

Notitie **Basisbedragen voor grootschalige monovergisters**

Aan Ministerie van Economische Zaken

Kopie aan Sander Lensink ECN

Van Marc Londo ECN
 Hamid Mozaffarian ECN
 Edward Pfeiffer KEMA
 Xander van Tilburg ECN

1. Inleiding

Vanuit de markt zijn diverse signalen gekomen dat er grootschalige vergistingsinitiatieven in voorbereiding zijn, met name gekoppeld aan bedrijven waar grote hoeveelheden organisch restproduct vrijkomen, zoals suiker- en ethanolproductie. Meer algemeen gaat het veelal om residuen die vrijkomen in de voedingsmiddelen- en biobrandstoffensector. In tegenstelling tot covergisting wordt mest niet als grondstof gebruikt. Essentie van deze initiatieven is dat ze een substantieel grotere schaal hebben dan de huidige referentie voor de categorie ‘vergisting overige biomassa’. Bovendien kan de elektriciteits- en warmteopbrengst van deze systemen worden geïntegreerd in het bestaande productieproces. Kosten en opbrengsten, en daarmee het basisbedrag, liggen hierdoor mogelijk in een andere range dan die voor de categorie vergisting overige biomassa. Bij toekenning van een SDE-beschikking aan deze grote installaties, wordt tevens een grote verplichting aangegaan. Deze notitie geeft een overzicht van de opzet van deze vergisters, die verder aangeduid worden als ‘monovergisters’. Daarnaast bevat ze het resulterende basisbedrag.

Leeswijzer

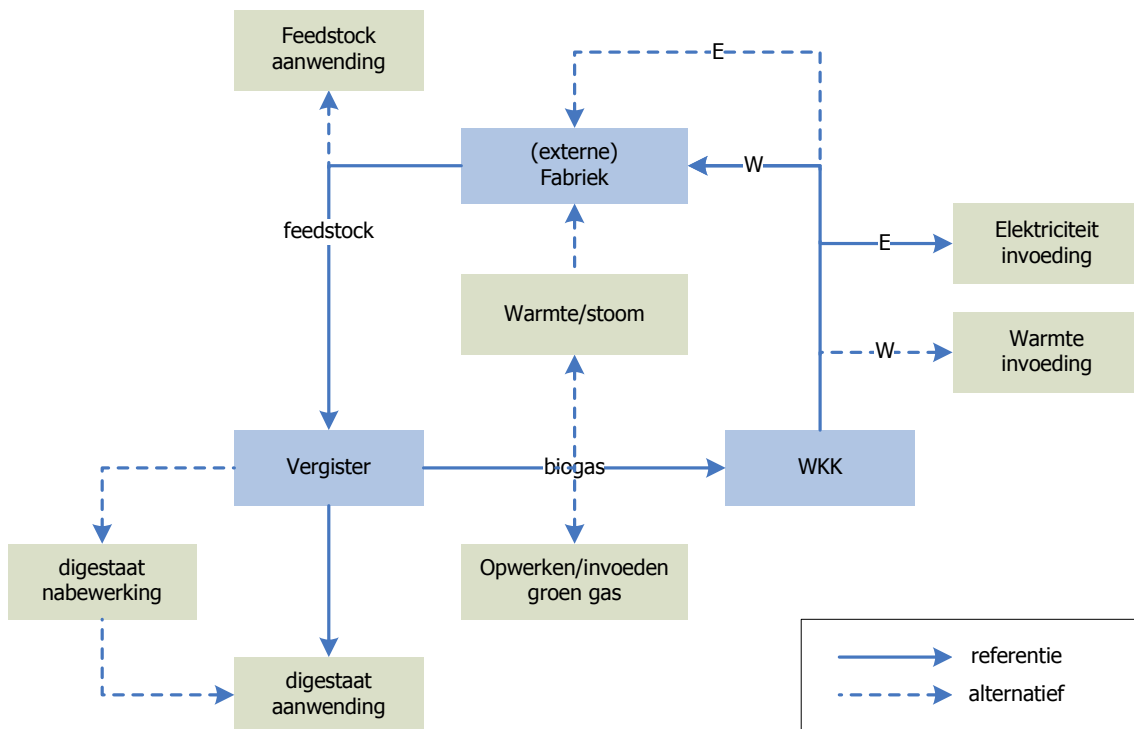
Deze notitie begint met een generieke case-beschrijving gevolgd door een gedetailleerde beschrijving van de vergister en de WKK-eenheid. Vervolgens worden de invoergrondstof en het digestaat beschreven en de mogelijkheid om groen gas, elektriciteit en warmte te leveren binnen of buiten het geïntegreerde concept. Paragraaf 6 bespreekt de systeemgrenzen op basis van de uitgangspunten in de SDE. Paragraaf 7 bevat een inschatting van de kosten, opbrengsten en basisbedragen. Deze paragraaf worden de basisbedragen ook vergeleken met installaties in de huidige SDE-categorieën. We eindigen met een korte conclusie.

