من النفايات الى الطاقة

انتاج الغاز الحيوي (البيوغاز) من النفايات العضوية

المنشورات التقنية

مركز الشرق الأوسط للتكنولوجيا الملائمة
MECTAT

التكنولوجيا الملائمة

تطبيقات عملية

16

GOETHE-INSTITUT

Production of Biogas from Organic Solid Waste

Abstract

This manual introduces the topic of anaerobic digestion of biowates or biogas production to farmers, municipalities, industrialists and others, who want to find out more about the existing technologies and the possibilities related to it, for solving their waste problems.
The anaerobic technology is wide spread and well proven. It brings a solution to many problems related to the environment and energy supply. In general, biogas technology applications bring in economic returns by providing renewable energy, fertilizers for food production and improves the sanitation of sites where wastes are generated.

انتاج الغاز الحيوي (البيوغاز) من النفايات العضوية

يتناول هذا الدليل موضوع الهضم اللاهوائي للنفايات العضوية، أي انتاج الغاز الحيوي (البيوغاز) لاستعماله من قبل المزارعين والبلديات والصناعيين وسواهم، الذين يريدون معرفة المزيد عن التكنولوجيات والامكانيات المتوافرة حول هذا الموضوع، وذلك لحل المشاكل المتعلقة بنفاياتهم.
وهذه التكنولوجيا واسعة الانتشار وقد ثبتت جدواها، وهي توفر حلاً لكثير من المشاكل المتعلقة بالبيئة وانتاج الطاقة. وبوجه عام، تغلّ تطبيقات تكنولوجيا الغاز الحيوي عائدات اقتصادية من خلال توفير طاقة متجددة وأسمدة لانتاج الغذاء وتحسين الوضع الصحي في المواقع التي تتولد فيها النفايات.

طبع هذا الكتيب بدعم من معهد غوته (المركز الثقافي الالماني). إعداد مركز الشرق الأوسط للتكنولوجيا الملائمة (MECTAT)، بالتعاون مع TBW GmbH.
This publication was made possible by a grant from Goethe-Institut.

المحتويات

1. لماذا هذا الدليل؟ 6

2. مدخل الى الغاز الحيوي (البيوغاز) 6
1.2 ما هو الغاز الحيوي؟ 6
2.2 توازن الخليط الداخلي والنفايات المضافة في انتاج الغاز الحيوي 6

3. الغاز الحيوي: من النفايات الى الطاقة 8
1.3 المعالجة الهوائية واللاهوائية 8
2.3 بيولوجيا تكوُّن الميثان 9

4. الفوائد التي تعود على البيئة 10
1.4 الدورة العالمية للكربون 10
2.4 البيئة الاجتماعية 10

5. محطة انتاج الغاز الحيوي 11
1.5 التكنولوجيا المعدلة لتلائم البلدان النامية 11
2.5 محطات انتاج الغاز الحيوي المتوسطة والكبيرة 12
1.2.5 تصميم المحطة وانشاؤها 12
2.2.5 تشغيل المحطة 14
3.5 مثال على تطبيق تكنولوجيا انتاج الغاز الحيوي في ألمانيا 16

6. توليد الطاقة 17
1.6 الاستعمال المباشر للغاز 17
1.1.6 أجهزة الطبخ والمواقد التي تعمل على الغاز 18
2.1.6 السخانات التي تعمل بالحرارة الاشعاعية 18
3.1.6 الثلاجات 19
2.6 توليد الكهرباء 19
1.2.6 المولدات 19
2.2.6 مولد الحرارة والطاقة المشتركة 20

7. الأسمدة العضوية من محطات انتاج الغاز الحيوي 21
1.7 المواد العضوية الموجودة في الأسمدة 21
2.7 المغذيات والكائنات الحية في التربة 21
3.7 تخفيض انجراف التربة 21
4.7 تخفيض استنزاف النيتروجين 21
5.7 التأثيرات على المحاصيل 22

8. اقتصاديات وتقديرات 22

9. مباشرة العمل 23
1.9 توضيح الشروط العامة 23
2.9 المياه المبتذلة 24
3.9 النفايات الصلبة 25
4.9 الانشاء والتشغيل والتدريب 25

10. باختصار: من التلوث الى الحل 26

اعداد:
مركز الشرق الأوسط للتكنولوجيا الملائمة (**MECTAT**)
ص.ب. 5474 – 113 بيروت – لبنان
هاتف: 742043 – 1(961+)، فاكس: 346465–1 (961+)
E-mail: mectat@mectat.com.lb
www.mectat.com.lb

بالتعاون مع:

TBW
naturgerechte Technologien,
Bau- und Wirtschafts-
Beratung GmbH

D-60316 Frankfurt/M.
Baumweg 10
U4, Merianplatz

Tel. +49 (0)69-94 35 07 0
Fax. +49 (0)69-94 35 07 11
e-mail: info@tbw-frankfurt.com

فريق العمل:
بوغوص غوكاسيان (رئيس الفريق)، **هارتليب أويلر** (مؤلف)، **عماد فرحات** (تحرير)، **جمال عواضة** (تنفيذ الكتروني)

بيروت 2004
جميع الحقوق محفوظة ©
المنشورات التقنية
ISBN 9953-437-07-6

يمنع نقل هذا الكتيب أو أي جزء أو نص منه على شكل مطبوع أو مذاع أو مسجل على أشرطة، في الصحف أو المجلات أو الكتب أو النشرات أو الإذاعة أو التلفزيون أو الكمبيوتر أو الإنترنت أو أي وسيلة نشر أخرى، قبل الحصول على موافقة خطية من مركز الشرق الأوسط للتكنولوجيا الملائمة. وستتخذ الإجراءات القانونية بحق كل مخالفة لهذه الحقوق.

Middle East Centre for the Transfer of Appropriate Technology (MECTAT) is a private and non-profit environmental resource centre, promoting environmentally friendly technologies and environmental awareness for sustainable development.

Established in November 1982 in Beirut, MECTAT financially depends on consultancy services, which are rendered against fees, and sponsorship of its projects.

Since 2003 MECTAT has become the environmental resource centre of the **Lebanese Association for the Appropriate Technology (LATA).**

MECTAT disseminates environmentally sound and affordable technologies in disadvantaged areas to assist the local communities to attain sustainable development. In this regard, MECTAT promotes various environmentally friendly technologies in the fields of renewable energy, waste management, health and sanitation, water supply, alternative agriculture, food processing and preservation, environmental management and income generating activities for women.

After research and field testing of these technologies, they are transferred to beneficiaries through training and dissemination of technical information, which include do-it-yourself manuals, posters, films and video clips, lectures, interviews, exhibitions and other means. MECTAT is member of many international appropriate technology and environmental networks and cooperates with over 100 institutions worldwide.

P.O.Box: 113-5474, Beirut, Lebanon
Tel: +961-1-341323, Fax: +961-1-346465
E-mail: mectat@mectat.com.lb
www.mectat.com.lb

President: **Najib W. Saab**
Co-ordinator: **Boghos Ghougassian**

مركز الشرق الأوسط للتكنولوجيا الملائمة هو مصدر معلومات بيئية ذو تمويل خاص ولا يتوخى الربح، هدفه تطوير وتعميم التكنولوجيات الصديقة للبيئة والتوعية البيئية من أجل تنمية مستديمة.

تم تأسيس المركز عام **1982** في بيروت. ويقوم بأعمال استشارية لمنظمات دولية ووزارات وهيئات أخرى، كما يتولى دورات تدريبية في رعاية هذه المنظمات.

ومنذ عام **2003**، أصبح مركز الشرق الأوسط للتكنولوجيا الملائمة مصدر معلومات بيئية **للجمعية اللبنانية للتكنولوجيا الملائمة.**

ويعمّم مركز الشرق الأوسط للتكنولوجيا الملائمة أساليب بيئية ناجحة وممكنة ومبسّطة، لمساعدة المجتمعات الريفية على تحقيق قدر من الاعتماد على النفس والاكتفاء الذاتي في تأمين حاجاتها الأساسية، مع المحافظة على البيئة المحلية وتنميتها. ويشمل عمل المركز تقديم تقنيات صديقة للبيئة في مجالات الطاقة المتجددة، وادارة النفايات، والصحة والمياه، والزراعة البديلة، وحفظ الطعام، والادارة البيئية، والنشاطات التي توفر دخلاً للنساء.

وتشمل نشاطات المركز الابحاث والتدريب ونشر المعلومات عبر الكتب والملصقات والأفلام البيئية والدوريات والمحاضرات والمقابلات والمعارض.

ومركز الشرق الأوسط للتكنولوجيا الملائمة عضو في كثير من الشبكات العلمية العالمية المهتمة بالتكنولوجيا الصديقة للبيئة، كما يتعاون مع أكثر من مئة مؤسسة دولية مختصة.

صندوق البريد: **5474-113** بيروت-لبنان
هاتف: **341323 – 1 (961+)**، فاكس: **346465 – 1 (961+)**
E-mail: mectat@mectat.com.lb
www.mectat.com.lb

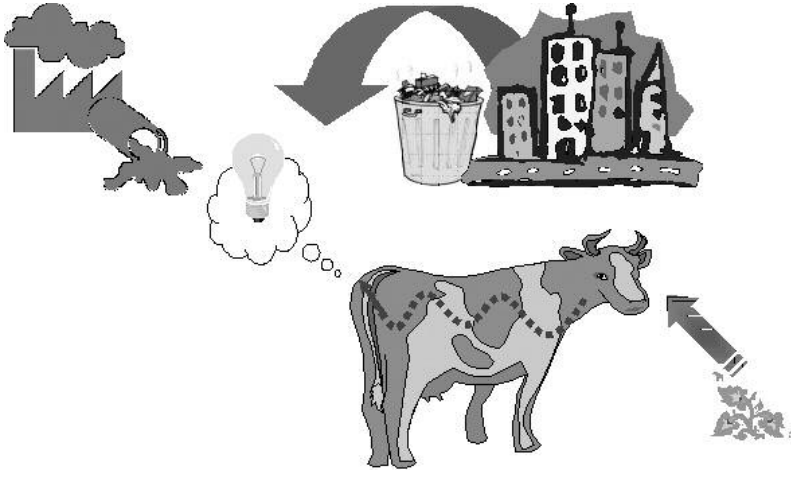
الرئيس: **نجيب وليم صعب**
المنسق: **بوغوص غوكاسيان**

انتاج الغاز الحيوي (البيوغاز) من النفايات العضوية

1. لماذا هذا الدليل؟

يتناول هذا الدليل موضوع الهضم اللاهوائي للنفايات العضوية، أي انتاج الغاز الحيوي (البيوغاز) لاستعماله من قبل المزارعين والبلديات والصناعيين وسواهم، الذين يريدون معرفة المزيد عن التكنولوجيات والامكانيات المتوافرة حول هذا الموضوع، وذلك لحل المشاكل المتعلقة بنفاياتهم.

