshore-activiteiten wordt waterstof steeds vaker genoemd als een optie om bij een hoog aandeel offshore-wind de windenergie in de vorm van waterstof aan land te brengen. In de toekomst kan dit wellicht worden gecombineerd met offshore zonne-energie. Daarbij worden verschillende opties afgewogen, zoals de productie van waterstof aan de kust en de productie van waterstof offshore, zeker bij windparken die verder uit de kust worden gerealiseerd. Qua offshore-elektrolyse is de productie op de Noordzee via platforms een optie, evenals de productie op kunstmatige eilanden. Ook de productie in windmolens zelf is in onderzoek. Transport van waterstof via de bestaande aardgasinfrastructuur wordt als kostenefficiënte optie verkend en gegeven de gestage uitfasering van olie- en gasactiviteiten op de Noordzee is dat zeker een interessante optie.

Denemarken is al vergevorderd bij de uitwerking van plannen voor de aanleg van een eiland in de Noordzee voor de productie van waterstof, eventueel gecombineerd met andere gebruiksdoeleinden. In de tweede ronde van het groeifonds is een aanvraag voor offshore-elektrolyse op een schaal van 500 MW ingediend door o.a. TKI Wind op Zee, Roland Berger, RWE en Neptune Energy. Vanuit Duitsland is het initiatief CRUH21 genomen, voortvloeiend uit het Aquaventus-initiatief, om naar offshore-elektrolyse te kijken en de afstemming met andere landen te zoeken teneinde tot een efficiënte invulling te komen. Nederland is hierbij vooralsnog zijdelings betrokken. Neptune Energy is bezig met een demonstratieproject over offshore-elektrolyse met een 1 MW-installatie op een offshore-platform 13 km voor de kust van Scheveningen met als doel om de werking en levensduur te testen. Het North Sea Energy-programma, dat door TKI Nieuw Gas uit de PPS-toeslag wordt gesubsidieerd en waarvan TNO de coördinatie doet, richt zich ook op het gebruik van de Noordzee voor de ontwikkeling van waterstof.

Op land krijgt het gebruik van elektrolyse als mogelijkheid om lokaal opgewekte elektriciteit uit zon en wind in te passen in gebieden waar de netcapaciteit beperkt is, steeds meer aandacht. Enkele jaren geleden werd stevast berekend dat de optie niet uit kon omdat waterstof qua kosten niet kon concurreren. De laatste tijd vindt er een kentering plaats waarbij deze mogelijkheid opnieuw wordt bekeken om relatief snel lokale netcongestie op te lossen en de uitrol van duurzame energie via wind en zon te laten doorgaan. Vaak wordt dan gekeken naar de inzet van waterstof in de lokale industrie, het MKB, de mobiliteit en ook de gebouwde omgeving, als onderdeel van een integrale afweging. Het terug leveren van elektriciteit aan het net om tekorten op te vangen wordt ook onderzocht maar lijkt momenteel ondergeschikt aan het eerste argument.

Samenvattend kan gesteld worden dat de dynamiek momenteel erg groot is inzake het optimaal gebruik maken van de potentie om grote hoeveelheden duurzame elektriciteit op land en vooral op zee te produceren, gekoppeld aan de optimale inpassing ervan. Zeker voor verder gelegen windparken lijkt de offshore-productie van waterstof een interessante optie. Hierin zal ook meewegen hoe andere landen tegen deze opties aankijken zodat een integraal beeld voor de Noordzee ontstaat.

### 3.2 Missie B: Gebouwde omgeving

In de gebouwde omgeving is er een grote dynamiek rond waterstof. Enerzijds wordt waterstof gezien als een kansrijke optie om met relatief weinig “moeite” de warmtevoorziening in de gebouwde omgeving te verduurzamen. Anderzijds is er een grote groep die waterstof in de gebouwde omgeving volstrekt niet kansrijk acht vanwege verschillende redenen (zonde, te duur, niet veilig etc). Om deze discussie te begeleiden heeft het TKI i.s.m. het MVI-programma van de TSE begin 2020 een social-lab waterstof ([waterstoflab](#)) geïnitieerd. Het doel van dit social-lab is om met verschillende stakeholders die op persoonlijke titel deelnemen een genuanceerd beeld te vormen over de toepassing van waterstof in de gebouwde omgeving. Een belangrijk resultaat van deze groep is een [synthesedocument](#) dat beschrijft welke elementen in de discussie een belangrijke rol spelen. Het document geeft tevens aan wat nu het handelingsperspectief is voor verduurzaming van de gebouwde omgeving om tegemoet te komen aan de houding van sommigen die willen wachten totdat waterstof breed beschikbaar is. Daarbij staat vraagreductie centraal als no-regret-maatregel.

Qua projecten over waterstof in de gebouwde omgeving wordt de [status](#) goed weergegeven door Netbeheer Nederland. Op dit moment zijn er ongeveer 12 projecten van waterstof in de gebouwde omgeving. Er zijn twee grote(re) projecten die waterstof in de wijk willen demonstreren, te weten Stad aan 't Haringvliet en Hoogeveen. Om deze en andere projecten te ondersteunen en de discussie over de toepassing goed te kunnen voeren is er een [Green Deal Waterstofwijken](#) opgezet. Deze Green Deal heeft als doel om demoprojecten mogelijk te maken zodat duidelijk wordt welke rol waterstof kan spelen en hoe. Tegelijkertijd is er ook vanuit de ministeries (EZK, BZK en anderen) een Werkgroep Waterstof in de Gebouwde Omgeving ([WIGO](#)) gestart. In WIGO staat de kennisagenda over de randvoorwaarden voor grootschalige toepassing van waterstof centraal.

Over het algemeen kan gesteld worden dat de verwachting is dat waterstof op zijn vroegst rond 2030 voor de gebouwde omgeving beschikbaar komt. Dat sluit niet uit dat al eerder, op lokaal niveau via kleinschalige elektrolyse, waterstof kan worden toegepast in specifieke situaties in de gebouwde omgeving met een hoge warmtevraag, bijvoorbeeld daar waar een geschikte gasinfrastructuur voorhanden is in een geïsoleerd net. Ook is de prijsstelling van waterstof nog een groot vraagteken. Daarbij lijkt het niet waarschijnlijk dat waterstof tegen lagere kosten dan het huidige alternatief aardgas beschikbaar zal zijn; een mogelijk argument dat waterstof een goedkope manier is om duurzame warmte in de gebouwde omgeving te leveren lijkt daarmee te vervallen.

