

Waterstofvisie en strategie

De rol van waterstof in de energie- en grondstoffentransitie in Zuid-Holland 2030 (-2050)



provincie **HOLLAND**
ZUID

Afwegingskader voor inzet van provinciale menskracht en middelen voor interne en externe samenwerking in de waterstofwaardeketen in de Collegeperiode van 2020-2023.

Opgesteld door: organisatiebreed provinciaal Kernteam Waterstof. In geest van het landelijk en Rotterdams Klimaatakkoord, op basis van extern advies en second opinion.

Inhoudsopgave

1 Inleiding en aanleiding	2
2 De rol en potentie van groene waterstof in het toekomstige energie- en grondstoffensysteem	4
3 Zes prioriteiten voor de ontwikkeling van een groene waterstofeconomie in Zuid-Holland	7
Aanbod van waterstof	7
1. Ontwikkeling van groene waterstofproductie	7
2. Logistieke functie van de haven voor import en doorvoer van waterstof	8
Waterstofinfrastructuur	9
3. Ontwikkeling van een open toegankelijke waterstofinfrastructuur	9
Kanttekening bij waterstof als energiedrager	9
Vraag naar waterstof	10
4. Waterstof als grondstof en aanvullend als energiedrager voor de industrie	10
5. Waterstof als energiedrager voor mobiliteit: zwaar vervoer, lange afstanden, schoon en duurzaam	10
6. De rol van waterstof in het energiesysteem: bufferen en balanceren	11
4 Inzet, middelen en organisatie	13
1. Regionaal waterstofprogramma opstellen samen met relevante stakeholders	13
2. Randvoorwaarden creëren vanuit provinciale kerntaken	14
Zorg dragen voor goede ruimtelijke ordening	14
Ontwikkelen van kennis en beleid ten aanzien van milieu en externe veiligheid	14
3. Faciliteren van praktijkprojecten: pilots, demo's en implementatie	15
4. Onderzoeken voor de lange termijn mede financieren en uitvoeren	16
5. Ondersteunende en flankerende activiteiten	18
Actieve kennisdeling organiseren over waterstof vanuit de pilots en demonstratieprojecten	18
De nationale- en internationale samenwerkingsmogelijkheden benutten	19
6. Investeren in toekomstige werkgelegenheid in een waterstofeconomie	20
5 Bronnen	21
6 Bijlagen	23
Bijlage 1: Beschikbare middelen van de provincie Zuid-Holland	23
Bijlage 2: Analyses	24
Bijlage 2.1: Analyse soorten waterstof	24
Bijlage 2.2: Analyse Infrastructuur	26
Bijlage 2.3: Analyse Industrie	27
Bijlage 2.4: Analyse Mobiliteit	28
Bijlage 2.5: Analyse Systeemfunctie	29
Bijlage 2.6: Analyse Gebouwde Omgeving	29
Bijlage 2.7: Analyse Glastuinbouw	33

1 Inleiding en aanleiding

Zuid-Holland staat, net als andere regio's en landen, voor een omvangrijke uitdaging: de energievoorziening en de economie richting 2050 circulair transformeren en baseren op hernieuwbare en schone energie. Met deze energie- en grondstoffentransitie kan onze regio optimaal bijdragen aan de emissiereductiedoelstellingen van broeikasgassen als methaan en koolstofdioxide. Met het vooruitzicht op een duurzame wereldmarkt ligt in deze transitie ook een kans om de regionale economie en de energiehaven van Rotterdam toekomstbestendig en concurrerend te houden. Het terugdringen van fossiele brandstoffen zorgt lokaal bovendien voor een betere luchtkwaliteit.

Waarom waterstof?

In het Klimaatakkoord van Parijs (2015) en het Nederlands Klimaatakkoord (2019) is een tijdpad vastgesteld: 49% minder CO₂-uitstoot in 2030 ten opzichte van de uitstoot in 1990. Oplopend naar 95% minder CO₂-uitstoot in 2050 ten opzichte van 1990. Om deze doelstellingen te bereiken, moet de energiewereld opnieuw ingericht worden – gebaseerd op een combinatie van groene elektronen, groene moleculen en groene warmte. Deze basisgedachte vindt steeds meer weerklank. (Gasunie & Tennet, 2019; IEA, 2019; Klimaatakkoord, 2019).

We kunnen onze grote energiebehoefte niet alleen oplossen met elektrificatie en warmte. Energieopslag in batterijen is bijvoorbeeld relatief kostbaar om periodes van weken, maanden en jaren te overbruggen. Uit hernieuwbare energie van wind en zon kan met elektrolyse groene waterstof worden geproduceerd. Deze duurzame waterstof verhoogt de toepassing van hernieuwbare energiebronnen, onder andere door de ongelijkheid op te vangen tussen vraag en aanbod in plaats, tijd en aard.

Groeiende aandacht voor waterstof

De aandacht voor waterstof als een van de energiedragers in de energietransitie neemt de laatste jaren een grote vlucht. Zo adviseert het International Energy Agency aan de G20 – de negentien grootste landen in de wereld en de Europese Unie – om industriehavens wereldwijd te ontwikkelen tot waterstof-hubs (IEA, 2019). Ook de 'Green Deal' van de Europese Unie (2019) besteedt aandacht aan schone waterstof voor de industrie, mobiliteit en het transporteren van duurzame energie. En het Nederlandse Klimaatakkoord (juni, 2019) voorziet belangrijke rollen voor duurzaam geproduceerde waterstof in de energie- en grondstoffentransitie. Dit landelijke akkoord kondigt een programmatische aanpak aan met regionale deelprogramma's voor de ontwikkeling van de waardeketen van aanbod, infrastructuur en vraag. Zodoende is waterstof in beeld bij alle vijf sectoren van het Klimaatakkoord: Elektriciteit, Industrie, Mobiliteit, Gebouwde Omgeving en Landbouw & Landgebruik.

Missie en werkwijze provincie Zuid-Holland

De provincie Zuid-Holland heeft als doel om de CO₂-uitstoot terug te dringen. Het ontwikkelen van een groene waterstofeconomie is hierin een middel: goed voor het klimaat en goed voor de economie. Deze waterstofvisie is geschreven om inzichtelijk te maken waarom en hoe de provincie werkt aan een groene waterstofeconomie, zoals beschreven in het coalitieakkoord van Zuid-Holland (2019-2023). De provincie Zuid-Holland stimuleert een groene waterstofeconomie. Om te beginnen door in de opstartfase projecten en onderzoeken te faciliteren. Daarnaast wil de provincie samenhang creëren door partijen te verbinden met een regionaal waterstofprogramma. Want het aanbod, de vraag en de infrastructuur voor waterstof moeten in samenhang gestimuleerd worden om een effectief waterstofsysteem van de grond te krijgen.

Verantwoording

De provincie faciliteert en verbindt projecten, onderzoeken en partijen in het regionale waterstofprogramma. Deze twee rollen van de provincie sluiten aan bij de doelstellingen *Schone Energie voor Iedereen* van het Zuid-Hollandse Coalitieakkoord (2019-2023) en het bijbehorende uitvoeringsprogramma (2020-2023). Deze waterstofvisie en strategie zijn het resultaat van een organisatiebrede aanpak. Gebaseerd op het Nederlandse Klimaatakkoord (2019), het externe advies aan de provincie Zuid-Holland *Naar een groene waterstofeconomie in Zuid-Holland: een visie voor 2030* (2019), de *Second Opinion* op dit externe advies van TNO.ECN en Topsector Energie (Weeda & Gigler, 2019). Daarnaast is het gebaseerd op andere beschikbare literatuur over de rol van waterstof in de grondstoffen- en energietransitie, zoals het Rotterdams Klimaatakkoord (2019) en *In drie stappen naar een duurzaam industriecluster: Rotterdam-Moerdijk in 2050* (2018).

Leeswijzer

De visie licht in hoofdstuk 2 toe waarom de provincie meewerkt aan het ontwikkelen van een groene waterstofeconomie in Zuid-Holland. In hoofdstuk 3 volgt de onderbouwing waar de provincie haar prioriteiten legt. Hoofdstuk 4 laat zien hoe de provincie Zuid-Holland de waterstofeconomie gaat bevorderen in de huidige coalitieperiode (2019-2023) en welke middelen zij daarvoor beschikbaar stelt. In de bijlagen staan analyses over de rol die waterstof kan gaan spelen in de verschillende sectoren volgens o.a. het externe advies, de Second Opinion daarop en het Klimaatakkoord.

2 De rol en potentie van groene waterstof in het toekomstige energie- en grondstoffensysteem

We zijn op weg naar een duurzaam energiesysteem in 2050. De economie en het energiegebruik van Zuid-Holland zijn nu gebouwd op fossiele energie. Op dit moment groeit de internationale markt van hernieuwbare energie en dalen de kosten van wind- en zonne-energie. Ook is de verwachting dat landen met veel zonne- of windenergie op termijn hernieuwbare energie gaan exporteren. Voor het verhandelen van al deze hernieuwbare energie is een geschikte energiedrager nodig. Een middel dat zich veilig, makkelijk en grootschalig laat transporteren over weg, water en via leidingen. Waterstof is een interessante optie. Met name wanneer alle waterstof groen geproduceerd wordt op basis van hernieuwbare energie via bijvoorbeeld water-elektrolyse.

Waterstof krijgt een sleutelrol in de energie- en grondstoffentransitie (Weeda & Gigler, 2018; van Wijk et al., 2019; IEA, 2019; Klimaatakkoord, 2019). Want waterstof kan systeemfuncties invullen, zoals aardgas dat doet in de huidige situatie. Nu gebruiken we aardgas om de piekvragen van de elektriciteitsvoorziening en vrijwel de gehele warmtevoorziening in te vullen. Waterstof is een duurzaam alternatief voor deze buffer- en balanceerfunctie. Dankzij langdurige opslag van duurzame energie en grootschalig transport blijft het energiesysteem robuust en betrouwbaar. Verder kan met waterstof het gasnetwerk worden hergebruikt en zijn er mogelijkheden tot systeemintegratie van wind-op-zee. Dit alles biedt perspectief om de uitbreiding en ruimteclaim van het elektriciteitsnetwerk te beperken. Relativering van de toekomstige rol van waterstof is hier wel op zijn plaats. Want waterstof is een optie in het moleculen-veld, maar er zijn nog meer potentiële hernieuwbare gassen, zoals groen gas.

Randvoorwaarden voor productie en toepassing van groene waterstof

In Zuid-Holland gaat de provincie zich samen met regionale partners inspannen om 1-2 Gigawatt (GW) elektrolysecapaciteit in Zuid-Holland/Rotterdam te realiseren in 2030. Hiermee wordt invulling geven aan de landelijke doelstelling van 3-4 GW (Klimaatakkoord, 2019). Deze opschaling van groene waterstofproductie voor 2030 is een uitdaging. Praktisch gezien is de haalbaarheid van deze plannen een uitdaging omdat de water-elektrolyse systemen nog flinke kostendalingen moeten doormaken. Ook moet er voldoende hernieuwbare energie beschikbaar komen, met name via wind- en zonneparken op zee. Bovendien is het direct inzetten van hernieuwbare elektriciteit in de gebouwde omgeving, industrie en mobiliteit logischer vanwege de hoge kwaliteit van groene waterstof en de energieverliezen bij het omzetten van elektriciteit naar waterstof (40% verlies met huidige technieken, 30% met verwachte technieken in 2030; Weeda & Gigler, 2019).

Een heldere voorwaarde om waterstof te produceren en te gebruiken is dat het CO₂-emissies reduceert. Daarnaast wordt waterstof bij voorkeur niet ingezet voor doeleinden die zich op een andere duurzame manier laten invullen. Ten slotte is onderzoek nodig naar hergebruik van de vrijkomende warmte bij de elektrolysesystemen voor lagetemperatuurwarmte-processen (60-80 graden Celsius; vanaf nu LT) (Via Parijs, 2019; van Wijk et al., 2019; Gigler & Weeda, 2019).

Starten met grijze waterstof

Op dit moment wordt uit aardgas en stoom grijze waterstof geproduceerd. Dit dient als grondstof voor de industrie en als energiedrager voor mobiliteit. Bij de afwezigheid van betaalbare blauwe of groene waterstof wordt nu grijze waterstof gebruikt voor de test- en opstartfase van nieuwe toepassingen. Bij de productie van blauwe waterstof (met aardgas en stoom) wordt de vrijkomende CO₂ afgevangen. Deze productievariant is een noodzakelijke stap, zodat de industrie in Zuid-Holland en met name Rotterdam aan de klimaatdoelstellingen van 2030 kunnen voldoen. Blauwe waterstof kan zorgen dat waterstoftoepassingen in de industrie en mobiliteit zich verder ontwikkelen en dat er voor 2030 behoefte is aan een grootschalige, open toegankelijke infrastructuur. De ontwikkeling van een CO₂-infrastructuur om CO₂ af te vangen, op te slaan en te hergebruiken is daarom essentieel en urgent voor de ontwikkeling van blauwe waterstof.

Inzet van hoogwaardige energiebronnen en energiedragers

In de toekomst vindt er een samenspel plaats tussen groene elektronen, groene moleculen en groene warmte op het gebied van transport, distributie, opslag en conversie van energie. De hoogwaardige energie – vastgelegd in elektronen en moleculen en stoom – komt uit hernieuwbare bronnen, zoals zon,

wind, getijde, biomassa en wellicht ultradiepe aardwarmte, geconcentreerde zonthermische warmte of reststoom.

'Gewone aardwarmte', 'gewone' zonthermische warmte en restwarmte hebben in het algemeen onvoldoende kwaliteit om met voldoende rendement hoogwaardige energiedragers te produceren. Deze groep bronnen/dragers is vooral geschikt voor warmtefuncties op gematigde temperaturen (60-100 graden Celsius).

In de toekomst komen er bronnen bij die op korte termijn niet realiseerbaar zijn of die nu zelfs nog onbekend zijn. Via duurzame energiedragers zoals groene elektriciteit, groene gassen, groene waterstof, stoom en warm water kunnen deze energiebronnen benut worden. Hierdoor kunnen de hogetemperatuurwarmte (HTW) processen in de industrie draaien, voer- en vaartuigen zich voortbewegen, gebouwen en kassen verwarmd worden.

Het energiesysteem van de toekomst is circulair ontworpen en geoptimaliseerd, waardoor er zo min mogelijk kritische grondstoffen ingezet worden en zoveel mogelijk materialen worden hergebruikt.

Ruimte en tijd

Alle voor de energietransitie benodigde nieuwe infrastructuur kost ruimte en tijd. Ook de infrastructuur om groene waterstof te produceren – van windmolen tot fabriek – heeft een ruimtevraag en vergt ontwikkelingstijd. De uitdaging is enorm, maar biedt kansen op lokaal en regionaal niveau voor werkgelegenheid, toekomstbestendige economische activiteiten en de ontwikkeling van Rotterdam als de duurzame haven van Europa.

Invoer van hernieuwbare energie

Op dit moment importeert, bewerkt en vervoert de haven van Rotterdam grote volumes olie en kerosine naar de rest van Nederland en Noordwest-Europa. Om deze economische functie in de toekomst te behouden, gaat de provincie met andere belanghebbenden onderzoeken welke alternatieve, duurzame energiedragers olie en gas gaan vervangen. De faciliteiten en infrastructuur in de haven moeten hierop voorbereid worden.

Om ook in de toekomst te voorzien in de energiebehoefte van Zuid-Holland en de rest van Nederland is het importeren van hernieuwbare energie via een energiedrager belangrijk. Waterstof is een kanshebber om deze geïmporteerde hernieuwbare energie te dragen.

“De economie van Zuid-Holland kan door de ligging aan zee, goede (inter)nationale infrastructuur en excellente glastuinbouwsector, haar economische structuur en functies behouden, als krachtig wordt omgeschakeld naar duurzame en CO₂-neutrale energiestromen voor cruciale functies in het Haven Industrieel Complex en de eigen, Zuid-Hollandse energievoorziening.” (van Wijk et al., 2019)

Verduurzaming van sectoren

Naast de systeemfuncties die waterstof kan vervullen, kan het als energiedrager ook bijdragen aan het verduurzamen van sectoren in het energie- en grondstoffengebruik. Denk bijvoorbeeld aan de verduurzaming van delen van de industrie en zware mobiliteit. Hernieuwbaar gas gaat (naast elektrificatie en warmte) ook een rol spelen in het verduurzamen van glastuinbouw. Net als in de gebouwde omgeving: daar is de rol beperkt tot plekken waar andere duurzame alternatieven technisch, maatschappelijk en financieel niet haalbaar zijn.

Voor het toepassen van waterstof in de gebouwde omgeving ontbreken momenteel nog de technische kennis en operationele ervaring. Verder spelen er vraagstukken rond leveringszekerheid en veiligheid. Het demonstratieproject Stad aan 't Haringvliet helpt enerzijds om voor 2030 te weten onder welke randvoorwaarden en criteria waterstof kan worden toegepast in de gebouwde omgeving. Anderzijds hoe waterstof bijdraagt aan de CO₂-emissie reductiedoelstellingen van 2050. De provincie kiest ervoor om te wachten op de resultaten uit Stad aan 't Haringvliet, voordat wordt gekeken naar de verdere toepassing van waterstof in de gebouwde omgeving.

Groene waterstof kan ten slotte ook een rol spelen in de grondstoffentransitie. Samen met groene en circulaire koolstof vormt groene waterstof de bouwsteen voor nieuwe (petro)chemische processen voor (bio)synthetische materialen en brandstoffen, zoals synthetische methanol en kerosine.

Nieuw terrein: zonder volwassen markt, openbare infrastructuur en wetgeving

Hoewel de (petro)chemische industrie grootschalig grijze waterstof produceert en gebruikt, is er op dit moment geen volwassen markt voor waterstof als energiedrager (van Wijk et al., 2019). Een openbare waterstofinfrastructuur ontbreekt en waterstof is niet opgenomen in de nationale- en Europese energiewetgeving. Er zijn weliswaar standaarden, reguleringen en veiligheidsrichtlijnen voor het gebruik van waterstof, maar die zijn niet automatisch toereikend voor nieuwe toepassingsdomeinen zoals mobiliteit, energiebuffering en -transport en de gebouwde omgeving (van Wijk et al., 2019).