2. Casebeschrijving

Ter illustratie beschrijft deze paragraaf een monovergister met residuen uit de voedings- en genotsmiddelensector. Bij deze vergistingsoptie wordt een bestaande fabriek uitgebreid met een energiebedrijf. Dat gebeurt op een geïntegreerde manier: De feedstock komt (hoofdzakelijk) uit de fabriek en de geproduceerde energie wordt (goeddeels) teruggeleverd aan dezelfde fabriek. Figuur 1 geeft een schematische weergave. Belangrijk is dat de vergister een alternatief is voor een aantal bestaande processen:

- VGI-residuen, die doorgaans als veevoeder worden afgezet, worden nu intern aangewend.

- Elektriciteit en warmte, die doorgaans fossiel worden opgewekt (met eigen opwekking of van het net) kunnen nu door een WKK, gekoppeld aan de vergister, worden geleverd.



Figuur 1: Schematische beschrijving een VGI-vergister en de inpassing in bestaande energie- en materiaalstromen

Concrete voorbeelden van grootschalige monovergisters zijn:

- Een suikerfabriek die de melasses en andere reststromen in een vergister inzet.
- Een bioethanolfabriek die het restproduct (bierbostel) inzet in een vergister.
- Een biodieselfabriek die koolzaad- en/of sojaschroot in een vergister inzet, eventueel in combinatie met de vrijkomende glycerine.
- Een aardappelverwerker die de stoomschillen en voor menselijke consumptie afgekeurde partijen gaat vergisten.

De referentiegrrootte van deze systemen varieert sterk, maar kan aanzienlijk groter zijn dan van de SDE-referentie vergisting overige biomassa van 2 MW_e. Gedacht moet worden aan enkele MW_e tot enkele tientallen MW_e. Ook de input van grondstoffen is beduidend hoger dan bij de referentie-installatie in de categorie 'overige vergisting' en bij co-vergisting, hoewel niet proportioneel omdat de biogasopbrengst per ton grondstof bij monovergisting relatief hoog is.

Dat de geproduceerde elektriciteit of het groen gas binnen het bedrijf kan worden gebruikt betekent overigens dat de SDE eigenlijk niet goed toegesneden is op deze systemen. De SDE is immers gebaseerd op een subsidie bij teruglevering aan het net. 'Intern' gebruik komt dan ook niet in aanmerking voor een SDE-vergoeding, tenzij gebruik wordt gemaakt van een privaat net, inclusief bijbehorende ontheffing. Daarom wordt er hier in de basisvarianten van uitgegaan dat de installaties hun elektriciteit of groen gas aan het net terugleveren. Met name voor groen gas kan intern gebruik aanzienlijke technische voordelen hebben, omdat bij direct gebruik het biogas veelal niet hoeft te worden gezuiverd tot aardgaskwaliteit maar vrijwel direct kan worden gebruikt voor bijvoorbeeld ondervuring in een stoomketel.

