



DE PRODUCTIE VAN GROEN GAS UIT DIGESTAAT, MEST EN RIOOLSLIB MET BEHULP VAN SUPERKRITISCH WATER

De partners van het project SCARLET-PLUS hebben vier jaar samengewerkt om een efficiënte en duurzame installatie te bouwen die natte biomassa stromen kan verwerken tot brandbaar gas, schoon proces- water en bruikbare mineralen

EINDRAPPORT SCARLET-PLUS

De productie van groen gas uit digestaat, mest en rioolslib met behulp
van superkritisch water

SAMENVATTING

Doelstellingen

Het doel van het project SCARLET+ is om natte biomassastromen te verwerken met Superkritisch Water (SCW) met een capaciteit van 200 liter per uur. De producten bestaan uit synthetisch gas, proceswater en fosfaatrijke mineralen.

Doelstellingen:

1. Het voorbereiden van ingaande biomassastromen, met name rioolslib, mest en digestaat.
2. Het ontwikkelen en testen van de hogedruk pomp tot een druk van 300 bar.
3. Het ontwikkelen en meten van het omzettingsproces door middel van superkritisch water bij 300 bar en 600°C met een capaciteit van 200 liter per uur om een waterstofrijk gas te produceren.
4. Een technisch economische analyse van het proces.
5. Het ontwerpen van een grotere installatie met een capaciteit van 1000 liter biomassa per uur.

Uitgangspunten

Het superkritisch vergassen van rioolslib, mest en digestaat is een methode om brandbare gassen te produceren uit natte biomassa.

De manier waarop rioolslib nu wordt verwerkt is erg duur. De waterzuiveringen in Nederland verzamelen rioolslib in een rioolwaterzuivering. Hier wordt het water gezuiverd door middel van bezinking, indikking, zeven en centrifugeren. Het slib dat overblijft is nog steeds vochtig en wordt daarna verder gedroogd en verbrand.

In Nederland is een overmaat aan mest. Mest kan worden uitgereden op het land en dit is nuttig, maar als er teveel van is ontstaat overbemesting. Het is duur om overtollige mest af te voeren. Veehouders moeten nu een teveel aan mest uitvoeren naar het buitenland of een andere oplossing zoeken. Dit kan bijvoorbeeld vergisting zijn. Vergisten is een methode om bij normale temperatuur brandbaar gas uit mest te halen. Maar na het vergisten blijft een restant over – digestaat - dat weer een nieuw probleem oplevert. Dit maakt dat deze methode te kostbaar wordt.

Onder biomassa verstaan we een natte of vochtige substantie die in hoofdzaak bestaat uit plantaardig en dierlijk restmateriaal. Hieronder vallen uitwerpselen van mens en dier, plantaardige resten uit de landbouw, tuinbouw en voedselverwerkende industrie.

Deze natte biomassastromen vormen een probleem voor de Nederlandse industrie. De kosten om dit afval te verwerken zijn hoog, vaak is drogen en/of verbranden de enige oplossing.

Samenwerkende partijen

Het consortium van het project is samengesteld uit een aantal partijen met verschillende disciplines.

- Recycling Consult verzorgde de coördinatie van het project en onderhield contacten met RVO.
- SPARQLE is de geestelijke vader van het proces en heeft meegedaan met het opbouwen van de installatie. SPARQLE was verantwoordelijk voor de wetenschappelijke kwaliteit.
- ARTIFEX Innovatie heeft de installatie mede opgebouwd, aangepast tot de huidige staat en heeft alle testen uitgevoerd.
- Jansen Wijhe is de opdrachtgever. Jansen Wijhe heeft het project in de gelegenheid gesteld de installatie op te bouwen en alle testen uit te voeren. Jansen Wijhe heeft de werkplaats met uitrusting beschikbaar gesteld.
- Hogeschool HAS Den Bosch heeft een groot aantal onderzoeken uitgevoerd voornamelijk op de ingaande stromen en het proceswater.
- Urschel is leverancier van maalmolens die geschikt zijn om een probleemloze slurry te maken.
- Buizer Advies verzorgde de communicatie naar buiten via website en social media en verzorgde het contact met rundveehouders en landbouworganisaties.
- HYGEAR is de specialist in de verwerking en analyse van gassen.
- UTwente heeft een promotieonderzoek uitgevoerd.
- Waterschap Aa en Maas leverde monsters van rioolslib en is beoogd eindgebruiker van de technologie.
- Wetterskip Fryslân leverde rioolslib monsters en voerde analyses uit en is eveneens beoogd eindgebruiker van de techniek.

