



Groen gas onderzoek in Nederland

Een overzicht van onderzoekers en onderzoek
naar duurzame energie uit reststromen

Voorwoord

Groen gas, syngas en biogas leveren met een productie van ca. 700 miljoen kubieke meter per jaar een bescheiden bijdrage aan de energietransitie. Elk jaar groeit de productie, maar het doel van 2 miljard kubieke meter per jaar in 2030 is nog niet in zicht. Kennis en innovatie kunnen de noodzakelijke versnelling ondersteunen.



Op veel plekken in Nederland werken onderzoekers aan het verleggen van de kennisgrenzen, hun publicaties en verhalen illustreren de veelzijdigheid en de dynamiek van het onderzoeksveld en de richting waarin de innovatie zich beweegt. Er is veel aandacht voor de vorming van methaan met de inzet van waterstof, in combinatie met vergassing en vergisting. In de agrarische sector wordt meer aandacht besteed aan de vergisting van mest in een bredere context, niet alleen gericht op energie, maar ook op het verbeteren van het bodemleven met de inzet van het digestaat, het benutten van de nutriënten en het verminderen van emissies van stikstof en methaan.

Om het contact tussen bedrijven, overheden en onderzoekers te bevorderen stelden we deze publicatie samen, op basis van gesprekken met 16 onderzoekers. Het geeft een (niet compleet) overzicht van het zeer diverse onderzoek, de onderzoeksgroepen en de medewerkers die het uitvoeren. Het is ook een uitnodiging om contact op te nemen met de onderzoekers en instellingen als er vragen zijn.

Onderzoekers die van mening zijn dat ze ook in deze publicatie hadden moeten staan worden van harte uitgenodigd om contact op te nemen met ons via R.Paap@tki-gas.nl. De informatie uit deze publicatie wordt namelijk ook gedeeld in bijgewerkt op de website van Topsector Energie via:

topsectorenergie.nl/nl/maak-kennis-met-tse/tki-nieuw-gas

Ruud Paap, TKI Nieuw Gas
Groningen, 10 juni 2025

Colofon

Dit rapport is ontwikkeld in opdracht van TKI Nieuw Gas, in samenwerking met Platform Groen Gas, Platform Hernieuwbare Brandstoffen, New Energy Coalition, Investa, Hogescholen (Saxion, Hanze, Avans), TNO en WUR.

Tekst & Redactie

Frans Debets, Debets Advies
Ruud Paap, TKI Nieuw Gas

Layout & Opmaak

Kevin Bakker, New Energy Coalition

Met dank aan

Hans Cappon, Niels Deen, Emiel Elferink, Wolter Elbersen, Gert Jan Euverink, Simon Hageman, Janneke Krooneman, Jules van Lier, Mark van Loosdrecht, Inge Maartje Pieneman, Ruud Paap, Frieder Mugele, Machiel Mulder, Saleh Mohammadi, Chris Schott, Joàn Teerling en Berend Vreugdenhil.

TKI Nieuw Gas 2025

Inhoudsopgave

Inleiding

4

Jules van Lier TU Delft

Hoogleraar Wastewater Treatment en Environmental Engineering

Onderzoek

Anaerobe afvalwaterzuivering, Biogasproductie, Solid Oxide Fuel Cells (SOFC), Versnelling van slibomzetting, Verwijdering en hergebruik van ammoniak, Vergassingstechnologieën.

5

Simon Hageman Saxion

Associate lector Bio-energie en warmtesystemen

Onderzoek

Aanzuren van mest, Vergassing van biomassa, Productie en toepassing van biochar, Decompositie van methaan via plasmalyse, Praktische haalbaarheid van bio-energiesystemen.

6

Joàn Teerling Hanze

Lector Duurzame Gassen en Brandstoffen

Onderzoek

Vergisting van moeilijk afbreekbare biomassa, Synthetisch methaanproductie, Conversieprocessen, Digital Twinning, Elektrolyse van reststromen die ammoniak bevatten, Integratie van nieuwe technieken in bestaande vergistingsinstallaties.

7

Janneke Krooneman Hanze

Lector Bioconversie en Fermentatietechnologie

Onderzoek

Fermentatie van hernieuwbare grondstoffen naar vetzuren, Productie van methaan (CH₄) uit H₂ en CO₂, Vergisting van moeilijk afbreekbare biomassa, Digital twinning, Toepassing van technieken op diverse feedstocks, Toepassing van AI, bio-informatica en data science.

8

Niels Deen TU Eindhoven

Hoogleraar en voorzitter van de onderzoeksgroep Power & Flow van de faculteit Mechanical Engineering

Onderzoek

Systeemintegratie voor duurzame energievoorziening in woonwijken, Gebruik van groene CO₂, Verbranding van ijzerpoeder als circulaire energiedrager, Regeneratie van ijzeroxide, Combinatie van ijzerverbranding met groen gas.

9

Machiel Mulder RUG

Hoogleraar Energie-economie

Onderzoek

Economische aspecten van duurzame energiedragers, Beleid en marktwerking rond groen gas, Prijselasticiteit, Toekomstscenario's en systeemanalyse, Beleidsadvisering en doorrekeningen.

10

Hans Cappon HZ

Lector bij het lectoraat Watertechnologie

Onderzoek

Watertechnologische benadering van biogasproductie, Waardeverhoging van afvalstromen uit waterzuivering, Optimalisatie van afvalwaterzuivering, Verbinding tussen waterzuivering en biogasproductie, Zoetwaterbeheer en verzilting in kustgebieden.

11

Frieder Mugele TU Twente

Hoogleraar Physics of Complex Fluids

Onderzoek

Opwaardering van ruw biogas naar groen gas, Vergelijking en verbetering van bestaande zuiveringstechnieken, Toepasbaarheid van kleitechniek in biogasvoorbehandeling, Carbon capture and storage.

12

Oprichting van het Green Molecule Collective

13

Emiel Elferink HVHL

Lector Duurzaam Bodembeheer

Onderzoek

Vergisting van mest binnen een kringloopbenadering, Bodemonderzoek met mesokosmosen, Nutriëntenherwinning en regelgeving, Bevordering van mestvergisting en acceptatie van digestaat.

15

Gert Jan Euverink RUG

Hoogleraar Biotechnologie en Toegepaste Microbiologie

Onderzoek

Productie van groen gas via methanisatie met waterstof en CO₂, Vergisting van diverse biomassastromen, Anaerobe zuivering van afvalwater.

16

Wolter Elbersen WUR

Sr Researcher Biomass and Bioenergy

Onderzoek

Monovergisting en biogasproductie, Emissies van methaan en stikstof, Effecten van digestaat op de bodem, Beschikbaarheid en valorisatie van biomassa, Ontwikkeling van een circulaire en biobased economie.

18

Chris Schott Wetsus

Scientific Project Manager - Agriculture and Circularity

Onderzoek

Methaanproductie via combinatie van waterstof en CO₂, Terugwinning van nutriënten (o.a. fosfaat), Verbetering van biogasopbrengst en kwaliteit, Invloed van mestkwaliteit, Technieken voor substraatbehandeling.

19

Mark van Loosdrecht TU Delft

Hoogleraar Milieubiotechnologie en Waterzuivering

Onderzoek

Vergisting bij hoge pH, Microbiële populaties en methaanproductie, Procesoptimalisatie en in-situ upgrading van biogas, Opschaling van het proof-of-principle onderzoek.

20

Berend Vreugdenhil TNO

Senior Scientist, Sustainable Fuels and Chemicals

Onderzoek

Vergassing van biomassa en reststromen, Productie van groene brandstoffen en chemicaliën, Opschalingsuitdagingen en bedrijfsvoering, Efficiëntie en energiebalans, Markt en maatschappelijk draagvlak.

21

Inge Maartje Pieneman Aeres

Docent / Onderzoeker lectoraat Grasland & Beweiding

Onderzoek

Emissiearme landbouw en mestverwaarding, Economische modellen en clustersamenwerking, Vergisting van mest en biogasproductie, Effecten van digestaat op bodem en bodemleven,

22

Saleh Mohammadi Avans

Senior Scientist, Sustainable Fuels and Chemicals

Onderzoek

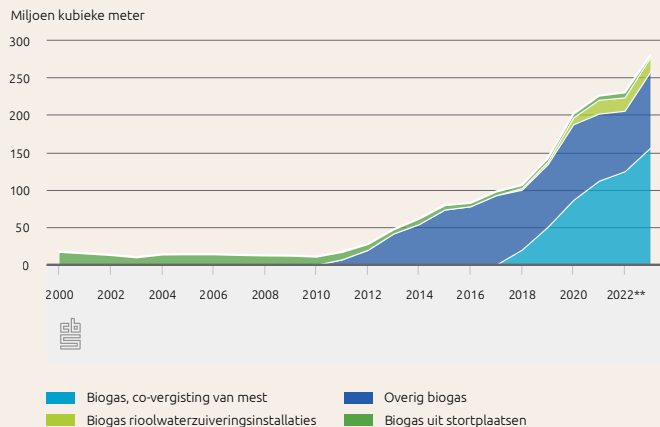
Waterstof in de industrie, Innovatieve processen rond waterstof en CO₂, Energie-efficiëntie in waterzuivering, Samenwerking en innovatie-ecosystemen.

