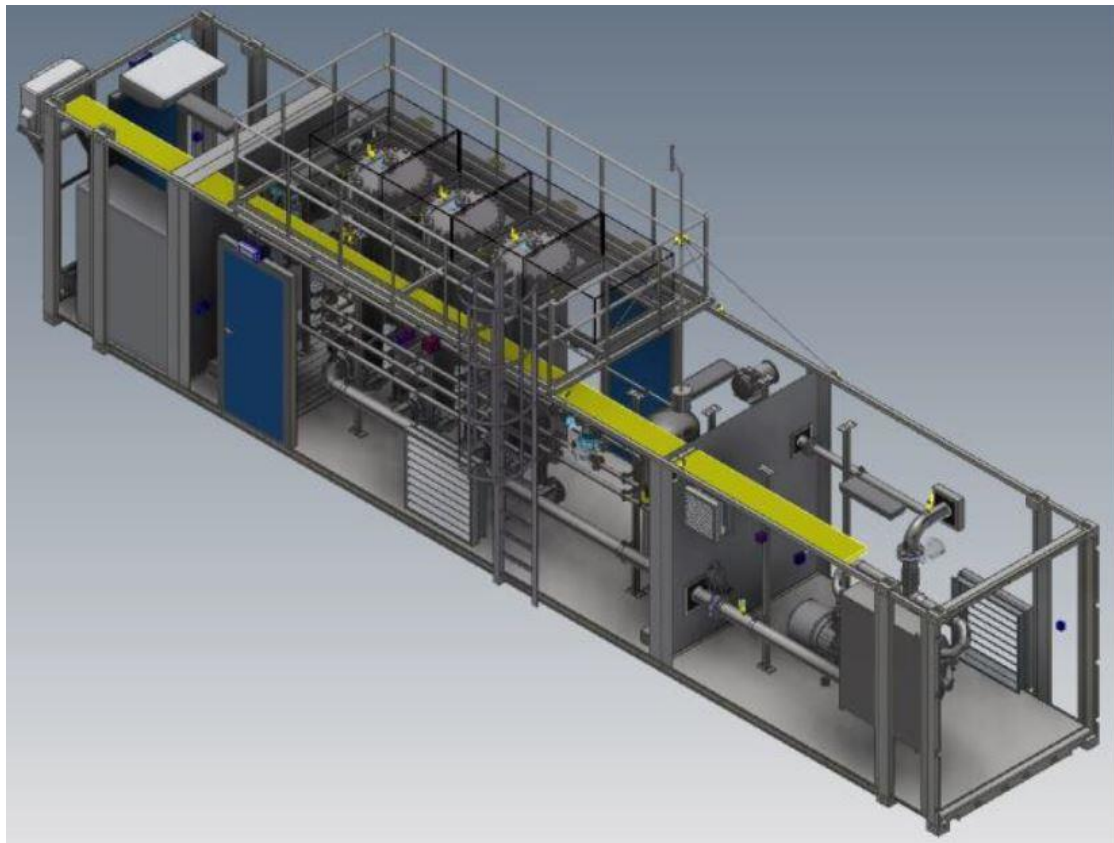


Publiekelijk Eindrapport DEI 119016 v1

Innovatie lage druk PSA te St. Nicolaasga



Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Top Sector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

1. INHOUDELIJK EINDRAPPORT

1.1. SAMENVATTING

DMT heeft sinds 2012 een goede marktpositie op het gebied van biogas opwaarderen. DMT had een voortrekkersrol in de ontwikkeling en groei van membraantechnologie voor biogas opwaarderen. Echter, vanuit het perspectief in 2017 zag het bedrijf noodzaak om andere opwaarderings technieken te onderzoeken om de goede marktpositie te behouden en onderscheidend vermogen op te bouwen. Dit heeft geleid tot inzicht dat PSA technologie met innovatieve adsorbenten kon leiden tot een lagere TCO (Total cost of ownership). Er werd in 2019 een DEI subsidie aangevraagd om een test opstelling te bouwen van 100 Nm³/h biogas capaciteit, waarbij moest worden aangetoond dat PSA kon leiden tot 30% CAPEX reductie, significante energieverbruik vermindering en een methaan slip vergelijkbaar met membraan technologie. DEI119016 bestond uit een werkwijze met zeven werkpakketten, waarin diverse variabelen zouden worden onderzocht. Echter in 2021 werd DMT overgenomen door Broadview Energy Solutions (BES). Op dat moment had DMT de detailengineering afgerond (WP 1) en waren de voorbereiding van bouw (WP2) gestart. BES heeft op basis van de beschikbare documenten een investeringsbeslissing genomen en besloten het project stop te zetten. Vanuit dit nieuwe perspectief kwam naar voren dat er met membraantechnologie een hogere CAPEX reductie mogelijk is dan met PSA. Het energieverbruik is weliswaar lager met PSA, maar de kostenbesparing minimaal wanneer ook operatie kosten in ogenschouw wordt genomen. Op het gebied van methaan slip scoort membraantechnologie beter, en dit heeft een significante financiële impact op de hedendaagse biomethaan markt. DMT heeft daarop besloten om zijn activiteiten te concentreren op de verdere ontwikkeling van membraan technologie.

