



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

Manual: Digestión Anaeróbica (AD) a Pequeña escala. Modelos de Colaboración Empresarial (BCMs)

BIOGAS³

Producción sostenible de biogás a pequeña escala a partir de
residuos agroalimentarios para la autosuficiencia energética

Fecha:

Diciembre 2014

Autores:

Javier Claros (AINIA)

Con la colaboración de todo el Consorcio BIOGAS³

Legal disclaimer

The sole responsibility for the content of this publication lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Union. Neither the EACI nor the European Commission are responsible for any use that may be made of the information contained therein.

DATOS DEL PROYECTO:

Programa	Intelligent Energy Europe (IEE) - ALTENER
Acción clave	Proyectos de Promoción y Difusión
Acuerdo para subvenciones	IEE/13/477/SI2.675801
Fecha inicio / fin	1 de Marzo de 2014 – 28 de Febrero de 2016

CONTACTO:

Coordinador	Begoña Ruiz (AINIA)
Teléfono	+34 961366090
E-mail	bruiz@ainia.es
Web	www.biogas3.eu

Sumario

1. Introducción	3
2. Modelos de Colaboración Empresarial (BCMs)	4
2.1. Definición	4
2.2. Identificación y análisis de los BCMs	4
2.2.1. Clúster	4
2.2.2. Coopetencia/co-petencia	5
2.2.3. Sinergia	6
2.2.4. Acciones colectivas	6
2.2.5. Cooperativas	7
2.2.6. Otros modelos empresariales	8
2.3. Casos de éxito	9
2.3.1. Francia	10
2.3.2. Alemania	14
2.3.3. Irlanda	15
2.3.4. Italia	16
2.3.5. Polonia	17
2.3.6. España	21
2.3.7. Suecia	25
2.3.8. Comentarios Generales	27
3. Bibliografía	30

1. Introducción

La Digestión Anaeróbica (DA) para la producción de biogás es una tecnología probada ampliamente conocida en el tratamiento de los residuos municipales y en las plantas de tratamiento de aguas residuales (WWTP). Esta tecnología ofrece múltiples beneficios en términos de: ahorro de energía, ahorro en costes de gestión de residuos, reducción del impacto negativo sobre el medioambiente y reducción de la huella de carbono, etc.

La industria alimentaria y de bebidas produce residuos orgánicos, y la gestión de dichos residuos se externaliza en la mayoría de los casos con el consiguiente coste para las empresas. A pesar que el proceso de digestión anaeróbica se encuentra comercialmente listo para su uso, su aplicación en el tratamiento de residuos orgánicos de la industria agroalimentaria no se encuentra demasiado implementado y su aplicación varía extremadamente entre los países de la UE.

En este contexto, como ya hemos mencionado, la actual tecnología DA ha sido desarrollada y aplicada ampliamente para la producción a gran escala, lo que no resulta demasiado adecuado para las compañías agroalimentarias ya que no se ajusta a las cantidades de residuos que genera el sector. Es más, se han identificado varias barreras no tecnológicas con el fin de incrementar la sostenibilidad y la implementación de la tecnología DA y para la valorización de los residuos agroalimentarios.

Este documento incluye una recopilación y análisis de casos de éxito relacionados con modelos empresariales existentes para el desarrollo de plantas de biogás a pequeña escala. A pesar de que las principales fuentes de financiación, en la mayoría de los casos, son la inversión privada y las subvenciones públicas, existen varios ejemplos de modelos de colaboración empresarial durante la fase de explotación

2. Modelos de Colaboración Empresarial (BCMs)

2.1. Definición

El modelo de colaboración empresarial (BCM) es una alianza entre dos o más organizaciones, que mediante un tipo de fórmula establecido, permite compartir recursos tecnológicos, comerciales o financieros con el fin de obtener ventajas competitivas u operacionales. Un modelo empresarial establece el contenido, la estructura y la gestión de las transacciones diseñadas para crear valor mediante la explotación de oportunidades de negocio¹.

Las áreas de interés más importantes que definen los modelos empresariales son²:

- Innovación y gestión tecnológica.
- Temas de estrategia: como la creación de valor en diferentes ámbitos como el económico, social o medioambiental; ventajas competitivas y rendimiento estable.
- Comercio electrónico y utilización de la tecnología de la información en las organizaciones.

2.2. Identificación y análisis de los BCMs.

A continuación presentamos varios modelos de colaboración empresarial relacionados con el sector agroalimentario y la producción de biogás. Se incluyen asimismo las ventajas y desventajas de cada BCM.

2.2.1. Clúster

Un clúster empresarial es una concentración geográfica de negocios interconectados, proveedores, e instituciones asociadas en un campo en particular. El concepto de *clúster* se utiliza cada vez más para fomentar la potencia económica de los territorios que compiten unos con otros en una economía globalizada.

Punto fuerte: La economía de proximidad inherente en un clúster proporciona servicios con valor añadido cerca del usuario final. Los clústers incrementan la productividad que permite a las compañías competir tanto nacional como globalmente. El Clustering refuerza las economías de localización. El Clustering facilita la reorganización industrial. El Clustering fomenta la interconexión entre empresas. El Clustering permite un mayor enfoque en los recursos públicos.

Punto débil: El diseño de un clúster industrial requiere un profundo conocimiento de la región y de sus procesos económicos. Los clústers rezagados pueden no resultar competitivos. Los beneficios disponibles para los miembros de un clúster proporcionan a los primeros clústers más ventajas competitivas sobre los imitadores.

¹ Amit, R., and Zott, C. (2001). Value Creation in E-Business. Strategic Management Journal

² Zott *et al.* (2011). The Business Model: Recent Developments and Future Research. Journal of management.

Ejemplos:

- Las compañías *Estrella Levante* y *Cespa Urban Services* planean crear en la región de Murcia el clúster llamado *Medioambiente y Energía Renovable de Murcia*³, que incluirá la construcción de una planta de biogás para la investigación sobre la producción de biogás y el compostaje a partir de subproductos agroalimentarios y de residuos orgánicos.
- Clúster de la energía de Extremadura⁴. Se trata de una asociación empresarial sin ánimo de lucro creada en 2008 a iniciativa del Gobierno de Extremadura, con la misión de promover la integración, creación y fortalecimiento de las empresas e instituciones que se encuentran dentro de la cadena de valor del sector de la energía, mediante la cooperación e innovación empresarial y con el fin de asegurar la alta competitividad en el ámbito nacional e internacional.

