



RESOR - Renewable Energy Sources as a Chance for Development for the Rural Areas



Module Nº 2: Biogás

Por ARID

Definición de biogás

El biogás suele ser una mezcla de diferentes gases producidos a partir de materiales orgánicos en un entorno sin oxígeno (anaeróbico). El biogás obtenido se utiliza principalmente para producir electricidad y calor renovable.

El biogás consiste principalmente en una mezcla de metano (CH₄) (50-75%) y dióxido de carbono (CO₂) (25-45%) y puede tener pequeñas cantidades de sulfuro de hidrógeno (H₂S) (0,1-5,5%), humedad/agua (2-7%) y siloxanos. El gas es el resultado de un proceso de digestión anaeróbica: "un proceso en el que los microorganismos obtienen energía y crecen metabolizando la materia orgánica en un entorno sin oxígeno, lo que da lugar a la producción de metano".



Fuente: own picture

Definición de biogás

Para un buen proceso de digestión anaeróbica, los insumos de biomasa deben contener carbohidratos, proteínas, grasas, celulosa y hemicelulosas. El rendimiento final de gas depende del contenido de carbohidratos, proteínas y grasas. (Aspectos económicos e institucionales de la producción de biogás, 2012).

El biogás es conocido como una fuente de energía respetuosa con el medio ambiente porque alivia simultáneamente dos grandes problemas medioambientales:

1. La epidemia mundial de residuos que libera niveles peligrosos de gas metano cada día,
2. La dependencia de la energía de los combustibles fósiles para satisfacer la demanda energética mundial.



Fuente: wikipedia

Fuentes de biogás

La biomasa puede convertirse en otras formas útiles de energía, como el biogás. Para la producción de biogás agrícola pueden utilizarse sustancias orgánicas tanto de origen agrícola como industrial. Los principales sustratos de origen agrícola utilizados en la producción de biogás son el estiércol animal, los cultivos energéticos y los residuos de la cría de plantas, mientras que los sustratos industriales incluyen los residuos de la producción de alimentos, lácteos, azúcar y carne.

Así pues, el biogás puede obtenerse a partir de todos los productos agrícolas procedentes de la producción animal y vegetal. El biogás puede producirse a partir de prácticamente cualquier material agrícola y este material (sustrato) tiene un valor energético variado, que es el potencial para producir una cantidad determinada de metano.



Fuente: imagen propia



Digestión anaeróbica, el proceso

La técnica de digestión anaeróbica para producir biogás a partir de materia orgánica se aplica en todo el mundo. Por ejemplo, en muchos países en desarrollo la gente tiene su propia planta de biogás a pequeña escala que funciona con excrementos, orina y residuos de cocina. El biogás obtenido se utiliza para cocinar. En los países más avanzados tecnológicamente, la producción de biogás se utiliza a mayor escala. En esos países, la producción y el uso de biogás se considera una forma de depender menos de los combustibles fósiles. Otra razón es que la producción de biogás puede conducir directamente a una menor emisión de gases de efecto invernadero al capturar el metano (un gas de efecto invernadero 21 veces más dañino que el dióxido de carbono) para su utilización. Un efecto indirecto es que se evitan otras fuentes de energía poco respetuosas con el medio ambiente (relacionado con la primera razón).

Digestión anaeróbica: proceso microbiológico que ocurre en ausencia de oxígeno y en el que los compuestos orgánicos (carbohidratos, proteínas, grasas) son convertidos por microorganismos anaeróbicos en metano y dióxido de carbono.

El nombre de "fermentación del metano" se dio antes de que se conociera la esencia de este proceso y puede ser engañoso. En realidad, se trata de un conjunto de cambios bioquímicos que se producen en ausencia de oxígeno, de ahí que también se utilice el nombre de "digestión anaeróbica".



Digestión anaeróbica, el proceso

En la transformación de los compuestos orgánicos en el gas de fermentación intervienen tres grupos de microorganismos:

1. las bacterias responsables de las dos primeras etapas del proceso son bacterias que hidrolizan los compuestos orgánicos. Las condiciones óptimas para estos microorganismos son un pH de aproximadamente 6 y unos 30°C.
2. bacterias de acetato: son las responsables de la producción de acetatos.
3. bacterias metanogénicas - pertenecen al grupo de los anaerobios absolutos.

Si hay incluso 0,01 mg/dm³ de oxígeno, se inhiben, aumenta la concentración de ácidos orgánicos y baja el pH del medio. Son muy diversos y están especializados en el uso de sustratos específicos. La temperatura óptima para la metanogénesis es de 35-45°C y el pH de 7.