De projecten die nu plaatsvinden zijn er sterk op gericht om alle vraagstukken over toepassing van waterstof in de gebouwde omgeving op te lossen. De verwachting is dat in de periode tot 2025 veel informatie beschikbaar komt om de discussie meer gefundeerd te kunnen voeren en besluiten te nemen over de rol van waterstof in de gebouwde omgeving. Wat opvalt is dat zich veel bewoners en energiecoöperaties melden die met waterstof aan de gang willen gaan. Soms zijn dat eerste ideeën omdat men iets gelezen of gehoord heeft, in andere gevallen liggen er al aardig uitgewerkte plannen voor waterstof. De komende jaren zullen meer zekerheid geven over deze optie.

### 3.3 Missie C: Industrie

De industrie wordt door velen als de belangrijkste vraagmarkt voor groene (en mogelijk blauwe) waterstof gezien vanuit de gedachte dat de vraag naar grijze waterstof (geproduceerd met aardgas) groot is (ordegrootte 1 miljoen ton per jaar<sup>1</sup>). Deze aanname is terecht, echter de kostprijs die in de industrie voor grijze waterstof wordt betaald (ordegrootte € 1,5/kg) ligt ruim onder de geschatte kostprijs van groene waterstof (€ 2,5-4/kg, incl. subsidies<sup>2</sup>). Momenteel ontbreekt het voor een groot deel nog aan gericht beleid om de industrie te laten kiezen voor groene waterstof. De prijs van CO<sub>2</sub> die via ETS tot stand komt, maakt grijze waterstof bij een prijs van € 100/ton CO<sub>2</sub>, (voegt ongeveer 1 €/kg waterstof toe), nog steeds goedkoper dan groene waterstof. Gericht en stabiel beleid is noodzakelijk om een sterke prikkel aan de industrie te geven. Het Fit for 55-pakket en de REDII geven zicht op dergelijke prikkels, zoals een verplicht aandeel duurzame kerosine in de luchtvaart en het gebruik van groene waterstof in de industrie. De onduidelijkheid is nu echter nog (te) groot om forse investeringen te laten plaatsvinden.

Om op deze ontwikkelingen in te spelen zijn in de afgelopen 2 à 3 jaar veel waterstofprojecten in de industrie aangekondigd, onder andere bij de productie van ammoniak, methanol, staal, olie- en biomassaraffinage, en synthetische kerosine. De schaal van de projecten ligt op ordegrootte 10-50 MW in een eerste fase die later wordt opgeschaald, maar sommige partijen (bijvoorbeeld BP, Shell, HyCC) hebben reeds plannen gepubliceerd om in de komende jaren installaties met een grootte van 100-250 MW te willen realiseren. Het NorthH2-initiatief van o.a. Shell, RWE, HyCC en Gasunie rept zelfs over projectontwikkeling voor waterstof op GW-schaal rond 2030. Het meest concrete project op dit moment betreft het Djewels-project van HyCC in Delfzijl met een schaal van 20 MW elektrolysecapaciteit. De verwachting is dat de investeringsbeslissing in 2022 wordt genomen alhoewel die al enkele keren is uitgesteld. Het samenvattende beeld over de projecten is dat er veel plannen zijn van uiteenlopend detailniveau, maar dat de echte stappen naar realisatie en opschaling nog gezet moeten worden.

---

<sup>1</sup> Als waterstof die kolen en olie als bron heeft wordt meegeteld, loopt deze hoeveelheid op tot 1,5 miljoen ton.

<sup>2</sup> Er bestaan in literatuurbronnen verschillende schattingen voor de productiekosten van waterstof via water elektrolyse. Daarbij is het vaak niet duidelijk welke aannames gebruikt zijn. De productiekosten zonder subsidies liggen nu op 4,5-6 €/kg en de verwachting is dat deze dalen richting 2030 naar 3-5 €/kg.

Naast groene waterstof hebben verschillende (consortia van) bedrijven belangstelling voor de productie van blauwe of koolstofarme waterstof uit aardgas en uit restgassen. Enkele jaren geleden lag de focus sterk op de productie van waterstof uit aardgas, gecombineerd met CCS. De gedachte van het oorspronkelijke project H-vision was om aardgas alvorens het te gebruiken te ontdoen van koolstof die wordt opgeslagen en de blauwe waterstof via een waterstofinfrastructuur aan verschillende gebruikers te leveren. Intussen is het project “omgebouwd” en richt zich op de productie van waterstof uit raffinaderijgassen. Ook bij Dow Chemicals in Zeeland is er belangstelling voor de productie van waterstof uit restgassen. De vraag is op welke wijze het Nederlandse en Europese beleid ruimte geeft aan deze routes.

Op het gebied van onderzoek en innovatie gebeurt er veel. In december 2021 heeft de ECCM-commissie een nieuwe innovatie- en R&D-agenda gepubliceerd over waterstof en chemie. Medio 2021 is GroenvermogenNL van start gegaan. In dit in de eerste ronde van het nationale groeifonds gehonoreerde project staan onderzoek en innovatie, demonstratie en de human capital agenda voor de combinatie van waterstof en chemie centraal. Er is ook een aanvraag voor de tweede ronde van het groeifonds ingediend door GroenvermogenNL waarbij de opschaling naar waterstofketens met een omvang van 100 MW wordt beoogd voor de productie van groene ammoniak, methanol, staal en kerosine. Sinds januari 2022 is een driekoppig bestuur aangesteld en is de officiële website gelanceerd.

ISPT heeft met een groot scala aan stakeholders een succesvol waterstofprogramma ontwikkeld, getiteld Hydrohub Innovation Programme, dat sinds enkele jaren loopt. Belangrijke onderdelen van dit programma zijn het MOOI-project HyScaling (ontwikkeling van elektrolyzers), HyChain (ontwikkeling van supply chains incl. import), GW-design van elektrolyzers, en het MW-testcentrum voor elektrolyzers dat bij EnTranCe in Groningen wordt geplaatst. De industrie en diverse kennisinstellingen zijn nauw betrokken bij dit programma. Dit programma heeft voor het eerst in detail naar de opschaling van elektrolyse gekeken en inzicht gegeven in de omvang en de mogelijkheden voor kostprijsreductie.

