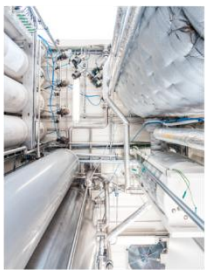
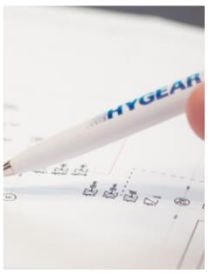
PUBLIEKE SAMENVATTING

WATERSTOFTANKSTATION
ELEKTROCHEMISCHE COMPRESSIE

TWAS218002

HYG-WTE-RP.009

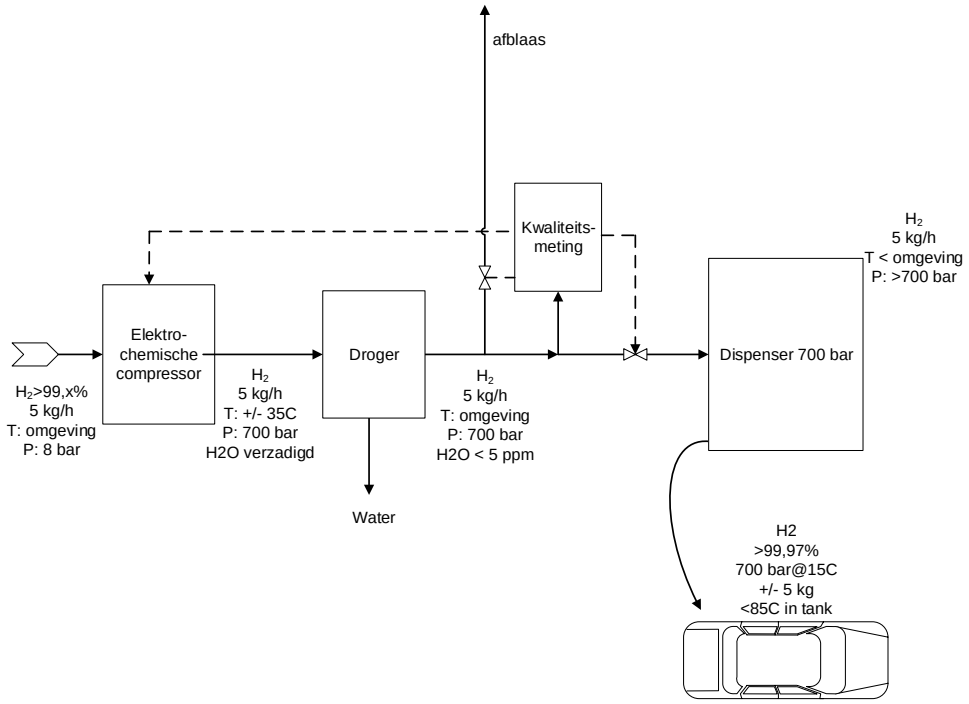
HYGEAR

1 Inleiding.

Het toekomstig gebruik van waterstof voor mobiele toepassingen zoals auto's, bussen maar ook in vorkheftrucks hangt voor een deel af van de kosten van de waterstof. Deze kosten zijn opgebouwd uit de productie, compressie van het gas en het systeem om de waterstof in het voertuig te krijgen, het tank station. In dit project is met name naar de laatste 2 factoren gekeken, de compressie met een nieuwe technologie, elektrochemische compressie en de tankzuil (dispenser) met hardware om het gas op 700 bar in het voertuig te tanken. Het project is uitgevoerd door de bedrijven HyGear en HyET Hydrogen, beiden technologie-ontwikkelaars op het gebied van waterstof. Dit project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, subsidieregeling Top Sector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

