

GROEN GAS



Energie uit mest, gft en suikerbietpuntjes

De nieuwste brandstof heet groen gas. Het rijdt goedkoop en duurzaam, want het wordt gemaakt van mest, gft, sloophout, stro, oud frituurvet of vissenkoppen. Er kan ook groene stroom van worden gemaakt en warmte om huizen, kassen of een tropisch zwembad mee te verwarmen. Groen gas maakt menig veehouder opeens tot energieleverancier. Gas maken uit mest en groenafval is goed voor het milieu, maar meestal niet rendabel zonder subsidie.

Groen gas is niet te onderscheiden van aardgas. Dat is ook logisch, want beiden zijn op dezelfde manier geproduceerd, door micro-organismen die groenafval eten en als dank brandbaar methaan uitspugen. Alleen is groen gas kakelvers terwijl aardgas fossiel is. Groen gas is een

natuurproduct. En mits gemaakt uit 'afval' is het CO₂-neutraal. Een flinke dosis geavanceerde procestechniek helpt de natuur het beste resultaat te bereiken. In een hightechmestraffinaderij levert koeienstront niet alleen veel en excellent groen gas, maar ook nog eens 'biologische kunstmest'.

In deze Chemische Feitelijkheid

- De Context: Autorijden op groen gas kan. Maar hoe duurzaam is het precies?
- De Basis: Groen gas is 'kakelvers' gas gemaakt door samenwerkende micro-organismen.
- De Diepte: Een hightechmestraffinaderij tovert koeienstront om in groen gas en kunstmest.

Groen gas kun je maken uit **mest en gft** (groente, fruit, tuinafval), maar ook uit vissenkoppen, mais en papierpulp. Autorijden op groen gas behoort inmiddels tot de mogelijkheden.

Gratis gas uit de natuur

Wanneer etensresten, planten of uitwerpselen op een hoop belanden, ontsnapt er na enige tijd een brandbaar gas: biogas. Micro-organismen verteren het groen en spugen het gas uit. We ondervinden dit natuurlijke verschijnsel aan den lijve. Onze winden zijn namelijk ook biogas, net als die van schapen, koeien en ander vee. Herkauwers boeren zelfs meer biogas op dan ze 'winden'. Ook in moerassen, rijstvelden (sawa's) en ont-dooiende toendra's ontstaat biogas.

Al in de 10e eeuw voor Christus gebruikten mensen biogas. De Assyriërs (inwoners van een rijk dat het huidige Oost-Turkije, Armenië, Irak en West-Iran besloeg) verwarmden hun baden ermee. En in 1895 brandde de straatverlichting in het Engelse Exeter op biogas afkomstig van menselijke uitwerpselen. Toch was er in de geschiedenis nooit sprake van grootschalig gebruik van het gratis gas. Hout, turf, en later aardolie en aardgas, bleken vaak makkelijker toegankelijk als brandstof.

Vanaf 1900 tot kort na de Tweede Wereldoorlog is er in Europa driftig geëxperimenteerd met het produceren van



Groen gas uit mest, al eeuwen in gebruik als brandstof.

biogas en ontstonden er heuse biogas-fabrieken. Rond 1955 maakte het aanbod van goedkope olie echter een einde aan deze biogasinitiatieven. Tijdens de oliecrisis in de jaren zeventig laaide de belangstelling weer even op, maar pas vanaf 2000 zit biogas echt goed in de lift. Ditmaal vanwege een hoge olie- en gasprijs én het streven naar duurzaamheid. Want biogas wordt gemaakt uit organisch en plantaafval of mest. Het maken van biogas uit mest levert vooral milieuvoordeel omdat het gas, dat vooral uit methaan met een broeikasgaseffect 23 keer sterker dan CO₂ bestaat, niet ongehinderd uit de mest ontsnapt, maar wordt verbrand. De daarbij vrijkomende CO₂ is een veel minder sterk broeikasgas.

Veel waterzuiveringsbedrijven gebruiken biogas uit het rioolslib voor hun eigen energiebehoefte. En het aantal installaties voor biogas uit mest bij veehouders is de afgelopen jaren spectaculair gegroeid, vooral in Duitsland. Met deze nieuwe 'golf' in biogas is ook de naam *groen gas* opgedoken. Groen gas is de naam voor biogas dat is opgewerkt tot aardgaskwaliteit, of nog zuiverder tot bijna puur

methaan. Dit gas pompt de maker in het aardgasnet. Ook kan het als brandstof dienen voor schepen, auto's en vrachtwagens. Inmiddels is er een landelijk dekkend netwerk van meer dan tachtig groen-gaspompen.

GROENE STROOM

Groen gas ontstaat bij de boer (uit mest), bij de afvalverwerker uit het groente-, fruit- en tuinafval (gft), bij de waterzuivering (uit rioolslib) of op een industrieterrein (uit voedselafval). Het gas bubbelt omhoog uit een installatie waarin de organische grondstof wordt vergist (zie ook Basis). Het gas kan de maker op verschillende manieren geld opleveren. Die kan er bijvoorbeeld groene stroom mee opwekken. Energetisch gezien gaat dat het meest efficiënt in een centrale die zowel stroom als warmte levert: een warmtekrachtcentrale (WKK = WarmteKrachtKoppeling). Dat betekent dat biogasproducenten hun eigen boerderij of bedrijf van stroom kunnen voorzien én verwarmen. Is er nog stroom en/of warmte over, dan is verkopen een optie. In overleg met de energiemaatschappij kunnen boeren de stroom aan het elektriciteitsnet leveren. De prijs hangt af van de marktprijs en subsidieregelingen. In 2012 levert een kilowattuur 15 cent op

WARMTE UIT HET RIOOL



Foto: Waterschap Veluwe

De vergisting van het rioolslib uit de waterzuivering van Apeldoorn levert voldoende groen gas om de eigen installaties van stroom te voorzien en ook nog eens 2.500 huizen te verwarmen.