بعد اعطاء فكرة عامة عن الغاز الحيوي وتكوّنه، يورد الدليل تفاصيل حول تخطيط محطات انتاج الغاز الحيوي، وذلك لمعالجة النفايات الصلبة أو المياه المبتذلة، فضلاً عن استعمال الغاز الحيوي المنتج كوقود. وهذه التكنولوجيا واسعة الانتشار وقد ثبتت جدواها في ألمانيا وأوروبا الوسطى والصين والهند وبعض البلدان الأفريقية. وهي توفر حلاً لكثير من المشاكل المتعلقة بالبيئة وانتاج الطاقة.



وبوجه عام، تغلّ تطبيقات تكنولوجيا الغاز الحيوي عائدات اقتصادية من خلال توفير طاقة متجددة وأسمدة لانتاج الغذاء وتحسين الوضع الصحي في المواقع التي تتولد فيها النفايات.

2. مدخل الى الغاز الحيوي (البيوغاز)

1.2 ما هو الغاز الحيوي؟

من اسمه، يتبين أن "الغاز الحيوي" غاز يأتي من مواد حية، أي مواد عضوية، أو نفايات عضوية تحتوي على كربون.

ينشأ الغاز الحيوي من فعل بكتيري في عملية التحلل البيولوجي للمواد العضوية في أحوال لاهوائية (من دون وجود هواء). والتوليد الطبيعي للغاز الحيوي جزء مهم من دورة الكربون. ومولدات الميثان (البكتيريا المنتجة للميثان) هي الحلقة الأخيرة في سلسلة الكائنات الدقيقة التي تحلل المواد العضوية وتعيد المنتجات المتحللة الى البيئة. وفي هذه العملية يتولد الغاز الحيوي الذي هو مصدر لطاقة متجددة.

2.2 توازن الخليط الداخلي والنفايات المضافة في انتاج الغاز الحيوي

أنواع النفايات:

من حيث المبدأ، جميع المواد العضوية يمكن تخميرها أو هضمها لاهوائياً. وهذا يشمل النفايات السائلة وشبه السائلة (الحمأة) والصلبة الناتجة عن البلديات والصناعات والزراعة. ويجب ان يكون الخليط الداخلي في محطة لانتاج الغاز الحيوي متجانساً وسائلاً، وهو يشمل الروث والبول من مزارع الأبقار والأغنام

وربما الدواجن والمسالخ، والمياه المبتذلة من المراحيض. وعندما تمتلئ المحطة، ينبغي أحياناً تمييع النفايات بحيث لا يزيد تركيز المواد الصلبة على 10% على ان يكون الباقي سائلاً.

ويجب استعمال البول أو المياه المبتذلة للتمييع عند الامكان. والنفايات الصلبة والمياه المبتذلة الناتجة عن صناعات انتاج الغذاء تكون مناسبة أكثر اذا كانت متجانسة وفي شكل سائل. والحد الأقصى لانتاج الغاز من كمية معينة من المواد الأولية يعتمد على نوع الخليط الداخلي في محطة المعالجة.

تركيب الغاز الحيوي وخصائصه:

الغاز الحيوي مزيج من الغازات التي تتكون أساساً مما يأتي:

- **الميثان (CH_4):**

40-70% من الحجم

- ثاني أوكسيد الكربون (CO_2):

30-60% من الحجم

- **غازات أخرى:**

1-5% من الحجم بما في ذلك:

الهيدروجين (H_2): **0-1 %** من الحجم

كبريتيد الهيدروجين (H_2S): **0- 3%** من الحجم

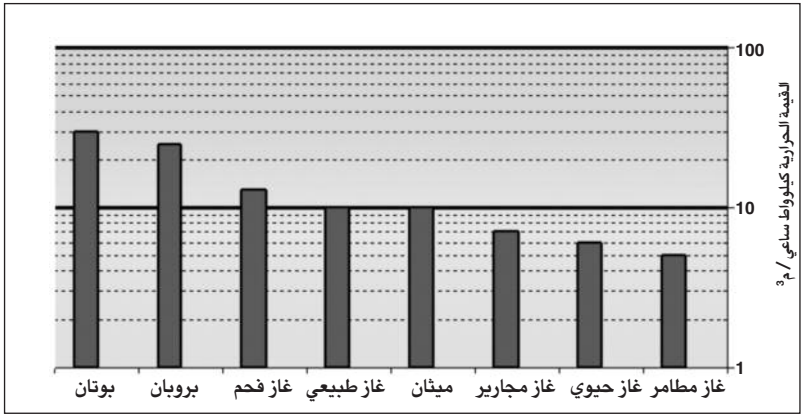
الخصائص المميزة للغاز الحيوي، مثل تلك الخاصة بأي غاز، تعتمد على الضغط ودرجة الحرارة في الهاضمة. وهي تتأثر أيضاً بنسبة الرطوبة الموجودة. والعوامل ذات الأهمية الرئيسية هي:

- تغير في الحجم كعمل تؤديه درجة الحرارة والضغط.
- تغير في القيمة الحرارية كعمل تؤديه درجة الحرارة والضغط ومحتوى بخار الماء.
- تغير في محتوى بخار الماء كعمل تؤديه درجة الحرارة والضغط.

المحتويات الطاقوية للغاز الحيوي:

القيمة الحرارية (السُعرية) للغاز الحيوي هي حوالى 6 كيلوواط ساعي / المتر المكعب أو 2 كيلوواط ساعي كهربائي اذا تحول الى كهرباء. وهذا يعادل القيمة الحرارية لنصف ليتر من المازوت. وتعتمد القيمة الحرارية الصافية على كفاءة المولدات والمواقد والأجهزة المستعملة. والميثان هو المكوّن القيِّم في مجال استعمال الغاز الحيوي كوقود.

الجدول الآتي يبين القيمة الحرارية للغازات المختلفة التي يشيع استعمالها.



القيمة الحرارية للغازات المختلفة

تجدر الاشارة الى انه كلما ارتفعت القيمة الحرارية كان التعامل مع الغاز الحيوي أكثر خطورة. لكن على ضغط منخفض لا يشكل الغاز الحيوي مشكلة كبرى في ما يتعلق بالسلامة.

يبين الجدول الآتي خصائص الغازات المختلفة التي يحتويها الغاز الحيوي، مقارنة بالغاز الحيوي ذاته.

الخصائص	وحدة القياس	ميثان	ثاني أوكسيد الكربون	كبريتيد الهيدروجين	غاز حيوي (الميثان = 65% من الحجم)
القيمة الحرارية (اجمالية)	كيلوواط ساعي / م3	11,1	–	–	7,2
القيمة الحرارية (صافية)	كيلوواط ساعي / م3	10	–	6,3	6,5
حدّ الانفجار	التركيز في الهواء (% من الحجم)	5 ـ 15	–	4 ـ 45	5 ـ 12
نقطة الالتهاب	درجة مئوية	700	–	270	650 ـ 750
الضغط الحرج (ليتحول الى سائل)	بار	47	75	90	75 ـ 89
الكثافة	كيلوغرام / م3	0,72	1,98	1,54	1,2
الكثافة النسبية غاز / هواء		0,55	1,5	1,2	0,9

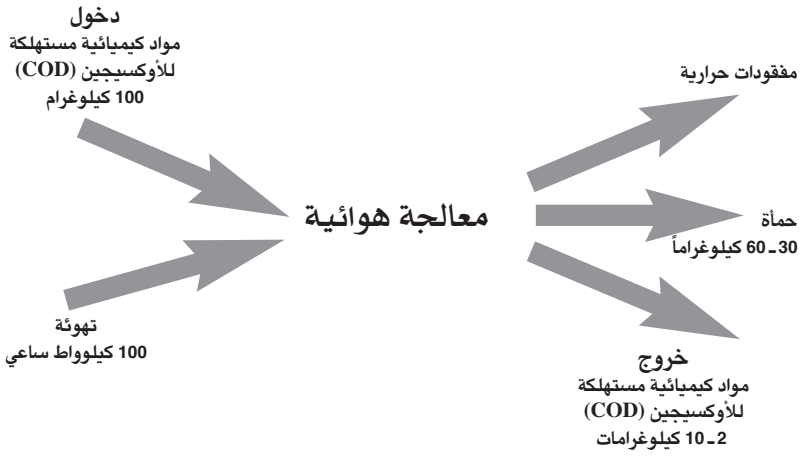
خصائص الغازات المختلفة

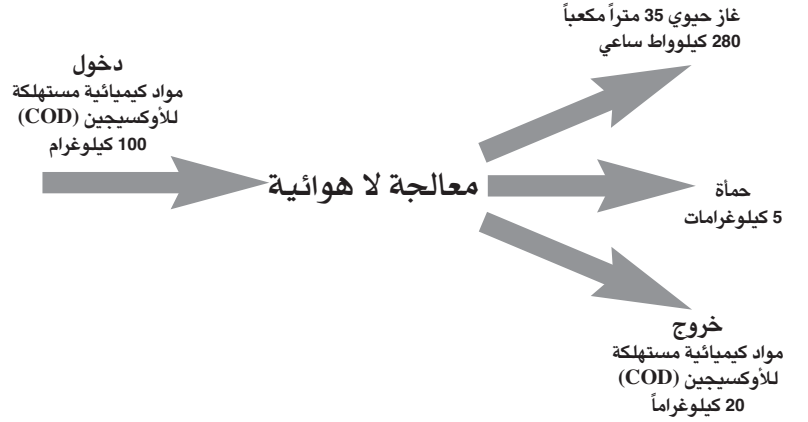
3. الغاز الحيوي: من النفايات الى الطاقة

1.3 المعالجة الهوائية واللاهوائية

المعالجة الهوائية التقليدية للمياه المبتذلة مكلفة وتستهلك كثيراً من الطاقة. وهي تتطلب أكسجة أو تهوئة على نطاق واسع.

وفي المقابل، المعالجة اللاهوائية تنتج كمية كبيرة من الطاقة. الرسمان البيانيان في الجهة المقابلة يعطيان صورة شاملة لهاتين العمليتين.