Fuente: powerpoint clipards



Digestión anaeróbica, el proceso

El proceso de generación de biogás puede dividirse en varios pasos. En el primer paso, la hidrólisis, los compuestos del material de entrada (por ejemplo, carbohidratos, proteínas, grasas) se descomponen en compuestos orgánicos simples (por ejemplo, aminoácidos, azúcar, ácidos grasos). Las bacterias que participan en este proceso liberan enzimas que descomponen el material mediante reacciones bioquímicas. A continuación, los productos intermedios formados son descompuestos por las bacterias acidogénicas en la llamada acidogénesis en ácidos grasos (ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico), dióxido de carbono e hidrógeno. Además, también se crean pequeñas cantidades de ácido láctico y alcohol. En la siguiente etapa, la acetogénesis, estos productos son convertidos por las bacterias en sustancias que preceden a la formación de biogás (ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono). Dado que un contenido demasiado alto de hidrógeno es perjudicial para las bacterias del ácido acético, éstas deben cooperar con las bacterias metanogénicas. Durante la producción de metano, éstas consumen hidrógeno y garantizan así unas condiciones de vida adecuadas para las bacterias del ácido acético. En la siguiente fase, la metanogénesis, la última etapa de la producción de biogás, se produce metano a partir de los productos de la acetogénesis.



Compuestos orgánicos complejos
(proteínas, grasas, hidratos de carbono)

hidrólisis

Compuestos orgánicos simples
(aminoácidos, ácidos grasos, azúcares)

Formación del ácido

Ácidos orgánicos inferiores
(ácido propiónico, ácido butírico)

Otros ácidos orgánicos
(ácido láctico, alcoholes, etc.).

Formación de ácido acético

Ácido acético

Agua y dióxido de carbono

Formación de metano

BIOGÁS
Metano + dióxido de carbono

Bio-digestores

El biogás puede utilizarse para producir electricidad, energía térmica o ambas simultáneamente. En la práctica, los sistemas más comunes utilizan el biogás producido para generar electricidad y energía térmica. Un sistema de este tipo se denomina sistema CHP (Combined Heat and Power). Para producir electricidad y energía térmica es necesario instalar un dispositivo denominado unidad de cogeneración. Se trata de un motor de combustión adaptado para la combustión de metano con un generador integrado en función del tamaño de la planta de biogás. El calor generado en el motor de combustión se utiliza como fuente de energía térmica. Una forma menos común de utilizar el biogás es quemarlo para calefacción. En una planta de biogás de este tipo, el dispositivo que procesa el biogás para convertirlo en energía térmica es un horno de gas convenientemente modificado para quemar metano.

Toda planta de biogás agrícola consta de varios elementos básicos.

Los elementos adicionales instalados en las plantas de biogás dependen de su uso y potencia.

Fuente: imagen propia



Bio-digestores

Los elementos básicos de toda planta de biogás son:

1. El sitio de almacenamiento de los sustratos: toda planta de biogás debe estar equipada con un sitio de almacenamiento. El lugar de almacenamiento es necesario para mantener un volumen de producción de biogás constante. La capacidad del lugar de almacenamiento debe ser de 0,5 a 2 veces el volumen de sustrato producido por día. Un tanque de almacenamiento para sustratos líquidos puede estar hecho de diferentes materiales como hormigón, acero o plástico. El material utilizado para fabricar el tanque depende del material almacenado.

Hay tanques enterrados y sobre la superficie. Los tanques de almacenamiento de sustratos líquidos y semilíquidos deben ser herméticos y tener un tamaño suficiente en relación con la producción del sustrato. El tanque de almacenamiento de sustratos vegetales debe estar equipado con una instalación adecuada de descarga de lixiviados para evitar que éstos pasen al suelo. Este tanque debe estar bien tapado para evitar que el sustrato se seque o que el agua de lluvia entre en el tanque.

2. Dispositivo de transporte de sustrato desde el tanque hasta el reactor - para garantizar un nivel constante y adecuado de la producción de biogás, es necesario proporcionar un suministro continuo de sustrato de calidad adecuada al digestor. Dependiendo del tipo de sustrato, es posible utilizar bombas (sustrato líquido, por ejemplo, estiércol líquido), transportadores de tornillo (sustrato semilíquido) y tolvas situadas junto a los digestores con la capacidad que permita ser llenada con la cantidad de sustrato suficiente por un día.



Bio-digestores

3. Digestor (cámara de fermentación, biorreactor) - el elemento más importante de la planta de biogás en el que tiene lugar el proceso de fermentación del metano. La eficacia de toda la inversión depende de que el diseño y la construcción del digestor sean correctos. Las paredes del digestor deben estar selladas para evitar fugas de líquidos y gases. También es necesario un buen aislamiento que garantice una mínima pérdida de calor. Cuanto mejor sea el aislamiento, menor será la dependencia de la temperatura exterior. La cámara de fermentación debe tener una escotilla que permita realizar la inspección del interior y una posible reparación. Dependiendo de la tecnología utilizada, la planta de biogás puede estar equipada con una o varias cámaras. Las cámaras de fermentación pueden ser horizontales o verticales, de acero, hormigón o plástico. La cámara debe estar equipada con un dispositivo para mezclar el contenido (mezclador u otro sistema de mezcla) y un sistema de calefacción para alcanzar la temperatura de fermentación necesaria y mantenerla a un nivel constante. La masa fermentada se descarga del biorreactor normalmente en un tubo de rebose.



Bio-digestores

4. Sistemas de mezcla: la mezcla de la pulpa que fermenta en el tanque es una parte importante del proceso de generación de biogás. Existen tres tipos de mezcladores: neumáticos, hidráulicos y mecánicos. Los mezcladores mecánicos se utilizan en la mayoría de las plantas de biogás. Los mezcladores mecánicos pueden dividirse en 3 grupos: diagonal, horizontal y vertical. El más común es el sistema de 2-3 mezcladores diagonales u horizontales. Los mezcladores verticales (centrales) sólo pueden utilizarse en el caso de un tanque con un techo fijo y reforzado. Un mezclado incompleto puede provocar alteraciones de la fermentación y la formación de espumas.

