



NERC

**المركز العربي
لدراسات المناطق الجافة
والأراضي المتدهلة (أنكساد)**

**وزارة الكهرباء
المركز الوطني
لبحوث الطاقة**

مشروع نشر الهواضم الصغيرة في الريف السوري (محافظة السويداء)

دمشق، 2009



المركز العربي

لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة



وزارة الكهرباء

المركز الوطني لبحوث الطاقة

مشروع نشر وحدات إنتاج الغاز الحيوي الصغيرة في الريف العربي السوري

دمشق، 2009

جدول المحتويات

الصفحة	الموضوع
5	تقديم
9	1 - أهداف المشروع
9	1 - 1 الأهداف بعيدة الأمد
9	2 - الخلفية والمبررات
10	3 - معايير اختيار القرى والأسر التي ستنفذ لديها وحدات إنتاج الغاز الحيوي
12	4 - تقنية الغاز الحيوي
13	5 - أهم مزايا التخمر اللاهوائي للمخلفات العضوية
13	6 - العوامل المؤثرة على إنتاج الغاز الحيوي
13	6-1 درجة الحرارة
14	6-2 درجة الحموضة
14	6-3 نسبة الكربون إلى النيتروجين
14	6-4 تركيز المادة الصلبة في محلول التغذية
15	6-5 معدلات التغذية بالمادة العضوية (درجة التحميل)
15	6-6 زمن بقاء المحلول في المخمر
16	6-7 المواد السامة في التغذية
16	6-8 استخدام البادئات
17	6-9 التقليل داخل المخمر
17	7 - وحدات إنتاج الغاز الحيوي المنفذة في قرى محافظة السويداء
17	7 - 1 حفر موقع المخمر

19	7 - 2 صب قاعدة المخمر
19	7 - 3 بناء الجزء الكروي
21	7 - 4 صب الشفة الخرسانية للجدار الأسطواني العلوي
22	7 - 5 بناء الجزء الأسطواني العلوي
23	7 - 6 بناء الجدار الأوسط
24	7 - 7 بناء غرفتي التغذية والخروج
25	7 - 8 تركيب حاوية الغاز
25	7 - 9 تمديد شبكة الغاز
27	8 - تشغيل وحدات إنتاج الغاز الحيوي
27	8 - 1 ملء المخمر بالمخلفات
28	8 - 2 إضافة البادئات
28	8 - 3 التغذية اليومية
29	8 - 4 مراقبة واستخدام الغاز
29	8 - 5 استخدام الغاز
29	8 - 5 استقبال وتداول المستحلب (المحلول) المخمر

تقديم

يعاني معظم سكان الريف في القطر العربي السوري الذين لديهم ملكية حيوانية من مشاكل التلوث الناتج عن مخلفات حيواناتهم إضافة إلى مخلفاتهم البشرية، التي عادة ما تكون مجاورة وملاصقة للمنزل الريفي، مما يتطلب نقلها إلى مكان بعيد عن المنزل ويجعل من يقوم بذلك على تماس مع هذه المخلفات وما يصدر عنها من روائح كريهة، كما أن رمي هذه المخلفات في العراء يؤدي إلى انتشار الأمراض والحشرات ويشكل خطراً على الصحة والمياه الجوفية والبيئة.

يمكن استبدال طرق التخلص البدائية السابقة، من المخلفات التي تعد ملوثة للبيئة، بتقنيات تحولها إلى منتجات مفيدة، تساعد على زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية وتوفير الطاقة وتحسين البيئة ورفع مستوى المعيشة للأسر الريفية. إن تقنية الغاز الحيوي هي التقنية المناسبة والملائمة لظروف الريف العربي وهي تقنية تعالج المخلفات الحيوانية والبشرية وتنتج الغاز الحيوي منها وتنتج معه سماداً عضوياً عالي الجودة خالياً من البذور الضارة، يمكن استخدامه في الحقل لرفع الإنتاجية الزراعية، كما يمكن للغاز الحيوي الناتج أن يغطي حاجة الأسرة الريفية من الطاقة، وبذلك تتحول بيئة الأسرة الريفية إلى بيئة نظيفة خالية من المخلفات والبعوض والذباب، مما يرفع من المستوى الصحي للأسر الريفية.

إلا أن تغيير واقع الأسرة الريفية والنهوض بالبيئة الريفية يستلزم توفر الوعي والمعرفة بهذه التقنية والإمكانيات الفنية اللازمة للتنفيذ، ومن هنا تظهر الحاجة الماسة لتقديم عون فني وإعلامي فعال وحقيقي من قبل المراكز والجهات المتخصصة في الدولة لأهل الريف.

وانطلاقاً مما سبق ورغبة من المركز الوطني لبحوث الطاقة، التابع لوزارة الكهرباء في الجمهورية العربية السورية، في تنفيذ مشروع ريادي في مجال تقنية الغاز الحيوي بهدف تنمية الريف العربي السوري، ونظراً للخبرات المتراكمة لدى المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) في مجال تنمية استخدام تقنية الغاز الحيوي في الريف العربي فقد تم توقيع عقد اتفاق علمي بين المركز الوطني لبحوث الطاقة وأكساد يقوم بموجبه أكساد بدراسة وتصميم وتنفيذ تسع عشرة وحدات لإنتاج الغاز الحيوي من الحجم العائلي

في ثلاث قرى من الريف السوري، في محافظة السويداء، والإشراف على تشغيلها. لقد تم تصميم ودراسة وتنفيذ وتشغيل وحدات الغاز الحيوي من قبل فريق متخصص بتقنية الغاز الحيوي تابع لإدارة الأراضي واستعمالات المياه في أكساد، مكون من الدكتور محمد قرضاب والمهندس توفيق خويص، حيث قاما بتنفيذ هذه التجربة والإشراف والمتابعة المباشرة على تشغيلها.

والآن وبعد نجاح هذه التجربة الرائدة، نرجو أن تكون حافزا لنشر استخدام تقنية الغاز الحيوي في الريف العربي السوري بشكل خاص، كما في الريف العربي بشكل عام.