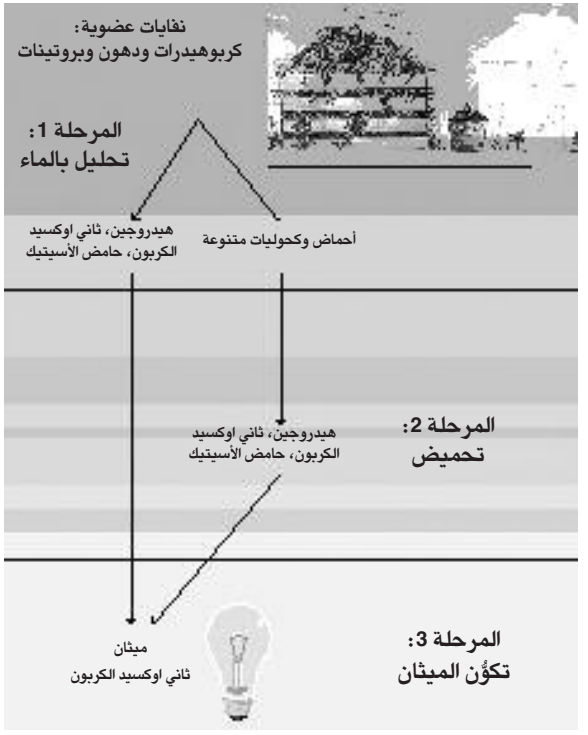




المعالجة اللاهوائية تنتج أيضاً أسمدة من نوعية جيدة.

2.3 بيولوجيا تكوُّن الميثان

معرفة عمليات المعالجة الأساسية الخاصة بتخمير الميثان ضرورية لتخطيط وبناء وتشغيل محطات انتاج الغاز الحيوي. والتخمير اللاهوائي يشمل انشطة ثلاث مجموعات بكتيرية مختلفة. وتتعمد عملية انتاج الغاز الحيوي على معايير متنوعة. فالتغيرات في درجة الحرارة المحيطة، مثلاً، يمكن ان يكون لها تأثير سلبي على النشاط البكتيري. والمواد التي يمكن بعدئذ تخميرها لانتاج الغاز الحيوي تأتي من مصادر متنوعة.



ثلاث مراحل للتخمير اللاهوائي

لتوليد 1 كيلوواط ساعي من الطاقة الكهربائية و1,24 كيلوواط ساعي من الطاقة الحرارية كمنتج ثانوي، فان الكميات الآتية من المواد العضوية تكون ضرورية:

5 ـ 10 كيلوغرامات من النفايات المنزلية

4 ـ 7 كيلوغرامات من النفايات العضوية الصلبة (أي الزراعية)

4 ـ 7 أمتار مكعبة من المياه البلدية المبتذلة

8 ـ 12 كيلوغراماً من روث الماشية

كل نوع من المواد العضوية ينتج كمية معينة من الغاز في أوضاع محددة (درجة الحرارة والمحتوى المائي). الجدول الآتي يورد بعض الأمثلة.

المادة الأولية	معدل كمية الغاز المنتجة بالليترات في كل كيلوغرام من المادة العضوية الجافة
نفايات صلبة عضوية منزلية	450
نفايات نباتية	450
فضلات تشذيب أغصان الأشجار	780
زبل دجاج	465
قشور بطاطا	840
حمأة مياه مبتذلة	525
برسيم (قصّة)	800
فضلات مطابخ	550
أوراق نباتات	650
قش ذرة	900
دبس	420
تفل فاكهة معصورة	670
روث خيول	580
روث بقر (حديث)	420
روث غنم (حديث)	750
روث خنازير (حديث)	450
قش قمح	500

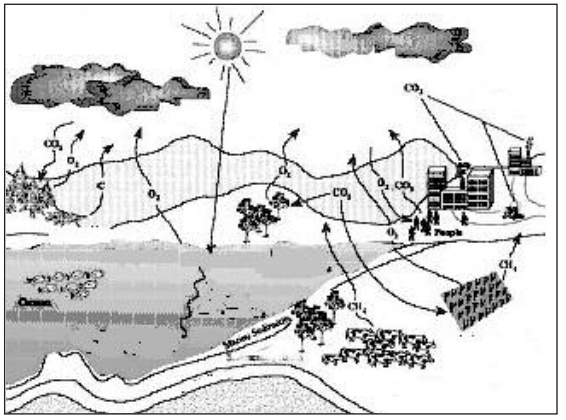
انتاج الغاز الحيوي من بعض المواد

4. الفوائد التي تعود على البيئة

1.4 الدورة العالمية للكربون

الغلاف الجوي

ينطلق كل سنة حوالى **590 - 880** مليون طن من الميثان (CH_4) في أنحاء العالم الى الغلاف الجوي من خلال النشاط البكتيري. وحوالى **90%** من الميثان المنطلق ينتج عن فعل الكائنات الحية، أي من تحلل الكتلة الحيوية. والبقية تصدر عن الوقود الأحفوري (أي عمليات تصنيع البتروكيماويات).



مصادر انتاج ثاني أوكسيد الكربون والميثان

الميثان من غازات الدفيئة التي تسبب ارتفاعاً في حرارة جو الأرض. وهو أكثر ضرراً من ثاني أوكسيد الكربون (CO_2) بحوالي **30** مرة. واحتراق الميثان يطلق الماء وثاني اوكسيد الكربون، اللذين هما المكوّنان الطبيعيان للغلاف الجوي. وهكذا تعتبر هذه العملية محايدة في تأثيرها المناخي، ولذلك من الأفضل كثيراً حرق الميثان بدلاً من اطلاقه مباشرة في الغلاف الجوي.

تلوث الأرض

تحلل النفايات العضوية يمكن أن تكون له آثار ضارة كثيرة على البيئة كما يأتي:

- تلويث الأجسام المائية مما يؤدي الى تعزيز نمو النباتات المائية التي تستنزف الأوكسيجين.

- انتشار الأمراض التي تسببها ناقلات الأمراض الموجودة في البراز والمياه المبتذلة.

- انبعاث روائح كريهة وخسارة الاراضي وانفجارات (في المطامر) ومشاكل أخرى كثيرة.

الوقود الأحفوري والطاقة

الهضم اللاهوائي للنفايات يوفر حلاً ناجعاً لكثير من هذه المشاكل التي يسببها الوقود الأحفوري. فهو يمكن أن يحل محلها كمصدر لطاقة متجددة.

تدوير المغذيات

البراز والبول والمياه المبتذلة والنفايات العضوية تحتوي جميعاً على مغذيات يمكن استعمالها من جديد كأسمدة. لكن ما تحتويه من ناقلات الأمراض يعني غالباً انه لا يمكن الاستفادة منها مباشرة. والهضم اللاهوائي، الذي تعقبه أحواض معالجة لاحقة، يسمح بازالة نسبة من ناقلات الأمراض تصل الى **99,9%**. وهذا يسمح بالتعامل مع المادة والتخلص منها بأمان.

2.4 البيئة الاجتماعية

المزارعون والمناطق الصناعية والبلديات والحكومات لديها مفاهيم متنوعة حول التنمية. وبامكانها استعمال تكنولوجيا انتاج الغاز الحيوي لاهوائياً بطرق مختلفة تساهم في تلبية أهدافها التنموية.

المزارعون قد يريدون استبدال مدخلات، مثل الكهرباء والأسمدة والوقود المنزلي ووقود المحركات، بحمأة الغاز الحيوي ذاته. واعتماد نظام للغاز الحيوي يمكن أن يعفي البلديات والصناعات الزراعية والمزارعين من نفقات كانوا يتكبدونها في السابق على التخلص من النفايات أو ادارتها. وتحسين الأوضاع في الزرائب، اذا كان جزءاً من النظام، يمكن أن يزيد انتاج مربي الحيوانات أو مؤسسات التصنيع الزراعي. والأسمدة المنتجة يمكن أن ترفع حصيلة الانتاج الزراعي.

المناطق الصناعية تستطيع من خلال معالجة نفاياتها في محطة لانتاج الغاز الحيوي، ان تفي بالتزاماتها القانونية المتعلقة بالتخلص من النفايات. ويمكنها، في الوقت ذاته، توليد الكهرباء والبخار لعملياتها الانتاجية أو لبيعها للشبكة العامة.

البلديات يمكن أن تستعمل التكنولوجيا اللاهوائية لحل مجموعة من المشاكل المرتبطة بالتخلص من النفايات الصلبة العامة ومعالجة المياه المبتذلة والتقليل من النفقات ذات العلاقة. والطاقة الناتجة عن هضم المواد العضوية لا تشكل عادة أولوية قصوى، لكن يمكن أن تفي بالمتطلبات الطاقوية العامة. ويمكن استعمال منتجات الأسمدة في المنتزهات أو الحدائق العامة.

الحكومات الوطنية لها مصالح اقتصادية كبرى قد تجعل تكنولوجيا الغاز الحيوي خياراً مهماً في الخطط التنموية الشاملة. ووجود عدد كبير من نظم الغاز الحيوي العاملة على نطاق وطني يساعد في التقليل من تلوث المياه وزوال الغابات، ويزيد الانتاج الزراعي وفرص العمل، ويحل محل مستوردات الوقود الأحفوري والأسمدة. واذا كانت الفوائد الاقتصادية الكبرى واضحة وقابلة للقياس، يجوز لأي حكومة ان تأخذ في الاعتبار دعم نظم الغاز الحيوي لردم أي هوة في ربحية اقتصادية صغرى. ولكي يتمكن جميع المهتمين من جعل التكنولوجيا تؤتي ثمارها فان التعاون يشكل القضية الرئيسية.

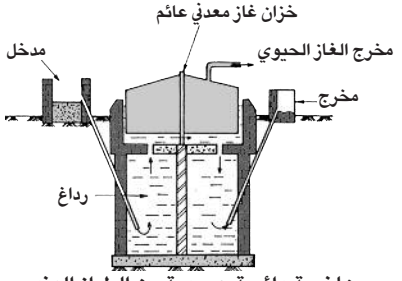
المهندسون وعمال الصيانة كان يجري اغفالهم منذ زمن طويل كمجموعة مستهدفة في ما يتعلق بسوق الغاز الحيوي. فهذه التكنولوجيا لا تفتح مجالات في السوق للمعدات واللوازم والبنائين والسباكين (السمكريين) والمهندسين المدنيين والزراعيين فحسب، بل غالباً ما تشكل المحفزات الأكثر فعالية لمزيد من الانتشار.

5. محطة انتاج الغاز الحيوي

1.5 التكنولوجيا المعدلة لتلائم البلدان النامية

يمكن بناء محطات لانتاج الغاز الحيوي بسهولة نسبية باعتماد تكنولوجيا وعمالة محليتين. وهذه تبنى أساساً تحت الأرض. وتُغذى من أحد الأطراف بالمادة العضوية، ويتجمع الغاز الحيوي في أعلى القبة أو في خزان معدني رقيق خارجي.