Het gevolg is dat bedrijven of organisaties niet zelfstandig een waardeketen van productie, infrastructuur en toepassing kunnen ontwikkelen. Daarom is er in het Klimaatakkoord (2019) een nationaal waterstofprogramma aangekondigd (TKI Nieuw Gas, 2019), inclusief regionale deelprogramma's per industriecluster en omliggend verzorgingsgebied. In samenwerking met de partners in de regio Zuid-Holland gaat de provincie invulling geven aan dit regionale programma om de waterstofwaardeketen van aanbod, infrastructuur en vraag te organiseren vanuit een programmatische aanpak.

3 Zes prioriteiten voor de ontwikkeling van een groene waterstofeconomie in Zuid-Holland

De ontwikkeling van een groene waterstofeconomie is een uitdaging waar we als regio voor staan. De potentie van waterstof als energiedrager is groot en het kan een rol spelen binnen meerdere sectoren. Alleen, voor een aantal mogelijke toepassingen van waterstof zijn ook nog andere duurzame oplossingen die minder energie kosten en betaalbaarder zijn, verder ontwikkeld en in grotere hoeveelheden beschikbaar zijn. Er is substantieel meer hernieuwbaar opgewekte energie nodig om waterstof te maken. Op dit moment is hernieuwbare opgewekte energie en groene waterstof schaars. Zolang deze situatie niet verandert, moeten er voor de ontwikkeling van een waterstofeconomie keuzes gemaakt worden waar de duurzame waterstof het beste ingezet kan worden. Daarom concentreert de provincie zich voorlopig op zes prioriteiten verdeeld over aanbod, infrastructuur en vraag.

- 1) Ontwikkeling van groene waterstofproductie
- 2) Logistieke functie van de haven voor import en doorvoer van waterstof
- 3) Ontwikkeling van open toegankelijke waterstofinfrastructuur
- 4) Waterstof als grondstof en aanvullend als energiedrager voor de industrie
- 5) Waterstof als energiedrager voor mobiliteit: zwaar vervoer, lange afstanden, schoon en duurzaam
- 6) Toepassing van waterstof voor het balanceren van het energiesysteem

Deze zes prioriteiten zijn opgehaald uit het Klimaatakkoord (2019), het Rotterdams Klimaatakkoord (2019), het externe advies *Naar een groene waterstofeconomie in Zuid-Holland: een visie voor 2030* (2019) en de Second Opinion (2019) op dit advies.

Samenwerken aan samenhang

Het is belangrijk om de bovengenoemde prioriteiten in samenhang te ontwikkelen. Alleen zo ontstaat een duurzame waardeketen van aanbod, infrastructuur en vraag rondom waterstof. Daarom werkt de provincie Zuid-Holland samen met bedrijven, overheden, maatschappelijke organisaties en kennisinstellingen. Om zo samen bij te dragen aan de CO₂-emissie reductiedoelstellingen, met elkaar een toekomstbestendige economie te realiseren en een betere luchtkwaliteit te verwezenlijken. Daarbij heeft de provincie ook oog voor de ruimtelijke implicaties en veiligheidsaspecten van deze nieuwe economie.

De regio Zuid-Holland staat hierin niet op zichzelf. Een nationaal en internationaal perspectief is vereist, vanwege de verbindingen in de infrastructuur (zoals transportleidingen en de vervoerstromen over corridors als de Rhine-Alpine), de samenwerkingsmogelijkheden die andere nationale en internationale regio's bieden (schaalvergroting, cofinanciering, kennisdeling) en vanwege de afhankelijkheid van benodigde materiaal- en energiestromen vanuit het buitenland.

Aanbod van waterstof

1. Ontwikkeling van groene waterstofproductie

De Europese Unie kijkt in de Green Deal nadrukkelijk naar grootschalige groene waterstofproductie (Europese Unie, 2019). Ook in het Klimaatakkoord (2019) wordt, in navolging van het manifest van de Waterstof Coalitie (Greenpeace, 2018), gesproken over een gerealiseerd vermogen van 3 tot 4 GW in 2030, waarvan 1-2 GW in de haven van Rotterdam.

Om zo snel mogelijk alle waterstof groen te kunnen produceren, moeten we nu investeren in de opschaling van hernieuwbare energie en de techniek van water-elektrolyse. Elektrolysesystemen voor grootschalige groene waterstofproductie zijn ontwikkeling, maar er is nog een lange weg te gaan – ook qua prijsdaling. Daarom is er vóór 2025 een schaalvergroting naar systemen van 100-250 Megawatt (MW) nodig om in 2030 systemen te ontwikkelen van 1 GW. Uiteindelijk moeten er waterstoffabrieken komen op Gigawatt-schaal, terwijl de grootste systemen op dit moment rond de 1 MW zijn.

Schaalvergroting waterstofproductie

Samen met een consortium onder aanvoering van ISPT (Institute for Sustainable Process Technology) kijkt de provincie mee naar een conceptueel ontwerp van een 1 GW-elektrolysefabriek en hoe dit ruimtelijk kan worden ingepast in het Haven Industrieel Complex van Rotterdam. Bovendien zijn er in de Rotterdamse haven partijen die uitspreken dat ze op termijn groene waterstoffabrieken willen realiseren. Dit soort initiatieven vormen de eerste bouwstenen op weg naar een conversiepark van 1-2 GW in Zuid-Holland. Zo nemen Nouryon en BP in 2022 een investeringsbeslissing over een fabriek van 0,25 GW (BP, 2019). Bij waterstoffabrieken van deze grootte komt warmte vrij in substantiële volumes. Deze warmte kan benut worden voor LTW. Mede daarom ontwikkelt de regio Zuid-Holland een warmtenet zodat deze fabrieken de mogelijkheid krijgen om LT-warmte af te zetten.

Kansen voor Nederlandse maakindustrie

Elektrolyzers worden nog niet op fabrieksschaal geproduceerd en handgemaakte elektrolyzers zijn kostbaar. Momenteel bouwen grote buitenlandse spelers elektrolyzers, maar de gehele keten is nog niet volledig ontwikkeld. Voor de Nederlandse en Zuid-Hollandse maakindustrie liggen er dan ook kansen om daar op een circulaire en hoogwaardige manier een bijdrage aan te leveren en te werken aan gesloten waardeketens. Het is belangrijk dat het gebruik van kritieke materialen wordt vermeden of herwonnen en vervolgens weer hergebruikt worden. Potentiële leveranciers en producenten van bepaalde onderdelen van elektrolyzers (membranen, katalysatoren, etc.) zijn aanwezig in Nederland en beschikken over veel technologische kennis en kunde (Ekinetix & Stratelligence, 2019).

2. Logistieke functie van de haven voor import en doorvoer van waterstof

De haven van Rotterdam is één van de grootste energiehavens van de wereld en een belangrijke schakel binnen de Nederlandse en Zuid-Hollandse economie. De haven is zowel een logistieke hub voor energie als voor goederenvervoer. Wat betreft goederen is de haven de grootste van Europa en de tiende van de wereld. Jaarlijks gaat 469 miljoen ton goederen vanuit de haven naar Rotterdam, Zuid-Holland, de rest van Nederland en Europa (Port of Rotterdam, 2018).

Aantrekkelijk vestigingsklimaat

De circulaire- en duurzame transitie van de haven van Rotterdam is van gemeenschappelijk belang voor de Nederlandse economie, de regionale werkgelegenheid, het klimaat en het milieu. Daarnaast kan deze transitie ervoor zorgen dat nieuwe bedrijvigheid zich hier vestigt vanwege de innovatieve en vooruitstrevende tendens en activiteiten. Het Havenbedrijf Rotterdam heeft met diverse stakeholders het transitieprogramma *In drie stappen naar duurzaam* ontwikkeld. De provincie ondersteunt deze aanpak via het Rotterdams Klimaat Akkoord (RKA) en de uitvoeringsagenda Havenvisie. Zo werkt de provincie samen met de partners aan de transitie van de haven.

Import van energie

Om de doelstellingen van 2050 wat betreft de reductie van CO₂-equivalenten te halen is veel hernieuwbare energie nodig. Om in de energievraag van Nederland te voorzien met zonnepanelen en windmolens overstijgt is onvoldoende ruimte op land en zee beschikbaar. Zeker als de volumes van energie die via Nederland en Rotterdam worden doorgevoerd behouden blijven (ongeveer 6.800 PJ; van Wijk et al., 2019). Net als in het huidige energiesysteem blijft er dan behoefte aan geïmporteerde energie, dus bovenop de eigen opwek. In de aankomende jaren moet duidelijk worden in welke hoeveelheden en op welke termijn energie-import nodig is en op welke manier deze energie wordt getransporteerd (bijvoorbeeld via waterstof, toluen, methanol of ammoniak) en welke infrastructuur daarvoor nodig zal zijn.

Energiehaven Rotterdam

Op dit moment worden fossiele energiebronnen (kolen, olie en gas) geïmporteerd, bewerkt en doorgevoerd naar andere regio's in Noordwest-Europa, zoals Noordrijn-Westfalen en Vlaanderen. Waterstof of een afgeleide energiedrager (methanol, toluen, ammoniak) kan deze functie van fossiele brandstoffen, grondstoffen en energie mogelijk vervangen. Als de energiehaven van Rotterdam hier op inzet kan zij in een toekomstige duurzame wereldmarkt van energie haar rol en waarde voor de Nederlandse en Zuid-Hollandse economie behouden en mogelijk zelfs uitbreiden. Inzetten op de ontwikkeling van waterstofinfrastructuur voor import en transport is ook vanuit strategisch oogpunt belangrijk (Havenvisie, 2019).

Green Spider

Er is sprake van een concreet initiatief dat inspeelt op de IPCEI (Important Projects of Common European Interest) van de Europese Commissie en relevant is voor Zuid-Holland en de Rotterdamse haven: Green Spider (Hydrogen4climateaction, 2019). Het gaat om een verkenning naar de haalbaarheid van waterstofimport over zee vanuit Spanje en/of Portugal, inclusief doorvoer naar het achterland in Duitsland. Onderdeel is de mogelijkheid om waterstof te binden aan een vloeibare organische waterstofdrager (Engelse afkorting: LOHC). Zo ontstaat een olieachtige vorm die in bestaande olietankers kan worden getransporteerd en opgeslagen in bestaande olieterminals. De provincie Zuid-Holland kijkt samen met andere belanghebbenden hoe zij kan faciliteren en verbinden bij deze of andere import-verkenningen.

Waterstofinfrastructuur

3. Ontwikkeling van een open toegankelijke waterstofinfrastructuur

Het energiesysteem van de toekomst wordt een samenspel tussen groene elektronen en groene moleculen. Dit nieuwe energiesysteem vraagt ook om een andere invulling. Niet alleen van de huidige energie infrastructuur, maar zelfs om een nieuwe infrastructuur voor het transport, distributie en opslag van nieuwe energiedragers. Op dit moment maken we gebruik van fossiele moleculen, met name in de vorm van aardgas. Dit molecuul vult in ons huidige energiesysteem samen met al dan niet geraffineerde aardolie en steenkool belangrijke systeemfuncties in: voor het transport van energie over lange afstanden en voor grootschalige opslag en buffering van energie. Zo hebben we veel vrijheid in plaats en tijd van gebruik van energie. Waterstof heeft de potentie om deze functies – in de eerste plaats natuurlijk de gasfuncties – over te nemen, mits de productie van waterstof op termijn ook groen en efficiënt is.

Uitwisseling van waterstof

Naast het gebruik van nieuwe gasleidingen zijn ook bestaande leidingen geschikt voor het transporteren van waterstof. Voor bestaande leidingen geldt dat de kwaliteit toereikend moet zijn en dat koppelingen van leidingen en compressoren worden aangepast (Kiwa, 2018). Gasunie geeft aan dat er voor 2030 een bestaande aardgasleiding bruikbaar is voor transport van 100% waterstof. Hiermee worden dan de industriële clusters van Nederland met elkaar verbonden (Gasunie & Tennet, 2019). Voordat het zover is, bekijken we waar de ontwikkeling van lokale en directe verbindingen tussen vraag en aanbod nodig zijn. Pas later zijn de regionale vraag en aanbod van waterstof voldoende in omvang om waterstof uit te wisselen met deze grote transportleidingen.

Opslag van waterstof

Voor grootschalige opslag van waterstof onderzoekt Gasunie de mogelijkheden, onder andere in zoutkoepels in Zuidwending (Gasunie New Energy, 2019). In het North Sea Energy Program wordt onderzocht of lege gasvelden in de Noordzee geschikt zijn voor het opslaan van waterstof (NSEP, 2019). Dergelijke opties zijn pas vanaf 2030 beschikbaar zijn, bovendien zijn de waterstofvolumes dan pas van omvang dat hier gebruik van gemaakt kan en moet worden. Ook voor opslag geldt dat we starten met lokale en regionale opslag van hernieuwbare energie en waterstof met opslagtanks.

Inventarisatie van vraag en aanbod vereist

De provincie is voorstander van de ontwikkeling van een open toegankelijke waterstofinfrastructuur in Zuid-Holland. De ontwikkeling van zo'n grootschalige infrastructuur is een traject voor de aankomende 5-10 jaar. Het is dan ook van belang om tijdig te beginnen met de planvorming. Dat begint met het in kaart brengen van de potentiële vraag naar waterstof en het aanbod. Zo wordt de behoefte aan infrastructuur voor transport, distributie en opslag zichtbaar. Op deze manier kunnen aanbieders van waterstof en afnemers gebruik maken van het waterstofnetwerk en heeft iedereen gelijkwaardige toegang. Met het oog op transparantie over kosten en baten is het een overweging om de aanleg en het beheer van deze infrastructuur neer te leggen bij een publieke organisatie.

Kanttekening bij waterstof als energiedrager

Waterstof is geen doel op zich. Het vervult samen met andere potentiële energiedragers een belangrijke rol in het toekomstige duurzame energiesysteem. Het doel is CO₂-reductie, een toekomstbestendige economie en een concurrerende energiehaven. In een Systeemstudie van Zuid-Holland wordt nader uitgezocht wat en hoe groot de rol van waterstof wordt richting 2050.

Vraag naar waterstof

4. Waterstof als grondstof en aanvullend als energiedrager voor de industrie

Voor de industrie gaat waterstof een belangrijke rol spelen in de grondstoffen- en energietransitie. Vanwege de grote aanwezigheid van industrie in Zuid-Holland en dus de potentiële vraag is dit één van de prioriteiten. De industrie gebruikt waterstof met name als grondstof in de petrochemie, levensmiddelenindustrie en voor de productie van kunstmest. Nu is dat nog grijze waterstof. Om de CO₂-emissie reductiedoelstellingen van 2030 te halen is een overgang naar blauwe waterstof (vrijkomende CO₂ wordt afgevangen) noodzakelijk. Uiteindelijk moet de grondstoffen- en energietransitie ervoor zorgen dat groene waterstof beschikbaar komt, bijvoorbeeld voor de productie van (bio)synthetische materialen en brandstoffen.

Verduurzamen van HTW-processen

De industrie gebruikt op dit moment aardgas voor HTW-processen. De eerste stap is het vernieuwen en moderniseren van deze processen waardoor energie kan worden bespaard. Mogelijk kan de benodigde temperatuur voor het proces zelfs dalen. Vervolgens moet gekeken worden welke alternatieve energiedrager nodig is voor het proces. Bij een deel van de processen kan elektrificatie het gebruik van aardgas vervangen. Voor bepaalde processen met temperaturen van ongeveer 600 graden Celsius of hoger ligt elektrificatie minder voor de hand. Daar kan waterstof wellicht eerder, goedkoper of gemakkelijker aardgas vervangen.

- Voor 2030 lijkt deze optie vooralsnog erg duur (Weeda & Gigler, 2019). Eerst moet de infrastructuur toereikend zijn en moeten de productieprocessen en systemen waterstof kunnen toepassen voor de verwarming;
- Verder verdient de mogelijke emissie van schadelijke stoffen – zoals stikstof (NO_x) – bij de verbranding nader onderzoek;
- Ook kan het aanvullende (externe) veiligheidsrisico van waterstof een rol spelen in de keuze voor elektrificatie.

De toepassing van waterstof als energiedrager voor HTW-processen is veelbelovend. Voorlopig is het veel duurder dan de fossiele route, daarom zetten de ontwikkelingen niet vanzelf door. Met vroegtijdig testen en experimenteren kan deze toepassing naar verwachting al rond 2030 een grotere schaal krijgen. Juist dan wordt de vraag naar waterstof en daarmee ook het aanbod versneld opgeschaald. Zo kan waterstof een significante bijdrage leveren aan de doelstellingen voor CO₂-emissiereductie.

5. Waterstof als energiedrager voor mobiliteit: zwaar vervoer, lange afstanden, schoon en duurzaam

De provincie Zuid-Holland is een logistiek knooppunt. Dagelijks reizen inwoners van Zuid-Holland met auto's, bussen, trams, metro's en treinen naar hun gewenste bestemming. Een groot deel van deze vervoersmodaliteiten rijdt op fossiele brandstoffen en draagt zo bij aan de uitstoot van broeikasgassen (met name CO₂) en stoffen die schadelijk zijn voor de gezondheid, zoals fijnstof en stikstofoxiden. Daarom is schone mobiliteit onderdeel van de provinciale opgave *Bereikbaar Zuid-Holland*, zoals beschreven in het coalitieakkoord 2019-2023. Want schone mobiliteit draagt bij aan de gezondheid van onze inwoners en zorgt ervoor dat de provincie aantrekkelijk blijft voor inwoners en bedrijven. Vanuit het Klimaatakkoord ligt er voor de provincie ook een opgave op het gebied van zero-emissie mobiliteit. De overgang naar zero-emission voertuigen, batterij-elektrisch én waterstof-elektrisch biedt de mogelijkheid om vervoersstromen te verduurzamen en de emissies terug te dringen.