2.2.2. Coopetencia/co-petencia

Cooperación entre competidores. Mezcla entre crear valor (cooperación) y su división (competencia). La Coopetencia ocurre cuando las empresas interactúan con congruencia de intereses parcial. Cooperan una con otra para lograr crear mayor valor en comparación con el valor creado sin interacción, y luchan por obtener ventajas competitivas.

Punto fuerte: Este modelo implica a los consumidores, proveedores, competidores así como a los proveedores de productos y servicios complementarios. Las compañías que se encuentran en el mismo mercado trabajan juntas en la exploración de conocimientos y en la investigación de nuevos productos. Implica múltiples ventajas, como reducción de costes, de recursos complementarios y de transferencia de tecnología.

Punto débil: Las compañías que se encuentran en el mismo mercado compiten por la cuota de mercado de sus productos y por la explotación de los conocimientos obtenidos. Existen algunas dificultades en cuanto a la distribución del control, los valores en riesgo, las necesidades complementarias y la confianza.

Ejemplos: no se han encontrado ejemplos del modelo de coopetencia aplicado a la producción de biogás en el sector agroalimentario. En teoría, un modelo de colaboración empresarial de coopetencia implicaría la participación de varias plantas de biogás que utilizarasen como sustrato residuos agroalimentarios. En el proceso de la DA, el tipo de sustrato afecta a la actividad bacteriana y a la producción de biogás. En este sentido, es posible que las plantas difieran en el tipo de sustratos en el que están especializadas, aunque siempre dentro del sector agroalimentario y de sus residuos

³ More information (in spanish): <http://www.estrelladelevante.es/estrella-levante-y-cebas-csic-colaboran-en-un-proyecto-medio-ambiental/>

⁴ More information (in spanish): <http://www.energiextremadura.org/sala-de-prensa/una-de-las-mayores-empresas-de-biogas-en-espana-destaca-el-gran-potencial-de-extremadura-en-esta-energia/>

2.2.3. Sinergia

La sinergia es la interacción entre varios elementos en un sistema con el fin de producir un efecto diferente o mayor que la suma de los efectos individuales: *Significa "trabajar juntos"* $1+1=3$.

Punto fuerte: Los accionistas se beneficiarán si el valor de las acciones de la compañía tras la fusión se incrementa debido al efecto sinérgico del acuerdo. La sinergia esperada conseguida mediante la fusión puede atribuirse a varios factores, como el aumento de beneficios, el talento y la tecnología combinados o la reducción de costes.

Punto débil: Posible Ambigüedad de roles y responsabilidades. Si las responsabilidades de los diferentes accionistas no están claramente definidas, su contribución puede caer en ambigüedades.

Ejemplos:

- Planta de biogás para el tratamiento de residuos agroalimentarios de Iscar (Valladolid, España). La planta de biogás se construyó mediante fuentes de inversión privadas. Sin embargo, su funcionamiento se basa en un modelo de sinergia entre las empresas agroalimentarias próximas a la planta de biogás: **Las industrias de procesamiento de Vegetales** proporcionan residuos vegetales (mondas de patata, hojas de puerros, otros residuos vegetales) y lodos de la planta de depuración de agua, que son tratados posteriormente en la planta de biogás. Parte del calor producido se autoconsume durante el proceso de DA y el resto lo aprovecha una **empresa de procesamiento aves** situada cerca de la planta de biogás. Más información (en español): <http://www.santiener.com/> or http://biovec.net/wp-content/uploads/2014/10/avebiom_biogas_santiba%C3%B1ez.pdf
- Bioenergie Schmienchen (Alemania). La planta de biogás fue diseñada y construida por Hubert Miller, una granja ecológica. El sustrato lo suministran alrededor de 40 granjeros (sobre todo pasto), y a su vez reciben el digestato producido que utilizarán como fertilizante en sus campos. Más información: <http://www.sustaingas.eu/bestpractice.html>

2.2.4. Acciones colectivas

Las partes, dos o más individuos, se juntan para alcanzar un objetivo común

Punto fuerte: Las partes aportan su propia especialización para reunir experiencia y juntas tienen más posibilidades de conseguir sus objetivos que por sí mismas.

Punto débil: En literatura y en ciencia existe un fenómeno llamado la tragedia de lo común. Si partes diferentes cooperan para un objetivo común mediante recursos comunes, es probable que algunas quieran aprovecharse de sus derechos. Implica que la acción colectiva puede llevar a problemas de oportunismo al juntarse varias partes.

Ejemplos:

- Colaboración entre universidades y centros tecnológicos con las empresas del sector agroalimentario y otros sectores. Los centros científicos comparten conocimientos con las empresas con el fin de desarrollar nuevos productos o resolver problemas relacionados con la gestión de residuos. Por ejemplo, en la micro-planta de biogás de Studzionka (Polonia) colaboran un empresario, un particular y un centro de investigación. Para más información sobre este BCM consultar el apartado 2.3.5.

2.2.5. Cooperativas

Asociación autónoma de compañías que cooperan voluntariamente para lograr beneficios económicos y sociales mutuos.

Las cooperativas incluyen organizaciones de comunidades sin ánimo de lucro y son empresas dirigidas por las mismas personas que utilizan sus servicios y que son sus propietarios (una cooperativa de consumidores) o por sus propios trabajadores (una cooperativa de trabajo), o por la gente que vive en ella (una cooperativa de viviendas), híbridos como las cooperativas de trabajadores que son también cooperativas de consumidores o uniones de crédito, cooperativas de multi-accionistas como las que reúnen a actores locales y sociedad civil para cubrir necesidades de la comunidad, y cooperativas de segundo y tercer nivel cuyos miembros son otras cooperativas.

Punto fuerte: Registrar una cooperativa suele ser gratis. Todos los miembros y accionistas deben jugar un papel activo en la cooperativa. Los accionistas cuentan con el mismo voto en las juntas generales independientemente de la cantidad de participaciones que posean o de su implicación en la cooperativa. Una cooperativa es propiedad y está dirigida más por sus propios miembros que por sus inversores.

Punto débil: Como la finalidad de una cooperativa es suministrar un servicio a sus miembros más que obtener un rendimiento de la inversión, podría resultar difícil atraer a miembros o accionistas potenciales cuyo interés fundamental es obtener ganancias financieras.

Debe existir un mínimo de miembros. Normalmente la distribución del superávit (beneficios) suele estar limitada a los miembros o accionistas, y algunas cooperativas pueden llegar a prohibir la distribución de beneficio alguno a los miembros/accionistas.

La implicación directa de los miembros/accionistas en la cooperativa requiere programas constantes de educación para los miembros.