23

Inleiding

De productie van 300 miljoen m³ groen gas is indrukwekkend, maar het gestelde doel van 2 miljard m³ in 2030 is echter nog ver weg. De grootste bijdrage wordt nu geleverd door de vergisting van mest en co-substraten. De bijdrage vanuit de waterzuiveringsinstallaties was in 2017 nog 0 m³, maar sindsdien is er elk jaar een groei gerealiseerd. De methaanproductie uit stortplaatsen neemt elk jaar af.

8.1.3 Groen gasproductie uit biogas



Bron: hernieuwbare energie in Nederland, CBS, 2024

De gewenste groei van het volume vindt plaats in een voortdurend veranderende maatschappelijke context, bedrijven én onderzoekers bewegen daarin mee.

In de beginjaren van de energietransitie werden de eerste mestvergisters ontwikkeld bij agrarische bedrijven, aangejaagd door (tot 2006) de MEP subsidie. De nadruk lag op co-vergisting, waarin mest, mais en andere cosubstraten gebruikt werden. Op het erf stond een warmte-krachtkoppeling (WKK) waarmee elektriciteit werd opgewekt dat werd ingevoerd in het net. Het gebruik van maïs werd in de loop der jaren ontmoedigd en mono-vergisting werd bevorderd. De nadruk op stroomproductie verschoof naar groen gasproductie met invoeding in het gasnet. Schaalvergroting en schaalverkleining vinden nu beide plaats, ondersteund door de SDE subsidie: het aantal kleine monovergisters, waarbij de eigen mestproductie van het bedrijf de basis vormt, groeit snel. Het aantal zeer grote industriële co-vergistingsinstallaties groeit ook.

Naast de productie van methaan krijgen de bijproducten meer aandacht: de benutting van de CO₂ die vrijkomt bij het opwerken van het ruwe biogas en het winnen van mineralen uit digestaat zijn mooie voorbeelden. De reductie van de uitstoot van stikstof uit de mest en het integreren van vergisting in een geavanceerde mestbehandelingsketen is ook een voorbeeld van de verbreding van het thema, we zien het terug op de productielocaties én in het onderzoek.

Vergelijkbaar is de groeiende belangstelling voor een gezonde bodem en de bodembiologie, dit leidt tot meer onderzoek naar de effecten van digestaat op de bodem. Ook de aandacht voor waterstof zien we terug in het onderzoek. Bekende technieken waarmee waterstof en CO₂ gebruikt worden om methaan te produceren worden in vernieuwde vorm ingepast in de gasproductie. Met de ontwikkeling van een circulaire economie en de vermindering van onze grondstoffenafhankelijkheid worden weer nieuwe onderzoek vensters geopend: meer aandacht voor waardevolle vetzuren en voor het terugwinnen van nutriënten.

Voordat aardgas zijn brede toepassing vond in onze energiehuishouding was het stadsgas dominant. Tientallen kolenvergassers produceerden het synthese gas voor verwarming en verlichting. Een terugkeer van de vergassingstechniek, met biomassa als grondstof, zou een grote bijdrage aan de energietransitie kunnen leveren. Voor de ontwikkeling van moderne vergassers is ondersteunend onderzoek nog van groot belang.

Nieuwe trends en beleidsthema's zullen ook in de toekomst de productie en het ondersteunende onderzoek positief of negatief beïnvloeden, zoals: de invoering van een bijmengverplichting; verminderde steun voor biomassa als hernieuwbare grondstof; de toelating van nutriënten uit mest of digestaat als kunstmest; de prijsontwikkeling van CO₂; de vermindering van het mestoverschot en een mogelijk resulterende verlaging van de negatieve waarde; de groei van de circulaire economie en de waarde van "groene moleculen"; de ontwikkeling van de waterstof economie. Allemaal ontwikkelingen die ervoor zullen zorgen dat ook in de toekomst nog voldoende te onderzoeken valt.



Jules van Lier

TU Delft

Hoogleraar Wastewater
Treatment/Environmental Engineering

✉ j.b.vanlier@tudelft.nl

Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen

Gebouw 23
Stevinweg 1
2628 CN Delft

Jules van Lier is hoogleraar Wastewater Treatment/Environmental Engineering bij de faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen van de TU Delft. Hij richt zich op onderzoek naar anaerobe processen bij de zuivering van industrieel afvalwater, verwerking van o.a. slib, en de productie van biogas. Een van de onderzoeksprogramma's betreft de omzetting van methaan in een Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) waarbij 50% van de energie wordt omgezet in elektriciteit en de rest in warmte van 800°C. Het proces is nog in een TRL fase 4 -5, maar deze nieuwe generatie fuel cells kan een belangrijke rol gaan spelen bij de decentrale elektriciteitsproductie.

Nederland heeft een sterke positie op het gebied van anaerobe processen en vergassing. Resultaten van onderzoek worden gebruikt door een actieve industrie die de kennis toepast in producten en processen die wereldwijd vermarkt worden. Van Lier, zelf gepromoveerd bij professor Lettinga in Wageningen, noemt een voorbeeld van een recente succesvolle ontwikkeling gebaseerd op onderzoek: de Ephyra technologie die Royal Haskoning op de markt brengt, waarmee slibomzetting veel sneller gaat en de verblijftijd in de reactor verkort wordt van 22 dagen naar 7-8 dagen.

Een interessante nieuwe ontwikkeling is de reductie van CO₂ (een belangrijk bijproduct van de groen gas productie) met behulp van elektrolyse waarbij de stroom geleverd wordt door PV-installaties. Hiermee kunnen weer koolwaterstoffen "opgebouwd" worden. Het valt echter niet mee om voor dit soort onderzoek financiering te vinden. Een voorbeeld van onderzoek aan een al (bijna) marktrijpe technologie is het verwijderen van ammoniak uit mest of uit afvalwater t.b.v. hergebruik. Hierin wordt samengewerkt met o.a. Lenntech en MEZT. Dit voorkomt de stikstofuitstoot uit de mest en de teruggewonnen ammoniakoplossing kan b.v. worden gebruikt in chemische scrubbers voor de behandeling van vervuilde lucht.



De TU Delft werkt graag samen met bedrijven en staat altijd open voor vragen uit de praktijk.

Simon Hageman

Saxion Hogeschool

Associate lector Bio-energie en warmtesystemen

✉ s.p.w.hageman@saxion.nl

☎ 06 - 2245 7514

Saxion Enschede
M.H. Tromplaan 28
7513 AB Enschede
Postbus 70000
7500 KB Enschede



SAXION
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

Simon Hageman is associate lector Bio-energie en warmtesystemen bij het Lectoraat Sustainable Energy Systems van de Hogeschool Saxion. Saxion is verbonden met de Oost Nederlandse regio en werkt samen met bedrijven en overheden aan de kansen en uitdagingen die zich in de regio voordoen. Als voorbeeld van lopend onderzoek noemt Hageman het aanzuren van mest. Door het verlagen van de pH wordt de productie van methaan in verse mest geremd. Dit voorkomt de methaanemissie vanuit de mestkelder en het vergroot de methaanproductie als de mest in de vergister wordt gebracht. De aanzuring kan met behulp van toegevoegd zuur of met de toevoeging van suikers waardoor de natuurlijke productie van zuur wordt bevorderd. Een combinatie van beide is ook mogelijk. De toediening van het zuur en/of de suiker luistert nauw, de methaanemissie uit verse mest komt snel op gang, de verzuring dient daarom direct na de escretie plaats te vinden. Het goed mengen van grote hoeveelheden mest in de praktijk van het moderne landbouwbedrijf is niet makkelijk. De toediening, het mengen, de hoeveelheden en de mogelijke bij-effecten zijn onderwerp van onderzoek.

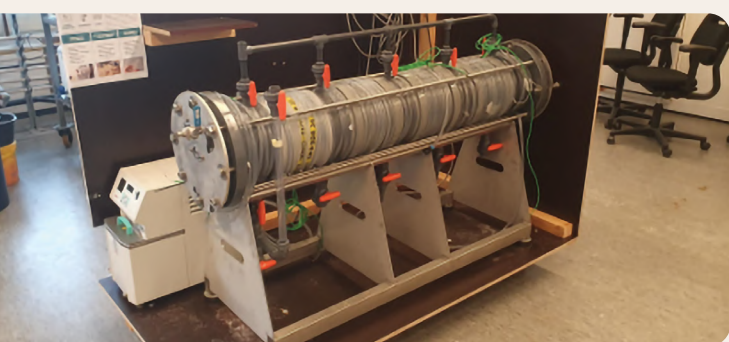
Een ander thema is de vergassing van bv. snoeiafval. Daarbij wordt biochar gevormd, dit kan worden toegepast als bodemverbeteraar – mits er geen verontreinigingen inzitten. Het levert ook een vorm van carbon capture op; de koolstof kan langjarig worden opgeslagen in het bodemcomplex. Dit verlaagt de carbon footprint van het proces aanzienlijk. Om dit te kwantificeren wordt gewerkt met theoretische modellen.



