

OBIWAN Project

OBIWAN richt zich op het omzetten van organische afvalstromen in geavanceerde chemicaliën en duurzame vliegtuigbrandstoffen. Na een eerste anaerobe vergisting voor de productie van biogas, een mengsel van CH_4 en CO_2 , zal de verdere chemische omzetting de CO_2 in de eindproducten benutten. Overtollig koolstof wordt dan vastgelegd als vaste koolstof met toepassingen in bijvoorbeeld gasreiniging en autobanden. Op deze manier zal OBIWAN technologie genereren om de klimaatverandering te beperken, niet alleen door de uitstoot van broeikasgassen te vermijden, maar ook door dergelijke gassen om te zetten in waardevolle producten. Het project richt zich op twee belangrijke innovaties:

1) De omzetting van biogas in chemicaliën/brandstoffen vereist idealiter een biogassamenstelling van 60% CH_4 en 40% CO_2 met een minimum aan onzuiverheden. Gezien de variatie in substraattypen en hun seizoensgebonden veranderingen, is het een grote uitdaging, zelfs op laboratoriumschaal, om biogas met een stabiele samenstelling te produceren. Daarom zullen de experimentele metingen worden aangevuld met de ontwikkeling van een innovatief numeriek instrument om het proces te simuleren en de reactoren op relevante wijze te regelen om een stabiele biogasproductie te garanderen, zowel wat betreft de productiesnelheid als de gassamenstelling.

2) De katalytische ontbinding van methaan in vaste koolstof met een H_2 -rijk gas als nevenproduct wint de laatste tijd aan populariteit voor de productie van zogenaamde 'turkooizen' waterstof van hoge kwaliteit. Dit gaat echter meestal ten koste van de eigenschappen van de vaste koolstof. Binnen OBIWAN is het de bedoeling om het waterstofgerichte proces van laboratoriumschaal naar industrieel relevante schaal te brengen, waarvoor het proof of concept zal worden gedemonstreerd in een originele Electrothermal Fluidized Bed Reactor (ETFB).

Andere belangrijke innovaties zullen worden gerealiseerd met betrekking tot de zuivering/scheiding van biogas en CO_2 -hydrogenering tot methanol.