Ejemplos:

- Cooperativa Graskraft Steindorf (Austria). Este proyecto de planta de biogás sostenible lleva funcionando como cooperative desde 2010 y consta de 54 granjeros. El 70% del biogás producido alimenta la red de distribución de gas. La comunicación abierta entre los socios y la gestión de la calidad son la base de esta cooperación. Más información: <http://www.sustaingas.eu/bestpractice.html>

- Modelo de colaboración empresarial entre la cooperativa agroalimentaria del Valle de Odieta y el consorcio HTN formado por el Grupo AN (empresa de procesamiento de aves) y la empresa Biorrenovables, en Navarra, España⁵. La planta de biogás cuenta con una capacidad de tratamiento de 600 t/día, y los residuos que utiliza principalmente son estiércol procedente de AN y residuos orgánicos de las industrias agroalimentarias de la cooperativa.
- Algunas cooperativas fomentan el consume de energía removable. En este sentido, las cooperativas del sector agroalimentario fomentan tanto la producción como el autoconsumo de esta energía producida mediante sus propios residuos orgánicos. Más información (en español): <http://www.agro-alimentarias.coop/noticias/ver/MjQyNQ==>

2.2.6. Otros modelos empresariales

En algunos modelos empresariales lo más habitual es la financiación privada (mediante créditos bancarios o con fondos procedentes de los proveedores de biogás). También se recurre a fondos públicos para financiar parte de los costes totales de inversión.

⁵ <http://www.ain.es/tech/experiencias/proyecto-htn/>

2.3. Casos de éxito

La Figura 1 muestra un mapa con los países participantes en el Proyecto BIOGAS3. Estudiaremos a continuación detalladamente los casos de éxito relacionados con la construcción de plantas de biogás a pequeña escala en estos países: Francia (4 casos), Alemania (1 caso), Irlanda (1 caso), Italia (2 casos), Polonia (4 casos), España (4 casos) y Suecia (2 casos):



Figura 1. Mapa de los países participantes en el proyecto BIOGAS³.

2.3.1. Francia

Caso 1: GAEC du Bois Joly

BCM: Inversión privada y subvenciones públicas.

GAEC du Bois Joly	Descripción	Características
	<p>GAEC du Bois Joly es una granja productora de carne de buey y de conejo. La granja cuenta con 150 cabezas de ganado vacuno y se dedicada a la cría y engorde de conejos.</p> <p>El 100% de la electricidad producida (190 000 kWh/año) se inyecta a la red y se vende a la compañía eléctrica nacional de Francia.</p> <p>El calor se transforma en 77°C de agua caliente para: calentar los digestores (83%); producir calor y agua caliente doméstica para las casas in situ (14%); producir calor para los edificios de los conejos (3%).</p> <p>Proveedor: Aria Energies</p> 	<p>Sustrato tratado: Aprox. 1.045 toneladas / año de estiércol de vacunos, conejos y aves de corral, restos de frutas, vegetales, cereales y otros co-sustratos.</p> <p>Unidad de valorización del biogás: 30 kW.</p> <p>Producción de energía: 730.000 kWh al año.</p> <p>Instalación: 4 Digestores: 740 m3 volumen total.</p> <p>Inversión: 314.200 €</p> <p>Financiado por: inversión privada y subvención pública francesa (44%).</p> <p>Periodo estimado de amortización: 7 años con subvención.</p>
		
<p>Claves del éxito:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Valorización de la energía eléctrica mediante la venta de corriente eléctrica. ○ Valorización de la energía térmica para autoconsumo. 		

Caso 2: SCEA Robin

BCM: Inversión privada y subvenciones públicas.

SCEA Robin



Descripción	Características
<p>SCEA Robin es una granja de cría y engorde de cerdos (400 cerdas). La granja cuenta con una planta de DA de tecnología líquida.</p> <p>La energía producida se utiliza para calentar los edificios para la cría.</p> <p>Proveedor: BiO4GAS</p>	<p>Sustrato tratado: Aprox. 10.000 m³/ año de purines de cerdos.</p> <p>Unidad de valorización del biogás: 50 kW</p> <p>Producción de energía: 368 MWhel y 588 MWhth al año</p> <p>Instalación: 1 Digestor: 600 m³</p> <p>Inversión: 480.000 € (100.000 € del motor CHP)</p> <p>Financiación: inversión privada y subvenciones del gobierno francés y de las agencias del medio ambiente (29%).</p> <p>Periodo de amortización estimado: 7,5 años con subsidios.</p>



Claves del éxito:

- Un solo tipo de sustrato, lo que simplifica O&M.
- Independencia de sustratos externos (autosuficiencia).
- Valorización de la energía térmica para autoconsumo.

Caso 3: Laiterie de l'abbaye Tamié

BCM: Inversión privada y subvenciones públicas.

Laiterie de l'abbaye Tamié	Descripción	Características
	<p>Laiterie de l'abbaye Tamié es una fábrica de leche y queso que produce 400 kg de queso Tamié al día. La planta de DA se construyó en 2003, y el biogás producido, unos 48.000 m³/año, se utiliza para calentar los edificios.</p> 	<p>Sustrato tratado: Aprox. 8m³/día de queso blanco y 4m³/día de lactoserum.</p> <p>Unidad de valorización del biogás: 60 kWth</p> <p>Producción de energía: 270.000 kWth al año</p> <p>Instalación: 1 Digestor: 43 m³</p> <p>Inversión: 255.000 €</p> <p>Financiación: inversión privada y subvenciones del gobierno francés (31%).</p> <p>Periodo estimado de amortización: 6 años con subvenciones.</p>
<p>Claves del éxito:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Los costes de inversión son mucho más bajos debido a la adaptación de la planta de biogás a una estructura ya existente. ○ Valorización de la energía térmica para el autoconsumo. ○ Independencia de sustratos externos (autosuficiencia). 		

Caso 4: **BOYER SAS**

BCM: Inversión privada y subvenciones públicas.