Een wat complexer onderzoek is de decompositie van (bio)methaan door plasmalyse. Daarbij wordt de methaan rechtstreeks omgezet naar waterstof en koolstof, er komt geen kooldioxide bij vrij.

Het merendeel van Hagemans onderzoek betreft de vergisting van biogene reststromen waarbij gekeken wordt naar de hele biogene keten van biomassagroei tot het gebruik van reststromen voor energie. Het gebruik van de bioenergie wordt hierbij gekoppeld aan de mogelijkheden voor de vastlegging van koolstof.

Bij het Hogeschool onderzoek worden studenten ingezet. Zij zoeken maatschappelijk relevante projecten en zij kennen de problemen en de urgentie van de energietransitie, deze thema's zijn daarom gewild bij de studenten. Specifieke onderdelen worden uitgevoerd door de medewerkers. De financiering komt o.a. vanuit EU regelingen, b.v. Interreg, RVO, TKI of via Regieorgaan SIA. Anders dan bij de universiteiten is er bij de hogescholen nauwelijks publicatiedruk, het type onderzoek bij de hogescholen is daarom meer toegepast en in samenwerking met bedrijven.





Joàn Teerling

Hanze Hogeschool Groningen

Lector Duurzame Gassen en Brandstoffen

✉ o.j.teerling@pl.hanze.nl

Hanze

Zernikeplein 7
9747 AS Groningen
050-595 5555
info@org.hanze.nl

Entrance

Zernikelaan 17
9747 AA Groningen
050 - 595 65 00 of 050 – 595 4600
info@entrance.eu

Joàn Teerling is als lector Duurzame Gassen en Brandstoffen werkzaam bij Entrance, een van de Centres of Expertise van de Hanze Hogeschool Groningen. De Hanze, heeft vier kenniscentra en drie centres of expertise (CoE). Een van de CoE's is Entrance, hier staat de energietransitie centraal. Teerling richt zich vooral op hernieuwbare moleculen als energiedrager met thema's als productie, opslag en transport. Waterstof, groen gas, ammoniak en methanol zijn voorbeelden van effectieve energiedragers. Een voorbeeld van het werk bij Entrance is het project Why Care More, dat door een consortium met 8 bedrijven en kennisinstellingen werd uitgevoerd. Het gaat in dit project vooral over de vergisting van moeilijk afbreekbare biomassa zoals bermgras. Er werd een reactor ontworpen die het verteringsproces van de koeienmaag nabootst. Deze Artificial Rumen Reactor (ARR) werkt met de enzymen die de koe gebruikt om gras te verteren. Lignine en cellulose worden in een standaard vergister niet of heel traag afgebroken, maar in de ARR is een snelle afbraak mogelijk. Uit dit proces worden vetzuren gewonnen, deze kunnen vervolgens in een standaard vergister gebruikt worden om de biogas productie te vergroten of als grondstof voor andere biochemische processen.

Een tweede onderzoekslijn in dit project ligt meer op terrein van Joàn Teerling: het combineren van waterstof uit elektrolyse tot andere energiedragers. Dit kan bijvoorbeeld met de CO_2 die vrijkomt bij vergisting, tot CH_4 (methaan). Beide thema's krijgen een vervolg waarbij het vooral gaat over opschaling en verdere optimalisatie. Dit vindt plaats in het REMO-lab (REnewable MOlecules lab) van Entrance, een grote hal waar opgeschaalde testopstellingen gebouwd kunnen worden. Naast de testopstellingen wordt er ook gewerkt met Digital Twinning, hiermee worden digitale modellen gemaakt die de processen in de praktijkopstellingen kunnen simuleren. De combinatie van het onderzoek en digital twinning kan de doorlooptijd van het onderzoek verkorten en het inzicht in de processen vergroten.

Teerling kijkt ook naar elektrolyse van reststromen. Deze kunnen ammoniak (NH_3) bevatten. Dit kan dan vervolgens omgezet worden naar waterstof en stikstof (N_2). De stikstof kan nog door-geoxideerd worden tot nitraat (NO_3) dat een waardevolle meststof is.

Dit soort technieken kan ingepast worden in de al bestaande vergisting installaties bij agrarische bedrijven of bij afvalverwerkers. Er wordt dus geen volledig nieuwe verwerking ontwikkeld, maar een verbetering van de bestaande met aanvullende technieken.

Het onderzoek bij Entrance wordt uitgevoerd door studenten en de eigen medewerkers. Dit maakt dat Entrance snel kan reageren op vragen uit de praktijk.

Janneke Krooneman

Hanze Hogeschool Groningen

Lector Bioconversie en Fermentatietechnologie

✉ j.krooneman@pl.hanze.nl

Hanze	Kenniscentrum Biobased Economy
Zernikeplein 7	Kamer D1.24 Locatie Van DoorenVeste
9747 AS Groningen	Zernikeplein 11, 9747 AS Groningen
050-595 5555	050-595 5555
info@org.hanze.nl	biobasedeconomy@org.hanze.nl



Janneke Krooneman is ook lector bij de Hanze. Zij werkt bij het Kenniscentrum Biobased Economy, haar lectoraat is Bioconversie en Fermentatietechnologie. Het omzetten van hernieuwbare grondstoffen naar vetzuren is een van de thema's van haar team van 12 medewerkers. Collega Joàn Teerling vertelde al over het ReMO lab waar o.a. vergisters staan van 5 m³. Voor het optimaliseren van de processen in de grote ReMo systemen worden eerst testen gedaan in kleinere laboratorium opstellingen. Een voorbeeld is een trickle bed systeem waarmee waterstof en CO₂ gecombineerd worden tot methaan (CH₄). Het ReMO systeem is ca. 150 liter groot, in het laboratorium gaat het om minder dan 1 liter. Met dit systeem kan het biogas uit een vergister een veel hoger methaangehalte bereiken en een lager CO₂ gehalte. Het doel is deze techniek toe te passen bij de al in gebruik zijnde vergisting installaties en in het geïntegreerde systeem direct gas te produceren dat voldoet aan de normen van de Wobbe-index.

Er wordt ook gewerkt aan de omzetting van moeilijk afbreekbare biomassa, bv. stro, snoeiafval, natuur- of bermgras, onder andere met de al genoemde ARR. De nagebootste koeienmaag werkt goed. In een gewone vergister is een verblijftijd van 50 dagen of meer de standaard, met de ARR gaat het om enkele dagen. Maar de omzettingen verlopen na enige tijd trager. De vraag is nu wat de oorzaak kan zijn, missen er voedingsstoffen voor de actieve micro-organismen of worden er remmende stoffen gevormd? Dit wordt nu onderzocht. Het doel is te komen tot toepassing in de praktijk, maar daarvoor moet het systeem robuust en betrouwbaar zijn. Het opschalen van systemen is altijd een uitdaging. Digital twinning kan daarbij helpen, met een digitale kopie van de werkelijkheid kunnen allerlei procesinstellingen virtueel nagebootst worden. Voor chemische processen werkt dat vaak wat beter dan voor biologische processen, het gedrag van de actieve micro-organismen is niet altijd goed te modelleren of te voorspellen.



In de toekomst zouden we graag onze technieken op meerdere feed stocks willen uittesten, dus niet alleen op gras of stro maar ook op allerlei industriële reststromen. En voor het snel opschalen kan A.I. misschien een bijdrage leveren aan verbeterde digital twinning. Samenwerking met bio-informatica en data science kan ons daarbij verder helpen. Contacten met bedrijven of instellingen elders in Nederland of in het buitenland kunnen dat versterken.

- Janneke Krooneman





Niels Deen

TU Eindhoven

Hoogleraar en voorzitter van de onderzoeksgroep Power & Flow van de faculteit Mechanical Engineering

✉ n.g.deen@tue.nl

TU Eindhoven

Faculteit Mechanical Engineering

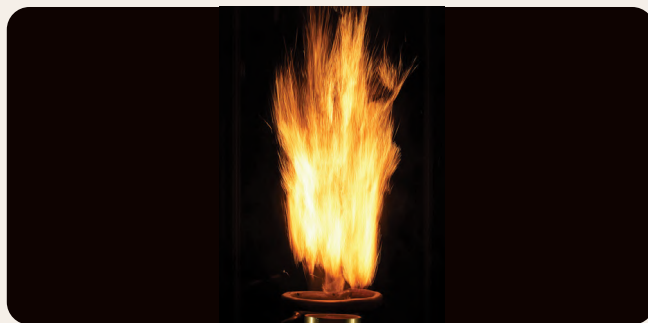
Postbus 513, 5600 MB Eindhoven

Niels Deen is hoogleraar en voorzitter van de onderzoeksgroep Power & Flow van de faculteit Mechanical Engineering van de Technische Universiteit Eindhoven. Zijn expertise is de procestechnologie, multifase reactoren en vloeistofmechanica.