OBIWAN Consortium



Acknowledgements



Contact

Elisabeth Delbeke

Elisabeth.Delbeke@UGent.be

+32 497 72 15 32



Interreg



Cofinancé par
l'Union Européenne
Medefinancierd door
de Europese Unie

France - Wallonie - Vlaanderen

OBIWAN

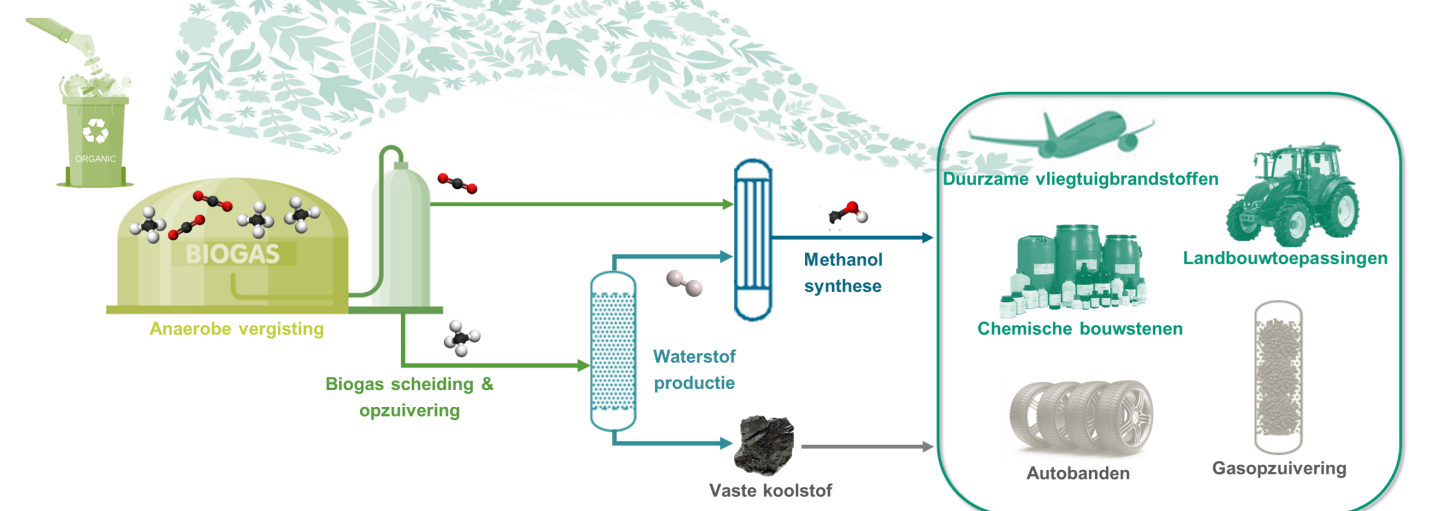


OBIWAN Officiële ETFB Inhuldiging- 30/04/2026

Waterstof zal naar verwachting een sleutelrol spelen bij het terugdringen van de uitstoot op weg naar een klimaatneutrale samenleving, waarbij de verwachte jaarlijkse productie tegen 2030 zal stijgen tot 150 miljoen ton. Tegenwoordig wordt de meeste waterstof nog steeds geproduceerd via conventionele "grijze" reformeringsprocessen, die weliswaar kosteneffectief zijn, maar aanzienlijke CO_2 -emissies genereren. De "blauwe" variant, die een deel van deze emissies afvangt, leidt nog steeds tot aanzienlijke emissies en verdubbelt de kosten van de geproduceerde waterstof. Het gebruik van water als grondstof, zoals bij groene waterstof, brengt daarentegen ook hogere kosten met zich mee vanwege de hoge energiebehoefte.

Welke technologie kan beide uitdagingen – hoge kosten en hoge emissies – overwinnen? Methaanpyrolyse met biomethaan ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$) als grondstof biedt een veelbelovende oplossing door methaan direct te splitsen in waterstof en vaste koolstof, waardoor CO_2 -vorming tijdens het proces wordt vermeden. Het OBIWAN-project heeft tot doel methaanpyrolyse als superieure technologie te bevorderen door zich te richten op twee belangrijke gebieden: 1) slim katalysatorontwerp voor verbeterde waterstofopbrengsten en om het koolstofbijproduct af te stemmen, en 2) elektrificatie van de reactor om de CO_2 -uitstoot verder te verminderen.

In het OBIWAN-project is gekozen voor een elektrothermische wervelbedreactor om onderzoek te doen naar door koolstof gekatalyseerde, geëlektrificeerde methaanpyrolyse als innovatieve methode voor de productie van emissiearme waterstof en waardevolle vaste koolstof. Een belangrijke uitdaging in dit proces is het beheersen van koolstofafzetting, wat in conventionele reactoren met een vast bed verstoppingen en drukdalingen kan veroorzaken. Om dit aan te pakken, wordt gebruikgemaakt van fluidisatie van de katalysator, wat zorgt voor een betere warmteverdeling, continue verwerking van vaste stoffen en een stabiele werking op schaal. Het reactorontwerp maakt gebruik van het Joule-verwarmingseffect, dat vanwege zijn sterke schaalbaarheid is verkozen boven inductieve of microgolfmethoden. In een elektrothermische wervelbedreactor creëren twee elektroden een potentiaalverschil in de reactor dat een elektrische stroom door de gefluidiseerde katalysatordeeltjes drijft. Door hun intrinsieke elektrische weerstand genereren de deeltjes intern warmte, waardoor energie rechtstreeks aan de actieve reactieplaatsen wordt geleverd. Deze aanpak combineert efficiënte, gelijkmatige verwarming met de operationele voordelen van fluidisatie en biedt een veelbelovende weg naar een schonere en kosteneffectieve geëlektrificeerde waterstofproductie.



In het kader van het OBIWAN-project is, in samenwerking met Vinci Technologies en TMEC, een ultramoderne elektrothermische wervelbedreactor (ETFB) ontworpen en in gebruik genomen. Deze testopstelling op laboratoriumschaal combineert geavanceerde expertise op het gebied van werktuigbouwkunde en elektrotechniek van het Laboratorium voor Chemische Technologie en voldoet aan de hoge kwaliteitsnormen van onze bestaande faciliteiten.