De volgende partijen hebben een bijdrage geleverd: Callaghan Engineering en Dr G J J Maass.

RESULTATEN

De meest tastbare resultaten zijn 1) een verbeterde piloot installatie en 2) een technisch plan voor een verbeterd ontwerp voor de constructie van een grotere installatie voor 1000 liter rioolslib per uur.

Technisch niveau installatie

- De piloot installatie heeft het niveau TRL5 (Technical Readiness Level 5) behaald: de techniek is vrijwel gereed om getest te worden in een relevante omgeving.
- Het consortium van partners heeft investeringen gedaan in de verbetering van de installatie, in de vernieuwing van proces apparatuur, instrumentatie en besturing. Overbodige en verouderde apparatuur en onderdelen zijn vervangen.
- De software en hardware voor de besturing zijn verbeterd en vernieuwd.
- De gehele installatie werkt automatisch en is te besturen vanaf het toetsenbord of touchscreen. Via beeldschermen is het proces te beheersen.
- Sensoren en meetapparaten zijn geïnstalleerd zoals meting van temperatuur, druk en stroming.
- De gas vloeistof scheider is aangepast zodat de vaste stoffen kunnen worden gescheiden.
- De materialen waaruit de installatie bestaat zoals staal zijn aangepast aan de omstandigheden van temperatuur en druk.

Samenwerkende partners

- De partners van het consortium hebben de afgelopen 4 jaar samengewerkt om een efficiënte en duurzame installatie te bouwen die natte biomassastromen kan verwerken tot brandbaar gas, schoon proceswater en bruikbare mineralen.
- Een groot aantal deelonderzoeken is uitgevoerd naar de 1) voorbereiding van de ingaande stromen, 2) promotieonderzoek naar de simulatie van het proces, 3) verwerking van gassen, 4) ondernemingsplannen, 5) verwerking van proceswater, 6) verwerking van mineralen.
- Getest zijn rioolslib, drijfmest, digestaat, gras en waswater van textielwasserijen.

Stappenplan voor komende tijd

- Een grotere installatie wordt ontworpen op basis van de uitgevoerde testen, berekeningen en simulaties.
- Een technisch stappenplan is ontworpen voor de productie van een grotere installatie van 1000 liter per uur. Hierin zijn opgenomen de ontwerptekening voor de warmtewisselaars en de bijbehorende instrumentatie, een veiligheidsplan volgens Europese certificaten, studies zijn uitgevoerd voor het identificeren van gevaren en ongewenste situaties in de installatie (HAZOP).
- Technische werkplannen zijn ontwikkeld met daarin een *Piping and Instrumentation Design* (P&ID), *User Requirement Specification* (URS). De installatie is beoordeeld op HAZOP (*Hazard and Operability Study*).
- Er zijn ondernemingsplannen opgesteld voor de verwerking van rioolslib en voor mest waarin is opgenomen de noodzakelijke investering, de vaste lasten, de kosten en opbrengsten (CAPEX en OPEX). Bovendien is hierin een *discounted cash flow* (DCF) opgenomen en de *internal rate of return* (IRR) en *payback period*.

Ingaande biomassastromen en proces water

- Er zijn testen uitgevoerd met water dat is vervuild met pesticiden en medicijnresten, een actueel onderwerp dat recent in de pers is belicht. Het resultaat is dat pesticiden en medicijnresten worden vernietigd.
- De ingaande stromen zoals rioolslib, mest en digestaat zijn uitvoerig onderzocht voor hun geschiktheid. Van deze stromen is de samenstelling bepaald, de vast vloeistof verhouding en de verhouding mineralen en biomassa. Ook is in veel gevallen de elementaire samenstelling bepaald.
- De ingaande stromen zijn getest op hun geschiktheid om te verpompen. Onderzocht is hoe mineraal bestanddelen kunnen worden gescheiden. Deze testen zijn met mest uitgevoerd bij een rundveehouder onder leiding van Buizer Advies.
- Het proceswater is onderzocht door HAS Den Bosch. Onderzoek heeft plaatsgehad op geschiktheid voor lozing, behandeling, reiniging en scheiding. Het proceswater bevat mineralen, zouten en veelal ook hogere koolwaterstoffen. Resultaten van de reiniging zijn vastgelegd in diverse rapporten.

