

1 Procesbeschrijving proefneming/pilot Groene Hart Waterstof



Aannemingsbedrijf Vermeulen Benthuisen b.v., Hazerswoude-Dorp wenst, samen met haar partner, Nettenwag b.v., Boskoop een proefneming uit te voeren op basis van geselecteerde organische reststoffen op haar bedrijfsterrein met als doel productie van biochar en opwekking van elektriciteit en waterstof. De elektriciteit wordt omgezet in warmte en de aanmaak van waterstof wordt met de proefneming aangetoond.

De proefneming is een samenwerkingsverband waarvoor een samenwerking overeenkomst is opgesteld en getekend tussen Nettenwag b.v. uit Boskoop en Aannemingsbedrijf Vermeulen Benthuisen b.v..

Er is, voor de proefneming, sprake van twee bedrijven op 1 locatie, Hoogeveenseweg 4, Hazerswoude-Dorp.

De installatie voor de proefneming heeft een productiepotentieel van 0,5 kg H₂/h en zal het aangeleverde organisch materiaal vergassen, biochar produceren en het geproduceerde synthese gas omzetten in waterstof.

De pilot en alle hieraan geallieerde processen/activiteiten zijn ondergebracht in een tijdelijke separate plek op het terrein voorzien van een half-open overkapping. Deze halfopen constructie (ruimte) heeft een vloeroppervlak van ca 140. m² en een hoogte van ca 5. m. Tevens is binnen deze opstelling een tijdelijke ruimte ingericht als control-unit van waaruit de installatie gemonitord en bediend kan worden. De opstelling is separaat ingericht en afgeschermd van andere activiteiten op het terrein.

De processen die plaatsvinden m.b.t. de pilot kan globaal worden onderscheiden in een aantal secties die hierna afzonderlijk zijn uitgewerkt, namelijk:

- a) Aanvoer van biomassa
- b) Het verwerken van biomassa tot voeding voor de vergasser \
 - De tijdens de beproefneming voorziene hoeveelheden bermgras en snoeihout, beide ca 9000kg.
- c) Het vergassen van de biomassa in een vergasser
- d) Het reinigen van het synthese gas uit de vergasser
- e) Het verbranden van het synthese gas in een gasgenerator
- f) Het omzetten van het synthese gas in waterstof met de SYN2H installatie

Het volgende activiteitenplan op hoofdlijnen is opgesteld waarin activiteiten en verantwoordelijkheden zijn bepaald voor fase 1.

Activiteit	Gericht op welk resultaat, product of dienst?	Wie verantwoordelijk?	Wie voert/voeren uit?	Planning Start	Planning Eind	Monitoring (hoe, wanneer?)
Maaien en snoeien/rooien	Bermmaaisel Hout (stammen, chips, shred)	Vermeulen Groep	Vermeulen Groep	Juni 2021	Dec 2021	Uitvoering afd. Groen Monitoring o.a. op droog materiaal, zonder al te veel zand/grondresten tussen het materiaal en visuele controle op zwerfafval.
Logistieke organisatie stromen	Verzamelen op eigen locatie en/of elders	Vermeulen Groep	Vermeulen Groep	Juni 2021	Dec 2021	Afd. Planning
Conversie en zeven	Verzamelen op eigen locatie en/of elders	Vermeulen Groep	Vermeulen Groep	Juni 2021	Dec 2021	Afd. Duurzaamheid en innovatie
Productie syngas	Productie syngas en elektriciteit en biochar	Nettenenergy	Nettenenergy	Juni 2021	Dec 2021	Procestechnoloog
Opstellen voortgangs- en eindrapportages	Rapportages	Nettenenergy en Vermeulen Groep	Nettenenergy en Vermeulen Groep	Juni 2021	Dec 2021	Afd. Duurzaamheid en innovatie en Procestechnoloog

2 Voedingen Installatie

Aanvoer van organisch materiaal

Het organisch materiaal (bermmaaisel en snoeihout) uit de beheer- en onderhoudscontracten van Vermeulen komt als vrijkomend materiaal vrij bij de uitvoering van de maai- en snoeiwerkzaamheden van Vermeulen zelf. Normaal gaat dit materiaal naar een composteerder en/of biomassacentrales. De aanvoer geschiedt door vrachtauto's.