	Descripción	Características
BOYER SAS	<p>BOYER SAS es una envasadora de fruta que procesa alrededor de 30.000 Toneladas de fruta al año y con una fuerte temporalidad. El producto principal de BOYER es el melón (20.000 Toneladas al año) aunque también envasan ciruelas, uva y frutas exóticas. Con el fin de aprovechar las 2.500 Toneladas de subproductos anuales, la compañía construyó una planta de DA en 2011.</p> 	<p>Sustrato tratado: Aprox. 5.000 Toneladas de subproductos de la fruta /año (fuerte temporalidad)</p> <p>Unidad de valorización del biogás: Cogeneración: 104 kWel (potencia instalada) 100 KWth de calor</p> <p>Producción de energía: 75 MWh electricidad mensuales 99 MWh calor mensuales: Para agua de limpieza y los alojamientos de los empleados</p> <p>Instalación: 2 fases HYFAD (Digestor de Metanización de Alto Rendimiento) tecnología desarrollada por Greenwatt.</p> <p>Venta de electricidad: 65 K€/año Ahorro por valorización termal: 12 k€/año Ahorro por tratamiento de subproductos: 150 k€/año Costes operacionales: - 50 K€/año Beneficios: 177 K€/año</p> <p>Financiación: inversión privada y subvenciones del gobierno francés (alrededor de 40%).</p> <p>Periodo estimado de amortización: 3 años con subvenciones</p>
		
<p>Claves del éxito:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Una unidad conectada directamente a la línea de producción para el tratamiento de subproductos ○ Una tecnología adaptada al sustrato cuyo proceso de acidificación es muy rápido. ○ Valorización de la energía térmica para autoconsumo. 		

2.3.2. Alemania

Caso 1: Gießen slurry-only

BCM: Inversión privada.

		Descripción	Características
Gießen slurry-only		<p>En Gießen (Hessen, Alemania) existe una planta de digestión anaeróbica sólo para purines que trata los purines del ganado vacuno y el estiércol.</p> <p>Cuenta con 290 vacas lecheras, 300 cabezas de ganado vacuno joven y 50 toros para reproducción, repartidos en 3 establos. Además la granja posee 400 ha de tierra cultivable y 200 ha de pastos.</p> <p>La energía térmica producida se utiliza para el autoconsumo. La energía eléctrica alimenta la red de energía local.</p> <p>Proveedor: Bio4Gas Express GmbH.</p> 	<p>Sustrado tratado: Aprox. 10.950 m³/año de purines de vacuno.</p> <p>Unidad de valorización del biogás: 75 kWh; 89 kWth</p> <p>Producción de energía: 630 MWhel anuales. 740 MWtht anuales.</p> <p>Instalación: Digestor: 600 m³</p> <p>Inversión: 500.000 €</p> <p>Financiación: Recursos propios.</p> <p>Modelo empresarial: Inversión privada.</p> <p>Periodo estimado de amortización: 6 años</p>
			
		<p>Claves del éxito:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Valorización de la energía térmica (autoconsumo) y eléctrica. ○ Incremento del valor de la granja. 	

2.3.3. Irlanda

Caso 1: Methanogen Biogas, Waterford.

BCM: Inversión privada.

Methanogen Biogas, Waterford, Irlanda	Descripción	Características
	<p>Uno de los primeros digestores, construido en 1992; este digestor anaeróbico es el más antiguo de Irlanda en funcionamiento. En un principio fue diseñado para tratar residuos agrícolas como purines y desechos avícolas. En los últimos años se ha modernizado la planta con un equipo de pasteurización para el tratamiento de SPA (Subproductos animales).</p> 	<p>Sustrato tratado: Aprox (diario): 4m³/day</p> <p>Unidad de valorización del biogás: 20 kWth calor para el digestor 20 kWth calor para viviendas</p> <p>Instalación: Digestor de 2 etapas: 70+70 m³</p> <p>Inversión: 35.000 €</p> <p>Financiación: inversión privada</p> <p>Periodo estimado de amortización: 7 años</p>
		
<p>Claves del éxito:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ El diseño de la planta permite cargar mecánicamente los desechos sólidos. ○ Utilización in situ de la energía térmica para el autoconsumo. ○ Diseño, proceso y utilización sencillos. 		

2.3.4. Italia

Plantas de biogás en industrias alimentarias

- MENZ & GASSER

Líder del mercado europeo en mermeladas en formato individual y productos semiterminados a base de frutas.

Situado en Novaledo, Trento – Alto Trentino-Adige.

Los sustratos utilizados son restos de frutas y residuos de producción. La producción tanto de energía térmica como eléctrica es llevada a cabo por una unidad de valorización de biogás de 125 kW. La electricidad se vende a la red pública y el vapor generado por el sistema de cogeneración se utiliza para los procesos de producción así como para calentar el agua para el lavado.

- Solana Spa: Tomato Processing and Allevamento Biancardi Limousine.

Solana Spa se encuentra en Maccastorna, Lodi– Lombardía, Italia. Se trata de una fábrica moderna de tomate con una capacidad de tratamiento de 200.000 toneladas al año.

Allevamento Biancardi Limousine (Maccastorna, Lodi – Lombardía, Italia): es una granja de ganado vacuno.

La planta de biogás fue construida por ambas compañías hace 5 años. 500 toneladas/día de purines y estiércol de ganado vacuno, complementadas por pieles y restos de tomates, maíz y trigo troceados.

2.3.5. Polonia

Caso 1: Biogas plant KUJANKI

BCM: Inversión privada.

Biogas plant KUJANKI


Descripción

La planta de biogás agrícola de Kujanki⁶ es la más pequeña de las ocho instalaciones de DA que posee Poldanor S.A. Fue construida en 2006 para la producción de calor para la granja de cerdos vecina (13.000 cerdos). En 2009 la planta fue equipada con una unidad CHP. La energía eléctrica producida es consumida por la granja de cerdos (25%) y por la planta de biogás (5-10%). El 65% restante se vende a la red nacional de energía.


Características
Sustrato tratado:

Aprox. 35-40 t/diarios de purines de cerdo y 4-5t/diarias de glicerina (85% de los sustratos originados por Poldanor S.A.)

Unidad de valorización del biogás:

330 kW_{el} + 390kW_{th}

Producción de energía:

Ca. 2600 MWth anuales

Instalación:

1 Digestor: 1.000 m³

1 Post-digestor: 1.000 m³

Inversión: 700.000 – 950.000 €

Financiación: 100% fondos privados de Poldanor S.A.

Periodo estimado de amortización: 10-15 años

Claves del éxito:

- Autoconsumo de la energía térmica producida (granja de cerdos y planta de biogás)
- Adaptación de la estructura existente (tanque de almacenamiento para la parte líquida del digestato)

⁶ La planta lleva operando en ese mismo emplazamiento desde 2014. Actualmente está siendo trasladada – se informará de la nueva localización en 2015.

Polonia cuenta con plantas no sujetas a registro en la Agencia del Mercado Agrícola y de menor capacidad. Estas plantas de biogás incluyen:

- Planta de biogás en Wapielsk (Provincia de Kujawsko-Pomorskie, inversor: Granja Agrícola Wojciech Radoszewski) con potencia instalada de **80 kW**.
- Planta de biogás en Adamow (Provincia de Lublin, inversor: Granja Agrícola Czeslaw Momot, Eko Pol Sp. z o.o) con capacidad instalada de **30 kW**.
- Planta de biogás en Studzionka (Provincia de Silesia, inversor: Granja Agrícola Bibiana y Grzegorz Pojda) con capacidad instalada de **35 kW**.
- Planta de biogás en Wisla Mala (Provincia de Silesia, inversor: Granjas Agrícolas Janusz Mikolajec) con capacidad instalada de **30 kW**.

