

Deze Staalkaart is gemaakt in opdracht van de Samenwerkende Energieloketten Foodvalley en bedoeld ter informatie voor woning-eigenaren, VvE's en wijkinitiatieven. Het doel is een beknopt overzicht van de (on)mogelijkheden en huidige stand van de technologie te geven.

Inhoud

Over waterstof	2
Mogelijke toepassingen	3
Wanneer waar toepassen?	6
Voorbeelden verwarming woningen.....	8
Goeree-Overflakkee	9
Hoogeveen.....	9
Rotterdam – Power2Gas	9
Wageningen – h2h.....	10
Zutphen – GldH2	10
Referenties & meer informatie.....	11

Cyrus Smith in Jules Verne's "het geheimzinnige eiland" (1874) geloofde er al in:

... Ja, vrienden, ik geloof dat het water eenmaal tot brandstof zal dienen, dat waterstof en zuurstof, waaruit het bestaat, alleen of verbonden, een onuitputtelijke bron van warmte en licht zullen verschaffen, van groter kracht dan steenkolen. Niets is dus te vreezen. Zoolang deze aarde bewoond zal zijn, zal zij in de behoefte van hare bewoners voorzien en het zal hun nooit aan licht noch warmte ontbreken, evenmin als het hun zal ontbreken aan voortbrengselen van het planten-, dieren- of delfstoffenrijk. Ik geloof dus dat, wanneer de kolenlagen uitgeput zullen zijn, men water zal stoken en er zich mede verwarmen. Het water is de steenkool der toekomst...

Chris Hellinga, Sustainability Program Manager verbonden aan de afdeling Process & Energy van de TU Delft:

- *We moeten alle mogelijkheden voor een snelle warmtetransitie benutten*
- *Er is geen 'beste' optie voor alle situaties*
- *Waterstof is een onmisbare schakel in de warmte transitie.*

Toegespitst op woningen ziet Chris voor waterstof vooralsnog vooral toepassingen op het platteland, in wijken met grotere afstanden tussen de woningen waar warmtenetten niet mogelijk zijn, in oude binnensteden en voor woningen die slecht te isoleren zijn en waarvoor lage temperatuurverwarming niet goed mogelijk is.

(Bron [h2h.nu](https://www.h2h.nu), september 2019)

De informatie in dit document is met de grootst mogelijke zorgvuldigheid tot stand gekomen. Aan deze informatie kunnen echter geen rechten worden ontleend.

