

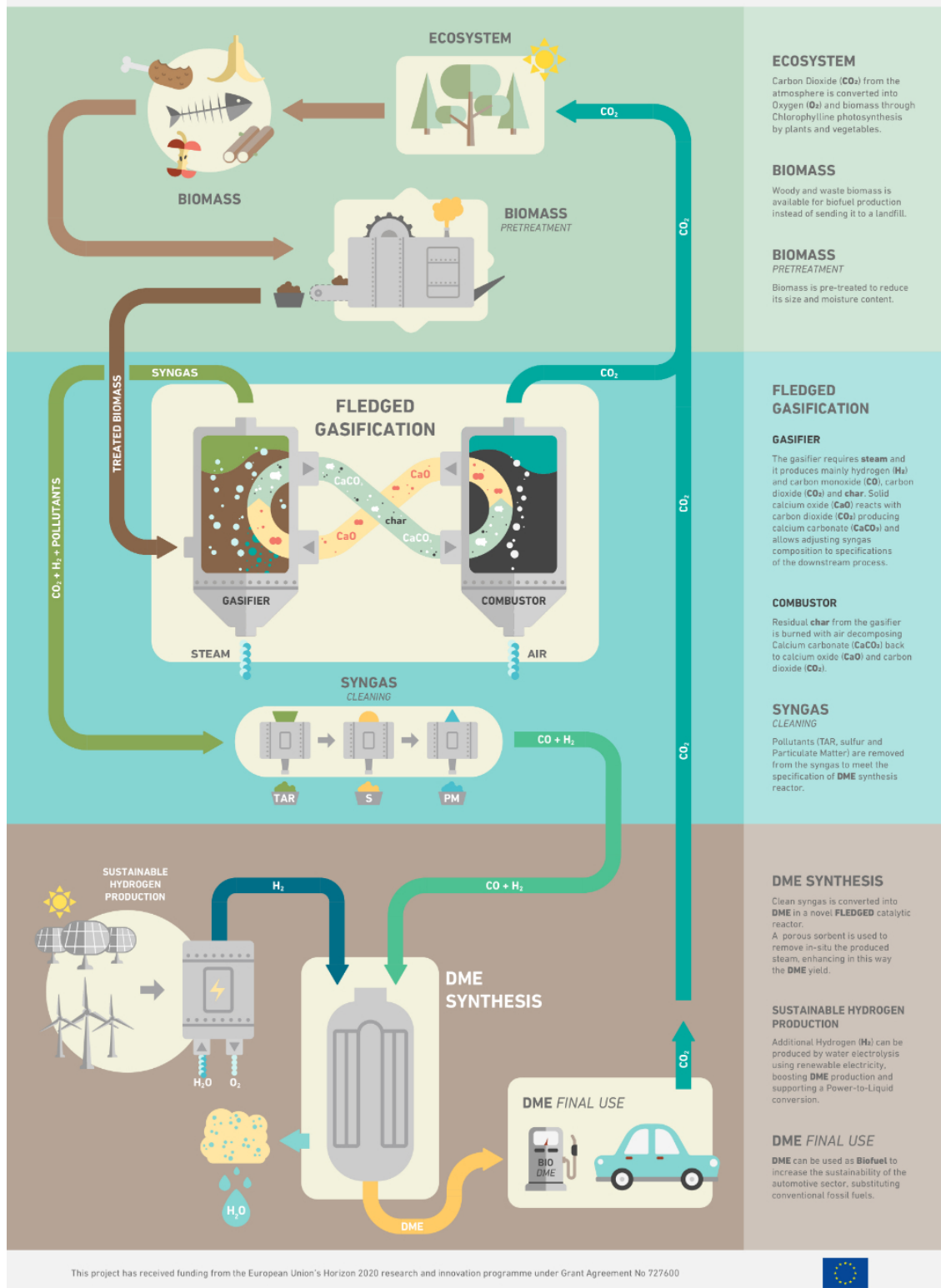
MAAKT DIESEL STRAKS PLAATS VOOR DIMETHYLETHER?