5. Depósito de gas: es un tanque de almacenamiento de biogás independiente que funciona a la presión necesaria en la red de gas. El biogás acumulado en el depósito se almacena hasta que aparece la demanda de energía. El depósito de biogás tiene la forma de un globo flexible que se va agrandando a medida que se llena con la creciente cantidad de biogás producida. El depósito puede colocarse directamente sobre el reactor o, en el caso de un reactor horizontal, puede situarse al lado del reactor. En este caso, el tanque debe estar situado en un edificio adecuado que garantice la seguridad del trabajo del tanque. Cada tanque está equipado con una válvula de seguridad para evitar un aumento excesivo de la presión en el tanque. Si se supera la presión permitida, la válvula libera el exceso de biogás al exterior.



Bio-digestores

6. Dispositivo de purificación del biogás: la purificación del biogás antes de su uso es esencial porque evita la corrosión de las instalaciones y los equipos y es exigida por la normativa de protección del medio ambiente.

7. Tanque de almacenamiento de los residuos de la fermentación - un tanque separado y externo que permite almacenar el sustrato fermentado, que es un valioso fertilizante, y que puede utilizarse en forma líquida o para hacer compost para responder a las necesidades del mercado.



Fuente: phys.org

Residuos que producen biogás

La mayor parte del N y todos los demás elementos minerales contenidos en los sustratos de entrada permanecen en los digestatos de biogás. Entre ellos se encuentran los principales nutrientes para las plantas, como el fósforo, el potasio y el calcio. Mientras que existen sustitutos inorgánicos adecuados para los nutrientes nitrógeno, potasio y fósforo de los fertilizantes orgánicos, no existe ningún sustituto artificial para otras sustancias como las proteínas, la celulosa, la lignina, etc. Todas ellas contribuyen a aumentar la permeabilidad y la higroscopicidad del suelo, al tiempo que evitan la erosión y mejoran las condiciones agrícolas en general. Las sustancias orgánicas también constituyen la base para el desarrollo de los microorganismos responsables de convertir los nutrientes del suelo en una forma que pueda ser fácilmente incorporada por las plantas.

Por lo tanto, es una práctica común utilizar los digestatos de biogás como fertilizantes orgánicos, lo que al mismo tiempo ahorra costes tanto de fertilizantes minerales como de la posible eliminación de los digestatos. El buen valor fertilizante de los digestatos de biogás en comparación con los fertilizantes minerales se ha confirmado en varios estudios. Además, el carbono restante ligado a la materia orgánica ayuda a mantener o incluso a aumentar la materia orgánica del suelo, lo que es especialmente valioso en suelos marginales.



Residuos que producen biogás

Debido a la descomposición y desintegración de parte de su contenido orgánico, los lodos digeridos proporcionan nutrientes de acción rápida que entran fácilmente en la solución del suelo, quedando así inmediatamente a disposición de las plantas.

La materia húmica y los ácidos húmicos presentes en los lodos contribuyen a una humificación más rápida, lo que a su vez ayuda a reducir la tasa de erosión al tiempo que aumenta el suministro de nutrientes, la higroscopicidad, etc.

El elevado contenido en amonio de los lodos digeridos ayuda a reducir la tasa de lavado de nitrógeno en comparación con los fertilizantes que contienen cantidades sustanciales de nitratos y nitritos más solubles en agua (estiércol, compost).



Fuente: wikimedia.org

Residuos que producen biogás

En general, se reconoce que el rendimiento de los cultivos es mayor tras la fertilización con lodos digeridos. La mayoría de los cultivos hortícolas, como las patatas, los rábanos, las zanahorias, las coles, las cebollas, los ajos, etc., y muchos tipos de frutas (naranjas, manzanas, guayabas, mangos, etc.), la caña de azúcar, el arroz y el yute parecen reaccionar favorablemente a la fertilización con lodos. En cambio, cultivos como el trigo, las semillas oleaginosas, el algodón y la bacca reaccionan menos favorablemente. Los lodos son un buen abono para los pastos y las praderas. Los datos disponibles son muy variados, ya que el efecto fertilizante no sólo es específico de cada planta, sino que también depende del clima y del tipo de suelo. Todavía falta mucha información sobre el grado de reciprocidad entre la fertilidad del suelo, el tipo de suelo y el efecto de los fertilizantes (sobre todo los de N) en los climas áridos y semiáridos. Por lo tanto, no se puede ofrecer ninguna información definitiva hasta la fecha. Tampoco, por la misma razón, es posible ofrecer una comparación económica del coste de los fertilizantes químicos frente a los lodos de biogás. El único hecho indiscutible que puede afirmarse es que los lodos de biogás son mejores desde el punto de vista ecológico.