الدكتور رفيع علي صالح

المدير العام

1 - أهداف المشروع

1 - 1 الأهداف بعيدة الأمد

المساهمة في تنمية الريف العربي السوري من خلال نشر استخدام تقنية الغاز الحيوي في الريف كتقنية صديقة للبيئة ومنتجة للسماد العضوي والطاقة.

1 - 2 الأهداف المباشرة

دراسة وتصميم وتنفيذ تسعة عشر هاضماً لإنتاج الغاز الحيوي (وحدة لإنتاج الغاز الحيوي) في ثلاث قرى تقع على الطريق الرئيسي لمدينتي دمشق- السويداء، وهي الرضيمة والصورة وذكرير.

2 - الخلفية والمبررات

يعاني معظم سكان الريف في القطر العربي السوري من مشاكل التلوث الناتج عن المخلفات الحيوانية، وأكثر ما يعاني من ذلك هي المرأة الريفية والأطفال الذين يترتب عليهم يوميا جمع مخلفات الحيوانات في الحظيرة، التي عادة ما تكون مجاورة وملاصقة للمسكن الريفي، ونقلها منها إلى مكان بعيد عن المنزل مما يجعلهم على تماس مع هذه المخلفات وما يصدر عنها من روائح كريهة ومقززة، ومما يستنفذ الجهد والوقت ويحرم الأطفال من متابعة واجباتهم المدرسية وممارسة ما ينمي هواياتهم ويحفز طموحهم.

كما أن رمي هذه المخلفات في العراء يؤدي إلى انتشار الأمراض والحشرات ويشكل خطراً على المياه الجوفية والبيئة العامة.

إن استبدال وسائل التخلص البدائية من المخلفات الحيوانية في البيئة الريفية السورية، بتقنيات تساعد على زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية وتوفير الطاقة وتحسين البيئة وزيادة الاكتفاء الذاتي ورفع مستوى المعيشة للأسر الريفية، يؤدي إلى تحويل تلك المخلفات إلى منتجات مفيدة.

إلا أن تغيير واقع البيئة الريفية والنهوض بالأسرة الريفية نحو الاكتفاء الذاتي يستلزم توفر الإمكانيات الفنية والمالية، ومن هنا تظهر الحاجة الماسة لتقديم عون فني ومالي وإعلامي فعال وحقيقي من قبل المراكز والجهات المتخصصة في الدولة لأهل الريف.

ورغبة من المركز الوطني لبحوث الطاقة، التابع لوزارة الكهرباء في الجمهورية العربية

السورية، في تنفيذ مشروع ريادي تطبيقي في مجال استخدام تقنية الغاز الحيوي بهدف تنمية القرى في الريف العربي السوري، ونظرا للخبرات المتراكمة لدى المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) في مجال استخدام وتطوير وتنمية استخدام تقنية الغاز الحيوي في الريف العربي فقد تم توقيع عقد اتفاق تعاون علمي وفني بين المركز الوطني لبحوث الطاقة نيرك والمركز العربي أكساد بتاريخ 26 تشرين الأول / أكتوبر 2009 يقوم بموجبه المركز العربي أكساد بدراسة وتصميم وتنفيذ تسع عشرة وحدة لإنتاج الغاز الحيوي من الحجم العائلي (حجم 14 متر مكعب) في ثلاث قرى من الريف السوري والإشراف على تشغيلها ويقوم المركز الوطني لبحوث الطاقة نيرك بدفع الكلف المالية اللازمة لبناء هذه الوحدات والإشراف على تنفيذها وتشغيلها ومتابعة عملها والنتائج المتحصلة عنها.

3 - معايير اختيار القرى والأسر التي ستنفذ لديها وحدات إنتاج الغاز الحيوي

يجب أن تتوفر في القرى التي يتم اختيارها الشروط والمعايير التالية:

- * قريبة من مدينة دمشق لسهولة الانتقال منها وإليها بهدف الإشراف والمتابعة.
- * تتوفر فيها أسر مربية للحيوانات وخاصة الأبقار وبحيث تكون هذه الملكية الحيوانية مستمرة وليست مؤقتة لضمان استدامة المشروع.
- * وجود أراض زراعية تحتاج للمواد العضوية المتخمرة مما يؤدي إلى زيادة دخل الأسرة الريفية.
- * وجود مشكلة بيئية لدى الفلاحين في القرى المختارة من جراء تجمع المخلفات الحيوانية
- * توفر الفلاحين الذين لديهم الرغبة بتنفيذ وحدة إنتاج الغاز الحيوي بالقرب من حظيرة الحيوانات لديهم .

وانطلاقاً من المعايير والشروط السابقة فقد تم مسح عدد كبير من قرى كل من محافظة ريف دمشق والقنيطرة ودرعا والسويداء من قبل لجنة مشتركة من نيرك وأكساد قامت بتحديد القرى التي يمكن أن تحقق هذه المعايير وبناء على ذلك فقد تم تحديد كل من قرية الصورة الكبيرة وقرية ذكير وقرية الرضيمة، من محافظة السويداء، على بعد 50-60 كم من مدينة دمشق وعلى الطريق الرئيسي دمشق-السويداء

وقامت اللجنة السابقة بإجراء مسح لعدد من الأسر التي لديهم ملكية حيوانية 3-4 بقرات في القرى

الثلاث وتتوفر الرغبة في تنفيذ التجربة عندهم. وبناء على ذلك فقد تم تحديد عدد وحدات الغاز الحيوي في كل قرية وفق الجدول (1) .

الجدول رقم 1. أسماء القرى والأسر التي نفذت لديها وحدات إنتاج الغاز الحيوي.