وبالنسبة للمحطات الصغيرة، هنا مثالان على الأنواع الأكثر استعمالاً:



هاضمة دائرية عمودية من الطراز الهندي

- المحطة ذات البرميل العائم (تستعمل غالباً في الهند).

يتجمع الغاز في خزان فولاذي عائم يرتفع بحسب حجم الغاز المنتج.

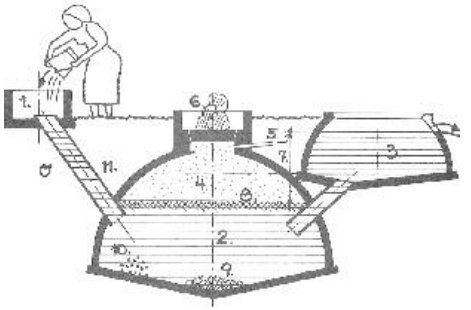
- المحطة ذات الغطاء البلاستيكي.

يتجمع الغاز تحت غطاء بلاستيكي ينتفخ بفعل ضغط منخفض.

في معظم الحالات، فان الحل الأفضل على المدى الطويل، وبنفقات منخفضة، هو المحطات ذات القبة الثابتة للاستعمالات على نطاق صغير في المناخات الدافئة.

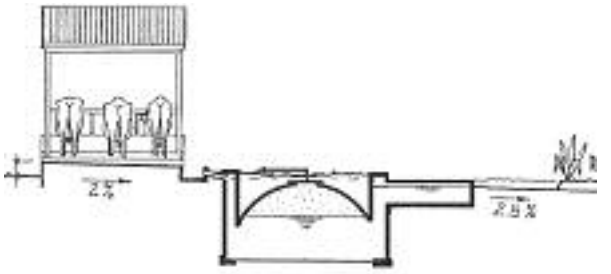
تحتوي محطة صغيرة لانتاج الغاز الحيوي على الأجزاء المكونة الآتية كما هو موضح في الرسم:

1. غرفة مزج مزودة بفتحة ادخال انبوبية
2. هاضمة
3. غرفة تمدد للوحول الفائضة
4. مستودع خزن الغاز وقياس كميته
5. انبوب توصيل الغاز
6. غطاء محكم لغرفة الغاز من أجل أعمال الصيانة
7. اختلاف في المستوى يتوافق مع ضغط الغاز
8. "قشرة" متكسرة بسبب الاختلافات في المستوى
9. ترسب الحمأة الصلبة
10. ترسب الرمل والحصى



هاضمة ذات قبة ثابتة

في المزارع أو مصانع المواد الغذائية، يمكن تلقيم محطة انتاج الغاز الحيوي بروث الماشية أو المخلفات الصناعية العضوية بطريقة آلية، وذلك بفضل انشاء المحطة بجانب الزريبة أو المصنع مباشرة.



2.5 محطات انتاج الغاز الحيوي المتوسطة والكبيرة

في آسيا وخصوصاً الصين والهند، هناك عدة ملايين من محطات انتاج الغاز الحيوي الزراعي الصغيرة قيد التشغيل.

وفي المانيا تشغّل آلاف محطات انتاج الغاز الحيوي الكبيرة لأغراض زراعية. وكثير من محطات معالجة النفايات البلدية الصلبة، عندما تشغل باعتماد التكنولوجيا اللاهوائية، تنتج غازاً حيوياً يمكن أن تستعمله الصناعات كمصدر للطاقة، في شكل كهرباء وحرارة.

1.2.5 تصميم المحطة وانشاؤها

يجب ان تتوافر معرفة واسعة في ما يتعلق بتصميم المحطة وخبرة كافية لكل مرحلة تصميمية بالتفصيل. والتصميم الجيد للمحطة يسهل بدء عملها وتشغيلها ويقلل الى الحد الأدنى التعديلات التكنولوجية اللازمة.

وبالنسبة للمحطات الكبيرة، وفي المناخات الباردة، يركب عادة نظام للتدفئة والعزل والمزج لتسريع عملية التحلل.

تصميم المحطة يجب أن يراعي الظروف المحددة في الموقع وتلقيم المواد ومتطلبات التكنولوجيا التي يقع عليها الاختيار.

لقد ثبت ان المعايير التصميمية الآتية هي نقاط رئيسية يجب أن تؤخذ في الاعتبار.

المياه المبتذلة

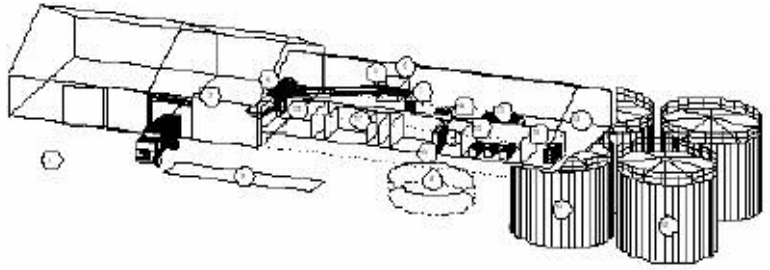
● **المياه المبتذلة الداخلة الى المحطة:**

المياه المبتذلة الداخلة يجب ان يحدد حجمها وفق معدل تدفقها، مع الأخذ في الاعتبار تكرار الترسبات الثقيلة والفوارق الكبرى الأخرى في التدفق، عند الضرورة، وتأمين مرافق لاستيعاب التدفقات الزائدة.

● **توزيع المياه المبتذلة:**
يجب أن تكون أبعاد الأنابيب كبيرة بما يكفي للتقليل من خطر حدوث انسداد.

● **حجم الهاضمة:**
يجب تحديد الحجم اللازم للهاضمة وفق مقدار المادة التي يجب معالجتها والزمن المقدر للاحتفاظ بها (نسبة التحلل المرغوب أو الضروري).

● **تخزين الغاز:**
للعلاقة بين حجم الهاضمة وسعة تخزين الغاز المنتج أهمية قصوى. وهذه يجب احتسابها من أجل تزويد الكمية الصحيحة للغاز بما يكفي من ضغط وفق معدل المتطلبات اليومية لمستخدمي المحطة. واذا تم انتاج الكهرباء بصورة مستمرة عندئذ يصبح تخزين الغاز غير ضروري.



محطة لانتاج الغاز الحيوي الصناعي تستخدم النفايات العضوية المنزلية

● **الفرز الثلاثي الأطوار:**
الفرز الثلاثي الأطوار في المحطات التي تعتمد تكنولوجيا الغطاء اللاهوائي للحمأة ذات الدفق الصاعد (UASB) (أي فرز الحمأة والماء والغاز) يجب تحديد احجامه بطريقة تمكن من استخراج الغاز المنتج بكامله وتجنب انبعاث روائح نتيجة تسرب غير منضبط للغاز. ويجب منع انجراف الحمأة الى الخارج بسبب زيادة تحميل الهاضمة.

● **استخدام الغاز:**
يجب تنقية الغاز الحيوي (ازالة الكبريت منه) قبل استخدامه في الأجهزة العاملة على الغاز لاجتناب التآكل. وسعة تخزين الغاز وعدد الأجهزة يجب أن يأخذا في الاعتبار أوقات توقف المحطة اذا لم يركب مشعل لحرق الغاز الزائد. والاستخدام المستقبلي لكل الغاز المنتج يجب ان يكون قد تأمن في طور التصميم.

● **المعالجة اللاحقة:**
عملية المعالجة اللاحقة يجب أن تضمن التقيد بمقاييس التصريف ذات العلاقة ويجب أن تمكن من استخدام المنتجات الثانوية الى أقصى حد، أي الغاز والماء المنقى والحمأة.

● **الارتقاء بعملية المعالجة الى الدرجة المثلى:**
في ما يتعلق بالمياه المبتذلة الصناعية على وجه الخصوص، يجب اختيار محطات المعالجة وفعالياتها المبتغاة بالتحديد، كما يجب تعديلها بما يتماشى مع فروع الصناعة ذات العلاقة.

النفايات الصلبة أو الحمأة

● **المعالجة المسبقة:**
ازالة المواد الضارة في وقت مبكر يحمي الخليط والأنابيب في وقت لاحق. وتهيئة النفايات قبل مرحلة الهضم وبعدها يجب تعديلها لتتماشى مع خصائص الخليط الداخلي، ويجب منع الفوارق الكبيرة.

● **الارتقاء بعملية المعالجة الى الدرجة المثلى:**

بالنسبة للنفايات الصلبة الصناعية على وجه الخصوص، يجب تعديل عمليات المعالجة تحديداً لتتماشى مع فروع الصناعة ذات العلاقة. ويتم بشكل متزايد توحيد جزئي لمقاييس محطات المعالجة. وهناك أمثلة على محطات قيد العمل، وتتوافر الامكانيات لتوسعة المحطات باضافة وحدات مستقلة اليها.

● **استخدام الغاز:**

يجب تنقية الغاز (ازالة الكبريت منه) قبل استخدامه لاجتناب اضرار التآكل.

● **معالجة المياه المبتذلة:**

لمعالجة المياه المبتذلة الفائضة، فان وجود شبكة مجارير تمكن من تصريفها الى محطة لمعالجة المياه المبتذلة البلدية أو الصناعية يساهم في الحد من متطلبات المعالجة والتنقية. لكن المياه المبتذلة في غالبيتها تستخدم لتسبيخ مواد نباتية جافة مثل قش الرز والقمح.

2.2.5 تشغيل المحطة

المشاكل التشغيلية غالباً ما يسببها نقص في الادارة التشغيلية وفي الهيكل التنظيمي، خصوصاً في البلدان النامية. لذلك فان برامج الصيانة واستراتيجيات الاشراف على المحطة والشروط المسبقة لمراقبة تشغيلية شاملة ودائمة يجب تطويرها بالتزامن مع تصميم المحطة وانشائها.

وبالنسبة للمحطات الصغيرة اللامركزية أو المنزلية تنخفض هذه المتطلبات.

المياه المبتذلة

النقاط التالية تضمن ظروفاً مثلى لتشغيل المحطة:

● **دفتر يوميات لتوثيق المحطة وتشغيلها:**

يجب أن تحتوي الوثائق على مخططات المسح وتحديد الموقع، اضافة الى قنوات دخول النفايات والأجسام المائية اللازمة للتصريف، فضلاً عن وثائق الترخيص. ويجب ان يوضح دفتر اليوميات الخاص بالتشغيل الحالة التقنية للمحطة والتغيرات التشغيلية التي يتم ادخالها على مراحل منتظمة أو بحسب الضرورة.