1.2. INTRODUCTIE

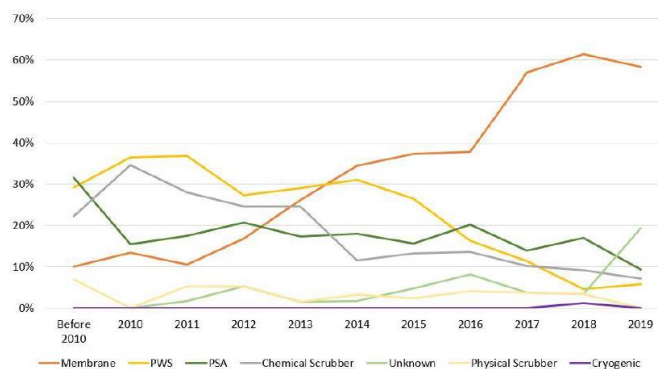
DMT IP & Technology is onderdeel van DMT Environmental Technology BV, een Nederlands bedrijf die internationaal opereert op het gebied van biogas opwaarderen. Biogas opwaarderen is een term dat wordt gebruikt in deze sector om aan te geven dat biogas afkomstig uit organische afvalstromen wordt opgeschoond en gevaloriseerd tot hoogwaardig biomethaan met soortgelijke eigenschappen als aardgas. Biogas wordt geproduceerd door Anaerobische vergisting en/of fermentatie van organisch materiaal. Het bestaat hoofdzakelijk uit methaan en koolstofdioxide. Wanneer koolstofdioxide wordt verwijderd van het biogas, ontstaat een hogere concentratie methaan. Methaan heeft een hogere calorische waarde dan koolstofdioxide. Door verwijdering van koolstofdioxide wordt het gas dus opgewaardeerd naar dezelfde calorische waarde als aardgas en kan daardoor voor dezelfde toepassing gebruikt worden.

Er zijn diverse methodes om biogas op te waarderen. Zo kan koolstofdioxide verwijderd worden op basis van condensatie temperatuur. Koolstofdioxide heeft een hoger condensatietemperatuur en wordt dus eerder vloeibaar dan methaan. Dit wordt cryogenische opwaarderings genoemd. Deze techniek wordt hoofdzakelijk gebruikt in de productie van (bio-)LNG. Een andere technologie, is de scheiding door oplosbaarheid. Deze techniek wordt ook wel fysische absorptie genoemd. In de beginjaren van biogas opwaarderings was dit een veelgebruikte technologie, waarbij drukwassen met water en/of chemische oplosmiddelen werd gebruikt. DMT heeft tussen 2007 en 2011 een drietal installaties gebouwd op het Pressurized Water Scrubbing (PWS) principe. Een alternatief voor fysische absorptie is chemische scrubbing, waarbij CO₂ chemisch wordt gebonden aan een component in het oplosmiddel. Veelgebruikte chemische oplosmiddelen bevatten amines om met CO₂ te reageren. Het oplosmiddel kan worden geregenereerd door het op te warmen. Bij hoge temperatuur is de reactie tussen CO₂ en amine reversibel en laat het CO₂ weer los. Voordeel van deze techniek is dat het op relatief lage druk kan worden uitgevoerd, en het energieverbruik daardoor laag ligt. Echter er is energie in de vorm van

warmte nodig om het oplosmiddel te regenereren. Het is daarom een veelgebruikte technologie op plaatsen waar warmte voorradig is. Bijvoorbeeld in een industriële omgeving.

Een soortgelijk principe wordt toegepast in Pressure Swing Adsorptie (PSA) en/of Temperature Swing adsorption (TSA). Echter in een PSA en TSA systeem wordt geen gebruik gemaakt van een vloeistof, maar adsorbenten. Adsorbenten zijn vaste materialen, vaak in de vorm van poeders of pellets, die in dit geval CO₂ selectief kunnen binden aan het oppervlak of in de poriën van het materiaal. CO₂ kan zowel op grootte (kinetisch) als d.m.v. chemische interactie worden vastgehouden. Bij PSA kan het adsorbent worden geregenereerd door druk wisseling. Bij TSA gebeurt dit net als bij chemisch scrubbing d.m.v. temperatuurverhoging. Echter, over het algemeen ligt deze temperatuur significant lager dan bij chemische scrubbing.

De meest gebruikte technologie voor biogas opwaarderen is membraan technologie. Figuur x laat zien dat membraan technologie sinds 2012 een sterk markt aandeel heeft gegeneerd. Dit heeft grotendeels te maken met de introductie van de EVONIK Sepuran membraan die voor het eerst is toegepast in een DMT Carborex MS systeem te Poundbury in het Verenigd Koninkrijk. Membraan separatie is gebaseerd op het verschil in diffusie van methaan en CO₂ door het membraan materiaal. CO₂ gaat sneller door het membraan dan methaan.



Figuur 1. Marktaandeel biogas opwaardering technologie.

Sinds de introductie in 2012 van de Carborex MS is DMT een wereldwijde speler op het gebied van biogas opwaarderen en bezit een significant markt aandeel. Om deze positie te behouden heeft DMT in 2017 een onderzoeksteam opgericht om te onderzoeken in hoeverre andere opwaardering technologieën mogelijk een bedreiging zouden kunnen vormen voor DMT's markt positie. Een andere motivatie om dit onderzoek te starten was de ontwikkeling dat meer concurrenten kozen voor vergelijkbare membraan technologie, en hiermee het onderscheidend vermogen van DMT ten opzichte van concurrenten verdampte.