Een voorbeeld van recent onderzoek waar Niels Deen bij betrokken is, is de samenwerking met het bedrijf Power-to-Power uit Vught. Zij willen voor een nog te ontwikkelen nieuwe woonwijk een energie systeem bouwen dat rekening houdt met het overbelaste elektriciteitsnet. Het idee is voldoende zonnepanelen te plaatsen om in de winter de stroomvraag te kunnen dekken. De grotere zomerproductie wordt dan ten dele omgezet, via elektrolyse, naar waterstof. De waterstof wordt vervolgens gecombineerd met CO_2 tot groen gas (CH_4). Dit kan eenvoudig worden opgeslagen in het gasnet en in de winter worden benut voor de verwarming van de huizen. Het onderzoek is gericht op het maken van een systeem analyse waarin de dagelijkse- en de seizoen variaties van vraag en aanbod worden gemodelleerd. Dimensioneringsvragen als: hoe groot moet de electrolyzer worden; hoeveel waterstof is nodig voor de warmtevoorziening via methaan; hoe groot moeten de ondersteunende accu's zijn, moeten beantwoord worden om de schaalbaarheid van het concept te begrijpen. Een andere vraag is: moet zo'n systeem 100% de energievraag dekken of mag het ook 80% zijn waarbij er nog gebruik gemaakt wordt van het gas- en stroomnet voor back up? Een mooie aanvulling zou het gebruik van groene CO_2 zijn, bv uit het opwerken biogas tot groengas.

Een ander groot thema in Eindhoven is het verbranden van ijzerpoeder. In "gewone" omstandigheden reageert ijzer met zuurstof waardoor er roest ontstaat. Dit trage proces kan versneld worden, dan komt er veel warmte vrij. Het principe is al uitgetest bij o.a., de brouwerij van Bavaria met een 100 kW systeem. In een proef met de stadsverwarming van Helmond werden 500 huizen met een ijzerpoeder centrale verwarmd. De betrokken ondernemers willen nu verder opschalen naar grote praktijkprojecten. Het mooie van het proces

is dat het geoxideerde ijzer opgevangen kan worden en gereduceerd kan worden waarbij de zuurstof ontkoppeld wordt van het ijzer, daarna kan het proces weer herhaald worden. In de praktijk blijkt dat ook na 10 cycli de energetische waarde niet vermindert. De regeneratie hoeft niet in de naaste omgeving te gebeuren, het kan ook op plaatsen waar elektriciteit goedkoop is en ruim beschikbaar; het geoxideerde ijzer transporteren en het gereduceerde materiaal als retourvracht weer terugnemen is niet moeilijk of kostbaar.



Om de verbranding op gang te brengen is eenmalig veel warmte nodig, daarvoor wordt gas gebruikt. Door het gebruik van groen gas wordt de CO_2 footprint verder verkleind – de combinatie van de ijzerpoeder verbranding met groen gas is daarom belangrijk.

Het regeneratieproces van het verbrandde ijzerpoeder kan op twee manieren. Een methode is de verwijdering van de zuurstof met behulp van waterstof in een wervelbedreactor. Het nieuw gevormde water in de vorm van stoom kan eenvoudig van het resterende waterstof worden gescheiden. Een andere methode gebruikt een elektrolytisch bad waarin het geoxideerde (verroeste) ijzer wordt gemengd met natronloog. Het schone ijzer slaat dan neer op de elektrode in een haarvormige structuur en de zuurstof komt bij de andere elektrode vrij. Een wens voor de toekomst: de processen, in samenwerking met de bedrijven, verder verbeteren en goedkoper maken zodat opschaling en een grootschalige uitrol mogelijk wordt.

Machiel Mulder

Rijksuniversiteit Groningen

Hoogleraar Energie-economie

✉ machiel.mulder@rug.nl

☎ 06 - 3103 5729

Faculteit Economie en Bedrijfskunde

Duisenberg gebouw

Nettelbosje 2

9747 AE, Groningen



Machiel Mulder is hoogleraar Energie-economie aan de faculteit economie en bedrijfskunde van de Rijks Universiteit Groningen (RUG). Hij richt zich op de economische vraagstukken rond energie en klimaat. Thema's als de ontwikkeling van waterstof; groen gas; CO₂ opslag; de energieketen van productie tot consument, bekijkt hij als econoom en publiceert daarover. Het kunnen beleidsaanbevelingen zijn voor bestuurders of analyses en doorrekeningen van beleidsopties voor overheden en bedrijven.

Op het gebied van groen gas is nu de vraag aan de orde of er een bijmengverplichting moet komen en of dat een effectieve maatregel is om de gewenste groei te bevorderen. De verplichting zal gelden voor de leverancier, vergelijkbaar met het bijmengen van ethanol in benzine. De afnemer heeft daarin geen keus. Groen gas is duurder dan fossiel gas, een vraag is hoe de verplichting uitwerkt in de prijs voor de afnemer. De kosten voor energie zijn nu een groot thema in Europa, nieuwe prijsopdrijvende maatregelen liggen daarom gevoelig. Maar het verminderen van de afhankelijkheid van import is ook een gevoelig thema – de politiek moet daarin keuzes maken en de studies van Mulder kunnen daarbij helpen. Nu wordt de productie van groen gas grotendeels bepaald door de inzet van subsidie (de SDE subsidie). Dit werkt goed, maar ook dit moet betaald worden. Voorheen was daarvoor een aparte heffing, de ODE heffing, maar deze is nu “verstopt” in de energiebelasting. Inmiddels is de energiebelasting (voor gebruik tot 1 miljoen m³ per jaar) hoger dan de marktprijs. Het verminderen van de energiebelasting is een wens van velen – maar de overheid kan de inkomsten eigenlijk niet missen. Ook over deze dilemma's publiceert en adviseert Mulder. Een deelonderwerp is de prijselasticiteit - in welke mate neemt het gebruik af als de prijs stijgt? In de crisis van 2021 leidde de hoge gasprijs tot een snelle afname van het gebruik. De markt is nu weer wat gestabiliseerd, de groothandelsprijs ligt inmiddels rond 34 cent per kubieke meter. Een vraag is of het verbruik weer gaat toenemen en of de overheid daarop moet reageren.

Wat zijn de onderwerpen die in de toekomst meer aandacht behoeven? De rol van de duurzame energiedragers in het toekomstige systeem en wat er gebeurt als fossiel in de ban wordt gedaan - dat zou een zinvolle toekomstverkenning zijn. De rol van groen gas in dat geheel is dan een onderdeel. De huidige Nederlandse ambitie van 3 miljard kubieke meter groen gas per jaar is “slechts” 10% van het huidige gasverbruik. Maar als het totale verbruik verder daalt, dan zal het effect van het groeiende groen gas aandeel de afhankelijkheid van import sterker beïnvloeden. Ook dat vraagt om goed onderzoek en analyses.



Hans Cappon

HZ University of Applied Sciences

Lector bij het lectoraat Watertechnologie

✉ hans.cappon@hz.nl

HZ University of Applied Sciences

Edisonweg 4
4382 NW Vlissingen
evm@hz.nl

Hans Cappon is lector bij het lectoraat Watertechnologie van de Hogeschool Zeeland - HZ University of Applied Sciences.

Cappon benadert de biogasproductie vanuit de watertechnologie. De hoeveelheid biologisch afbreekbare stoffen in water drukken we uit met de term BZV – biochemisch zuurstofverbruik. Daarnaast is er de CZV – het chemisch zuurstofverbruik. Oplossingen met een hoge BZV kunnen veel biogas opleveren, maar de omzetting naar gas is eigenlijk een laagwaardige toepassing, de vorming en vervolgens winnen van vetzuren kan een hogere verwaardiging opleveren, naast de benutting van bijvoorbeeld vezels. Zo werd met de aardappelverwerkingsfabriek van Lamb Weston samengewerkt aan het winnen van vetzuren uit de afvalwatervergister.

HZ werkt in verschillende projecten samen met de industrie in Zeeland en partners in België. De optimalisering van de afvalwaterzuiveringen en de benutting van afvalwater is daarin een belangrijk thema. Het probleem van verzilting en het beschermen van de zoetwatervoorraad krijgt in de kustgebieden veel aandacht. Het lozen en afvoeren naar de zee van afvalwater is in die context ongewenst, de benutting van goed water wordt steeds belangrijker. De biologische zuiveringsmethoden en de winning van bruikbare deelstromen worden steeds geavanceerder, maar verbeteringen zijn altijd mogelijk. Bij het zuiveren wordt slib gevormd, dit kan vervolgens vergist worden en biogas produceren. Waterzuivering en biogas zijn op deze wijze met elkaar verbonden. Het optimaliseren van de verschillende processtappen om de slibkwaliteit én de kwaliteit van effluent te verhogen levert interessante onderzoeksvragen op.

