

GRÜNE KASKADE GROENE



12 OKTOBER 2018 • NIEUWSBRIEF 5 • NEDERLANDS

De vijfde Nieuwsbrief

Deze nieuwsbrief gaat over een van de technieken die in het project worden onderzocht: Hydrothermale Carbonisatie.

Dimitri Georganas van Biodys b.v. uit Noordhorn in Groningen beschrijft de samenwerking tussen de Duitse en Nederlandse partners, dit is een goede illustratie van wat Groene Kaskade beoogt.

Met vriendelijke groet,

Meis van der Heide

Project manager GROENE KASKADE

In deze nieuwsbrief

- Uitleg over het HTC onderzoek in deelproject "Poreuze Kolen"
- Animaties van enkele deelprojecten

Groene Kaskade

Het Interreg project **Groene Kaskade** wil de kansen benutten voor het verder uitbouwen van de bio-economie in de Duits-Nederlandse grensregio door het beter gebruiken en verwaarden van alle input- en output-stromen die onderdeel uitmaken van de biogasketen.

Rond dit onderwerp werkt een consortium van ruim 20 partners samen aan elf innovatieve deelprojecten, gericht op het verbeteren van de waardeketen met een specifieke focus op een economische waardevollere benutting van de input- en outputstromen die onderdeel uitmaken van de biogasketen.



Hydrothermale Carbonisatie en Machine Learning

Inleiding

In het Groene Kaskade project "Poreuze Kolen" onderzoeken we met een aantal partners de mogelijkheden om reststromen biomassa via hydrothermale carbonisatie (HTC) om te zetten in hoogwaardige koolstof die als filtermateriaal of ionenwisselaar gebruikt kan worden.

We kijken daarnaast welke kostbare 'tussenproducten' bij deze reactie vrijkomen door de depolymerisatie van in de biomassa aanwezige cellulose.

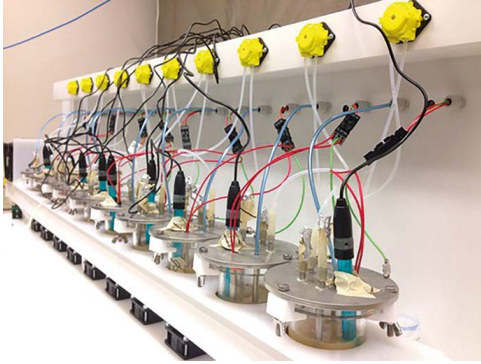
De projectpartners hebben diverse interessegebieden en onderzoeken samen met de **Carl von Ossietzky Universiteit Oldenburg** de volgende gebieden: Het Duitse **Emission Partner** kijkt naar het gebruik van HTC-kolen als medium voor detectie en zuivering van uitlaatgassen en **IMEnz** Bioengineering uit Groningen is geïnteresseerd in de bij de reactie geproduceerde glucose als voedingsstof voor micro-organismen bij fermentaties.

Biodys is geïnteresseerd in de productie van poreuze koolstof als duurzaam alternatief voor synthetische harsen (z.g. ion exchange resins) die o.a. worden gebruikt als katalysator in diverse chemische processen en als ionenwisselaar bij de zuivering van biobrandstoffen, de productie van voedingsmiddelen of de productie van gedemineraliseerd water.

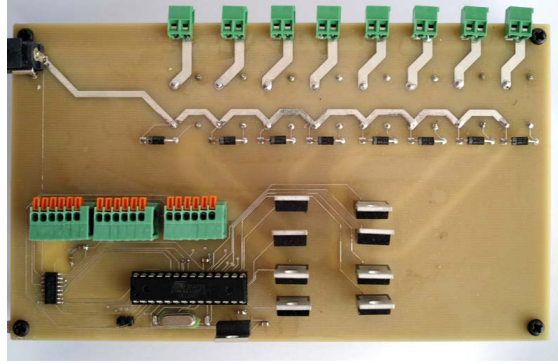
HTC is inzetbaar voor vrijwel alle soorten organische reststromen zoals digestaat uit biogasinstallaties, gemaaid gras afkomstig van bermen en natuurgebied en varkensmest of afval uit de land- en tuinbouw. Deze reststromen kunnen zonder noemenswaardige voorbereiding direct als grondstof in een HTC-reactie worden verwerkt. De biomassa hoeft niet gedroogd, gescheiden of op een andere wijze te worden voorbereid. Een aantal (milieu)voordelen van HTC zijn: Reductie van afvalstromen, fixatie van koolstof en de conversie van afvalstromen in economisch belangrijke tussen- of eindproducten.