DWAALLICHTJES

En van de verklaringen voor de mysterieuze lichtjes boven moerassen – de dwaallichtjes die volgens volksverhalen reizigers zouden verleiden en laten verdwalen – is dat ze wellicht ontstaan door wolkjes spontaan ontbrandend biogas. Dat wordt gemaakt door bacteriën in de moerasbodem. Dit verschijnsel is vreemd genoeg nog steeds niet opgehelderd.

ONTDEKKER GROEN GAS



Al voor de jaartelling verwarmden de Assysiërs waarschijnlijk hun baden met biogas. Maar de Vlaamse alchemist, fysioloog en arts **Jan Baptista van Helmont** staat te boek als ontdekker van het gas. Hij schreef in de 17e eeuw dat in rottende plantenresten een ontvlambaar gas ontstaat. In 1808 bepaalde de Britse scheikundige Sir Humphrey Davy vervolgens dat het om methaan gaat. Louis Pasteur ten slotte wees micro-organismen aan als de makers van het biogas. |

(waarvan circa 10 cent subsidie). Warmte verkopen is lastiger. Is er geen kas of woonwijk in de buurt, dan blijft de warmte vaak onbenut. Een andere optie is om het gas te verkopen. In Putten stroomt bijvoorbeeld via een 3,5 km lange pijp biogas van een kalverboer naar het subtropisch zwembad Bosbad Putten. Daar levert het biogas stroom en warmte. Gas

HELDERGROEN?

Groen gas wordt vaak automatisch als duurzaam bestempeld, terwijl dit niet per definitie zo hoeft te zijn”, stelt Natuur & Milieu in haar rapport ‘Heldergroen gas’ (2011). Groente-, fruit- en tuinafval (gft) is een prima bron voor groen gas, net zoals mest of rioolslib. Ook landbouwgewassen zoals mais en tarwe kunnen vergist worden tot biogas; zij leveren zelfs veel gas op. Maar net als bij biobrandstoffen zien milieukundigen de vergisting van mais of tarwe niet als een duurzaam initiatief. Energieproductie concurreert op deze manier met landbouwgrond. Ook twijfelt Natuur & Milieu bij groen gas uit bermgras of suikerbietenpuntjes. Gebruik als diervoeder is een betere manier om de eiwitten en koolhydraten te benutten. |

verkopen kan ook in ‘flessen’ of via het aardgasnet. Voor de laatste optie moet het biogas eerst worden gezuiverd (zie ook Basis), net als voor gebruik als brandstof in auto’s en vrachtwagens.

RENDABEL

In Nederland wordt in 2012 zo’n 30 miljoen kuub groen gas geproduceerd. Groen Gas Nederland, een initiatief van overheid en bedrijfsleven, wil dat die hoeveelheid in 2014 tien keer zo groot is. Dat is voldoende om bijvoorbeeld de stad Utrecht een jaar van energie te kunnen voorzien. In 2020 moet 3 miljard kuub groen gas beschikbaar zijn (circa 7 procent van de totale Nederlandse gasvraag).

Sommige deskundigen zetten grote vraagtekens bij deze ambities. Wageningse onderzoekers rekenden in 2011 uit dat wanneer alle mest en gft in Nederland wordt gebruikt voor groen-gasproductie, maximaal 3 procent van het aardgas kan worden vervangen (circa 1,5 miljard kuub). Daarmee haalt Nederland zijn doelstelling niet en dus zullen ook eetbare gewassen zoals mais en tarwe moeten worden ingezet. Dat idee heeft weinig aanhang, omdat groen gas dan net als de eerste generatie biodiesel concurreert met voedselvoorziening. Anderen redeneren dat het met die competitie wel meevalt; er wordt in Nederland immers ook nog steeds landbouwgrond omgezet in natuur.

In ieder geval kan groen gas zonder subsidie niet concurreren met aardgas, ondanks de stijgende olieprijs. In Nederland nam de vergisting van mest sinds 2003 toe door subsidieregelingen. Een nieuwe regeling in 2008 stimuleerde biogasproductie uit gft en rioolslib. In 2011 ging er maar liefst 1 miljard euro naar groen-gasprojecten. Omdat het voor boeren met een vergistinginstallatie interessanter is geworden om groen gas te leveren dan groene stroom, verschijnen er steeds meer pijpleidingen en gasopwerkingsinstallaties op het platteland.

BOER ZOEKT ZWEMBAD

Warmtekrachtkoppeling is de meest efficiënte manier om gas om te zetten in energie. Naast stroom (35 procent) komt hierbij veel warmte vrij. Een boer met een vergister wil deze warmte natuurlijk graag verkopen. Een probleem is echter dat er vaak geen woonwijk (stadsverwarming) of subtropisch zwembad in de buurt is om te verwarmen. Het bedrijf Ekwadraat werkt daarom aan projecten

DUURZAAM KOKEN IN AFRIKA



Biogas is een duurzaam alternatief voor houtvuren in Afrika. Het bos wordt gespaard, de hutten staan niet vol rook en er is minder luchtvervuiling.