Frieder Mugele

Technische Universiteit Twente

Hoogleraar Physics of Complex Fluids

✉ f.mugele@utwente.nl

Universiteit Twente
Physics of Complex Fluids
Department of Science and Technology
Meander Me 161+31 489 3094



Frieder Mugele is hoogleraar Physics of Complex Fluids aan de faculteit technische natuurwetenschappen van de Technische Universiteit Twente. Een van de thema's waar hij onderzoek aan doet is de opwaardering van ruw biogas naar groen gas. Biogas heeft een hoog CO₂ gehalte (30 tot 40%), om op aardgas kwaliteit te komen moet dit naar ca. 10%. Veelgebruikte technieken zijn membraantechnologie waarbij het gas onder druk door membranen wordt geperst die grote moleculen kunnen tegenhouden en de kleine doorlaten. Een tweede techniek is cryogene scheiding of vergaande afkoeling van het gas en gebruik maken van de verschillende temperaturen waarin gassen overgaan in een vaste stof. Een derde techniek is de PSA – pressure swing adsorption. Hierbij wordt onder hoge druk de CO₂ gebonden aan een adsorberende stof, door het verlagen van de druk laat het materiaal het gas weer los. Het zijn bewezen en veel gebruikte technieken, maar ook energie intensief, onder andere voor de gewenste drukverhoging of voor het vriesproces. Membranen zijn duur en storingsgevoelig en de reagentia voor de PSA zijn ook duur.

Fieder Mugele werkt met klei, een high volume – low cost optie. Kleiplaatjes hebben een negatieve lading en kunnen daardoor positief geladen deeltjes (kationen) binden. Onder de juiste omstandigheden kan CO₂ gebonden worden aan de klei. Het is niet een chemisch proces, er wordt geen nieuwe verbinding gevormd. Adsorptie is een fysisch proces en eenvoudig omkeerbaar. Door het onderzoek is nu bekend hoe het werkt en hoe de klei de beste prestaties kan leveren. Het is een robuuste techniek zonder hoge drukken of dure grondstoffen. Vervolgonderzoek moet leiden tot opschaling en het onder de knie krijgen van het proces in een full scale productie eenheid. Er is contact met marktpartijen die geïnteresseerd zijn in het naar de markt brengen van de methode.

Om biogas op te waarderen moeten ook andere stoffen verwijderd worden; zoals water, zwavel en silicaten. De kleimethode kan ingezet worden als eerste voorbehandelingsstap of voor behandeling van gassen met wat minder strenge specificaties, bijvoorbeeld de voorbehandeling van biogas dat in een WKK wordt gebruikt.

De binding van CO₂ aan kleimineralen kan ook toegepast worden in de zich ontwikkelende markt van CO₂ vastlegging (carbon capture and storage). Het in lege gasvelden opslaan van CO₂ onder hoge druk wordt inmiddels toegepast. Maar binding aan kleimineralen is eenvoudiger en leidt wellicht tot minder publieke onrust.

Oprichting van het Green Molecule Collective

Het doel, de opgave en hoe jij kunt deelnemen.

Introductie

Als je een onderzoek wil laten doen naar groene moleculen, wie bel je dan? Die vraag bleek nog niet zo eenvoudig te beantwoorden, en al helemaal niet als je niet erg thuis bent in het onderwerp. Dat is jammer want er gebeurt best veel. Om daar verandering in te brengen is het Green Molecules Collective opgericht.

Green Molecules Collective (GMC) is een dynamisch netwerk dat innovatie en samenwerking stimuleert op het gebied van hernieuwbare gassen, zoals methaan en syngas. Onze missie is om de energie- en grondstoffentransitie te versnellen door groene moleculen als waardevolle bouwstenen te benutten.

Positionering

Green Molecules Collective (GMC) richt zich op technologieën tussen fundamenteel onderzoek (TRL 1-3) en marktgerichte programma's (TRL 7-9). GMC ontwikkelt innovaties die over 5-10 jaar nodig zijn, met een focus op praktijkgericht en multidisciplinair onderzoek, waarbij hogescholen een cruciale rol spelen.

Naast batterijen zijn hernieuwbare moleculen essentieel voor de energietransitie. Met name als het gaat om langdurige en grootschalige opslag. Deze gassen kunnen als energiedrager én chemische bouwsteen worden ingezet.

Waterstof is een bekend voorbeeld van een hernieuwbaar gas dat gemaakt wordt uit elektriciteit en water. Gebruik hiervan heeft geen CO₂-emissie tot gevolg.

De groep moleculen waar Green Molecules Collective zich op richt zijn korte koolstofhoudende moleculen die gemaakt kunnen worden uit methaan en syngas⁽¹⁾. Belangrijk kenmerk van deze groene moleculen is dat de koolstof uit een hernieuwbare bron komt, namelijk biomassa en/of CO₂ uit de lucht.

Maatschappelijke opgaven

Er is een aantal Maatschappelijke Opgaven waar GMC aan bijdraagt:

- Stikstofcrisis: Verminderen van stikstofuitstoot
- Chemische Sector: Groene feedstock voor de chemiesector
- Netcongestie: Verminderen van de belasting van het elektriciteitsnet
- Agrarische Sector: Verbeteren van het verdienmodel van boeren

GMC draagt bij aan de energietransitie en duurzaamheid door innovatieve oplossingen te ontwikkelen die inspelen op urgente maatschappelijke uitdagingen.

Decentraal Onderzoek

Door decentraal praktijkgericht, multidisciplinair onderzoek te bundelen, worden synergiën gecreëerd en de impact vergroot voor het Nederlandse bedrijfsleven.

Waarom deelnemen aan GMC?

1

Eén loket

GMC biedt een enkel, duidelijk loket voor bedrijven en overheden, waardoor het voor gemakkelijker wordt om toegang te krijgen tot informatie, middelen en ondersteuning over de gehele waardeketen.

2

Samenwerking in Onderzoek en Ontwikkeling

We doen gezamenlijke, multidisciplinaire onderzoeksprojecten die industrie, academische wereld en overheid samenbrengen. Deze samenwerkingsaanpak helpt overheden om innovatieve oplossingen te ontwikkelen die bijdragen aan beleidsdoelen en maatschappelijke uitdagingen over de gehele waardeketen.

3

Markt- en Beleidsinzichten

Door deel te nemen aan GMC krijgen bedrijven en overheid waardevolle inzichten in marktvraag, beleidsontwikkelingen en financieringsmogelijkheden. Deze kennis kan helpen bij het vormgeven van effectief beleid en het identificeren van nieuwe kansen voor duurzame ontwikkeling.

4

Netwerken en Partnerschappen

GMC verbindt overheidsinstanties met een breed scala aan belanghebbenden, waaronder grote bedrijven, onderzoeksinstellingen en andere overheden. Deze connecties kunnen leiden tot strategische partnerschappen, gezamenlijke initiatieven en verhoogde zichtbaarheid in de sector.

5

Ontwikkeling van de Arbeidsmarkt

We zetten ons in voor de ontwikkeling van de arbeidsmarkt door de verbanden met onderwijsinstellingen te versterken en levenslang leren te bevorderen. Dit zorgt ervoor dat overheden kunnen bijdragen aan een gekwalificeerde beroepsbevolking die innovatie en groei kan stimuleren.

⁽¹⁾ Syngas bestaat uit waterstof en koolmonoxide en wordt gemaakt uit biograndstoffen die m.b.v. hoge temperatuur in een vergasser worden omgezet.

Onze Doelen

- **Innovatie en Commercialisatie:** Het opzetten van pilot- en testfaciliteiten, het creëren van spin-out bedrijven en het ontwikkelen van complete waardeketens om nieuwe producten op de markt te brengen.
- **Regelgevende en Investeringsondersteuning:** Het vereenvoudigen van investerings- en regelgevingsprocessen om het voor bedrijven gemakkelijker te maken om te innoveren en te groeien.
- **Duurzaamheid en Klimaatdoelen:** Bijdragen aan klimaatdoelen door het gebruik van hernieuwbare gassen te bevorderen, broeikasgasemissies te verminderen en de circulaire economie te ondersteunen.

Evenementen

New Energy Forum: Tijdens het New Energy Forum op 19 juni 2025 wordt het GMC officieel gelanceerd.

Netwerkevenementen: Daarnaast worden een aantal netwerkevenementen door het jaar heen op diverse locaties in Nederland georganiseerd.

Doe Mee

Deel uitmaken van het GMC betekent dat je in het hart van de energietransitie staat. Of je nu wilt innoveren, samenwerken of gewoon op de hoogte wilt blijven, GMC biedt de middelen en connecties die je nodig hebt om succesvol te zijn.

Hoe kun je je aansluiten of op de hoogte blijven?

Stuur een mail naar loket@greenmoleculescollective.nl.