Además de las micro-instalaciones antes mencionadas, existen plantas de biogás de menor capacidad fruto de la cooperación entre instituciones científicas y empresarios: instalación en Poznan con una capacidad de 20 kW, y también bajo forma de consorcio de dos unidades de investigación (instalación con una capacidad de 10 kW).

Veamos a continuación algunos ejemplos de BCMs:

- **Cooperación entre una unidad científica y un empresario –utilización de recursos de la compañía para la implementación de un nuevo proyecto**

Un ejemplo de dicha cooperación es el caso de la micro-planta de biogás de Poznan, en la que un diseño para tratamiento concebido por el Instituto de Tecnología y Ciencias Biológicas de Poznan (www.itp.edu.pl) ha sido ejecutado para construir una micro-planta de biogás con una capacidad de 20 kW por la compañía Mega Sp.J. (www.megabelzyce.pl), dedicada a la construcción de maquinaria para la industria agroalimentaria. Una gran ventaja del sistema construido es su movilidad y rendimiento. El punto flaco es el proceso de mezclado y de preparación del sustrato.

- **Cooperación entre empresarios, una unidad científica y un holding agrícola – proyecto conjunto en la granja**

Otro caso de cooperación exitosa entre empresarios, una parte privada y una unidad de investigación, es la instalación de una micro-planta de biogás en Studzionka (capacidad instalada de 35 kW). La idea de la parte privada ha recibido el apoyo de una compañía profesional dedicada a la construcción de depósitos para uso agrícola y plantas de biogás – Wolf System (<http://www.wolfsystem.pl/>). El diseño ha sido desarrollado por Jan Cebula (Universidad de Tecnología de Silesia en Gliwice) y por Ludwik Latocha.

Una gran ventaja de este sistema son sus bajos costes operativos – alrededor de 800 PLN mensuales (190 EUR) y de mantenimiento. La planta de biogás utiliza la mayoría de los residuos de la granja (37 hectáreas de tierra, cría de gallinas y de cerdos). La utilización de la infraestructura ya existente y la adaptación de tanques en desuso (un antiguo tanque del ferrocarril) han permitido la reducción de los costes de inversión. La planta de biogás procesa anualmente aproximadamente 700 toneladas de estiércol avícola y 300 toneladas de purines de cerdos, así como otros sustratos adicionales – alrededor de 350 toneladas de ensilado de maíz y de hierba, así como los residuos orgánicos de la granja. La electricidad se utiliza para cubrir las necesidades propias de la granja y para energía térmica – para calentar los edificios

residenciales y los del ganado. El digestato de la planta de biogás se utiliza como fertilizante. Se trata de un prototipo de planta (la primera micro-planta de biogás del país), construida parcialmente mediante métodos tradicionales – de ahí su menor coste. La construcción de la planta de biogás supuso un gasto de alrededor de PLN 400.000 (95.000 EUR).

- **Cooperación basada en sustrato/educación**

Un ejemplo interesante de cooperación destinada a la construcción de una planta de biogás con una capacidad de hasta 250 kW es un proyecto en Przybroda (Provincia de Wielkopolskie) dirigido por Fubis Sp. z o.o. y la Universidad de Ciencias Biológicas de Poznan (un proyecto en curso). La granja propiedad de la Universidad de Ciencias Biológicas de Poznan es el principal proveedor de sustrato, el destinatario del digestato y el arrendatario de la misma, y el empresario es el responsable de la construcción de la planta, la adquisición de capital de inversión adicional y la gestión operativa de la instalación. Después de un período de 10 años la planta volverá a manos de la Universidad. Además, la planta tiene que conservar obligatoriamente un componente educativo para los estudiantes de la Universidad de Ciencias Biológicas. El modelo que se presenta ofrece la posibilidad de gestionar los residuos producidos en la granja propiedad de la Universidad, el uso del digestato en los campos de la Universidad y, lo que es más, la posibilidad de ofrecer formación a los estudiantes en la moderna planta industrial.

- **Plantas de biogás próximas a granjas**

Las grandes explotaciones ganaderas a menudo tienen un problema con la gestión de los residuos en forma de purines y estiércol. Por lo tanto, cada vez más se construyen plantas de biogás que operan únicamente con los sustratos de la granja. Además de resolver el problema de los residuos, la planta de biogás genera ingresos adicionales por la venta de electricidad y de calor. La compañía agrícola, POLDANOR SA, es pionera en este tipo de actividad. Se trata de la primera planta de biogás en Polonia, fundada en 2005 cerca de una granja de cerdos en Poldanor Pawlowko. Tres años más tarde, se construyeron otras plantas en Kujanki y Plaszczyca. Los buenos resultados obtenidos, así como un marco regulador favorable, llevaron a Poldanor a desarrollar el sector de la producción de electricidad en este sentido. En la actualidad, la compañía es líder indiscutible del mercado de plantas de biogás agrícolas en Polonia - opera ocho plantas de biogás con una capacidad total instalada de 7,4 MWel. En los próximos años, la compañía planea construir otras 6 plantas de biogás.

Además de utilizar el estiércol de cerdo en las plantas de biogás, Poladanor utiliza también gran cantidad de ensilado de maíz, lo que requiere cientos de hectáreas para su cultivo. El propietario de una planta de biogás en Niedoradz con una capacidad de 250 kW escogió sin embargo una estrategia diferente – la compañía Bio Agri Sp. z o.o. La instalación se construyó próxima a una granja de cerdos de gran tamaño. La granja poseía una infraestructura de tuberías de bombeo para transportar los purines a lagunas abiertas. Los residentes locales se quejaron de los olores emitidos por la suspensión almacenada. Esta es una de las razones por las que la planta de biogás se estableció allí aprovechando así el uso parcial de la infraestructura ya existente. Se han construido un tanque aislado con un techo de membrana de hormigón armado y dos contenedores (uno para el sistema de cogeneración, el otro para la estación de transformación). Los purines se bombean directamente desde los edificios de la granja y el operador de la planta de biogás tiene también la posibilidad de añadir otros sustratos. En Niedoradz se añaden a los purines pequeñas cantidades de estiércol avícola y de ensilado de maíz. La planta de biogás Biogás Agri es una instalación relativamente barata debido a su ubicación y a la infraestructura

ya existente. El coste de su instalación fue de alrededor de 2,5 millones de PLN (0,6 millones de euros).