Programma Mobiliteit

Schonere mobiliteit laat zich vertalen naar zuinigere en duurzamere transportmiddelen en elektrificatie, maar ook naar schonere brandstoffen en energiedragers, modal-shift of een combinatie daarvan. De uitwerking van al deze mogelijkheden komt in het provinciale programma Mobiliteit te staan, dat zoals aangekondigd in het coalitieakkoord (2019-2023) momenteel wordt herschreven. Een van de oplossingsrichtingen voor schone, duurzame mobiliteit die zich de laatste jaren sterk ontwikkeld heeft, is brandstofceltechnologie in combinatie met waterstof als energiedrager. Deze oplossing zal vooral toegepast worden voor zwaar vervoer en lange afstand transport. De batterij-elektrische oplossing is logischer op korte afstanden en voor lichter vervoer en transport.

Waterstof en schone mobiliteit

In Zuid-Holland kunnen we inzetten op een duurzame waterstofeconomie dankzij de aanwezige procesindustrie en de beschikbare gaskennis en -infrastructuur plus de grootschalige opwek van windenergie op zee. Deze ontwikkeling ten behoeve van schone mobiliteit en toepassing in andere sectoren biedt kansen voor de kwaliteit van onze leefomgeving en economie. Vanuit het grote belang dat Gedeputeerde Staten hecht aan schone mobiliteit bestaan de volgende ambities voor waterstof en mobiliteit:

Integrale aanpak van de waterstofketen

De provincie Zuid-Holland kiest voor een integrale aanpak van de waterstofketen in mobiliteit en stuurt daarom waar mogelijk en wenselijk ook op (tank)infrastructuur, opslag en (lobby voor) (landelijke en Europese) regelgeving en flankerend beleid. Daarbij doorbreekt Zuid-Holland naar verwachting het zogenoemde 'kip-ei' vraagstuk over vraag en aanbod van waterstof tussen vervoersmiddelen en tanklocaties. Daarnaast zet de provincie in op het bevorderen van een dekkende waterstofinfrastructuur. In eerste instantie langs goederencorridors, infrastructuur voor streekvervoer en daar waar koppelkansen liggen voor een multimodale tankinfrastructuur, bijvoorbeeld bij energiehubbs langs corridors.

Kracht en lange afstand

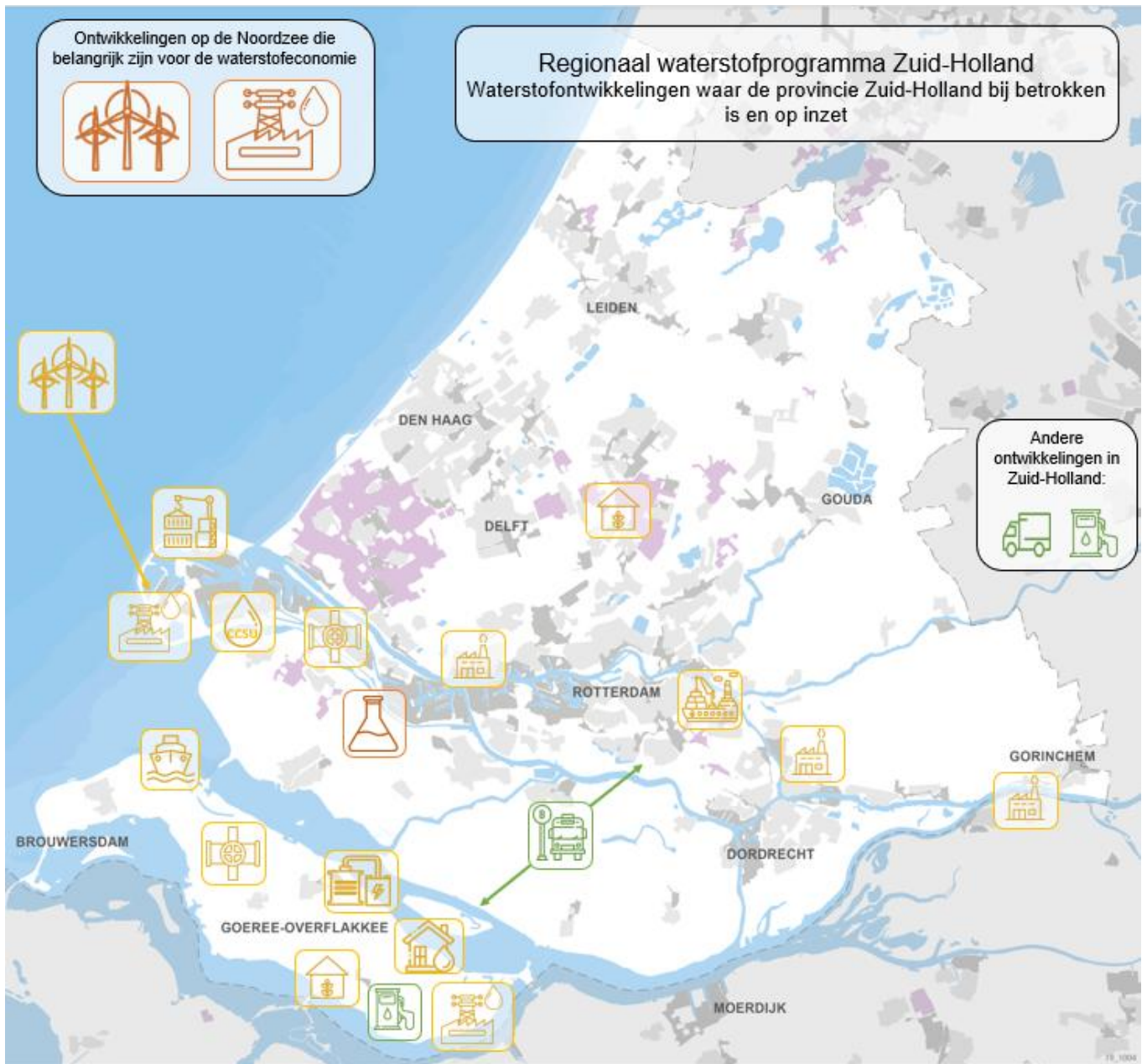
De provincie Zuid-Holland zet haar middelen actief in op vormen van mobiliteit waar batterij-elektrische vervoermiddelen niet het vermogen hebben de gevraagde kracht te leveren of de accu's niet genoeg energie kunnen opslaan voor het overbruggen van lange afstanden. Daarbij focust de provincie zich op haar rol als concessieverlener/opdrachtgever voor het OV en op de opgave best bereikbare provincie. Voor het openbaar vervoer heeft Gedeputeerde Staten Zuid-Holland in februari 2019 het besluit genomen om vanuit haar rol als concessieverlener door middel van een pilot met twintig streekbussen op waterstof binnen de concessie Hoekse Waard Goeree-Overflakkee (HWGO) een impuls te geven aan de transitie naar emissieloos openbaar vervoer en de transitie naar een groene waterstofeconomie. Dit bovenop de vier waterstofbussen die al eerder werden aanbesteed op dit traject en in 2020 in Zuid-Holland de weg op gaan. Vanuit de opgave een beter bereikbaar Zuid-Holland zet de provincie in op waterstof aangedreven binnenvaartschepen binnen internationale goederencorridors. Zo is de provincie Zuid-Holland in samenwerking met Noordrijn-Westfalen een initiatief gestart met waterstof als energiedrager voor de binnenvaart. Dit project, RH2INE, draait om zowel het vervoer op waterstof als om de benodigde infrastructuur.

6. De rol van waterstof in het energiesysteem: bufferen en balanceren

Willen we de CO₂-reductie doelstellingen behalen, de leveringszekerheid van het energiesysteem waarborgen en het energiesysteem betaalbaar houden, zal aardgas vervangen moeten worden. Nu vervult aardgas twee belangrijke systeemfuncties: bufferen van energie en balanceren van het energiesysteem (elektriciteit en warmte). Waterstof is een kanshebber om deze balanceer- en bufferfunctie over te nemen. Waterstof heeft de potentie om grootschalig opgeslagen te worden om zo hernieuwbare energie te bufferen. Verder kan het grootschalig, ondergronds getransporteerd worden. Mogelijk zelfs via de bestaande aardgasinfrastructuur. Zo kan uitbreiding van het elektriciteitsnet en stijgende infrastructurele beperkt blijven. Een belangrijke voorwaarde is dat de productie en daarmee ook het gebruik van waterstof in het energiesysteem betaalbaar blijft.

De systeemfuncties van waterstof

De potentie van waterstof is helder. Een volgende, belangrijke stap is inzicht verkrijgen over de rol van waterstof in het totale energiesysteem en de verhouding tot andere duurzame energiedragers. Het energiesysteem van Zuid-Holland bevindt zich in de context van het nationale en Europese energiesysteem. De energie die de regio Zuid-Holland gebruikt, wordt straks voor een deel geïmporteerd uit andere regio's in Noordwest-Europa, van energieparken op zee en uit andere werelddelen. Ook zal de opslag van hernieuwbare energie in andere delen van Nederland plaatsvinden, bijvoorbeeld in de zoutkoepels van Zuidwending (Gasunie New Energy, 2019). Een Studeerthema van Zuid-Holland en andere verkenningen over de integratie van wind-op-zee in het energiesysteem, GridMaster, geven meer duidelijkheid over de systeemfuncties van waterstof in het toekomstige energiesysteem.



Legenda

	Haalbaar 2020-2023		Industrie: waterstof als energiedrager		Waterstof import faciliteiten		Gebouwde omgeving: Waterstof als energiedrager		Industrie: Waterstof als grondstof
	Haalbaar voor 2030		Waterstof infrastructuur		Water-elektrolyse: Groene waterstof		Glastuinbouw: Waterstof als energiedrager		Waterstof vrachtwagens
	Haalbaar voor 2050		Wind-op-zee		Blauwe waterstof productie		Waterstof voor energie bufferen en balanceren		Waterstof tank/bunkerstations
	Waterstofbussen								

Figuur 1: Regionaal waterstofprogramma Zuid-Holland in tijdsperspectief. (O.a. gebaseerd op: van Wijk et al. (2019), Gigler & Weeda (2018), Weeda & Gigler (2019), Klimaatakkoord (2019), IEA (2019)).

4 Inzet, middelen en organisatie

De provincie Zuid-Holland wil de ontwikkeling van waterstof binnen de energie- en grondstoffentransitie stimuleren. Op voorwaarde dat de inzet van waterstof bijdraagt aan de CO₂-emissiereductie doelstellingen, een toekomstbestendige economie, verbetering van de luchtkwaliteit en een veilige leefomgeving. Dit hoofdstuk beschrijft de verbinding tussen de gestelde prioriteiten en de activiteiten (samengevat in onderstaande tabel).

Prioriteiten Activiteiten	Groene waterstof of productie	Logistieke functie en import	Open toegankelijke waterstofinfrastructuur	Grondstof en energiedrag er voor Industrie	Energiedrag er voor schone, duurzame mobiliteit en transport	Systeemfunctie (bufferen, balanceren)
1. Regionaal programma opstellen	X	X	X	X	X	X
2a. Zorg dragen voor goede ruimtelijke ordening	X	X	X	X	X	X
2b. Ontwikkelen van kennis en beleid milieu en veiligheid	X	X	X	X	X	X
3. Faciliteren van praktijkvoorbeelden	X		X		X	X
4. Lange termijn onderzoeken mede financieren en uitvoeren	X	X	X	X		X
5a. Actieve Kennisdeling faciliteren	X	X	X	X	X	X
5b. Internationale en regionale samenwerkingsmogelijkheden benutten	X	X	X	X	X	X
6. Aandacht voor werkgelegenheid	X	X	X	X	X	X

Kernteam Waterstof

De provincie wil binnen haar mogelijkheden effectief en efficiënt te werk gaan. Een deel van die menskracht komt vanuit de organisatie zelf en van verschillende teams en afdelingen waar waterstof een belangrijke thema is binnen hun opgave. Samen vormen zij het kernteam Waterstof van de provincie Zuid-Holland en brengen zij al deze onderdelen met elkaar in verbinding. Zo ontstaat er een programmatische aanpak. De inzet, middelen en organisatie maken duidelijk welke rol de provincie vervult in de ontwikkeling van waterstof in verschillende sectoren en vanuit een bovenregionaal uitgangspunt. De benodigde middelen om invulling aan de prioriteiten te geven binnen de coalitieperiode 2019-2023 zijn opgenomen in bijlage 1.

1. Regionaal waterstofprogramma opstellen samen met relevante stakeholders

De provincie wil met een programmatische aanpak op het thema waterstof partijen verbinden en zo samenhang creëren in de ontwikkeling van vraag, aanbod en infrastructuur in de regio Zuid-Holland. De ontwikkeling en inpassing van waterstofinfrastructuur heeft ruimtelijke implicaties en leidt tot veiligheids- en milieuvraagstukken. De provincie Zuid-Holland voegt unieke waarden toe aan het regionale waterstofprogramma, zoals een regio-overstijgende blik en aandacht voor ruimtelijke ordening, milieu en externe veiligheid.

Met deelname aan de gehele energie- en grondstoffentransitie, de Stysteemstudie van Zuid-Holland en andere overkoepelende thema's zorgt de provincie dat het thema waterstof in dat perspectief wordt geplaatst en de grotere context omvat binnen een regionaal waterstofprogramma voor Zuid-Holland. Dit waterstofprogramma is daarmee onderdeel van het nationale programma waterstof, zoals aangekondigd in het Klimaatakkoord (2019). Daarvoor is het belangrijk om de programmatische aanpak zoals beschreven door TKI (2019) te benutten.

Binnen het deelprogramma focust de provincie zich op de zes prioriteiten, zoals beschreven in hoofdstuk 3. Daarnaast volgt het programma de ontwikkelingen binnen andere sectoren op het gebied van waterstof, zoals de gebouwde omgeving, glastuinbouw en personenvervoer.

2. Randvoorwaarden creëren vanuit provinciale kerntaken

A. Zorg dragen voor goede ruimtelijke ordening

De ontwikkeling en inpassing van de benodigde fysieke infrastructuur voor het produceren van waterstof, het transporteren, opslaan en distribueren van waterstof en het toepassen van waterstof in de verschillende sectoren, heeft allerlei ruimtelijk implicaties en behoeften. Een groene waterstofeconomie heeft daardoor gevolgen voor de fysieke leefomgeving en het ruimtelijk beleid van provincies en gemeentes. Daarom is het belangrijk om nu al in kaart te brengen, onder andere in het regionale deelprogramma waterstof, wat de ruimtelijke vraag van de benodigde fysieke waterstofinfrastructuur gaat zijn en waar deze gaat plaatsvinden.

Ruimtelijk beleid moet geen obstakel zijn voor de inpassing van waterstofinitiatieven als de provincie transparant is over wat er ruimtelijk en veiligheid-technisch mogelijk is. Daarnaast gaat de provincie proactief ruimtelijk beleid voeren door locaties te reserveren waar in de toekomst fysieke waterstofinfrastructuur nodig is, bijvoorbeeld voor waterstoffabrieken, opslagtanks en bunkerstations. Daarbij in acht nemend hoe er met deze locaties wordt omgegaan in structuur- en omgevingsvisies, bestemmingsplannen en welke veiligheidsvraagstukken hierbij komen kijken.

B. Ontwikkelen van kennis en beleid ten aanzien van milieu en externe veiligheid

Zoals bij elke energiedrager gelden er bij de productie, distributie en toepassing van waterstof milieu- en veiligheidseisen. Waterstof is het kleinste en lichtste molecuul dat er is. Waterstof is licht ontvlambaar en in een bepaalde mengverhouding met lucht bestaat de kans op een explosie. Omdat het een licht molecuul is, ontsnapt het snel bij een lekkage. In vergelijking met bijvoorbeeld een energiedrager als LPG (autogas) of LNG (Liquid Natural Gas), gelden er voor waterstof relatief kleinere risicoafstanden. Vandaar dat het belangrijk is om de risico's van waterstof voor alle toepassingen in beeld te hebben of in kaart te brengen. Regels en voorschriften voor veilig gebruik zijn essentieel. Ook omdat buiten de industrie er nog maar weinig ervaring is met het gebruik van waterstof.

Vergunningen voor grootschalige waterstofproductie

De industrie gebruikt waterstof al langdurig en grootschalig. Fabrieken voor de grootschalige productie van waterstof vallen doorgaans onder het Besluit Risico's Zware Ongevallen (BRZO) en daarmee onder het bevoegd gezag van de provincie voor wat betreft een vergunning in het kader van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) en de Wet milieubeheer (Wm). De uitvoering van de gerelateerde vergunningverlening, toezicht en handhavingstaken (VTH) voor dergelijke inrichtingen in Zuid-Holland ligt bij omgevingsdienst DCMR. Dit geldt ook voor een mogelijke waterstofterminal en nieuwe toepassingen van waterstof in de industrie.

Mobiliteit en veiligheid

Voor de toepassing van waterstof in mobiliteit van personen en goederen is al veel kennis over de veiligheidsrisico's aanwezig, onder meer bij Rijkswaterstaat en het Instituut voor Fysieke Veiligheid (IFV) van veiligheidsregio's. Inmiddels rijden er in Nederland personenauto's en een aantal OV-bussen op waterstof rond met toestemming van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

Normering

Het Rijk (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat) werkt aan beleidskaders voor de externe veiligheidsaspecten van waterstof voor alle sectoren. Dit ten behoeve van de uitrol van het nationale programma waterstof zoals genoemd in het Klimaatakkoord. Dit beleidskader krijgt zijn uitwerking in de verschillende wettelijke kaders en normen voor waterstof, zoals bijvoorbeeld de Wet milieubeheer en straks het Besluit kwaliteit leefomgeving onder de Omgevingswet en productnormen zoals die van het Nederlandse Normalisatie-instituut NEN. De NEN en het H2 Platform, een samenwerking tussen het bedrijfsleven, de kennisinfrastructuur en de Rijksoverheid, hebben mede daartoe een Waterstof Veiligheid Innovatie Programma (WVIP) opgezet.