الملكية الحيوانية	أصحاب وحدات إنتاج الغاز الحيوي	إسم القرية
قرية الصورة الكبيرة		
3	السيد شاهين الشاهين	=
3	السيد حسن الشاهين	=
3	السيد أجود زهر الدين	=
4	السيد هاني عليوي	=
قرية ذكير		
3	السيد فواد الكفيري	=
3	السيد قاسم سويد	=
قرية الصورة الصغيرة		
3	محسن الخطيب	=
قرية الرضيمة		
3	السيد كنج خيو	=
4	السيد كرم العك	=
4	السيد جمال عز الدين	=
4	السيد يوسف العك	=
3	السيد منصور عبيد	=
3	السيد نايف الحسن	=
3	السيد نايف نقولا	=
4	السيد ربيع خيو	=
3	السيد توفيق خيو	=
3	السيد رامز الخطيب	=
3	السيد أنور السويد	=
3	السيدة أم علاء العك	=
	19	الإجمالي

4 - تقنية الغاز الحيوي

إن تقنية إنتاج الغاز الحيوي من المخلفات هي تقنية بسيطة نسبياً وملائمة لظروف الريف العربي السوري في معظم الحالات ويمكن أن تلبى متطلباته الأساسية من الطاقة ، كما أنها توفر سماداً عضوياً جيداً لرفع الإنتاجية الزراعية، وتحسين المستوى الصحي والاجتماعي ووقاية البيئة.

ينتج الغاز الحيوي عند تخمير المخلفات العضوية الحيوانية والبشرية والبقايا النباتية وبعض المخلفات الصناعية ومخلفات المدن بمعزل عن الهواء وعن الأوكسجين وهو ما يعرف بالتخمير اللاهوائي (التخمير الانايروبي) وذلك في أجهزة خاصة محكمة ومعزولة حرارياً وتحت ظروف محددة .

ويتم تحليل المواد العضوية بتأثير أنواع متخصصة من الكائنات الحية الدقيقة تعرف بالبكتيريا اللاهوائية وذلك من خلال عمليات بيولوجية متتالية ومتداخلة ينتج عنها الغاز الحيوي الذي يتكون من غاز الميثان بنسبة 60 - 65 % وغاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة 30 - 35 % وكبريت الهيدروجين وغازات أخرى بنسب ضئيلة، وينتج عن التخمير مركبات عضوية بسيطة تمثل سماداً عضوياً عالي الجودة.

ويمثل نظام الغاز الحيوي سلسلة من العمليات المتكاملة تتضمن :

- التغذية بالفضلات العضوية وبالمياه.
- التخمير - التعامل مع الغاز واستخدامه.
- والتعامل مع السماد العضوي المتخمر الناتج واستخدامه.

وتبدأ الخطوة الأولى بتوفير الفضلات العضوية والمياه وخطها وتغذيتها بعد ذلك إلى المخمر.

أما الخطوة الثانية فهي أساس النظام وتتم داخل المخمر وبالتالي يجب أخذ الظروف المحلية بعين الاعتبار عند تصميم وتشغيل المخمر من حيث إنتاج الغاز وأنماط استهلاكه والسعة التخزينية ودرجة حرارة التخمير وأنماط التدفق الداخلي وضغط الغاز واستمراريته وتكوين المستحلب المتخمر (المحلل المتخمر).

توجد تصاميم مناسبة لوحدات إنتاج الغاز الحيوي ذات الحجم الأسري تناسب الريف العربي السوري كما تتوفر الخبرات التي يمكن أن تتولى مسؤولية تنفيذ هذه الوحدات وتشغيلها.

إن استخدام تقنية الغاز الحيوي يلبي حاجة حقيقية تتناسب مع الظروف المحيطة ويتيح الاستفادة

من كافة مخرجاتها، طاقة وسماد، وخفض التلوث البيئي وتحسين نوعية حياة المواطن الريفي مما يجعل وحدات إنتاج الغاز الحيوي المستخدمة في الريف مجدية من الناحية الاقتصادية والاجتماعية معاً، تأسيساً على تحليل التكاليف والفوائد، إضافة إلى غير المباشرة (أي الاجتماعية والبيئية). لذا فمن الضروري النظر إلى هذه التقنية بنظرة النظام المتكامل والشامل مع الاهتمام بكافة مكوناته ومدخلاته ومخرجاته وارتباطاتها بالمجتمع الريفي.

5 - أهم مزايا التخمير اللاهوائي للمخلفات العضوية

إن أهم ما يميز التخمير اللاهوائي :

- إنتاج غاز حيوي نظيف.
- إنتاج مادة عضوية مخمرة عالية الجودة، عديمة الرائحة، يمكن استخدامها كسماد عضوي جيد مما يرفع معامل الاستفادة من عناصره السمادية بعد التخمير.
- القضاء على جميع البذور الموجودة في المخلفات الحيوانية نتيجة للتخمير وبالتالي رفع قيمة السماد العضوي الناتج،
- القضاء على معظم الكائنات الممرضة والطفيليات وبالأخص الإسكارس.
- عدم انجذاب الذباب للمادة المخمرة بقلل احتمالات العدوى، في حالة تبقى بعض الكائنات الممرضة في المخلفات المعالجة، مما يحسن الظروف الصحية بدرجة كبيرة.

6 - العوامل المؤثرة على إنتاج الغاز الحيوي

تتوفر عوامل أساسية عدة تتحكم بإنتاج هذا الغاز أهمها درجة الحرارة، ودرجة الحموضة، ونسبة الكربون إلى النيتروجين، وتركيز المادة الصلبة، وزمن البقاء، ومعدلات التحميل والمواد السامة.

6-1 درجة الحرارة

تؤثر درجة الحرارة بشكل كبير على عملية التخمير وإنتاج الغاز الحيوي. ويوجد نوعان من البكتريا المنتجة للغاز، النوع الأول هو الميثوفيلي ودرجة الحرارة المثلى لهذا النوع هي 35-37 درجة مئوية، وتنخفض معدلات إنتاج الغاز بدرجة كبيرة مع انخفاض درجة الحرارة، أما النوع الثاني هو الثرموفيلي ودرجة الحرارة المثلى لهذا النوع 55-60 درجة مئوية، فإذا كان إنتاج الغاز الحيوي

يعادل 100 % عند درجة الحرارة المثلى للتخمير الميثوفيللي وهي 37 درجة مئوية فإنه يرتفع إلى 250 % عند التخمير الترموفيللي، وينخفض إلى أقل من 25 % عند درجة 20 درجة مئوية.