3. Vergister, WKK en gasinvoeding

Vergister

De vergister heeft de volgende eigenschappen:

- Veelal wordt er gewerkt met hoofd- en navergisting, waarbij de navergister een langere verblijftijd heeft.
- De vergister kan direct op de stromen van de fabriek worden aangesloten, of zodanig gescheiden zijn dat ook alternatieve grondstoffen kunnen worden aangewend;
- Net als bij andere vergistingsprocessen is de vergister gevoelig voor snelle veranderingen in de samenstelling van het substraat: een stabiele en hoge biogasproductie is gebaat bij een constante samenstelling.
- Schaafeffecten (kostendalingen doordat de schaal van vergisting relatief groot is) lijken voor dit onderdeel beperkt te zijn. De maximale grootte van een vergistingstank wordt beperkt doordat het materiaal gehomogeniseerd moet kunnen worden; ook de diameter van het dak van een vergister is aan een maximum gebonden. Op grote schaal worden dan ook vaak enkele tanks naast elkaar geplaatst.

WKK

Ook bij deze schaalgroottes is de gasmotor de meest conventionele optie om het biogas te verstromen. De gangbare maximale schaalgrootte voor een individuele gasmotor ligt rond de 1 MW_e; grotere gasmotoren bestaan wel maar zijn niet gangbaar in combinatie met vergisting. Bij productieniveaus boven 1 MW_e zullen deze units dan ook parallel geschakeld worden, waardoor kostenbesparing door schaalvergroting relatief beperkt is. Pas bij schaalgroottes van enkele tientallen MW_e komt de gasturbine (STEG) in beeld, die op deze schaal echter beperkte efficiencywinst biedt.

Gasinvoeding

Gasinvoeding vereist ook scheiding van het methaan uit het biogas, op specificatie brengen en comprimeren tot boven de druk in het gasnet. Bij de gasscheiding en het op specificatie brengen zijn schaalvoordelen te verwachten ten opzichte van de huidige referentieschalen voor groengasproductie. Deze worden deels teniet gedaan doordat invoeding van grote productievolumes toegang tot het regionale transportnet vereist. Dit betekent compressie tot hogere drukken en bovendien een langere transportafstand, aangezien dit net minder fijn vertakt is dan het distributienet waarop beperktere productievolumes kunnen worden ingevoerd. Bovendien zijn de specificaties voor invoeding op het regionale transportnet nog niet uitgekristalliseerd; een eerste pilot op dit gebied is in voorbereiding.

Bij de dimensionering van de installatie kunnen in principe drie grootheden bepalend zijn:

- De vraag naar warmte: de vergister dekt de warmtevraag van het hoofdproces, overschotten of tekorten aan elektriciteit worden opgevangen via het net.
- De vraag naar elektriciteit: de vergister-WKK dekt de elektriciteitsvraag; een overschot aan warmte wordt weggekoeld of extern geleverd, een warmtetekort wordt opgevangen door alternatieve warmteopwekking.
- De beschikbaarheid van substraat: de vergister is groot genoeg om de vrijkomende hoeveelheid residu te verwerken.

4. Feedstock en digestaat

De categorie monovergisters heeft betrekking op biomassa-residuen die direct vrijkomen uit de voedings- en genotsmiddelenindustrie of de biobrandstoffenindustrie. Onder laatstgenoemde valt de industrie voor de productie van bio-ethanol en biodiesel. De feedstocks bij VGI-vergisting zijn natte biomassastromen met een droge-stofgehalte van tussen 15 en 30 procent. De samenstelling ervan

is vrij constant over de tijd, hetgeen een voordeel is voor vergisting. Sommige initiatieven baseren zich op één grondstof, andere richten zich op een mix aan grondstoffen, die enigszins gevarieerd kan worden, bijvoorbeeld onder invloed van de ontwikkelingen in de veevoedermarkten. Ook de prijzen van de feedstocks worden in de eerste plaats bepaald door de veevoedermarkten, waar vrijwel alle grondstoffen een alternatieve aanwending hebben.