El contenido energético del biogás

La biomasa que constituye la materia prima para la producción de biogás está formada por tres grupos básicos de compuestos orgánicos: carbohidratos, proteínas y grasas. Además, el crecimiento de los microorganismos responsables de la fermentación se produce en presencia de formas solubles de potasio, sodio, hierro, magnesio, calcio y oligoelementos. La mayor parte del biogás se obtiene de la descomposición de las grasas.

Sustrato	Producción de biogás dm ³ /kg	Contenido de metano [%]	Contenido de CO ₂ [%]
Carbohidratos	790	50	50
Grasas	1250	68	32
Proteínas	700	71	29

El contenido energético del biogás

Los parámetros relevantes en la producción de biogás son

- Contenido de masa seca (m.s.) [%]
- Contenido de masa seca orgánica (m.s.o.) [% m.s.o.]
- Eficiencia de CH₄ [m³/kg m.s.]

Sustrato	Contenido de masa seca (%)	Contenido de masa seca orgánica (%)	Rendimiento de biogás (m ³ /tn m.s.)	Contenido de metano CH ₄ (% vol.)
Natural fertilizers				
Abono líquido de vaca	8-11	75-82	200-500	50-60
Abono líquido de ternera	10-13	80-84	220-560	50-57
Abono líquido de cerdo	approx. 7	75-86	300-700	60-70
Abono líquido de oveja	12-16	80-85	180-320	50-56
Abono de ganado	approx. 25	68-76	210-300	55-60
Abono de cerdo	20-25	75-80	270-450	55-60
Abono de gallina	30-32	63-80	250-450	57-70
Abono de caballo	20-40	65-95	280-350	55-65

El contenido energético del biogás

Sustrato	Contenido de masa seca (%)	Contenido de masa seca orgánica (%)	Rendimiento de biogás (m ³ /tn m.s.)	Contenido de metano CH ₄ (% vol.)
Plantas				
ensilado de maíz	20-35	85-95	450-700	50-55
centeno	30-35	92-98	550-680	ok. 55
Pastos				
Pasto cortado	approx.12	83-92	550-680	55-65
Pasto ensilado	25-50	70-95	550-620	54-55
Subproductos de la industria agrícola				
granos de cerveza	20-25	70-80	580-750	59-60
Granos de destilados	6-8	83-88	430-700	58-65
Pulpa de patata	6-7	85-95	400-700	58-65
Destilado de fruta	25-45	90-95	590-660	65-70
Otros sustratos para la planta de biogás				
residuos de la tienda de comestibles	5-20	80-90	400-600	60-65
contenido gástrico	12-15	75-86	250-450	60-70

El contenido energético del biogás

Aparte de la temperatura del proceso y del tiempo en que los sustratos se mantienen en el reactor, la composición química de los compuestos orgánicos fermentados determina la cantidad y la composición del biogás.

La parte útil de la energía del biogás es el valor calorífico de su contenido en CH₄. Los demás componentes también tienen, en sentido estricto, un contenido energético, pero no participan en un proceso de combustión. En lugar de contribuir, más bien absorben energía de la combustión del CH₄, ya que suelen salir de un proceso a una temperatura más alta (de escape) que la que tenían antes del proceso (principalmente la temperatura ambiente).

El valor calorífico real del biogás es una función del porcentaje de CH₄, la temperatura y la presión absoluta, todo lo cual difiere de un caso a otro. El poder calorífico del biogás es un parámetro vital para el rendimiento de un motor, un quemador o cualquier otra aplicación que utilice biogás como combustible.



El contenido energético del biogás

Un metro cúbico normal de metano tiene un valor calorífico de unos 10kWh, mientras que el dióxido de carbono tiene cero. Por tanto, el contenido energético del biogás está directamente relacionado con la concentración de metano. En otras palabras, suponiendo una composición de biogás con un 60% de metano, el contenido energético sería en este caso de unos 6,0 kWh por metro cúbico normal.

Combustible del vehículo	Combustible del vehículo
1 nm ³ de biogás mejorado (97 % de metano)	9.67
1 nm ³ de gas natural	11.0
1 litro de gasolina	9.06
1 litro de diesel	9.8

Esto implica que el contenido energético de 1 nm³ de biogás corresponde a aproximadamente 1,1 litros de gasolina.

Sin embargo, cuando convertimos el biogás en electricidad, en un generador eléctrico alimentado con biogás, obtenemos unos 2 kWh de electricidad utilizable, el resto se convierte en calor que también puede utilizarse para aplicaciones de calefacción.

2 kWh es energía suficiente para alimentar una bombilla de 100 W durante 20 horas o un secador de pelo de 2000 W durante 1 hora.

Diseños básicos del digestor

El digestor es el corazón de la planta de biogás. La capacidad de los digestores de biogás puede variar enormemente, desde unidades de pequeña escala utilizadas por los hogares hasta digestores comunales e industriales de mayor tamaño. Las materias primas que se añaden al digestor pueden incluir muchos tipos de biomasa, como residuos animales, alimentarios y agrícolas, pero deben evitarse los materiales difíciles de digerir por las bacterias (por ejemplo, la madera). La cantidad de biogás producida depende de una serie de factores como el tipo y la cantidad de biomasa utilizada, el tamaño del digestor y la temperatura.