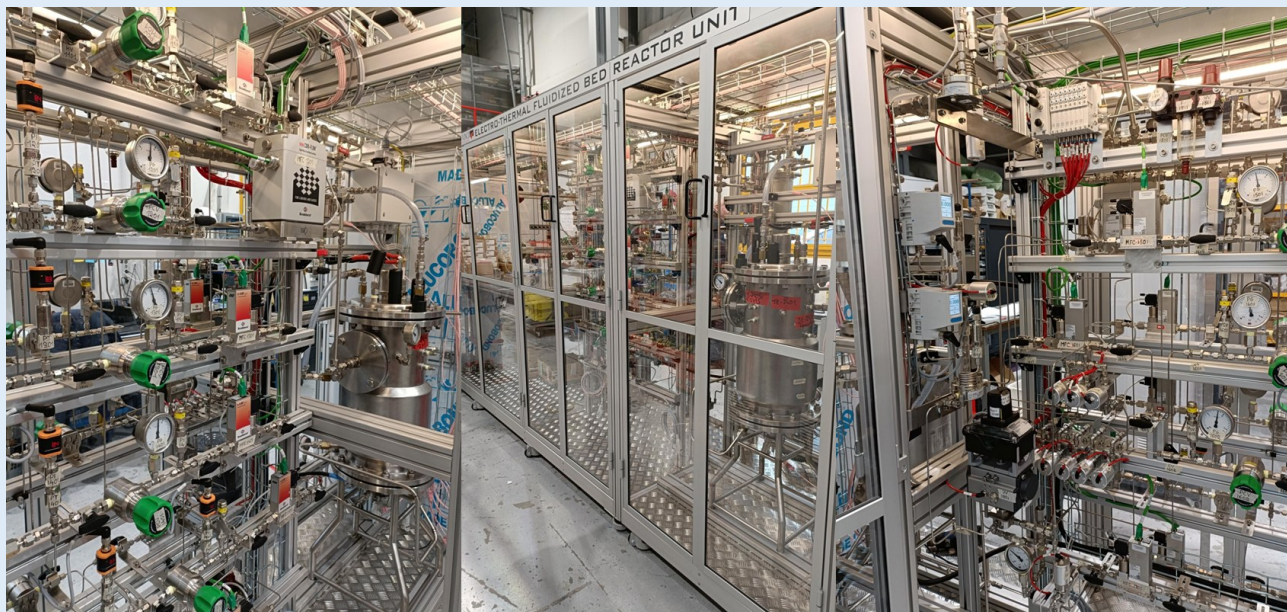
De opstelling bestaat uit drie hoofd delen: 1) een toevoereenheid waar gassen worden voorbereid, gemengd, voorverwarmd en onder druk gebracht, 2) de reactoreenheid, waarin de ETFB-reactor voor methaanpyrolyse is ondergebracht, en (3) een analyse-eenheid met een tegendrukregelaar, cycloon, condensor en geavanceerde gasanalyseapparatuur (raffinaderijgasanalysator en gaschromatograaf) om producten te identificeren en te kwantificeren, variërend van lichte koolwaterstoffen tot zware polyaromatische verbindingen.

De toevoersectie is verdeeld in 2 delen, verbonden door een pneumatisch gestuurde vierwegklep. Het ene deel bereidt reducerende gasmengsels voor, bestaande uit CH_4 , H_2 en optionele koolwaterstoffen, verdund met argon of stikstof. Het andere deel bereidt oxiderende mengsels voor, bestaande uit lucht, zuurstof, CO_2 , stoom en inerte gassen voor katalysatorregeneratie. De klep maakt een snelle omschakeling tussen de stromen mogelijk, waarbij de ene naar de reactor wordt geleid terwijl de andere wordt afgevoerd. Voordat de gassen de ETFB-reactor binnenkomen, worden ze voorverwarmd in de toevoerleiding. Alle stromen worden nauwkeurig geregeld met behulp van thermische of Coriolis-massastroomregelaars van Bronkhorst.

In de ETFB-reactor zorgt het voorverwarmde gasmengsel ervoor dat de koolstofkatalysatordeeltjes in een wervelbed terechtkomen. Wanneer er spanning wordt aangelegd, vloeit er een elektrische stroom van een centraal geplaatste elektrode door het wervelbed naar de reactorwand, die als tweede elektrode fungeert. Door de elektrische weerstand van de deeltjes wordt er direct warmte gegenereerd op de katalytische plaatsen. Een frit in combinatie met keramische aluminiumoxidebolletjes aan de onderkant van de reactor zorgt voor een gelijkmatige gasverdeling over de inlaat. Een waterkoelmantel helpt bij het handhaven van stabiele bedrijfsomstandigheden. De ETFB-reactor kan in handmatige of geautomatiseerde modus worden bediend. In de handmatige modus is de geregelde variabele het reactorvermogen, terwijl de afhankelijke variabele de temperatuur is, die wordt beïnvloed door het ingangsvermogen, de katalysatoreigenschappen, de druk en het fluidisatiegedrag. In de geautomatiseerde modus zijn de geregelde variabelen de temperatuur en de verwarmingssnelheid, terwijl de afhankelijke variabele het vereiste vermogen is.