● **برامج الصيانة والفحص:**

يجب القيام بما يأتي من أجل الحفاظ على جميع مكونات المحطة.

● **قياسات التحكم وخطوات الارتقاء بعملية المعالجة اللاهوائية الى الدرجة المثلى** (بالنسبة للمحطات الكبيرة فقط):

- يومياً:

درجة تركيز ايونات الهيدروجين، الموصلية، جهد الأكسدة والاختزال، محتوى المواد الكيميائية المستهلكة للأوكسيجين، الجوامد القابلة للترسب وغير القابلة للترسب، محتوى النيتروجين، درجة الحرارة (الماء، الهواء) والطقس (التساقط)

- أسبوعياً:

المواد العضوية المستهلكة للأوكسيجين، الفوسفور

- باستمرار:

انتاج الغاز الحيوي ومحتوى الميثان في الغاز الحيوي

- بحسب الطلب ووفق الأنظمة (المائية) القانونية:

معايير أخرى مع مقاييس محددة للتصريف، محتوى المواد السامة (لأجل عملية المعالجة والنظام الايكولوجي).

لتقييم الأسباب والروابط المحتملة في حال وجود مشاكل تشغيلية، فان مزيداً من الفحوصات المتكررة يمكن أن يصبح ضرورياً.

محطات الاختبار التي تشغل على التوازي مناسبة لتحديد حدود التحميل ونسب التحميل المثلى على المدى البعيد.

● **تنقية الغاز واستخدامه:**

كمية الغاز المنتج دليل على كفاءة عملية المعالجة واستقرارها. لذلك يجب ان تقاس وتوثق على مراحل منتظمة (تحديد محتوى الميثان وثاني أوكسيد الكربون).

تنقية الغاز ضرورية عادة للتقليل من الرواسب على الأجهزة التي تستعمل الغاز ومن تآكلها خصوصاً بالنسبة لاستعمال الغاز الحيوي في المحركات. (بالنسبة للمحركات العادية، فان كميات صغيرة من الكبريت تؤدي سريعاً الى الحاق الضرر بها وتقصر الفواصل الزمنية لتغيير الزيت). متطلبات الصيانة والتشغيل تزداد مع الاستخدام المركّب للغاز ومع تردي نوعيته.

وفي حال استخدام الغاز حرارياً لأغراض الطبخ والتبريد والتدفئة، يجب فحص الأجهزة من حين الى آخر للتأكد من انها تعمل على أفضل وجه ومما اذا كان هناك تآكل ورواسب نتيجة عدم نقاوة الغاز.

ويجب مراقبة عمل مشاعل حرق الغاز يومياً كما يجب أن تشغل آلياً.

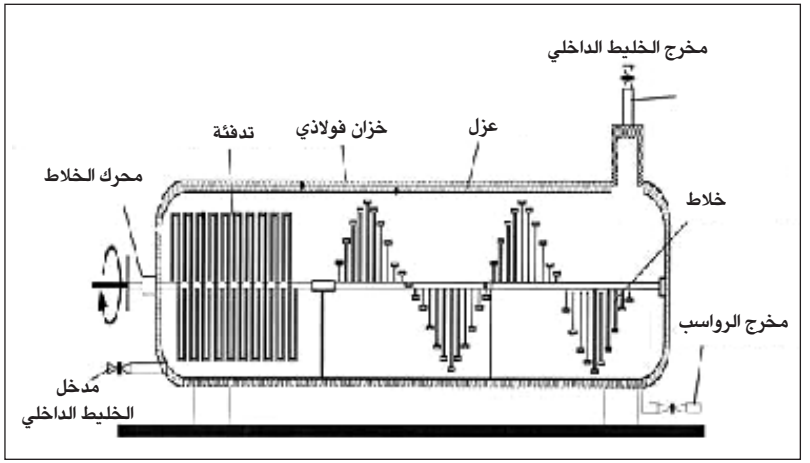
● **المعالجة اللاحقة:**

كلما كان مستوى تكنولوجيا عملية المعالجة اللاحقة التي يقع عليها الاختيار عالياً كلما ارتفعت متطلبات التشغيل والصيانة والمستوى الضروري للخبرة. فأحواض التحلل الطبيعي مثلاً تتميز بانها لا تحتاج الا للقليل جداً من متطلبات التشغيل والصيانة المنتظمة.

● **معالجة الحمأة:**

المتطلبات التشغيلية الخاصة بمعالجة الحمأة الناتجة عن محطات المعالجة اللاهوائية قليلة. وهنا عادة يكون تجفيف الحمأة وتسبيخها كافيين. ومزيد من خطوات المعالجة على مستوى تكنولوجي أرفع مثل نزع الماء من الحمأة (تكثيف، كبس، الخ) والهضم المستقل للحمأة لا ضرورة لهما في الغالب.

يجب فحص الحمأة بانتظام للتأكد من محتوياتها من المغذيات أو المواد الضارة قبل التخلص منها أو استعمالها.



هاضمة افقية

النفايات الصلبة أو الحمأة

النقاط التالية تضمن أحوالاً مثلى لتشغيل المحطة:

● **دفتر يوميات لتوثيق المحطة وتشغيلها:**

انظر المياه المبتذلة (القسم 2.2.5)

● **برامج الصيانة والفحص:**

انظر المياه المبتذلة (القسم 2.2.5)

● **قياسات التحكم وخطوات الارتقاء بعملية المعالجة اللاهوائية الى الدرجة المثلى:**

- فحص يومي لدرجة تركيز أيونات الهيدروجين، الأحماض العضوية، درجة الحرارة، الموصلية، النيتروجين
- أسبوعياً: فحص محتوى الجوامد الاجمالية
- باستمرار: انتاج الغاز الحيوي ومحتوى الميثان في الغاز الحيوي
- حسب اللزوم: محتوى المواد السامة (لعملية المعالجة والنظام الايكولوجي)

● **تنقية الغاز واستخدامه:**

انظر المياه المبتذلة (القسم 2.2.5)

● **التسبيخ:**

أثناء تسبيخ الخليط الداخلي، يجب مراقبة دورة درجة الحرارة، ويجب تأمين تهوئة وتقليب كافيين لكومات السماد لمنع تكون طبقات خالية من الهواء وتأمين تحلل مستمر داخل عملية التسبيخ. وبالنسبة للحمأة، يجب أيضاً فحص السماد بانتظام في ما يتعلق بالمعايير الضرورية للتخلص من كميات أخرى أو استخدامها (أي محتوى المغذيات أو المواد الضارة).

● **المياه المبتذلة:**

ليس لكل محطة لمعالجة النفايات الصلبة مرافق خاصة لمعالجة المياه المبتذلة. واحتمالات استخدام المياه المبتذلة في عملية المعالجة (ترطيب، تسبيخ) لها الأولوية ويجب تقييمها بانتظام.

3-5 مثال على تطبيق تكنولوجيا انتاج الغاز الحيوي في ألمانيا

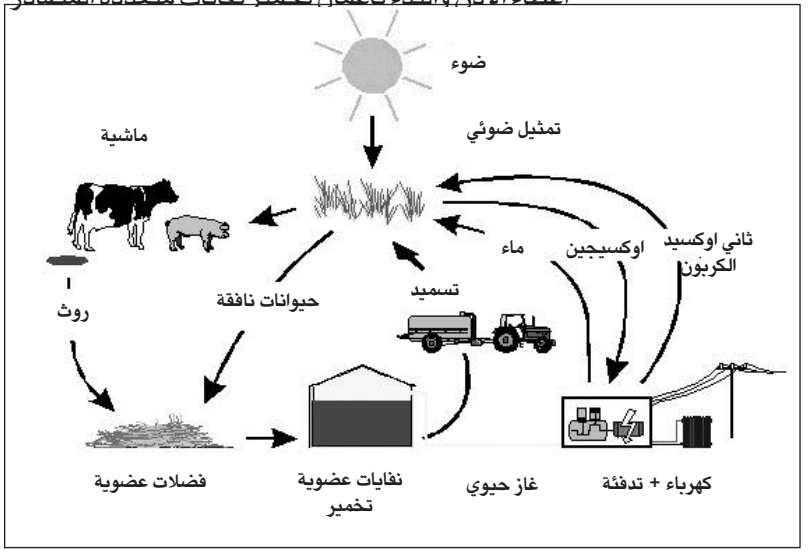
تبدو في الرسم محطة معالجة متوسطة الحجم بنتها شركة TBW، فرانكفورت، قبل سنوات في مزرعة شمال ألمانيا مساحتها المزروعة 30 هكتاراً وتحتوي على 200 بقرة. أما المحطات الحديثة التي تبنى حالياً فهي أكبر بكثير.

محطة معالجة لاهوائية متوسطة الحجم في ألمانيا

مراحل انشاء محطة انتاج الغاز الحيوي المذكورة اعلاه

تموز 95	أفكار أولية
تشرين الأول 95	تقييم الجدوى الاقتصادية وتحديد أبعاد المحطة بالتعاون مع شركة TBW
تشرين الثاني 95	تسليم وثائق رخصة الانشاء
كانون الاول 95	اعطاء رخصة الانشاء
كانون الثاني 96	طلبات الحصول على مساعدة مالية
نهاية نيسان 96	المنحة المالية
حزيران 96	بدء الانشاء
	– ارساء الأساسات
	– تطوير الهاضمات مع الخلاط والتدفئة
تموز 96	توريد وتركيب القاعة الجاهزة الصنع وتثبيت لوح القاعدة الخاص بحوض الروث السائل
آب 96	انشاء سور التجهيزات التقنية
أيلول 96	توريد وانشاء محطة التوليد المشترك (الكهرباء والحرارة)
	التوصيل بالشبكة المحلية لتزويد الكهرباء
	تحويل الخط المحلي لتزويد المنزل بالتدفئة
تشرين الأول 96	عزل الهاضمات بالقش
تشرين الثاني 96	توريد وتركيب خزان الروث السائل
أوائل كانون الأول 96	تركيب غطاء أحواض الروث السائل وخزان الغاز
اواسط كانون الأول 96	الروث السائل يُضخ ويَدفأ في الهاضمة
كانون الثاني 97	بدء انتاج الغاز الحيوي