Strategieën voor gas

- HYGEAR heeft enkele wegen uitgezet voor het geproduceerde gas. Het geproduceerde gas is een mengsel van diverse gassen waaronder kooldioxide. Het gas kan gescheiden worden in diverse hoogwaardige componenten. De meest eenvoudige toepassing is verbranding voor de opwekking van warmte of elektrische stroom.
- Voor een aantal scheidingstrajecten van het gas is een bedrijfsplan opgezet. Met de huidige regelingen ligt het voor de hand methaan te produceren geschikt voor het bestaande aardgas netwerk.

Duurzaamheid van de technologie

- Een Life Cycle Assessment is uitgevoerd volgens de methode ontwikkeld door TU-Delft.

Samenwerking partners

- Het consortium van SCARLET+ is ontbonden en de ondernemingen Jansen Wijhe, ARTIFEX Innovatie en Recycling Consult hebben besloten hun activiteiten sinds 2017 te combineren in één onderneming: YGM Group BV. In deze onderneming worden nieuwe activiteiten ontplooid waaronder het nieuw ontwikkelde ontwerp voor een grotere installatie. De sterke basis vormt Jansen Wijhe met een solide personele en materiële ondersteuning.
- De ontwikkelde aanpak in SCARLET+ is het uniek opgebouwde netwerk van experts, producenten, organisaties en partners die kennis, apparatuur, onderdelen en hardware en software aanleveren.
- In de loop van 2017 zijn contacten aangeknoopt met GasTerra. Zij hebben aangeboden het project te ondersteunen. GasTerra streeft naar een vergroening van het fossiele aardgas.

Literatuurstudie

- Een literatuurstudie is uitgevoerd.



Perspectief voor verdere ontwikkeling

- De installatie zoals die nu is gerealiseerd wordt beter geschikt gemaakt voor meerdere natte biomassastromen waaronder mest, digestaat en slib. Hierbij wordt biomassa omgezet in gasvormige energie, fosfaat houdende mineralen en proceswater. Mest, slib en digestaat zijn al uitvoerig getest. Ook andere vuile stromen zijn getest zoals water van textielwasserijen. De opzet is nu om biomassastromen te combineren met de bijkomende voordelen.
- De bedoeling van het gehele systeem is dat het schaalbaar wordt en door meerdere identieke units parallel te schakelen uitgebreid kan worden. Deze benadering ligt het meest voor de hand. Parallel schakelen geeft flexibiliteit in het te verwerken aanbod.
- Het systeem wordt geschikt gemaakt om op individuele waterschappen in te zetten en daar het ingezamelde slib te converteren naar syngas. Daarnaast wordt op grotere schaal gekeken naar de schakeling achter een industriële vergister om digestaat te vergassen.
- Een enkele installatie zou voldoende zijn om het slib van één waterzuivering te verwerken. De optimale verwerking van het gas is hier een uitdaging. Bij vergisting zijn één of meerdere installaties een aanvulling op bestaande vergisting afhankelijk van de capaciteit van de vergister. De gasproductie kan dan aansluiten op de totale gasproductie en is dan beter commercieel af te zetten.
- Het gehele systeem wordt geschikt gemaakt voor een maximale energieopbrengst onder andere door te streven naar een zo hoog mogelijk droge stof gehalte in de biomassa. Uit het literatuur overzicht blijkt dat de concentratie een rol speelt bij de gassamenstelling.

