



صياغة نظم إنتاج الطاقات المتجددة

الجزء الرابع

صياغة معايير
الغاز الإحيائي

2005



بيان نظم إنتقال الطاقات المتعددة

الجزء الرابع

بيان نظم إنتقال الغاز الأحيلي

مراجعة

محمد المعالي

ترجمة عن الفرنسية

عزيز ساسي

أعد تحت إشراف

عثمان بن الشيخ
محمد المبدى

تأليف

محمد الجلايدى
عبد الحق أم حروش

2005

صيانة نظم إنتاج الطاقات المتجددة

المجلد 4

صيانة مهاضم الغاز الأحيائي

تمهيد

يشكل ضعف نسبة تزويد سكان الأرياف بالطاقة في الدول النامية، عائقاً هاماً للنمو الاقتصادي والاجتماعي (السوسيو اقتصادي) لهذه المناطق. واستناداً لهذا الواقع، ولتقليص الفوارق بين الوسطين الحضري والريفي، شرع عدد من البلدان في تفعيل سياسات تهدف إلى جعل طرق استهلاك الطاقة أكثر نجاعة من جهة، وإلى استغلال موارد الطاقة المتتجدة من جهة أخرى.

وعياً منه بالدور الذي يمكن أن تلعبه الطاقات المتتجدة في بعض المناطق من العالم، بعث قسم العلوم الهندسية والتكنولوجيا بمنظمة اليونسكو بإدارة السيد بوريس بيركوفسكي برنامجاً عالمياً طموحاً حول الطاقة الشمسية تحت عنوان "مسار قمة الشمس العالمية". ويتميز هذا البرنامج الذي يحدد إطاراً للتنسيق بين المبادرات المختلفة بكونه يُشرك كل الفاعلين (صناع القرار لدى الدول، مسؤولي برامج، مؤسسات حكومية وبيحومية، جماعيات، صناعيين، فاعلين وطنيين، مستخدمين...) من مناطق مختلفة من العالم ويضع نصب أعينهم نفس الهدف، وهو جعل الطاقات المتتجدة تتبوأ المكانة الجديرة بها في النظام الطاقي العالمي.

وفي هذا الإطار، وقع اعتبار التعليم قطاعاً استراتيجياً (ذا أهمية كبرى على الصعيد العالمي) خلال المشاورات الإقليمية المختلفة السابقة، مما يدل على الأهمية التي تعطيها الأمم لتأهيل مواردها البشرية التي تُعدّ أساساً لكل نمو، وهو قطاع تعاني فيه الدول النامية عوزاً جلياً. ولضمان نجاح أي برنامج لاستغلال الطاقات المتتجدة، وجب على الأخصائيين، بمختلف مستوياتهم، الإلمام بالتجهيزات والمعدّات المستعملة في المشروع، وكذلك ضمان صيانتها وإصلاحها.

ومن المفترض أيضاً ضمان تكوين (تأهيل) الأطر في مجال الطاقات المتتجدة، وعلى كافة المستويات، ولا سيما على مستوى أصحاب القرار والمخططين (المهندسين، الاقتصاديين، الأطر الإداريين)، والباحثين والمستخدمين، وعلى وجه أخص التقنيين المحليين المكلفين بالصيانة وإرشاد المستعملين. وعلى هذا الأساس، ارتهي إعداد حقيقة تعليمية متعددة الوسائل حول صيانة نظم الطاقات المتتجدة (وثائق مكتوبة، صور استعراضية، أشرطة فيديو وبرامج حاسوب). ومن شأن هذه الأداة الثمينة الموجهة إلى التقنيين المحليين، تحسين مهاراتهم وتزويدهم بالعناصر التعليمية الازمة لضمان خدمات صيانة أفضل للمعدّات والتجهيزات.

فهرس

مقدمة

| | |
|---------|---------------------------------------|
| 1 | • الاحتياجات من مصادر الطاقة المتجددة |
| 1 | • دور تكنولوجيا الغاز الأحيائي |
| | - الطاقة |
| | - الصحة |
| | - السماد |

الجزء الأول:

الجوانب النظرية لـ تكنولوجيا الغاز الأحيائي

1. الغاز الأحيائي:

| | |
|---------|----------------------------------|
| 4 | 1. 1. الخصائص |
| 4 | 1. 2. عملية إنتاج الغاز الأحيائي |
| 6 | 1. 3. الاستعمالات |

الجزء الثاني:

الجوانب التطبيقية لـ تكنولوجيا الغاز الأحيائي

| | |
|----------|--|
| 9 | 1. دليل بناء مهضمة بقبة نصف كروية بحجم 20 مترا مكعبا |
| 36 | 2. تحديد أبعاد المهضمة والخزان |
| 39 | 3. التجهيزات المحيطة بالمهضمة |
| 39 | 3. 1. قنوات تمرير الغاز |
| 40 | 3. 2. معicات الماء |
| 40 | 3. 3. المضغط |

| | |
|----------|---|
| 41 | 3. 4. عداد الغاز |
| 41 | 3. 5. أجهزة منع رجوع اللهب |
| 42 | 3. 6. أجهزة تطهير الغاز الأحيائي |
| 46 | 3. 7 أجهزة استعمال الغاز الأحيائي |
| 46 | • المواقد |
| 47 | • المبردات |
| 47 | • أفران الخبز |
| 48 | • المصابيح |
| 50 | • المحركات |

الجزء الثالث:

الصيانة و الإصلاح

| | |
|----------|---|
| 54 | 1. المهمضمة |
| 54 | • تقييم عملية البناء |
| 56 | • تشغيل المهمضمة |
| 58 | • الحفاظ على إحكام سد الغطاء |
| 59 | 2. صيانة قنوات الغاز |
| 61 | 3. صيانة الأجهزة المستخدمة للغاز الأحيائي |

ملحق:

| | |
|----------|---|
| 63 | • كيف يمكن إصلاح منشأة للغاز الأحيائي |
| 65 | • كيف يمكن تصحيح عدم استقرار احتراق الغاز الأحيائي في المواقد |
| 68 | • متابعة علمية وتقنية لمنشآت الغاز الأحيائي |

مقدمة:

الاحتياجات من مصادر الطاقة المتتجدة

أظهرت أزمة الطاقة في السبعينيات من القرن الماضي أهمية البحث عن مصادر جديدة للطاقة وتحقيق الاكتفاء الذاتي في ميدان الطاقة. ولقد استواعبت عدة بلدان إشكالية وضعية الطاقة والمشاكل الناجمة عنها، وبدأت في إعداد سياسات تطمح إلى ترشيد استعمال الطاقة والبحث عن كافة مصادر الطاقة التي يمكن أن تعوض النفط. ومن بين هذه المصادر، نجد تكنولوجيا الغاز الأحيائي التي ظهرت كواحدة من أهم هذه المصادر، لأنها من حيث المبدأ متتجدة، وغير ملوثة، ويمكن استخدامها في المجال الزراعي كما في صناعة المواد الغذائية أو النفايات الحضرية. ومنذ ذلك الحين، تم إنشاء عدد لا يأس به من محطات الغاز الأحيائي من أنواع وأحجام مختلفة في كافة أنحاء العالم.

كان الهدف في البداية من تكنولوجيا الغاز الأحيائي إنتاج الطاقة، ولكن سريعاً بدأ العامل البيئي يطرح نفسه كحافر إضافي مهم لإنشاء مثل هذه المحطات.

دور تكنولوجيا الغاز الأحيائي

يمكن لهذه التكنولوجيا أن تحل العديد من المشاكل الخاصة ببلدان العالم الثالث.

الطاقة

ترتكز تكنولوجيا الغاز الأحيائي على مبدأ إعادة استغلال النفايات حيث تحول المادة العضوية عن طريق الاختمار بالميتان (الميتان: CH_4) إلى طاقة بسيطة ونظيفة وقدرة على توفير العديد من احتياجات الطاقة باستقلالية كاملة.

وتساوي القيمة الطاقية لметр مكعب واحد من الغاز الأحيائي:

- 0,42 كغ من غاز البروبان المسيل GPL
- 4,34 كغ من الخشب الجاف
- 0,61 لتر من النفط
- 5 كيلواط حرارية

الصحة

إن الافرازات والنفايات العضوية الأخرى التي تكون مصدراً للجراثيم المسئولة للأمراض لا تتفق في معظم الأحيان أي نوع من المعالجة وتبقي في الغالب مصدراً لإذابة صحة الناس.

وتتوفر معالجة هذه النفايات بتكنولوجيا الغاز الأحيائي حلولاً لكل هذه المشاكل عن طريق:

- القضاء على عدد كبير من الجراثيم المسئولة للأمراض.

• التخلص من الروائح الكريهة بواسطة خلق استقرار للمادة العضوية.

• حماية مياه المجاري والمياه الجوفية.