Verwerken van het organisch materiaal

Het aangeleverde organisch materiaal moet eerst verwerkt worden naar de specificaties van de vergasser. (Zie bijlage A)

Bermgras

Bermgras wordt aangevoerd in balen van ca. 800-1000 kg en moeten eerst vermalen worden tot kleinere fractie en daarna gepelletiseerd.

Het verhakselen gebeurt door een (stro)hakselaar.

Het pelletiseren gebeurt door een elektrisch aangedreven pelletiseer machine van ca. 250 kg/h.

Snoeihout

Snoeihout wordt aangevoerd in chips en shreds en moet eerst verkleind worden tot snippers. Dit wordt uitgevoerd door een shredder met nageschakelde zeef.

Het verwerkte organisch materiaal wordt opgeslagen in de overdekte ruimte c.q. vaten voor de pellets.

In het beproevingsjaar 2021-2022 zal de inspanning zijn om het volgende te bepalen:

- Verhouding en hoeveelheid te produceren synthese gas (syngas) uit reststroom A bermgras en B snoeihout.
- Aan de hand daarvan bepalen we voor de dimensionering van de SYN2H installatie. En de wenselijkheid van waterstof-opslag zal ook nog moeten worden bepaald.

3 Vergassing Installatie

Vergassen van het organisch materiaal

Het vergassen van het organisch materiaal gebeurt in een vergasser. Dit is een verticale reactor waar aan de bovenkant het materiaal wordt gedoseerd via een transportband. Het materiaal wordt in de reactor omgezet in synthese gas en kool. De vergasser wordt via de bovenkant ook gevoed met lucht die door een ventilator in de synthese gas reinigingssectie wordt aangezogen. De reactor staat dan ook op een lichte onderdruk van een aantal mbar. In de reactor reageert het materiaal met de lucht door partiële oxidatie. Omdat met een *ondermaat* lucht wordt gewerkt vindt er dus geen totale verbranding van het materiaal plaats. De geproduceerde kool wordt via de onderkant van de reactor continu afgevoerd in een gesloten vat d.m.v. een transportschroef.

Het synthese gas verlaat de reactor via de zijkant en passeert daarbij een cycloon (voor fijne stof afvang) en lucht gekoelde warmtewisselaars. Verwarmde lucht van maximaal 100°C wordt afgelaten naar de atmosfeer.

De vergasser verwerkt circa 25 kg/h en produceert circa 2.5 kg/h aan koolfractie.

Reinigen van synthese gas

Het gekoelde synthese gas wordt in een natte gas reiniging verder gekoeld met een gesloten vloeistofcircuit. Hiervoor wordt het gas intensief gemengd met vloeistof gevolgd door een vloeistof-gas scheiding. Hierbij wordt de teer uit het synthese gas verwijderd

De gas reiniging verwerkt 30-35 m³/h aan synthese gas (60°C, 1 bar) en produceert 0,1 kg/h aan teer. De teer wordt continu verwijderd naar een gesloten vat. Typische samenstelling van het synthese gas is terug te vinden in bijlage B.

4 Toepassingen synthese gas

4.1 De gasgenerator

De gasgenerator is een standaard gasgenerator geleverd door Kemper en van Twist (Dordrecht) model KVT PG33 met een continu elektrisch vermogen van 31 kVA (25 kW) op aardgas gestookt. Op synthese gas is het afgegeven elektrisch vermogen een stuk lager (15kW) doordat het synthese gas laag calorisch is. De rookgassen verlaten de generator via zijn uitlaat.

De opgewekte elektriciteit wordt gedurende de testen omgezet in warmte d.m.v. een elektrische kachel van 15kW of afgegeven aan een laadpaal voor het opladen van elektrische voertuigen.

4.2 De SYN2H installatie

De SYN2H installatie zet synthese gas om in zuiver waterstof. Hiervoor wordt stoom toegevoegd om de CO en koolwaterstoffen (CH₄+) ook om te zetten in waterstof en CO₂.

De waterstof wordt daarna gescheiden van de hoofdstroom. De SYN2H reactor zal op atmosferische druk bedreven worden. De reacties vinden plaats zonder gebruik te maken van een katalysator. De hoofdstroom, een mengsel van N₂,CO₂,H₂O wordt afgelaten naar de atmosfeer.

De stoom wordt opgewekt door een warmtewisselaar op de uitgang van de reactor.