Puede haber una o dos cámaras, dependiendo de la tecnología utilizada. Pueden ser de hormigón o de acero. Están equipadas con un sistema de calefacción y aislamiento que garantiza el mantenimiento de una temperatura adecuada para las reacciones químicas. La materia prima puede calentarse directamente diluyéndola con agua caliente o vapor, o indirectamente mediante intercambiadores de calor empotrados en las paredes o en el fondo de la cámara de fermentación. El contenido de la cámara no es uniforme. Por lo tanto, un elemento importante de la cámara es un sistema de mezclado, cuya tarea es uniformar la composición del contenido y desgasificar la materia prima de fermentación. Hay varias formas de mezclar: bomba - sistema de bombeo externo que fuerza la circulación en la cámara; mezcla por bombeo del gas dentro de la cámara; mezcladores de tornillo - agitador de bombeo situado en el tubo de transporte central; mezcla con hélices de mezcla de baja velocidad dispuestas vertical o diagonalmente.



Usos finales del biogás

El biogás es un combustible con un valor energético medio. Puede utilizarse en los hogares, la industria y la agricultura para producir calor/frío, electricidad o como biocombustible.

El biogás puede utilizarse de muchas maneras. Las aplicaciones típicas son:

Calor: el gas se quema en una caldera. El calor generado calienta el agua que puede utilizarse para calentar el digestor y los edificios cercanos o intercambiarse en una red local de calefacción urbana. La caldera de agas funciona como una caldera para combustibles sólidos y líquidos, pero con la diferencia de que la caldera está especialmente modificada para la combustión de gas.

Calor/energía: el biogás puede utilizarse como combustible en motores estacionarios, normalmente motores Otto o diésel, o turbinas de gas. Alrededor del 30-40% de la energía del combustible se utiliza para producir electricidad, mientras que el resto se convierte en calor.



Usos finales del biogás

Combustible para vehículos: el biogás puede utilizarse como combustible para coches, autobuses y camiones, siempre que se mejore eliminando el dióxido de carbono, el agua y el sulfuro de hidrógeno. Para utilizar el biogás como propulsor de vehículos, debe ser procesado para alcanzar una calidad aceptable para los motores de los automóviles. Suele ser el nivel de calidad del gas natural. Además, la instalación del vehículo debe estar debidamente adaptada al suministro de gas. Al mismo tiempo, las empresas de automoción están trabajando en soluciones que permitan al motor funcionar con dos tipos de combustibles, por ejemplo, gasóleo + biogás. La depuración con agua, la depuración química y el PSA son las técnicas más utilizadas para mejorar el biogás hasta alcanzar la calidad de combustible para vehículos. Además, el gas debe ser odorizado y presurizado a unos 200 bares antes de poder utilizarlo como combustible para vehículos.

El biogás mejorado también puede introducirse en la red nacional de gas, lo que estimulará el desarrollo de nuevos mercados y aplicaciones.



Usos finales del biogás

CHP (Combined Heat and Power) es una denominación de los motores de cogeneración que producen tanto electricidad como energía térmica en el proceso de combustión del biogás. El biogás se quema en el lugar de su producción. Esta solución es muy beneficiosa tanto por razones económicas como medioambientales. La eficiencia energética de las soluciones tradicionales que generan energía térmica o electricidad es de aproximadamente un 40%, frente al 90% de eficiencia de un cogenerador.

La eficiencia de la ganancia de electricidad en las grandes unidades más nuevas oscila entre el 30 y el 40% y la eficiencia térmica entre el 40 y el 44%. En el caso de las plantas más pequeñas, la eficiencia eléctrica oscila entre el 25 y el 33%, mientras que la eficiencia térmica suele ser superior al 50%. Los índices de eficiencia suelen aumentar con el incremento de la potencia eléctrica de la instalación.



Usos finales del biogás

La solución más común para los sistemas de cogeneración de baja potencia son los motores alternativos.

Se caracterizan por:

- disponibilidad en una amplia gama de potencias eléctricas (de 5 kW a 50 MW)
- posibilidad de ajustar óptimamente el sistema a las necesidades de cada cliente
- posibilidad de diseño modular de sistemas de energía más grandes
- posibilidad de utilizar diferentes combustibles, incluido el biogás
- necesidad de refrigeración incluso en ausencia de recepción de calor,
- grandes dimensiones y bajo indicador de potencia/peso,
- ruido fuerte que requiere el uso de pantallas acústicas
- nivel relativamente alto de vibración que requiere el uso de amortiguadores de vibración.



Fuente: wikimedia.org

Usos finales del biogás

El nivel mínimo requerido de metano en el gas destinado a ser utilizado como combustible suele ser fijado por los fabricantes en más del 30% del volumen, lo que corresponde al poder calorífico del gas a un nivel no inferior a 13 MJ/Nm³.

Los sistemas de cogeneración con motores de gas alternativos (motor de combustión interna) se utilizan principalmente para la producción de electricidad en el generador acoplado y el calor residual se utiliza para producir agua caliente o, en una caldera adicional, vapor saturado. El calor se recupera del intercambiador de biogás comprimido, del intercambiador de la camisa del motor, del intercambiador de aceite y del intercambiador de gases de escape. Los motores de biogás pueden estar integrados en el edificio o estar presentes en una versión móvil (contenedor).