Uit het onderzoek kwam de conclusie dat op het gebied van CO₂ scheiding, onderzoek voornamelijk plaats vond op materialen zoals actief kool, zeolieten, Metallic Organic Frameworks (MOF's) en vertakte polymeren met zijgroepen. De overeenkomst tussen deze materialen is dat de testen voornamelijk plaatsvonden in poeder of pelletvorm en werden toegepast in een PSA en/of TSA omgeving. Op gebied van membraan ontwikkelingen waren deze ontwikkelingen veel minder zichtbaar. Dit kan deels te maken hebben dat deze ontwikkelingen in een beschermde omgeving wellicht plaatsvonden, maar ook omdat de noodzaak voor innovatie bij de membraan leveranciers relatief laag is. Biogas opwaardering is een niche markt voor deze leveranciers ten opzichte van de membraan toepassingen in de stikstof markt en medische wereld.

In dezelfde periode kreeg DMT een tweetal offertes onder ogen van nieuwe startups die een simpelere uitvoering van de PSA op de markt brachten voor een significant lagere CAPEX dan membraan technologie. Dit heeft DMT er toe besluiten om zelf een PSA technologie te ontwikkelen en tegelijkertijd een samenwerkingsverband met de Rijksuniversiteit Groningen te sluiten om daar onderzoek te doen naar de meest innovatieve adsorbenten voor PSA technologie.

DMT heeft in 2019 een DEI subsidie aangevraagd om te werken aan de bouw van een Pressure Swing Adsorption (PSA) systeem te St. Nicolaasga. Het grote doel van dit onderzoek was om de Total Cost of Ownership (TCO) voor biogas opwaarderen te reduceren d.m.v.

- 30 % CAPEX reductie t.o.v. huidige membraan opwaardering
- Energiereductie (<0,20 kwh/nm³ ruw biogas t.o.v. 0,30 kwh/nm³ voor membranen)

Daarnaast zou het mogelijk moeten zijn om tot methaanslip te komen van <1%. Dit is zeer goed voor adsorptietechnologie, daar waar normaal gesproken het methaan slip >2% bedraagt voor dit soort technologie.

Een van de economische motivaties bij aanvang van het onderzoek was om groen gas productie minder afhankelijk te maken van (inter-)nationale subsidies. Door TCO te verlagen worden de kosten per nm³ biomethaan lager en nemen de kansen voor een gezonde business case zonder subsidie toe.

In mei 2021 werd DMT overgenomen door Broadview Energy Solutions (BES). BES is onderdeel van de HAL Investment Group. BES heeft een duidelijk doel voor ogen om het aandeel biomethaan in de transport sector en maritieme sector aanzienlijk te vergroten. De acquisitie van DMT past in die ambitie.

Na een grondige analyse door DMT/BES waarbij PSA werd afgezet tegen membraan technologie werden de volgende conclusies getrokken:

- De markt beweegt zich meer en meer naar een zo laag mogelijke carbon footprint. Methaanslip moet voorkomen worden. Membraan technologie heeft een significant lagere methaan slip dan PSA technologie.
- De markt is niet meer subsidie gedreven, maar markt gedreven d.m.v. Europese regelgeving.
- De verwachting is dat door standaardisatie van de huidige membraamsystemen een kostenreductie oplevert die hoger is dan de 30% die bij PSA behaald kan worden.

Dit heeft DMT/BES er toe besluiten om het onderzoekstraject 1005A PSA St. Nicolaasga stop te zetten en de focus te verleggen naar optimaliseren van de Carborex MS (membraan systeem). September 2021 heeft DMT het verzoek gestuurd naar RVO om DEI119016 stop te zetten waarop 6 oktober 2021 DMT een brief heeft ontvangen van RVO waarin werd gevraagd om het project vast te stellen.

Dit rapport geeft een weergave van de behaalde resultaten tot het moment van vaststellen. De oorspronkelijke doelstelling en werkwijze zullen in §2.3 en §2.4 worden benoemd. In §2.5 zullen de behaalde resultaten worden uiteengezet. Daarnaast zal in de discussie (§2.6) worden uiteengezet hoe DMT/BES tot de conclusie is gekomen dat verder onderzoek op (V)PSA technologie niet past in de strategische toekomst van het bedrijf. Tot slot worden in §2.6 de conclusies uiteengezet.

1.3. DOELSTELLING

Dit pilot- demonstratieproject zet in op innovatie en kostenverlaging om zo de business case om biogas op te waarderen te verbeteren en zodoende een belangrijke bijdrage te leveren aan de CO2 reductie doelstellingen van Nederland.

Hiervoor gaat DMT een innovatief lage druk PSA in een pilot- en demonstratieproject demonstreren en uit ontwikkelen. Men beoogt hierdoor ten opzichte van Membraamsystemen een CAPEX en OPEX reductie van tussen de 30% en 50% procent te realiseren terwijl het opgewaardeerde biogas aan de groen gas zuiverheid eisen kan voldoen en een innovatieve oplossing wordt gedemonstreerd voor het conventionele methaanverlies in PSA systemen

Het uiteindelijke beoogde resultaat van dit project is om een competitieve opwaarderingsmethode toe te voegen aan de opwaarderingsmogelijkheden. Tevens zal het project een belangrijke bijdrage leveren aan de CO2 reductie doelstellingen.