In veertien gevangenissen in Rwanda wordt gekookt op biogas gemaakt van de ontlasting van gevangenen en koemest van de gevangenisboerderij. De installaties zijn gebouwd door gevangenen samen met het Instituut van Technologie Kigali.

Het Nederlandse bedrijf SimGas ontwikkelt betaalbare, kant-en-klare vergisters voor gebruik in ontwikkelingslanden zoals Tanzania. Via een microkrediet kunnen lokale mensen ze financieren. |

om biogasproducenten en afnemers slim te koppelen. In Noordoost-Friesland zijn er bijvoorbeeld plannen voor een biogasverzamelleiding. Boeren kunnen zo in een collectief hun gas leveren aan bedrijven of gemeenten.

Biogas produceren betekent dus ook ondernemen. De maker moet bepalen welke optie financieel het meest oplevert, en welke investeringen er nodig zijn. Bovendien betekent biogasproductie dat er een ‘fabriek’ op het terrein komt. Bij een grote levensmiddelenfabrikant of rioolwaterzuivering is dit een van de vele installaties die draaien onder de hoede van de technici. Maar voor een veehouder is het runnen van een ‘gasfabriekje’ op het erf een extra taak die ver van het boerenbedrijf af staat. |

GROEN GAS TANKEN



Op groengasmobiel.nl staan de locaties van de meer dan tachtig tankstations voor groen. Foto: Milieu Centraal

Groen gas is **methaangas** gemaakt uit biomassa. De 'producenten' zijn alom aanwezige bacteriën die eendrachtig samenwerken om het groen te verteren.

Bacteriën maken methaan

Gooit in een afvalbak en onderin, waar weinig zuurstof is, komt er gas vrij: biogas. Doodgewone bacteriën in het afval verorberen onze etensrestjes; het biogas is hún afvalproduct. Biogas bestaat voor het grootste deel (45 tot 75 procent) uit brandbaar methaan: CH_4 . Hetzelfde type gas waar thuis de combiketel op brandt en dat de pan soep op het fornuis verwarmt. Dit is niet verwonderlijk. Aardgas is immers ook biogas. Het is alleen al miljoenen jaren geleden ontstaan en vervolgens in de aarde opgesloten, totdat we het aanboorden. Naast methaan bestaat ruw biogas uit koolstofdioxide (CO_2) en uit wat resten andere gassen, zoals stikstof, zuurstof, ammoniak, koolwaterstoffen en zwavelwaterstof (H_2S). Die laatste stof is bekend om zijn rotte-eierenlucht.

Overall waar nat organisch afval, warmte en weinig zuurstof is, vindt spontaan biogasproductie plaats. Dit komt doordat er in dat organische afval altijd wel bacteriën zitten die het gas produceren. Tientallen alledaagse soorten nemen het proces voor hun rekening; onder andere van de families *Lactobacillus*, *Acetobacterium* en *Methanobacterium*. In mest begint de biogasproductie al binnen in de koe, en het gas begint te ontsnappen zodra de



Een 'klassieke' mestvergister zoals je ze in Nederland bij boerderijen ziet.

mest op de grond valt. Daarom is het van belang om de verse mest snel in de vergister te brengen; dat kan al snel 20 procent meer gas opleveren.

VERGISTING

Het biologische proces waarbij bacteriën biogas produceren, heet anaerobe vergisting. Het is een complex proces dat bestaat uit vier fasen (zie schema). Die volgen elkaar in principe op, maar vinden vaak ook tegelijkertijd plaats in de vergister. Bij elke fase zijn andere bacteriestammen betrokken en elke stap kent zijn eigen ideale omstandigheden wat betreft temperatuur, zuurgraad en voedingsstoffen.

De eerste fase is de hydrolyse. De bacteriën scheiden enzymen uit die koolhydraten, eiwitten en vetten splitsen in respectievelijk suikers, aminozuren en vetzuren plus glycerol. De afbraak van koolhydraten is een kwestie van uren, eiwitten en vetten vergen dagen. Met houtachtige vezels (lignocellulose en lignine) kunnen de meeste bacteriën niet goed overweg; ze kunnen ze slechts zeer langzaam omzetten.

In de tweede fase – verzuring – breken micro-organismen de producten van de hydrolyse verder af tot korte, eenvoudige zuren (azijnzuur, propionzuur of boterzuur), alcoholen, waterstof en koolstofdioxide. Weer andere bacteriën

(azijnzuurvormers) zetten deze stoffen vervolgens om in azijnzuur (acetogenese, fase drie), waarbij waterstof vrijkomt. Deze azijnzuurmakers leven in symbiose met methaanbacteriën. Deze zetten in stap vier van het proces waterstof met koolstofdioxide, azijnzuur of ethanol om in methaan: biogas! In praktijk kunnen de vier stappen in één vergistingstank plaatsvinden, maar moderne vergisters hebben vaak twee compartimenten, of zelfs meer. Zo kunnen voor elke stap de ideale procescondities worden gecreëerd, waardoor de gasproductie optimaal is (zie ook Diepte).