6-2 درجة الحموضة

تحتاج الكائنات الحية الدقيقة في التخمير اللاهوائي إلى وسط متعادل لتتمكن من العمل بكفاءة أي عند أس هيدروجيني يساوي 7 ، على الرغم من أن بكتيريا التحلل تحول المواد العضوية إلى أحماض يمكن أن تعيش في ظروف حامضية أي عند أس هيدروجين قريب من 5.5 إلا أن بكتيريا الميثان تعمل بكفاءة أفضل عند أس هيدروجيني بين 6.8 - 8.5 وأثناء عملية التخمير يحدث توازن بين بكتيريا تكوين الأحماض وبكتيريا إنتاج الميثان بحيث يبقى الأس الهيدروجيني قريباً من (7) لذلك عند بدء التشغيل يفضل استخدام بادئ مكون من مستحلب متخمّر مسبقاً أو استخدام تركيزات منخفضة من المادة العضوية للإسراع بالوصول إلى مرحلة التوازن.

6-3 نسبة الكربون إلى النيتروجين

تحتاج بكتيريا الأحماض وبكتيريا الميثان إلى الكربون والنيتروجين لنموها وتستهلكهم بنسبة 25-30 % كربون إلى (1) نيتروجين وهو ما يطلق عليه نسبة الكربون إلى النيتروجين وتعادل القيمة المثلى لهذه النسبة في التخمير اللاهوائي 25-30 % ويحتوي روث الأبقار والأغنام على هذه النسبة تقريباً ولكنها تتغير باستمرار وبشدة طبقاً للمادة العضوية المستخدمة كما هو واضح في الجدول (2) ويلزم المحافظة على النسب المطلوبة بخطط المخلفات بالنسب الملائمة.

6-4 تركيز المادة الصلبة في محلول التغذية

يتراوح تركيز المادة الصلبة في محلول التغذية (أي كمية المادة الصلبة إلى الماء) بين 8-10 % حيث تحافظ هذه النسبة على جريان مناسب، وتمنع تكون الأحماض بمعدلات أكبر من استهلاكها مما يحافظ على التوازن في عملية التبخر. ولكن قد يتم رفع نسبة المادة الصلبة في بعض عمليات التخمير المستخدمة إلى 12-14 % لتقليل المتطلبات الحرارية وتحسين الاقتصاديات، كما أن عملية التخمير الجاف للمخلفات الصلبة مثل القش والاحطاب والقمامة تتم في تركيزات مرتفعة قد تصل إلى 25-30 % ونظراً لتكون الأحماض فإنه عادة ما يضاف مواد مساعدة مثل كربونات الكالسيوم للمساعدة على التوازن.

الجدول رقم 2. كمية الغاز الحيوي الممكن إنتاجه من المواد المختلفة.

نسبة الميثان (%)	إنتاج الغاز ليتر/ كغ مادة صلبة	نسبة الكربون إلى النيتروجين	مواد التغذية
مخلفات حيوانية			
60-50	280-260	15	روث ماشية
-	300-200	20	روث خيل
-	360	16	روث دواجن
-	640	15	مخلفات المجاري
58	600-300	-	مصانع إنتاج الكحول
المواد الغذائية			
49	750	-	الكربوهيدرات
72	1440	-	الدهون
50	980	-	البروتين

6 - 5 معدلات التغذية بالمادة العضوية (درجة التحميل)

تمثل كمية التغذية اليومية بالمواد العضوية مقسومة على حجم المخمر، أهمية كبيرة حيث بزيادتها يرتفع إنتاج الغاز، ولكن زيادتها أكثر من اللازم يؤدي إلى تراكم الأحماض العضوية بسبب عدم تمكن بكتيريا الميثان من تحويلها إلى غاز مما قد يسبب توقف إنتاج الغاز، وتختلف معدلات التغذية بالمادة العضوية حسب تركيب المادة العضوية ونوع المخمر المستخدم وظروف التشغيل.

6 - 6 زمن بقاء المحلول في المخمر

وهو متوسط عدد الأيام التي يبقيها المحلول داخل المخمر، والذي تحكمه عوامل كثيرة منها ظروف التشغيل مثل درجة الحرارة وطبيعة المادة العضوية المستخدمة وسهولة تخمرها ونوع المخمر المستخدم، وعادة يكون زمن البقاء حوالي 40 يوماً بالنسبة لتخمر روث الماشية في الظروف العادية بدون تسخين والحد الأدنى لزمن البقاء يحدده سرعة تكاثر البكتيريا، حيث انخفاضه عن الفترة اللازمة لتكاثر البكتيريا يساعد على خروج البكتيريا وتناقصها في المخمر مما يسبب توقف أو انخفاض الغاز، أما الحد الأقصى لزمن البقاء فتحدده عوامل اقتصادية، حيث أن زيادة زمن البقاء يؤدي إلى زيادة حجم المخمر وبالتالي زيادة التكاليف.

6 - 7 المواد السامة في التغذية

تعتبر المضادات الحيوية والمبيدات والمنظفات الصناعية والمعادن الثقيلة مثل الكروم والنيكل والنحاس والزنك مواد سامة للكائنات الحية الدقيقة التي تقوم بإنتاج الغاز الحيوي، كما أن ارتفاع تركيز الامونيا والذي ينجم عن انخفاض نسبة الكربون إلى النيتروجين قد يسبب تسمم للبكتيريا. والحد الأقصى المسموح به للمواد الضارة كما هو موضح في الجدول (3).

الجدول (3). الحد الأقصى للمواد السامة للبكتيريا المنتجة للميثان .

03 ملغ/ليتر	الكادميوم
001 ملغ/ليتر	النحاس
002 ملغ/ليتر	الكربون
005 ملغ/ليتر	النيكل
0.4 ملغ/ليتر	السيانيد
52 ملغ/ليتر	الفينوي
0055 ملغ/ليتر	الصوديوم
0054 ملغ/ليتر	البوتاسيوم
0051 ملغ/ليتر	الماغنيزيوم
0054 ملغ/ليتر	الكالسيوم
0005 ملغ/ليتر	الكبريتات
40 ملغ/ليتر	المنظفات الصناعية

6 - 8 استخدام البادئات

عند بداية تشغيل المخمر فانه يفضل إضافة نسبة من مخلوط تخمير نشط وذلك للإسراع في عملية التخمير حيث يحتوي هذا المنشط على نسب متوازية من بكتيريا الميثان وبكتيريا الحمض التي يمكنها أن تعمل مباشرة بعد إضافتها، وقد لا يحتاج الأمر إلى استعمال المنشط حيث يمكن للمخمر العمل يدونه في حالة استخدام روث الماشية، ولكن ذلك يتطلب الانتظار بضعة أيام لحين تكون ونمو عدد كاف من بكتيريا التحلل وبكتيريا الميثان.