- **Plantas de biogás próximas a plantas industriales**

En 2011, se instaló en Skrzatusz una planta de biogás con una capacidad instalada de 0,526 MW. La planta de biogás fue construida por una empresa polaca, Biogas Zeneris. Está situada en una parcela adyacente a una destilería agrícola en funcionamiento, y los granos de la destilería constituyen el principal sustrato de la planta. La planta de biogás consume alrededor de 43 toneladas de granos de destilería, 7 toneladas de orujo de zanahoria, 15 toneladas de pulpa de patata y unas 15 toneladas de ensilado de maíz al día. La planta está adaptada asimismo para el tratamiento de restos de carne (cuenta con un hall de descarga y una unidad para la pasteurización de los residuos antes de introducirlos en los fermentadores), aunque actualmente no se utilizan debido a la mejor disponibilidad de otros sustratos de residuos. La planta de biogás cuenta con una caldera de vapor con una capacidad de 205 kWt, que produce vapor para cubrir las necesidades de la destilería agrícola. Se trata de un modelo de cooperación sustrato-energía entre empresas, relativamente popular en Polonia.

En relación con el lanzamiento en 2014 de Prosumer - un nuevo programa del Fondo Nacional para la Protección del Medioambiente y de la Gestión del Agua – se prevé en un futuro próximo, la implementación de proyectos de micro-instalaciones FER en cooperación con los gobiernos locales. Se trata de crear un nuevo modelo, con los gobiernos locales como facilitadores de soluciones relacionadas con micro-fuentes, incluyendo las micro-plantas de biogás.

2.3.6. España

Caso 1: PLANTA DE BIOGÁS DE MOURISCADE

BCM: Inversión pública.

PLANTA DE BIOGÁS DE MOURISCADE	Descripción	Características
	<p>Mouriscade es una planta de biogás situada en Lalín (Pontevedra, España).</p> <p>Esta planta trata el estiércol procedente de unas 100 vacas y forraje.</p> <p>Tanto la energía eléctrica como térmica producidas se utilizan para el autoconsumo de la granja.</p> <p>Proveedor: Biovec.</p> 	<p>Sustrato tratado: Aprox. 1.600 toneladas/ año de estiércol y forraje.</p> <p>Unidad de valorización del biogás: turbina de 20 kW</p> <p>Producción de energía: 150 MWh el. anuales.</p> <p>Instalación: Tanque de pretratamiento: 12m³ Digestor: 257 m³</p> <p>Inversión: 245.000 €</p> <p>Financiación: Recursos propios.</p> <p>Business Model: Proyecto de demostración de inversión pública.</p> <p>Periodo estimado de amortización: 7 años.</p>
		
<p>Claves del éxito:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Valorización tanto de la energía termal como eléctrica para el autoconsumo. ○ Digestato utilizado como fertilizante en actividades agrícolas. 		

Caso 2: CASTELLÓ DE FARFANYA

BCM: Inversión privada.

CASTELLÓ DE FARFANYA PLANTA DE BIOGÁS	Descripción	Características
	<p>La planta de biogás de Castelló de Farfanya (Lleida, España) trata purines de cerdos y estiércol avícola.</p> <p>Tanto la energía térmica como la eléctrica se utilizan para el autoconsumo</p> <p>Proveedor: Ecobiogas.</p> 	<p>Sustrato tratado: Aprox. 16.500 m³/anuales de purines de cerdos y 1.800 toneladas/anuales de estiércol avícola.</p> <p>Unidad de valorización del biogás: 100 kWel; 121 kWth</p> <p>Producción de energía: 800 MWhel anuales. 968 MWhth anuales.</p> <p>Instalación: Digestor: 2000 m³</p> <p>Inversión: 500.000 €</p> <p>Financiación: Recursos propios.</p> <p>Modelo Empresarial: Inversión privada.</p> <p>Periodo estimado de amortización: 6 años</p>
		
<p>Claves del éxito:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Valorización de la energía térmica y eléctrica para autoconsumo. ○ El Digestato se utiliza como fertilizador en actividades agrícolas. 		

Caso 3: PLANTA DE BIOGÁS AGRONSELLA

BCM: Inversión privada.

PLANTA DE BIOGÁS AGRONSELLA	Descripción	Características
	<p>Agronsella S.A es una granja situada en Undués de Lerda (Zaragoza, España). Esta planta de biogás trata estiércol para el autoconsumo de energía térmica.</p> <p>Proveedor: Biovec.</p> 	<p>Sustrato tratado: Aprox. 2.000 toneladas/ anuales de purines de cerdo concentrados.</p> <p>Unidad de valorización del biogás: caldera de 170 kW.</p> <p>Producción de energía: 900 MWh anuales.</p> <p>Instalación: Tanque de pretratamiento: 55m³ Digestor: 670 m³ Tanque de post-tratamiento: 580m³</p> <p>Inversión: 220.000 €</p> <p>Financiación: Recursos propios.</p> <p>Modelo Empresarial: Inversión privada.</p> <p>Periodo estimado de amortización: 4 años.</p>
		
<p>Claves del éxito</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Valorización de la energía térmica para autoconsumo. ○ El Digestato se utiliza como fertilizador en actividades agrícolas. 		

Caso 4: PLANTA DE BIOGÁS DE ISCAR

BCM: Inversión privada.

PLANTA DE BIOGÁS DE ISCAR	Descripción	Características
	<p>Planta de biogás situada en Iscar (Valladolid).</p> <p>Esta planta trata subproductos agroalimentarios procedentes de industrias de transformación de verduras y patatas.</p> <p>La energía térmica producida se utiliza para el autoconsumo y el resto se envía al matadero de aves.</p> <p>Operador: Santibáñez Energy. Cliente: Grupo Hidalgo</p> 	<p>Sustrato tratado: 2.800 toneladas/anuales de subproductos procedentes de industrias de transformación de verduras y patatas.</p> <p>Unidad de valorización del biogás: 100 kWth</p> <p>Producción de energía: 950 MWh anuales.</p> <p>Instalación: Tanque de pretratamiento: 30 m³ Digestor: 570 m³ Postdigestor: 300 m³ Gasómetro: 533 m³ Tanque digestato: 900 m³ Inversión: 0,41M €</p> <p>Financiación: Recursos propios.</p> <p>Modelo de Colaboración Empresarial: Sinergia</p> <p>Periodo estimado de amortización: 6 años.</p>
		
<p>Claves del éxito:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Valorización de la energía térmica. ○ El digestato se utiliza como fertilizante en actividades agrícolas. ○ Coste de tratamiento de residuos reducido. 		