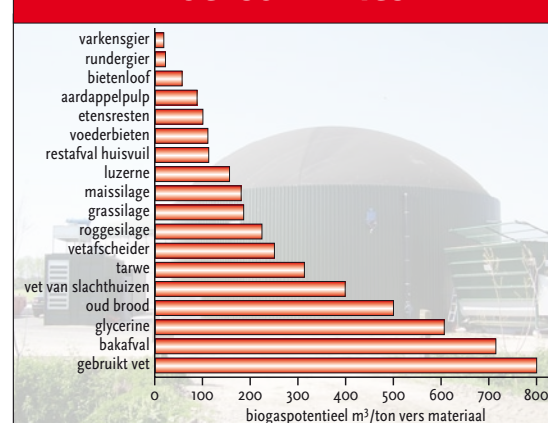
MEST OF MAIS

De opbrengst aan biogas hangt sterk af van het materiaal dat wordt vergist. De mest die in Nederland overvloedig aanwezig is, levert helaas relatief weinig gas op: per ton gier zo'n 25 m^3 . Dit komt doordat de koe of het varken het overgrote deel van de energie uit het voer zelf benut. Kippenmest levert overigens aanzienlijk meer op: 150 m^3/ton . De tweede grote biomassastroom die geschikt is voor biogasproductie, gft, levert

SAMENSTELLING RUW BIOGAS

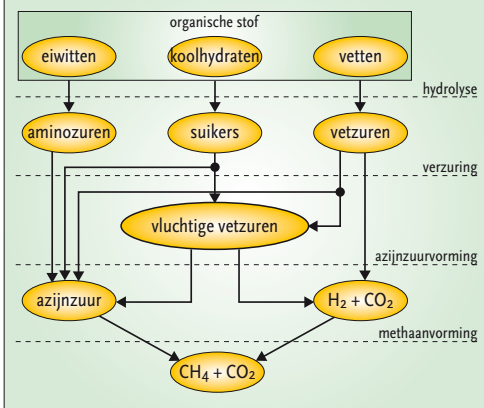
Component	Aandeel
Methaan - CH_4	45-75 %
Koolstofdioxide - CO_2	24-45 %
Water - H_2O	2-7 %
Zwavelwaterstof - H_2S	20-20.000 ppm
Stikstof - N_2	<2 %
Zuurstof - O_2	<2 %
Waterstof - H_2	<1 %

BIOGASOPBRENGST



Opbrengst van verschillende organische stromen.

SCHEMA VERGISTINGSPROCES



circa 65 m³/ton. Energiegewassen zoals mais brengen nog meer op: 200 m³/ton. De absolute toppers zijn vetten. Olierijk koolzaad vergisten levert 600 m³/ton op, maar ook reststromen zoals glycerine of vetten (denk aan gebruikt frituurvet) zijn geschikt en zeer energierijk.

Waterzuiveringsinstallaties kunnen zo'n 7 m³ biogas produceren uit het dagelijkse rioolwater van één Nederlander (130 l). Zou je al het rioolslib vergisten, dan levert dat aan stroom 0,2 kWh per persoon per dag op (ter vergelijking: een Nederlander verbruikt dagelijks 185 kWh), plus de warmte die een WKK zou leveren. Op oude stortplaatsen vergist het gft in de belt, wat stortgas oplevert. Op een aantal plaatsen wordt dit afgefakkeld, maar in 2010 werd 79 miljoen m³ (78 procent) omgezet in warmtekrachtcentrales. De opbrengst aan stortgas loopt wel terug doordat gft tegenwoordig niet meer wordt gestort.

Omdat de energieopbrengst van mestvergistings laag is, mengen veehouders vaak snijmais of gewasresten bij: co-vergistings. Nederland kent een zogeheten 'positieve lijst' waarop de producten staan die samen met mest mogen worden vergist. De lijst is vooral bedoeld om de veiligheid te waarborgen van de vaste stof die overblijft na de vergisting: organische stof die niet is omgezet in gas en mineralen. Dit digestaat wordt namelijk als compost of mest gebruikt. Zo mogen vanwege de gekkekoeienziekte geen hersens of beenderen van slachtvee de vergister in.

Een vergister zet uiteindelijk 25 tot 80 procent van het vastestofgewicht van de biomassa om in gas. Maar omdat drijfmest voor 80 à 90 procent uit water bestaat, blijft het volume aan dierlijke mest bij mestvergistings vrijwel gelijk. Het digestaat uit een mestvergister is namelijk volgens de wet nog steeds dierlijke mest.

Dit betekent dat wanneer mest samen met bijvoorbeeld mais wordt vergist (co-vergistings) er zelfs vaak meer mest uit de vergister komt dan er in ging (mestvermeerdering). Het onvergistbare deel van de mais telt nu namelijk ook als mest.

Tijdens de vergisting is veel organisch gebonden stikstof omgezet in ammonium. Daarom mag een boer het digestaat niet zomaar over zijn land uitrijden, maar moet hij het in de bodem injecteren. Anders komt er te veel ammoniak in de lucht terecht, wat slecht is voor het milieu: het veroorzaakt verzuring en eutrofiëring. Dat injecteren is meer werk voor de boer, maar digestaat als mest heeft wel duidelijke voordelen ten opzichte van drijfmest. Veel onkruidzaden overleven het vergistingsproces bijvoorbeeld niet en veel stank veroorzakende vetzuren zijn afgebroken. Digestaat uit gft-vergisters mag verkocht worden als groene compost voor tuinen.

BIOGAS WORDT GROEN GAS

Biogas is niet meteen gebruiksklaar. Eerst moet het diwaterstofsulfide (H₂S) worden verwijderd (ontzwaveling). Dit giftige en stinkende gas is sterk corrosief en kan staal in (verbrandings)installaties aantasten. Ontzwaveling gebeurt meestal biologisch door micro-organismen zoals *Thiobacillus* of *Sulfolobus* die het H₂S oxideren tot zwavel en/of zwavelzuur. Maar je kunt waterstofsulfide ook chemisch verwijderen door het te laten binden met ijzer tot ijzersulfide.