De HTC-reactie verloopt in hoofdlijnen als volgt: De biomassa wordt in een soort hogedrukpan met water aan een hoge druk en temperatuur blootgesteld en omgezet in een aantal vaste, gasvormige en vloeibare producten. Afhankelijk van de samenstelling van de biomassa en de diverse reactieparameters kunnen zo uit afvalstromen kostbare stoffen worden gewonnen.

Het in de reactie gebruikte water kan nadat de in water opgeloste stoffen zijn verwijderd opnieuw gebruikt worden voor een volgende reactie. Een aantal (milieu)voordelen van HTC zijn: Reductie van afvalstromen, fixatie van koolstof en de conversie van afvalstromen in economisch belangrijke tussen- of eindproducten.



Figuur 1



Figuur 2



Figuur 4

5- HMF

Een belangrijke stof die met HTC kan worden geproduceerd is 5-HMF (5-hydroxymethylfurfural), een stof die in uiteenlopende chemische processen wordt gebruikt en doorgaans geproduceerd wordt uit glucose en fructose. Van 5-HMF kan o.a. 2,3-DMF (dimethylfuran) worden geproduceerd, een brandstof die een hogere calorische waarde heeft dan bio-ethanol en als alternatieve, duurzame brandstof voor reguliere benzinemotoren kan dienen. In de komende fase van dit project willen we onderzoeken op welke wijze 5-HMF het meest efficiënt door depolymerisatie van cellulose in een HTC-reactie kan worden geproduceerd.

In de HTC-reactie kunnen - afhankelijk van de verwerkte biomassa - ook ongewenste stoffen ontstaan. In 2011 ontdekten we in gecarboniseerde varkensmest de restanten van antibiotica en antibiotica-boosters. Bovendien kunnen afhankelijk van de grondstof door de reactie bepaalde schadelijke verbindingen ontstaan. De eerste categorie ongewenste stoffen kan geweerd worden door selectie of blending van de grondstof, de tweede categorie kan soms niet vermeden worden en dient na de oogst van de gewenste producten op het optimale oogstmoment verder gekraakt worden tot een onschadelijke stof.

Complexe Reactie

Biodys doet voor de eerste keer mee aan Groene Kaskade, maar heeft al eerder ervaring opgedaan met HTC, een complexe reactie met veel variabelen en moeilijk te onderzoeken eindresultaten.

In 2011 beschikten we over een kleine reactor en waren we afhankelijk van een commercieel onderzoekslaboratorium voor de analyses van de geproduceerde stoffen. In het huidige project hebben we dankzij de samenwerking met de Universiteit van Oldenburg toegang tot geavanceerde analyseapparatuur, ervaring en kennis. Terwijl we elkaar in het eerste jaar van het project alleen formeel en op meetings spraken - het voor Biodys relevante deel kwam pas in de laatste fase - corresponderen we nu meerdere malen per week.

Medio vorig jaar is in het projectteam het idee ontstaan om een experiment te ontwikkelen met een groot aantal parallel geschakelde HTC- reactoren om een grotere hoeveelheid onderzoeksdatum in kortere tijd te genereren zodat we een goed beeld zouden krijgen van deze complexe reactie. De vrees bestond dat we met een beperkt aantal tests - het aantal beschikbare reactoren in het projectteam was beperkt - er onvoldoende gegevens zouden zijn om een goed inzicht in de reactie te krijgen. Biodys gebruikte de ervaring uit een eerder project voor de bouw van een eenvoudige multifermentor (figuur 1) als basis om een meervoudige HTC controller (figuur 2) te bouwen voor een opstelling van acht parallel aan te sturen HTC reactoren.