Samenvattend waren de hoofddoelstellingen:

- >30% investeringskosten reductie t.o.v. bestaande membraaninstallaties.
- Een stroomverbruik van 0,20 kWh/Nm³ ruw biogas of lager
- Een totale methaan verlies over het gehele systeem van <1%

1.4. RESULTATEN

Werkpakket 1 is gestart in november 2019 en is succesvol afgerond in februari 2021. Tabel 2 geeft een overzicht van alle documenten die zijn opgeleverd.

Tabel 2. Overzicht van documenten Pre-engineering

Deliverables	Status	Completion Date
Basic Design Package		Q1 2021
Final PFD	complete	
Final P&ID	complete	
Final Process Description	complete	
Final HMB	complete	
Final BOD	complete	
Main Equipment Specs	complete	
Equipment list fase 1	complete	
B&I list	complete	
Single Line Diagram	complete	
Internal HAZOP	complete	
Detail Design package		
Final Equipment List	complete	
3D mode Drawings	complete	
GA and Haz. Area drawing	complete	
2D man drawing	complete	
Final E&A documents	complete	
FAT/SAT procedures	complete	
Operating & Maintenance Manuals	complete	
Start-up and Commissioning Plan	complete	

Er is gekozen voor ontwerp met in eerste instantie 3 kolommen waarbij de volgende 3 stappen continu worden uitgevoerd:

- Adsorptie

- Van druk laten en op vacuum regenereren
- Terug op druk brengen

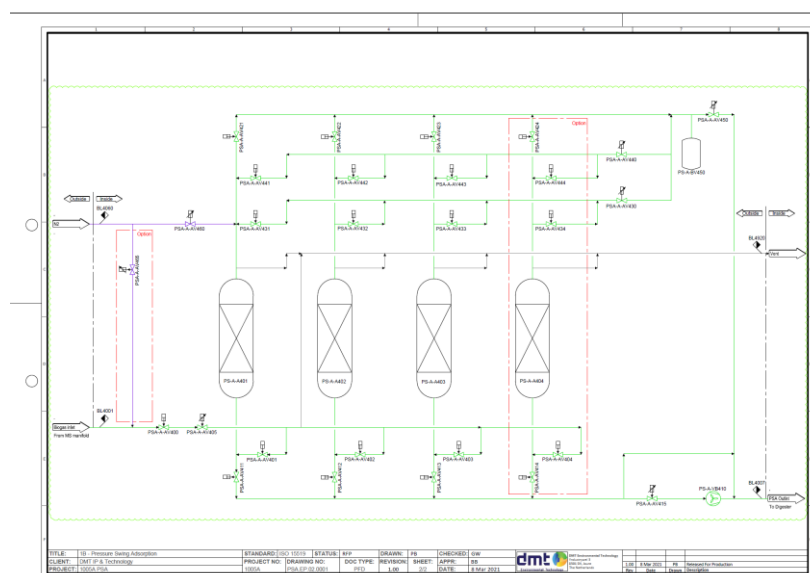
De initiële cyclus tijd van elk van deze stappen is op basis van proces berekeningen vastgesteld op 180 s. De optimale cyclus tijd zou in werkpakket 4.3 proef ondervind lijk moeten worden vastgesteld. De berekening en de daadwerkelijke schakeltijden van de kleppen zijn vastgelegd in de BOD tijdens pre-engineering.

Het proces is ontworpen op de proces condities zoals weergegeven in tabel 3.

Tabel 3. Biogas design parameters

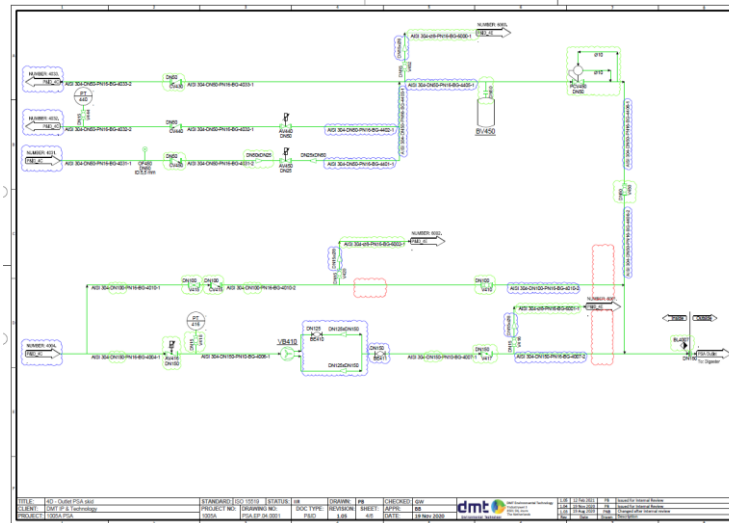
Parameter		Nominal	Minimum	Maximum
Biogas flow into PSA system	Nm ³ /h	100	NA	NA
Biogas temperature	°C	20	15	25
Biogas pressure	bara	8	3	8
Ingoing H₂S conc.	ppm	< 3	NA	NA
Outgoing H₂S conc.	ppm	< 3	NA	NA
Oxygen concentration	%	< 0,2		
Outside/Air temperature	°C	10	-15	35
Outside/Air Rel. Humidity	%		10	95
Pressure in the PSA	bara	8	0,2	8
Delivery pressure	bara	7.5	NA	NA

Figuur 2 geeft de PFD van het hoofdproces in de PSA. In de tekening kan worden gezien dat er een mogelijkheid is ingebouwd om tijdens te test een vierde kolom op later moment in te bouwen. Dit geeft de plant de mogelijkheid om een "Equalisatie" stap (het communiceren tussen een druk vat en een druk op lage druk) toe te voegen. Dit levert wellicht een voordeel op zowel het energieverbruik als reductie van methaanverlies. De volledige proces beschrijving kan worden opgevraagd bij DMT.