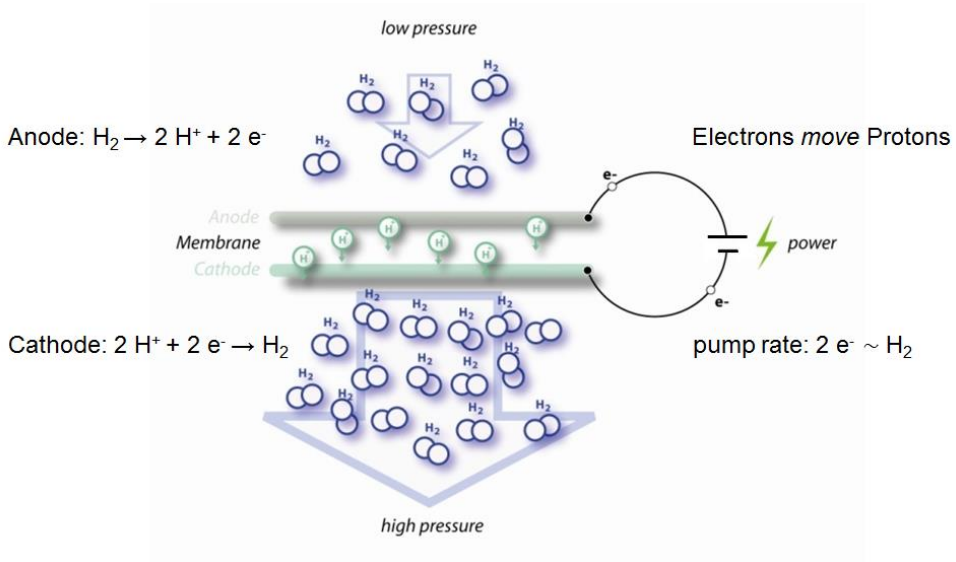
Het doel van het project was het ontwikkelen en bouwen van een prototype tankstation gebaseerd op elektrochemische compressie en daarnaast de kosten van zo'n installatie te evalueren als total-cost-of-ownership en de compressie kosten van de waterstof t.o.v. conventionele, mechanische compressie. HyET heeft de elektrochemische compressor ontwikkeld en HyGear heeft de dispenser en de daarmee samenhangende hardware opgeleverd. Een belangrijk onderdeel van het project was het verkrijgen van de benodigde vergunningen voor een waterstof tankstation en een uitgebreide veiligheidsanalyse van de installatie. In figuur 1 is een proces flow diagram van de installatie weergegeven. Na de compressie, waarbij de waterstof nog extra gezuiverd wordt (zie intermezzo) wordt het gas gedroogd en op kwaliteit gecheckt, namelijk of het aan de zuiverheidseisen voor het gebruik in de mobiele toepassing geschikt is. Indien de kwaliteit niet voldoet aan de ISO 14687-2:2012 norm, wordt het gas afgeblazen en de installatie geserviced.



Figuur 1: proces flow diagram van de installatie

1.1 Elektrochemische compressie

De compressor binnen dit project is een elektrochemische variant. De opbouw en werking van een elektrochemische compressor zijn vergelijkbaar met die van een membraanelektrolyser. Bij een elektrolyser wordt water gesplitst in zuurstof, protonen en elektronen ($2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$) aan een zijde van het membraan en migreren de protonen (H^+) door het membraan naar de andere zijde, waar die combineren met de elektronen van de watersplitsing tot gasvormig waterstof. Om het ionentransport te compenseren creëert een spanningsbron de (elektronen) stroom. De elektrolyser is daarmee een waterstofgenerator die lage waterstofdruk levert. De compressor werkt vergelijkbaar, maar met waterstof als protonenbron, onder levering van hoge druk waterstof, zoals afgebeeld in de figuur hieronder.



Figuur 2 Werkingsprincipe van de elektrochemische waterstofcompressor; schematische dwarsdoorsnede van het membraan met aan weerszijden katalysatorlagen die de waterstof spitsen danwel vormen, aangedreven door een spanningsbron