Enkele belangrijke parameters van de reactor zijn:

- Beddiameter van 75 mm
- 700 – 1100 °C
- 1 – 3 bara
- 0 – 7 kW ($\Delta V_{\text{max}} = 90 \text{ V}$, $I_{\text{max}} = 350 \text{ A}$)
- 250 g/uur CH_4
- Flexibele dompeldiepte en materiaal van de centrale elektrode



Dankzij het ontwerp van de reactor kunnen cruciale procesparameters continu worden bewaakt en geregistreerd voor analyse na afloop van het proces. Hiertoe behoren drukverschillen in het wervelbed, diverse interne temperaturen en metingen van de beddruk, waardoor de afmetingen van de bellen kunnen worden geanalyseerd en gevalideerd.

Stroomafwaarts van de reactor verwijderd een verwarmde cycloon meegevoerde vaste stoffen, terwijl een filter de Equibar-tegendrukregelaar beschermt om een nauwkeurige drukregeling te garanderen. Een gekalibreerde interne standaard wordt in de gasstroom ingebracht voor kwantificering, en alle componenten na de reactor worden verwarmd om condensatie, vervuiling of verstoppingen te voorkomen.

Na de regelaar wordt de stroom gesplitst:

- Koolwaterstofanalyse: Eén leiding voedt een ThermoScientific-gaschromatograaf (FID) om koolwaterstoffen te detecteren, waaronder zware polyaromatische verbindingen.
- Analyse van lichte gassen: De andere leiding gaat door een condensor om zware producten af te scheiden. Het resterende lichte gas wordt gedroogd via een drierietfilter en geanalyseerd door een ThermoScientific-raffinagegasanalysator. Met behulp van drie speciale kanalen identificeert en kwantificeert dit systeem lichte gassen, waaronder N_2 , CO , CO_2 , O_2 , argon en koolwaterstoffen van CH_4 tot C_5



Deze reactor biedt nieuwe experimentele inzichten in de wisselwerking tussen drie belangrijke pijlers van het geëlektrificeerde methaanpyrolyseproces: 1) fluidisatiegedrag, 2) verwarmingsefficiëntie en 3) reactiechemie. Door deze factoren gezamenlijk te observeren in de ETFB-reactor, kunnen onderzoekers beter inzicht krijgen in de synergieën die nodig zijn om de gezamenlijke productie van waterstof en vaste koolstof te optimaliseren en het proces op te schalen naar industrieel relevante niveaus.

Om de wisselwerking tussen deze factoren te ontrafelen, zal in eerste instantie in niet-reactieve experimenten de correlatie tussen het fluidisatiegedrag en de verwarmingsefficiëntie worden beoordeeld. Deze tests, die in N_2 worden uitgevoerd, zullen variëren in fluidisatie-index, katalysatoreigenschappen zoals dichtheid en diameter, en verwarmingsvermogen. Deze aanpak maakt het mogelijk om de bedweerstand, een cruciale parameter voor het modelleren van de energiebalans, te karakteriseren als een functie van de fluidisatie-index, de katalysatoreigenschappen, het verwarmingsvermogen, de temperatuur en de druk.

Ten slotte zal het uitvoeren van experimenten met reactieve gassamenstellingen het mogelijk maken om te achterhalen hoe de chemische processen bij pyrolyse bij hoge temperaturen het fluidisatiegedrag en de verwarmingsefficiëntie beïnvloeden. Hierbij gaat het in de eerste plaats om het beoordelen van de invloed op het systeem van de afzetting van pyrocarbon tijdens de pyrolyse van methaan, en de daarmee samenhangende veranderingen in de koolstofstructuur, de eigenschappen en de diameter van de katalysator. Daarnaast zullen secundaire effecten zoals agglomeratie, slijtage, vervuiling van de elektroden, roetvorming en mogelijke vonkvoeding tussen elektroden en deeltjes worden onderzocht.

Om de reactor op te schalen van laboratorium- naar industriële schaal, zal op basis van de verzamelde experimentele gegevens een multischaalmodellering van de elektrothermische wervelbedreactor worden uitgevoerd. Deze modellen zullen voorspellen hoe de prestaties variëren bij verschillende schalen, stroomsnelheden en verwarmingsvermogens en maken het ontwerp van reactoren op industriële schaal mogelijk. Hierbij zullen microkinetische modellen, gekoppeld aan massa- en warmteoverdrachtsbalansen, zowel op deeltjes- als reactorniveau, worden ontwikkeld via twee methoden: een 1D-tweefasen-wervelbedreactormodel dat verschillende wervelingsregimes bestrijkt en een deeltjesgeresolveerd CGDEM-CFD-model. Deze simulatie zal Joule-verwarming op deeltjesniveau oplossen door het effect direct in het CFD-modelkader op te nemen.