De geproduceerde waterstof wordt direct verbrand en niet opgeslagen in tanks.

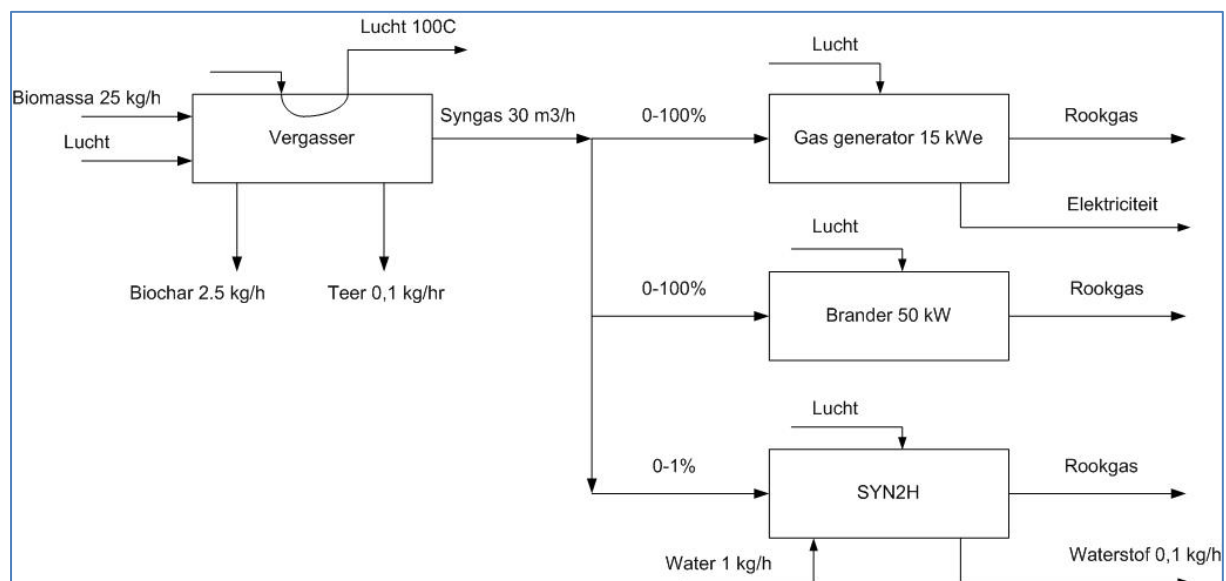
NB. De SYN2H installatie kan parallel aan de gasgenerator opereren en zal < 10% van het geproduceerde syngas omzetten naar waterstof.

4.3 De Brander

Het synthese gas kan direct verbrandt worden in een 100kW brander met overmaat lucht.

De brander wordt parallel geschakeld aan de gasgenerator en de SYN2H installatie

4.4 Proces schema



5 Toepassingen kool fractie

De koolfractie is een mogelijk aantrekkelijk restproduct en wordt door zijn organische oorsprong ook wel biochar genoemd. Toediening van biochar in de bodem blijkt de bodemvruchtbaarheid te vergroten en broeikasgasemissies uit de bodem te verminderen en ook koolstofvastlegging te bevorderen.

1 ton biochar in de bodem is equivalent aan 3 ton CO₂ afvang.

<https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/Environmental-Research/Faciliteiten-Producten/Laboratoria-Omgevingswetenschappen/Bodem-Hydro-Fysisch-Laboratorium/Onderzoek-1/Biochar.htm>

Het adviesbureau Delphy heeft op de proeftuin in Boskoop onderzoek gedaan naar het gebruik van biochar als turfvervanging.

De geproduceerde kool zal aan Delphy aangeboden worden voor verder onderzoek. Vanuit bedrijven op GreenPort Boskoop is belangstelling voor de proefneming zowel voor de producten warmte als biochar.

6 Toepassing teer fractie

De teerfractie is een mogelijk additief/vervanger van bitumen. Er zijn contacten met het bedrijf Latexfalt in Koudekerk aan den Rijn voor verder onderzoek hiernaar.

7 Milieueffecten

Geluid

Het hardste geluid wordt veroorzaakt door de gas generator die in een geluidsdichte kast is geplaatst. < 85 dBA op 1 meter. De compressor wordt gebruikt om de regelkleppen te bedienen (95 DBA), maar draait niet continu. Verder wordt geluid geproduceerd door de elektromotoren.