Meer informatie

 greenmoleculescollective.nl



Emiel Elferink

Hogeschool van Hall Larenstein

Lector Duurzaam Bodembeheer

✉ emiel.elferink@hvhl.nl

☎ 06 - 1497 8471

Van Hall Larenstein

Agora 1
8934 CJ, Leeuwarden
058 - 284 6100
info@hvhl.nl

Larensteinselaan 26a
6882 CT, Velp
026 - 369 5695

Emiel Elferink is lector Duurzaam Bodembeheer bij Hogeschool van Hall Larenstein. De agrarische hogeschool kijkt naar de vergisting van mest als onderdeel van een kringloop, waarbij het behoud- en de inzet van de nutriënten en de koolstof in het digestaat voor een gezonde bodem centraal staan. Het digestaat dat overblijft na de vergisting van dierlijke mest wordt in de landbouw gebruikt als meststof. Volgens de meststoffenwet is digestaat (onder strikte voorwaarden) een dierlijke meststof. In de landbouwpraktijk wordt er veel aandacht besteed aan de vraag wat het gebruik van digestaat betekent voor de bodem. Verbeterd het de bodemstructuur en de bodembioïecologie en hoe worden de nutriënten door de planten benut? En: zijn er ook nadelige effecten? In de vergister worden de makkelijk afbreekbare koolstofverbindingen omgezet naar methaan en CO₂; is het ontbreken van de snel omzetbare koolstof in het digestaat een gemis voor de bodem of maakt het niet veel uit – dit zijn de vragen waar Elferink zich mee bezighoudt.

Een van de samenwerkingspartners is Biosintrum in Oosterwolde waar 100 mesokosmosen staan opgesteld. Dit zijn bodemonsters van 1 m³ die uit 10 verschillende percelen zijn genomen. Deze ongestoorde bodemonsters staan in betonnen bakken waarin sensoren zijn ingebouwd die allerlei parameters kunnen meten. Een van de onderzoeken gaat over wat drijfmest, digestaat, compost doen in of met de bodem. De bodembioïecologie en de ontwikkeling van de biodiversiteit in de bodem krijgen daarbij veel aandacht.

In de EU is er wetgeving in ontwikkeling die het mogelijk maakt dat de nutriënten die gewonnen worden uit dierlijke mest of digestaat, erkend worden als kunstmest. Nu zijn deze stoffen nog "dierlijke mest". De verwachting dat de gescheiden nutriënten erkend zullen worden als kunstmest leidt tot allerlei projecten voor de terugwinning en "verwaardiging" van nutriënten. Van Hall Larenstein is betrokken bij meerdere projecten en doet daarvoor onderzoek naar werking van de nutriënten in de landbouwpraktijk en het gedrag in de bodem. Elferink ziet dat de aandacht voor de bodemkwaliteit groeit. De

traditionele focus op alleen maar de chemische kwaliteit met de gehalten van N, P, K en de micro nutriënten, verschuift naar een veel bredere belangstelling voor het bodemleven en het belang van een biologische actieve bodem. Het gebruik van moderne sensortechnieken en de verwerking van data met behulp van A.I. vindt nu ook zijn weg naar de praktijk. Hij noemt de activiteiten van Jacob van de Borne in Brabant als voorbeeld voor de integratie van data verzameling, GPS systemen en moderne landbouwmachines in een vergaande vorm van precisie landbouw.

Voor de ontwikkeling van de vergisting van mest en organische reststromen is het verantwoord benutten van de nutriënten en het digestaat erg belangrijk. De scepsis rond de inzet van digestaat bevordert de groei van de mestvergisting niet. Meer kennis en ervaring, goede praktijkproeven en voorlichting kunnen de ontwikkeling in de juiste richting versterken. Van Hall Larenstein werkt daar graag aan mee.

Gert Jan Euverink

Rijksuniversiteit Groningen

Hoogleraar Biotechnologie en Toegepaste Microbiologie

✉ g.j.w.euverink@rug.nl

Faculteit Science and Engineering, Engineering
and Technology Institute Groningen
050 - 363 9203



Gert Jan Euverink is hoogleraar Biotechnologie en toegepaste microbiologie aan de faculteit Science and Engineering van de Rijks Universiteit Groningen (RUG). Op dit moment is voor zover hij weet de enige die binnen de faculteit met groen gas bezig is. Eén van de onderzoeken wordt uitgevoerd in het ReMo lab van Entrance, het betreft de productie van methaan met behulp van waterstof en kooldioxide, onder andere in samenwerking met Gasterra. In een inmiddels afgerond onderzoek werd de vergisting van voedselresten onderzocht, nu wordt er gekeken naar de inzet van koffiedik en de vraag welke orde van grootte gasopbrengst is uit de koffiedikproductie van een organisatie als een hogeschool of universiteit. Daarbij kan de toevoeging van waterstof aan de vergister wellicht een rol spelen. Als de waterstof gemaakt kan worden met elektriciteit die niet ingevoerd kan worden, vanwege bijvoorbeeld de netcongestie, dan zou de kostprijs laag zijn en de klimaatwinst groot. Uiteindelijk moeten we van het gas af, maar voorlopig is gas nog nodig. We hebben de infrastructuur en de vraag is groot, daarom is het de komende jaren nog relevant zoveel mogelijk groen gas toe te voegen aan het fossiele aardgas.

Het inbrengen van H_2 in de reactorruimte van de vergister leidt tot een hoger methaangehalte en een lager CO_2 gehalte, het opwerken van het ruwe biogas naar aardgaskwaliteit wordt daardoor makkelijker. Sulfide en vocht moeten nog wel verwijderd worden. Het methanisatieproces is niet anders dan wat in een normale vergister gebeurt, ook daar wordt een deel van het methaan gevormd uit waterstof en kooldioxide. De bacteriën hebben geen last van de toegevoegde waterstof. Ook onder hoge druk werkt het, de drukreactor van het bedrijf Bareau heeft dat wel bewezen. Het probleem is vooral de kostprijs van de waterstofproductie – je hebt veel energie nodig. Andere, betere katalysatoren zijn nodig om de productie goedkoper te maken.



Ondertussen ligt er een enorme opgave, we willen naar 2 miljard kubieke meter (2 BCM) groen gas in 2030, we zitten nu rond de 0,3 miljard kubieke meter. Voor de gewenste groei zijn enorme hoeveelheden biomassa nodig, denk aan berm- en natuurgras en organisch afval, maar ook aan bv. textielresten. ESRIG – Energy and Sustainability Research Institute Groningen van de RUG heeft onderzocht welke substraten beschikbaar zijn en ingezet kunnen worden om de beoogde 2 BCM te halen. Ons afvalwater kan ook een bron zijn. Dit zuiveren we nu met aerobe processen, met grote beluchters brengen we zuurstof in het water waardoor de zuurstofminnende bacteriën hun zuiverende werk kunnen doen. De vrijkomende CO_2 verdwijnt naar de atmosfeer. Dit kost veel energie – als we dat anaeroob doen besparen we de energie voor de beluchters, de CO_2 uitstoot vermindert en in het proces komt veel methaan vrij.

Welk onderzoek zou je in de toekomst nog willen doen?



Er zijn nu grote problemen met PFAS in ons milieu, er is vrijwel geen PFAS vrije grond meer in Nederland. De detectiegrenzen zijn met de moderne apparatuur heel laag geworden, we zien nu dus meer dan 10 jaar geleden. Wat kunnen we doen om de zeer lage concentraties af te breken en welke fysische, chemische of biologische technieken kunnen we daarvoor inzetten? Een andere uitdaging wordt onze schoonwater voorziening, de drinkwaterbedrijven maken zich echt zorgen over de beschikbaarheid van voldoende water.

- Gert Jan Euverink



Wolter Elbersen

Wageningen University and Research

Sr Researcher Biomass and Bioenergy

✉ wolter.elbersen@wur.nl

☎ 031 748 0228

Wageningen University and Research
Biorefinery & Fibre Technology
Bornse Weiland 9
6708 WG Wageningen



Wolter Elbersen is onderzoeker aan Wageningen Universiteit and Research – WUR. Hij werkt vanuit het onderzoeksinstituut Food & Biobased Research. WUR is betrokken bij onderzoek aan o.a. monovergisting, de emissies van stikstof en methaan, de effecten van digestaat op de bodem. Elbersen heeft veel gewerkt aan inventarisatie en analyses van beschikbare biomassa, de ontwikkeling van een biobased economy deelonderwerpen als biobrandstoffen, palmolie, de uitstoot van methaan, etc. Dit laatste, de uitstoot van methaan, is een thema dat Elbersen graag wil benadrukken: de uitstoot die ontstaat door het slordig omgaan met restproducten als mest of wat vrijkomt bij de productie van palmolie is enorm en dat heeft een groot effect op het klimaat. In zijn pleidooien is hij soms wat activistisch, maar hij wil zijn studenten bewust maken van de kansen die we laten liggen en de bedreigingen die we zelf in stand houden.