Fledged: Europees project voor een efficiënt proces voor een duurzame brandstof

Voor fossiele brandstoffen en grondstoffen zijn er diverse duurzame alternatieven, variërend van waterstof tot biodiesel. Een belangrijke kanshebber is dimethylether. In het Fledged-project, dat valt onder het Europese kaderprogramma Horizon 2020, werken ECN part of TNO en het Nederlandse bedrijf Frames Renewable Energy Solutions samen met partners in andere Europese landen aan een efficiënt proces om dimethylether uit biomassa of andere hernieuwbare bronnen te maken.



FLEXIBLE DIMETHYL ETHER PRODUCTION FROM BIOMASS GASIFICATION WITH SORPTION ENHANCED PROCESSES



De route van biomassa naar dimethylether (inclusief de vergassing van biomassa tot synthesesgas en de synthese van dimethylether uit synthesesgas)

"Het Fledged-project past bij onze doelen om processen te ontwikkelen, waarmee we zowel biomassa als CO_2 kunnen omzetten in diverse nuttige producten als alternatief voor fossiele brandstoffen en grondstoffen", zegt Jurriaan Boon, projectleider voor dit project bij ECN in Petten. Hij legt uit waarom dimethylether (DME) er als synthetische brandstof gunstig uitspringt. Het lijkt op diesel en is geschikt voor dieselmotoren. Voordeel is

dat het geen roet oplevert, omdat de koolstofatomen in DME-molecuul gescheiden zijn door zuurstofatomen. Wat betreft energiedichtheid is het te vergelijken met ethanol. Ook is het gemakkelijk te transporteren en niet toxisch.

"DME is onder normale temperatuur en druk weliswaar gasvormig, maar als je het tot vijf à zes bar comprimeert, kun je het net als lpg vloeibaar in een tank vervoeren. Je kunt het maken uit biomassa, maar ook uit CO₂ en duurzaam geproduceerde waterstof. Kortom, DME scoort op meerdere punten redelijk tot goed vergeleken met andere alternatieve brandstoffen."

Een nadeel is, dat het gebruik van DME wel enige aanpassing van de dieselloertuigen vergt. Ook is DME binnen de EU nog niet als brandstof erkend. Ford en Volvo lobbyen daarvoor. Europa experimenteert er daarom nog maar beperkt mee. Daarentegen rijden in de stad New York gemeentelijke vuilniswagens van de fabrikanten Mack en Volvo al op DME. Overigens kan DME ook als brandstof dienen voor gasturbines en als grondstof voor de chemie.

HOGE ENERGIEDICHTHEID

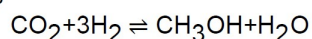
"Veel mensen zien waterstof als het ei van Columbus, maar wil je er wat aan hebben en een hoge energiedichtheid bereiken, dan moet je het sterk comprimeren. Een voordeel van waterstof is wel, dat er geen CO₂ maar alleen waterdamp bij de verbranding vrijkomt", oordeelt Glenn Rexwinkel, projectleider voor dit project bij Frames Renewable Energy Solutions in Enschede, een onderdeel van Frames uit Alphen aan den Rijn. Frames bouwt al jaren installaties voor de olie- en gasindustrie en is tien jaar geleden begonnen met activiteiten op het gebied van hernieuwbare energie. Bij het Fledged-project rekent het bedrijf aan de financiële haalbaarheid van de DME-productie en tekent voor het reactorontwerp. "DME kun je gemakkelijk vloeibaar in een lpg-tank opslaan en vervoeren. Daarmee is het een gemakkelijk hanteerbare vervanger voor diesel en bovendien veel schoner. Dat pleit ervoor om de onderhoudsarme dieselmotoren nog even aan te houden totdat DME als brandstof beschikbaar is. Bij de verbranding komt wel CO₂ vrij, maar die behoort tot de koolstofkringloop als je de DME tenminste van biomassa en duurzame waterstof maakt."