De nieuw ontwikkelde controller genereert per experiment acht random recepten met variabele waarden voor temperatuur, reactietijd, hoeveelheid additief, cellulose/ lignine ratio en andere voor de reactie relevante of minder relevante parameters en zorgt voor de verwarming en temperatuurbewaking van de afzonderlijke reactoren.

Het eindresultaat van de reactie wordt getest op porositeit, glucose gehalte, 5-HMF gehalte en in een later stadium de ionische uitwisselingscapaciteit. Met deze data hopen we een beter inzicht krijgen in de dynamiek van deze complexe reactie om zo de meest economisch rendabele processen te ontwikkelen.

HTC controller

Het hart van de in eigen huis ontwikkelde HTC controller bestaat uit een centrale processor, een analoge multiplexer voor temperaturopname, een spanningsregelaar, weerstanden en condensatoren, acht transistors, diodes en relais. Het gebruik is eenvoudig. De operator logt in op de controller, voert een aantal commando's in en start zo het experiment. De controller voert vervolgens acht onafhankelijke random HTC-reacties uit en registreert temperatuur, tijd en de aan de reactie toegevoegde energie. De acht reactoren bestaan uit teflon containers in een RVS drukcapsule geplaatst in een met aerogel geïsoleerde cilinder (figuur 4).

De verwarming vindt door middel van een eenvoudig weerstandselement plaats en de temperatuur wordt gemeten door middel van een thermistor.

Op basis van de bijgehouden temperatuur en tijd kunnen snelheid van opwarming en afkoeling en de totaal toegevoegde energie worden afgeleid en als onderdeel van de hypothese worden meegenomen. Zo wordt indirect rekening gehouden met biomassa-specifieke parameters zoals de gemiddelde soortelijke warmte die wordt bepaald door de samenstelling van de biomassa: De hoeveelheid cellulose, lignine, water en andere componenten.

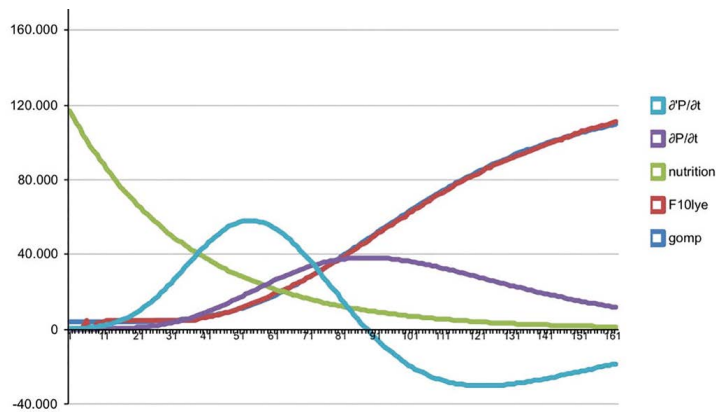
In de HTC experimenten wordt naast temperatuur en reactietijd ook bijgehouden hoeveel energie de reactie kost in een zo goed mogelijk geïsoleerde omgeving. De wanden van de cilinders waarin de HTC reactoren worden geplaatst zijn voorzien van een aerogel super isolator, zodat effecten van lokale afkoeling en temperatuurgradiënten in de reactor worden geminimaliseerd.

De bedoeling is om in het laatste deel van 2018 in acht experimenten van acht reacties een totaal van 64 HTC reacties met verschillende invoerparameters de uitvoerparameters (5-HMF gehalte, porositeit, glucosegehalte etc.) te verzamelen en op basis daarvan een hypothese te ontwikkelen met algemene toepasbaarheid.