Het beter benutten van de “groene moleculen” zou veel uitstoot schelen én het gebruik van fossiele alternatieven terugdringen. In de ontwikkeling van een circulaire en biobased economie moeten we effectiever omgaan met het cascaderen – eerst hoogwaardige benutting en pas als laatste de omzetting naar energie. Biomassa omzetten naar energie is niet circulair, het telen van gewassen om er gas van te maken zeker niet, we moeten proberen de moleculen hoogwaardig in te zetten. Zo is biogas maken in een vergister een mooie techniek, maar in het begin van het fermentatieproces worden vetzuren gemaakt – die kunnen we beter benutten dan als grondstof voor methaan. Engbersen waarschuwt ook voor het overmatig terugbrengen van organische massa naar de bodem, in Nederland is er geen koolstof tekort in de bodem en het extra toedienen van organisch materiaal leidt tot een snelle omzetting naar methaan en CO₂, het koolstofgehalte van de bodem neemt nauwelijks toe.

Voor de biobased economy is veel biomassa nodig, maar er is veel beschikbaar stelt Elbersen. Oogstresten, natuurgas, bermgras, maar ook textielresten, industriële reststromen worden nog steeds als probleem ervaren, het label “afval” houdt de status quo in stand. Buiten Nederland is de beschikbaarheid nog groter, in midden en oost europa wordt veel land niet meer bewerkt en dat wat benut wordt heeft lage opbrengsten – daar is nog veel te winnen.

Om de groen gas productie te vergroten is een systeemverandering nodig. Met subsidies en voorschriften kunnen de noodzakelijke stappen voorwaarts bevorderd worden. Naast technologisch onderzoek is er ook sociologisch onderzoek nodig: hoe krijgen we beleidsmakers en politici mee in het juiste proces? Wolter Elbersen wil daarover graag contact met bedrijven en overheden.



Chris Schott

Wetsus

Scientific Project Manager - Agriculture and Circularity

✉ chris.schott@wetsus.nl

☎ 06 - 4259 6381

WETSUS

Oostergoweg 9
8911 MA Leeuwarden
058-284 3000

Chris Schott is wetenschappelijk medewerker bij Wetsus in Leeuwarden. In een van zijn projecten begeleidt hij vier AIO's in samenwerking met Wageningen Universiteit. Het onderzoek richt zich op het combineren van waterstof en CO_2 voor de vorming van CH_4 (methaan). De nadruk ligt op de terugwinning van de nutriënten, met name fosfaat. Door calcium toe te voegen wordt in de reactor calciumfosfaat gevormd. De deeltjes groeien vrij snel aan en zijn als korrels goed te scheiden uit het substraat. Calcium kan ook reageren tot bicarbonaat (HCO_3^-), dit is in dit proces ongewenst. Door de toevoeging van waterstof wordt de CO_2 in de reactor omgezet naar methaan, dit leidt tot een verminderde beschikbaarheid van CO_2 en daardoor vermindert de bicarbonaatvorming. Het proces levert dus meer methaan én winbare fosfaat. Een bij-effect van de calciumtoediening is de binding aan organische moleculen die daardoor als vaste stof wat langer in de reactor blijven. Omdat ze langer beschikbaar zijn voor de micro organismen om omgezet te worden in vetzuren en vervolgens tot methaan, geeft dit nog een extra methaan opbrengst. In het substraat bindt de fosfor zich ook aan de aanwezige magnesium en vormt dan struviet (magnesiumammoniumfosfaat). De struviet deeltjes zijn kleiner dan de calciumfosfaat en zijn moeilijker te "oogsten". Door de toediening van calcium lost de struviet op en wordt de fosfor beter beschikbaar voor de gewenste calciumfosfaat vorming.

In het proces is het belangrijk dat de waterstof en de CO_2 goed met elkaar in contact komen, het inbrengen en mengen luistert daarom nauw. Ook het reactortype is bepalend, de in het onderzoek gebruikte slib bed reactor werkt goed. De schaal is nu 50 liter, dat is voor dit type onderzoek al vrij groot. In een EU Interreg project wordt opgeschaald naar 5 m^3 . Vervolgens moet het naar 300 m^3 . Hierin wordt samengewerkt met het Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffen - 3N in Werlte en de Hochschule Osnabrück. De collega's in Osnabrück kijken vooral naar de fysische aspecten zoals de dikte en de viscositeit van het mengsel en de optimalisering van de reactor, bij Wetsus ligt de nadruk op de biologie. Beide instellingen zetten AIO's in om het onderzoek uit te voeren, deze promoveren bij de WUR.

Het resultaat van het geheel is niet alleen de winning van fosfaat maar ook een hogere gasopbrengst en een lager CO_2 gehalte in het biogas. Het resterende digestaat bevat minder fosfaat. Het gebruik van digestaat in de landbouw wordt o.a. beperkt door het hoge fosfaatgehalte, een lager gehalte biedt ruimte om meer digestaat aan de bodem toe te dienen zonder milieu schade.

Voor de optimalisering van de fosfaatwinning wordt ook gekeken naar de mestfractie. In de dunne fractie is het gehalte wat hoger, maar de gasopbrengst is lager. Maar dit verschilt sterk per bedrijf: het staltype, het voeren van het vee en het seizoen beïnvloeden de mestkwaliteit. De invloed van het management op het bedrijf en het gehanteerde voerregime en hoe in de stal met de mest worden omgegaan worden ook onderzocht.

In een ander onderzoek wordt het te vergisten substraat door holle vezel membranen geperst. Het substraat vormt dan een zeer dunne biofilm die langzaam door de buisjes beweegt. De combinatie van tijd en een groot oppervlak vergemakkelijkt de interactie met waterstof, de opbrengst van methaan is daardoor hoog.

Wetsus doet dus niet alleen onderzoek aan water. Het winnen van nutriënten, de processen in de bodem en de praktijk van het agrarische bedrijf worden ook betrokken in het onderzoek.

Mark van Loosdrecht

TU Delft

Hoogleraar Milieubiotechnologie en Waterzuivering

✉ m.c.m.vanloosdrecht@tudelft.nl

Technische natuurwetenschappen – biotechnologie

Gebouw 58

Van der Maasweg 9

2629 HZ, Delft

015 27 89806



Mark van Loosdrecht is hoogleraar milieubiotechnologie en waterzuivering aan de Technische Universiteit Delft. Een van zijn onderzoeken gaat over het vergistingsproces waarbij een hoge pH wordt aangehouden. Het standaardvergistingsproces doorloopt vier stappen: de hydrolyse waarbij grote moleculen worden afgebroken tot kleinere moleculen; de acidogenese waarbij vetzuren, alcohol en waterstof geproduceerd worden; de acetogenese waarbij acetaat wordt gevormd; de methanogenese waarin methaanproducerende micro organismen methaan produceren. Het totale proces is afhankelijk van de traagste stap, vaak is dat de hydrolyse. Om deze stap te versnellen kan het substraat voorbereid worden, een van de methoden is het substraat in een sterk basische omgeving te brengen. Dit bevordert weliswaar de eerste afbraakstap, maar de hoge pH remt de volgende stappen in het proces dat het beste werkt bij een pH van 7.

In dit onderzoek is echter gebruik gemaakt van micro organismen die van nature aanwezig zijn in “soda meren”. Deze bacterie stammen worden al gebruikt in processen die ontwikkeld werden door Paques uit Balk, in samenwerking met Shell. Deze samenwerking is ondergebracht in het bedrijf Paqell dat zich vooral richt op ontzwaveling van aardgas. De combinatie van hydrolyse in een basische omgeving en de inzet van de organismen uit de soda meren blijkt te leiden tot een snelle vergisting en een hoge concentratie van methaan in het biogas (< 1 %). De nabehandeling van het biogas om op de gewenste aardgas kwaliteit te komen wordt daardoor vereenvoudigd. In het vergistingsproces wordt ammonium gevormd dat remmend werkt op de methaanproductie. In de testen met de hoge pH bleek echter dat de alkalifiele methanogene bacterien meer bestand zijn tegen ammonia.

Daarnaast is het makkelijker om ammonium te “strippen” en daarmee terug te winnen. Deze testen zijn een proof of principle, een volgende stap is de opschaling en het onderzoeken van het proces dat dan plaatsvindt op een grotere schaal. De combinatie van een effectieve voorbehandeling van het substraat, een hoger methaangehalte met een in-situ upgrading van het biogas, potentieel om ook stikstof terug te winnen en een stabiele populatie van micro organismen die bestand zijn tegen de hoge pH zijn een interessante basis voor vervolgonderzoek.