KNELPUNTEN

De belangrijkste problemen met de huidige installatie zijn:

- Het functioneren en het ontwerp van de warmtewisselaar. De warmtewisselaar raakt vervuild met kans op verstopping als er niet tijdig wordt ingegrepen. Bovendien ontstaat teveel koolstof in het buizenstelsel. In het proceswater aan het einde van het proces bevindt zich ook koolstof, bovendien hogere koolwaterstoffen (deels vloeibaar), teer en PAK's. Uit onderzoek is het nieuwe ontwerp ontstaan. Voornamelijk komt dit neer op een aangepast ontwerp waarbij de conversie beter wordt, het bezinsel in de buizen slim wordt opgevangen en er minder PAK's ontstaan. Het proceswater bevat de zouten en mineralen. Uit onderzoek blijkt dat het overgrote deel gefiltreerd kan worden. Het proceswater verdient nabehandeling.
- De slurry pomp. De bestaande pomp werkt naar tevredenheid, maar ook andere typen pompen worden uitgetoet. Hierbij verdient aandacht een lager energieverbruik, minder bewegende delen en daardoor minder slijtage, een compacte uitvoering en een gunstiger prijs.
- Het materiaal van de buizen van de warmtewisselaars moet een zeer hoge temperatuur en druk opvangen. Speciale staalsoorten zijn hier vereist.
- De veiligheid verdient aandacht. Veiligheidsaspecten: explosie door druk, explosie door gasmengsels, brandgevaar, hoge druk en temperatuur, giftige gassen. De installatie is nu vergund door de overheid. Het streven is de veiligheid te verhogen met een certificaat van bijvoorbeeld Lloyds.
- De leveranciers van onderdelen en apparaten garanderen hun product met een kwaliteitsgarantie, bijvoorbeeld ISO-9001 en Lloyds. Dit geldt nog niet voor de installatie als geheel.

DOELSTELLING REGELING

In de EU is afgesproken een broeikasgasreductie in 2050 te realiseren van 80-95%. Voor de energiesector betekent dit feitelijk dat deze CO₂-neutraal moet zijn tegen die tijd. Voor de kortere termijn gelden de volgende concrete doelen voor Nederland, zoals vastgelegd in het Energieakkoord:

- Een besparing van het finale energieverbruik met gemiddeld 1,5% per jaar;
- 100 PetaJoule aan energiebesparing in het finale energieverbruik van Nederland per 2020;
- Een toename van het aandeel van hernieuwbare energieopwekking (nu ruim 4%) naar 14% in 2020;
- Een verdere stijging van dit aandeel naar 16% in 2023;
- Ten minste 15.000 voltijdsbanen, voor een belangrijk deel in de eerstkomende jaren te creëren.

In het energieakkoord zijn ook doelen voor het beperken van de CO₂-uitstoot vastgelegd en het doel dat Nederland in 2030 een top 10-positie inneemt op de mondiale CleanTech Ranking. Binnen de Topsector Energie hebben de Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) thema's uitgewerkt: bio-energie, wind op zee, smart grids, zonne-energie, energiebesparing in de gebouwde omgeving, gas en energie en industrie. De subsidieregeling Topsector energieprojecten is tot stand gekomen in nauwe samenwerking met deze TKI's.

De regeling haakt in op het akkoord dat recent is gesloten in Parijs waarbij 195 landen zich verbonden hebben verklaard in een klimaat akkoord. Het akkoord van Parijs is het resultaat van jarenlange onderhandelingen. Bewustwording spelen een belangrijke rol om het vraagstuk van klimaatverandering aan te pakken. Het akkoord draagt bij tot de bouw van een veerkrachtig klimaat waarbij fossiele koolstofdragers worden vermeden. Het stuurt een signaal naar de politiek en het bedrijfsleven om zich verre te houden van fossiele brandstoffen en te investeren in schone energie.

De SCW installatie is ontworpen in overeenstemming met Europese regelgeving en landelijke richtlijnen. Europese initiatieven zoals het EIBI - Europees Industrieel Bio-energie Initiatief - bevorderen het vervangen van fossiele brandstoffen door hernieuwbare duurzame brandstoffen zoals biomassa.

Belangrijke Europese richtlijnen zijn de Water Richtlijn (91/271/EEC), the Urban Waste Water Treatment Directive en de Nitraat Richtlijn (EU Nitrates Directive – 1991). Daarnaast zijn er landelijke regels voor waterschappen en veehouders.

