

# *Basic Research- and system study report*

---

## HYPLASMA

---

Projectnummer	<b>TEG0413006</b>
Projecttitel	<b>HYPLASMA</b> (Hydrogen production through plasma conversion of carbon dioxide and water)
Penvoerder Mede aanvragers	Waldo Bongers (DIFFER) Michiel Geurds (Alliander), Jelle Krouwel, Adriaan de Bakker (Gasunie) en Patrick Cnubben (Energy Valley)
Auteur(s) Basic research Financial management	Shaoying Wang, Bram Wolf, Guy Frissen, Stefan Welzel, Martijn Graswinckel en Waldo Bongers Rene Schoonen
Auteur(s) System-studie	Bastian Knoors, Riny Vermue en Michiel Geurds
Project periode	<i>2014-2017</i>

### Executive summary

Door het groeiend aandeel van zon- en windvermogen in het energiesysteem wordt opslag en transport van duurzame energie belangrijker. Power to gas (P2G) biedt mogelijkheden door de energie op te slaan en te transporteren in de vorm van waterstof of methaan. Methaan maar ook waterstof kan via het reguliere gasnet getransporteerd worden.

Belemmering van de conventionele P2G (op basis van elektrolyse) is dat de efficiëntie beperkt is, de kosten hoog zijn en dat de energiedichtheid vrij laag is. DIFFER onderzoekt daarom een alternatieve techniek op basis van plasma, plasma-P2G in het TKI Project Hyplasma.

Dit project onderzoekt plasma-omzetting van kooldioxide en water. Dit wordt uitgevoerd voor Top-sector Energie, TKI GAS (Systeemfunctie van Gas). Binnen het Hyplasma project wordt onderzocht hoe de overmaat van elektriciteit, van hernieuwbare bronnen, in gas omzet kan worden om zodoende de flexibiliteit van het energiesysteem te verbeteren en de overgang naar hernieuwbare energiebronnen te vergemakkelijken.

Praktische redenen voor toepassing van P2G bij een duurzame energie systeem zijn dat:

- Overmatige elektriciteit die door windparken wordt gegenereerd, kan niet door het elektriciteitsnet worden opgenomen als de stroom meer dan 15-20% van de netwerkcapaciteit overschrijdt. Dit vereist dat windparken soms onder de geïnstalleerde capaciteit werken. Door het omzetten van elektriciteit in gas (piekscheren) kan dit in het gasnet worden opgeslagen.
- Bij offshore windmolenparken zal het vervoer van gas naar het continent minstens een orde grootte goedkoper zijn dan het transport van elektriciteit. Daarom is dit ook een sterke economische prikkel om te investeren in de omzetting van elektriciteit naar gas.

Het project maakt deel uit van het DIFFER zonnebrandstoffen programma. Partners voor dit project zijn het netwerkbedrijf ALLIANDER, het Europese gasinfrastructuur bedrijf GASUNIE en de industriële alliantie ENERGIE VALLEY. Alliander heeft in dit project een systeemanalyse bijdrage geleverd. Gasunie verzorgt het transport van aardgas en duurzaam groen gas in Nederland en Noord-Duitsland. De projectactiviteiten van Gasunie zijn erop gericht om de toekomstige P2G-markt te faciliteren. Energy Valley zal de toekomstige samenwerking met Industrie en MKB vergemakkelijken.

De eerste projectdoelstelling van Hyplasma in dit rapport is fundamenteel onderzoek (pagina 4-36, uitgevoerd door DIFFER) naar het splitsen van water en kooldioxide door plasmolyse als alternatief voor elektrolyse. Plasmolyse biedt voordelen in de schaalbaarheid door hoge energiedichtheid, hoge doorvoer, snelle reactie op intermitterende duurzame elektriciteit en er wordt geen gebruik gemaakt van schaarse materialen. De uitkomst van dit werk levert een bijdrage om te komen tot een prototype reactor. In dit onderzoek is in eerste instantie plasmaconversie van CO<sub>2</sub> naar CO onderzocht (waarna met een standaard water gas shift proces (WGS) bijvoorbeeld waterstof gemaakt kan worden). Deze plasmaconversie leverde een energie-efficiëntie op van ongeveer 50%. Het puur waterplasma levert een aanzienlijk lagere energie-efficiëntie (orde 1%). Daarmee blijft het zwaartepunt van het onderzoek op de route via een CO<sub>2</sub> plasma liggen.

Een tweede projectdoelstelling van Hyplasma is een systeemstudie (pagina 37-56, uitgevoerd door Alliander). Binnen deze systeemstudie wordt er gekeken naar de technische haalbaarheid, het systeemrendement, de systeemkosten en de toepasbaarheid van plasma-P2G via Hyplasma in het energiesysteem (als mogelijkheid voor spin off en de vervolgsactiviteiten zoals de drie nieuw gehonoreerde TTW projecten: "PP2G", "Fuel Feedstock" en de open technologie "P2G"). De studie laat het volgende zien:

- Plasma-P2G is technisch haalbaar. Wel dient de plasma-reactor en de daaraan gekoppelde gasscheiding nog verder ontwikkeld te worden om tot een systeem te komen voor toepassing in de praktijk.
- Het energetisch rendement van plasma-P2G is in de praktijkmetingen nog beperkt tot 50% op basis van een CO<sub>2</sub>-plasma. Rekening houdend met het beoogde rendement van 80% resulteert dit in een systeemrendement van 46% bij de omzetting van CO<sub>2</sub> naar CH<sub>4</sub>.
- Plasma-P2G is een schaalbaar proces. Zo kunnen alle systemen toegepast worden op kW en MW schaal. Ook hier geldt dat vooral de plasma-reactor en de gasscheiding verder ontwikkeld dienen te worden.
- Plasma-P2G is in een vroeg ontwikkelstadium waardoor de kosten nog relatief hoog zijn. De kostprijs voor de omzetting van CO<sub>2</sub> naar CH<sub>4</sub> bedragen indicatief 2000-3000 euro/kW CH<sub>4</sub>. Door verdere ontwikkeling zal deze prijs dalen.
- Plasma-P2G is toepasbaar in het energiesysteem. Zo zijn er drie scenario's uitgewerkt voor toepassing van plasma-P2G: toepassing in een straat, bij een windmolen en in een autonome wijk.

Advies is om een businesscase vergelijking te maken tussen plasma-P2G en traditionele methanisatie rekening houdend met de prijzen, efficiëntie en levensduur van alle systemen. Daarnaast is het advies om het onderzoek voort te zetten ter verbetering van het systeemrendement en ter reductie van de systeemkosten. Onderdeel daarvan is het onderzoek naar de mogelijkheid van directe CH<sub>4</sub> vorming uit een H<sub>2</sub>O met CO<sub>2</sub> plasma.

Het project is binnen de financiële kaders uitgevoerd. De totale projectkosten zijn €151.760; RVO heeft €98.160 bijgedragen, Gasunie NV €40.000 in cash en Alliander NV €6.400 in cash en €7.200 in kind. In bijlage E is een korte financiële verantwoording opgenomen en wordt de uitvoering van het project besproken.