Berend Vreugdenhil

TNO

Senior Scientist, Sustainable Fuels and Chemicals

✉ berend.vreugdenhil@tno.nl

TNO

Westerduinweg 3

1755 LE Petten

Berend Vreugdenhil is senior onderzoeker bij TNO in Petten. Hij is het aanspreekpunt op het gebied van vergassing van reststromen en het bewerken van het gas voor de synthese naar groen gas of methanol. TNO ontwikkelde een hoge temperatuur vergasser op labschaal waarmee 5 kg biomassa per uur kan worden omgezet naar een gasproductie van 7,5 m³ gas per uur. Alle processtappen, vanaf het voorbehandelen van de feed stock tot aan de gasreiniging en de verwerking van de teren die ontstaan, kunnen daarmee onderzocht worden om tot verbetering en kosten efficiënte oplossingen te komen. Het systeem is nu opgeschaald naar 160 kg, daarmee wordt een vermogen gehaald van 1 MW. De volgende stap is opschaling naar 6,5 ton per uur en een vermogen van ca. 30 MW. TNO kan grote demonstrators bouwen, maar voor de schaal van 30 MW moeten bedrijven de kar trekken die de investering kunnen doen en ook in staat zijn de dagelijkse operations te verzorgen. Er zijn bedrijven die hiermee bezig zijn, bijvoorbeeld Bio Energy Netherlands dat in Amsterdam een installatie heeft met twee vergassingsreactoren waarin syngas wordt geproduceerd waaruit groene waterstof en groene CO₂ gewonnen kan worden. In Alkmaar werkt SCW aan superkritische vergassingstechnieken.

Het TNO systeem produceert groen gas dat voldoet aan de aardgas specificaties. Maar de route kan ook verlegd worden naar methanol, vliegtuigbrandstof of duurzame voeding van onze chemische industrie.

De opschaling naar een systeem van ca. 30 MW is noodzakelijk voor een goede business case. Op kleinere schaal werkt het systeem ook, maar is het bedrijfseconomisch gezien niet rond te rekenen – 30 MW is voor een gezonde exploitatie ongeveer de ondergrens. Vanuit de overheid wordt de noodzakelijke opschaling bevordert met o.a. de SDE regeling, maar dat heeft nog niet het gewenste effect gehad. De DEI regeling (Demonstratie Energie- en Klimaatinnovatie) biedt een investeringsondersteuning van €30 miljoen, waarmee de initiële investering en de CAPEX verlaagd kunnen worden. Er zijn nu consortia van bedrijven die aanvragen voorbereiden.

In de Verenigde Staten neemt men makkelijker risico's met dit soort investeringen. Dat leidt ook tot mislukkingen, maar daar wordt veel van geleerd. In Europa zijn we wellicht te voorzichtig, waardoor het voor veel technologieën moeilijk is om de laatste stap naar een commerciële toepassing en daadwerkelijke impact te maken.



Vergassing van biomassa is energetisch aantrekkelijker dan verbranding, de efficiëntie is hoger en het levert de moleculen op die we nodig hebben in de transitie. Teervorming is een probleem, in het TNO systeem worden de teren met een oliewas systeem uitgewassen en vervolgens meegenomen in het proces, de energie wordt daarmee benut. In andere systemen worden de teren gekraakt, dat werkt ook, maar het kost energie waarmee de energie output verlaagd wordt.

TNO gaat ervan uit dat er voldoende feed stock beschikbaar is, een stabiele vraag zal ook een stabiele aanvoermarkt tot stand brengen. De inzet van biomassa voor de energie transitie is belangrijk, 40% van de hernieuwbare energie in Nederland is nu afkomstig van biomassa, maar het roept ook weerstand op. Naast de ontwikkeling van verbeterde conversietechnieken zal ook het behoud van het draagvlak aandacht vragen.

Op de TNO website staat een mooie uitnodiging: Als je wilt samenwerken om uit afvalstromen waarde te creëren, door productie van brandstoffen en/of chemicaliën, neem dan contact op.

Inge Maartje Pieneman

Aeres Hogeschool

Docent / Onderzoeker lectoraat Grasland & Beweiding

✉ i.pieneman@aeres.nl

Aeres Hogeschool Dronten

De Drieslag 4
8251 JZ Dronten

Voor NCM, zie: www.mestverwaarding.nl



Inge Maartje Pieneman is docent en onderzoeker bij het lectoraat Grasland en Beweiding van Aeres Hogeschool in Dronten. De hogeschool werkt samen met bedrijven en andere instellingen in diverse projecten gerelateerd aan de landbouw. Een voorbeeld is het programma ELEMENT - Emissiearme Landbouw en Mestverwaarding in een gebiedsgerichte context, waarin samengewerkt wordt met Saxion en Van Hall Larenstein en een groeiend netwerk van bedrijven en andere instellingen. In het programma wordt aandacht besteed aan het grote maatschappelijke thema van de stikstofemissies en de ontwikkeling van een toekomstbestendige landbouw. Er wordt daarnaar gekeken vanuit een gebiedsgerichte oriëntatie en vanuit het boeren erf, de technologische aspecten vormen de derde poot onder het programma. Binnen ELEMENT richt Aeres zich ook op de ontwikkeling van verdienmodellen. En er wordt gekeken naar de vorming van clusters in verschillende gemeenten – bijvoorbeeld in samenwerking met de provincies Drenthe en Overijssel – waarbij beleid, economie en klimaatdoelstellingen met elkaar worden verbonden.

De vergisting van mest en de productie van biogas en vervolgens groen gas kan een onderdeel zijn van het gebruik van mest, met het proces geïntegreerd voorkomen van emissies en het benutten van de nutriënten. De productie van biogas kan nog verbeterd worden, misschien met andere reactoren, andere organismen, verbeterde voorbehandeling, combinaties met H_2 , etc.

Rond het gebruik van digestaat zijn veel vragen: wat doet het met de bodem en het bodemleven, hoe mobiel zijn de nutriënten, hoe snel wordt de organische stof afgebroken. Dit soort vragen zal ELEMENT aandacht geven. Praktijkgericht onderzoek, zoals dat bijvoorbeeld op de Marke, de proefboerderij in Hengelo (Gelderland) van Wageningen University & Research, wordt uitgevoerd, kan meehelpen deze vragen te beantwoorden. Het delen van kennis is belangrijk, daarin wordt samengewerkt met het NCM (Nederlands Centrum voor Mestverwaarding). Conferenties zoals het jaarlijkse Manuresource spelen daarin ook een belangrijke rol.

De betrokken hogescholen, Aeres, Hogeschool Van Hall Larenstein, HVHL en Saxion, werken samen aan een minor, zo krijgt de samenwerking ook vorm in het onderwijs.





Saleh Mohammadi

Avans Hogeschool

Senior Scientist, Sustainable Fuels and Chemicals

✉ s.mohammadi6@avans.nl

☎ 088 - 525 7744

Avans hogeschool

Postbus 90.116

4800 RA Breda

MNEXT

Lovensdijkstraat 63

4818 AJ Breda

088 525 8174

Saleh Mohammadi is lector aan Avans Hogeschool bij het lectoraat Hernieuwbare Energiedragers. Waterstof in de industrie is een belangrijk thema bij Avans. De hogeschool sluit daarmee aan bij de thema's van het groeifondsproject Groenvermogen dat werkt aan een nationaal innovatie-ecosysteem voor waterstofproductie en -toepassingen.

Saleh kijkt onder andere naar het gebruik van waterstof bij de productie van syngas en bij de omzetting van syngas naar methanol. Methanol kan gebruikt worden als energiedrager, maar is ook een belangrijke grondstof voor de chemische industrie. In de zoektocht naar groene moleculen is methanol daarom een belangrijk doel. Ook de inzet van waterstof bij de productie van staal is onderwerp van onderzoek bij Avans. Samen met o.a. Tata steel wordt gezocht naar de mogelijkheden van "groen" staal.

Avans heeft samen met de hogeschool Zeeland (HS) uitstekende onderzoeksfaciliteiten in het onderzoekslab MNEXT in Breda. Bijvoorbeeld nieuwe varianten op het "oude" Sabatier proces, waarbij CO_2 en H_2 methaan vormen kunnen hier in de toekomst onderzocht worden. Een "bruggetje" met groen gas vormt onderzoek met waterschappen rond het gebruik van waterstof in de waterzuivering. Bij veel zuiveringen wordt zuiveringsslib vergist, daarbij komt naast methaan ook veel CO_2 vrij. Door waterstof in de reactor toe te voegen reageert een deel van de koolstof uit CO_2 met de waterstof tot methaan. De methaanproductie wordt zo verhoogd, daarbij komt zuurstof vrij. Dit kan benut worden in de aerobe waterzuivering waar met grote hoeveelheden lucht, zuurstof in het water wordt gepompt. Door zuivere zuurstof te gebruiken kan het volume aan lucht verminderd worden. En dit vermindert het energiegebruik van de beluchtingspompen.

Avans werkt in de projecten samen hogescholen en universiteiten in consortia aan grote projecten projecten als Hypro of HyUSE. Het gefinancierd krijgen van de projecten is altijd een uitdaging, maar de ervaring van Saleh is dat een goed voorstel bijna altijd wel uitgevoerd kan worden. RVO, SIA en EU programma's bieden een ruim aanbod van financiering.