### 3.4 Missie D: Mobiliteit

De toepassing van waterstof in de mobiliteit, met personenauto's voorop, is in het waterstofdomein het verst ontwikkeld van alle toepassingen. Het aantal waterstoftankstations in Nederland vordert gestaag (begin 2022 9 publieke tankstations, 3 in aanbouw en nog 5-10 in een vergevorderd stadium in de planning). Het aantal waterstofpersonenauto's bedraagt ongeveer 500. Personenauto's die in Nederland af-fabriek op waterstof worden geleverd in grotere aantallen zijn de Toyota Mirai en de Hyundai Nexa. Andere voertuigen op waterstof, zoals lichte en zwaardere trucks, zijn nog lastig te verkrijgen af-fabriek. Het bedrijf Holthausen in Groningen heeft zich toegelegd op het ombouwen van nieuwe dieselveertuigen naar waterstof met een brandstofcel. In 2021 is Holthausen een partnerschap aangegaan met het Amerikaanse Hyzon; in een nieuwe fabriek in Noord-Nederland bouwen zij seriematig (maar nog in beperkte aantallen) diverse trucks en specialty-voertuigen (veegwagens, vuilniswagens, kolkenzuigers) op waterstof. In Nederland rijden ook verschillende regiobussen op waterstof



(ordegrootte 50) die vooral op de langere trajecten worden ingezet. De afgelopen twee jaar wordt ook steeds meer melding gemaakt van fabrikanten die ervoor kiezen om waterstof rechtstreeks in dieselmotoren te injecteren. Bijvoorbeeld bij MAN en DAF lopen projecten op dit terrein.

Vanwege met name de stikstofproblematiek is er veel belangstelling vanuit de bouw en het grondverzet voor de inzet van emissieloze voertuigen en machines, zoals vrachtauto's en graafmachines. Hier wordt zowel voor batterij-elektrische als brandstofcel-elektrische opties gekozen. De gedachte achter waterstof is dat dit de duur van inzet in vergelijking tot elektriciteit sterk verbetert, alhoewel er ook bij elektrische aandrijving naar werkbare oplossingen wordt gezocht, zoals verwisselbare accupacks. Ook de hoge vermogensbehoefte maakt de inzet van waterstof interessant.

Vanuit de scheepvaart, momenteel vooral de binnenvaart en de kustvaart, is er belangstelling voor de toepassing van waterstof voor emissieloos varen door de inzet in brandstofcellen. Vanwege de hoge kosten en beperkte stimuleringsmogelijkheden van deze optie gaat de toepassing nog langzaam. Binnenkort (maart 2022) wordt met de bouw van een binnenvaartschip op waterstof gestart. In de luchtvaart wordt de directe toepassing van waterstof in brandstofcellen onderzocht. Er zijn diverse kleinere propellor-vliegtuigen omgebouwd door verschillende startups; de verwachting is dat deze optie vooral beperkt zal blijven tot de kleinere toestellen. De voorvechters hiervan verwachten dat, vanwege de afwezigheid van emissies van broeikasgassen en geluid, het concept van hub naar hub-vliegen interessant is dat zich kan concentreren op veelal kleinere luchthavens. Voor grote toestellen en langere afstanden ligt de toepassing van synthetische kerosine voor de hand die geproduceerd kan worden uit (onder andere) waterstof en CO<sub>2</sub> die wordt verkregen uit biomassa of in de toekomst via direct air capture uit de lucht. Verschillende bedrijven (waaronder KLM en Synkero) hebben belangstelling voor deze route.

Er is regelmatig discussie over de toepassing van brandstofcel-elektrische aandrijving in de mobiliteit waarbij dit volgens sommigen qua efficiëntie van het systeem niet opweegt tegen de batterij-elektrische oplossingen. Alhoewel dit een terecht argument is, spelen hierbij ook andere systeemeffecten een rol, zoals mogelijkheden en kosten voor uitbreiding van de elektriciteitsinfrastructuur (netcongestie), en de hogere vermogensbehoeften en het gewenste bereik in specifieke toepassingen, zoals in zwaar wegtransport. Tegelijkertijd zien we ook dat batterij-elektrische voertuigen steeds beter worden met een groter bereik, meer laadpunten, en andere innovatieve oplossingen. De toekomst zal helderheid moeten geven over de dynamiek dit nu in dit veld speelt en wat in welke situatie de beste optie is.

### **3.5 Missie E: Landbouw**

Vanuit de landbouw komt er steeds meer belangstelling voor waterstof. Dit wordt met name gedreven door de wens om het potentieel aan duurzame elektriciteitsproductie uit wind en zon maximaal te benutten. Vanwege netcongestie op veel plaatsen in Nederland, waardoor het terug leveren van de opgewekte elektriciteit niet mogelijk is, wordt de productie van waterstof

als een interessante mogelijkheid gezien om projecten doorgang te laten vinden. De opgewekte waterstof kan vervolgens gebruikt worden voor processen die warmte vragen in de landbouw (bijvoorbeeld drogen van gewassen) of om landbouwvoertuigen op te laten rijden. Ook wordt nagedacht over concepten waarbij de geproduceerde waterstof in het landelijk gebied wordt ingezet voor de duurzame warmtevoorziening of het leveren van backup- en piekvermogen. Tot slot zijn er ideeën om waterstof op landbouwbedrijven te laten ophalen, analoog aan de melkcoöperaties.

Er zijn diverse vooralsnog kleine demonstratieprojecten in voorbereiding die hierop inspelen. Voor de inzet van waterstof in landbouwvoertuigen (met name trekkers) zijn enkele demonstratieprojecten in uitvoering, zoals bij Aannemingsbedrijf Jos Scholman in Nieuwegein. De verwachting is dat zich in de komende tijd meerdere projecten zullen ontwikkelen, vooral gedreven door de wens om lokale congestieproblemen op te lossen. Ook is er vanuit de landbouw animo om met waterstof bij te dragen aan te realiseren van CO<sub>2</sub>- en stikstofemissiereducties.

### 3.6 MMIP 13: Systeemintegratie

Waterstof heeft duidelijke raakvlakken met het onderwerp systeemintegratie. Daarbij gaat het om de systeemoplossingen die waterstof(technologie) kan bieden gegeven de toename van het variërende aanbod aan elektriciteit uit zon en wind. De systeemrol van waterstof komt op een aantal manieren tot uiting:

- Via het creëren van extra vraag naar elektriciteit op momenten van overvloedig aanbod en het terugschroeven van die vraag bij laag aanbod (ondersteuning inpassing variabel aanbod uit zon en wind).
- Via het creëren van grootschalige en indien nodig langdurige opslag in het systeem om perioden met geen of een laag aanbod aan duurzame elektriciteit te overbruggen.
- Via het creëren van additionele infrastructuur- en transportmogelijkheden van elektriciteit in de vorm van waterstof, in aanvulling op het directe transport van elektriciteit.