9 - 9 التقليل داخل المخمر

وهو من العوامل الضرورية لرفع كفاءة عملية التخمير وزيادة إنتاجية الغاز وعن طريق التقليل تتجانس مكونات المخمر وتزداد فرص التلامس بين المخلفات والبكتيريا ويزداد نشاط بكتيريا الميتان مما يؤدي إلى ارتفاع معدلات إنتاج الغاز كما أن التقليل يمنع تشكل طبقة الخبث فوق سطح مخلوط التخمير وتبيسها مما يعوق صعود الغاز للأعلى.

وتجدر الإشارة إلى أن عملية التغذية اليومية بالمواد الطازجة تعتبر إحدى طرق التقليل، ولذا كان من المفضل تعدد مرات التغذية اليومية لزيادة فرص التقليل. وعادة يستخدم التقليل اليدوي أو الميكانيكي أو التقليل بإعادة دورات المحلول أو الغاز.

7 - وحدات إنتاج الغاز الحيوي المنضدة في قرى محافظة السويداء

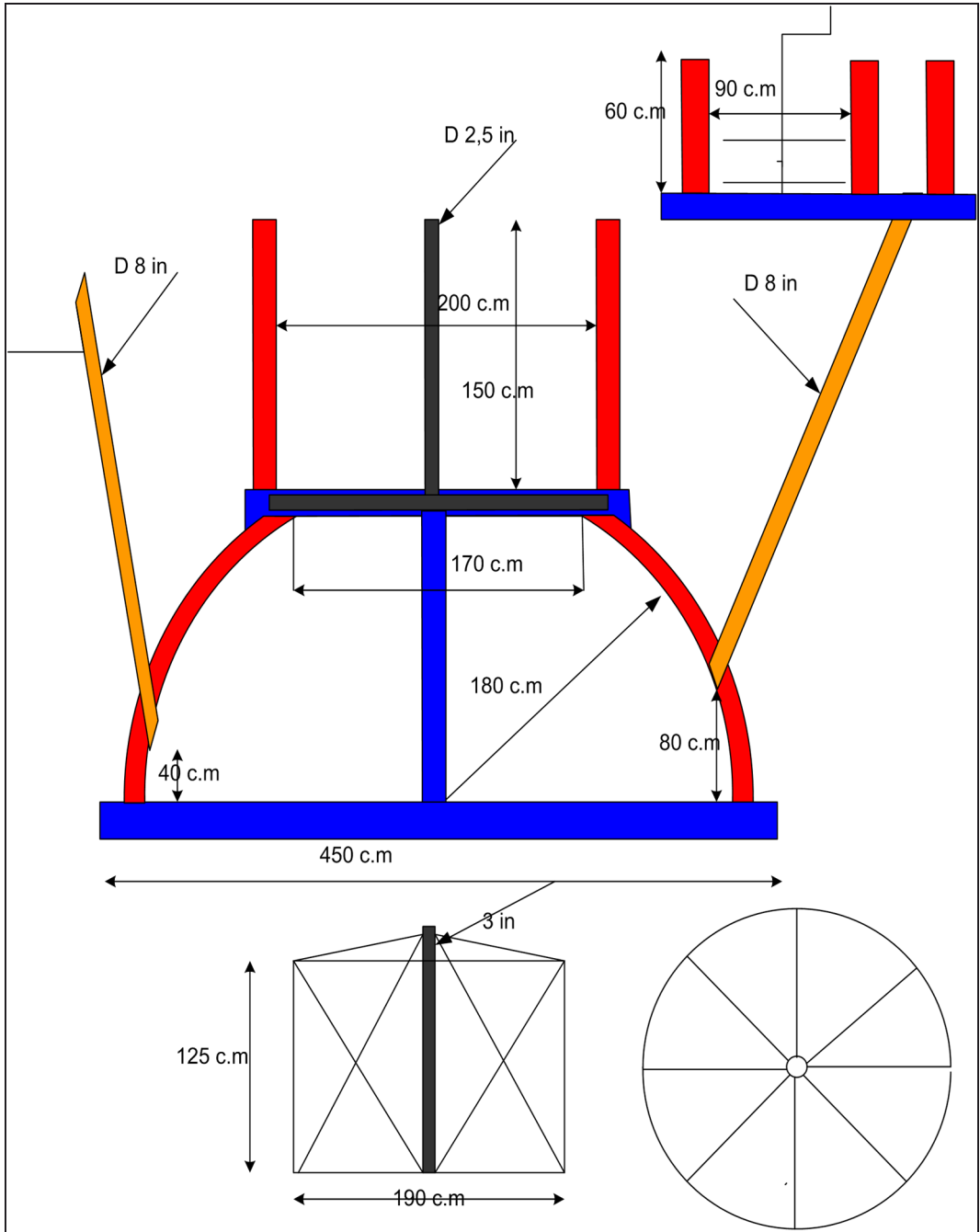
يبين الشكل (1) المرفق النموذج المستخدم في التصميم بحجم 14 متر مكعب، حيث تم إنشاء القاعدة من البيتون المسلح بشكل مستوي ودائري، ويتكون الخمر إضافة إلى القاعدة من جزأين رئيسيين:

يبني الجزء السفلي على شكل قبة نصف كروية، تبنى عادة تحت مستوى سطح الأرض من البلوك القرميدي، ويسمح هذا التصميم بزيادة الحجم وتقليل أعماق الحفر اللازمة لبناء هذا الجزء. أما الجزء العلوي فهو أسطواني الشكل يبنى جزئياً فوق سطح الأرض ويحوي خزان الغاز المعدني ويبني هذا الجزء من المخمر من البلوك القرميدي أو من البلوك الإسمنتي، وأهم مزايا هذا النوع:

1. الحاجة إلى أعماق قليلة مما يؤدي إلى سهولة الحفر والإنشاء.
2. عدم ارتباط قطر الجزء العلوي الحامل لخزان الغاز بالجزء السفلي مما يزيد من المرونة واختيار قطر الخزان تبعاً لمعدلات إنتاج الغاز الحيوي بسهولة وبكلفة مناسبة.
3. إمكانية التوفير في مواد الإنشاء.