نيسان 97 | بداية الأعمال المنتظمة
6 تموز 97 | طلب رخصة تخمير نفايات متعددة المصادر
الافتتاح الرسمي لمحطة انتاج الغاز الحيوي
انتاج 15,000 متر مكعب من الغاز الحيوي / 45,000
تشرين الأول 97 | كيلوواط ساعي من الكهرباء
اعطاء الاذن والبدء باعمال تخمير نفايات متعددة المصادر



دورة النفايات العضوية ـ الطاقة ـ التمثيل الضوئي

المكاسب الاقتصادية

- وفر ناتج عن انخفاض شراء الكهرباء (تقريباً 3,000 يورو / السنة) وزيت الوقود اللازم للتدفئة المنزلية (تقريباً 1,250 يورو / السنة)
- مكاسب من بيع الكهرباء للشبكة العامة
- تحسن الروث السائل (10 الى 25 يورو لكل وحدة ماشية)
- دخل من استخدام الخليط الداخلي بدلاً من التخلص منه لو لم يعالج (بين 15 و75 يورو / المتر المكعب)

التأثيرات البيئية

- انخفاض انتاج ثاني أوكسيد الكربون
- انخفاض حمل الميثان في الغلاف الجوي
- زوال الروائح الكريهة
- انخفاض خطر ارتفاع مستوى النيترات في المياه الجوفية
- مزيد من النظافة الصحية، لا ذباب، لا حشرات
- زوال الأثر الأكال من الروث السائل الحديث
- اقتصاد بالأسمدة الكيماوية

6. توليد الطاقة

1.6 الاستعمال المباشر للغاز

الغاز الحيوي غاز نظيف يمكن استعماله مبدئياً كغازات الوقود الأخرى، مثل البروبان، للأغراض المنزلية والصناعية، وخصوصاً من أجل:

- التوليد المشترك (الكهرباء والحرارة)
- انتاج البخار
- اجهزة الطبخ والمواقد التي تعمل على الغاز
- انارة المصابيح التي تعمل على الغاز الحيوي
- السخانات التي تعمل بالحرارة الاشعاعية
- الحاضنات (أجهزة التفريخ)
- الثلاجات
- المحركات

● **محرك الغاز ـ أوتو:**

هذا مبدئياً محرك سيارات معدل ويستعمل أساساً لتوليد الطاقة على نطاق صغير (أقل من 100 كيلوواط). ويجب تحديد خليط الهواء ـ الغاز بدقة، لأن حدوث تغييرات في محتوى الميثان في الغاز الحيوي يمكن أن يؤدي الى اضطرابات في التشغيل.

● **محرك الغاز ذو الحقن الدليلي:**

هذا محرك ديزل مسلسل معدل. وفيه يمتزج المازوت مع الغاز الحيوي ليكثفه من أجل الاشتعال. وتستعمل في هذه المحركات مصادر الطاقة المتجددة ويمكن أن تعمل على الزيت النباتي. وهذه المحركات هي الأكثر استعمالاً حالياً. ويمثل المحتوى الزيتي حوالى 7 الى 10% من اجمالي الوقود.

● **محرك الديزل غاز ـ أوتو:**

يستعمل محرك الديزل المعدل للمشاريع الكبرى، وخصوصاً لمولدات الحرارة والطاقة المشتركة. وهي فعالة وتدوم طويلاً.

● **المحركات التي تعمل على الغاز:**

تستعمل المحركات التي تعمل على الغاز بالتحديد للمشاريع الكبرى.

في الجدول الآتي مقارنة بين الخصائص المختلفة للمولدات.

	محرك الغاز ـ أوتو	محرك الغاز ذو الحقن الدليلي	محرك الديزل غاز ـ أوتو	محرك يعمل على الغاز
الكفاءة %	22 ـ 27	28 ـ 35	أقل من 35	أقل من 36
مدة الخدمة (ساعات)	10,000	40,000	80,000	80,000
مدى السعر (يورو / كيلوواط)	منخفض	700 ـ 1200	500 ـ 1,900	400 ـ 1200
مدى القدرة (كيلوواط)	5 ـ 30	30 ـ 150	أقل من 150	أقل من 200

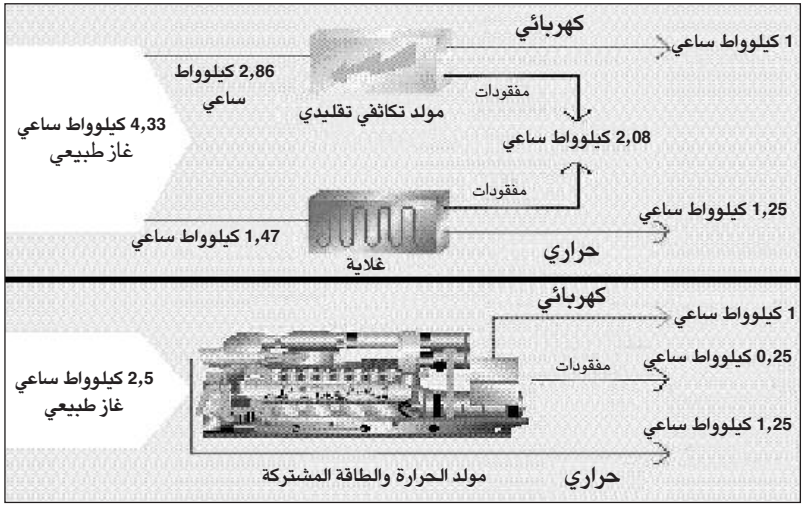
مقارنة بين الخصائص المختلفة للمولدات

2.2.6 مولد الحرارة والطاقة المشتركة

عند تحويل غاز الى كهرباء فان الكفاءة النظرية لا تزيد على 40%. وفي الحقيقة هي أقرب الى 30 أو 35%.

الرسم البياني الآتي يوضح فوائد مولدات الحرارة والطاقة المشتركة. ويبين الجزء العلوي من الرسم البياني الطريقة التقليدية لانتاج الحرارة والكهرباء. ولانتاج 2,25 كيلوواط ساعي، هناك ضرورة لقدرة مبذولة مقدارها 4,33 كيلوواط ساعي. لذلك فان الكفاءة الشاملة للنظام هي حوالى 52%.

وعند تشغيل مولد الحرارة والطاقة المشتركة، تستعمل "المفقودات" الحرارية العادية لتوليد الحرارة. وتصل الكفاءة الشاملة للنظام الى 90%.



فوائد مولدات الحرارة والطاقة المشتركة على الطريقة التقليدية

7. الأسمدة العضوية من محطات انتاج الغاز الحيوي

1.7 المواد العضوية الموجودة في الأسمدة

في حين توجد بدائل غير عضوية مناسبة لمغذيات مثل النيتروجين والبوتاسيوم والفوسفور الناتجة عن السماد العضوي، لا توجد بدائل اصطناعية لمواد أخرى مثل البروتين والسلولوز والليغنين وسواها. وهي جميعاً تساهم في زيادة انفاذية التربة وقدرتها على امتصاص الرطوبة من الهواء، في حين تمنع الانجراف وتحسن الأوضاع الزراعية عموماً.

والمواد العضوية تشكل أيضاً الأساس لنمو الكائنات الدقيقة المسؤولة عن تحويل المغذيات الترابية الى شكل تستطيع النباتات امتصاصه بسهولة.

2.7 المغذيات والكائنات الحية في التربة

بسبب تحلل وتفكك أجزاء من محتواها العضوي، توفر الحمأة المهتضمة المغذيات السريعة النشاط التي تدخل بسهولة في المحلول الترابي، وبذلك تصبح متيسرة على الفور للنباتات.

وهي تعمل في الوقت ذاته كمغذيات أساسية لتنمية الكائنات الترابية، أي سد النقص في الكائنات الدقيقة التي تفقد من خلال التعرض للهواء أثناء عملية فرش الحمأة على الحقول. وهي تغذي أيضاً الفطريات الشعاعية (antinomycetes) التي تتولى عملية الهضم العضوي للحمأة المهتضمة (الشروط المسبقة: تهوئة كافية ورطوبة معتدلة).

3.7 تخفيض انجراف التربة

المادة الدبالية والأحماض الدبالية الموجودة في الحمأة تساهم في تسريع عملية الترطيب، التي بدورها تساعد على تخفيض نسبة الانجراف (بسبب المطر والتبديد الجاف)، في حين تزيد تزويد المغذيات والقدرة على امتصاص الرطوبة من الهواء وغير ذلك. والمحتوى الدبالي مهم بنوع خاص في الأتربة الاستوائية والأراضي الجافة القليلة الدبال. والارتفاع النسبي لمعدل لبنات البناء العضوية المستقرة، مثل الليغنين وبعض المركبات السلولوزية، تساهم في تكوين الدبال المستقر بنسبة عالية غير معتادة (خصوصاً مع وجود مادة طينية). وكمية الدبال المستقر الذي يتكون مع الحمأة المهتضمة تبلغ ضعفي الكمية التي يمكن الحصول عليها من الروث المتحلل. وتبين أيضاً ان نشاط دود الأرض يحفزه التسميد بالحمأة أكثر من روث حظائر الماشية (الزبل).

الحمأة المهتضمة تبطئ الترابط اللاعكوس للمغذيات الترابية بمساعدة محتوياتها من التبادل الأيوني بالاشتراك مع تكوّن المركبات المعدنية العضوية. وفي الوقت ذاته، تزيد القدرة الصادّة للتربة ويتم التعويض بشكل أفضل عن التقلبات في درجات الحرارة.

4.7 تخفيض استنزاف النيتروجين

ارتفاع محتوى الأمونيا في الحمأة المهتضمة يساعد على خفض نسبة استنزاف النيتروجين بالمقارنة مع الأسمدة المحتوية على مقادير كبيرة من النترات والنتريت القابلتين للذوبان أكثر في الماء (روث، سماد طبيعي). والنيتروجين الترابي الموجود في شكل نترات ونتريت يخضع أيضاً لمفقودات من خلال تخليص النيتروجين من مركباته أكثر من الأمونيوم، الذي يحتاج أولاً الى نترجة لكي يتخذ شكلاً يمكن من تخليص النيتروجين من مركباته. ويحتاج الأمونيوم الى وقت أطول ليرتشح في الطبقات الترابية العميقة، ويعود ذلك جزئياً الى انه من الأسهل أكثر ان

تمتصه الأحواض الطينية. لكن بعض الأمونيوم يصبح ثابتاً في شكل غير قابل للتبادل في الطبقات المتوسطة للمعادن الصلصالية. ويتبين من جميع النواحي التي تمت دراستها أن هناك حقيقة ثابتة مفادها أن الأمونيوم يشكل نوع النيتروجين الأكثر نفعاً لتغذية النباتات. وبالتأكيد، فان كفاءة النيتروجين في الحمأة المهتضمة يمكن اعتبارها مساوية لكفاءة النيتروجين في الأسمدة الكيميائية.