Het waarmaken van deze rollen, vooral wat betreft de inzetbaarheid van elektrolyzers, zal onder meer afhangen van de mate van flexibiliteit van elektrolyzers (hoe snel ze kunnen op- en afregelen). Momenteel richt een deel van het onderzoek zich op de mate van flexibiliteit van elektrolyzers en het effect van de benutting van deze flexibiliteit op de levensduur en onderhoudskosten. Daarover zijn de meningen verdeeld, nader onderzoek en praktijkervaringen zullen uitwijzen wat hier de daadwerkelijke situatie is. Daarnaast is het ook van belang om rekening te houden met het feit dat elektrolyzers, zeker in de beginfase van de ontwikkeling, liefst een hoog aantal draaiuren hebben omdat het aandeel van de investeringskosten in de kostprijs van waterstof (in €/kg) relatief hoog zijn gegeven de nochtans hoge investeringskosten. Bij een volledige doorontwikkelde markt is de verwachting dat de investeringskosten significant zullen dalen met als gevolg dat de investeringskosten minder effect hebben op de waterstofkostprijs. De gewenste flexibiliteit zal dus binnen het systeem gehonoreerd moeten worden zodat deze daadwerkelijk beschikbaar komt.

De ontwikkelingen en projecten die op dit terrein spelen zijn al toegelicht bij de missies. Vooral de relatie met missie A (elektriciteitsopwekking) en C (industrie) is van belang vanwege de mogelijkheid om offshore-elektriciteit grootschalig via waterstof aan te land en te gebruiken in de industrie, met name in flexibel in te zetten elektrolyzers. Op kleinere schaal is de relatie tussen missie B (gebouwde omgeving) en E (landbouw) van belang als optie om netcongestie op te lossen.

## 4. Subsidieprojecten waterstof

Sinds de oprichting van de Topsector Energie (2011/2012) is een heel scala aan waterstof(gerelateerde) projecten gehonoreerd. In dit hoofdstuk worden die projecten behandeld. Hiervoor is van vier bronnen gebruik gemaakt:

1. TKI Nieuw Gas heeft in 2020 een innovatieanalyse waterstof laten uitvoeren van alle waterstofprojecten uit de periode 2012-2019. De resultaten daarvan zijn als samenvatting opgenomen, voor een volledige rapportage wordt naar het eindrapport verwezen. Het betreft 107 projecten.
2. In de subsidieprogramma's van de Topsector Energie zijn in de afgelopen twee jaar (periode 2020-2021) diverse waterstofprojecten gehonoreerd die zijn opgenomen in de projectendatabase van de TSE maar die geen onderdeel zijn geweest van de innovatieanalyse onder 1. Het betreft in eerste instantie 17 projecten waarvan er na selectie op passendheid binnen het thema waterstof 12 over blijven.
3. Projecten uit de tenders van 2021 die nog niet in de database van de TSE zijn opgenomen. Dit betreft (vooral) de MOOI-SIGOHE-tender. Hierin zijn 5 projecten gehonoreerd, een eerste schatting op basis van de titels (meer informatie is nu nog niet beschikbaar) komt op minimaal 2 projecten. Daarnaast zijn projecten gehonoreerd in de DEI+, de Studies TSE Industrie 2021 en de onderzoeksprojecten uit de TSE Industrie 2021.
4. Projecten uit de waterstoftechnologietender van het TKI Nieuw Gas, die eind 2021/begin 2022 zijn gehonoreerd. Dit betreft 13 projecten. Hiervan zijn uitgebreide samenvattingen beschikbaar en gepubliceerd.

In de beschouwing over de waterstofprojecten in dit hoofdstuk wordt de samenvatting van de innovatieanalyse 2012-2019 als basis gebruikt, aangevuld met een beknopte analyse over de projecten uit 2020 en 2021. In totaal gaat het om 107 oude projecten (gestart t/m 2019) en ongeveer 29 nieuwe projecten (gehonoreerd in 2021/22). Dit zou een redelijk goed beeld moeten geven van de projecten die in de afgelopen 10 jaar zijn gestart. Natuurlijk wordt daar geen 100%-dekking mee bereikt maar het grootste deel aan projecten is goed in beeld.

Door NWO zijn de afgelopen jaren verschillende onderzoeksprojecten gehonoreerd die te maken hebben met het thema waterstof. Voorbeelden daarvan zijn het Release-project en diverse projecten op het terrein van solar fuels (waaronder plasmolyse-projecten van DIFFER). De fundamentele onderzoeksprojecten worden in deze rapportage niet uitgebreid behandeld. Ze zijn zeer relevant voor de langere termijn, de focus in deze rapportage ligt op de kortere termijn.

### 4.1 Projecten uit de innovatieanalyse Waterstof (TKI Nieuw Gas)

Deze analyse van 107 projecten uit de periode 2012-2019, die in 2020 is opgesteld, heeft samengevat de hierna volgende resultaten opgeleverd. In deze projecten hebben in totaal 244 partijen geparticipeerd, het aantal unieke partijen bedraagt 187 voor de TSE-regelingen en 82 voor de DKTI-regeling. Beide regelingen vertonen qua deelnemers enige mate van overlap. Er

wordt geschat dat er ruim 200 unieke partijen aan de subsidieregelingen hebben deelgenomen. Het gaat bij al deze projecten om samenwerkingsprojecten: gemiddeld doen er 4 partijen mee aan een project, echter de spreiding is groot met een variatie tot 21 partijen.

In de rapportage worden diverse clusters van projecten besproken. Op basis van het aantal projecten en/of het subsidiebudget zijn de verschillende grotere clusters van subsidieprojecten te onderkennen. De indeling naar cluster is hier voor de overzichtelijkheid grofstoffelijker gedaan dan in de rapportage.