SPIN OFF

In Nederland is een stappenplan ontworpen door het Groen Gas Forum om 5-7% duurzame energie te realiseren uit biogas. Dit staat gelijk aan 15 – 20 PJoule. Uit vergisting alleen zou al 1.2 miljard m³ gas geproduceerd kunnen worden in 2020 en 3.7 miljard m³ in 2030. Voor de korte termijn wordt de aandacht gericht op mest, rioolslib en gras.

Het is de ambitie van YGM Group BV om een demonstratie installatie te presenteren die natte biomassastromen kan verwerken tot synthese gas, schoon water en mineralen. Het totale concept is duurzaam en beantwoordt aan de Europese richtlijnen en de landelijke bepalingen. De installatie als geheel is naar verwachting een netto producent van energie in de vorm van gas.

Het concept is hiermee in overeenstemming met Europese richtlijnen met betrekking tot klimaatverandering en de vermindering van broeikasgas. Het chemisch element koolstof wordt zodoende in een korte chemische cyclus gehouden.

MILIEU

Fossiele brandstoffen

Olie, steenkool en gas afkomstig uit de aarde noemen we fossiele brandstoffen, ze zijn miljoenen jaren geleden in de aardkorst gedurende lange tijd gevormd. De totale benodigde energie van onze moderne maatschappij komt hoofdzakelijk uit fossiele brandstoffen. Bij verbranding van fossiele brandstoffen ontstaat kooldioxide. Kooldioxide is een broeikasgas en wordt nu beschouwd als de oorzaak van de opwarming van de aarde.

Om deze opwarming te stoppen is het goed dat we minder fossiele brandstoffen gaan gebruiken. In plaats daarvan is het nodig dat we steeds meer groene energiebronnen gaan inzetten. Groene energiebronnen zijn wind- en zonenergie. Een belangrijke “groene” bron is ook biomassa.

Om gewassen zoals bomen, gras en groente te laten groeien is koolzuur nodig, denk maar aan broeikassen in het Westland waar koolzuur wordt toegevoegd om de planten beter te laten groeien. Koolzuur wordt omgezet in koolstofverbindingen, we noemen dit hout of gewas. Na afsterven van het gewas worden de koolstofverbindingen weer omgezet in koolzuur. Veel gewassen kunnen gegeten worden door mens en dier zoals groente en gras. Dit wordt weer omgezet in uitwerpselen die langzaam verteren. Koolzuur dat op deze manier wordt gevormd levert geen bijdrage aan het opwarmen van de aarde.

Het element koolstof waaruit de verbindingen zijn opgebouwd bevindt zich in een chemische kringloop. We noemen dit een korte kringloop, voor bomen meerdere jaren en gewassen vaak hooguit één seizoen. Dit in tegenstelling tot fossiele brandstoffen waar koolstof in de lange kringloop zit en in vele miljoenen jaren is opgebouwd. Koolstof uit fossiele brandstoffen levert een onevenredig grote bijdrage aan het milieu en opwarming van de aarde. Wat in miljoenen jaren geologisch is opgebouwd verbranden wij in korte tijd.

Een duurzame technologie

De installatie die met dit project is gebouwd en getest levert geen bijdrage aan het opwarmen van de aarde. Het apparaat levert alleen “groen” gas en geen fossiel gas. De natte biomassa levert zelfs genoeg gas om ook het apparaat mee te verwarmen. De rest van het gas kan worden gebruikt om er bijvoorbeeld elektrische stroom mee op te wekken of voertuigen mee aan te drijven.

Het gas dat het apparaat uit biomassa maakt is een mengsel van verschillende gassen. Dit mengsel kan worden veranderd in samenstelling door een groot deel van de gassen om te zetten in methaan of in waterstof. Het levert dan meer op.

Zodoende kan in de toekomst een groot deel van onze energiebehoefte worden opgewekt met deze installaties. Superkritisch vergassen van natte biomassa kan zo een grote bijdrage leveren aan de energietransitie en de verdere vergroening van onze maatschappij.