واضافة الى تزويد المغذيات، تحسن الحمأة أيضاً نوعية التراب من خلال توفير الكتلة العضوية. ومسامية التجمعات الترابية وتوزع الثقوب الدقيقة فيها واستقرارها تصبح متزايدة الأهمية كمقاييس للتقييم في تحاليل نوعية التربة.

5.7 التأثيرات على المحاصيل

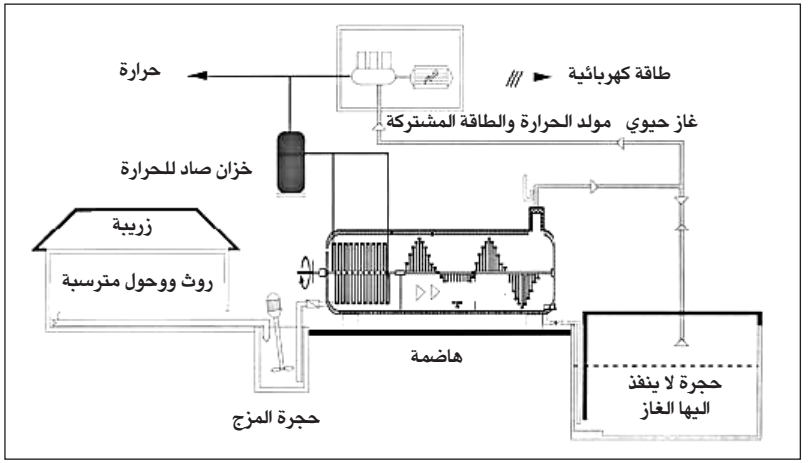
من المتعارف عليه عموماً ان غلال المحاصيل تكون أعلى بعد التسميد بالحمأة المهتضمة. ومعظم المحاصيل النباتية، مثل البطاطا والفجل والجزر والملفوف والبصل والثوم وسواها، وكثير من أنواع الفواكه (برتقال، تفاح، غوافه، مانغو وسواها) وقصب السكر والرز والجوتة (قنب كلكتا) يبدو أنها تستجيب ايجابياً لتأثير التسميد بالحمأة.

وفي المقابل، فان محاصيل مثل القمح والبزور الزيتية والقطن تستجيب أقل ايجاباً. والحمأة سماد جيد للمراعي والمروج. والمعلومات المتوافرة تختلف كثيراً، لأن تأثير الأسمدة لا يقتصر فقط على النباتات، لكن يعتمد أيضاً على المناخ ونوع التربة.

ما زال هناك نقص كبير في المعلومات المتعلقة بدرجة التبادلية بين خصوبة التربة ونوع التربة وتأثير الأسمدة (خصوصاً الأسمدة النيتروجية) في المناخات القاحلة وشبه القاحلة.

وهكذا، لا يمكن توفير معلومات دقيقة حتى الآن. كما لا يمكن للسبب ذاته، اجراء مقارنة اقتصادية بين كلفة الأسمدة الكيميائية وحمأة الغاز الحيوي. والحقيقة الوحيدة غير المشوشة التي يمكن ذكرها هي أن حمأة الغاز الحيوي، كسماد طبيعي، أفضل من وجهة نظر بيئية.

8. اقتصاديات وتقديرات



عناصر تكوين محطة انتاج الغاز الحيوي

محطة انتاج الغاز الحيوي المكتملة تتكون من عناصر مختلفة، كما هو مبين في الرسم التوضيحي اعلاه.

ويمكن اتخاذ الأرقام التالية كأساس أول لتقدير حجم محطة انتاج الغاز الحيوي:

- وحدة ماشية واحدة: 400-500 متر مكعب من الغاز الحيوي في السنة
- هكتار واحد من الحشائش: 6,000-8,000 متر مكعب من الغاز الحيوي في السنة
- 2,500 متر مكعب من الغاز الحيوي: 1 كيلوواط من الطاقة الجاهزة للاستعمال
- متر مكعب من الغاز الحيوي: انتاج طاقة اجمالية تراوح بين 5 و7 كيلوواط ساعي (1,5-2,2 كيلوواط ساعي كهربائي)

● الجمع بين مصادر مختلفة للمادة العضوية، مثل روث الماشية وقش الذرة الصفراء يمكن ان يحسن كمية ونوعية الغاز الحيوي المولد.

يمكن عموماً اتخاذ الأرقام التالية أساساً للحسابات:

لكل **100** وحدة ماشية (على أساس الماشية الحلوبة):

● **2,000** متر مكعب من الروث سنوياً

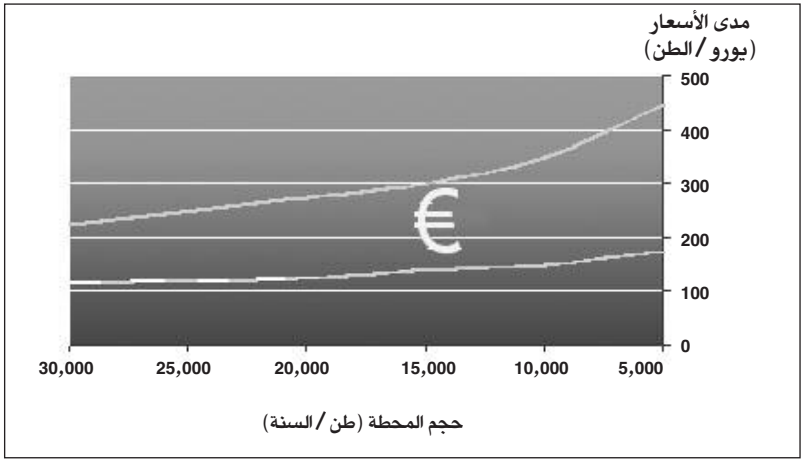
● **50,000** متر مكعب من الغاز الحيوي المولد سنوياً

● **90,000** كيلوواط ساعي كهربائي سنوياً

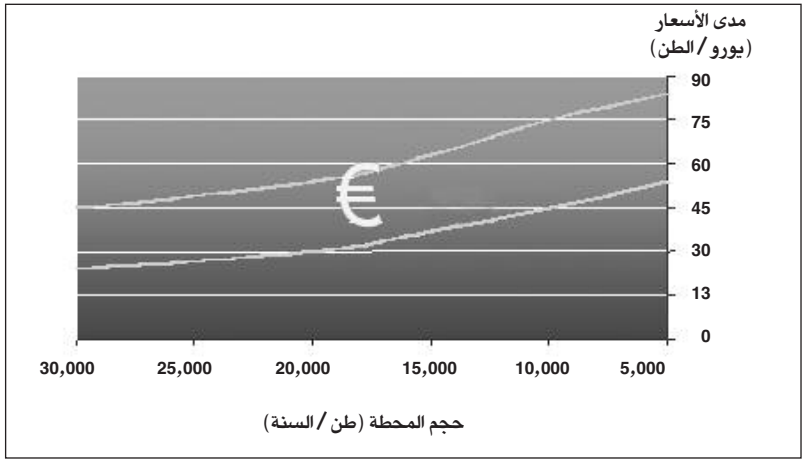
● **80,000** كيلوواط ساعي حراري صاف سنوياً

● **15** كيلوواط كهربائي قدرة مولد الحرارة والطاقة المشتركة

الرسمان البيانيان التاليان مثالان على محطة لانتاج الغاز الحيوي من النفايات العضوية.



نفقات استثمارية



نفقات تشغيلية

9. مباشرة العمل

في ما يأتي اقتراحات حول قائمة مراجعة تتضمن نقاطاً رئيسية لاستعمالها من قبل صانعي القرار الذين يريدون مباشرة العمل في انشاء محطة لانتاج الغاز الحيوي.

1.9 توضيح الشروط العامة

● ما هي القوانين والأنظمة المرعية الاجراء التي تدعم وتنظم النشاطات المبذولة في قطاع المياه المبتذلة والنفايات والمتعلقة باعادة استعمال المواد والطاقة؟

● هل فرص التنمية المتاحة على المستوى المحلي تسمح بتحديد مناسب لرسوم التخلص وللعائدات المكتسبة من تغذية الشبكة العامة بالكهرباء أو الغاز ولشبكات النقل والتجميع (تجميع مختلط أو مستقل للنفايات الصلبة وشبكات مجارير مختلطة أو مستقلة للمياه المبتذلة)؟

● الى أي مدى تتعاون المؤسسات من قطاعات مختلفة؟

● ما هي نفقات الماء والصحة والطاقة والأراضي والسماد الطبيعي والتخلص من الحمأة؟ وكم هي مرتفعة نفقات الأيدي العامة؟

● كيف تقيم عوامل الكلفة في ما يتعلق باختيار عمليات المعالجة التي ستنفذ؟

● ما هي احتمالات الترويج والتدريب على الصعيدين الوطني والدولي التي يمكن اعتمادها، سواء كانت موسعة او مستحدثة؟

● ما هي الشروط العامة والحوافز المالية المطلوبة لضمان ادارة النفايات بطريقة سليمة بيئياً؟

● ما هي الاجراءات المناسبة لزيادة وعي الجمهور في ما يتعلق بالجوانب البيئية والمناخية والصحية؟

2.9 المياه المبتذلة

كميات المياه المبتذلة ومميزاتها:

● ما هي كمية المياه المبتذلة التي يجب معالجتها؟

● ما مدى الفوارق المتوقعة في دفق المياه المبتذلة؟

● ما هي درجة حرارة المياه المبتذلة الداخلة؟

● كم يبلغ ارتفاع تحميل المواد الكيميائية المستهلكة للأوكسيجين؟

● ما مدى الكميات التي تصرفها الصناعة؟ ما هي الفروع الصناعية التي تصرف المياه المبتذلة، وما هي المواد السامة التي تحتويها؟

● هل ناقلات الأمراض والتخلص منها يؤديان دوراً في اختيار الموقع المناسب للمحطة؟

● كيف ستتطور كميات المياه المبتذلة في المستقبل؟

اختيار الموقع

● هل يمكن استعمال الجاذبية وشبكات المجارير القائمة لملء المحطة؟

● ما هو نوع العلاقات الذي يميز المناطق المجاورة للمحطة؟

● أين وكيف يمكن استخدام المنتجات النهائية (مثل الكهرباء والحرارة والسماد)؟

اختيار عملية المعالجة

ما يتعلق بالتكنولوجيا:

● أي تشكيلة من عمليات المعالجة تتطابق مع الأنظمة القانونية الخاصة بنسب التخلص من ناقلات الأمراض والمغذيات؟

● ما هي خطوات المعالجة المسبقة واللاحقة الضرورية لتحقيق هذه النسب؟

● ما هو نوع التوسعات المستقبلية للمحطة الذي يجب ان يؤخذ في الاعتبار في مرحلة التخطيط (توسعة القدرة وكفاءة الازالة)؟

● هل درجة حرارة المياه المبتذلة تناسب خطوات المعالجة الاهوائية؟

● هل يتوافر ما يكفي من موظفين وخبرة لتشغيل المحطة بأمان؟

● ما هي أنواع النشاطات التدريبية الضرورية؟

ما يتعلق بالنفقات:

● ما هو مقدار المساحة المتوافرة؟ ما مقدار ارتفاع تكاليف الأرض؟ هل تُفضل عمليات المعالجة المقتصدة بالمساحة؟

● ما مدى ارتفاع الطلب على القطع الأجنبي؟ ما هو نوع الرسوم الجمركية الذي سينشأ في ما يتعلق بمكونات المحطة؟

● ما هو التأثير الذي تسببه نفقات الطاقة والتخلص من الحمأة؟

● هل يمكن ضمان تمويل التشغيل المستدام لمحطة ذات ثمن مرتفع؟ هل يجب تفضيل عمليات الصيانة الرخيصة الكلفة؟

● هل يمكن استخدام الطاقة والحمأة والمياه المبتذلة المعالجة بكفاية؟

3.9 النفايات الصلبة

اختيار الموقع ومجرى النفايات

- ما هي أنواع المناطق العمرانية التي تقع بجوار الموقع المحتمل للمحطة؟
- كم هو بعد مسافات النقل؟
- هل المرافق المستقلة لمعالجة المياه المبتذلة مطلوبة؟
- ما هي احتمالات استخدام المنتجات النهائية من المواد (ماء وأسمدة) والطاقة (كهرباء وحرارة)؟
- هل وضعت خطة لادارة النفايات البلدية الصلبة خاصة بالتخلص من النفايات العضوية؟
- هل يمكن ادخال نفايات صناعية صلبة في الخطة؟
- هل يمكن ضمان تسليم متواصل للنفايات الصلبة؟

اختيار عملية المعالجة: النفايات الصلبة

ما يتعلق بالتكنولوجيا:

- أي عملية معالجة تناسب أي نوع ومقدار من النفايات؟
- ما هي خطوات المعالجة المسبقة الضرورية؟
- هل الخليط الداخلي يخضع لمعالجة لاحقة؟
- هل يمكن توقع ادخال توسعات على المحطة (توسعة القدرة)؟
- هل الأرض متوافرة وما هي النفقات؟
- أين تتلقى المياه المبتذلة المعالجة؟

في ما يتعلق بتشغيل المحطة:

- هل تتوافر خبرة كافية؟ هل الأنشطة التدريبية ضرورية؟
- هل رسوم التخلص المأمون متوافرة؟
- الى أي حد يمكن أن تزيد الطاقة والسماد من النفقات التشغيلية (عائدات أو وفورات)؟

ما يتعلق بالنفقات الاستثمارية:

- ما مدى ارتفاع تكاليف الأرض؟
- ما مدى ارتفاع الطلب على القطع الأجنبي؟ ما هو نوع الرسوم الجمركية الذي سينشأ؟
- ما هي مكونات المحطة التي يمكن انتاجها أو توافرها محلياً؟

4.9 الانشاء والتشغيل والتدريب

انشاء المحطة:

- هل تتوافر شركات انشاء مؤهلة لديها خبرة في التكنولوجيات ذات العلاقة؟
- هل يتوافر موظفون مؤهلون ولديهم خبرة؟
- هل يتأمن اشراف مستقل على الانشاء وضبط للنوعية؟
- هل للمخطِّط مصلحة كافية في انشاء ناجح للمحطة، وهل يشارك في مسؤولية تشغيل موثوق للمحطة؟

تشغيل المحطة:

- هل الأجهزة الضرورية لمراقبة المحطة مؤمنة (أجهزة قياس، أجهزة الكترونية لمعالجة المعلومات)؟
- هل تتم مراقبة مخططات التشغيل والصيانة؟
- هل يتحقق توثيق مستمر لتشغيل المحطة؟

التدريب:

- ما هو مستوى الخبرة الذي يتوافر بشكل مضمون؟
- هل تتوافر قوة عمل مدربة بالشكل الكافي؟ اذا كان الأمر كذلك، كم يبلغ عدد الأشخاص الذين تضمهم؟
- ما هو نوع البرامج والمؤسسات التدريبية والتثقيفية المتوافرة؟
- ما هي الموارد التي من الضروري توفيرها في ما يتعلق بالوقت والموظفين والتمويل؟

10. باختصار: من التلوث الى الحل

المياه المبتذلة البلدية، تحتاج الى حرارة تتعدى 18 درجة مئوية ومواد كيميائية مستهلكة للأوكسيجين تزيد على 250 مليغراماً / الليتر من أجل تنفيذ اقتصادي لعمليات المعالجة اللاهوائية في الحالة الراهنة لتطور التكنولوجيا. واذا استوفيت هذه المعايير، فان عمليات المعالجة اللاهوائية، كقاعدة، تتطلب نفقات معالجة أقل من عمليات المعالجة الهوائية المكثفة. وفي معظم الحالات، ينصح بمعالجة لاحقة بغية تحقيق اقيام الدفق المرغوبة وخفض محتوى المغذيات وناقلات الأمراض. وبالمقارنة مع أنظمة الأحواض الموسعة، يمكن توقع فوائد اقتصادية عندما تزيد أسعار الاراضي على 12 دولاراً للمتر المربع.

المياه المبتذلة الصناعية، اذا كانت محملة بكثير من المادة العضوية، تسمح بتسخين الخليط الداخلي أيضاً من وجهة نظر اقتصادية، بحيث أن المياه المبتذلة التي لها درجة حرارة منخفضة أثناء الدخول يمكن معالجتها بطريقة مقتصدة في المساحة. وتركيب المياه المبتذلة والمركبات السامة يجب ألا تعوق عملية التحلل. ورغم ارتفاع النفقات الاستثمارية أحياناً بالمقارنة مع عمليات المعالجة الهوائية المكثفة، فان انخفاض النفقات التشغيلية يؤدي الى انخفاض نفقات المعالجة الشاملة، على الأقل بالنسبة للمحطات الكبيرة. وتزداد الفائدة الاقتصادية مع ارتفاع تركيز المادة العضوية في المياه المبتذلة ومع التشدد بالأنظمة القانونية.

النفايات الصلبة المنزلية والحمأة مع ارتفاع محتواها من المادة العضوية (عملياً: محتوى المواد الصلبة أقل من 10% من الخليط الداخلي) يمكن عموماً معالجتها لاهوائياً، بصرف النظر على درجة الحرارة المحيطة. واعادة الاستعمال المادي والطاقوي للنفايات تتحقق بطريقة مقتصدة بالمساحة. وفي ما يتعلق بالنفقات، فان المعالجة اللاهوائية للنفايات الصلبة تتشابه مع التسبيخ. وبالمقارنة مع الحرق، هي تظهر فوائد اقتصادية، وبالمقارنة مع الطمر هي أعلى كلفة، على الأقل في المدى القريب. والأنظمة المشتركة يمكن ان تستفيد بشكل اضافي من مجالات تعاون متعددة.

التكنولوجيا اللاهوائية مؤاتية نظراً لارتفاع نفقات الطاقة والأرض والتخلص من النفايات والحمأة وأسعار السماد ونفقات المعدات وأسعار القطع الأجنبي. والقوانين البيئية المشددة، والتقييم الاقتصادي للتأثيرات البيئية والمناخية وكذلك الاستخدام المحتمل للمنتجات الثانوية من عملية المعالجة هي عوامل أخرى مؤاتية.

الشرط المسبق لتنفيذ التكنولوجيا بنجاح على المدى البعيد هو توافر التخطيط والادارة المؤهلين والتمويل الموثوق لتشغيل المحطة.

Published in this Series:
Appropriate Technology

HOW-TO SERIES

● Instruction Manuals:

1- Biogas Production
2- Solar Cabinet Dryer
3- Latrines and Domestic Wastewater Management
4- Solar Water Heating
5- Solar Cooking
6- Domestic Greenhouses and Food Processing
7- Tree Planting
8- Wood Conserving Bread Ovens and Mud Stoves
9- Wells Construction with Hand Tools
10- Domestic Gardens and Composting of Organic Residues
11- Alternative Pest Management: An Action Guide
12- Ferrocement Water Storage Tanks
13- Food Drying and Processing
14- Organic Farming
15- Combating Desertification and Land Degradation: Best Practice Booklet
16- Production of Biogas from Organic Solid Waste
17- Local Level Integrated Management of Solid Wastes

● Audio Visuals / Slides and Text:

1- What Is Appropriate Technology?
2- Latrines and Domestic Wastewater Management
3- Solar Cooking
4- State of Environment in West Asia

صدر في هذه السلسلة:
التكنولوجيا الملائمة

تطبيقات عملية

● كتيّبات:

1ـ مصنع الغاز الحيوي
2ـ المجففة الشمسية
3ـ المراحيض الصحية وتصريف المياه
4ـ سخانة الماء الشمسية
5ـ الطباخ الشمسي
6ـ البيوت الزجاجية المنزلية وإنتاج الغذاء
7ـ غرس الأشجار
8ـ مخابز ومواقد توفّر استهلاك الحطب
9ـ انشاء الآبار بمعدات يدوية
10ـ الحدائق المنزلية وتسبيخ الفضلات العضوية
11ـ تقنيات بديلة لمكافحة الآفات الزراعية
12ـ بناء خزانات ماء بالاسمنت المسلح
13ـ تجفيف وتعليب المنتجات الزراعية
14ـ الزراعة العضوية
15ـ مكافحة التصحر وتدهور الأراضي: دليل عمل
16ـ انتاج الغاز الحيوي (البيوغاز) من النفايات العضوية
17ـ الادارة المتكاملة للنفايات الصلبة على المستوى المحلي

● صوت وصورة (شرائح / سلايدز مع نص):

1ـ ما هي التكنولوجيا الملائمة (60 شريحة)
2ـ المراحيض الصحية والمياه المستعملة (60 شريحة)
3ـ الطباخ الشمسي (40 شريحة)
4ـ وضع البيئة في غرب آسيا (80 شريحة)

ISBN 9953-437-07-6
9789953437071

المنشورات التقنية