EVENWICHTSREACTIES

De productie van DME verloopt in een aantal stappen. Eerst wordt biomassa droger en compacter gemaakt. Daarna wordt deze met behulp van stoom bij 600 tot 800 graden Celsius omgezet in een gasmengsel van koolmonoxide, kooldioxide en waterstof. Daarna volgt de omzetting in methanol via twee reacties met behulp van een op koper gebaseerde katalysator: een evenwichtsreactie, waarbij koolmonoxide met waterstof wordt omgezet in methanol en een evenwichtsreactie, waarbij kooldioxide met waterstof eveneens wordt omgezet in methanol. Bij de volgende stap wordt methanol gedehydrateerd tot dimethylether bij 275° C en 25 à 30 bar, wat ook weer een evenwichtsreactie is.

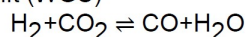
"Deze evenwichtsreacties leveren nooit een volledige omzetting van koolmonoxide, kooldioxide en waterstof in DME op, maar met een truc lukt dat wel", verklaart Boon. Bij alle drie de evenwichtsreacties ontstaat namelijk water:

Methanol synthesis

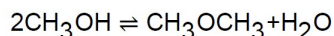


Jurriaan Boon, Projectleider ECN

Reverse water-gas shift (WGS)



Methanol dehydration



Door de waterdamp met behulp van zeoliet te adsorberen, kun je tachtig procent van de koolstofverbindingen omzetten in DME

Door de waterdamp met behulp van zeoliet te adsorberen, verschuift het evenwicht bij alle drie de reacties naar rechts volgens het principe van Le Chatelier (en Van 't Hoff). "Op die manier kun je tachtig procent van de koolstofverbindingen omzetten in DME. Er blijven alleen koolmonoxide en wat CO₂ en methanol over. De koolmonoxide kun je vervolgens uit het productmengsel afscheiden door cryogene destillatie."

VERFRISSENDE AANPAK

De opgave van Frames Renewable Energy Solutions in het Fledged project is om uit te rekenen wat de productie-installatie gaat kosten en voor welke prijs DME met of zonder subsidie kan worden verkocht.

Rexwinkel: "We zijn begonnen met een ruwe schatting te maken van de prijs van de reactor, nog voor we wisten hoe die eruit zou komen te zien. Dat is een verfrissende aanpak. Traditioneel kijk je pas aan het eind van een project naar de kosten, maar nu kijk je meteen naar waar de hoogste kosten zitten."

In een klassieke reactor wordt methanol met behulp van een katalysator omgezet in DME, waarna het product gezuiverd moet worden. "Bij Fledged kiezen we voor een hogere conversie door waterdamp af te vangen met een sorbent. Dat levert dan in één keer een hoge opbrengst.

Nadeel is wel dat je het sorbent (zeoliet, red.) daarna moet regenereren. Zo is het altijd in de chemie: je krijgt nooit een schaap met vijf poten en moet genoeg nemen met het minst manke schaap", aldus Rexwinkel.



*Glenn Rexwinkel, Projectleider
Frames Renewable Energy Solutions*

*"In de chemie krijg je nooit een schaap met vijf poten,
je moet genoeg nemen met het minst manke
schaap"*

Boon: "Bij onze experimenten in Petten werken we met kolomvormige reactoren. Op een bepaald moment vindt in een van de reactoren de DME-synthese plaats, terwijl in de andere reactoren het sorbent wordt geregenereerd door dit op te warmen tot 400 °C. Een belangrijke onderzoeksvraag is hoe we die regeneratie zo efficiënt mogelijk kunnen uitvoeren." Het streven is om tot een semicontinuïtiteitsproces te komen met meerdere kolommen. De onderzoekers zijn begonnen met reactorkolommen van 0,9 bij 20 cm en experimenteren nu met kolommen van 3,8 bij 200 cm. Komend jaar volgen tests in kolommen van 3,8 bij 600 cm.



De onderzoekers experimenteerden aanvankelijk met reactorkolommen met diameter 3,8 en hoogte 200 cm



Deze zes meter hoge reactorkolommen voor SEDMES (Sorption Enhanced Dimethyl Ether Synthesis) zullen de twee meter hoge vervangen

VERGASSING BIOMASSA

Het onderzoek naar de vergassing van biomassa gebeurt aan de universiteit van Stuttgart. "Ook zij passen sorptie toe en wel van CO₂", vervolgt Boon. De voorbehandelde biomassa wordt met stoom vergast in een gefluidiseerd bed van hete calciumoxiderijke deeltjes, waarbij waterstof, koolmonoxide en kooldioxide ontstaan en een soort houtskool als restproduct overblijft. Een deel van de vrijkomende CO₂ reageert met calciumoxide tot calciumcarbonaat. Die deeltjes met calciumcarbonaat gaan samen met de char naar een verbrandingsoven,

waar het calciumcarbonaat ontleedt in calciumoxide en CO₂, en de char verbrandt. Daarna gaan de hete deeltjes met calciumoxide weer terug naar de vergasser. Het stikstofvrije synthesegas gaat na het verwijderen van teer, zwavel en stofdeeltjes naar de DME-synthese.