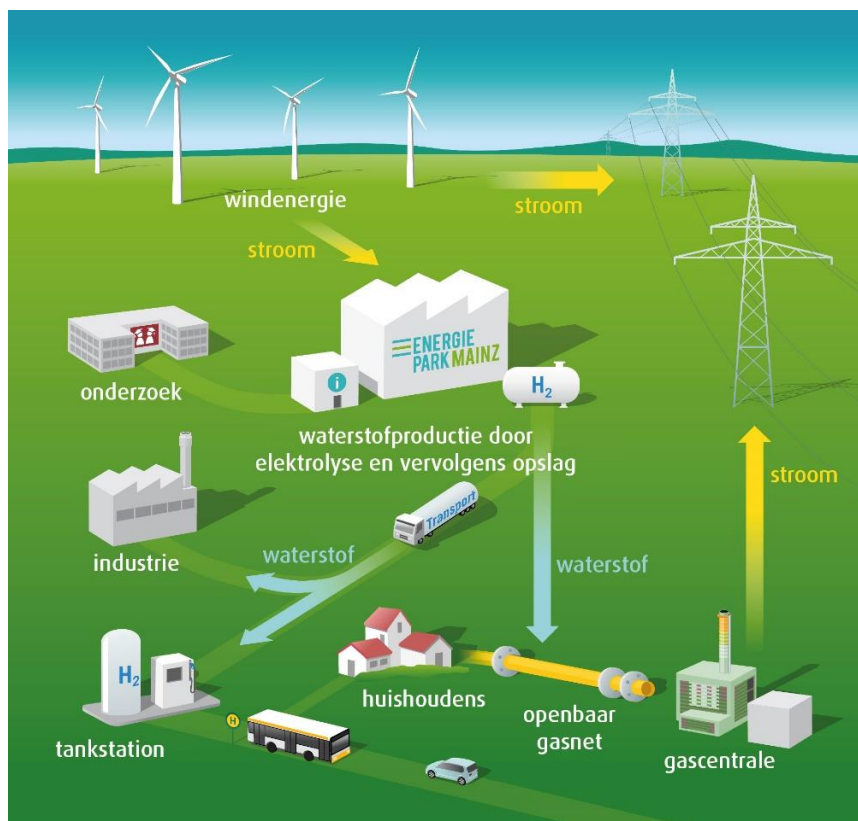
Over waterstof

Ook al was Jules Verne erg enthousiast, de discussie over de mogelijkheden voor opschaling van (duurzaam) geproduceerde waterstof en inzet voor verwarming van woningen kent nog vele voor- en tegenstanders. Een van de uitdagingen is ook om de kosten van de productie en toepassing van waterstof omlaag te krijgen. Tot nu is opslag en transport (energetisch) kostbaar, want waterstof moet óf sterk gekoeld óf onder hoge druk vervoerd worden.

Nederland produceert jaarlijks circa 9,2 miljard m³ (~0,8Mton) waterstof, grotendeels voor industrieel gebruik. Waterstof wordt nu voornamelijk geproduceerd uit fossiele bronnen en leidt tot de uitstoot van circa 12,5 Mton CO₂ per jaar.

Bij de verbranding van waterstofgas ontstaat echter uitsluitend waterdamp, zodat er geen CO₂ of luchtvervuilende stoffen als koolmonoxide, stikstofoxiden en fijnstof vrijkomen.

Een deel van de waterstof wordt direct gebruikt na opwekking, voornamelijk in chemische processen. Hieronder in schema hoe productie en vervoer plaats kan vinden:



(bron: deingenieur.nl)

De informatie in dit document is met de grootst mogelijke zorgvuldigheid tot stand gekomen. Aan deze informatie kunnen echter geen rechten worden ontleend.

Waterstof kan op duurzame en niet-duurzame manieren worden geproduceerd.

Soort productie	
Grijs	Gemaakt met fossiele brandstoffen, circa 90% daarvan is aardgas.
Blauw	Gemaakt uit aardgas met 100% CO ₂ -opslag.
Groen	<p>Dit gebeurt door water met duurzaam opgewekte elektriciteit via elektrolyse te scheiden in zuurstof en waterstof. De energie die er in gestopt is, kan via oxidatie (verbranding) er (deels) weer uit gehaald worden:</p> <div style="text-align: center;"> <p>Electrolyse Electrolyser</p> <p>→</p> $2 \text{H}_2\text{O} + \text{Energy} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ <p style="text-align: center;"> Vloeibaar Electriciteit Gas Gas </p> <p>←</p> <p>Oxidatie Brandstofcel</p> <p>(bron: duurzaamgebouwd.nl)</p> </div>

Certificering is nodig zodat we kunnen herkennen of de waterstof grijs, blauw of groen is.

Mogelijke toepassingen

Hieronder volgt een beknopt overzicht van de toepassingsgebieden van waterstof op moment van schrijven. Het hoofdstuk hierna beschrijft enkele voorbeelden van projecten rondom verwarmen van woningen.

Waar	
 <p>onderzoek</p>	<p>Onderzoek en (pilot)projecten naar grootschalige productie en toepassing van waterstof anders dan in de industrie zijn volop in gang gezet. In 2018 waren er ruim 100 onderzoeken c.q. initiatieven in de industrie, vervoer, de gebouwde omgeving en de elektriciteitsopwekking.</p> <p>Sommige projecten zijn ingebed in grootschalige EU projecten, zoals The Green Village van de TU Delft met de Waterstofstraat of een landelijk innovatieprogramma zoals TKI Nieuw Gas.</p> <p>Een ander project is Waterstofcluster van Kiemt voor de regio Gelderland /Overijssel.</p> <p>Een lokaal project geïnitieerd door burgers zelf is h2h, te vinden in Wageningen.</p>
 <p>industrie</p>	<p>Van de commercieel beschikbare waterstof gaat het overgrote deel naar de industrie voor productie van ammoniak en het opwaarderen van brandstoffen bij raffinaderijen.</p>
 <p>tankstation</p>	<p>Van de enkele waterstofauto's die op dit moment te koop zijn in Nederland ligt aanschafprijs rond de € 55-80.000 en deze hebben een actieradius van 500-600 km. De brandstofkosten per km zijn vergelijkbaar met die van een benzineauto. Wat dit laatste aspect betreft kan de waterstofauto nog niet concurreren met de elektrische auto. En in het kader van het milieu al helemaal niet als de waterstof grijs geproduceerd is en de stroom groen.</p> <p>Een goed netwerk om te tanken is ook belangrijk voor acceptatie. Volgens het H2 Platform is het nu al mogelijk om op waterstof van Noorwegen naar Italië te rijden. Zo heeft Duitsland nu 74 tankstations, tegenover Nederland 6. Wel zijn er plannen voor uitbreiding naar zo'n 20 locaties in 2020. Op h2platform is een overzicht gemaakt van de in gebruik genomen tankstations.</p>