Waterstofopslag en veiligheid

Specifiek voor de grootschalige opslag van waterstof in de vorm van bunkering en buffering zullen ook kaders ontwikkeld moeten worden ten aanzien van externe veiligheid. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat werkt op dit moment aan de modernisering van het externe veiligheidsbeleid. De uitwerking daarvan landt uiteindelijk in de verschillende besluiten onder de Omgevingswet. Daarin moet ook regelgeving ten aanzien van de bunkering van waterstof worden opgenomen. Op dit moment is dat nog in ontwikkeling. Voor de grootschalige opslag van waterstof in oude gasvelden en zoutcavernes ligt

de bevoegdheid voor het vergunnen en toezien op onder meer de externe veiligheidsaspecten bij het Rijk, bij het Staatstoezicht op de mijnen.

Innovatie, veiligheid en milieu

Per nieuwe toepassing en nieuwe situatie moeten de veiligheidsrisico's van nieuwe fysieke infrastructuur zoals waterstoffabrieken en bunker/tankstation bekeken en vergund worden. Nieuwe toepassingen hebben ook invloed op de milieuaspecten. Zo kunnen er bijvoorbeeld schadelijke stoffen, waaronder stikstofdioxide, vrijkomen bij het verbranden van waterstof voor HTW bij industriële productieprocessen. Het bevoegde gezag – gemeente of provincie – heeft de omgevingsdiensten hiervoor gemandateerd. Ook zij worden geconfronteerd met nieuwe toepassingen van waterstof en nieuwe fysieke infrastructuur. Vanuit de provincie geven we de kennisontwikkeling bij de omgevingsdiensten op het gebied van waterstof een impuls, zodat omgevingsdiensten beter voorbereid zijn op nieuwe ontwikkelingen en bijbehorende veiligheidsvraagstukken. Daarnaast zal de provincie bij nieuwe initiatieven zowel de omgevingsdiensten als ook de veiligheidsregio's zo vroeg mogelijk in het proces betrekken voor advisering over de veiligheidsaspecten.

Afgeleide energiedragers en veiligheid

Bij het gebruik van afgeleide energiedragers als methanol of toluen, moet eveneens aandacht zijn voor de risico's voor de externe veiligheid, gezondheid en het milieu. Beide stoffen worden veel in de chemische industrie gebruikt, maar zijn bij gebruik minder schoon dan waterstof. Ook de toxiciteit van deze stoffen vormt een aandachtspunt. Zo is toluen een gevaarlijke stof die in het kader van de Arbowetgeving op een lijst van (verdacht) kankerverwekkende stoffen staat.

3. Faciliteren van praktijkprojecten: pilots, demo's en implementatie

De provincie Zuid-Holland ziet de meerwaarde van het proberen en demonstreren van waterstofprojecten voor het ontwikkelen van kennis en ervaring. Daarnaast kunnen pilots en demonstratieprojecten inspireren. Misschien zelfs wel duidelijkheid geven over potentiële of zelfs nog onbekende toepassingen van waterstof. Daarom ondersteunt de provincie actief het H2GO-programma en de bijbehorende projecten, realiseert het gebruik van 24 waterstofbussen via onze concessieverlening en werkt samen met Noordrijn-Westfalen binnen het RH2INE project aan het stimuleren van het gebruik van waterstof in de binnenvaartsector.

Ondersteuning van het H2GO-programma

Lokaal nieuwe energiesystemen en de rol van waterstof demonstreren en testen. Het programma H2GO is een lokale samenwerking tussen 28 partijen (overheden, bedrijven en kennisinstellingen). In een programmatische aanpak wordt aan projecten gewerkt voor de productie, uitwisseling en toepassing (mobiliteit, industrie, gebouwde omgeving, scheepvaart) van waterstof. Waterstof kan een uitkomst bieden voor de verwachte overschotten aan hernieuwbare energie op Goeree-Overflakkee om deze alsnog te benutten op het eiland. Verder levert de integratie van de verschillende onderdelen van het H2GO-programma waardevolle lessen en inzichten op voor de ontwikkeling van de waterstofwaardeketen op andere plekken en op een hoger schaalniveau.

Bevorderen van waterstof als schone energiedrager voor streek- en goederenvervoer

De provincie kiest ervoor om mobiliteit in de waterstofeconomie aan te zwengelen met twee pilotprojecten in het streekvervoer en de binnenvaart. Met deze aanpak wil de provincie de belemmeringen rondom deze waterstofprojecten wegnemen en zorgen dat de daadwerkelijke toepassing van waterstof als schone energiedrager voor mobiliteit en de acceptatie daarvan op gang komt. Hieronder staan beide projecten omschreven.

Streekvervoer op waterstof: concessie Hoeksche Waard Goeree-Overflakkee

Er rijden nu batterij-elektrische bussen in de provinciale OV-concessies. Door de beperkte batterijcapaciteit zijn deze bussen niet geschikt voor langere afstanden. Een waterstofbus uitgerust met een brandstofcel kan deze afstanden wél overbruggen. De provincie faciliteert een pilot in de concessie Hoeksche Waard Goeree-Overflakkee (HWGO). In 2020 worden hier vier waterstofbussen en later twintig extra bussen ingezet. In een aanbesteding wordt ook ingezet op de *levering* van waterstof. Uitgangspunt bij de aanbesteding is dat uiterlijk binnen de contractduur – maar liever eerder – de levering van waterstof geproduceerd uit groene stroom mogelijk wordt gemaakt.

De eerste vier streekbussen op waterstof worden deels gefinancierd uit Europese 3Emotion-subsidie en zijn als optie opgenomen in het vigerende Programma van Eisen voor de concessie HWGO. Deze elektrische bussen voorzien van een zogenoemde *range extender* met een brandstofcel en waterstof staan inmiddels klaar. De regelgeving rondom het toelaten van deze bussen op de openbare weg bleek complexer dan aanvankelijk werd verwacht. Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en de RDW hebben meer tijd nodig om dit te organiseren. Inmiddels ligt er een positief advies van de RDW. De provincie verwacht de komende tijd groen licht van het ministerie, zodat Connexxion met deze bussen de weg op kan.

Connexxion bestelt ook de twintig volgende waterstofbussen met hulp van Europese JIVE2-subsidie. Voor dit type waterstofbus, waarvan er al een aantal rondrijdt in Nederland, is wel al toestemming om de weg mee op te gaan. De aanbesteding van het benodigde waterstofvulpunt en de bijhorende waterstof op Europees niveau. De marktpartijen geven aan hoe en wanneer de benodigde waterstof binnen de contractperiode, of liefst eerder, wordt vergoed. Beide projecten worden ondersteund door het communicatieproject HY-AWARE.

Groene goederencorridor stimuleren: RH2INE

De Nederlandse provincies trekken het thema vergroening binnen de gezamenlijke Europese aanpak rond de TEN-T-corridor RHINE-ALPINE van Rotterdam naar Genua. Het doel: de markt faciliteren, drempels wegnemen, financiering zoeken, een consortium en netwerk ontwikkelen, innovatie stimuleren en de benodigde overheden organiseren. Zo is de provincie Zuid-Holland in samenwerking met Noordrijn-Westfalen een initiatief gestart met waterstof als energiedrager voor de binnenvaart. Dit project, RH2INE, draait om zowel het vervoer op waterstof als om de benodigde infrastructuur. Inzet: in 2024 tien binnenvaartschepen op waterstof en drie bunkerlocaties (waarvan één in Zuid-Holland).

De keuze om de focus op goederentransport via water te leggen, is mede ingegeven omdat deze modalschift ook substantieel bijdraagt aan een beter bereikbaar Zuid-Holland. Het project RH2INE streeft naar een systeem (infrastructuur) van gegarandeerd aanbod van groene waterstof van gegarandeerde kwaliteit en kwantiteit en een gegarandeerde afname bij transport op de corridor RHINE-ALPINE in 2050.

De provincie werkt strategisch samen met partners in de regio Zuid-Holland en langs de corridor Rotterdam-Düsseldorf. Eén van de betrokken Nederlandse partners onderzoekt bijvoorbeeld het pakket aan regelgeving dat van toepassing is op varen op waterstof. Het project start met vooronderzoeken en heeft als doel om tien binnenvaartschepen geschikt te maken voor waterstof plus drie vulpunten op de route Rotterdam-Düsseldorf te realiseren. Het project maakt een kick-start met in eerste instantie grijze waterstof. Daarmee beoogt de provincie de verschillende systeemvraagstukken rondom waterstof en binnenvaart weg te nemen. Daar waar mogelijk worden vanuit RH2INE koppelkansen meegenomen voor goederentransport op waterstof over de weg, bijvoorbeeld rond Clean Energy Hubs en het spoor via de corridor. De provincie wil de aanpak van RH2INE ook uitrollen naar de goederencorridor Rotterdam-Antwerpen en op termijn Amsterdam-Parijs.

De genoemde pilotprojecten beogen de veilige toepassing van waterstof als schone energiedrager voor mobiliteit en de acceptatie te bevorderen. De provincie kan er in de toekomst voor kiezen om meer maatregelen in te zetten en zo de toepassing van waterstof als schone energiedrager voor mobiliteit te bevorderen. Dan moet de focus liggen op maatregelen die bijdragen aan de visie en strategie.

4. Onderzoeken voor de lange termijn mede financieren en uitvoeren

Naast proberen en demonstren hoe waterstof kan worden toegepast, investeert de provincie in kennis en onderzoek voor de lange termijn. Vijf van de zes prioriteiten kunnen nu in het klein worden uitgetoetst, maar moeten richting 2030 – en daarna – op grote schaal worden toegepast om bij te dragen aan de gestelde doelstellingen van een groene waterstofeconomie.

A. Stimuleren van de ontwikkeling van groene waterstofproductie

De provincie financiert mee aan de onderzoeks- en ontwerpfase van H-vision. In dit project doet een consortium onderzoek naar de potentie van blauwe waterstofproductie in Rotterdam voor 2030 (H-vision, 2019). Blauwe waterstof heeft de potentie om te voorkomen dat voor 2030 jaarlijks grote volumes CO₂ in de atmosfeer terechtkomen. De slagingskans van het H-vision project hangt nauw samen met het succes van het Porthos-project, wat betrekking heeft op CO₂-infrastructuur en opslag (Rotterdam CCUS, 2019). Belangrijk is om daarbij aandacht te besteden aan het hergebruik van CO₂ via bijvoorbeeld fotosynthese in de glastuinbouw of als grondstof voor nieuwe groene chemie en synthetische brandstoffen. Wanneer H-vision in de fase terechtkomt waarbij er investeringsbeslissingen genomen moeten worden, voorziet de provincie geen rol meer voor zichzelf vanwege de grote bedragen

die hierbij gemoeid zijn. Wel ligt er een rol voor de provincie in de ruimtelijke ordeningsvraagstukken, vergunningen en externe veiligheidsvraagstukken en de lobby voor blauwe waterstofproductie om dit allemaal zo snel mogelijk te realiseren. Daarnaast is de ontwikkeling van een open toegankelijk waterstofnetwerk van belang voor het H-vision project, wat een van de prioriteiten voor de provincie is. De provincie wil een eindbeeld realiseren van groene waterstof. Daarom moet de doorlooptijd van blauwe waterstof beperkt blijven, zodat de doelstelling van 95% CO₂-reductie in 2050 gerealiseerd kan worden.

Groene waterstof betaalbaar maken

Blauwe waterstofproductie wordt steeds concreter. Parallel wil de provincie de ontwikkeling van groene waterstof ook concreter maken, zodat er in 2030 1-2 GW elektrolysecapaciteit in Zuid-Holland/Rotterdam gerealiseerd wordt. Groene waterstof bevindt zich nog in een innovatie- en onderzoeksfase. Vanwege het CO₂-emissiereductie potentieel voor toepassingen in de industrie en mobiliteit moet zo snel mogelijk voldoende en betaalbare groene waterstof beschikbaar komen. Daarom focust de provincie Zuid-Holland op drie onderdelen:

1. De ruimtelijke inpassing van grootschalige waterstof-elektrolysefabrieken. Een consortium geleid door ISPT onderzoekt de ruimtelijke implicaties en systeemontwerpen van grootschalige waterstof-elektrolysefabrieken van 1 GW in de haven van Rotterdam. De provincie is actief betrokken bij dit onderzoek vanuit haar inhoudelijke en ruimtelijke kennis en ervaring. Daarnaast financiert zij mee aan het onderzoek.
2. De haalbaarheid en realisatie van initiatieven die zich inzetten voor groene waterstofproductie voor 2030. Samen met bedrijven die hier initiatief op tonen gaat de provincie haalbaarheidsstudies uitvoeren naar groene waterstofproductie. De provincie wil de kennis en resultaten op het gebied van veiligheid, ruimtelijke inpassing, CO₂-reductie potentieel, benodigde infrastructuur openbaar krijgen zodat iedereen die verwant is aan dit onderwerp ervan kan leren.
3. De rol die de Zuid-Hollandse en Nederlandse maakindustrie kan spelen in de opschaling van waterstof-elektrolyzers. Onderzoek van Ekinetix en Stratelligence (2019) naar de kansen van de Nederlandse maakindustrie in de waterstofeconomie toont aan dat Zuid-Holland samen met Gelderland beschikt over de meeste bedrijvigheid rondom waterstof. Daarnaast zijn er potentieel veel bedrijven die met hun producten een bijdrage kunnen leveren in de keten van elektrolyse-systemen. De provincie verkent samen met deze partijen welke bedrijven producten maken die geschikt zijn voor waterstofproductie-ketens en hen waar mogelijk kan stimuleren hieraan bij te dragen. De provincie gaat meefinancieren aan deze verkenning en vindt het belangrijk dat ook gekeken wordt naar de mogelijkheden van het vermijden van kritische grondstoffen en het toepassen van circulaire principes (reduceren van materialen gebruik, hergebruik van materialen, slim onderhoud, etc.).

B. Gezamenlijk onderzoeken van de logistieke functie van de haven voor import en doorvoer van waterstof

Om in onze energiebehoefte in Zuid-Holland te voorzien, moeten we ook de import van groene energie bekijken. Als optie naast de eigen productie van groene elektronen, groene warmte en groene moleculen (onder andere in de vorm van waterstof). Waterstof is volgens velen een kanshebber om als energiedrager te fungeren in deze importbehoefte (IEA, 2019; van Wijk et al., 2019; Weeda & Gigler, 2019). De provincie onderzoekt samen met regionale belanghebbende wat het nut en de noodzaak is van waterstofimport en welke logistiek daarvoor nodig is in Zuid-Holland. Op deze manier krijgen we in Zuid-Holland meer grip op de noodzaak, potentie, mogelijkheden en benodigdheden van het importeren en exporteren van groene energie via dragers zoals waterstof.

C. Participeren in de planvorming van waterstofinfrastructuur

Voor de ontwikkeling van een open toegankelijk waterstofnetwerk is kennis over de potentiële hoeveelheden en locaties van vraag en aanbod van waterstof in Zuid-Holland belangrijk. Daarom neemt de provincie deel in de planvorming van netbeheerders, Gasunie, Havenbedrijf Rotterdam, Deltalinqs, industriepartijen, gemeenten en kennisinstellingen. Samen onderzoeken we hoe, waar en wanneer een open toegankelijk waterstoftransport- en distributienetwerk kan worden ontwikkeld. Bijvoorbeeld in de haven van Rotterdam, op Goeree-Overflakkee en richting afnemers in bijvoorbeeld de Drechtsteden. De inzichten vanuit de Systeemstudie Zuid-Holland, het GridMaster project en de verbinding die wordt

gelegd tussen vraag-infrastructuur-vraag in het regionaal programma waterstof helpen de planvorming rondom een open toegankelijk waterstofnetwerk.

D. Gezamenlijk onderzoek naar de mogelijkheden van waterstof als grondstof en aanvullend als energiedrager voor de industrie

Waterstof heeft de potentie om in de toekomst, vanaf 2030, een grotere rol te spelen als grondstof voor de industrie. De eerste stap is het fossielvrij maken van het huidige gebruik van waterstof als grondstof. Ook kan waterstof gebruikt worden als grondstof voor nieuwe groene chemie die synthetische materialen en brandstoffen maakt. Samen met regionale partners en de industrie wil de provincie onderzoek doen naar het nut en de noodzaak van de uitbreiding van waterstof als grondstof in de toekomst. De provincie gaat ook meefinancieren aan dit onderzoek.

Het gebruik van waterstof als energiedrager voor HTW-processen in de industrie is innovatief. Voor een significant aandeel van de processen is het ook een grote kanshebber. Een belangrijke eerste stap is het testen en demonstren van de verbranding van waterstof om hoge temperaturen te bereiken. De provincie ondersteunt bedrijven die hier een stap in willen zetten. In het Fieldlab Industriële Elektrificatie kunnen bedrijven deze toepassing testen (FME, 2019). Daarnaast gaat de provincie meefinancieren aan onderzoeken naar de mogelijkheden en bijkomstigheden van waterstof als energiedrager voor HTW-processen, met een nadruk op de benodigde infrastructuur om waterstof op de gewenste locatie te krijgen.

Om een beter beeld te krijgen van het benodigde waterstofaanbod en de daarvoor noodzakelijk afmeting van de waterstofinfrastructuur is het belangrijk om in kaart te brengen wat de potentiële en verwachte vraag naar waterstof vanuit de industrie in Zuid-Holland gaat zijn. Met het regionaal deelprogramma wil de provincie samen met regionale stakeholders een beter beeld van krijgen. Het is belangrijk dat bedrijfsgevoelige informatie niet direct bij de provincie terecht komt, vanwege haar verplichting tot transparantie en openheid. Samen met onder andere Deltalinqs, Innovation Quarter en TNO-ECN geeft de provincie een vervolg aan het al lopende onderzoek naar de verwachte mix van energiedragers in de toekomst (Deltalinqs, 2019).