Het digestaat dat bij VGI-vergisting vrijkomt mag niet zonder meer als meststof worden aangevend in de landbouw. Dit is alleen standaardpraktijk bij covergisting, waarbij minimaal 50% van de input dierlijke mest is. Sommige initiatieven hebben nabehandeling van het digestaat voorzien, zoals het scheiden van een dikke fractie (met het merendeel van het fosfaat) en een dunne (met het grootste deel van het nitraat). De dunne fractie kan na zuivering worden geloosd; de dikke fractie kan met minder transportkosten worden afgevoerd. Sommige initiatieven voorzien dat deze stroom kan worden ingezet als vervanger van dierlijke mest (of zelfs als kunstmestvervanger). Naar verwachting moeten voor het afvoeren van deze stroom wel kosten in rekening worden gebracht.

5. Levering van elektriciteit, warmte, groen gas

Het geproduceerde biogas kan op diverse manieren worden aangewend; waarbij de meest logische optie afhankelijk is van de energievraag van het bedrijf waarmee de vergister wordt geïntegreerd.

- Wanneer de interne energiebehoefte in de vorm van elektriciteit en (laagwaardige) warmte aanzienlijk is, bijvoorbeeld bij de fabricage van ethanol en biodiesel, ligt de productie van elektriciteit en warmte het meest voor de hand. Zo kan de inkoop van aardgas en elektriciteit vermeden worden. Ook wanneer in de directe nabijheid van het bedrijf een externe afnemer voor warmte beschikbaar is, ligt WKK het meest voor de hand.
- Wanneer er vooral energiebehoefte is in de vorm van hoge-temperatuurwarmte, bijvoorbeeld voorzien met een stoomketel, ligt het voor de hand om het biogas na beperkte zuivering direct in te zetten voor ondervuring van de stoomketel en het zo te gebruiken als substituut voor in te kopen aardgas.
- De productie van groen gas of elektriciteit voor invoeding op het net zal alleen overwogen worden als het eigen verbruik naar verhouding beperkt is (suiker- en aardappelverwerking) en/of de inkoopkosten van energie naar verhouding laag zijn. Op de schaalniveaus van monovergisters (veelal enkele MW_e) is deze optie echter problematisch: er is nog geen praktijkervaring mee, en invoeding moet plaats vinden in het Regionale Transportleidingennet van Gasunie, dat op hoge drukken (40 bar) werkt en minder fijnvertakt is dan het distributienet, waardoor langere leidingen en additionele compressie nodig zijn.

De winst van monovergisting ligt dus met name in de synergievoordelen door energie-integratie. Probleem is echter dat de SDE momenteel alleen van toepassing is voor energie die aan het net wordt teruggeleverd. Voor elektriciteitsproductie kan dat worden ondervangen door levering via een privaat net, voor groen gas is dat ook mogelijk maar ligt het meer voor de hand interne levering te doen in de vorm van ruw biogas, niet als opgewerkt groen gas.

6. Systeemgrenzen

Omdat monovergisters geïntegreerd kunnen worden in een bestaande installatie is het afbakenen van de systeemgrenzen meer nog dan bij andere categorieën een essentiële stap; dit bepaalt hoe de verschillende opbrengsten en kosten in rekening worden gebracht. Net als bij AVI's ligt het voor de hand om de vergister als additionele optie te beschouwen, naast de kernactiviteit van het bedrijf. Daarnaast wordt er hier van uitgegaan dat de opgewekte elektriciteit of het groen gas wordt teruggeleverd aan het net.

Dat betekent dat:

- Aan de ‘voorkant’ van de vergister grondstofkosten in rekening worden gebracht tegen het tarief dat aan de fabriekspoort zou gelden voor de alternatieve toepassing;
- De nuttig te gebruiken restwarmte in rekening wordt gebracht als vermeden brandstofkosten, met als referentie aardgas met een opwekkingsrendement van 90%;
- Ervan uit wordt gegaan dat elektriciteit en/of groen gas dat wordt opgewekt volledig wordt teruggeleverd aan het net;
- De kosten voor het afvoeren van het digestaat verrekend worden in de grondstofkosten, op dezelfde manier waarop dat ook in de categorie covergisting van dierlijke mest gebeurt.