1 - 7 حضر موقع المخمر

بعد تحديد موقع المخمر بالقرب من الحظيرة تم حفر حفرة شبه أسطوانية بعمق 3.5 م وقطر 4.5 م وفق ما هو موضح بالشكل (2).



الشكل (1) نموذج التصميم.

7-2 صب قاعدة المخمر

بعد أعمال الحفر وتسوية الأرض ورسفها ومطابقة أرضية القاعدة للمواصفات يتم صب القاعدة بالاسمنت المسلح بشكل مستوي بسماكة 10 سم ، حسبما هو موضح في الشكل (3) .



الشكل (2) حفرة موقع المخمر.

7-3 بناء الجزء الكروي

استخدم لبناء الجزء الكروي من المخمر بلوك قرميدي جيد وحاد الأطراف كي يتحمل الضغوط الواقعة عليه، كما استخدمت مونة جيدة بمعدل حجم واحد إسمنت+ ثلاثة حجوم رمل ، وذلك وفق التفاصيل التالية الموضحة في الشكل (4) .



الشكل (3) صب قاعدة المخمر بعد تسويتها ورسفها بالبيتون المسلح.

- تحديد مركز الجزء الكروي.
- تثبيت خيط من نقطة مركز الكرة بطول نصف قطر المخمر بحيث يحدد الطرف الآخر من الخيط شكل الكرة عند تحريكه في الاتجاهات المختلفة.
- تحديد مكان الصف الأول باستخدام الخيط،
- تنظيف مكان الجدار من الأتربة والرمال ثم يغسل بالماء ثم بمحلول الماء والإسمنت لتقوية الرابطة بين القرميد والقاعدة ويتم البدء ببناء الصف الأول .

- الاستمرار في بناء الصفوف التالية مسترشدا بالخيط مع مراعاة زيادة المونة في الجزء الخارجي حتى تنحني أحجار القرميد قليلاً وبذلك يصبح البناء متماسكاً.
- المداومة على تنظيف الجدار من الداخل من المونة المعلقة والبارزة لتسهيل أعمال الطينة فيما بعد.



الشكل (4) البدء ببناء المخمر.

- المتابعة على الردم والدك حول الجدار من الخارج كلما ارتفع البناء حوالي 30-40 سم ومن الضروري أن يكون الدك جيداً لمنع أي انهيار للجدران أو تشققها.
- تثبيت أنبوبي التغذية والخروج وفق الأبعاد المناسبة.
- الاستمرار في أعمال البناء بنفس الطريقة حتى الاقتراب من الارتفاع المطلوب مع الانتباه إلى قطر الدائرة العلوية.
- تكميل البناء حتى الوصول إلى الارتفاع المطلوب مع التأكد من أن قطر الدائرة العلوية مطابق للقطر المطلوب.
- تغطية الجزء الخارجي من الجدار بالمونة العادية لزيادة المتانة.
- واستمرار ردم الجزء الخارجي من الجدار أولاً بأول. كما يوضحه الشكل (5).



الشكل (5) بناء الجزء الكروي من المخمر.

4 - 7 صب اشقة الخرسانية للجدار الأسطواني العلوي

يتم تجهيز قاعدة للجدار الأسطواني من صبة خرسانية ويتم ذلك:

- باستخدام أحجار من القرميد لعمل حاجز دائري من الداخل وأحجار من البلوك العادي لتشكيل

قالب للصبية كما في الشكل (6) .

- تجهز مادة بيتونية جيدة ومتماسكة بنسبة حجم من الإسمنت + حجمين من الرمل + أربعة حجوم

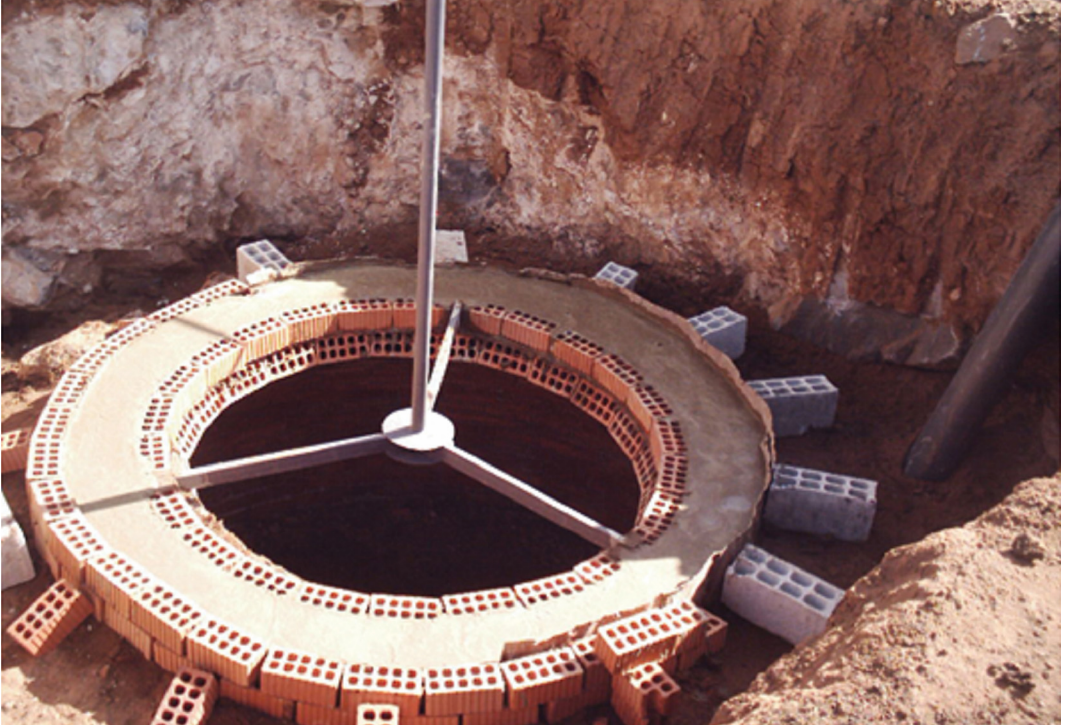
من الحصى.