2.3.7. Suecia

Caso 1: Långhult Habo

BCM: Inversión privada y apoyo por subsidios públicos

Långhult Habo	Descripción	Características
	<p>Productor de ganado vacuno con 320 cabezas.</p> <p>Parte de la energía producida (100 MWhel) se consume en la granja y el resto se vende (300 MWhel) a la red. También vende 600 MWh de energía térmica a un invernadero próximo.</p> <p>El modelo empresarial de sinergia aplicado presenta ciertas ventajas por el bajo nivel de compromiso = bajo riesgo para los socios y por lo tanto facilidad para la formación de una sociedad. Sin embargo, el control sobre el sustrato más importante es limitado.</p> 	<p>Volumen tratado: Estiércol líquido y sólido como sustrato de base para la planta. Recibe 200 toneladas anuales de residuos procedentes de alimentos procesados de alta energía como co-sustrato.</p> <p>Producción de energía: 75 kW el. capacidad instalada unidad CHP; 200 kW calor.</p> <p>Instalación: Tanque de precalentamiento: 45 m³ Digestor: 510 m³ Post-digestión: 19 m³</p> <p>Inversión: alrededor de 550.000€</p> <p>Financiación: privada y subvenciones públicas (30%)</p>
		
<p>Claves del éxito:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Valorización de la energía térmica para el autoconsumo. ○ El digestato se utiliza como fertilizante en actividades agrícolas. 		

Caso 2: Kulbäcksliden
BCM: Inversión privada y apoyo por subsidios públicos

	Descripción	Características
Kulbäcksliden	<p>Kulbäcksliden es una granja lechera en el norte de Suecia con 155 vacas. La planta de biogás lleva en funcionamiento desde 2013. El biogás se utiliza para la producción de calor y de electricidad.</p> 	<p>Sustrato tratado: 6200 m³/año de purines del ganado</p> <p>Unidad de valorización del biogás: Unidad CHP de 55 kW electricidad</p> <p>Producción de energía: 270.000 kWth anuales</p> <p>Instalación: Digestores: 2x350 m³</p> <p>Inversión: 500 000 €</p> <p>Financiación: inversión privada de 322.000 € y subvención a la inversión de 178.000 €</p>
<p>Claves del éxito:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Bajos costes de inversión gracias a la autoconstrucción y a la asesoría de MMG. 		

2.3.8. Comentarios Generales

Como hemos visto, la producción de biogás en la Unión Europea se encuentra principalmente enfocada hacia la electricidad y el calor, que son las técnicas más importantes de recuperación de energía. Según Eurobarómetro (2013) la recuperación de energía a partir del biogás ha dado un salto hacia adelante en la UE. Las plantas de biogás diseñadas a tal fin, como las unidades de DA en granjas descentralizadas o en empresas agroalimentarias, han empezado a dominar la difusión de la producción de biogás por medio de la aplicación del concepto de pequeña escala.

Hemos presentado cuatro ejemplos de plantas de biogás a pequeña escala en Francia: 2 granjas, 1 Asociación de Industrias Alimentarias (AFI) y 1 Compañía agroalimentaria. Se trata de ejemplos muy variados, que difieren en la utilización de motores de cogeneración o de calderas, de procesos secos o líquidos, granjas o empresas agroalimentarias de la AFI, diferentes proveedores y tecnologías.

A pesar de los altos costes de inversión en Francia, las subvenciones permiten todavía el desarrollo de plantas de biogás. Es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones, válidas en la mayoría de los casos para todos los países, a fin de reducir los costes:

- Desarrollo de equipos estandarizados (p.ej. SCEA Robin, Francia).
- Desarrollo de unidades de biogás lo más sencillas posible, aprovechando la infraestructura ya existente in situ (p.ej. Laiterie de l'abbaye Tamié, Francia).
- Utilizar en la medida de lo posible sustratos próximos y simplificados, a fin de reducir los costes de funcionamiento y de gestión (p.ej. SCEA Robin, Francia).
- Simplificar la gestión administrativa durante la creación del proyecto y durante la fase de funcionamiento de la unidad de biogás.
- Utilizar la energía térmica para el autoconsumo (Boyer SAS, Francia).
- Adaptación a las necesidades reales. Puede ser preferible una caldera en lugar de un motor CHP dependiendo de las necesidades térmicas. Las ventajas de una caldera, en comparación con un motor de CHP, son que los costes de inversión son mucho menores, y se requiere menos trabajo administrativo (la gestión resulta más complicada cuando la electricidad la produce y compra una compañía eléctrica). Sin embargo, la rentabilidad con una caldera es a menudo menor que con un motor de CHP, y a veces nula. La elección dependerá de las necesidades térmicas, de la voluntad del líder del proyecto y de la configuración del mismo.

En Italia, las plantas de biogás para las granjas agro-ganaderas se han construido principalmente en el norte, donde se encuentran la mayoría de estas granjas. La región de Lombardía es la más activa.

En cuanto a tamaño, las plantas de biogás han reducido su tamaño (250 kW), limitándose a fines internos y al autoconsumo de energía. Sin embargo, este aspecto está relacionado con

el tamaño de la granja, en términos de producción de residuos y de consumo de energía. Este aspecto está directamente relacionado con los objetivos del proyecto BIOGAS³.

Las plantas de biogás han sido concebidas para utilizar principalmente los residuos procedentes de la cría (estiércol y purines), y en un porcentaje menor añadiendo biomasa (maíz del suelo, tritical y maíz troceado, ensilado de maíz, etc). Las razones para la construcción de una planta de biogás son diferentes pero comunes:

- Diversificar la actividad de la compañía (otras fuentes de ingresos si parte de la electricidad se vende)
- Extraer todo el potencial intrínseco del estiércol
- Utilizar el digestato como fertilizante alternativo para la tierra, más rico en nitrógeno
- Energía eléctrica y térmica para el autoconsumo (para reducir la dependencia del suministro de energía y el consumo de metano o de otros gases como los de efecto invernadero).

El actual sistema de ayudas a las fuentes de energía renovables en Polonia ha fomentado el desarrollo de plantas con una capacidad superior a 1 MW_{el}. Sólo el 42% de las 50 plantas de biogás agrícola actualmente en funcionamiento (mayo de 2014) no supera 1 MW_{el}.