7. Technisch-economische parameters en basisbedragen

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de inschattingen ten aanzien van de technisch-economische parameters en de daaruit resulterende basisbedragen. Eerst gaan we in op de grondstofkosten, daarna wordt de WKK-optie behandeld, met elektriciteit en warmteproductie. Ten slotte komt de groengasoptie aan bod.

Grondstofkosten

Voor de berekening van de grondstofkosten is aangenomen dat de substraatkosten 20 €/ton bedragen en de afvoerkosten voor digestaat € 10/ton. Voorts is aangenomen dat het volume van het digestaat 70% bedraagt van dat van het substraat. Daarmee komen de grondstofkosten op $(20 + 10 \cdot 0,7 =) 27$ €/ton. Kosten voor het substraat variëren sterk tussen de verschillende soorten grondstof. Echter, wanneer we corrigeren voor de verschillen in energie-inhoud en methaanopbrengsten komen we op een relatief constante prijs per GJ energie in het substraat van rond de 4 €/GJ. Daarom wordt in het model gerekend met een substraatprijs van 20 €/ton met een energie-inhoud van 5 €/GJ. De kosten voor afvoer van het digestaat zijn ook gebaseerd op praktijkgegevens voor monovergisters.

WKK

De vermeden brandstofkosten bij de WKK-opties zijn te relateren aan het grootverbruikertarief voor aardgas, de transportkosten zijn beperkt, zo ook de transportverliezen. De case met alleen elektriciteitsopwekking is fictief, in de praktijk zal er naast de opwekking van elektriciteit altijd warmte-uitkoppeling plaatsvinden.

Ondanks grote variaties in schaalgrootte bij de gevonden cases liggen hun economische prestaties redelijk dicht bij elkaar in de buurt, vooral als gevolg van het nagenoeg ontbreken van schaalgrootte-effecten.

In Tabel 1 staan de referentiegroottes, technisch-economische parameters en het resulterende basisbedrag voor WKK vermeld voor de nieuwe VGI-referentie en, ter vergelijking, voor covergisting en vergisting overige biomassa.

Tabel 1: *Technisch-economische parameters en bijbehorende basisbedragen voor WKK-opties*

| Optie | | Co-vergisting, 800 kW _e (eindadvies 2009/2010) | GFT-vergisting, 2 MW _e (eindadvies 2009/2010) | Voorstel: 4000 kW _e met aanzienlijke warmtebenutting | Voorstel: 4000 kW _e zonder warmtebenutting |
|--------------------------|----------------------|--|---|---|--|
| Conversietechniek | | Gasmotor | Gasmotor | Gasmotor | Gasmotor |
| Investeringskosten | [€/kW _e] | 3000 | 4885 | 3200 | 2900 |
| Bedrijfstijd/vollasturen | [Uren/jr] | 7500 | 8000 | 8000 | 8000 |
| Vaste O&M-kosten | [€/kW _e] | 240 | 445 | 210 | 180 |
| Energie-inhoud | [GJ/ton] | 2,9 | 2,5 | 5,0 | 5,0 |
| Brandstofkosten | [€/ton] | 21 | 0 | 27 | 27 |
| Elektrisch rendement | | 26% | 26% | 26% | 26% |
| Thermisch rendement | | 3% | 3% | 8% | 0% |
| Vermeden brandstofkosten | [€/m ³] | 19,0 | 19,0 | 20,0 | n.v.t. |
| Basisbedrag | [€/ct/kWh] | 20,1 | 14,4 | 15,9 | 15,8 |

Groen gas

De onzekerheden in de kosten zijn bij groen gas substantieel hoger dan die bij WKK. Dit uit zich ook in een grote bandbreedte in investerings- en O&M-kosten tussen de verschillende beschouwde cases. Uitgangspunt is de berekening is opwerking naar aardgaskwaliteit.