- A. *Clustering rond elektrolyse*: dit betreft met name technologieontwikkeling voor PEM elektrolyse (8 projecten) en toepassing van alkalische elektrolyse in concrete projecten (2-3 projecten). De ontwikkeling en opschaling is voorzien in het Hyscaling-project (in de MOOI-regeling gehonoreerd – start in 2022). Daarnaast wordt aandacht besteed aan offshore elektrolyse (4 projecten), voornamelijk via verkennende studies en de haalbaarheidsstudie van een pilotproject.
- B. *Clustering rond ketenprojecten* (waterstofproductie en toepassing): dit heeft betrekking op toepassing in de industrie en energieopwekking (6-7 projecten). De ontwikkeling van ketens staat centraal. Qua locaties ligt de focus op het havencomplex Rotterdam (o.a. H-Vision) en het chemiepark Delfzijl (Djewels).
- C. *Clustering van lokale/decentrale productie en buffering*: dit is vaak gekoppeld aan momenten van overaanbod van lokale duurzame elektriciteitsproductie (2-3 projecten), toepassing in de mobiliteit en buffering in lokale energienetten (4 projecten).
- D. *Clustering rond bijmengen in het aardgasnet*: hier gaan 5 projecten over, bijvoorbeeld waterstofproductie die kan worden bijgemengd in het gasnet of het gasnet als transportmedium voor waterstof. Daarbij wordt ook gekeken naar sensortechnologie voor aardgas/waterstof-samenstelling en techniek voor extractie van waterstof uit het aardgasnet.
- E. *Clustering van projecten in transport en vervoer*: Dit betreft verschillende categorieën:
  - Tankstations (4 projecten), waarbij de DKTI de realisatie ondersteunt en de TSE doorontwikkeling om de betrouwbaarheid te verhogen en kosten te verlagen.
  - Vaartuigen (4 projecten), zoals toepassing in binnenvaartschepen en andere (kleinere) schepen.
  - Zwaar wegvervoer en mobiele machines (2 projecten). De TSE ondersteunt twee projecten, daarnaast ondersteunt de DKTI-Transport 13 projecten voor zwaar wegvervoer en mobiele machines op waterstof.
- F. *Waterstof voor synthese in industrie* (4-5 projecten), vooral conceptuele studies, opstellen van een businessplannen en haalbaarheidsprojecten.
- G. *Clustering rond waterstof in de gebouwde omgeving*: Dit betreft 7 projecten waarbij diverse apparatuur voor verwarming van woningen en gebouwen centraal staat, evenals een blauwdruk voor toepassing van waterstof in een wijk.

Voor het innovatie-ecosysteem zijn de volgende conclusies te trekken:

- Er is een sterke vertegenwoordiging van het MKB (90 (TSE) en 37 (DKTI) partijen). Dat is positief omdat zij vaak als aanjager van innovaties worden gezien. Tevens zorgen zij vaak voor relatief kleinschalige technologieontwikkelingen en –toepassingen. Het nadeel is dat

het MKB doorgaans onvoldoende slagkracht heeft om de stap naar grootschaligheid of opschaling te maken. Daarvoor zijn grotere (consortia van) partijen nodig.

- De industrie (grootbedrijf) is goed vertegenwoordigd met 53 (TSE) 24 (DKTI) partijen in beide typen regelingen. Omdat sprake is van bredere projectconsortia is het aannemelijk dat de consortia uit een mix van grootbedrijven en MKB bestaat (naast andere organisaties uit de tabel). Dat is positief omdat door deze combinatie de opschaling kansrijker kan zijn doordat er meer bereidheid is om samen in grotere projecten door te gaan.
- Het innovatie-ecosysteem ontwikkelt zich gestaag door. Er sluiten zich steeds nieuwe partijen aan. Bij het TKI merken we dat partijen ons regelmatig benaderen om informatie te ontvangen over het thema waterstof, ontwikkelingen, contacten, subsidie- en financieringsmogelijkheden etc.

## 4.2 Projecten uit de RVO/TSE-subsidieregelingen van 2020/21

Deze analyse heeft betrekking op 12 projecten die uit de projectendatabase zijn gehaald. In tabel 4.1 staat een overzicht van alle geselecteerde projecten. De meest gangbare regelingen zijn bij de analyse betrokken, zoals DEI+, MOOI, TSE-Industrie, Topsector Energiestudies, VEKI.

Tabel 4.1: Overzicht van projecten die in 2020/21 door RVO zijn gehonoreerd in diverse subsidieregelingen.

Projecttitel	Penvoerder	Missie
Circonica micro-WKK	Circonica Circular Energy B.V.	B
DENS Hydrogen on-demand	DENS Hydrogen B.V.	B, D, Doorsnijdend
Formic Acid-2-Power: CO2-neutrale aggregaat	DENS Power B.V.	B, Doorsnijdend
Hephaestos	Tata Steel IJmuiden B.V.	C
High Hydrogen Gas Turbine Combustor High Pressure Test (Pilot)	Ansald Thomassen B.V.	C
HYDR100GREEN	Enexis Netbeheer B.V.	B
Materials Innovation for Green Hydrogen To Increase Efficiency and Robustness	TNO	C
Pilotproject waterstoffabriek ter balancerings elektriciteitsnetwerk.	Gasunie	Doorsnijdend, C
Plasmachemie voor CO2-vrije productie van waterstof en etheen uit methaan	Sitech Site Services B.V.	C
SinneWetterstof	Alliander N.V.	Doorsnijdend, A, B
PosHYdon	Vereniging Nextstep	Doorsnijdend, A
Hyscaling	ISPT	C

NB: De toewijzing naar missie is gebaseerd op het thema waar het betreffende project preferent bij aansluit. Waar meerdere missies betrokken zijn, is het geclassificeerd als doorsnijdend.

Van deze projecten is de volgende clustering te maken:

- 2 Projecten gericht op elektrolyse (HyScaling en Materials Innovation) waarbij verbetering van de efficiency, levensduur en kostprijs van water elektrolyse centraal staat.
  - 2 Projecten gericht op de industrie waarbij restgassen worden omgezet in methanol (Hephaestos), of aardgas via plasmatechnologie (Plasmachemie) wordt omgezet in waterstof en etheen (haalbaarheid en R&D-programma).
  - 2 Projecten waarbij waterstof in de gebouwde omgeving wordt toegepast: micro-wkk (Circonica micro-wkk) en via hybride systemen (hydro100green).
  - 3 Pilotprojecten voor waterstof, gericht op opschaling (20 MW pilotproject), elektrolyse onder offshore-condities (PosHYdon) en op lokaal/regionaal niveau voor het oplossen van netcongestie (Sinnewetterstof)
  - 2 Projecten (beiden van DENS) gericht op de inzet van mierenzuur als opslagmedium en brandstof voor aggregaten.
  - 1 Project gericht op het geschikt maken van gasturbines voor waterstof.
- Omdat deze projecten recent gestart zijn is momenteel nog weinig voortgang te melden.

### 4.3 Projecten uit 2021 die nog niet in de database zijn opgenomen

In de tweede helft van 2021 zijn verschillende projecten gehonoreerd die nog niet in de projectendatabase zijn opgenomen. Dit betreft 5 projecten uit de MOOI-SIGOHE-regeling (subsidieregeling Systeemoplossingen Inpassing Grootschalige Opwekking Hernieuwbare Elektriciteit). Zie Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Indicatief overzicht van projecten uit de MOOI-SIGOHE-regeling die raakvlakken hebben met waterstof.

Projecttitel	Penvoerder	Missie
Flexible Offshore Wind Hydrogen Power Plant Module	Shell Global Solutions International B.V.	A, Doorsnijdend
SymBatt	Battolyser B.V.	Doorsnijdend

NB: De toewijzing naar missie is gebaseerd op het thema waar het betreffende project preferent bij aansluit. Waar meerdere missies betrokken zijn, is het (ook) geclassificeerd als doorsnijdend.