- يركب دليل الخزان بحيث يكون أنبوب الدليل شاقولياً تماماً.

- تصب القاعدة بالارتفاع المطلوب.

- يضبط سطح القاعدة ليكون أفقياً تماماً ليستخدم كقاعدة لخزان الغاز.

- ينزع القالب بعد ساعات من الصب.
- يردم ويدك حول القاعدة.



الشكل (6) صب الشفة الخرسانية للجدار الأسطواني العلوي.

7 - 5 بناء الجزء الأسطواني العلوي

نظراً لوجود أنبوب الدليل في مركز الجزء الأسطواني تماماً، فيمكن استخدام خيط بطول نصف القطر بحيث يرتكز على الأنبوب من ناحية، وحر من الناحية الأخرى و بذلك يتحدد موضع الجدار.

- يتم الاستمرار في بناء الجدار الأسطواني مع الاستعانة بالخيط كدليل مع مراعاة رفع الخيط كلما ارتفع البناء بحيث يبقى الخيط أفقياً تماماً، وذلك حتى الوصول إلى الارتفاع المطلوب.
الشكل (7).

- يداوم على تنظيف الجدار من الداخل من المونة البارزة أو أي شوائب لتسهيل أعمال الطينة.



الشكل (7) بناء الجزء الأسطواني العلوي.

6 - 7 بناء الجدار الأوسط

يفضل استكمال بناء الجدار الأوسط (الفاصل) والذي يقسم الجزء السفلي من المخمر إلى جزأين بعد الانتهاء من بناء الجدران الرئيسية لتسهيل الحركة، ويتم بناءه بالطريقة العادية حتى يصل إلى سطح الشفة كما هو موضح في الشكل (8).

يتم إجراء عملية الطينة اللازمة للوحدة وتسقى لمدة أسبوع ويتم اختبارها بعد ذلك بالماء حيث تعبأ وتبقى لمدة 24 ساعة على الأقل لمعرفة فيما إذا كان هناك تسرب يتم تلافيه.



الشكل(8) بناء الجدار الأوسط.

7 - 7 بناء غرفتي التغذية والخروج

تم بناء غرفة التغذية بقطر واحد متر وارتفاع 60 سم من أحجار البلوك العادي وتم تزويدها بخلاط يدوي لتخليط مخلفات التغذية مع الماء كما زودت الغرفة ببوابة متصلة مع أنبوب التغذية كما هو موضح في الشكل (9) .



الشكل (9) غرفة الدخول.

كذلك بنيت غرفة الخروج من البلوك العادي وعلى شكل قبة كروية **الشكل (10)** ويمكن أن تبنى أيضا على شكل متوازي مستطيلات لتستوعب مخرجات أسبوع كامل .

7 - 8 تركيب حاوية الغاز

تم تركيب خزان الغاز بالاستعانة بالدليل بعد اختبار الوحدة بالماء **الشكل (11)**.

7 - 9 تمديد شبكة الغاز

تم تمديد شبكة الغاز إلى أماكن الاستخدام ووضع مصافي المياه في الأماكن المناسبة * يمكن تغذية هذه الوحدة بكمية من الفضلات حتى 22.0 م^3 من المحلول نسبة المادة الجافة فيها 10 %.

* تنتج هذه الوحدة كمية من السماد المتخمر تصل إلى حوالي 22.0 م^3 نسبة المادة الجافة فيها 8 % وكمية من الغاز تصل إلى حوالي 3 م^3 يوميا .



الشكل (10) غرفة الخروج.



الشكل (11) تركيب حاوية الغاز.

8 - تشغيل وحدات إنتاج الغاز الحيوي

8 - 1 ملء المخمر بالمخلفات

عادة يكون المخمر مملوءاً بالماء عند الاختبار، ولذلك يجب سحب المياه من المخمر بحيث يبقى في المخمر حوالي ثلث حجمه . وفي حالة وجود فاصل في المخمر فيجب السحب من جهة التغذية إلى أن ينخفض مستوى الماء في هذه الجهة إلى منتصف الجدار الأوسط. بينما يبقى مستوى الماء في جهة الخروج في مستوى ارتفاع الجدار الأوسط. ويتم البدء بتغذية المخمر بالمخلفات العضوية غير المتخمرة.

ويحتاج المخمر لكمية كبيرة في هذه المرحلة من التغذية فإذا كانت التغذية من روث الماشية فيجب تجميع الروث مسبقاً لمدة أسبوع على الأقل مع تغطيته لمنع جفافه حتى لا يتعذر الخلط بعد ذلك. ويفضل الحصول على روث طازج وذلك بتجميعه من الجيران إن أمكن.

يجب أن يكون الروث خالي من أعواد القش والرمال والأتربة، حيث أنها تسبب مشاكل في التشغيل. فالقش والأعشاب ونشارة الخشب قد تسد الفتحات كما أنها تكون رغوّة صلبة وتؤثر على حركة الخزان. أما الرمال والأتربة فإنها تتجمع في أسفل المخمر وتقلل الحجم الفعال.

تغلق بوابة دخول التغذية ويوضع الروث في حجرة التغذية ويضاف إليه كمية ملائمة من الماء ويخلط جيداً باستخدام الخلاط اليدوي حتى يصبح مخلوطاً متجانساً سهل السريان، تفتح بوابة التغذية فيندفع المخلوط إلى داخل المخمر في أسفل الحجرة الأولى.

يجب أن يكون تركيز محلول التغذية بحدود 8-10 % مادة صلبة. ونظراً لأن الروث الطازج عادة يكون تركيزه حوالي 16-20 % مادة صلبة، لذلك يجب إضافة حجم مماثل من الماء تقريباً في عملية الخلط للحصول على التركيز الملائم.

يجب الاستمرار في ملء المخمر بنفس الطريقة حتى يصل مستوى المحلول إلى أعلى الشفة التي يتركز عليها خزان الغاز بما يعادل نصف ارتفاع الخزان، عندها يتم التوقف عن ملء المخمر عند هذا المستوى. وفي حالة تعذر تدبير جميع الكميات اللازمة من الروث فيمكن استكمالها بالماء الناتج من أنبوب الخروج.