In Tabel 2 staan de referentiegroottes, technisch-economische parameters en het resulterende basisbedrag voor groen gas vermeld voor de nieuwe VGI-referentie en, ter vergelijking, voor covergisting en vergisting overige biomassa.

Vermeldenswaard is de mogelijkheid die VGI-vergisters hebben om het ruwe biogas voor de interne processen in te zetten. Wanneer het biogas direct intern wordt ingezet, worden de kosten voor het zuiveren tot aardgaskwaliteit vermeden, evenals de kosten voor een invoedingsstation. Deze bedragen meer dan 1/3 van zowel investeringskosten als O&M-kosten, en ook wordt een deel van de elektriciteitsvraag vermeden. Er dient tevens rekening gehouden te worden met eventuele meerkosten voor het ombouwen van bijvoorbeeld gasbranders teneinde ruw biogas te kunnen stoken. De kosten hiervoor zijn naar verwachting echter relatief beperkt.

Tabel 2: *Technisch-economische parameters en basisbedragen voor groengasopties*

| | | Co-vergisting 600 kW _e -eq (eindadvies 2009/2010) | Co-vergisting 2 MW _e -eq (eindadvies 2009/2010) | GFT-vergisting, 500kW _e -eq (eindadvies 2009/2010) | Voorstel: 4 MW _e -eq naar groen gas |
|--|------------------------------------|---|---|--|---|
| Referentie grootte | [Nm ³ /h biogas] | 270 | 875 | 225 | 1900 |
| Techniek gasscheiding | | Gaswas. | Gaswas. | Gaswas. | Gaswas. |
| Bedrijfstijd | [Uren/jr] | 7500 | 7500 | 8000 | 8000 |
| Investeringskosten | [€/Nm ³ /h biogas] | 8370 | 6080 | 13100 | 7500 |
| Vaste O&M-kosten | [€/Nm ³ /h biogas] | 680 | 500 | 1300 | 500 |
| Energetisch rendement vergister | [%] | 67 | 67 | 67 | 67 |
| Energie-inhoud substraatmix | [GJ/ton] | 2,9 | 2,9 | 4,5 | 5,0 |
| Substraatkosten | [€/ton] | 21 | 21 | - | 27 |
| <i>Elektriciteits- en warmteopwekking:</i> | | | | | |
| Warmtevraag (wasser bepalend) ¹ | [MJ/Nm ³ biogas] | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 |
| Elektriciteitsvraag gasreiniging | [kWh/Nm ³ biogas] | 0,15 | 0,30 | 0,15 | 0,30 |
| Elektriciteitsvraag vergister | [Nm ³ /h biogas] | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Basisbedrag | [€/ct/Nm ³ gaslevering] | 90,5 | 83,6 | 73,8 | 74,1 |

8. Conclusie

Voor de productie van elektriciteit en warmte wordt een basisbedrag voor grootschalige monovergisters geadviseerd van 15,9 €/kWh. Voor de productie van groen gas wordt een basisbedrag van 74,1 €/Nm³ geadviseerd. Mede door de geringe kostenverschillen in de brandstof, heeft de brandstofsoort een relatief geringe invloed op de basisbedragen. Het is de verwachting daarom dat het merendeel van de grootschalige monovergistingprojecten gerealiseerd kunnen worden met de genoemde basisbedragen.

Referenties

Tilburg, X. van, S.M. Lensink, H.M. Londo, J.W. Cleijne, E.A. Pfeiffer, M. Mozaffarian en A. Wakker (2008): *Technisch-economische parameters van duurzame elektriciteitsopties in 2009-2010 - Conceptadvies basisbedragen voor de SDE-regeling*. ECN-C-08-066 Amsterdam, januari 2008.

¹ Dit is de warmtevraag van de gaswasser. Dit komt overeen met 10% van het geproduceerde biogas.