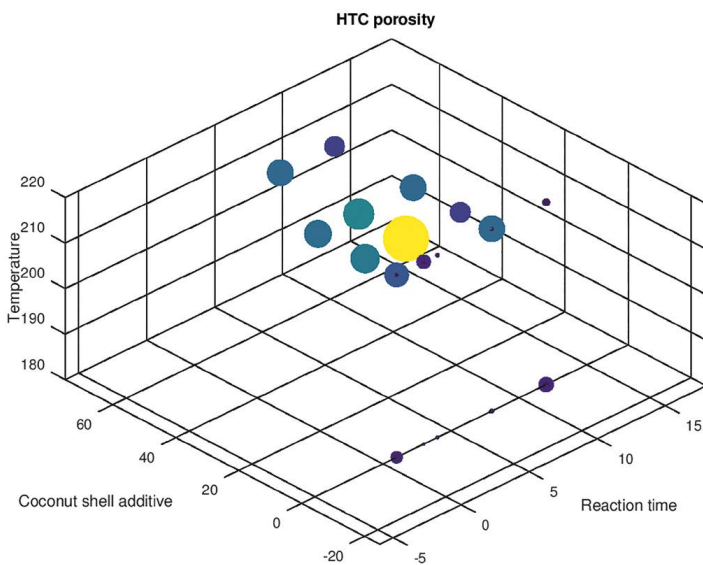
Machine Learning

In het multifermator project van 2017 ontwikkelde Biodys naast de apparatuur en de controller van de multifermator een softwareprogramma om groei, groeisnelheid, acceleratie en nutriëntengehalte tijdens een fermentatie te kunnen voorspellen. Een deel van die kennis en ervaring uit dat project wordt nu ingezet om in het huidige project een hypothese te ontwikkelen om een beter inzicht te krijgen in de invloed die een groot aantal variabelen en de combinatie daarvan in meer of mindere mate hebben op de productie van gewenste (en minder gewenste) tussen- en eindproducten.

Een tweedimensionale groeicurve of een daaruit afgeleide hypothese voor een fermentatie (figuur 3) is veel eenvoudiger dan een multivariabele hypothese van een HTC reactie (figuur 3a).



Figuur 3

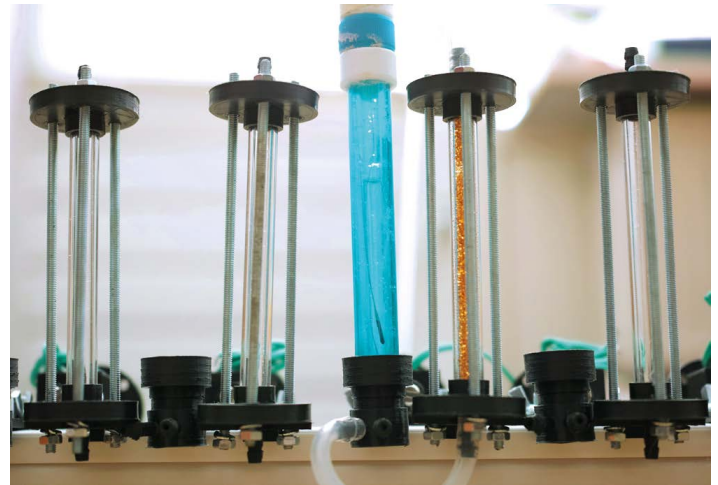


Figuur 3A

Groei en verval in een gecontroleerde fermentatieomgeving laten zich goed modelleren met exponentiële functies en met de inzet van geavanceerde en gratis beschikbare *software libraries* kan men tot uitstekende resultaten komen. Bij HTC kennen we de hypothese nog niet en moet de computer aan de slag om uit een groot aantal hypothesen de meest geschikte te kiezen zodat een zo goed mogelijke balans tussen foutmarge, bias en variatie wordt bewerkstelligd. Een hypothese die er flink naast zit is net zo onbruikbaar als een hypothese die alleen de reeds gedane experimenten voorspelt. M.a.w.: De hypothese moet in staat zijn om van een combinatie van nog niet experimenteel onderzochte reactieparameters binnen een acceptabele foutmarge te voorspellen welke outputparameters te verwachten zijn.