Las micro-plantas de biogás en Polonia se han desarrollado principalmente sobre la base de la cooperación empresarial entre universidades, instituciones científicas y entidades privadas. Los centros científicos, como centros de conocimiento y tecnología, en colaboración con empresarios, aplican el concepto de micro-instalaciones.

Las instalaciones de pequeña capacidad (capacidad instalada de aproximadamente 250 kW) se construyen a menudo en estrecha colaboración entre una parte que aporta las materias primas necesarias (sustratos) o una demanda constante de energía (electricidad o calor) y un proveedor de tecnología. Las empresas de tecnología ofrecen créditos comerciales para la ejecución de los proyectos. Por otra parte, las plantas pequeñas se ubican a menudo cerca de grandes explotaciones agrícolas, capaces de suministrar los sustratos de producción propia que la planta necesita. Al mismo tiempo, poseen el capital necesario para cubrir las inversiones.

En España, el modelo empresarial aplicado generalmente para la construcción y gestión de plantas de biogás agroindustriales a pequeña escala, depende de la inversión con fondos privados (recursos propios y / o préstamos). En este caso, tanto el consumo de energía eléctrica como térmica para el autoconsumo de las industrias agroalimentarias que exigen gran cantidad de energía para sus procesos, permite reducir dichas necesidades de energía en un alto porcentaje, así como el impacto económico y medioambiental.

La construcción de plantas de biogás de producción de energía térmica (para autoconsumo y/o para la venta a las empresas más cercanas) es una alternativa interesante para la construcción de instalaciones de biogás simplificadas con costes de inversión bajos.

Un modelo interesante de colaboración empresarial (BCM) es la planta de biogás de Iscar (Valladolid). Este modelo de sinergia supone que: i) las industrias agroalimentarias de transformación de verduras y patatas son los productores del subproducto, ii) la empresa O

& M gestiona la planta de biogás, y iii) el matadero de aves es el consumidor de la energía térmica producida en la planta de biogás. Todas las partes del modelo están situadas en proximidad a fin de reducir/eliminar los costes económicos del transporte y el tiempo de almacenamiento de los subproductos.

En **Polonia** existen algunos ejemplos de plantas de biogás a pequeña escala. La mayoría tratan los residuos orgánicos de las granjas, y no están obligadas a inscribirse en la Agencia del Mercado Agrícola.

Por otro lado, encontramos asimismo casos de cooperación y colaboración entre empresas, centros tecnológicos y universidades con el fin de fomentar la digestión anaeróbica.

3. Bibliografía

Amit, R., and Zott, C. (2001). Value Creation in E-Business. *Strategic Management Journal*, 22(6/7), 493-520.

ADEME, AILE, SOLAGRO, TRAME, 2011. La méthanisation à la ferme - Guide pratique. 15p.

ADEME, SOLAGRO, EREP, PSPC, SOGREAH, PERI G, février 2010. Expertise de la rentabilité des projets de méthanisation rurale – Rapport final. 130p.

AILE, 2013. Plan Biogaz – Appel à projets, Unités de méthanisation agricoles à la ferme ou centralisées en Bretagne. 18p.

ATEE Club BIOGAZ, 2012. Guide pour l'optimisation de l'efficacité énergétique des installations biogaz. 292p.

ATEE Club BIOGAZ, Mai 2014. Le biogaz, une énergie renouvelable multiforme, stratégique dans la transition. Livre Blanc du Biogaz. 71p.

INERIS. La réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement. www.ineris.fr/aida/liste_documents/1/18023/1.

Journal Officiel de la République Française, 19 mai 2011. Arrêté du 19 mai 2011 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations qui valorisent le biogaz. www.legifrance.gouv.fr.

Liébard, Alain. 2013. EurObserv'ER report: the state of renewable energies in Europe. 13th edition.

Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, 2013. Le plan "Energie Méthanisation Autonomie Azote". 12p.

Mylène Besson, René Moletta, 2010. La méthanisation en zones AOC Savoyardes. Connaissance et maîtrise des aspects sanitaires liés à l'épandage du digestat. 37p.

Bubdesnibisterium der Justiz für Verbraucherschutz.
<http://www.gesetze-im-internet.de/tiernebg/BJNR008210004.html>

LfL Bayern (2013): Biogashandbuch Bayern.
<http://www.lfu.bayern.de/abfall/biogashandbuch/index.htm>

BioAbfV (2013): Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung – BioAbfV)

KrWG (2012): Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG)

KWKG (2002): Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz).

FNR, Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (2013): Leitfaden Biogas: Von der Gewinnung zur Nutzung, Gülzow-Prüzen.

TierNebV (2012): Verordnung zur Durchführung des Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsgesetzes (Tierische-Nebenprodukte-Beseitigungsverordnung – TierNebV).

Statista (2014): Mischpreis für die Müllentsorgung in ausgewählten deutschen Städten im Jahr 2011 (in Euro je Kubikmeter),
<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/205585/umfrage/mischpreis-fuer-die-muellentsorgung-in-deutschen-staedten/> (14.05.2014).

BMEL, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2012): Ermittlung der Mengen weggeworfener Lebensmittel und Hauptursachen für die Entstehung von Lebensmittelabfällen in Deutschland: Zusammenfassung einer Studie der Universität Stuttgart (März 2012).

ReFood (2014): <http://www.refood.de/rf/sonderseiten/home/> (14.05.2014).

BMWi, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014): Entwurf eines Gesetzes zur grundlegenden Reform des Erneuerbare-Energien-Gesetzes und zur Änderung weiterer Bestimmungen des Energiewirtschaftsrechts.
<http://www.bmwi.de/DE/Themen/energie,did=634382.html> (14.05.2014).

Biogazownie szansą dla rolnictwa i środowiska, dr Alina Kowalczyk Juśko, pod redakcją naukową prof. Dr hab. Anny Grzybek, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa,

Mikrobiogazownie rolnicze, dr Alina Kowalczyk Juśko, Czysta Energia nr 1/2014 (149)

Przewodnik dla inwestorów zainteresowanych budową biogazowni rolniczych, Instytut Energetyki Odnawialnej na zamówienie Ministerstwa Gospodarki, Warszawa 2011

Zagospodarowanie substancji pofermentacyjnej z biogazowni rolniczych, Bio Alians, Warszawa 2013

Komunikat Prasowy Towarowej Giełdy Energii S.A. z dn.27 stycznia 2014 r.
<http://www.tge.pl/pl/27/rss/389/najlepszy-rok-w-historii-towarowej-gieldy-energii>

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDAE. 2011. Situación y potencial de generación de biogás: Estudio técnico 2011-2020.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010. El sector del biogás agroindustrial en España: Documento elaborado por los miembros de la mesa de Biogás.