Waar



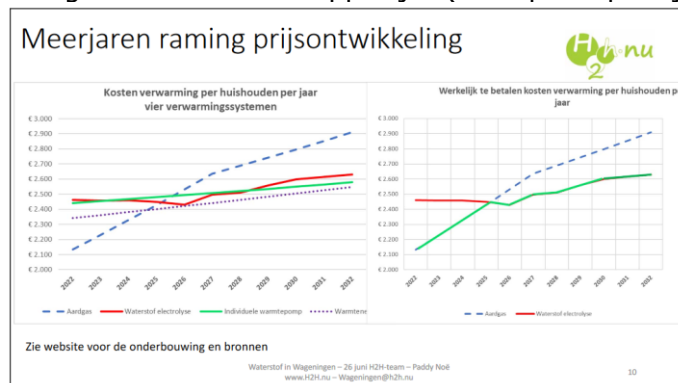
Ontwikkelingen en discussies over toepasbaarheid voor verwarmen van woningen en gebouwen met waterstof zijn nog volop aan de gang in Nederland.

Voor 1 m³ aardgas is 3 m³ waterstof nodig om dezelfde warmte te leveren als aardgas geeft bij verbranding.

Uit een pilotproject van Stedin (zie bij de voorbeelden) blijkt dat het gasnet al geschikt is voor het transport van waterstof. Op de plekken waar onderhoud/vervanging nodig is na. De eerste waterstof CV-ketels zijn ook al gemaakt.

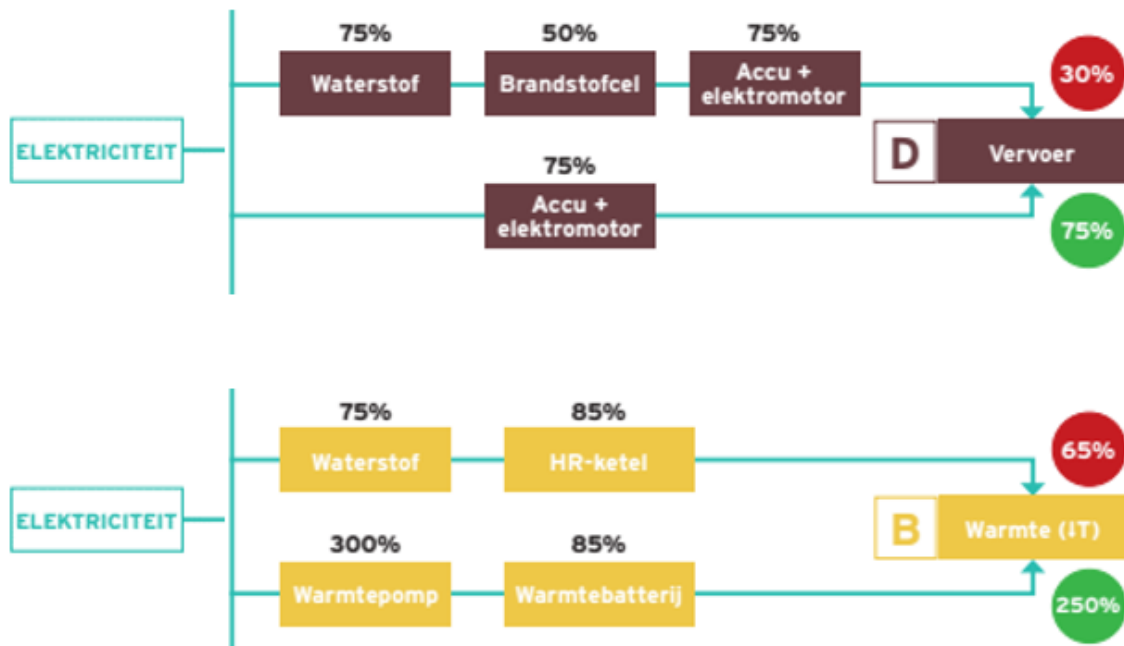
Niet alleen moet onderzocht worden of het kan en hoe, maar ook moet de prijs van ketels en (productie van) waterstof vergelijkbaar en rendabel worden met die van (aard)gas.