Otro grupo de los dispositivos más comunes utilizados en los sistemas de cogeneración son las turbinas de gas, utilizadas generalmente en sistemas con una potencia eléctrica superior a 1 MW.

La turbina de gas, en comparación con el motor alternativo, se caracteriza por un tamaño y un peso considerablemente menores. Las turbinas de gas tienen un menor rendimiento energético y una menor relación entre la potencia eléctrica y la térmica.



Usos finales del biogás

La siguiente etapa de desarrollo de soluciones técnicas basadas en turbinas de gas con regeneración de calor son las microturbinas de gas. Se trata de conjuntos de turbinas de gas estacionarias que se caracterizan por una pequeña potencia eléctrica de aproximadamente 25-500 kW. Constan de una turbina radial, un compresor y un calentador de aire regenerativo integrado en todo el sistema.

Las microturbinas se utilizan principalmente en sistemas de cogeneración en los que se produce agua caliente. Las impurezas del biogás pueden dañar las microturbinas, por lo que el biogás debe limpiarse y secarse previamente. Las microturbinas queman biogás con un contenido de metano del 35 al 100% y tienen una emisión de gases de escape considerablemente menor. Esto permite desarrollar nuevas formas de utilizar los gases de escape, por ejemplo, en secadores agrícolas o para utilizar el CO₂ en invernaderos. El calor recuperado tiene una temperatura relativamente alta y es transportado únicamente por los gases de escape. Alcanzan un rendimiento térmico del orden del 40 al 60%, y un rendimiento eléctrico del orden del 20 al 35%; el rendimiento total del sistema de cogeneración es superior al 80%.



Impacto medioambiental del uso de la energía del biogás

El biogás puede reducir el impacto medioambiental del uso de la energía de muchas maneras. El cambio al biogás puede reducir las emisiones de CO₂ derivadas del uso de la energía, así como las de metano (si el biogás se produce a partir de residuos). También puede tener beneficios para la contaminación del aire interior y la degradación del suelo cuando sustituye el uso de biocombustibles sólidos.

El aumento real de las emisiones de gases de efecto invernadero al sustituir los combustibles fósiles por el biogás depende del sustrato utilizado. Es posible reducir la emisión de gases de efecto invernadero en más de un 100% si se incluye, por ejemplo, la menor necesidad de fertilizantes. El gran beneficio medioambiental del biogás producido a partir del estiércol depende de la disminución de las fugas de metano y óxidos nitrosos en comparación con los sistemas tradicionales de almacenamiento de estiércol.



Impacto medioambiental del uso de la energía del biogás

Sustrato	Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los combustibles fósiles [%].
Pasto	86
Remolacha azucarera (incluida la parte superior)	85
Maíz	75
Abono	148
Residuos de la industria alimentaria	119
Residuos orgánicos domésticos	103

Mediante la producción de biogás (CH₄ y CO₂) en el proceso de fermentación, la cantidad de carbono se reduce significativamente (>50%). Dependiendo del sistema de funcionamiento (incluyendo el pH y la temperatura) de la planta de biogás, también se puede perder N (como NH₃) en cierta medida.

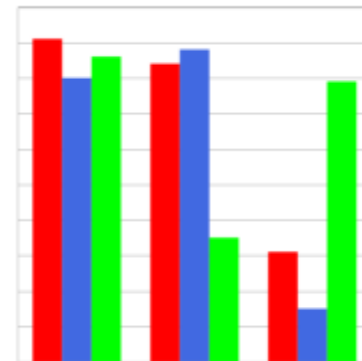
Economía de los sistemas energéticos de biogás a pequeña escala

Cuando un operador potencial decide construir una planta de biogás, la consideración crucial es: ¿puede la futura planta funcionar con beneficios? Por lo tanto, es necesario evaluar la rentabilidad económica de las plantas de biogás.

Una planta de biogás puede generar ingresos de las siguientes maneras

- venta de electricidad
- venta de calor
- venta de gas
- ingresos por la eliminación de los sustratos de digestión
- venta de digestato.

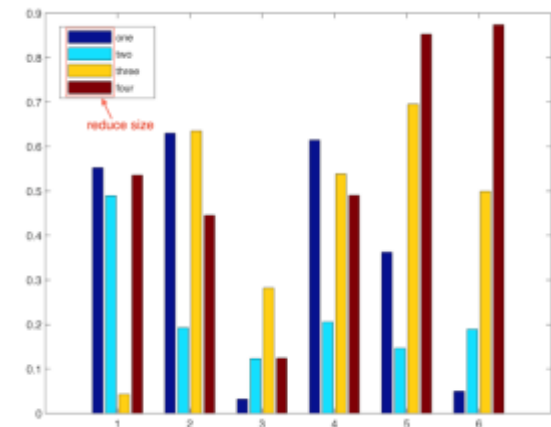
La principal fuente de ingresos de las plantas de biogás, aparte de las que inyectan gas a la red, es la venta de electricidad.