Figuur 2. PFD PSA St. Nicolaasga

Zoals in figuur 3 wordt weergegeven opereert de plant volledig als pilot plant. Alle gas stromen, zowel product gas als regeneratie gas worden samengevoegd en teruggevoerd naar de vergister.

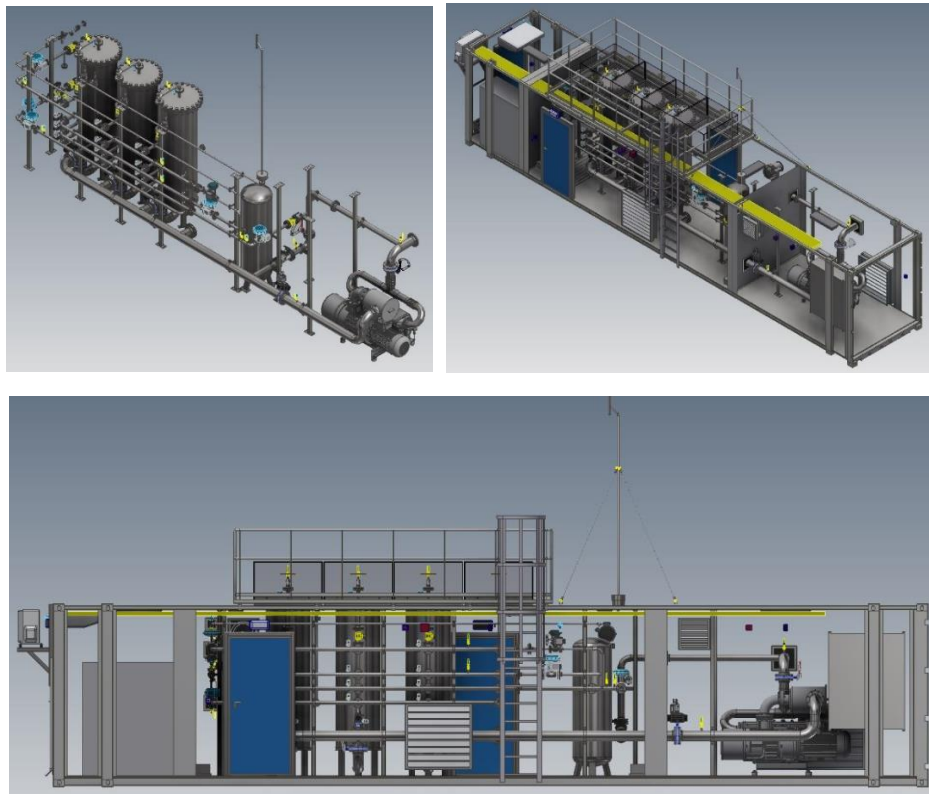


Figuur 3. P&ID recycle gassen



Figuur 4. Eerste 3D drawing PSA + buffer tanks plus vacuum blower.

Figuur 4 geeft een weergave van het eerste 3D model van de 100 Nm³/h (V)PSA systeem. Dit model is als basis gebruikt om vervolgens de skid bouw plus inrichting van het totaalsysteem te ontwerpen. De 3D tekeningen van het totaal systeem zijn weergegeven in figuur 5.



Figuur 5. 3D model PSA St. Nicolaasga

De installatie is gebouwd op een 40 foot skid met afmetingen van 12 x 3.0 m. Dit geeft voldoende ruimte voor drie ruimtes: Control room, PSA ruimte, Vacuum compressor ruimte. De hoogte van de adsorptiekolommen inclusief statief is 2,96 meter en steekt daarmee door het dak. Vandaar dat er een overkapping is gemaakt aan de bovenkant van het skid. Alle detail tekeningen van componenten kunnen worden ingezien bij DMT.

1.4.1.1.1. ASPEN Modelling

In werkpakket 1 is er ook een mathematisch model gebouwd in ASPEN. In werkpakket 1 is er getracht op basis van het adsorbent CMS 13X, een molecular sieve, breakthrough gegevens te verzamelen op zowel hoge als lage druk. Figuur 6 geeft een voorbeeld van adsorptie profielen die kunnen worden gegenereerd met het programma. Het volledige rapport kan worden ingezien bij DMT.