E. De rol van waterstof in het energiesysteem bestuderen (bufferen, balanceren)

Waterstof wordt verschillende systeemrollen toebedeeld in het energiesysteem van de toekomst. Voor de duiding van de rollen die waterstof kan vervullen, is een verkenning nodig naar de verschillende scenario's waarbinnen het Zuid-Hollandse energiesysteem zich kan gaan ontwikkelen. Een Systeemstudie van de infrastructuur van Zuid-Holland plaatst waterstof in perspectief naast warmte, elektriciteit en CO₂. Voor het begrip en verdere inzet op een waterstofinfrastructuur is een dergelijk perspectief van belang.

Naast deze systeemstudie ondersteunt en volgt de provincie het onderzoeksprogramma RELEASE van een consortium onder aanvoering van de TU Delft (TU Delft, 2019). Dit onderzoeksprogramma werkt aan nieuwe technologische mogelijkheden op het gebied van grootschalige energieopslag: elektrische energie wordt opgeslagen en weer gebruikt. Naast bijvoorbeeld flowbatterijen wordt er gekeken naar waterstofproductie en de rol die het kan spelen op het gebied van grootschalige energieopslag op de korte (2030) en lange termijn (2050).

5. Ondersteunende en flankerende activiteiten

A. Actieve kennisdeling organiseren over waterstof vanuit de pilots en demonstratieprojecten

Een belangrijke activiteit is het delen van de opgedane kennis en ervaring vanuit de pilots en demonstratieprojecten met de rest van de regio. In twee belangrijke sectoren – gebouwde omgeving en glastuinbouw – zijn de potentie en toepassing van waterstof nog niet evident. Voor beide sectoren is het belangrijk om actief kennis te delen met belanghebbende partijen en gremia die bezig zijn met de energietransitie binnen deze sectoren.

Ervaringen uit pilots delen

De pilots van The Green Village en Rozenburg en het demonstratieproject in Stad aan 't Haringvliet zijn goede voorbeelden waar het sociale en technische aspect worden onderzocht. Hierdoor leren we over de praktische toepasbaarheid en werking van waterstofketels, waterstofinfrastructuur en de sociale acceptatie en gebruik van waterstof. De ervaringen en conclusies van de pilot van The Green Village en de processen en ervaringen uit de projecten Rozenburg en Stad aan 't Haringvliet dragen bij aan het begrip rondom waterstof toegepast in de gebouwde omgeving. Ze helpen ook om een genuanceerd

beeld te vormen. Daarom proberen wij als provincie de huidige pilots en demonstratieprojecten waar nodig te ondersteunen. De ontwikkelingen in Stad aan 't Haringvliet staan wij bij vanuit het H2GO-convenant.

Verbindende rol bij RES en TVW

De provincie is een van de partners in de ontwikkeling van de Regionale Energie Strategieën (RES) in Zuid-Holland (Midden-Holland, Holland Rijnland, Metropool Regio Rotterdam-Den Haag, Hoeksche Waard, Drechtsteden, Goeree-Overflakkee en Alblasserwaard). Ook ondersteunt de provincie processen van de gemeentes om te komen tot Transitie Visies Warmte. De vraag naar meer duidelijkheid rondom de toepassing van waterstof in de gebouwde omgeving leeft, vandaar dat de provincie ervoor gaat zorgen dat de kennis en ervaring die opgedaan wordt binnen de pilots en demonstratieprojecten beschikbaar komen ter ondersteuning van de RESsen en TVW's (Transitie Visie Warmte). De provincie speelt hierin een faciliterende en verbindende rol.

Naast de pilots en demonstratieprojecten in de gebouwde omgeving, gaat er in 2020 een verkenning starten naar de toepassing van waterstof in de glastuinbouw. Wanneer de verkenning positieve resultaten opleveren, wordt er doorgepaktd met een eerste pilot. Deze verkenning wordt gefinancierd vanuit de Greenport West-Holland. Het budget is beschikbaar gesteld door de provincie Zuid-Holland via het Energieakkoord van de Greenport.

B. De nationale- en internationale samenwerkingsmogelijkheden benutten

Op verschillende schaalniveaus wordt invulling gegeven aan de groene waterstofeconomie. Zuid-Holland dient de Europese en nationale richtlijnen na te leven en te versterken. De ontwikkeling van hernieuwbare energie op de Noordzee is een nationale aangelegenheid waarbij wordt samengewerkt met andere Europese landen. Zuid-Holland kan hiervan profiteren. Samen optrekken met andere provincies is belangrijk voor de schaalvergroting van water-elektrolyse en waterstofinfrastructuur. Binnen deze samenwerking kan geleerd worden van de aanpak van andere provincies en de pilots en demonstratieprojecten die elders worden uitgevoerd. De samenwerking tussen Vlaanderen, Zuid-Holland en Noordrijn-Westfalen is altijd essentieel geweest voor de economische ontwikkeling in de regio's en de verbinding met de corridors is een kans om samen te werken op het gebied van goederenvervoer en infrastructuur. De provincie Zuid-Holland zet in op: Europese lobby, samenwerking met andere regio's en netwerken en het faciliteren van Europese financiering voor initiatieven in Zuid-Holland.

EU-lobby organiseren

Samenwerking in en financiering uit de Europese Unie kan dienen als middel om de Zuid-Hollandse maatschappelijke doelen op het gebied van waterstof te bereiken. Dit kan bereikt worden door actief te zijn in Brussel, onder andere door het inzetten van de EU-vertegenwoordigers aldaar.

Er zijn drie relevante sporen:

1. We nemen deel aan relevante netwerken, waarbij bestuurlijk kan worden besloten bij welke netwerken aan te sluiten. Voorbeelden van relevante netwerken zijn Hydrogen Europe of het netwerk HyEr.
2. We betrekken relevante stakeholders in Brussel bij samenwerkingsverbanden. Deze stakeholders werken bijvoorbeeld bij de Europese Commissie, zijn lid van het Europees Parlement met interesse in duurzame energie/ energietransitie of zijn op de hoogte van de ontwikkelingen in de Milieuraden. Wij kunnen events organiseren om hen bij elkaar te brengen en het Zuid-Hollandse waterstofverhaal te vertellen.
3. We oefenen zover mogelijk invloed uit op het beleid(-proces) in Brussel. Zodat nieuw Europees beleid positief uitpakt voor Zuid-Holland of dat het Zuid-Hollandse verhaal als goed voorbeeld kan dienen voor andere regio's en lidstaten.

Samenwerking met andere regio's, netwerken opzetten en onderhouden

Samen met andere buitenlandse regio's wil Zuid-Holland gedeelde uitdagingen aangaan en gezamenlijk invloed uitoefenen op EU-besluitvorming met betrekking tot waterstof. Hierbij richten we ons vooral op samenwerking met Noordrijn-Westfalen (NRW) en Vlaanderen (genoemd in het Coalitieakkoord), maar ook met andere regio's. Dit doen we op zowel bilateraal niveau bijvoorbeeld met behulp van afgesloten MoU's (Memorandum of Understanding), als op multilateraal niveau door deelname aan internationale netwerken. De uitwisseling van kennis draagt bij aan de totstandkoming van een provinciaal

waterstofbeleid dat aansluit bij Europees beleid, grensoverschrijdende impact heeft en mogelijkheden biedt voor Europese financiering.

Industry Transition Platform (ITP)

Zuid-Holland neemt bijvoorbeeld sinds september 2019 deel aan het Industry Transition Platform (ITP). Dit is een gezamenlijk initiatief van Noordrijn-Westfalen en The Climate Group, het secretariaat van de Under2 Coalition waarvan Zuid-Holland sinds 2015 lid is. Het ITP brengt regionale overheden met overeenkomende uitdagingen samen in zogenaamde Innovation Teams (werkgroepen) om kennis en ervaringen uit te wisselen rondom specifieke thema's.

Binnen ITP neemt de provincie Zuid-Holland deel aan het Hydrogen Innovation Team. Deze werkgroep verbindt waterstof aan de thema's (duurzame) mobiliteit en energietransitie. Het ITP Hydrogen Innovation Team bestaat vooralsnog uit Noordrijn-Westfalen (NRW), Hauts-de-France, Schotland en Alberta (Canada) en op advies van Zuid-Holland wordt het Hydrogen Innovation Team mogelijk uitgebreid met Vlaanderen. Het is dus een interessante werkgroep, zowel qua inhoudelijk als qua netwerk. NRW is reeds een belangrijke samenwerkingspartner en in het gebied Zeebrugge-Gent-Antwerpen spelen soortgelijke ontwikkelingen als in Zuid-Holland en HIC. Bovendien verkennen we de mogelijkheid tot samenwerking met Hauts-de-France op het gebied van duurzame binnenvaart over het verder te ontwikkelen kanaal Seine-Nord. Het RH2INE initiatief over de Rhine-Alpine corridor zou hiervoor als voorbeeld kunnen dienen.

Europese financiering faciliteren

Meerdere Europese subsidieprogramma's hebben als doelstelling CO₂-reductie. Het gebruik van waterstof draagt hieraan bij. Ook kunnen waterstofprojecten onder de prioriteit innovatiebevordering vallen. Met een subsidieproject kunnen we in Zuid-Holland waterstofinnovatie naar een hoger niveau brengen. Bijvoorbeeld door in een pilotproject een innovatie te testen in een omgeving die representatief is aan het functioneren onder werkelijk omstandigheden. Deze pilot en bijbehorende activiteiten kunnen gefinancierd worden vanuit een Europees subsidieprogramma. In samenwerking met partners kan de provincie de mogelijkheden verkennen welke Europese subsidieprogramma's een bijdrage kunnen leveren. Met name om grootschalige groene waterstofproductie te faciliteren en versneld te realiseren.

6. Investeren in toekomstige werkgelegenheid in een waterstofeconomie

Met de ontwikkeling van een groene waterstofeconomie, groeit ook de vraag naar technici, onderzoekers en installateurs. Bij het werken aan voldoende menskracht om uitvoering te geven aan de energietransitie en de groene waterstofeconomie sluiten we aan bij de bredere Human Capital Agenda, waar drie onderscheidende doelgroepen worden aangesproken: van school naar werk (scholing), van werk naar werk (omscholing) en aan het werk (werkzoekenden).

Voor de ontwikkeling van een waterstofeconomie is arbeidskapitaal nodig op elk niveau (MBO, HBO, WO) voor bijvoorbeeld het installeren en opereren van water-elektrolyse systemen, het realiseren van waterstofinfrastructuur, het onderhoud van waterstofvoertuigen, het ontwerpen van waterstofsysteem en de innovatie daarvan.

Als provincie Zuid-Holland willen we hier aan bijdragen door de scholen in Zuid-Holland aan elkaar te verbinden. Zo kan integratie van het lesmateriaal plaatsvinden. Samen met onderwijsinstellingen wordt structureel lesmateriaal ontwikkeld en de verbinding gelegd met lopende pilots en demonstratieprojecten bij bedrijven op het gebied van waterstof. Studenten kunnen zo leren van de praktijk en bedrijven profiteren van de kennis van studenten.

5 Bronnen

- BP, (2019). *BP, Nouryon en Havenbedrijf Rotterdam werken samen aan studie naar groene waterstof*.
https://www.bp.com/nl_nl/netherlands/home/nieuws/persberichten/bp-nouryon-en-havenbedrijf-rotterdam-werken-samen-aan-studie-naar-groene-waterstof.html
- College van Rijksadviseurs, (2019). *Via Parijs: Een ontwerpverkenning naar een klimaatneutraal Nederland*. Beschikbaar via:
<https://www.collegevanrijksadviseurs.nl/adviezen-publicaties/publicatie/2019/10/17/via-parijs>
- Deltalinqs, (2019). *Benieuwd naar uw energiemix van de toekomst*. Beschikbaar via:
<https://www.deltalinqs.nl/benieuwd-naar-uw-energiemix-van-de-toekomst>
- EBN, (2019). *Cijfers over energie in Nederland 2019*. Beschikbaar via:
<https://www.ebn.nl/energietransitie/energiebalans-van-nederland/>
- Europese Unie, (2019). *European Green Deal*. Beschikbaar via:
https://ec.europa.eu/info/files/communication-european-green-deal_en
- Ekinetix & Stratelligence (gepubliceerd door FME, 2019). *Waterstof: Kansen voor de Nederlandse industrie*. Beschikbaar Via:
<https://www.fme.nl/nl/nieuws/slag-waterstof-nederland-waterstof-hub>
- FME, (2019). *Fieldlab industriële elektrificatie*. Beschikbaar via:
<https://www.fme.nl/nl/innovatieinder regio/fieldlab-industri%C3%A5le-elektrificatie-0>
- Gasunie & Tnet, (2019). *Infrastructure Outlook 2050*. Beschikbaar via:
<https://www.gasunie.nl/expertise/systeemintegratie/infrastructure-outlook-2050>
- Gasunie New Energy, (2019). *Hystock*. Beschikbaar via:
<https://www.gasunienewenergy.nl/projecten/hystock>
- Gigler, J. & Weeda, M., (2018). *Contouren van een routekaart waterstof*. TKI Nieuw Gas Topsector Energie, TNO.ECN.
- Greenpeace, (2018). *Manifest groene waterstof coalitie: Waterstof essentiële bouwsteen energietransitie*. Beschikbaar via:
<https://www.greenpeace.org/nl/klimaatverandering/6426/manifest-waterstof-coalitie-waterstof-essentiële-bouwsteen-energiëtransitie/>
- Hydrogen4climateaction, (2019). *Green Spider: Green Hydrogen production from more than 1 GW of renewable energies, considering wind, solar and hydro, that it will be locally consumed and also exported to Europe by using LOHC*. Beschikbaar via:
<https://www.hydrogen4climateaction.eu/programme>
- H-vision, (2019). *Blue Hydrogen as accelerator and pioneer for energy transition in the industry*. Beschikbaar via: <https://www.deltalinqs.nl/h-vision>
- IEA, (2019). *The Future of Hydrogen: Seizing today's opportunities*. Beschikbaar via:
<https://www.iea.org/publications/reports/thefutureofhydrogen/>
- Kiwa, (2018). *Toekomstbestendige gasdistributienetten*. Beschikbaar via:
<https://www.bureauleiding.nl/kennisdossier/artikel/kiwa-rapport-over-toekomstbestendige-gasdistributie-netwerken/>
- Klimaatakkoord, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (2019). Beschikbaar via:
<https://www.klimaatakkoord.nl/actueel/nieuws/2019/06/28/klimaatakkoord-in-stukken>
- North Sea Energy programme, (2019). *North Sea Energy: Offshore system integration*. Meer informatie beschikbaar via: <https://www.north-sea-energy.eu/>

- North Sea Wind Power Hub Programme, (2019). *Modular hub-and-spoke concept to facilitate large scale offshore wind*. Beschikbaar via: <https://northseawindpowerhub.eu/project/>
- Op weg met waterstof, (17-07-2018). *Waterstof Veiligheid Innovatie Programma*. Beschikbaar via: <https://opwegmetwaterstof.nl/2018/07/17/waterstof-veiligheid-innovatie-programma/>
- Port of Rotterdam, (2018). *Feiten en Cijfers*. Beschikbaar via: <https://www.portofrotterdam.com/nl/onze-haven/feiten-en-cijfers>
- Port of Rotterdam, (2018). *In drie stappen naar een duurzaam industriecluster: Rotterdam-Moerdijk in 2050*. Beschikbaar via: <https://www.portofrotterdam.com/nl/nieuws-en-persberichten/klimaatplannen-industrie-rotterdam-moerdijk>
- Port of Rotterdam, (2019). *Havenvisie Rotterdam*. Beschikbaar via: <https://www.portofrotterdam.com/nl/havenbedrijf/over-het-havenbedrijf/havenbedrijf-in-de-samenleving/havenvisie-rotterdam>
- Provincie Zuid-Holland, (2019). *Coalitieakkoord 2019-2023: Elke dag beter. Zuid-Holland*. Beschikbaar via: <https://www.zuid-holland.nl/overons/coalitieakkoord-2019/>
- Rotterdam CCUS, (2019). *CO2-reductie door opslag onder de Noordzee*. Meer informatie beschikbaar via: <https://www.rotterdamccus.nl/het-project/>
- Rotterdams Klimaatakkoord, (november, 2019). Beschikbaar via: <https://www.010duurzamestad.nl/nieuws/rotterdams-klimaatakkoord-1/>
- TKI Nieuw Gas, (2019). *Waterstof voor de energietransitie – een programmatische aanpak voor innovaties op het thema waterstof in Nederland voor de periode 2020-2030*. Beschikbaar via: <https://www.topsectorenergie.nl/nieuws/werk-aan-de-winkel-voor-waterstof-voor-de-energietransitie>
- Transport Online. (2018, 7 september). *Helpt goederen uit Rotterdamse haven gaat naar buitenland*. Beschikbaar via: <https://www.transport-online.nl/site/nl/94957/helpt-goederen-uit-rotterdamse-havengaat-naar-het-buitenland/>
- TU Delft, (2019). *Miljoenen voor onderzoek naar grootschalige energieopslag*. Beschikbaar via: <https://www.tudelft.nl/2019/tu-delft/miljoenen-voor-onderzoek-naar-grootschalige-energieopslag/>
- United Nations, (2015). *Paris Agreement*. Beschikbaar via: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- Weeda, M. & Gigler, J., (2019). *Second Opinion op het advies Naar een groene waterstofeconomie in Zuid-Holland: een visie voor 2030*. In opdracht van de provincie Zuid-Holland.
- Werkgroep waterstof, redactie: Soest, JP van. & Warmenhoven, H., (2018). *Waterstof binnen het Klimaatakkoord*. Concept Klimaatakkoord 2018. Beschikbaar via: <https://www.klimaatakkoord.nl/themas/waterstof/documenten/publicaties/2019/01/25/achtergrondnotitie-elektriciteit-en-industrie-waterstof>
- Wijk, van A., Rhee, van G., Reijkerkerk, J., Hellinga, C. & Lucas, H., (2019). *Naar een groene waterstofeconomie in Zuid-Holland: Een visie voor 2030*. In opdracht van de provincie Zuid-Holland. Beschikbaar via: <https://userfiles.mailswitch.nl/c/9a8241b4cefce2246e3af2b32f6485/3081-88af55aa203e2ceca1d86cd70cad4a0d.pdf>