H2h.nu heeft de prijsontwikkeling onderzocht van verschillende warmtesystemen en komt tot de conclusie dat de kosten van verwarmen met waterstof over vier jaar vergelijkbaar zullen zijn met een individuele warmtepomp of via een warmtenet (linkergrafiek) en beduidend goedkoper dan verwarmen op aardgas (rechtergrafiek). Aardgas is de blauwe stippellijn. (klik op het plaatje voor meer info).



Hieronder wordt de efficiëntie van waterstof vergeleken met elektrisch rijden en verwarmen via een warmtepomp. Het uiteindelijk rendement is voor waterstof in beide gevallen ruwweg 3x slechter.

De informatie in dit document is met de grootst mogelijke zorgvuldigheid tot stand gekomen. Aan deze informatie kunnen echter geen rechten worden ontleend.



Wanneer waar toepassen?

Op 30 maart 2020 publiceerde Wiebes in het kader van het Klimaatakkoord de **Kabinetsvisie op Waterstof**. Met deze visie wil het kabinet het belang van de ontwikkeling van duurzame waterstof en de unieke uitgangspositie van Nederland onderstrepen. Tevens geeft Wiebes argumenten om "gas" te geven op de duurzame productie van waterstof. In het Klimaatakkoord is immers voor waterstof een stevige ambitie opgenomen, gedragen door een grote en brede groep stakeholders. Industriële clusters en havens zien waterstof als een onmisbaar onderdeel van hun toekomst en verduurzamingsstrategie. Voor de transportsector is waterstof (in combinatie met brandstofcellen) cruciaal voor het bereiken van zero-emissie vervoer. De agrarische sector ziet kansen voor de productie van waterstof en voor het gebruik ervan; steden, regio's en provincies willen met waterstof aan de slag.

Maar zo lang waterstof niet in voldoende hoeveelheden groen geproduceerd kan worden, zullen toepassingen gekozen moeten worden die het meeste verduurzaming (besparing op CO₂) opleveren.

Natuur en milieu heeft in mei 2020 een **Waterstofladder** gepresenteerd, een stappenplan om regio's te helpen met de inzet van waterstof bij hun regionale energiestrategie:

WATERSTOFLADDER

😊 ESSENTIEEL	🙂 BELANGRIJK	😐 MOGELIJK	😞 BEPERKT	😓 GERING
<p>Dit zijn de meest prioritaire toepassingen van waterstof, waar op termijn geen duurzame alternatieven voor zijn.</p>	<p>De alternatieven, die op termijn beschikbaar komen, zijn in de meeste gevallen niet meer geschikt dan waterstof.</p>	<p>De alternatieven die op termijn beschikbaar komen, kunnen in gevallen meer geschikt zijn dan waterstof, in andere gevallen zal waterstof de meest geschikte toepassing zijn.</p>	<p>De alternatieven die op termijn beschikbaar komen, zijn in de meeste gevallen meer geschikt dan waterstof.</p>	<p>Voor deze toepassingen bestaan al geschikte duurzame alternatieven.</p>
<p>Toepassing</p>	<p>Toepassing</p>	<p>Toepassing</p>	<p>Toepassing</p>	<p>Toepassing</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1 Grondstof productie kunstmest 2 Zeer hoge temperatuur industriële proceswarmte 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Grondstof in plastic- en staalindustrie ter vervanging van fossiele grondstof 2 Balansfunctie energie-infrastructuur (bufferfunctie) 3 Intercontinentaal vliegen en varen 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Niche gebouwde omgeving 2 Binnenvaart 3 Continentaal vliegen 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Hoge temperatuur industriële proceswarmte 2 Internationaal wegvervoer 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Lage temperatuur industriële proceswarmte 2 Verwarmen, douchen, koken 3 Regionaal en nationaal wegvervoer 4 Treinen, regionale bussen, personenvervoer
<p>Mogelijke alternatieven</p>	<p>Mogelijke alternatieven</p>	<p>Mogelijke alternatieven</p>	<p>Mogelijke alternatieven</p>	<p>Mogelijke alternatieven</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1 Geen alternatief 2 Geen reële grootschalige alternatieven 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Recycling 2 Batterijopslag; Netverzwaringen; Afschakelen hernieuwbare productie 3 Geen grootschalige alternatieven 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Elektrisch verwarmen, warmtenetten 2 Elektrische scheepvaart 3 Elektrisch vliegen, trein 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Hoge temperatuur warmtepompen 2 Elektrisch vervoer 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Elektrisch verwarmen 2 Elektrisch verwarmen 3 Elektrisch vervoer 4 Elektrisch vervoer