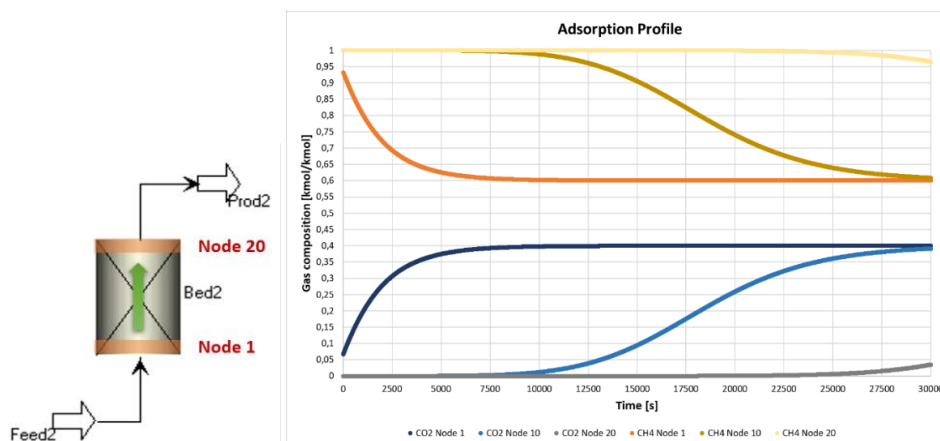


Figure 6. Results single bed ($L/D=1,4$) @ 1 bar and 305 K.

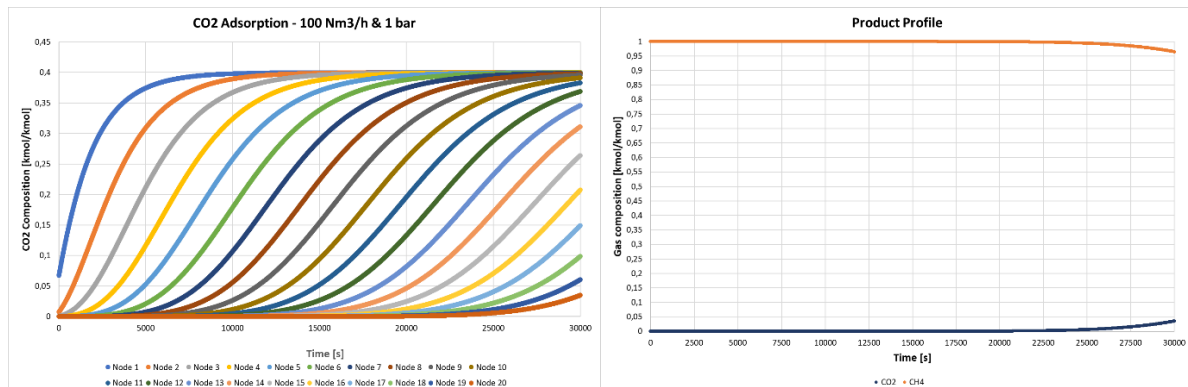


Figure 7. Adsorbent bed saturation and Product outlet vs time, single bed ($L/D=1.4$) @ 1 bar and 305 K.

In maart 2021 is een project team opgericht om de bouw en commissioning van de 100 Nm³/h PSA plant te St. Nicolaasga te organiseren en uit te voeren. Tot en met juni 2021 heeft dit team de tijd gebruikt om de engineering documenten te reviseren en een Final Base of Design te schrijven. Uiteindelijk is het project gestopt op het moment het project team op het punt stond alle individuele componenten te bestellen. Alleen de gasanalyzer is besteld vanwege de lange levertijd.

Het totale project had een looptijd van november 2019 tot en met 31 oktober 2023. Het project is via de vaststellingsbrief van RVO op 6 oktober 2021 beëindigd. Tot deze datum zijn de volgende documenten opgeleverd.

- Progress report Q1 2020 - **Intern document**
- Progress report Q2 2020 - **Intern document**
- Progress report Q3 2020 - **Intern document**
- Progress report Q4 2020 - **Intern document**
- Progress report Q1 2021 - **Intern document**
- 1005A_PSA_Market insight report BB_V0.1_december 2020 - **Intern Document**
- Report Aspen Adsorption Simulations PSA - **Intern Document**
- Student Internship report: Research and product development of PSA, L-CO2 and LNG technologies for biogas upgrading – Celine Tassin (2021), University of INSA Toulouse - **Op te vragen bij INSA Toulouse**
- Student Internship report: The Selective separation of Nitrogen from Landfill Gas – Sofia Rbeiro de Sousa (2021), University of Engineering Porto - **Op te vragen bij FUEP - Porto**
- Student Internship report: Modelling of a vacuum pressure swing adsorption unit for kinetically controlled separation of methane and nitrogen – Alexandra Sofia Ramos Da Silva (2021), University of Engineering Porto - **op te vragen bij FUEP - Porto**
- DEI Vaststellingsrapport 2022 – **RVO document**

1.4.2. Mogelijkheden voor spin off en vervolgactiviteiten

Parallel aan het project DEI 119016 heeft DMT een onderzoekstraject lopen in samenwerking met de RUG en gesubsidieerd door SNN. In dit onderzoek wordt getracht een adsorbent te ontwikkelen die beter presteert op selectieve CO₂ scheiding dan huidige commercieel beschikbare adsorbenten.

Het PHD traject loopt nog tot juli 2022. Indien het onderzoek succesvol wordt afgerond, zou DMT samenwerking kunnen zoeken met huidige PSA leveranciers om dit exclusieve adsorbent te toetsen in een industriële omgeving.

De huidige kennis die is opgedaan kan dan worden ingezet om dit systeem in samenwerking met deze PSA leverancier te optimaliseren.

DMT heeft momenteel geen interesse op PSA technologie verder te ontwikkelen, maar ziet wel de commerciële waarde van het verkopen van exclusief adsorptie materiaal aan derden.

Op het gebied van biogas opwaarderen heeft DMT gekozen om zich verder te specialiseren en te verbeteren op het gebied van membraan opwaardering.