6 Bijlagen

Bijlage 1: Beschikbare middelen van de provincie Zuid-Holland

Afkomstig uit het uitvoeringsprogramma/begroting *Schone Energie voor Iedereen* (Transitie Haven en Industrie):

Begroting Industrie (x€1.000)	2020	2021	2022	2023	Totaal
Systeemonderzoek/ Gridmaster	325	325	275	360	1285
Systeemstudie	100	100	100	100	400

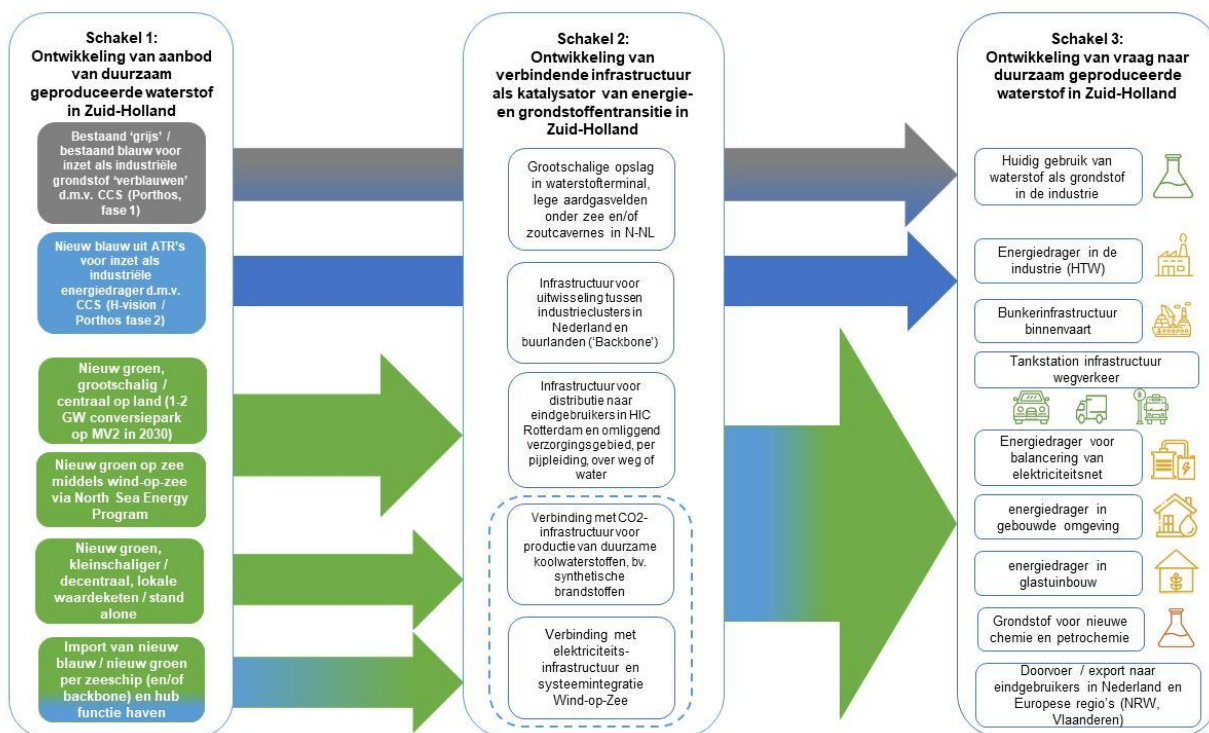
Begroting Waterstof (x€1.000)	2020	2021	2022	2023	Totaal
Regionaal waterstofprogramma	25	25	25	25	100
Faciliteren praktijkvoorbeelden	130	130	130	130	520
Randvoorwaarden	50	50	50	50	200
Onderzoek voor lange termijn	150	150	150	150	600
Ondersteunend, flankerend	20	20	20	20	80
Totale begroting Waterstof	375	375	375	375	1.500

Afkomstig uit het programma/begroting *Bereikbaar Zuid-Holland* (Schone Mobiliteit):

Begroting Waterstof (x€1.000)	2020	2021	2022	2023	Totaal
Vier waterstofbussen HWGO Dirksland-Zuidplein voor 3 jaar en aanpassing van het waterstofvulpunt bij Rhoon		4.000			4.000
Twintig streekbussen op waterstof inclusief waterstofvulpunt		<i>Middelen geregeld. Aanbesteding loopt.</i>			
Project Smart HyAware (Interreg), disseminatie van waterstofstrategieën samen met 7 partners in Europa		40			40
Project RH2INE	200	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.

Bijlage 2: Analyses

De waterstofvisie en -strategie is gebaseerd op de beschikbare literatuur over waterstof en in het bijzonder het Klimaatakkoord (2019), het externe advies aan de provincie Zuid-Holland *Naar een groene waterstofeconomie in Zuid-Holland: een visie voor 2030* (2019), de *Second Opinion* op dit externe advies van TNO.ECN en Topsector Energie. De prioriteiten en de inzet van de provincie Zuid-Holland zijn geformuleerd na analyses van deze stukken. Hierbij is in acht genomen dat waterstof in ketenverband gezien moet worden, waarbij aanbod, vraag en infrastructuur verbonden zijn aan elkaar. De analyses zijn opgedeeld naar de bouwstenen zoals aangegeven in figuur 2.



Figuur 2: De waterstofketen van aanbod, infrastructuur en vraag.

Bijlage 2.1: Analyse soorten waterstof

Het produceren van waterstof kan grofweg op drie manieren: uit aardgas, door middel van elektriciteit of als bijproduct bij bepaalde industriële processen. Voor het gemak en ter indeling van de mate van CO₂-intensiteit wordt er over het algemeen een indeling aangehouden op basis van kleuren: grijs, blauw en groen. Daar wordt temeer ook gele waterstof aan toegevoegd. Deze vier kleuren zullen kort worden toegelicht en daarbij zal ook ingegaan worden op het schaalniveau van de productiemogelijkheden en de al lopende productieprocessen en projecten.

Grijze waterstof

De 400 kton waterstof die op dit moment in Rotterdam wordt geproduceerd is grijze waterstof. Het overgrote deel van de waterstof wordt geproduceerd met Steam Methane Reforming (SMR). Met behulp van stoom wordt methaan gesplitst in koolstof en waterstof. Doordat de koolstof vrijkomt en zich verbindt met zuurstof tot CO₂ wordt er gesproken van grijze waterstof. De productie van waterstof vraagt om grote hoeveelheden aardgas, waardoor het een van de grootste bronnen van CO₂ in Nederland en Zuid-Holland is. Deze grijze waterstof dient voornamelijk als grondstof bij olieraffinageprocessen en in relatief kleine hoeveelheden als brandstof voor mobiliteit.

Blauwe waterstof

De bestaande grijze waterstof kan zogezegd 'verblauwen' door de CO₂ af te vangen en op te slaan of te hergebruiken. Tijdens het productieproces van waterstof kan 80-90% van de CO₂ worden afgevangen, waarna er een zuivere stroom CO₂ van gemaakt moet worden alvorens dit vervoerd en opgeslagen of hergebruikt kan worden. Voor dit proces zijn CO₂ afvangtechnieken nodig, is er behoefte aan een CO₂-infrastructuur en aan opslaglocaties. Via het Porthos-project (Port of Rotterdam CO₂

Transport Hub and Offshore Storage) werken Havenbedrijf Rotterdam, Gasunie en EBN aan een dergelijke infrastructuur.

Naast het 'verblauwen' van de huidige waterstofproductie wordt er door een consortium toegewerkt naar nieuwe blauwe waterstof binnen het project H-vision. Deze nieuwe blauwe waterstof kan ervoor zorgen dat op korte termijn CO₂ wordt gereduceerd door deze waterstof toe te passen bij HTW-processen in de industrie. Daarnaast moet er voor de blauwe waterstof een speciale infrastructuur worden aangelegd.

Groene waterstof

Een derde mogelijkheid om waterstof te produceren is via water-elektrolyse. Water (H₂O) wordt in dit proces met elektriciteit gesplitst in waterstof (H₂) en zuurstof (O₂). Met elektriciteit van hernieuwbare oorsprong, zoals wind of zon, is er sprake van groene waterstof: er is geen CO₂-emissie. Echter, dit heeft alleen betrekking over de emissies wanneer de elektrolyzers operationeel zijn. Want er is natuurlijk ook aandacht nodig voor de CO₂-emissie bij de ontwikkeling en levering van deze elektrolyse-systemen. En voor het gebruik van kritische grondstoffen, zoals Kobalt.

Productie

Grofweg zijn er drie interessante schaalniveaus van elektrolyse systemen: kleinschalig-decentraal, grootschalig-centraal op land en grootschalig-centraal op zee. Kleinschalige, decentrale elektrolyse systemen (0,1-10 MW) kunnen van lokaal opgewekte energie via bijvoorbeeld windmolens waterstof produceren voor lokale toepassingen zoals een tankstation of bunkerstation. Hierbij is het belangrijk om de ruimtelijke inpassing en veiligheidscontouren van deze systemen in acht te nemen. Brandstofcellen kunnen hierin een rol spelen door van de waterstof weer elektriciteit en warmte te maken. Hierbij is het belangrijk om in acht te nemen dat er dan sprake is van substantiële conversieverliezen (25-50%).

Om grootschalig waterstof te produceren kan gekeken worden naar elektrolyse-systemen van 10, 20, 50, 100, 250, 500 en uiteindelijk 1000 MW. De grootste elektrolysefabrieken op dit moment in aanbouw hebben een capaciteit van 10-20 MW. Stapsgewijs moet de capaciteit worden opgebouwd, wat ervoor zorgt dat er meer groene waterstof geproduceerd wordt en de kosten dalen. Er is nog een lange weg te gaan om te komen tot een elektrolysefabriek van 100, 250 en 1000 MW. Het is belangrijk om ook rekening te houden met de ruimtelijke inpassing en veiligheidscontouren van dergelijke fabrieken. In het Klimaatakkoord (2019) wordt gesproken over een gerealiseerd vermogen van 3 tot 4 GW in 2030 in Nederland, waarvan 1-2 GW in de haven van Rotterdam kan landen. Samen met een consortium onder aanvoering van ISPT kijkt de provincie mee naar een conceptueel ontwerp van een 1 GW-elektrolysefabriek en hoe dit ruimtelijk kan worden ingepast in het Haven Industrieel Complex van Rotterdam. Daarnaast zijn er partijen in de Rotterdamse haven die uitspreken dat ze op termijn groene waterstoffabrieken willen realiseren, zoals Nouryon en BP die in 2022 een investeringsbeslissing gaan nemen over een fabriek van 250 MW (BP, 2019).

Om groene waterstof te produceren in grootschalige waterstoffabrieken op land zijn elektriciteitskabels nodig vanuit wind- en/of zonneparken (op zee of op land). Want fabrieken die hun energie krijgen uit het reguliere elektriciteitsnet zijn aangewezen op de energie-mix. In 2019 bestond deze mix uit 13% hernieuwbare energie (EBN, 2019). Garanties van oorsprong certificeren dat hernieuwbare energie is ingekocht om waterstof te produceren.

Naast elektrolysefabrieken op land, is het ook interessant om de ontwikkelingen te volgen rondom elektrolyse op zee in combinatie met wind op zee. Dat is waterstofproductie dicht bij de bron (de windmolens) om vervolgens via de bestaande gasinfrastructuur naar land te transporteren. Binnen het North Sea Energy Program werkt een consortium (o.a. Gasunie, TNO, het Rijk, Tennet, onderzoeksinstituten en bedrijven) aan de integratie van de windenergiesector en de gasindustrie op de Noordzee in verbinding met het vasteland (NSE, 2019). Dit programma verkent de mogelijkheden voor grootschalige groene waterstofproductie op een kunstmatig eiland in de Noordzee: Doggersbank (Fluxenergie, 2019).

Gele waterstof

De vierde waterstofkleur is geel. Het gaat om groene waterstof die niet uit lokale windenergie wordt geproduceerd, maar met energie van zon-PV in woestijnen. Deze optie laat zich niet nationaal organiseren. De ontwikkeling vergt jaren, bovendien blijven de prijs, voorwaarden en beschikbaarheid van gele waterstof voor ons onzeker.

Optimistische waterstofdeskundigen verwachten veel van de import van waterstof. Deze conclusie komt onder andere terug in het advies aan de provincie Zuid-Holland *Naar een groene waterstofeconomie in Zuid-Holland: een visie voor 2030* (van Wijk et al., 2019). De import van duurzame waterstof wordt essentieel voor de toekomstige op- en overslagfunctie van het havengebied van Rotterdam en daarmee voor de lokale economie en werkgelegenheid. Nederland kan door ruimtegebrek hoogstwaarschijnlijk niet voldoen aan duurzame opwek van onze energievraag. Transport en import van onze benodigde duurzame energie zal dan gebeuren in de vorm van schone energiedragers, zoals gele waterstof.

Bijlage 2.2: Analyse Infrastructuur

Infrastructuur voor productie van blauwe waterstof

Om blauwe waterstof te produceren, wordt 80-90% van de vrijkomende CO₂ afgevangen of opgeslagen (zie ook: bijlage 3.1.). Naast een aardgas- en zuurstofinfrastructuur voor het productieproces, een waterstofinfrastructuur voor de output, is er dus ook een CO₂-infrastructuur nodig richting opslag- of hergebruiklocaties.

Vanwege de huidige capaciteit voor de productie van waterstof uit aardgas in de haven van Rotterdam en de aanwezige kennis van deze systemen, is het mogelijk om de huidige volumes substantieel uit te breiden waardoor de realisatie van een open toegankelijk waterstofnetwerk in de haven voor 2030 haalbaar kan zijn. Dimensionering van de waterstofleidingen is echter een vraagstuk, net als de verhouding tussen publiek en privaat bij het aanleggen van een dergelijk netwerk. Deze ontwikkeling is afhankelijk van de vorderingen en haalbaarheid van een CO₂-infrastructuur voor hergebruik- en opslag.

Infrastructuur voor productie van groene waterstof

Water-elektrolyse met hernieuwbare elektriciteit levert groene waterstof op (zie ook: bijlage 3.1.). De benodigde infrastructuur voor groene waterstof bestaat uit elektriciteitskabels voor de toevoer van groene stroom, infrastructuur voor de aanlevering van gedemineraliseerd water of apparatuur voor het demineraliseren van water, infrastructuur voor het opslaan, transporteren en distribueren van groene waterstof en het bijproduct zuurstof. Daarnaast komt er bij water-elektrolyse warmtevrij, die via warmtenetten kan worden getransporteerd naar mogelijke toepassingen.

Infrastructuur voor het transporteren van waterstof

Via grote pijpleidingen of transport kabels wordt energie over grote afstanden getransporteerd van de productielocatie naar een opslaglocatie, verdeelstation of onderstation. Vanaf deze locatie wordt de energie gedistribueerd en verdeeld naar kleinere locaties, oftewel de afnemers. Het transport van gas in Nederland wordt georganiseerd door Gasunie. Het transport van elektriciteit wordt in Nederland georganiseerd door Tennet, zij zijn verantwoordelijk voor het hoogspanningsnet in Nederland. De distributie van elektriciteit en gas wordt geregeld door lokale netbeheerders, zoals Stedin, Liander en Westland Infra. De verbinding tussen producent en eindgebruiker kan ook direct zijn. Dan gaat het vaak om private leidingen. In de Rotterdamse en Zuid-Hollandse regio liggen twee private waterstofnetwerken. In Zuid-Holland zijn op dit moment nog geen publieke waterstofnetwerken.

De Gasunie werkt aan een waterstof-backbone in Nederland voor 2030. Zij willen via deze hoofdtransportinfrastructuur de industrieclusters in Nederland met elkaar verbinden: Rotterdam-Moerdijk, Noord (Delfzijl-Eemshaven), Noordzeekanaal, Chemelot en Zeeland. In Zeeuws-Vlaanderen laat de Gasunie al zien dat men waterstof kan transporteren via gasleidingen.

Het distribueren van waterstof zou volgens technisch onderzoek kunnen plaatsvinden via bestaande (Kiwa, 2018) en nieuwe aardgasleidingen. Er zijn wel aanpassingen in het systeem nodig. Omdat waterstof lichter is dan aardgas moet de druk in de leidingen bijvoorbeeld hoger zijn, waardoor de compressoren moeten worden aangepast. Op The Green Village testen Stedin, Alliander en Enexis Groep of bestaande gasdistributieleidingen waterstof kunnen vervoeren. Er zijn drie aspecten die ze met deze proef willen belichten: 1) het ontwikkelen van passende veiligheidsmaatregelen; 2) het ontwikkelen van standaarden, normen en keurmerken; 3) validatie in de praktijk (kennis en ervaring), met name op het rapport dat Kiwa in opdracht van Netbeheer Nederland heeft uitgevoerd.

De provincie is voorstander van de ontwikkeling van open toegankelijke waterstof infrastructuur in Zuid-Holland. Op deze manier kunnen aanbieders en afnemers van waterstof gebruik maken van het waterstofnetwerk en heeft iedereen een gelijkwaardige toegang. Bij voorkeur wordt dit netwerk beheerd door een publieke organisatie, zoals de Gasunie, Stedin, het Havenbedrijf of een combinatie. \

Infrastructuur voor het opslaan van waterstof

Waterstof kan op meerdere manieren worden opgeslagen. Lokaal kunnen opslagtanks worden gebruikt om waterstof, onder hoge druk, op te slaan. Dit kan zowel in de vorm van gas of als een vloeibare substantie. Het vloeibaar opslaan in grote, ronde opslagtanks kan de eerste stap zijn richting grootschalig opslag. Naar verwachting zijn deze opslagtanks op termijn niet voldoende voor het opslaan van hernieuwbare energie in waterstof om het energiesysteem te bufferen. Vandaar dat de Gasunie met haar project Hystock kijkt naar het gebruiken van zoutcavernes in Zuidwending, Noord-Nederland, om waterstof op te slaan. Op dit moment worden deze zoutcavernes gebruikt om grootschalig aardgas op te slaan. Voor het opslaan van waterstof op megaschaal wordt via het North Sea Energy Program onderzocht of en hoe lege gasvelden in de Noordzee hergebruikt kunnen worden voor de opslag van waterstof. Vanuit de potentie tot waterstofproductie via wind- en zonneparken op zee leeft de gedachte dat je op deze manier de bestaande gasinfrastructuur kan hergebruiken om waterstof met lagere kosten dan via elektriciteitskabels naar land te brengen. Deze gasinfrastructuur beschikt namelijk over een grotere capaciteit dan de beoogde elektriciteitskabels.