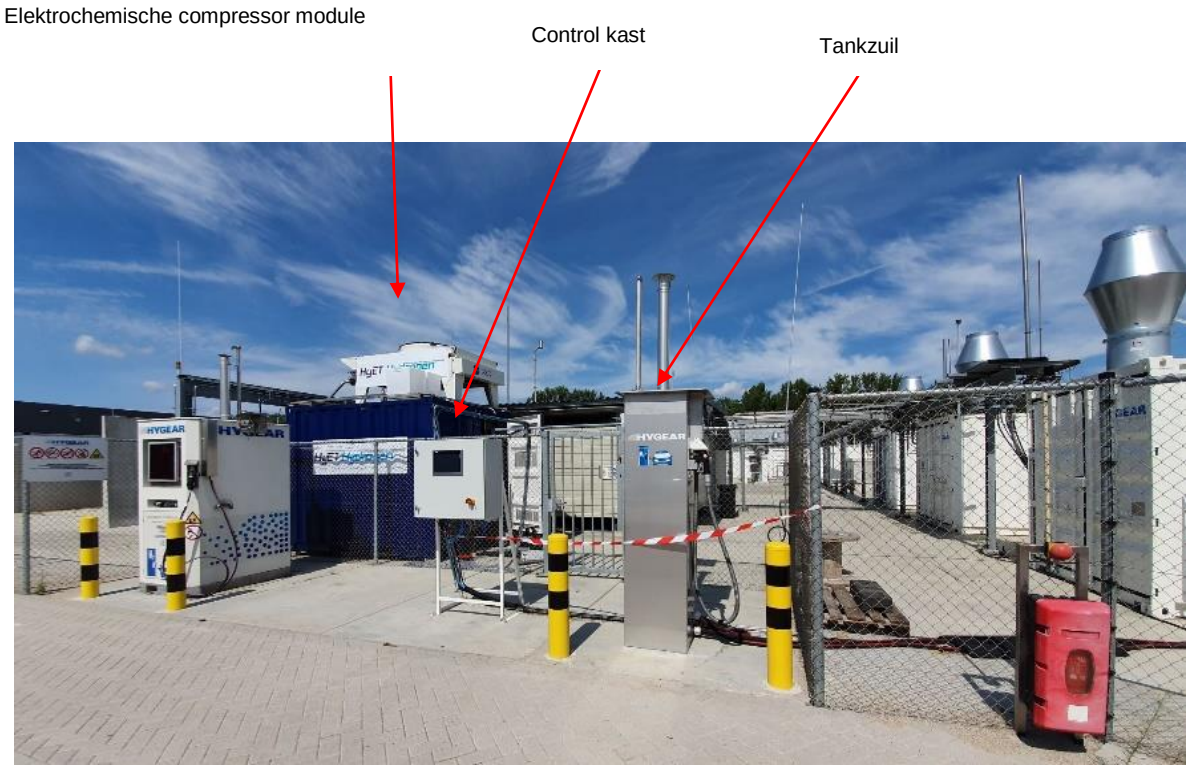
Hier wordt het elektronentransport van de lage naar de hoge druk zijde aangedreven door een externe stroombron. Aan de lage druk zijde wordt moleculair waterstof gesplitst in protonen (H+) en elektronen. De protonen worden door het membraan van de lage naar de hoge druk zijde getransporteerd. Aan de hoge druk zijde vindt tenslotte recombinatie plaats van de verpompte protonen en elektronen tot moleculair waterstof. Hiermee ontstaat zeer zuiver waterstof hetgeen noodzakelijk is in PEM brandstofcel-voertuigen. Zeker indien waterstof in de toekomst via pijpleidingen gedistribueerd wordt, dient er altijd zuivering en compressie plaats te vinden op het tankstation.

2 Uitvoering

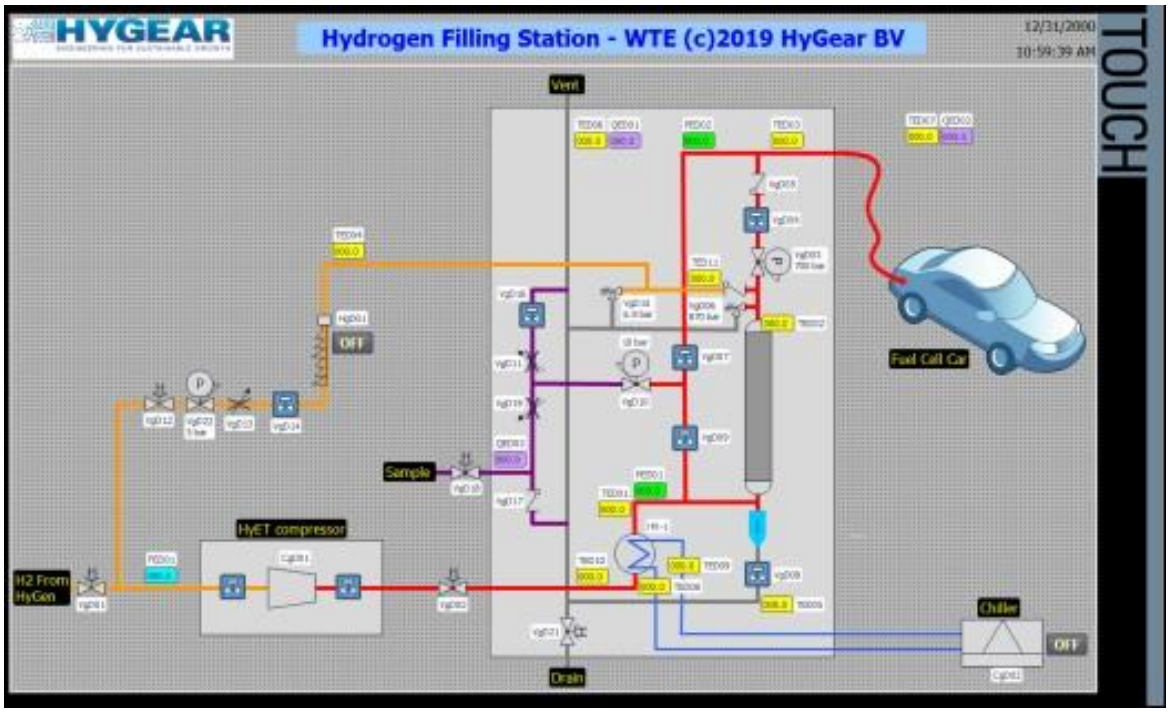
In het project is een waterstof tankstation ontworpen en gebouwd. In de tankzuil wordt de waterstof gedroogd, de kwaliteit gemeten en vervolgens kan het gas met een vulpistool in de auto gebracht worden. De compressie zorgt ervoor dat de waterstof in temperatuur stijgt. In de tankzuil zijn daarom eerst een koeler en vervolgens een droger gebaseerd op een thermal swing adsorptie systeem in gebouwd. Het bijzondere aan deze systemen is dat ze geschikt zijn om bij 700 bar werkdruk te werken.