8 - 2 إضافة البادئات

البادئات هي مخلوط نشط يحتوي على أعداد ملائمة من بكتريا التخمر اللاهوائي. ويمكن الحصول عليها إما من وحدة إنتاج غاز حيوي أخرى أو تحضيرها. وعادة فإن روث الماشية يحتوي على البكتريا الملائمة للتخمير ولكنها بأعداد قليلة ولإكثارها يمكن تخفيف الروث في برميل كبير ليصل تركيز المخلوط إلى حوالي 10 % ويغطى البرميل ويترك لمدة ثلاثة أسابيع في منطقة دافئة مشمسة. فيتم تكاثر البكتريا ويمكن استخدام المخلوط كبادئ للتخمير. وتختلف أهمية استخدام البادئ حسب نوع المادة المستخدمة في تغذية المخمر.

عند استخدام روث الماشية دون بادئ فإنه يمكن أن ينتج غاز بدون استخدام بادئ ولكن يحتاج لوقت أطول. ويفضل إضافة البادئ بنسبة 5 % من حجم التخمير، ويتم ذلك بعد تغذية نصف كمية الروث المتاحة عند ملئ المخمر.

أما عند استخدام زرق الدواجن أو مخلفات بشرية فيجب إضافة بادئ بنسبة 5 % على الأقل من حجم المخمر نظراً لعدم احتوائه على البكتريا اللازمة. ويمكن استخدام بادئ من وحدة تعمل بمخلفات الدواجن أو روث ماشية أو تحضير بادئ من روث الماشية.

8 - 3 التغذية اليومية

تتم التغذية اليومية على النحو التالي:

- تغلق بوابة فتحة التغذية فيتجمع البول - المنساب من الحظيرة - في حجرة التغذية.
- يكسح الروث من الحظيرة وينقل إلى حجرة التغذية.
- يقلب الروث مع البول جيداً للحصول على محلول معلق سهل السريان ويمكن إضافة الماء في حالة الحاجة بحيث يحافظ على تركيز المحلول في حدود 10 % مادة صلبة. والاستمرار بالتغذية اليومية بنفس الطريقة.
- ويفضل إعادة استخدام المحلول الخارج لتخفيف مادة التغذية خلال الفترة الأولى للتشغيل.
- بترك المحلول الخارج من المخمر ليجمد بجوار الوحدة أو يخزن في حوض خاص كي يستخدم كسماد أو يستخدم في عمل مكورة بعد خلطه بالمخلفات الزراعية.

8 - 4 مراقبة واستخدام الغاز

يحتوي الغاز المنتج في بداية التخمر على نسبة مرتفعة من غاز ثاني أكسيد الكربون كما أنه يحتوي على نسبة مرتفعة من الأكسجين مما يجعله عرضة للانفجار عند الاستخدام ولذلك يفضل تفريره في الهواء بدون اشتعال لعدة مرات إلى أن ترتفع نسبة غاز الميثان وتنعدم نسبة الأكسجين. ويجب الاهتمام بما يلي:

- ملء مصافي المياه بالماء لمنع تسرب الغاز منها.
- التأكيد من أن المواد قد تم تعديلها كما يجب.
- التعود على غلق المحبس الرئيسي بعد الاستخدام تلافياً لحدوث أي تسرب غير

8 - 5 استخدام الغاز

- بعد التأكد من أن مصافي المياه غير جافة وإنها مملوءة بالماء كي لا يتسرب منها الغاز.
- يستخدم الغاز في معدات الاستخدام المختلفة ويتم التأكد من أن اشتعال الغاز بكفاءة وبشعلة زرقاء. وعندما تكون الشعلة حمراء أو مصحوبة بدخان، يتم التأكد من فتحة الهواء الأولى.
- يجب تنظيف طربوش الموقد بين الفينة والأخرى وعند تجمع قشور على ثقوب الموقد يجب إزالتها حتى لا تصغر أقطار الثقوب وتؤثر على كفاءة الاحتراق.

8 - 6 استقبال وتداول المستحلب (المحلول) المخمر

يستخدم المحلول الخارج تلقائياً من المخمر بعد عملية التخمر كسماد عضوي. ويجب توفير مساحة ملائمة ليتم جمع فيها المحلول ويترك حتى يجف. ويمكن تقسيم المساحة المتاحة إلى جزأين، بحيث يوجه المحلول الخارج إلى إحدهما لفترة ثم يترك ليحجف ثم يوجه المحلول إلى الجزء الثاني. ويزال السماد بحالة شبه جافة. ويفضل إضافة بعض الأتربة أو المخلفات الزراعية إليه لسرعة التجفيف، ولتقليل الفقد من النيتروجين، ويمكن استخدام المحلول المخمر في عمل مكورة مع المخلفات الزراعية، ويفضل عندها استخدام حوضين بأرضية بيتونية وبارتفاع حوالي 40 سم، ويتم عمل المكورة على النحو التالي :

يملأ الحوض الأول بالمخلفات الزراعية المقطعة وتخمر بالمحلول الناتج من المخمر لتنتشع به ويصبح الخليط كالعجين وهو ما يعادل حوالي 50 % رطوبة.

- ثم تجمع المخلفات وتكوم قبل نهاية الحوض بحوالي متر.
 - ويعاد ملء الحوض بالمخلفات الزراعية وتكرر نفس العملية وعند تشبع المخلفات بالمحلول تقلب الكومة الأولى وتنقل إلى آخر الحوض وتجمع المخلفات على بعد متر منها أيضاً وتكرر العملية حتى يمتلئ الحوض الأول.
- ويبدأ العمل في الحوض الثاني وتكرر العملية بنفس الطريقة حتى يمتلئ الحوض. وتستغرق عملية التخمر الهوائي حوالي 45 يوماً ليصبح بعدها السماد صالحاً للاستخدام في الحقل.

المراسلات

المركز العربي لدراسات المناطق الحضرية والتنمية القاحلة (أَسَاد)

دمشق- الجمهورية العربية السورية - ص.ب 2440

فاكس 5743063 - هاتف 5743039-5743087

البريد الإلكتروني: email@acsad.org

الموقع على الإنترنت . WWW.acsad.org