Bijlage 2.3: Analyse Industrie

Grondstof in de industrie

Rotterdam produceert en consumeert ongeveer 400 kton (56 PJ) waterstof per jaar. Dat is de helft van de totale Nederlandse waterstofproductie en consumptie. Waterstof dient als grondstof en hulpbron in raffinaderijen (voor de bewerking van ruwe olie tot brandstof) en als reductiemiddel voor kunstmestproductie. De industrie produceert vooralsnog genoeg waterstof voor eigen gebruik. Het gaat hier om grijze waterstof.

Naast het huidige gebruik van waterstof als grondstof voor raffinaderijen en kunstmestproductie, kan er vanuit de industrie een nieuwe vraag naar duurzame waterstof ontstaan. Het gaat dan over het gebruik van waterstof als grondstof voor synthetische producten en chemicaliën die nu gebaseerd zijn op fossiele koolwaterstoffen, zoals olie en aardgas. Denk bijvoorbeeld aan groene bunkerbrandstoffen als synthetische kerosine voor de luchtvaart en methanol voor scheepvaart. Om deze vervoersmodaliteiten te decarboniseren is groene waterstof en groene koolstof nodig (van Wijk et al., 2019). Deze nieuwe vraag wordt op korte termijn niet voorzien. De inschatting van Gigler en Weeda (2019) is dat deze potentiële toepassing van waterstof pas op grote schaal zal plaatsvinden in de periode 2030-2050. In de periode tot 2030 kan de haalbaarheid worden onderzocht en kunnen pilots en demonstratieprojecten starten.

De CO₂ die nodig is voor deze synthetische brandstoffen kan in de eerste plaats vrijkomen bij de productie van blauwe waterstof, echter is via deze weg de koolstof nog fossiel waardoor dit minder voor de hand ligt (Gigler & Weeda, 2018). Klimaatneutrale koolstof kan worden geproduceerd via duurzame biomassa, circulaire koolstof uit recycling of afvalverwerking van kunststofproducten, en uit koolstof van CO₂ die wordt gewonnen uit lucht of uit water (Gigler & Weeda, 2018). Hierbij moet goed gemonitord worden of dit niet leidt tot een toename van CO₂.

Energiedrager in de industrie

Naast grondstof is waterstof in potentie ook een belangrijke energiedrager in de Industrie. Voor industriële productie- en bewerkingsprocessen zijn hoge temperaturen nodig die op dit moment worden bereikt via de verbranding van aardgas. Een deel van de processen kan geëlektrificeerd worden of gebruik maken van restwarmte. Er zijn echter processen die dusdanige hoge temperaturen (>600 °C) nodig hebben of specifieke eisen hebben dat er een alternatief gas, zoals waterstof, gebruikt moet worden (van Wijk et al., 2019). Er wordt daarbij pas echt klimaatwinst geboekt als de waterstof die wordt gebruikt volledig groen is. Zover is het echter nog niet, bovendien is het leveren van HTW met waterstof een relatief dure optie ten opzichte van elektrificatie. Het marktaandeel kan dus veel lager zijn dan dat nu voorspeld wordt (Gigler & Weeda, 2019). Het is daarom relevant te onderzoeken hoe de inzet van groene waterstof zich (met betrekking tot kosten van inzet en de benodigde infrastructuur) verhoudt tot elektrificatie. De toepassing van waterstof als energiedrager is iets van de lange adem (Gigler & Weeda, 2019). De kennis en ervaring met waterstof als energiedrager voor HTW-processen ontbreken nog. Via pilots en demonstratieprojecten moet dit worden ontwikkeld.

De inschatting van Gigler en Weeda (2019) is dan ook dat de toepassing van waterstof als energiedrager voor de industrie op grote schaal zal plaatsvinden in de periode 2030-2050. Via het H-Vision project, waar de provincie tijdens de verkenning aan mee gefinancierd heeft, kunnen mogelijk nog voor 2030 grote volumes blauwe waterstof beschikbaar komen voor HTW-processen en daarmee kunnen bedrijven beginnen om delen van hun processen op waterstof te laten functioneren. Daarbij is het voor bedrijven noodzaak om te onderzoeken en te ondervinden of hun processen op waterstof kunnen renderen of dat het bijmengen van waterstof in aardgas een uitkomst biedt.

Geografische ligging van industrie

Industriële bedrijven die gebruik maken van HTW-processen zijn voornamelijk geconcentreerd in het havengebied. Het Havenbedrijf Rotterdam voorziet de rol van waterstof als energiedrager en grondstof in de duurzame energiehaven van de toekomst en spreekt van een waterstof-hub in zijn Havenvisie (2019). Het Havenbedrijf wijst erop dat een waterstofinfrastructuur daarvoor van groot belang is. Naast de concentratie van bedrijven in het havengebied, zijn er ook grootgasgebruikers verspreid over de rest van Zuid-Holland, vooral in de Drechtsteden, om en nabij Gorinchem, Den Haag, Alphen aan den Rijn en Leiden. Elektrificatie kan een optie zijn om deze bedrijven te voorzien van een emissiearm alternatief voor hun HTW-processen. Besparing is een essentiële voorwaarde, maar mogelijk is de infrastructuur voor het transport van groene stroom niet toereikend. Het is daarom belangrijk om regionaal af te wegen wat infrastructureel de meest logische optie is om bedrijven buiten het havengebied te voorzien van een emissiearm alternatief voor aardgas.

Milieu en veiligheid

Waterstof valt onder de definitie van een gevaarlijke stof vanwege de brand- en explosie-eigenschappen van waterstof. Het is kleurloos en geurloos en zodoende niet door mensen waar te nemen. Dat brengt uitdagingen met zich mee en vraagt aandacht voor een gezonde en veilige leefomgeving. Aangezien waterstof een zeer hoge verbrandingstemperatuur heeft, worden bij de verbranding van waterstof stikstofoxiden gevormd. Meer dan bij verbranding van aardgas of kolen. Dat betekent dat er een goede nabehandeling van de rookgassen moet plaatsvinden. In het kader van de huidige PAS-discussie kan dat een probleem opleveren. Er is onderzoek nodig naar lage NO_x branders om te zorgen dat de stikstofvorming bij het verbranden van waterstof beperkt wordt.

De industrie gebruikt waterstof nu al grootschalig. Fabrieken voor de grootschalige productie van waterstof vallen doorgaans onder het Besluit Risico's Zware Ongevallen (BRZO) en daarmee onder het bevoegd gezag van de provincie voor wat betreft een vergunning in het kader van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) en de Wet milieubeheer (Wm). De uitvoering van de gerelateerde vergunningverlening, toezicht en handhavingstaken (VTH) voor dergelijke inrichtingen in Zuid-Holland ligt bij omgevingsdienst DCMR. Dit geldt ook voor een mogelijke waterstofterminal en nieuwe toepassingen van waterstof in de industrie.

Bijlage 2.4: Analyse Mobiliteit

Van fossiele brandstoffen naar emissie loze aandrijving

Mobiliteit wordt in alle modaliteiten geëlektrificeerd. Deze ontwikkeling tekent zich duidelijk af, van de tweewieler via de auto tot aan het binnenvaartschip. Elektrificatie wil zeggen elektrische aandrijfmotoren. Soms zijn ze nog Hybride dus in combinatie met een verbrandingsmotor. Bij volledig elektrisch ontvangen ze hun stroom van accu's of brandstofcellen. Bij accu's wordt vaak gesproken van BEV (Battery Electric Vehicle), bij brandstofcellen van FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle). Wanneer gebruik wordt gemaakt van een van deze twee aandrijvingsmogelijkheden is er géén uitstoot van gevaarlijke stoffen zoals fijnstof (PM10, PM2,5), stikstofmonoxide (NO_x) en broeikasgassen zoals CO₂. Bij gebruik van groene elektriciteit uit hernieuwbare bronnen is er aan de voorkant ook géén sprake van CO₂-emissies. Hiermee wordt zowel de lokale luchtkwaliteit bevorderd en CO₂-emissie reductie gerealiseerd t.o.v. vervoersmiddelen die gebruik maken van aardgas, diesel of benzine.

Met name zwaardere voertuigen profiteren van relatief lichte brandstofcellsystemen en korte laadtijd. Voor lichtere voertuigen met kleine accu's zijn gewicht en laadtijd minder doorslaggevend en spelen het geringe aantal componenten positief mee. Batterij elektrisch is vooral geschikt voor licht gebruik en kortere afstanden, bijvoorbeeld gemiddeld woon-werkverkeer. De waterstof brandstofcel biedt een aantrekkelijke oplossing voor zwaardere inzet en langere afstanden, grofweg het traditionele dieselsegment. Bussen, taxi's, treinen zullen een vroege marktoplossing bieden, gevolgd door (grotere)personenauto's, vrachtwagens en schepen.

Waterstof als energiedrager voor mobiliteit

Waterstof (H₂) is een drager van energie, want aan iedere waterstofatoom is een elektron verbonden. Voor de aandrijving van waterstofvoertuigen wordt gebruik gemaakt van brandstofceltechnologie, waarbij de elektron gesplitst wordt van het waterstofatoom om een elektrische motor aan te drijven. De overgebleven waterstof bindt zich aan zuurstof (O₂), zodat de enige uitstoot water (H₂O) is. Bij groene waterstof is het voertuig dan zero-emission. Waterstof werkt als een bereikvergroter voor elektrische voertuigen, ideaal voor lange afstanden. Daarnaast is opslag van grote hoeveelheden waterstof relatief makkelijk ten opzichte van elektriciteit in accu's. Dat maakt waterstof een uitweg voor zwaar transport op weg naar zero-emission.

Wanneer waterstof in combinatie met brandstofceltechnologie wordt toegepast in de mobiliteit is de uitstoot water (H₂O). Dit bevordert de lokale luchtkwaliteit ten opzichte van vervoersmiddelen die rijden op aardgas, diesel of benzine. Bij gebruik van groene waterstof uit hernieuwbare energie is het vervoersmiddel volledig emissievrij. Waterstof is met name een oplossing voor ver- en zwaar transport zoals vrachtwagens en scheepvaart. Daarnaast kan het de actieradius van andere elektrisch aangedreven modaliteiten bevorderen, zoals bussen voor streekvervoer, personenauto's en andere speciale voertuigen (taxi's, vuilniswagens, veegmachines, etc.).

Bijlage 2.5: Analyse Systeemfunctie

Systeemfunctie: het energienet balanceren

Het huidige energiesysteem beschikt over een aantal belangrijke kwaliteiten die richting de toekomst gewaarborgd moeten blijven: leveringszekerheid, een functionerend- en betaalbaar energienetwerk. Aardgas vult op dit moment twee belangrijk systeemfuncties in, namelijk het bufferen van energie en het balanceren van het energiesysteem. Willen we de CO₂-reductie doelstellingen behalen, de leveringszekerheid van het energiesysteem waarborgen en het energiesysteem betaalbaar houden, zal aardgas vervangen moeten worden. Waterstof is voor de balanceer- en bufferfunctie een kanshebber. Het heeft de potentie om grootschalig opgeslagen te worden, waardoor hernieuwbare energie gebufferd kan worden. Daarnaast kan het grootschalig, ondergronds getransporteerd worden en mogelijk met bestaande aardgasinfrastructuur, waardoor uitbreiding van het elektriciteitsnet en daarmee infrastructurele kosten beperkt kan blijven. Een voorwaarde is wel dat de productie en daarmee het gebruik van waterstof in het energiesysteem betaalbaar blijft. De potentie van waterstof is helder. Een volgende, belangrijke stap is het verkrijgen van inzichten over de rol van waterstof in het totale energiesysteem en de verhouding tot andere duurzame energiedragers. Daarnaast moet het energiesysteem van Zuid-Holland in de context van het nationale en Europese energiesysteem gezien worden. De energie die in de regio Zuid-Holland wordt gebruikt zal voor een deel geïmporteerd worden uit andere regio's in Noordwest-Europa, vanaf energieparken op zee en uit andere delen van de wereld. Daarnaast gaat de opslag van hernieuwbare energie ook in andere delen van Nederland plaatsvinden. Bijvoorbeeld de zoutkoepels in Zuidwending voor grootschalige opslag van waterstof (Gasunie New Energy, 2019).

Bijlage 2.6: Analyse Gebouwde Omgeving

De gebouwde omgeving staat voor een opgave om aardgas in te ruilen voor duurzame en bij voorkeur koolstofvrije alternatieven voor de warmtevoorziening voor 2050. Op dit moment zijn twee belangrijke alternatieven in een min of meer toepasbaar stadium; verwarming via aard- en restwarmte met warmtenetten en volledig elektrisch. Naast de maatschappelijke aspecten, geldt voor beide alternatieven dat de toepassing ervan afhankelijk is van de locatie en eigenschappen van de huizen (infrastructuur, bodem, leeftijd van gebouwen, mate van isolatie etc.). Ook spelen de kosten van het aanleggen van de infrastructuur, benodigde isolatie en aanpassingen achter de voordeur een rol.

Restwarmte is in de provincie Zuid-Holland uitbundig voorhanden, ook geothermie heeft veel potentie. Beide vereisen wel een zekere bebouwingsdichtheid en -omvang om een betaalbare infrastructuur te realiseren. Volledig elektrische warmtepompen zijn niet afhankelijk van lokale factoren, zoals bebouwingsdichtheid en kunnen in beginsel overal worden toegepast. Deze oplossing vraagt wel extra isolatiemaatregelen omdat de elektriciteitskosten anders uit de pan rijzen en comfortklachten te verwachten zijn op de koudste momenten.

Bij gebruik van waterstof in de gebouwde omgeving is isolatie net zo belangrijk als bij een elektrische waterpomp. Voor de productie van waterstof is namelijk veel meer elektriciteit nodig is. Op het eerste

gezicht is waterstof in de gebouwde omgeving geen aantrekkelijke optie. Toch zijn er redenen om de mogelijkheden te verkennen:

- De overstap naar de zuinigere warmtevarianten is ingrijpender dan een overstap naar groen gas of naar waterstof. Wijktransitie is misschien gemakkelijker bij de overstap op een (duur) duurzaam gas. Door dat ergens uit te proberen, kan ook geleerd worden voor de wijken die geschikt zijn voor de zuinigere warmtevarianten.
- Voor de transitie is vertrouwen nodig dat de overheid naar beste vermogen en inzicht wijken kwalificeert voor een bepaalde voorkeurstechiek. Die aanwijzing gebeurt in een proces waarbij ook stakeholders betrokken worden. Vertrouwen in proces en keuze kan mede worden opgebouwd door ook eerlijk en open opties te testen die de overheid zelf niet als voorkeursoptie ziet.
- Een nauwkeuriger blik over het hele energiesysteem kan de verschillen in overall efficiency doen slinken tussen waterstof en de warmtepomp. Waterstof kan bijvoorbeeld elders worden geproduceerd (waar PV panelen meer opbrengen) en kan worden getransporteerd en bewaard. Dat kan de (energetische én economische) prijs van elektriciteit en waterstof dichter bij elkaar brengen dan op grond van hun opbrengst in warmte of het omzettingsrendement alleen.
- Het is misschien duur, maar waterstof verbranden in slecht geïsoleerde woningen kan wel zonder comfortklachten. Als al het andere faalt of nog duurder is, is waterstof stook de laatste strohalm.
- Het is niet uitgesloten dat waterstof in de gebouwde omgeving toch een niche vindt – ook in Zuid-Holland. Is het niet de komende tien of twintig jaar, dan wellicht wel erna. Om die niche goed te kunnen bedienen en om uit te vinden wat binnen die niche dan weer de beste varianten zijn, is experimenteren belangrijk. Waar de grenzen van de niche liggen, hangt op zichzelf ook weer af van de mogelijkheden binnen die niche. Hoe zuiniger er uiteindelijk van waterstof gebruik wordt gemaakt voor een bestaande woning, hoe beter betaalbaar, hoe veiliger, hoe groter de acceptatie of hoe beroerder de alternatieven, dat alles is van invloed op de grenzen van de waterstofniche.

Duurzame waterstof is mogelijk een alternatief voor aardgas in meerdere sectoren. Voor het toepassen van waterstof in de gebouwde omgeving ontbreekt nog technische kennis en operationele ervaring en spelen er vraagstukken rond leveringszekerheid, veiligheid, toestelnormen en standaardisering. De verkenning en demonstratieprojecten gaan helpen om voor 2030 te weten hoe groene waterstof gaat bijdragen aan de CO₂-emissie reductiedoelstellingen van 2050. Koken op waterstof is een onderdeel dat eveneens nog onderzoek vereist. Naar huidig inzicht zal vanwege veiligheid en benodigde energie niet gekookt worden op waterstof omdat een waterstof-vlam meer UV-straling afgeeft en minder voelbare warmte. Dat maakt de kans op ongelukken en op lange termijn gezondheidsschade groter. Zowel bij het gebruik van een waterstofketel als een brandstofcel die warmte en elektriciteit produceert, moet daarom toch rekening worden gehouden met koken op inductie. De keuze om waterstof in de gebouwde omgeving wel of niet in te zetten is een complex vraagstuk, dat afhangt van de lokale situatie, beschikbaarheid van duurzame waterstof en de kosten. Daarnaast spelen de huidige faciliteiten een rol: moet het aardgasnet vervangen worden? Wat is het gemiddelde bouwjaar van de woningen? Zijn de alternatieven warmtenet, aardwarmte, zonthermie, All-electric en biogas allemaal onhaalbaar?