Ionische uitwisselingscapaciteit

Om de ionische uitwisselingscapaciteit van de kolen te kunnen meten heeft Biodys een tweede experiment ontwikkeld dat in het eerste kwartaal van 2019 gepland staat. De opstelling bestaat uit acht miniatuur 'packed bed' kolommen waar de in de HTC geproduceerde kolen kunnen worden geladen (figuur 5).



Figuur 5

Net als industriële harsen worden de kolen dan eerst geactiveerd met een zuur of een base, waarna met in eigen huis ontwikkelde miniatuurpompjes een licht zure of basische vloeistof door de packed bed reactoren wordt geleid. De pH van de vloeistof die de acht packed bed kolommen verlaat wordt vergeleken met de oorspronkelijke pH en het tempo waarin de pH verandert en uiteindelijk stagneert is indicatief voor de ionische uitwisselingscapaciteit van de kolen.

Brede inzetbaarheid

De huidige configuratie van controller en randapparatuur is nu geschikt voor HTC experimenten. Ze kan echter worden aangepast om ook in andere experimenten meervoudige reactieparameters te analyseren en voor een specifiek eindproduct te optimaliseren. Denk aan pyrolyse of torrefactie, maar ook aan complexe fermentaties of vergistingen. Het optimaal afstemmen van reactieparameters is zeker bij laagwaardige valorisatie van reststromen van belang, bijvoorbeeld bij alternatieve energietoepassingen waar de z.g. EROI (energy return on investment) een belangrijke rol speelt. Duurzame energiebronnen hebben vaak een lagere EROI dan de op klassieke wijze gewonnen fossiele brandstoffen (waarin de kosten van duurzaamheid niet zitten verdisconteerd) en het optimaliseren van bekende en verborgen reactieparameters kan bijdragen tot een zelfstandige economische levensvatbaarheid van het proces.

Uiteindelijk doel en gewenst resultaat

Met de ingezette methodiek hopen we aan het eind van dit project een beter inzicht te hebben in de dynamiek van HTC-reacties en in een aantal hypothesen te kunnen vaststellen welke reactieparameters, grondstoffen en additieven de economisch meest interessante deelproducten opleveren en welke reactieparameters van belang zijn om bij opschaling van dergelijke technologie aan de eisen van veranderende wetgeving en marktomstandigheden te kunnen blijven voldoen.

Een "HTC fabriek" moet in staat zijn om een groot aantal reststromen te kunnen verwerken en daaruit kostbare producten te halen. Aan de invoerkant net zo flexibel als een vuilverbrandingsoven, aan de uitvoerkant net zo efficiënt als een geavanceerd chemisch bedrijf dat afhankelijk van de markt flexibel kan variëren tussen de productie van een divers palet aan kostbare grondstoffen en daarbij ook nog een bijdrage kan leveren aan CO2 reductie door de fixatie van de bij de HTC reactie geproduceerde koolstof, koolstof die bij veel andere verwerkingsprocessen van biomassa uiteindelijk als CO2 in de atmosfeer zou belanden. Als de resultaten van dit project goed uitpakken, wil Biodys in 2020 een reactor van 1000 liter (figuur 6) in gebruik nemen om de HTC experimenten op te schalen.



Figuur 6

Dimitri Georganas van Biodys b.v



Groene Kaskade Contactgegevens



De projectleider:

dhr. Dr. Meis van der Heide.

Mail:

M.vander.Heide@provinciegroningen.nl



De tweetalige Website:

www.gr-kaskade.eu



De nieuwsbrief redactie:

info@gr-kaskade.eu



Twitter: @groene_kaskade



Het project **Groene Kaskade** wordt mogelijk gemaakt door het EU programma: Interreg Deutschland Nederland, en het ministerie van Economische Zaken; de provincies Fryslân, Groningen, Drenthe en Overijssel en de Duitse deelstaten Niedersachsen en Nordrhein-Westfalen



Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen



Niedersächsisches Ministerium für Bundes- und Europaangelegenheiten und Regionale Entwicklung

provinsje fryslân
provincie fryslân



provincie
groningen

provincie Drenthe

provincie Overijssel