In het eerste project wordt gewerkt aan verbetering van de elektrotechnische installaties van offshore windproductie en o.a. de waterstofproductie. Het tweede project betreft het battolyserconcept waarbij elektrolyse gecombineerd wordt met opslag in een accu.

Daarnaast zijn diverse waterstofprojecten gehonoreerd in het kader van de TSE Studies Industrie 2021. Deze staan in Tabel 4.3. Het betreft hier projecten die zich richten op onderzoek naar de haalbaarheid van water elektrolyse gecombineerd met toepassing in de industrie, zoals de olieraffinage en de productie van chemicaliën. Het laatste project in de tabel richt zich op de ontwikkeling van een solid oxide (SO)-elektrolyser.

Tabel 4.3. Gehonoreerde waterstofprojecten in de TSE Studies Industrie 2021.

Projecttitel	Penvoerder	Missie
ELYgator Terneuzen	Air Liquide Industrie B.V.	C
H2ermes	Nouryon	C
H2Fifty	Nouryon	C
Next Level Solid Oxide Electrolysis Feasibility study	Stichting ISPT	Doorsnijdend, C

NB: De toewijzing naar missie is gebaseerd op het thema waar het betreffende project preferent bij aansluit. Waar meerdere missies betrokken zijn, is het geclassificeerd als doorsnijdend.

In het kader van de regeling TSE Industrie 2021 is één aan waterstof gerelateerd project gehonoreerd, getiteld “Smart Rectifier - Ontwikkeling hoogvermogensgelijkrichter-technologie op labschaal voor water elektrolyse” waarvan het bedrijf Prodrive Technologies BV de penvoerder is. Dit project richt zich op de voor elektrolyse benodigde elektrotechnische installaties. Het wordt gecategoriseerd als een missie-doorsnijdend project.

In de DEI+ is tot slot een project gehonoreerd getiteld “Pilotonderzoek toepasbaarheid waterstof in steenbakoven”. De penvoerder hiervan is het bedrijf Zilver Schoon Restauratiestein Randwijk B.V. De titel spreekt voor zich. Qua categorisering is dit een project dat bij missie C past.

#### 4.4 Projecten uit de technologietender waterstof van TKI Nieuw Gas

Tabel 4.4 toont een overzicht van alle 13 projecten die in deze tender eind 2021 zijn gehonoreerd. Van alle projecten zijn uitgebreide samenvattingen beschikbaar.

Tabel 4.4: Overzicht van alle projecten die in de technologietender voor waterstof van het TKI Nieuw Gas zijn gehonoreerd.

Projecttitel	Penvoerder	Missie
Ontwikkelen en testen SAE 2.0 module en onderzoek opschalingsmogelijkheden	XINTC BV	Doorsnijdend
HYdrogen Purity SENSor - Kosteneffectieve on-line sensor voor het meten van verontreinigingen in waterstof	TNO	Doorsnijdend
PEMelec: PEM Elektrolyser systeemoptimalisatie inclusief nabehandeling	HyGear	Doorsnijdend
Miracel: Minder Iridium door ALD-Coatings in ElektroLyse	Magneto	Doorsnijdend
Greencode: Een innovatief en industrieel toepasbaar model voor turbulente verbranding van waterstof	Mateq Process BV	C
EHLAS: Economic Hydrogen Liquefaction And Storage	Cryoworld	D, Doorsnijdend
ROTA BPP: Versnellen van brandstofcelproductie: Rotatieve gereedschappen voor het stansen van bipolar plates	Madern	Doorsnijdend
HERO: Nauwkeurige ultrasone H2 flowmeter voor openbare H2 laadinfrastructuur	Krohne Altometer	D
OMDinH2: Optical Monitoring Devices Integrated H2 Systems – Fuel Cell and Storage Tank for H2FCV	TNO	D



HERSO: Development of a Highly Efficient and Robust Solid Oxide Electrolyser system for hydrogen production	TNO	Doorsnijdend
H2Flex: The development of a hydrogen turbine burner prototype, capable of burning a gas mixture with up to 70 vol.-% of hydrogen	Opra	C
SHPLES: Smart Hydrogen Powered Local Energy Systems	The Green Village	A, B, Doorsnijdend
Battolyser	Battolyser Systems	Doorsnijdend

NB: De toewijzing naar missie is gebaseerd op het thema waar het betreffende project preferent bij aansluit. Waar meerdere missies betrokken zijn, is het geclassificeerd als doorsnijdend.

Deze projecten kunnen als volgt thematisch worden gegroepeerd:

- Elektrolyse en elektrolysesystemen: 3 projecten
- Sensoren en meetapparatuur: 3 projecten
- Branders en/of modelontwikkeling: 2 projecten
- Liquefactie en/of opslag: 2 projecten
- Productietechnologie: 2 projecten
- Complete systemen en systeemintegratie: 1 project

In deze 13 projecten werken in totaal 34 partners samen aan technologie-innovaties op het gebied van waterstof, waarvan 24 unieke partners. Dit betreft 6 kennisinstellingen, 15 MKB-bedrijven, 2 grote bedrijven en één fieldlab. Deze projecten zijn allemaal begin 2022 van start gegaan, daarom is op dit moment nog niet meer over deze projecten te melden.

#### 4.5 Overige subsidieprojecten

Hieronder vallen subsidieprojecten die via de MIT-regeling en de DKTI-Transport worden ondersteund. Momenteel is nog niet (in detail) bekend welke projecten onder deze regelingen in 2021 zijn gehonoreerd. De verwachting is dat die informatie in 2022 beschikbaar komt. Bij de MIT-regeling gaat het om MKB-projecten (haalbaarheid en R&D-projecten) van beperkte omvang (maximaal €350.000 subsidie voor R&D, voor haalbaarheid €20.000). De DKTI-Transport richt zich op allerlei toepassingen in de sector transport en vervoer. Hier gaat het om relatief grote demonstratieprojecten.

Ook zijn in het verleden diverse SBIR-subsidieregelingen (Small Business Innovation Research) geweest die als centraal thema de veranderende gaskwaliteit hadden. Dit betreft de periode 2012-2018. Waterstof is hier onderdeel van geweest. Dat heeft geleid tot projecten die zich onder andere richtten op meet- en sensortechnologie voor waterstof en het geschikt maken van branders en gasturbines voor waterstof. De rapportage is op de website van RVO te vinden.