Om groen gas te maken, dient het gehalte methaan opgehoogd te worden. Het minimumgehalte is 89 procent methaan; aardgas bevat slechts 80 procent methaan, maar doorgaans ook nog wat ethaan en propaan. Bij 89 procent methaan voldoet groen gas aan de zogeheten Wobbe-index voor aardgas (12 kcal/kuub), een maat voor de calorische waarde. Dat gehalte kun je bereiken door koolstofdioxide uit het mengsel te verwijderen. Daarvoor zijn vier technieken beschikbaar.

1 KOE = 18 KILOMETER

Eén gemiddelde Hollandse melkkoe produceert per dag bijna 70 kilo mest, goed voor 1,3 m³ groen gas. Daarop rijdt een gemiddelde auto 18 kilometer. Wanneer de mest van alle melkkoeien in Nederland (1,5 miljoen) vergist zou worden, levert dat 32,5 miljoen auto-kilometers op, oftewel dan rijden er 2.400 auto's rond op mest. Wordt alle drijfmest in Nederland (70 miljoen ton) vergist, dan kunnen daarop bijna 9.000 auto's rondrijden.

- Gaswassing** – het biogas wordt in tegenstroom door een kolom met een vloeistof (vaak warm water) geleid. Het koolstofdioxide lost grotendeels op en zal met het wasmiddel wegspoelen.
- Vacuum Pressure Swing Adsorption (VPSA)** – het ruwe biogas wordt over een adsorber (vaak actieve kool) geleid die het koolstofdioxide vasthoudt. Is de adsorber verzadigd, dan wordt de biogasstroom gestopt en het ingevangen koolstofdioxide door middel van vacuüm verwijderd (regeneratie).
- Membraantechnologie** – methaan en koolstofdioxide worden gescheiden op basis van molecuulgrootte door een membraan. Doordat methaan en koolstofdioxide qua molecuulgrootte niet veel van elkaar verschillen, is de scheiding niet absoluut.
- Cryogene techniek** – het gas wordt in een aantal stappen gecomprimeerd en afgekoeld. Door verschil in kook- en smeltpunten kunnen in elke stap verschillende gassen worden verwijderd, zoals waterdamp, H₂S, CO₂ en N₂. Elke techniek heeft haar voor- en nadelen. Membraanfiltratie kan gebeuren in een compacte, lichte installatie, maar is minder geschikt voor grote hoeveelheden gas. Gaswassing vergt de minste energie. Cryogene scheiding vraagt een hoge investering, maar levert CO₂ in geconcentreerde vorm op dat bijvoorbeeld wordt ingezet bij CO₂-bemesting in de glastuinbouw.

LEXICON GROEN GAS

Biogas	gas dat vrijkomt uit vergisting (of vergassing) van biomassa (hoofdbestanddeel methaan, circa 65 procent)
Groen gas	biogas opgewaardeerd tot minimaal aardgaskwaliteit (circa 82 procent methaan)
Biomethaan	biogas ontdaan van andere gassen dan methaan (circa 98 procent methaan)
BioCNG	gecomprimeerd biomethaan (200/250 bar)
BioLNG	vloeibaar gemaakt biomethaan (gekoeld tot -162°C)
BioSNG	biomethaan gemaakt via vergassing (SNG: synthetic/substitute natural gas)

Wie het **vergistingsproces** perfect beheerst, maakt groen gas van aardgaskwaliteit met 'groene kunstmest' als bijproduct. Zelfs houtsnippers en stro kunnen groen gas leveren, via nog experimentele biomassavergassing.

Groen gas door hightech

Op boerderijschaal is pure mestvergisting vaak niet rendabel vanwege de lage energie-inhoud van mest. Co-vergisting, vergisting van mest samen met ander organisch materiaal, kan dit verhelpen. Maar co-vergisting is vanuit milieuoogpunt niet ideaal. In Nederland werken twee ondernemingen aan een oplossing: een pure mestvergister die rendabel is voor de gemiddelde tot grote veehouderij (vanaf 4.000 m³ mest per jaar). De firma Holst uit Enschede zoekt het in eenvoud, een compacte, robuuste en betrouwbare 'microvergister': de Microferm. Daarnaast is er de hightech Agrimodem van de joint-venture RED (GET & Lely): een 'mesttraffinaderij'. In de Agrimodem vindt vergisting niet plaats in een of twee tanks, maar in een aantal opeenvolgende reactoren met elk hun eigen instellingen. Hierdoor kan elk stap in de groen-gasproductie (zie ook Basis) optimaal verlopen.

Melkveehouder Wilco Hilhorst uit het Drentse Noord-Sleen (nabij Emmen) bezit het eerste prototype van de Agrimodem.

Eind 2010 begon de installatie op zijn erf te draaien. Elk half uur verdwijnt er een halve kuub verse mest in de installatie. Daardoor zijn de ammoniak- en methaanuitstoot op dit boerenbedrijf minimaal. Goed voor het milieu, want CH₄ is een 23 keer sterker broeikasgas dan CO₂.