Economía de los sistemas energéticos de biogás a pequeña escala

La situación de la venta de calor es mucho más problemática que la de la electricidad. Por lo tanto, al elegir el emplazamiento de la central, hay que tener en cuenta desde el principio a los posibles compradores de calor. En la práctica, no será posible utilizar toda la energía térmica que se genere, en parte porque un cierto porcentaje se necesitará como calor de proceso y en parte porque la mayoría de los compradores de calor tendrán demandas de calor muy diferentes según la temporada. En la mayoría de los casos, debido a la propia demanda de calor de la planta de biogás, la cantidad de calor que puede suministrar la planta será contraria a la demanda de calor de los posibles usuarios.

El objetivo del operador de la planta puede ser no convertir el biogás en electricidad mediante un proceso de cogeneración, sino mejorar el gas y alimentar la red de gas natural. Estas plantas obtienen la mayor parte de sus ingresos del gas que venden



Economía de los sistemas energéticos de biogás a pequeña escala

Las partidas de costes pueden desglosarse esencialmente según la siguiente estructura:

Costes variables

- Los costes de los sustratos pueden suponer hasta el 50% de los costes totales. Este es el caso, sobre todo, de las plantas que utilizan exclusivamente cultivos energéticos y otras fuentes renovables relacionadas.
- consumibles - comprenden principalmente la electricidad, el aceite de encendido, el aceite lubricante y el gasóleo, así como las láminas de plástico y los sacos de arena para cubrir el ensilado. En el caso de la inyección de gas a la red, los consumibles también incluyen el propano, que se añade al biogás para el acondicionamiento del gas.
- El mantenimiento y las reparaciones se estiman en un 1-2% de los costes de capital, dependiendo del componente.
- Análisis de laboratorio: el control profesional del proceso requiere análisis de laboratorio del contenido del digestor.



Economía de los sistemas energéticos de biogás a pequeña escala

Costes fijos

- Los costes dependientes de los gastos de capital se componen de las amortizaciones, los intereses y los seguros. La dotación a la amortización es específica para cada componente.
- Costes de mano de obra: como el trabajo en una planta de biogás lo realizan generalmente empleados fijos y no hay picos de trabajo concretos, los costes de mano de obra pueden incluirse en los costes fijos. Se supone que el tiempo necesario para el control, la supervisión y el mantenimiento está en función de la capacidad instalada,
- costes del terreno: si la planta se explota como planta comunitaria o comercial, también deben tenerse en cuenta las partidas de costes adicionales, como el arrendamiento o el alquiler.



Fuente: pixabay.com

Caso de estudio

Descripción de la planta de biogás agrícola con una capacidad de 500 kWe en la unidad experimental del Instituto Nacional de Investigación de Producción Animal Odrzechowa Sp. z o.o.

Planta de biogás agrícola con una capacidad de 500 kWe situada en Odrzechowa, gmina Zarszyn, condado de Sanok, voivodía de Podkarpackie.

Datos técnicos:

Potencia eléctrica nominal:

500 kWe

Potencia térmica nominal:

518 kWt

Producción bruta de electricidad

4 157 MWh/año

Producción bruta de calor:

15 817 GJ/año

Conexión a la red

línea de 15 kV



Fuente: own picture

Caso de estudio

Descripción de las instalaciones de la planta de biogás

Cámaras de fermentación

Son tanques circulares, monolíticos, de hormigón armado, con diámetros interiores de 23,0m y 26m y una altura de 6m, cubiertos con techo de membrana que constituye el soporte del gas. Por dentro, los tanques están aislados en la zona de gas contra la influencia agresiva del medio ambiente. Por fuera, los tanques están aislados térmicamente y cubiertos con chapas trapezoidales. Los tanques están equipados con dos mezcladores sumergibles de altura y ángulo ajustables y con la instalación de calefacción y tuberías.

Tanque de almacenamiento de residuos de fermentación

Se trata de un tanque circular, monolítico, de hormigón armado, con un diámetro interior de 30,0m y una altura de 6m. La función del tanque de almacenamiento de residuos de fermentación también la cumplirá en la granja el tanque de estiércol líquido existente. El tanque está equipado con dos mezcladores sumergibles de altura y ángulo ajustables y con la instalación de tuberías.

Depósito de recogida

Se trata de un tanque circular, monolítico, de hormigón armado, con un diámetro interior de 6,40 m y una altura de 3 m. El tanque está equipado con un mezclador sumergible con ajuste vertical y horizontal y con la instalación de tuberías.

Caso de estudio

Silo de ensilaje

El silo de ensilaje es un depósito monolítico de hormigón armado de 3 cámaras, de 4,2 m de altura, 30 m de ancho y 50 m de largo.

Edificio técnico y sala técnica de la estación de bombeo

El edificio técnico se construyó según la tecnología tradicional. En el edificio hay: una sala de cogeneración, un transformador, una sala de control, una sala técnica

y una sala social. En la sala técnica de la estación de bombeo hay sistemas de redes térmicas y tecnológicas y armarios de control.

Otros elementos tecnológicos (no edificatorios) de la planta de biogás son los dispositivos independientes que se encuentran sobre losas de hormigón armado en el suelo.