## 4.6 Samenvattend beeld van gehonoreerde projecten en ontwikkelingen

Op basis van alle projecten die in de afgelopen 10 jaar in het kader van de TSE zijn gesubsidieerd en rekening houdend met ontwikkelingen in het waterstofdomein, kunnen de volgende conclusies worden geformuleerd:

- 1. Verschuiving van aandacht van specifieke technologie naar ketens*

In de afgelopen 10 jaar is de focus in de projecten duidelijk verschoven van projecten gericht op een specifiek onderwerp, zoals een brander, tankstation of sensoren, naar (meer) geïntegreerde projecten waarbij de productie en toepassing van waterstof centraal staat, gekoppeld aan de elektriciteitsproductie uit wind (grootschalige projecten) en zon-pv (regionaal/lokaal, kleinere projecten). Het lijkt een logische tendens dat door de toegenomen aandacht voor waterstof meer naar integrale ketens wordt gekeken.
- 2. Veel onderzoeksprojecten over waterelektrolyse op kleinere schaal*

In subsidieprojecten wordt veel aandacht besteed aan waterelektrolyse. Dit vindt op kleinere schaal plaats van ordegrootte 0,1-1 MW waarbij de focus vooral op verbetering van de technologie ligt, zoals betere efficiëntie, minder materialengebruik, hogere flexibiliteit w.b. op- en afregelen, en productietechnologie (manufacturing). Er zijn diverse spelers op deze markt actief, vaak relatief kleine bedrijven en start-ups die soms worden overgenomen door grotere spelers. In relatie tot deze belangstelling voor waterelektrolyse worden ook testfaciliteiten ontwikkeld (bijvoorbeeld het Faraday-lab van TNO en het MW-testcenter bij EnTranCe). Qua technologie is de focus met name op PEM-elektrolyse, vooral omdat daar de onderzoeksbehoefte groter is dan bij alkalische elektrolyse die commercieel beschikbaar is. Ook is er belangstelling voor SO-elektrolyse op lager TRL-niveau.
- 3. Enkele projecten voor demo's op MW-schaal en opschaling naar GW-schaal*

Enkele projecten richten zich op de realisatie van waterelektrolyse op een schaal van 10-20 MW, waarbij het Djewels-project van Nobian/HyCC in Delfzijl het dichtst bij realisatie lijkt te staan. Er is een groot consortium onder leiding van ISPT dat een ontwerp heeft gemaakt voor elektrolyse op GW-schaal. Daarnaast zijn diverse projecten aangekondigd, variërend van 10-20 MW tot 250 MW, die in de komende jaren gerealiseerd zouden moeten worden.
- 4. Verschillende ketenprojecten op lokale schaal*

Enkele projecten gaan over de mogelijkheden om lokaal netcongestie te verhelpen door de inzet van elektrolyzers. De geproduceerde waterstof wordt voor verschillende doeleinden ingezet (gebouwverwarming, mobiliteit, kleine industrie, landbouw). Ook de opslag van waterstof wordt hierbij meegenomen, op lokale als op grote schaal.
- 5. Veel aandacht voor toepassing van waterstof in de gebouwde omgeving*

Op dit onderwerp zijn er veel projecten geweest of in uitvoering. Het betreft onder andere de ontwikkeling van verwarmingsketels op aardgas (HR-ketels) die naar waterstof worden omgebouwd of speciaal voor waterstof worden ontwikkeld, eventueel gecombineerd met warmtepompen (hybride installaties). Er zijn verschillende demo-projecten waarbij waterstof in woningen wordt toegepast in een beschermde omgeving (zoals in The Green Village in

Delft) en in de praktijk (bijvoorbeeld Rozenburg). Daarnaast worden projecten op grote schaal voorbereid in Stad aan 't Haringvliet en in Hoogeveen, waarbij het de bedoeling is dat dorpen of wijken worden omgebouwd naar waterstof. Deze ontwikkeling bevindt zich nog in de test-/demofase.

6. *Toepassing van waterstof in transport en vervoer*

Het gebruik van waterstof in deze sector is het meest ver ontwikkeld van alle toepassingen. Verschillende projecten hebben zich op de ontwikkeling en realisatie van tankstations gericht. Onderzoekswerk richt zich nu vooral op verbetering van de tankstations en de integratie met lokale opwekking van waterstof. Aan de voertuigkant ligt de focus vooral op de ontwikkeling en demonstratie van specialties die nog niet af-fabriek op waterstof worden geleverd, zoals trucks, vuilniswagens, veegwagens en kolkenzuigers. De laatste twee jaren ligt de nadruk meer op voertuigen voor de bouw en het grondverzet en de toepassing in schepen, o.a. gedreven door de stikstofproblematiek.

7. *Toepassing van waterstof in de industrie*

Projecten die zich op de toepassing van waterstof in de industrie richten zijn nog relatief schaars. Er is een paar projecten dat zich op de toepassing van waterstof in grondstoffen richt. Eind 2021 zijn enkele op de industrie gerichte projecten door RVO gehonoreerd, meer informatie daarover komt binnenkort beschikbaar. Waarschijnlijk is de toepassing van duurzaam geproduceerde waterstof gericht op de directe vervanging van grijze waterstof (geproduceerd uit aardgas) mogelijk met weinig benodigde procesaanpassingen. Meer aandacht gaat uit naar de aanpassing van in de industrie gebruikte branders voor waterstof (inzet als brandstof) en het effect op de productkwaliteit, bijvoorbeeld in de glas- en keramische industrie.

8. *Aandacht voor meten, regelen en sensortechnologie*

Er is opvallend veel aandacht voor het meten en regelen van waterstofkwaliteit en -flows, inclusief de ontwikkeling van sensortechnologie hiervoor. Ook de SBIR-regelingen van enkele jaren geleden hebben goede projecten op dit terrein voortgebracht.

9. *Goede samenwerking in publiek gefinancierde projecten*

Er wordt in de meeste projecten goed samengewerkt, vooral tussen bedrijven (MKB én grote bedrijven) en kennisinstellingen. Het HBO is de laatste jaren steeds vaker goed betrokken bij projecten. Ook ontstaan er duurzame relaties waardoor (delen van) consortia gezamenlijk vervolprojecten uitvoeren. Overigens is het niet duidelijk of deze samenwerking autonoom is of gedreven wordt door de eisen die subsidieprogramma's stellen. Waarschijnlijk is het een mix van beide effecten.

## 5. Conclusies en aanbevelingen

Binnen het waterstofdomein speelt al enkele jaren een alsmaar toenemende dynamiek. Er wordt op veel terreinen geïnnoveerd over de hele waterstofketen heen, zowel op de korte, middellange als de lange termijn. Omdat de ontwikkeling van waterstof als onderdeel van de energietransitie en als systeemoplossing van recente datum is, is het noodzakelijk om te blijven innoveren. Er is immers enorm veel te bereiken met innovatie: verlagen van de kosten, verbetering van de efficiëntie, ontwerp van robuustere systemen, minder gebruik van zeldzame grondstoffen, toepassing van circulaire grondstoffen, enzovoorts. Deze uitdagingen vereisen innovatie over een breed terrein.