Ambitie samenwerkende partners

Het is de ambitie een unieke universele demonstratie installatie te bouwen met niveau TRL7 (Technical Readiness Level 7) om biomassastromen te verwerken zoals digestaat, rioolslib, rundveedrijfmest en bermgras. Hierbij wordt synthese gas geproduceerd samen met schoon water en fosfaatrijke mineralen. Het totale concept is milieuvriendelijk en duurzaam en in overeenstemming met Europese en landelijke regels. Het totale concept produceert een overmaat aan energie.

Het technologische concept is in overeenstemming met Europese regels met betrekking tot klimaatverandering en de vermindering van broeikasgas. Het element koolstof wordt in een korte chemische cyclus gehouden. Hiermee wordt fossiele brandstof bespaard en wordt geen extra kooldioxide in de dampkring gelaten.

Om dit geheel te realiseren hebben een drietal partners uit het consortium besloten samen te gaan in een enkele onderneming.

Het doel van de nieuwe onderneming YGM Group is een installatie te bouwen inclusief het verzamelen van invoerstromen, opslag en voorbereiding; de invoerstroom te behandelen zodat

deze verpompt wordt, de biomassa op druk te brengen tot 300 bar; de invoerstroom heeft een droge stof gehalte van 10% en de capaciteit van de installatie is 1000 liter per uur; de ingaande stroom wordt opgewarmd met gasovens en elektrische ovens, met behulp van warmtewisselaars wordt warmte teruggewonnen; de biomassa wordt bij de juiste temperatuur en druk omgezet in gas; samen met het water en de mineralen wordt het gas verzameld; een aantal scenario's is uitgewerkt om het gas op de markt te brengen; het water wordt gefilterd en gereinigd; fosfaatrijk mineraal wordt op de markt gebracht.

Meerdere ondernemingen zijn bij dit proces betrokken. Er zijn op dit moment goede contacten met instellingen voor wetenschappelijk onderwijs, productiebedrijven, juristen, experts in gas, waterkwaliteit en afname fosfaat, ontwikkelingsmaatschappijen, diverse adviseurs met materiaalkennis, kennis van digestaat, mest, rioolslib etc. Steeds opnieuw ontstaan nieuwe inzichten die besproken worden op hun haalbaarheid met metallurgen, werktuigbouwkundigen en chemici.

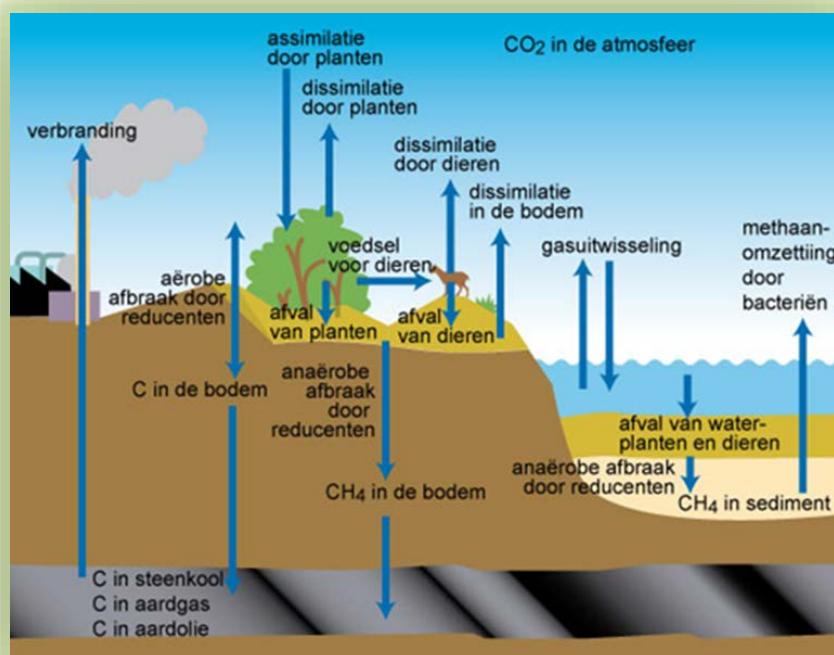
Om deze ambities te realiseren zijn investeringen noodzakelijk. De komende jaren zal nog een financiële en personele bijdrage noodzakelijk blijven.