In de zure, warme eerste reactor van de Agrimodem lossen cellulose en hemicellulose op. Samen vormen die circa twee derde van de vaste stof in de ruwe mest. Het restant, het onoplosbare en onvergistbare lignine, wordt afgescheiden en gecomposteerd. Deze massa is een prima bodemverbeteraar, maar ook geschikt als boxstrooisel. De opgeloste mestfractie gaat naar een vergister die de organische componenten in circa 2 dagen in biogas omzet. De kwaliteit van het geproduceerde biogas is hoog. Dit komt doordat de procescondities goed worden gecontroleerd. De vergisting verloopt ook efficiënt doordat de bacteriepopulatie niet met de eindproducten wordt weggepompt, zoals in een reguliere vergister, maar dankzij filters en membranen in het systeem



In 2008 opent minister Cramer van milieu de MILENA-proefinstallatie voor biomassavergassing van ECN in Petten.

blijft. Het biogas wordt vervolgens opgeschoond met biologische en chemische processen.

Maar het geheim van de smid van de mesttraffinaderij zit vooral in de opwerking van de mestmineralen (fosfaat, stikstof, zwavel en kalium). De installatie scheidt ze in verschillende mineraalstromen. Samen met de Nederlandse overheid pleiten de ontwikkelaars voor erkenning in Europa in 2015 van de producten als kunstmestvervangende stoffen. Dat zou betekenen dat een veehouder met een mesttraffinaderij ook producent wordt van 'biologische kunstmest', een waar oxymoron. Hoe de mineralenscheiding precies werkt, willen de ontwikkelaars niet prijsgeven. Het liefst houden ze hun mesttraffinaderij uit de publiciteit totdat deze markttrip is.

BIOMASSA VERGASSEN

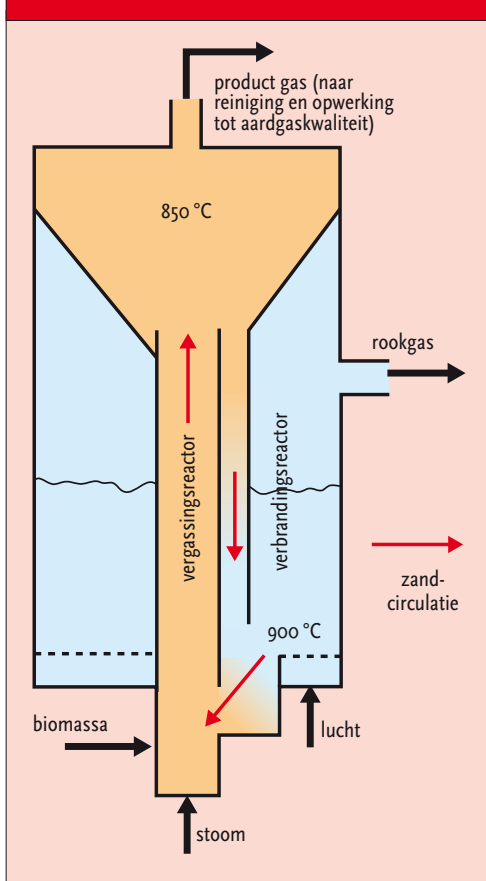
Vergisting is de techniek om natte biomassa zoals gft en drijfmest om te zetten in groen gas. Voor droge biomassa zoals houtafval of stro is er een experi-

CONCURRENTIE: GROEN GAS OF PLASTIC

In een wereld zonder fossiele brandstoffen is biomassa in plaats van aardolie de grondstof voor alle (chemische) industrie: de *bio-based economy*. Bedrijven zoals DSM, Waste2Chemicals en ook onderzoeksinstituut ECN ontwikkelen technologieën die biomassa (bij voorkeur 'afval') omzetten in bioethanol, biotheen of nog complexere organische moleculen. Deze kunnen vervolgens, net als hun evenknieën uit aardolie, dienen als grondstof voor kunststof-

fen, transportbrandstoffen of medicijnen. Deze omslag naar biomassagebaseerde in plaats van oliegebaseerde grondstoffen kan echter betekenen dat biomassa, en zelfs mest, wel eens veel te waardevol (lees: duur) kan worden om er groen gas van te maken. Groen gas wordt immers 'simpelweg' verbrand voor verwarming, koken of transport. Wellicht is er straks enkel groene stroom uit wind- of zonne-energie beschikbaar voor deze doeleinden.

MILENA-VERGASSER



mentele techniek: biomassavergassing. Dit is geen biologisch, maar een thermisch proces. Afvalverwerker HVC en onderzoeksinstituut ECN hebben gevorderde plannen voor een demonstratie-installatie voor biomassavergassing met een vermogen van 12 MW in Alkmaar. Deze zal draaien op niet-eetbare houtachtige biomassa zoals sloophout, snoeiafval, stro en gras, en moet 5 miljoen kuub groen gas per jaar leveren. Dat is een zesde van de huidige Nederlandse productie aan groen gas. De installatie wordt een grotere uitvoering van de proefinstallatie van 800 kW (150 kilo hout/snoeiafval per uur) die sinds 2008 op het terrein van ECN in Petten draait. Maar ook de demonstratie-installatie is een 'tussenmaatje' dat vooral bedoeld is om de technologie op grotere schaal te testen. Het uiteindelijke doel is om een tienmaal zo grote installatie te bouwen die veel rendabeler is en daadwerkelijk een energiecentrale genoemd kan worden.