HyET heeft het elektrochemische compressor systeem gebouwd in een 10 voets zeecontainer. (Figuur 3). Het vulgedeelte is verzorgd door HyGear. De twee modules zijn mechanisch en elektrisch gekoppeld op de HyGear site in Arnhem. (Figuur 4)

Figuur 3: Elektrochemisch compressor systeem in aanbouw bij HyET



Figuur 4 Elektrochemische compressor en tankzuil geïnstalleerd bij HyGear



Figuur 5: HMI van het waterstof tank systeem

Bij de tankzuil is een Human-machine-interface (HMI) gemaakt om de processen in de verschillende modules te kunnen aansturen en volgen. De HMI is weergegeven in Figuur 5.

Het testen van de modules heeft laten zien dat een druk van 400 bar uit de elektrochemische compressor stabiel geleverd kan worden bij een stroomsterkte van 100A. Onder deze condities kan 123 kg/dag worden gecomprimeerd. Tevens is aangetoond dat tijdelijk de stroomsterkte verhoogd kan worden op een stabiel punt om een groter debiet waterstof te kunnen comprimeren.
In de kostenevaluatie is het gebruik van een elektrochemische compressor vergeleken met een mechanische compressor. Er is uitgegaan van een systeem dat 8 bar waterstof comprimeert naar 700 bar met een levering van 120 kg waterstof/dag. Uit de vergelijking blijkt dat bij gebruik van een elektrochemische compressor een kostenreductie van minstens 5% kan opleveren, met uitzicht op veel meer als de kosten door opschaling van de systeemproductie omlaag kunnen worden gebracht.

3 Conclusie en aanbevelingen

Door uitvoeren van dit project is het volgende bereikt:

- Een geïntegreerde koppeling van een EHC met een tanksysteem, bedoeld voor het tanken van waterstofvoertuigen, is ontwikkeld.

- De stacks van de elektrochemische compressor zijn in het lab getest. Hierbij is aangetoond dat zowel gedurende nominaal bedrijf (100 A per stack hetgeen equivalent is met 120 kg/dag) als ook bij verhoogde flow (120 A per stack) de operatie stabiel is, zodat regeneratiecycli van individuele stacks uitgevoerd kunnen worden, terwijl de totale output van 120 kg/dag gehandhaafd blijft.

- De tankzuil is getest op functionaliteit.

- De samenwerking tussen beide bedrijven is sterk geïntensifieerd.

- De berekende, verwachte kosten van waterstofcompressie door middel van elektrochemische compressoren is gunstiger dan die van huidige mechanische compressoren.

Uiteindelijk is er een geïntegreerde tankinstallatie ontwikkeld die zich op vele vlakken kan meten met de reguliere tankinstallaties.

Vervolgstappen

Gebleken is dat de droging van het waterstof een cruciaal en complex onderdeel is voor de tankzuil bij grotere belastingen. Hiervoor zal een nieuw ontwerp nodig zijn voor de grootschalige uitrol van deze technologie. Omdat deze technologie cruciaal is voor het gebruik van EHC bij veel eindgebruikers, is het voor de hand liggend dat deze expertise en kennis door HyET verder ontwikkeld zal worden.