“Je kunt de samenstelling van het geproduceerde synthesegas bepalen door meer of minder CO₂ af te vangen. Normaal bevat synthesegas relatief veel 'C' en weinig 'H'. Om dit met 'O' om te zetten in DME moet je het koolstofgehalte beperken en dus wat CO₂ afvangen”, licht Boon toe.

Sinds enkele jaren lopen er ook projecten bij TNO/ECN om waterstof uit water te maken met behulp van een electrolyzer. Dat biedt straks wellicht de mogelijkheid om ook de CO₂ die vrijkomt bij het verwerken van biomassa om te zetten in DME.

GROTE VOLUMES

Om diesel op den duur te vervangen zijn flinke volumes DME nodig en dus grote hoeveelheden grondstoffen. Daarin kan bijvoorbeeld de staalindustrie voorzien. Bij de staalproductie komt staalgas vrij, dat koolmonoxide en kooldioxide bevat. “De koolmonoxide kun je met het SEWGS-proces van ECN omzetten in waterstof en kooldioxide. Vervolgens kun je alle waterstof met kooldioxide omzetten in bijvoorbeeld methanol of DME. Het teveel aan CO₂ kun je afvangen en opslaan. Staalproducenten gebruikt de koolmonoxide nu onder andere als brandstof voor elektriciteitsproductie, maar dat kan misschien eveneens als grondstof voor DME worden gebruikt, ook als staalbedrijven ooit over zouden gaan op andere koolstofbronnen om de ijzeroxiden in ijzererts te kunnen reduceren”, licht Boon toe.

Een van de partners in het project, het Spaanse bedrijf Eco Hispanica kijkt ook naar de mogelijkheden om DME te produceren uit huishoudelijke afval en agrarische reststromen en rekent ook uit hoeveel daar straks in Europa van beschikbaar zal zijn. Ook zijn er plannen voor het bouwen van een pre-commerciële proefinstallatie op de locatie van Eco Hispanica, die DME zal maken op basis van afvalbiomassa afkomstig uit de fabriek van het bedrijf in Madrid.

ECN verwacht de technologie voor de DME-productie zover te kunnen ontwikkelen, dat er in 2021 een demonstratie-installatie gebouwd kan worden met een capaciteit van drie kilogram DME per uur. Hierbij gaat het er ook om de kosten zover mogelijk te verlagen. Dat kan door procesintensificatie toe te passen, of met andere woorden door het aantal unit operations drastisch terug te brengen. Dat moet resulteren in veel lagere investeringskosten. Het is aan Frames Renewable Energy Solutions om op basis hiervan met een geschikt reactorontwerp te komen.

EUROPEES PROJECT

ECN part of TNO en Frames Renewable Energy Solutions vormen samen met de Universiteit van Stuttgart, de Polytechnische Universiteit van Milaan en de Spaanse onderzoeksraad CSIC de voornaamste partners van het Europese onderzoeksproject Fledged. Dit project, voluit Flexible Dimethyl Ether Production from Biomass Gasification with



Sorption Enhanced Processes geheten, maakt deel uit van het Europese kaderprogramma Horizon 2020 samen met andere projecten die gericht zijn op het ontwikkelen van alternatieve brandstoffen en mobiele energiebronnen. De Europese Unie draagt 5,3 miljoen euro bij aan het totale budget van 5,6 miljoen euro van Fledged. Het doel is om met de ontwikkeling van de processen voor DME het technical readiness level 5 (TRL 5) te bereiken. Op dat niveau kan de industrie het stokje overnemen.

Meer info: www.fledged.eu