De kern van de geplande biomassavergasser is de door ECN zelf ontwikkelde MILENA-vergassingstechnologie. Een MILENA-vergasser (zie figuur) bestaat uit een hoog vat met daarin een verbrandingsreactor (blauw) én een vergassingsreactor (oranje). Beide reactoren zijn deels

gevuld met 'bubbelend' heet (900 °C) olivijngruis ((Mg,Fe)₂SiO₄). Fijngesnipperd hout wordt onder in de vergassingsreactor geblazen met hete stoom. De organische moleculen ontleden bij aanraking met het hete 'zand'. Doordat er weinig zuurstof aanwezig is, ontstaat er koolstofmonoxide (CO), waterstof (H₂) en methaan (CH₄) (onvolledige verbranding). Het olivijn is geen echte katalysator, maar stuurt de reactie wel enigszins in de gewenste richting. Het zand koelt een graad of 50 af in de vergassingsreactor. De gassen verlaten de vergasser aan de bovenzijde. Niet-vergaste biomassa valt terug en komt in het hete zand van de verbrandingsreactor terecht. Hier is meer zuurstof aanwezig, waardoor het volledig verbrandt (tot CO₂ en H₂O). Deze verbranding warmt het zand weer op en houdt zo de vergassingsreactor aan de praat.

TEER

Het gas uit de biomassavergasser wordt allereerst ontdaan van teer, een mengsel van organische stoffen met veel polycyclische aromaten. Het taai goedje verontreinigt en verstopt apparatuur, en is een belangrijke reden waarom biomassavergassing niet eerder een grote vlucht heeft genomen. In Petten wordt teer weggevangen in een 'OLGA' (Olie Gas-wasser). De wasser is een kolom waarin het gas omhoog stroomt onder een 'douche' van een zware olie. Zwaardere teerdeeltjes condenseren en stromen met de olie naar beneden. Ze worden afgescheiden en teruggevoerd naar de vergasser voor verbranding. In een volgende kolom, bij lagere temperaturen, worden de lichtere teerdeeltjes geabsorbeerd door de wasolie. Wanneer de wasolie verzadigd is met teer, wordt er hete lucht door geblazen, waardoor het teer weer 'verdamp't'. Ook deze 'damp' gaat terug naar de vergasser. Is alle teer verwijderd, dan volgen wasstappen voor chloor, zwavel en ammoniak.

Het verkregen gas, een mengsel van vooral CO, H₂ en CH₄, kan direct worden verbrand in een gasmotor of gasturbine voor de productie van groene stroom, maar het kan ook worden omgevormd tot zuiver biomethaan, vaak aangeduid als bioSNG (Bio Synthetic Natural Gas). Deze methanisering (3 H₂ + CO → CH₄ + H₂O) gebeurt met een nikkelkatalysator. Bij biomassavergassing ligt de H₂/CO-verhouding in het productgas gewoonlijk tussen 0,3 en 1,8, terwijl de methanisering het best verloopt bij waarden hoger

OLDTIMER OP BIOGAS



Foto: www.busbrief.nl

Vanwege gebrek aan benzine werden tijdens de Tweede Wereldoorlog auto's, bussen en tractoren voorzien van een houtvergasser. Na de oorlog raakte het 'groene gas' echter snel in de vergeethoek.

dan 3. De juiste verhouding kan worden verkregen door de zogeheten watergas-shiftreactie: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{CO}_2$. Om uiteindelijk biomethaan in handen te krijgen, zul je nog wat koolstofdioxide moeten verwijderen (zie Basis). Met de MILENA-technologie kun je biomassa met 70 procent rendement omzetten in groen gas, aldus ECN.

Voor echt grootschalige vergassing is de beschikbare houtachtige biomassa in Nederland overigens onvoldoende. Daarvoor zou biomassa moeten worden geïmporteerd, bijvoorbeeld uit tropische landen waar het snel groeit. Maar een berekening van AgentschapNL uit 2011 laat zien dat middelgrote vergassingsinstallaties (50 MW) op locaties waar veel snoeiafval of houtafval vrijkomt, toch rendabel kunnen zijn.

ZEEWIER



Foto: www.kennislink.nl

In het gebied van de Eems en Dollard spoelt jaarlijks tot 150.000 m³ zeewier aan op de kust. Nu belandt het nog in verbrandingsovens, maar het Groningse bedrijf BioClear onderzoekt of het zeewier ook vergist kan worden tot groen gas. Mocht het project een succes worden, dan valt ook zeewierteelt te overwegen.

Meer weten

AANBEVOLEN LITERATUUR

- *Biogas from waste and renewable resources*, Dieter Deublein & Angelika Steinhauser, Wiley 2008.
- *Beginners Guide to Biogas*, University of Adelaide, www.adelaide.edu.au/biogas.
- *Heldergroen gas*, Visierapport Natuur & Milieu, mei 2011,
- *Groen gas*, Studie SenterNovem 2007.
- *Haalbaarheid van kleinschalige vergassing van biomassa tot groen gas*, Adviesrapport E-Kwadraat, 2009.
- *Vergisting. Omzetten van biomassa in een energierijk gas*. Brochure Biogas-E/ODE-Vlaanderen 2006.
- *Groen gas. Motor voor verduurzaming*. Brochure Het Nederlands Expertisecentrum voor Biomassavergassing 2011.
- Eerste mestraffinerij betekent doorbraak in kringloopdenken op melkveebedrijf, *Veeteelt*, December 2010, 18-19.