Bodem

Niet van toepassing. Eventuele lekkage wordt voorkomen door zeil onder de installaties. De installaties zelf staan op een asfalt vloer.

Afvalwater

Er wordt geen afvalwater geproduceerd

Emissies

Emissies ontstaan uit de brander, gas generator en de SYN2H installatie. Dit zijn verbrandingsgassen van syngas met overmaat/stoichiometrische hoeveelheden lucht. Het syngas heeft een laag calorische waarde (Zie bijlage).

Emissies zijn beperkt door de beperkte capaciteit van de installatie (25 kg/h). De gebruikte voedingen zijn zeer laag in zwavel gehalte.

Geur

Verwachting is dat de installatie geen geurcontour veroorzaakt. De verbranding van het synthesegas kan beter gecontroleerd worden dan directe biomassa verbranding omdat er altijd met voldoende lucht geopereerd kan worden. De installatie staat van de gebouwen af en de normale windrichting is niet gericht op omwonenden.

8 Veiligheid

Installatie is separaat ingericht en afgeschermd van andere activiteiten op het terrein. Fysieke veiligheid wordt geborgd via veilig werk instructies vanuit Vermeulen Groep.

Sinds 2019 past Vermeulen Groep een veiligheidsapp toe genaamd VeiligWerk in het kader van de 'Veilig op Weg' veiligheidscampagne. Deze werkt organisatiebreed en is door de afdeling KAM (Kwaliteit Arbeid Milieu) uitgerold. Vermeulen is gecertificeerd volgens De Veiligheidsladder.

De Veiligheidsladder stimuleert het veiligheidsbewustzijn en bewust veilig handelen. Het doel is het terugdringen van het aantal onveilige situaties met minder incidenten (verzuim, schades) tot gevolg.

De installatie wordt uitsluitend door Nettenergy bediend volgens een vast Veiligheidsprotocol. De installatie zelf heeft een volautomatisch veiligheidssysteem. Gelet op de beperkte capaciteit van de installatie en het ontbreken van grote volumes is de verwachting dat impact van operationele verstoring klein is.

Er is een Taak-Risico Analyse uitgevoerd. Zie bijlage C.

Het Veiligheidsprotocol GH2 geldend voor de proefneming wordt opgesteld. Zoals bijvoorbeeld bij bezoek van derden aan de installatie, deze installatie altijd zijn uitgeschakeld, bezoekers dienen zich aan te melden bij de receptie).

9 Floorplan

Er is een floorplan opgesteld. Details in een aparte bijlage. Op deze tekening staan de volgende zaken:

- Transportband voor het voeden van de vergasser
- De vergasser
- De SYN2H installatie
- De brander
- De gasgenerator
- De elektrische heater
- Opslag materialen
- 40ft container als kantoor.

De opstelling van het gebouw is met een kant naar een betonnen buiten muur en naar de andere kant is het open. Hierdoor zijn geen aparte vluchtroutes nodig. De locatie kan ten allen tijden worden ontruimd zonder obstakels.

BIJLAGE A: Specificaties voeding Vergasser

Houtsnippers

Deeltjesgrootte < 20 mm
 As gehalte < 2.0 w%
 Vrij van metalen, plastic, glas
 Vocht gehalte < 25.0 w%

Pellets

Deeltjesgrootte 6x20 mm
 As gehalte < 2.0 w%
 Vocht gehalte < 15.0 w%
 Vrij van metalen, plastic, glas

BIJLAGE B: Typische samenstelling Synthese gas (droog)

Component		
Argon	Mol%	0,65
Waterstof	Mol%	8,16
Zuurstof	Mol%	0,70
Stikstof	Mol%	55,97
Kooldioxide – CO ₂	Mol%	17,74
Koolmonoxide – CO	Mol%	11,62
Methaan	Mol%	2,0
C ₂ +	Mol%	Restant
Calorische waarde inf.	MJ/m ³	6,3
Calorische waarde sup.	MJ/m ³	6,78
Soortelijke Massa	Kg/m ³	1,31