Hierin is te zien dat toepassing in woningbouw op plek 3 komt.

De informatie in dit document is met de grootst mogelijke zorgvuldigheid tot stand gekomen. Aan deze informatie kunnen echter geen rechten worden ontleend.

Regio Zeeland heeft ook een afweging voor toepassing van waterstof gemaakt in haar **Regionaal Energieakkoord**, daarin staat toepassing binnen de gebouwde omgeving op plek 4:



Op nationaal niveau is het **Nationaal Waterstof Programma** opgezet. Het doel van het programma is om in Nederland vorm te geven hoe beleid en toepassingen worden ingezet om waterstof op verschillende locaties in Nederland in te zetten. De gebouwde omgeving valt hier ook onder met specifieke **pilots** die tussen 2020 en 2025 zullen worden voltooid.

Daarnaast is vanuit de Green Deal een onderzoek opgestart naar de mogelijkheden van verwarming van woningen met behulp van waterstof. Hiervoor gaan ze op de korte termijn 2 pilots beginnen om de realisatie en exploitatie van waterstofwijken in kaart te brengen. Meer informatie over de start van dit onderzoek is te lezen op [greendeals/green-deal-h2-wijken](#).

Voorbeelden verwarming woningen



Hoewel toepassing van waterstof binnen de gebouwde omgeving niet op de eerste plaats staat, wordt er al wel op verschillende plekken mee geëxperimenteerd.

De informatie in dit document is met de grootst mogelijke zorgvuldigheid tot stand gekomen. Aan deze informatie kunnen echter geen rechten worden ontleend.

Goeree-Overflakkee

Onderzoek van Stedin en Kiwa laat zien hoe het **gasnet** van het dorp Stad aan 't Haringvliet met circa 600 woningen vlot, veilig en met zo min mogelijk overlast voor de bewoners over kan op waterstof. Het plan voor Stad aan 't Haringvliet komt voort uit het Convenant Groen Waterstofeconomie Zuid-Holland: proeftuin Energy Island Goeree-Overflakkee. Hierin onderzoeken verschillende partners de mogelijkheden voor waterstof in Zuid-Holland.

Op **11 september 2019** werd in dezelfde stad een **nieuwbouwwoning** op waterstof geopend, een **initiatief** van projectontwikkelaar Wonen op Flakkee. Met een omkeerbare brandstofcel en speciale boiler draait deze waterstofwoning alle seizoenen op groene energie.

Hoogeveen

Met het project **Waterstofwijk** Hoogeveen wordt een blauwdruk ontwikkeld voor het verwarmen van huizen met een CV-ketel die draait op waterstof. Dit wordt voor het eerst zichtbaar in 2020 op de locatie Nijstad-Oost met de bouw van 80 woningen op basis van warmtevoorziening door waterstof. De aangrenzende wijk Erflanden kan daarna volgen. Het project is nog pas in de planfase. Het volgende voorbeeld is al een behoorlijk aantal stappen verder.

Rotterdam - Power2Gas

In het ketelhuis van een appartementencomplex in Rozenburg met 25 woningen werden de eerste waterstof CV-ketels in Nederland geïnstalleerd.



Power2Gas-installatie in Rozenburg met de waterstofinstallatie (blauwe containers) en het appartementencomplex (links) dat met waterstof wordt verwarmd.

Het huidige gasnet kan geschikt gemaakt worden voor waterstof en waterstof CV-ketels zijn inmiddels de eerste van ontwikkeld.

Allereerst is de leiding met stikstof 'gespoeld' en op druk gezet. Daarna is de leiding gevuld met 100% waterstof. Na een test van 24 uur was de druk in de leiding ongewijzigd en werd de gasleiding akkoord bevonden om in bedrijf te nemen.