Fuente: imagen propia

Caso de estudio

Tecnología de la planta de biogás

La tecnología consiste en el procesamiento de sustratos de origen vegetal, como el ensilado de maíz, el ensilado de hierba y otros residuos vegetales, así como el estiércol y el abono líquido en diversas proporciones. El estiércol se entregará directamente a la planta de biogás desde la granja. Todos los sustratos sólidos se entregarán en la tolva de dosificación, desde donde se transportarán automáticamente a la cámara de fermentación. Los sustratos líquidos se transportarán por la tubería directamente al tanque de recogida. La dosificación de los sustratos desde el tanque de recogida hasta el proceso de producción se realizará de forma automática. Los sustratos sólidos se transportarán al dispositivo de mezcla y dosificación, donde el sustrato sólido se mezclará con el sustrato líquido hasta alcanzar la forma bombeable. La mezcla homogénea de sustratos se bombeará en cantidades y proporciones adecuadas a dos cámaras de fermentación principales. El sistema propuesto garantiza la realización del proceso tecnológico en dos etapas: la fermentación inicial y la fermentación secundaria.



Caso de estudio

La fermentación se produce en dos digestores. El proceso de producción intensiva de biogás tiene lugar en ambos tanques. Ambos tanques están equipados con un sistema de calefacción responsable de mantener una temperatura de proceso estable en el rango de 37-40°C. El biogás generado en el proceso de fermentación se somete a la desulfuración: en el espacio de gas de los reactores se produce el proceso de desulfuración biológica que consiste en dispensar pequeñas cantidades de aire, lo que contribuye a la expansión de las bacterias reduciendo la concentración de sulfuro de hidrógeno en el biogás. El biogás desulfurado fluye a través de las tomas de gas de las cámaras de fermentación hasta la red de biogás en la que se transporta a los dispositivos de compresión y tratamiento de segundo grado. El tratamiento de segundo grado implica un tratamiento de deshidratación que consiste en la condensación de la humedad como resultado de la disminución de la temperatura del gas. El condensado del biogás desciende por gravedad hasta el sumidero de condensados, desde donde se bombea al depósito de almacenamiento de residuos de fermentación.



Caso de estudio

Así preparado, el biogás se dirige a la unidad de cogeneración, donde su energía química se convierte en electricidad y calor. La electricidad se utiliza para cubrir las necesidades de la instalación y para alimentar la red. El calor de la cogeneración tiene la forma de agua caliente y se utiliza para cubrir las necesidades de la instalación con la posibilidad de ser utilizado para otros fines de utilidad. En el caso de que no se utilice todo el calor de la cogeneración como agua de servicio, su exceso se dirige al fan-cooler. El líquido de posfermentación se transporta al separador de la fracción sólida del abono de posfermentación. La fracción sólida se recibirá en el contenedor al que el abono sólido cae por gravedad. La fracción líquida del abono se dirigirá al depósito de almacenamiento - depósito de residuos de fermentación.

Tipo de sustratos:

- ensilado de maíz en la cantidad máxima de 2500 Mg/año,
- restos verdes en la cantidad de aprox. 600 Mg/año (en el periodo entre V-VII)
- hierba en una cantidad de aprox. 800 Mg/año (en el periodo entre VIII-IX)
- pulpa de remolacha en una cantidad aproximada de 5000 Mg/año (limitando el ensilado de maíz)
- residuos de la cría de animales: estiércol bovino en una cantidad de 8300 Mg/año, estiércol líquido no fermentado en una cantidad de 900 m³/año, estiércol líquido fermentado en una cantidad de 4500 m³/año.



Referencias y enlaces

http://www.cire.pl/pliki/2/Mikrogeneracja_Technika.pdf

biogasportal.info - Guide to Biogas From production to use

(https://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/g/u/guide_biogas_engl_2012.pdf)

International Renewable Energy Agency (IRENA) - Measuring small-scale biogas capacity and production

(https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_Statistics_Measuring_small-scale_biogas_2016.pdf)

Organic Fertilizer from Biogas Plants (https://energypedia.info/wiki/Organic_Fertilizer_from_Biogas_Plants)

Fertilizing Potential of Separated Biogas Digestates in Annual and Perennial Biomass Production Systems, Andrea Ehmann, Ulrich Thumm and Iris Lewandowski

(<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2018.00012/full>)

Basic Data on Biogas (<http://www.sgc.se/ckfinder/userfiles/files/BasicDataonBiogas2012.pdf>)

Agrobiogazownia, a collective work edited by K. Węglarzy, W. Podkówka, Instytut Zootechniki PIB, Grodziec Śląski 2010

Biogazownie rolnicze. Opracowanie monograficzne, ed. J. Walczak, Instytut Zootechniki PIB, Kraków 2010

Biogazownie szansą dla rolnictwa i środowiska, dr Alina Kowalczyk-Juśko, FDPA Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa, Warszawa

Mikrogeneracja ciepła i energii elektrycznej w lokalnych systemach zasilania, Radosław Szczerbowski, Politechnika Poznańska, in: „Energia Elektryczna” – January 2011

Budowa i eksploatacja biogazowni rolniczych. Poradnik dla inwestorów zainteresowanych budową biogazowni rolniczych, a collective work edited by A. Myczko, Wydawnictwo ITP, Warszawa-Poznań 2011

Wykorzystanie energii odnawialnych, ed. dr Małgorzata Bereza, Instytut Zootechniki PIB ZD Grodziec Śląski sp. z o.o., Kostkowice 2009