1.5. DISCUSSIE

In mei 2021 is DMT officieel overgenomen door Broadview Energy Solutions (BES). Op moment van overname bevond project DEI119016 zich in werkpakket 2.1. BES heeft inzage gevraagd in de project documenten en heeft op basis hiervan een investeringsbeslissing genomen.

In de beschouwing is het toekomstperspectief van twee richtingen grondig vergeleken. In het onderzoeksvoorstel van PSA (1005A) werden drie duidelijke doelstellingen geschept:

- CAPEX reductie van >30%
- Energieverbruik naar 0,20 kWh/Nm³ ruw biogas
- Methaan slip <1%

Capex

In het onderzoeksplan opgesteld in 2017 keek DMT vanuit een MKB perspectief naar de marktontwikkeling. DMT was afhankelijk van derde partijen en leveranciers m.b.t. prijsopbouw van haar installaties. Uit interne onderzoeken bleek dat een kostenreductie op de membraan prijs zeer afhankelijk is van de marktsituatie. Het was niet aannemelijk was dat membraanprijzen zouden zakken. Biogas opwaardering is een niche voor membraanleveranciers en het marktaandeel van de membraanleverancier is hoog. Concurrenten in biogas opwaarderen hebben te maken met zelfde prijzen, en daardoor ontstaat er een prijs gevecht waarbij de marges op installaties slinken.

De verwachting was dat een PSA installatie geheel in eigen beheer kan worden gebouwd en dat DMT minder afhankelijk zou zijn van leveranciers. Daarnaast zou de productie van eigen exclusieve adsorbenten moeten resulteren in een kost competitief ontwerp en onderscheidend vermogen.

De overname van BES heeft ervoor gezorgd dat DMT niet meer vanuit een MKB benadering naar deze situatie hoeft te kijken. BES ziet een enorme marktgroei in biomethaan productie en wil vol inzetten op gestandaardiseerde installaties, waarbij volume en repeterend bouwen van biogas opwaarderingsinstallaties moet leiden tot significante kosten reductie.

De beoogde PSA prijs reductie is haalbaar. Echter het PSA systeem bestaat voornamelijk uit componenten die gemaakt zijn van staal. Het innovatieve hart van het systeem, de adsorbenten, zijn slechts een fractie van de kosten t.o.v. het totale systeem. Een typisch commercieel zeoliet is vandaag tussen de 2 en 10 €/kg beschikbaar. Voor een typisch ontwerp van een PSA 500 Nm³/h is ongeveer 5000 kg aan adsorbent nodig.

Met de huidige toenemende staalprijzen en lage economische impact van toepassing van innovatieve adsorbenten is er dus weinig ruimte in de toekomst om op CAPEX door te ontwikkelen. Membraantechnologie, daarentegen, is hoofdzakelijk gebaseerd op de membraanprijs. Bij een zeer snelle en significante groei zal de markt zich niet meer als een niche gedragen en zullen leveranciers meer extrusie lijnen beschikbaar stellen voor

de productie van biogas opwaardering membranen. Daarnaast zullen meer membraan leveranciers de markt betreden, omdat ze zien dat dit een kansrijke markt gaat worden. Dit zal tot gevolgen hebben dat de membraanprijs verder kan zakken. Membranen zijn voornamelijk opgebouwd uit polymeer materiaal. De kosten voor de grondstof zijn miniem. De kosten voor membranen zijn voornamelijk afschrijfkosten, modulekosten en een zeer hoge marge. Concluderend kan worden vastgesteld dat er veel meer ruimte in kostenreductie zit dan aanvankelijk door DMT is vastgesteld in 2019. Hiermee is het argument CAPEX reductie teniet gedaan.

Energieverbruik <0.20 kWh/nm³ ruw biogas

Het huidige energieverbruik van een membraan biogas opwaarderingsinstallatie ligt rond de 0,28 kWh/nm³ ruw biogas. Door PSA toe te passen zou dit worden gereduceerd naar 0,20-0,21 kWh/nm³. Dit is een verschil van 0,07 kWh/Nm³ ruw biogas.

Met een elektriciteitsprijs van 100 €/MWh zou dit voor een 500 Nm³/h biogas installatie met 8000 operationele uren een verschil maken van €28.000,- per jaar.

Om een goed vergelijk te maken een procentpunt minder uptime (87 uur) zou met een biomethaan prijs van 65 €/MWh (SDE) in een vermindering van opbrengst resulteren van ongeveer €15.000,-. Membraansystemen worden geleverd met uptime garanties van minimaal 96%. PSA systemen bevatten veel kleppen en schakelmomenten en zijn daardoor gevoeliger voor downtime. Er kan geconcludeerd worden dat het verlagen van energieverbruik nauwelijks effect heeft op de totale kosten van de installatie vergeleken met membraan installaties.

Methaan slip

Methaanslip reductie is de hoofdreden waarom DMT/BES is gestopt met verdere PSA onderzoek en zich volledig gaat richten op verbeteren en optimaliseren van membraan installaties. PSA technologie in het verleden is verkocht door concurrenten met methaan slip variërend van 1,5% tot 10%.

Sommige PSA leveranciers lossen de hoge methaan slip op, door de afgassen op te mengen met biogas en deze gasstroom te verbranden om elektriciteit en warmte op te wekken voor het systeem. Anderen leiden de gassen door een katalytisch systeem om vervolgens de vrijkomende warmte te gebruiken voor droogprocessen of voor het verwarmen van de vergister.