De maatstaf om verder te gaan is de bestaande installatie samen met de opgebouwde kennis en het uitgebreide ondersteunende netwerk. De installatie zal de komende tijd worden verbeterd zodat de conversiegraad hoger wordt. Een duurproef van meerdere weken is de uitdaging waarbij de capaciteit wordt vergroot. Het stelsel van warmtewisselaars is veranderd en verbeterd.

De belangrijkste veranderingen zijn: 1) de biomassastroom heeft een hogere vast vloeistof verhouding; 2) de ingaande stromen worden gescheiden voorverwarmd; 3) elektrische verwarming en gasverwarming; 4) de lay-out van de buizen en warmtewisselaars is aangepast; 5) de mogelijkheid om mineralen op te vangen.

Commercialisering

Het commercialiseren van de installatie vraagt een eigen aanpak, de oprichting van YGM Group is hierin een fase. De unieke en specifieke verwerking van rioolslib en mest met deze vorm van SCW is niet eerder vertoond. De producten zijn uiteindelijk SNG (synthetisch aardgas), CNG en LNG (aardgas onder druk en aardgas vloeibaar), alle producten hebben een groen label waar steeds meer industrieën om vragen.



PUBLICATIES

Vakpublicaties

Op de website www.yellowgasmachine.com en op social media is meer informatie over het project te vinden. Buizer Advies combineert informatie op de website www.buizeradvies.nl. De volgende teksten zijn gepubliceerd gedurende het project in diverse media:

Duurzame efficiënte methode van mestverwerking via superkritische vergassing www.biojournaal.nl

Supermestverwerking en terugwinning groene mineralen. www.buizeradvies.nl

Duurzame mestverwerking met superkritische vergassing. www.duurzaamnieuws.nl

Prototype-unit verwerkt rundveedrijfmest. www.melkvee.nl

Berichten in www.nieuwsgrazer.nl; *Praktijkproef met vergassing mest.* www.boerderij.nl

Nieuwe wijze vergassen rundveedrijfmest. www.boerenbusiness.nl

Superkritische vergassing: Nieuwe wijze vergassen rundveedrijfmest. <http://duurzaam-actueel.nl/superkritische-vergassing-nieuwe-wijze-vergassen-rundveedrijfmest/>.

Superkritische vergassing van natte biomassa. www.engineeringnet.nl

Perspectief voor biogasproductie en verbeterde mineralenkringloop. Duurzaam Actueel.

Heel nieuwe vorm van mestverwerking. Boerderij Vandaag.

Superkritisch vergassen als oplossing voor mestprobleem. www.recyclingmagazine.nl

Deelonderzoeken

- Literatuur overzicht Micro verontreinigingen in water. *Inhoud: Samenvatting, Metoprolol, 17 α -ethinyl-oestradiol, Oxytetracycline, Sulfamethoxazol, Diclofenac, Imidacloprid, Glyfosaat, Microplastics, Referenties.*
- Mogelijkheden voor afvalwater van SCW van mest. *Inhoud: Het SCW proces, Samenstelling tail water, massa balans, gas samenstelling, PAK's, nutriënten, fosfaat, natrium, stikstof, toepassing tailwater, terugwinning mineralen, scheiding van PAK's, afvoeren van tail water, aanbevelingen, referenties.*
- Vervolg onderzoek tail water. Verwerking van filtraat en zwarte koek. *Inhoud: inleiding, probleem, doelen, filtraat opties, afvoeren naar oppervlakte water, in het riool, verwerking met rioolwaterzuivering, reinigen voor afvoeren, Multi Criterium Analyse (MCA), scenario's voor het filtraat, zwarte koek, fosfaat terugwinning, kosten, opbrengsten, discussie, conclusies en aanbevelingen, referenties.*
- Onderzoek naar toepassingsmogelijkheden van tailwater van superkritisch vergast rundveedrijfmest. *Inleiding, superkritisch vergassingsproces, samenstelling, PAK's, nutriënten, toepassing tailwater, lozen van tailwater, aanbevelingen, bibliografie.*
- Literatuur onderzoek Superkritische Vergassing. Rapport.
- Rapporten verwerking en scheiding gas. HYGEAR.
- Rapport voorbereiding mest slurries. Buizer Advies i.s.m. MTS vd Lageweg.