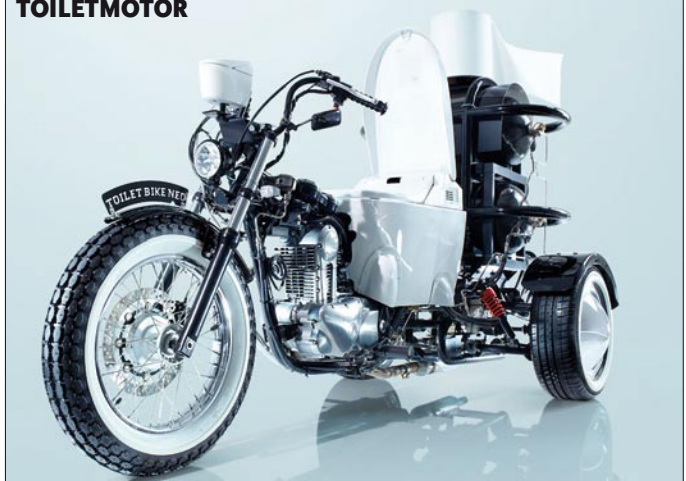
AANBEVOLEN WEBSITES

- www.groengas.nl
- www.groengasmobiel.nl; www.iktankgroen.nl
- www.biogascentrum groningen.nl
- www.milenatechnology.com
- www.host.nl/nl/microferm
- www.wikimobi.nl
- www.iea-biogas.net
- www.greengasgrids.eu

VOOR OP SCHOOL

1. Gasmengsels met veel methaan zijn bekend onder diverse namen. Noem naast groen gas nog drie namen.
2. Zoek op het web de samenstelling van een menselijke wind en van biogas uit rioolslib. Waardoor ontstaan de verschillen?
3. Methaan zorgt – in gelijke hoeveelheden – voor een groter broeikaseffect dan koolstofdioxide. Geef een verklaring.

TOILETMOTOR



Dit is de Toilet Bike NEO van de Japanse badkamerfabrikant TOTO. Het lijkt anders, maar de motor loopt op biogas geproduceerd uit mest en afvalwater, en promoot het duurzaamheidsbeleid van het bedrijf.

4. Waardoor kan biogas niet zonder meer aan het aardgas worden toegevoegd?
5. Maak een lijst met argumenten die pleiten voor een hogere productie van biogas en van argumenten tegen sterke productieverhoging. Pleit een kwartier voor biogas en een kwartier tegen biogas.
6. Wat is het onderscheid tussen aerobe vergisting en anaerobe vergisting?
7. Geef in reactievergelijkingen de hydrolyse van eiwitten en koolhydraten weer. Geef ook de reactievergelijking van de hydrolyse (verzeping) van vetten (triglyceriden) weer.
8. Waardoor kunnen micro-organismen minder goed overweg met lignines (houtstoffen)? Zoek de chemische structuur van lignines.
9. Wat zijn de officiële namen van azijnzuur, propionzuur en boterzuur?
10. Geef aan de hand van de molecuulformules aan waardoor oliën en vetten meer biogas leveren dan koolhydraten en eiwitten.

COLOFON

Chemische Feitelikheden: actuele encyclopedie over moleculen, mensen, materialen en milieu. Losbladige uitgave van de KNCV, verschijnt driemaal per jaar met in totaal tien onderwerpen.

Redactie:
Corry van Driel (C2W)
Gerard Stout (NHL Hogeschool)

Basisontwerp: Menno Landstra

Redactie en realisatie:
Bèta Publishers
tel. 070-262 91 00
info@betapublishers.nl

Opmaak:
F.Koeman DTP Services
f.koeman@casema.nl

Fotoverantwoording:
Foto's zonder bronvermelding zijn afkomstig van www.istockphoto.com

Uitgever:
Sijmen Philips, Bèta Publishers
Postbus 19949, 2500 CX Den Haag
tel. 070-26 29 100, info@betapublishers.nl

Abonnementen:
Abonnementenland, Antwoordnummer 1822
1910 VB Uitgeest
tel. 0900-226 52 63 (€ 0,10/minuut)
klantenservice@aboland.nl

Abonnementen kunnen elk gewenst moment ingaan. Wij hanteren de opzegregels uit het verbintenisrecht. Wij gaan ervan uit dat Chemische Feitelikheden altijd wordt ontvangen uit hoofde van het beroep.

Hierdoor wordt het abonnement automatisch met een jaar verlengd tenzij 2 maanden vóór de einddatum een opzegging is ontvangen.

Een abonnement op Chemische Feitelikheden geeft via de website toegang tot tien nieuwe edities per jaar en het totale online archief. Daarnaast ontvangen abonnees in drie zendingen per jaar de losbladige edities.

Tarieven vanaf 2012
Voor particulieren:
Online toegang met inlogcode en papieren editie (inclusief verzamelmap): € 79,95.
Leden van KNCV, KVCV en NVON krijgen € 10,- korting.

Voor bedrijven en (onderwijs)instellingen:
Onbeperkt toegang tot de digitale edities op basis van IP-adres en papieren editie in drievoud (inclusief verzamelmappen): € 240,-.

GROEN GAS

editie 67
nummer 283
mei 2012

Met dank aan:

- Mathieu Dumont, Agentschap.NL
mathieu.dumont@agentschapnl.nl
- Willem Wiskerke, Natuur & Milieu
w.wiskerke@natuurenmilieu.nl
- Paul Harkema, GET, AgriModem
p.harkema@get-technologies.com
- Bram van der Drift, ECN
vanderdrift@ecn.nl

ISSN 0168-3349

KNCV