Figuur 3: Bronnenstrategie provincie Zuid-Holland.

Uitleg bronnenstrategie provincie Zuid-Holland

In bovenstaande figuur 3 zijn de globale keuzemogelijkheden voor een warmtesysteem geschetst. De All-electric- en de waterstofoplossing liggen minder voor de hand wanneer woningen moeilijk te isoleren zijn, omdat beide een hoge energievraag hebben. In gevallen waar een collectief warmtenet geen oplossing is, is All-electric ook niet altijd mogelijk. Zoals in sommige historische binnensteden en het buitengebied. Op die plekken wordt gekeken naar een alternatief, duurzaam gas, met waterstof als een van de mogelijkheden. Dit kan ook een rol spelen in het voorzien van de pieklast van warmtenetten, omdat deze vaak berekend zijn op midden- en basislast vanwege de hoge kosten van infrastructuur die maar een gering aantal uren per jaar vol wordt belast. Via een waterstofgas-infrastructuur kan warmte gemaakt worden uit waterstof in een warmtekrachtcentrale in bijvoorbeeld steden.

Huidige infrastructuur

Onze huidige leidingeninfrastructuur is erop toegerust om aardgas te vervoeren. Wanneer we dat geschikt willen maken voor 100% waterstof zijn er aanpassingen nodig aan bijvoorbeeld de compressoren, waardoor de huidige gasinfrastructuur op sommige plekken een tweede leven krijgen. Dit is theoretisch getest door Kiwa in het rapport *toekomstbestendige gasdistributienetten* (2018) en wordt op The Green Village door netbeheerders Stedin, Alliander en Enexis getest in *de waterstofstraat*. Het kan dus, maar vergt extra investeringen. Dat maakt waterstof eerder kanshebber voor compactere buurten of wijken die geheel op waterstof gaan dan voor grote netten met weinig afname. In die gevallen zal groen gas meer voor de hand liggen. Dit vanwege het vermijden van hoge aanpaskosten omgeslagen over weinig gebruikers gecombineerd met het geringe beslag dat zo'n gebied legt op de groen-gasomvang.

Waterstof uit duurzaam opgewekte energie

Daarnaast moet waterstof worden gemaakt uit, bij voorkeur hernieuwbare, elektriciteit. Dit gebeurt nog niet op grote schaal. Het rendement van het produceren van waterstof via elektrolyse ligt op dit moment rond de 60-65%, waarbij de verwachting is dat dit rond 2030 minimaal 70% is (Gigler & Weeda, 2018, pagina 49). Vandaar dat het direct toepassen van deze duurzame energie meer gewenst is. Wanneer gebruik gemaakt kan worden van rest- of aardwarmte is dat het meest logisch om toe te passen, omdat deze energiedragers niet geschikt zijn voor andere toepassingen dan laagwaardige warmte en daardoor het minste andere energiefuncties in de wielen rijden. Het verminderen van onze energievraag in gedrag en met isolatie is altijd wenselijk, zeker wanneer een huis verwarmd wordt door middel van een schaarse en hoogwaardige energiedrager zoals waterstof.

Leren van de pilots en demonstratieprojecten

De opgave waar de gebouwde omgeving voor staat is groot en de tijd om deze opgave te realiseren is beperkt, maar er hoeven geen overhaaste beslissingen te worden genomen voor gebieden waar in eerste instantie een warmtenet, lokale warmteoplossing of All-electric niet haalbaar lijken. Waar deze alternatieven wel een oplossing zijn, moet niet worden gewacht op waterstof vanwege de onzekerheid of waterstof betaalbaar en ruimhartig kan worden toegepast in de gebouwde omgeving. In Rozenburg is Stedin binnen een pilot aan het onderzoeken of een appartementencomplex verwarmd kan worden op waterstof via een centrale verwarming. Stad aan 't Haringvliet wordt de eerste demonstratietuin waar naar verwachting in 2025 huizen verwarmd gaan worden op waterstof. Wanneer de resultaten uit deze demonstratietuin positief zijn, kan verder worden gekeken naar waar de noodzaak en behoefte het grootst is om een duurzaam gas toe te passen. Toepassingen waarin keuze bestaat, staan vanzelfsprekend niet vooraan ten opzichte van toepassingen waarvoor waterstof de enige verduurzamingsoptie is. Tot die tijd ondersteunt de provincie het proces in Stad 't Haringvliet om daar te onderzoeken wat de mogelijkheden, knelpunten en benodigdheden zijn voor het verwarmen van huizen op waterstof.

Op dit moment wordt duurzame waterstof nog niet op grote schaal geproduceerd. Helaas wordt waterstof nu nog vaak geproduceerd met inzet van fossiele bronnen. Naar verwachting kan waterstof op zijn vroegst een rol gaan spelen voor de verwarming van de gebouwde omgeving vanaf 2030 en bijdragen aan de CO₂-emissiereductie doelstellingen voor 2050. Als de resultaten van demonstratietuin Stad aan 't Haringvliet positief zijn kan vanaf 2025-2026 al worden gekeken waar nog meer behoefte is aan waterstof als alternatief voor aardgas. Vandaar dat op de plekken waar warmtenetten of All-electric oplossingen toegepast kunnen worden, dat ook daadwerkelijk gedaan moet worden omdat deze in elk geval het hoogwaardige energiesysteem flink ontlasten en het aardgasgebruik snel en aanzienlijk reduceren. Op de korte termijn kan waterstof een rol gaan spelen als opslagmiddel voor duurzame energie over periodes van minimaal één maand, wanneer de businesscase van een lokale elektrolyser en/of waterstofopslag haalbaar en ruimtelijk inpasbaar en veilig is.

Overstappen van aardgas op 100% waterstof is niet direct realiseerbaar en er zijn belangrijke vraagstukken over de toepasbaarheid, haalbaarheid, veiligheid, benodigde infrastructuur en de ketenorganisatie om de waterstof van producent naar consument te brengen. Om antwoorden te krijgen op deze vraagstukken worden er dus pilots en demonstraties uitgevoerd in Rozenburg, op The Green Village en Stad aan 't Haringvliet. Ook buiten de provincie Zuid-Holland wordt uiteraard geëxperimenteerd en geleerd. In de onderstaande voorbeelden wordt gedemonstreerd of waterstof toegepast kan worden bij het verwarmen van de gebouwde omgeving en wordt daarbij onderzocht waar men tegen aan loopt. Deze voorbeelden dienen om in kaart te brengen waar de wet- en regelgeving moet worden aangepast. Voordat op waterstof wordt overgaan op plekken waar dit maatschappelijk, technisch en economisch de beste optie is, zijn de resultaten uit lopende onderzoeken en demonstraties binnen en buiten de Zuid-Holland essentieel. Vervolgens kan worden afgewogen of waterstof een optie is voor de verwarming van sommige delen van de gebouwde omgeving.

The Green Village (2019-2024)

Op The Green Village in Delft (op het terrein van de TU Delft) worden veel vernieuwende projecten getest en gepresenteerd in een real-life setting. Om het terrein te kunnen gebruiken als proeftuin zijn bepaalde bouwregels niet van toepassing en is er veel vrije experimenteerruimte, maar zijn er nog steeds strikte veiligheidsnormen. Netwerkbedrijven Stedin, Alliander en Enexis Groep zijn op The Green Village een proef aan het doen om 'bestaande' gasdistributieleidingen waterstof te laten vervoeren. Om dit te demonstreren is het experiment de *waterstof-straat* opgezet. Daarnaast zijn er drie aspecten die het onderzoek wil belichten: 1) het ontwikkelen van passende veiligheidsmaatregelen; 2) het

ontwikkelen van standaarden, normen en keurmerken; 3) validatie in de praktijk (kennis en ervaring), met name op het rapport dat Kiwa in opdracht van Netbeheer Nederland heeft uitgevoerd. Op 1 oktober 2018 is de aanleg van het gasnetwerk van start gegaan.

Rozenburg (2019-2024)

In de Rotterdamse deelgemeente Rozenburg start een proef om woningen te verwarmen met 100% waterstof. Dat hebben de bedrijven Bekaert Heating, Remeha, Gasterra/DNVGL, gemeente Rotterdam, woningstichting Ressorst Wonen en netbeheerder Stedin afgesproken. De proef is een primeur, want nog niet eerder zijn in Nederland huizen verwarmd met cv-ketels op pure waterstof. De betrokken partijen willen dit daarom samen met de bewoners in de praktijk gaan ervaren. Bij de verbranding van waterstofgas komt, in tegenstelling tot aardgas, geen CO₂ vrij. De proef is in juni 2019 van start gegaan. De proef met waterstof is een voortzetting op het bestaande Power2Gas project in Rozenburg. Tot nu toe werd hier synthetisch aardgas geproduceerd voor de verwarming van een appartementencomplex van Ressorst Wonen. Vanaf begin 2019 wordt lokaal waterstof geproduceerd met groene stroom en via een separaat gasnet van Stedin getransporteerd naar het ketelhuis van het appartementencomplex. Zowel een ketel van Bekaert Heating, Gasterra/DNVGL als van Remeha verwarmen vervolgens een deel van de woningen.

Stad aan 't Haringvliet (2025 -)

Bij Stad aan 't Haringvliet op Goeree-Overflakkee wordt gekeken naar de kansen en mogelijkheden van het verwarmen van het dorp met waterstof. Dit is een mogelijke oplossing vanwege de lage bevolkingsdichtheid van Goeree-Overflakkee, vanwege de leeftijd van de gebouwen en de hoge mate van benodigde isolatiemaatregelen. Het project in Stad aan 't Haringvliet is ontstaan vanuit de dorpsraad en wordt geholpen vanuit het H2GO-convenant. De dorpsraad heeft een bewonersavond georganiseerd waar de eerste informatie over de overgang naar waterstofgas gedeeld werd. Op 5 november 2018 is in een bijeenkomst met de stakeholders en een bewonerswerkgroep besloten om werkgroepen (financiering, voorbeeldprojecten in het dorp, techniek, communicatie) te vormen waarin bewoners en deskundigen zich samen over mogelijkheden en problemen buigen en hiermee het draagvlak in het dorp te vergroten. Het bijzondere aan het project in Stad aan 't Haringvliet is de betrokkenheid van bewoners. Daarnaast wordt er gekeken naar het ontwikkelen van windmolens die direct in de molen waterstof produceren, waardoor er ruimtelijke voordelen ontstaan omdat er geen elektrolyse-systeem aan de voet van de windmolen hoeft te staan. Daarnaast stijgt de efficiëntie ten opzichte van een losstaande elektrolyser die gevoed wordt uit het elektriciteitsnet. Hierdoor wordt groene waterstof uit de omgeving geleverd voor de opwarming van de huizen in Stad aan 't Haringvliet. Aansluiting met een waterstofnetwerk of een opslagvoorziening is nodig om leveringszekerheid te garanderen tijdens windstille periodes.

Bijlage 2.7: Analyse Glastuinbouw

Zuid-Holland is rijk wat betreft de aanwezigheid van glastuinbouw, er staat voor 4.535 hectare glas in de regio, de helft van Nederland (van Wijk et al., 2019). De toegevoegde waarde en werkgelegenheid voor de regio is vergelijkbaar met die van de haven van Rotterdam. Naast het glastuinbouwcluster in wat de Greenport West-Holland wordt genoemd ligt een groot gedeelte van de glastuinbouwbedrijven van de Greenport Aalsmeer eveneens in Zuid-Holland. De andere twee tuinbouwclusters of Greenports in de provincie kennen aanzienlijk minder gespecialiseerde glastuinbouwbedrijven: De Duin- en Bollenstreek en het sierteeltcomplex Boskoop. De glastuinbouw is een grootverbruiker van aardgas. Er wordt ongeveer 50 PJ gebruikt voor de productie van elektriciteit en warmte, wat 12% van de totale energievraag in Zuid-Holland vertegenwoordigt en 2,8 Mton aan CO₂-uitstoot tot gevolg heeft (van Wijk et al., 2019). Bovendien is voor veel tuinders de koppeling met CO₂-infrastructuur noodzakelijk.

De ambitie van de sector is om in 2040 klimaatneutraal te zijn. Het behalen van deze ambitie is voor een deel afhankelijk van de verandering bij grote afnemers. Als de roep om CO₂-arme producten toeneemt, wordt het aantrekkelijker om te investeren in een duurzame warmtevoorziening. Voor de decarbonisatie van de warmtevoorziening ligt de focus op geothermie en restwarmte, aangeleverd via een warmtenet. De markt voor geothermie wordt steeds volwassen en de lessen uit eerdere boringen zorgen voor een accumulatie van kennis en kunde.

De ontwikkeling van waterstof als energiedrager voor het verwarmen van kassen in de glastuinbouw bevindt zich nog in de oriënterende fase. Op dit moment wordt waterstof niet toegepast voor de verwarming van kassen en is er nog geen systeem ontworpen en getest dat in deze functie kan voorzien.

Verbinding met het CO₂-netwerk en de industrie

Een belangrijk aspect in glastuinbouw is het gebruik van pure CO₂ als noodzakelijk hulpstof voor groeiversnelling en een verbetering van de kwaliteit van het gewas. Ongeveer 15-20% van de gebruikte CO₂ wordt kort-cyclisch opgenomen door de gewassen (de toegevoegde CO₂ komt weer vrij bij het nuttigen of verbranden van het eindproduct). De rest van de toegevoegde CO₂ komt direct via ventilatie in de atmosfeer. Daar wordt nu op twee manieren in voorzien:

1. Via een Warmtekrachtkoppeling (kortweg WKK) wordt aardgas omgezet in warmte en CO₂;
2. Een pure stroom CO₂ wordt aangevoerd via een leiding, de OCAP (van Linde Gas). Deze CO₂ komt van Shell Pernis en Alco Energy ("groene CO₂", die vrijkomt bij de productie van bio-ethanol), die samen 0,6 Mton CO₂ leveren aan de leiding, waarvan 0,4 Mton gebruikt wordt door de glastuinbouw (van Wijk et al., 2019). De levering van CO₂ aan de glastuinbouw voorkomt de verbranding van aardgas voor de benodigde CO₂, waardoor er op saldo CO₂ bespaard wordt. Alleen is de huidige aanvoer van CO₂ een factor 3 tot 4 te klein om de toekomstige CO₂-vraag te belevaren wanneer de Zuid-Hollandse glastuinbouw overgaat naar duurzame verwarming in combinatie met een centrale CO₂-infrastructuur (van Wijk et al., 2019). De OCAP is op dit moment nog niet verbonden aan alle glastuinbouw-clusters, zoals het glas in en nabij Voorne-Putten en de noordelijk gebieden.

Kansen voor het gebruik van waterstof in de glastuinbouw

Er zijn - net als overal – legio mogelijkheden om waterstof toe te passen in de glastuinbouw:

- Een brandstofcel op 100% waterstof. Hierbij wordt waterstof aangeleverd en door de brandstofcel omgezet in elektriciteit en warmte. De elektriciteit kan vervolgens in combinatie met een warmtepomp ook in warmte worden omgezet. Dit verlaagt de druk op versterking van de elektriciteitsnetwerken in het geval voor elektrificatie van de warmtevoorziening gekozen wordt.
- De waterstof kan aangeleverd worden over weg of via de grond – in de toekomst wellicht met het bestaande aardgasnetwerk. Een andere mogelijkheid die valt te onderzoeken is het plaatsen van een windmolen die waterstof produceert in combinatie met lokale waterstof opslag – bijvoorbeeld om in de piekwarmtevraag te voorzien bij elektrificatie;
- Geothermie en restwarmte kunnen niet voorzien in de pieklust. Warmtenetten werken op basislast en middenlast. Waterstof of groengas kunnen mogelijk de pieklust opvangen. Gebruik van een brandstofcel met waterstof balanceert zowel het warmtenet als het elektriciteitsnet;
- Theoretisch kan duurzame waterstof worden bijgemengd in het aardgasnetwerk om CO₂ uitstoot te reduceren (Kiwa, 2018). Met voorbehoud lijkt dit niet de voorkeur te hebben wanneer huidige aardgas warmtekrachtkoppelingen (WKK's) gebruikt worden omdat dit leidt tot een sterke daling van het verbrandingsrendement.

Waterstof heeft op zichzelf geen belang voor glastuinbouw. Glastuinbouw heeft een direct belang bij goedkope elektriciteit voor belichting, bij goedkope warmte en soms ook koude, bij goedkope CO₂ en bij fossielvrij kunnen produceren. Toepassing van waterstof in glastuinbouw kan, zoals het overal kan. Maar we signaleerden in hoofdstuk 2 van deze visie al dat waterstof schaars is en in sommige toepassingen noodzakelijk is en in andere 'slechts een optie'. In hoofdstuk is daarom opgenomen dat we waterstof niet inzetten voor doeleinden die ook op andere, duurzame manieren kunnen worden ingevuld

Wanneer naar een duurzaam alternatief voor aardgas wordt gekeken voor het verwarmen van de kassen (restwarmte, geothermie, elektrificatie), is het resultaat doorgaans dat de koppeling met een CO₂-infrastructuur noodzakelijk is (van Wijk et al., 2019; Weeda & Gigler, 2019). Indien tuinders waterstof zouden stoken of via een brandstofcel zouden benutten voor elektriciteits- en warmteproductie, houden ze CO₂-vraag. Alles overziend lijkt waterstof vooralsnog vrijwel geen potentie te hebben om voor de tuinder unieke problemen integraal op te lossen. Wel kan de glastuinbouw enige baat hebben bij waterstofeconomie in de haven, omdat de samenhangende CO₂-infrastructuur wél belang voor de tuinder heeft. Het CO₂-netwerk is op zichzelf evenwel niet afhankelijk van een waterstofeconomie. CO₂-netwerk is ook nodig bij een biomassa/biogas-gebaseerde economie. En zeker bij de huidige (en voorlopig nog niet beëindigde) fossiel-gebaseerde economie.