Het innovatie-ecosysteem heeft zich in de afgelopen 5 jaar heel snel ontwikkeld. Alle partijen die in waterstofketens relevant zijn, doen actief mee in het domein. Dat varieert van technologieleveranciers, industriespelers, netwerkbedrijven, kennisinstellingen, maatschappelijke organisaties tot aan brancheorganisaties en overheden. In projecten en activiteiten zijn vaak veel spelers vertegenwoordigd. Dat is een goede uitgangspositie om succesvol te kunnen innoveren.

Waterstof wordt redelijk goed door het huidige instrumentarium ondersteund. Echter gegeven de enorme innovatiebehoefte enerzijds en de gewenste hoge snelheid van innoveren om op tijd werkbare en duurzame oplossingen beschikbaar te krijgen anderzijds, zijn hogere budgetten gewenst en zelfs noodzakelijk. Dat geldt onder meer voor de industrie waar de opgave zeer groot is. Dat geldt eveneens voor de integratie van waterstof in het energiesysteem, vooral de verbinding tussen offshore-windproductie enerzijds en de vraag naar waterstof in de industrie anderzijds, maar ook toepassingen in de mobiliteit, gebouwde omgeving en elektriciteitsopwekking verdienen volle aandacht. Ook de regionale integratie als manier om netcongestie te verhelpen valt hieronder.

Het huidige instrumentarium is maar deels toegerust op deze opgave. Via de MOOI-regeling wordt ruimte gegeven aan grotere, integrale onderzoeksprojecten. Voor demonstratieprojecten van waterstofproductie op grotere schaal werkt de strenge Europese regelgeving belemmerend, zoals de eis van additionaliteit in de REDII en de daarmee samenhangende bewijslast dat alleen duurzame elektriciteit wordt ingezet voor de productie van waterstof. Deze regelgeving is weliswaar ten principale correct, in de uitwerking gaat dit echter mank omdat het tot nog kostbaarder projecten leidt en de prikkel om te gaan demonstreren afwezig is. Enig pragmatisme is hier op zijn plaats omdat het immers om een tijdelijk effect gaat; als de verwachte productie van offshore wind en zon-pv op land in 2030 de voorspellingen waar maakt, zal waterstof rond die tijd noodzakelijk zijn om de elektriciteit volledig in het systeem op te nemen.

Daarnaast signaleren we dat het instrumentarium verschaald is, omdat specifieke oplossingen die zich op een beperkt deel van het innovatiedomein richten, zoals sensortechnologie om waterstofkwaliteiten en -flows te meten, niet goed hierin passen. Een ander relevant thema is veiligheid dat ook moeilijk past in bestaande regelingen. Ook op dit terrein zijn innovaties nodig

die een groot effect kunnen hebben op de realisatie en implementatie van waterstofprojecten. TKI Nieuw Gas heeft gepoogd om dit hiaat op de korte termijn op te vullen via o.a. een waterstofftechnologie-regeling die 29 aanvragen heeft opgeleverd, waarvan uiteindelijk 13 zijn gehonoreerd (zie H3 voor details van de regeling en de gehonoreerde projecten). De belangstelling en behoefte bij 'innovators' is er dus zeker. Ook ondersteunt het TKI een breed veiligheidsprogramma via haar PPS-toeslag, evenals het HyDelta-programma dat zich op infrastructurele activiteiten en waterstoftoepassingen richt (zie 2.10 en 2.11).

Qua innovatiethema's is de spreiding over onderwerpen momenteel behoorlijk goed. Wel signaleren we dat de toepassing van waterstof in de industrie en de daarvoor eventueel benodigde aanpassingen en vernieuwingen in processen achter blijven. Ook worden, vanwege de ketenbrede ontwikkeling van waterstof, steeds nieuwe onderwerpen belangrijk. De volgende thema's behoeven in de nabije toekomst (meer) aandacht:

- Er is veel belangstelling voor import en er is behoefte aan ketenstudies die kosten, milieubelasting, technologie, veiligheid en sociale aspecten verkennen.
- Certificering en de handel in waterstof zijn ook voorbeelden van niet-technische thema's die relevant zijn, evenals inzicht in de prijsvorming van waterstof en de gevolgen daarvan voor de inzet in de Nederlandse economie. Welke rol kan significante eigen productie hierin spelen?
- In relatie met de vorige twee onderwerpen is het ook van belang om inzicht te krijgen in de geografische/-politieke aspecten m.b.t. waterstofimport en de consequenties voor de toekomstige leveringszekerheid.
- Opslag, variërend van kleinschalig (bijvoorbeeld bij tankstations) tot grootschalig (in zoutcavernes), spelen een steeds grotere rol om vraag, aanbod en beschikbaarheid goed te kunnen matchen. Inzicht is nodig in de mogelijkheden, kosten, veiligheidsaspecten etc.
- Er zijn veel vragen over vormen waarin waterstof over grotere afstanden te transporten zoals vloeibaar waterstof ammoniak en LOHC's (liquid organic hydrogen carriers) en hoe die optimaal in het waterstofsysteem passen en tegen welke kosten.
- Wat betreft elektrolyse, zowel on- als offshore, is continue aandacht vereist om de technologie verder te ontwikkelen en optimaliseren. Dit geldt voor de verschillende opties, zoals PEM-elektrolyse, alkalische elektrolyse en SO-elektrolyse.
- Gebruik van de infrastructuur voor waterstof heeft aandacht. Dit geldt voor nieuwe waterstofinfra, ombouw van bestaande (gas)infra, en voor vervoer over weg, spoor en water. Hier spelen naast technische ook maatschappelijke aspecten (acceptatie, veiligheid, impact).

Het TKI Nieuw Gas wil in 2022 de innovatieagenda voor waterstof, die in 2020 is gepresenteerd, actualiseren. In deze agenda zal ook uitgebreid worden ingegaan op de innovatiebehoefte van waterstof. Het pleidooi hier is in ieder geval dat het wenselijk is om het instrumentarium aan te passen zodat enerzijds ruimte komt voor onderwerpen die nu niet passen (zoals de hierboven genoemde voorbeelden) omdat ze zich slechts op een beperkt onderdeel richten. Daarnaast is het pleidooi om meer ruimte te maken voor demonstratieprojecten op grotere schaal zodat duurzame waterstof in de komende 5 jaar definitief een positie verwerft in, en bijdraagt aan, de energietransitie.