BIJLAGE C: Taak-Risico Analyse

Activiteiten	Uitvoerende partij	Risico	Risico-oorzaak	Beheersmaatregelen
Inrichten locatie proefneming op terrein * opbouw constructie overkapte hal, plaatsing portocabin, aanbrengen elektra	Vermeulen	Veiligheid op de bouwplaats	Te weinig onderlinge communicatie en/of vastleggen van afspraken	Toezicht door Terreinmeester Personeel informeren over de activiteiten
Aanleveren, plaatsen en aansluiten installaties Gasfier, Gasgenerator, SYN2H, brander, compressor, heater	Nettenergy	Veiligheid op de inrichtingslocatie	Te weinig onderlinge communicatie en/of vastleggen van afspraken	Toezicht door Terreinmeester Personeel informeren over de activiteiten
Aanvoer van bermgras (feedstock) * hakselen * pelletiseren	Vermeulen	Veiligheid op de inrichtingslocatie	Te weinig onderlinge communicatie en/of vastleggen van afspraken	Afspraken met Projectleider Groen
Aanvoer van snoeihout (feedstock) * zeven	Vermeulen	Veiligheid op de inrichtingslocatie	Te weinig onderlinge communicatie en/of vastleggen van afspraken	Afspraken met Projectleider Groen
Testen van feedstock in Gasfier	Nettenergy	Veiligheid op de inrichtingslocatie	Te weinig onderlinge communicatie en/of vastleggen van afspraken	Toezicht door Terreinmeester Personeel informeren over de activiteiten
Testen van feedstock in Gasfier	Nettenergy	Veiligheid op de inrichtingslocatie	Stroomuitval	Geen syngas productie meer, geen aanzuigen van lucht of dosering voeding naar reactor.
Testen van feedstock in Gasfier	Nettenergy	Veiligheid op de inrichtingslocatie	Drukopbouw	Gasfier reactor is open naar de buitenlucht. Syngas reiniging is open naar flare.
Verbranden van syngas in gasgenerator	Nettenergy	Veiligheid op de inrichtingslocatie	Gasgenerator valt uit	Syngas verbranden in brander, die parallel aanstaat.
Syngas in SYN2H opstelling	Nettenergy	Veiligheid op de inrichtingslocatie	SYN2H valt uit	Syngas verbranden in brander, die parallel aanstaat. SYN2H schakelt automatisch af
Syngas in SYN2H opstelling	Nettenergy	Veiligheid op de inrichtingslocatie	Waterstof vlam niet zichtbaar	Vlam omgeven met rooster zodat het niet aan te raken is.
Syngas in SYN2H opstelling	Nettenergy	Veiligheid op de inrichtingslocatie	Waterstof vlam gaat uit	Waterstof is lichter dan lucht en stijgt op - weg van enige ontstekingsaard. Inrichtingslocatie is geen afgesloten ruimte maar heeft natuurlijke ventilatie.
Monitoren van Testruns vanuit portocabin	Nettenergy	Diversen	Zicht op installatie	Plaatsen camera's
Tijdens de uit te voeren werkzaamheden	Vermeulen en Nettenergy	Veiligheid op de inrichtingslocatie	Te weinig onderlinge communicatie en/of vastleggen van afspraken	Nettenergy is in bezit van VCA-B; Voorlichting en instructie tijdens opstart-vergadering met Vermeulen Doornemen ontruimingsprocedure Toezicht op de locatie door Nettenergy Bezoek altijd aanmelden bij Nettenergy Uitvoeren van werkplekinspecties;
Tijdens de uit te voeren werkzaamheden: Logistiek in nabijheid van de proefneming	Vermeulen	Aanrijding omstanders door materieel Lichamelijk letsel omstanders	Betreden van het werkterrein Werkverkeer	Opgeruimd houden van de bouwlocatie; Plaatsen en onderhouden van tijdelijke verkeersmaatregelen en omleidingsroutes; Afschermen van het werkterrein; Personeel informeren over de activiteiten en aangeven dat het 'restricted area' is. Niet voor onbevoegden.
Tijdens de uit te voeren werkzaamheden	Nettenergy	Brand	Beschadiging installatie (degradatie)	Controle visueel vooraf en achteraf een testrun van de installatie. Gebruik van voorgescreven PBM's; Uitlezen van eventuele fouten in de installatie, Blusapparatuur
Tijdens de uit te voeren werkzaamheden: na kantoor tijden	Nettenergy	Brand	Nasmeulen van feedstock in reactor einde testrun	Door het ontbreken van zuurstof verstikt het proces.. Reactor wordt leeggemaakt naar afgesloten vat.