De informatie in dit document is met de grootst mogelijke zorgvuldigheid tot stand gekomen. Aan deze informatie kunnen echter geen rechten worden ontleend.

Het ketelhuis onder het appartementencomplex is in het voorjaar van 2019 verbouwd en waterstofketels zijn geïnstalleerd en gedemonstreerd.



De drie HR-ketels op 100% waterstof van: Gasterra, Bekaert Heating en Remeha.

Meer informatie zie [Power2gas](#) en [Factsheet power2gas](#).

Hygro

Hygro is een startup die een technologie heeft ontwikkeld om waterstofopslag direct bij windmolens mogelijk te maken. Windmolens schakelen nu vaak uit bij hoge winden, omdat de elektriciteitskabels van het net de hoeveelheid stroom niet aankunnen. Als oplossing wil Hygro direct met elektrolyse de energie opslaan in waterstof. Eind 2021 hopen ze dat de eerste waterstofwindmolen op het Wieringermeer staat en er staan nog 5 anderen op de planning. Meer informatie staat op een [blogpost van de Triodosbank](#) en op [Hygro.net](#)

Wageningen - h2h

Een initiatief van burgervrijwilligers dat samen met de gemeente en Alliander kijkt naar de mogelijkheid van verwarmen op groen waterstof (zie [h2h.nu](#) en [h2h.nu/faq](#)).

Een kansrijke buurt voor een pilot is bijvoorbeeld in de buurt van Het Marin, dat al waterstof in voor het eigen onderzoekslab – Zero Emission Lab – koopt. Daar wordt de voortstuwing van schepen met behulp van waterstof onderzocht. Marin wil met hen de mogelijkheden bekijken om de waterstof op eigen terrein te produceren, met behulp van de groene stroom van de zonnepanelen op de daken van Marin. Het waterstof kan dan mogelijk ook gebruikt worden voor het verwarmen van de eigen gebouwen.

Momenteel zijn voor verschillende wijken het verbruik in kaart gezet en zijn ze nu bezig met subsidie verkrijgen. De huidige ontwikkelingen van dit project zijn te vinden op [h2h.nu/projecten](#).

Eén van de [ideeën](#) is nu om zelf in een Electrolyser waterstof op te wekken met behulp van groene stroom.

Zutphen - GldH2

De eerste waterstofcoöperatie van Nederland, [GldH2](#), wil een ondergronds waterstofnetwerk aan leggen in Zutphen. GldH2 wil waterstof produceren en gebruiken in de bebouwde omgeving, de industrie, voor een tankstation en voor bussen en treinen.

Het historische centrum van Zutphen bestaat uit gemeentelijke- en rijksmonumenten, warmtepompen zijn hier geen optie en zonnepanelen op deze woningen zijn niet

De informatie in dit document is met de grootst mogelijke zorgvuldigheid tot stand gekomen. Aan deze informatie kunnen echter geen rechten worden ontleend.

toegestaan. Men wil starten met een test in 50 gerenoveerde en geïsoleerde panden. Voor het Apeldoornse bedrijf Remeha wordt dit een belangrijke testcase voor de eerste serie cv-ketels op waterstof.

GldH2 wil het hele proces CO₂-vrij organiseren. De toekomstige waterstoffabriek op industrieterrein de Mars draait hoofdzakelijk op zonnepanelen en windmolens uit de omgeving en zal het beginpunt zijn van een ringleiding voor waterstof.

Referenties & meer informatie

Nederlandse waterstofprojecten

H2 Platform

natuurenmilieu.nl/themas/kenniscentrum/waterstof/ en

natuurenmilieu.nl/themas/energie/projecten-energie/wanneer-waterstof/
topsectorenergie.nl/tki-nieuw-gas

Routekaart Waterstof maart 2018 - TKI Nieuw Gas

Solid Hydrogen doet onderzoek naar efficiëntere waterstofopslag

Den Helder voert pilotprojecten met aardgas en waterstof

nationaalwaterstofprogramma.nl

Buitenland

Waterstof voor vlieg- e.a. verkeer

De Deense luchthaven Copenhagen Airport wil samen met grote bedrijven uit de scheepvaart, luchtvaart en energiesector een waterstofpark opzetten. Eind 2030 moet daar 250.000 ton duurzame brandstof voor schepen, vliegtuigen en vrachtwagens gemaakt worden. Stroom om groene waterstof te maken komt van omliggende windparken rond Denemarken.