Technische rapporten

- Supercritical Aqueous Reforming of Sewage Sludge. *Inhoud: Stroom diagram proces, massa balans, ontwerp apparatuur criteria, ontwerp warmtewisselaars en instrumentatie, materiaal selectie, specificaties apparaten, schatting investeringskosten, economische analyse en haalbaarheidsevaluatie. Conclusies en aanbevelingen. Appendix: Technische tekeningen.*
- Isolation System Report. Supercritical Aqueous Reforming of Sewage Sludge. *Contents: Summary, Filtration options, Capital Cost est. Conclusion and Recommendation, Appendix: Mass Balance, Vendor Catalogues.*
- SCAR Process Flow Diagram. Technical Drawing.
- Supercritical Water Reformer (SCAR). Piping & Instrumentation Design (P&ID). Project SCARLET+. Nov 17, 2014. Technical drawing KD-005. *Contents: Preliminary Issue, modifications for report, issue for pre-HAZOP.*
- Project Note. 2 pages, May 7, 2015. Minutes Meeting Dublin.

Wetenschappelijke artikelen

- R. Yukananto, A.C. Louwes, E.A. Bramer, G. Brem. *Direct and Standard Injection of Sewage Sludge in a Supercritical Gasification System: Optimization of the Energy Efficiency using Pinch Analyses.* 24th EUBCE Biomass Conference, Amsterdam, 2016, p 538 - 546
- Riza Yukananto, Artur K. Pozarlik, Gerrit Brem. *Computational fluid dynamic model for glycerol gasification in supercritical water in a tee junction shaped cylindrical reactor.* The Journal of Supercritical Fluids 133 (2018) 330-342
- Riza Yukananto, Alexander C. Louwes, Eddy A. Bramer, Gerrit Brem. *An Energy Analysis on Gasification of Sewage Sludge by a Direct Injection in Supercritical Water.* American Journal of Analytical Chemistry, 2017, 8, 753-773 <http://www.scirp.org/journal/ajac>. ISSN Online: 2156-8278, ISSN Print: 2156-8251

RAPPORT BESTELLEN

Het eindrapport zal te zijner tijd op de website geplaatst worden en kan daar worden ingezien.

CONTACT INFORMATIE

Voor informatie over het project wordt u verzocht contact op te nemen met de projectleiding via www.yellowgasmachine.com/contact/

ONDERSTEUNING

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Subsidieregeling Topsector Energie uitgevoerd door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Inhoud

EINDRAPPORT SCARLET-PLUS	1
SAMENVATTING	2
Doelstellingen	2
Uitgangspunten	2
Samenwerkende partijen	4
RESULTATEN	5
Technisch niveau installatie	5
Samenwerkende partners	5
Stappenplan voor komende tijd.....	6
Ingaande biomassastromen en proces water.....	6
Strategieën voor gas.....	7
Duurzaamheid van de technologie.....	7
Samenwerking partners	7
Literatuurstudie	7
Perspectief voor verdere ontwikkeling.....	9
KNELPUNTEN	10
DOELSTELLING REGELING	11
SPIN OFF.....	12
MILIEU	13
Fossiele brandstoffen	13
Een duurzame technologie	14
Ambitie samenwerkende partners	14
Commercialisering	16
PUBLICATIES.....	17
Vakpublicaties	17
Deelonderzoeken.....	18
Technische rapporten	19
Wetenschappelijke artikelen.....	19
RAPPORT BESTELLEN	20
CONTACT INFORMATIE	20
ONDERSTEUNING.....	20



DISCLAIMER

The contents of this document are the copyright of SCARLET+ and shall not be copied in whole, in part, or otherwise reproduced (whether by photographic, reprographic or any other method), and the contents thereof shall not be divulged to any other person or organization without making a reference to SCARLET+. The information and content of this report is the sole responsibility of SCARLET+ and does not necessarily represent the views expressed by RVO. While the information contained in the documents and webpages of the project is believed to be accurate, the author(s) or any other participant of SCARLET+ make no warranty of any kind with regard to this material. This document summarizes the key recommendations resulting from the SCARLET+ project. Additional project information can be found at www.yellowgasmachine.com.