PSA met lagere methaan slip dan 1% is zover bekend niet commercieel beschikbaar. In ieder geval niet zonder een aangeschakelde technologie om methaan slip te reduceren (CO₂ liquefaction, PtX, of anders).

De biomethaan markt heeft zich sinds 2019 ontwikkelt en is sinds de invoering van de RED II in Europa zich steeds meer gaan richten op de transport markt. Hierdoor is de markt minder subsidie gedreven en kan een marktprijs voor biomethaan worden ontvangen van €100/MWh. In geval van 1% extra methaan slip, betekent dit een product verlies van €22.000,= per jaar.¹

Daar komt bovenop dat methaan wordt beschouwd als een 25 x sterker broeikasgas dan CO₂. 1% methaan slip resulteert voor een 500 Nm³/h biogas installatie (1725 Ton per jaar) in 17 TPJ methaan emissie. Dit staat gelijk aan 425 ton CO₂ equivalent. In de Duitse markt is de waarde voor CO₂ emissie reductie op dit moment ongeveer €200/ton CO₂ reductie. In geval van 1% meer of minder methaan slip betekent dit een verschil van €85.000,- euro.

Concluderend uit deze cijfers kan worden opgemaakt dat de product waarde plus de CO₂ equivalenten gezamenlijk een waarde vertegenwoordigen van boven de €100.000,= per procent methaanslip.

¹ 55% biomethaan, 275 Nm³/h biomethaan, 1% = 2,75 Nm³, 1m³ = 10 kWh = 0,01 MWh, 8000 operationele uren. Som: 2,75 x 0,01 x 8000 x 100 €/MWh

Parallel aan het PSA onderzoek heeft DMT een membraan onderzoek waarbij het uitgangspunt is membraanslip te reduceren van max. 0,5% naar <0,2%.

Het is niet waarschijnlijk dat PSA in de toekomst betere prestaties zal leveren op het gebied van methaan slip t.o.v. membraan installaties.

1.6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

DMT heeft in 2017 een onderzoek gestart naar alternatieven voor membraantechnologie voor biogas opwaarderen. De motivatie voor dit onderzoek was om haar marktpositie te behouden en om onderscheidend vermogen op te bouwen. Interne studies hebben aangetoond dat CAPEX reductie t.o.v. van huidige membraan opwaarderingsinstallaties haalbaar moest zijn. Door middel van toepassing van innovatieve nieuwe adsorbenten zouden de operationele kosten kunnen worden verlaagd door te opereren op lagere druk. Daarnaast werd een methaan slip van <1% mogelijk geacht.

DMT heeft in het DEI119016 project de detail engineering gedaan voor een 100 Nm³/h biogas opwaarderingsinstallatie gebaseerd op een (Vacuum) Pressure Swing Adsorptie systeem. De volledige pre-engineering is afgerond en vastgelegd in een detail engineering pakket

Tijdens de werkzaamheden in werkpakket 2 werd DMT overgenomen door Broadview Energy Solutions (BES). Inzage door BES in de project documentatie heeft geleid tot een investeringsbeslissing. Uit de discussie kan worden concludeerd dat de aannames die DMT heeft geconstateerd in 2017 t/m 2019 waren gebaseerd op de toenmalige situatie.

In de nieuwe situatie, waarbij DMT onderdeel uit maakt van de BES familie kan worden geconcludeerd dat:

- CAPEX reductie van membraansystemen grotendeels afhangt van membraanprijzen. Deze kunnen als gevolg van significante marktgroei en toetreding van andere membraanleveranciers significant dalen. Echter PSA systemen bestaan voornamelijk uit componenten en veel staalbouw. Op basis van toenemende staal prijs en relatief beperkte economische impact van het innovatieve adsorbent zijn sterke CAPEX reducties in PSA systemen niet te verwachten.
- Het economische verschil tussen energieverbruik van PSA systemen enerzijds en membraan systemen anderzijds is miniem. Daar staat tegenover dat operationele kosten hoogstwaarschijnlijk hoger liggen bij PSA systemen vanwege de vele kleppen en bewegende onderdelen t.o.v. membraansystemen.
- Methaanslip heeft een hoge economische impact. PSA systemen hebben over het algemeen een hogere methaan slip dan membraansystemen.

Dit heeft BES doen besluiten om het project DEI 119016 te stoppen en de activiteiten m.b.t. onderzoek en innovatie te concentreren op doorontwikkeling van membraan opwaarderings installaties.

Het onderzoek naar innovatieve adsorbenten dat parallel aan DEI119016 wordt uitgevoerd in samenwerking met Rijksuniversiteit Groningen wordt wel afgerond. DMT houdt interesse om mogelijk exclusieve innovatieve adsorbenten te produceren en te testen in een semi-industriële omgeving.

CONTACT GEGEVENS DMT

Dit rapport is opgesteld en samengesteld in opdracht van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Het rapport is geschreven door DMT Environmental Technology, aanvrager van de DEI 119016

Voor meer informatie over het project of voor een kopie van dit rapport kan worden contact gezocht met:



Benny Bakker

Start up Manager / Area Sales Manager

Email: bbakker@dmT-et.nl

Tel.nr.: +31 646866274

Website DMT: www.dmt-et.nl