السماد

أثناء عملية التخمير لا يتم استخلاص أي عنصر مخصوص. ولا يتم الحفاظ فحسب على قيمة السماد في المادة العضوية، بل يتم تحسينها بفضل التمعدن الجزئي للأزوت.

وهكذا يصبح السماد العضوي الذي يساهم أساساً في تحسين بنية التربة سهل الامتصاص عند العديد من النباتات. إضافة إلى ذلك، يتم التخلص من النباتات الطفيلية أثناء عملية التخمير.

1 متر واحد من السائل المتذوق، يساوي تقريراً:

- 10 كغ من سلفات الأمونيوم
- 4,5 كغ من الفوسفات الممتاز
- 10 كغ من سلفات البوتاسي
- عناصر مخصوصة أخرى.

باختصار، تتجلى العوامل الإيجابية لتكنولوجيا الغاز الأحيائي في التالي:

- العوامل المباشرة:

- عوامل صحية
- عوامل زراعية
- المساهمة في إنتاج الطاقة

- العوامل غير المباشرة:

- المساهمة في تحسين الإنتاج الزراعي

- تحسين البنية التحتية في العالم الريفي
- تعويض استعمال الحطب وفي نفس الوقت المساهمة في حماية الثروة الغابية.
- المساهمة في تقليل النفقات بالعملة الصعبة لاستيراد الطاقات الأحفورية.
- المساهمة في تقليل انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون.

الجزء الأول

الجوانب النظرية لтехнологيا الغاز الأحيائي

الغاز الأحيائي:

1. 1 خصائص الغاز الأحيائي:

يتكون الغاز الأحيائي أساساً من الميثان والغاز الكربوني إضافة إلى أثر قليل لبعض الغازات الأخرى كالهيدروجين المكبرت، وهو ما يضاف على الغاز الأحيائي رائحته المميزة التي تختفي عند إحراق الغاز. وتتوقف تركيبة الغاز الأحيائي وجودته على طبيعة المادة المستعملة في التحضير وظروفه.

الجدول 1: معدل تركيبة الغاز الأحيائي

(غير منقى وغير مجفف في 25 درجة مئوية)

| الحجم المئوي ما بين | التركيبة الكيماوية | المكونات |
|---------------------|--|--------------------|
| 80-40 | CH_4 | الميثان |
| 56-15 | CO_2 | الغاز الكربوني |
| 2-0.5 | H_2S | الهيدروجين المكبرت |
| 3~ | H_2O | بخار الماء |
| - | ($\text{CO}, \text{O}_2, \text{N}_2, \text{H}_2, \dots$) | آثار غازات أخرى |

1. 2 عملية إنتاج الغاز الأحيائي:

تفرز المواد العضوية التي توجد في النفايات النباتية وإفرازات الحيوانات، حين تتحلل في منأى عن الهواء وفي ظروف حرارية معينة، غازاً قابلاً للاحترار، يسمى بالغاز الأحيائي، وهو عبارة عن خليط مكون أساساً من الميثان (CH_4) والغاز الكربوني (CO_2). وتسمى عملية التحلل بالهضم اللاهوائي أو الاختمار المياني.

وأنّ الأجسام المسؤولة عن هذا التحلل هي البكتيريا، وهي جسيمات مجهرية. ويمكن اعتبار تحلل الجزيئات المعقّدة طويلة التسلسل والتي تشكّل المادة العضوية في أغلب الأحياء كعملية تجري في ثلاثة مراحل كيميائية حيائية (biochimique) متّعّقة. وفي كل مرحلة، هناك مجموعة من الجسيمات المجهرية مرتبطة بها.

مراحل الاختمار اللاهوائي للكتلة العضوية

المواد الأولية:

نفايات نباتية \ إفرازات الحيوانات (سكريات، دهنيات، بروتينات)

المرحلة 1: البكتيريا التخميرية

العناصر الوسيطة:

أحماض، الكحول، ومكونات أخرى CO_2 ، H_2

المرحلة 2: البكتيريا الميتانية

CO_2 ، H_2

المرحلة 3: البكتيريا الحمضية

العناصر النهائية:

ميتان (CH_4) + الغاز الكربوني CO_2 الغاز الأحيائي
عصارة تخميرية + ماء سائل متذبذب

تكون البكتيريا الميتانية المسئولة عن إنتاج الغاز الأحيائي بطئية النمو، مفرطة الحساسية وتعتمد كلية على طبيعة العصارة، ودرجة الحرارة، ونسبة الحموضة أو القاعدية pH ، والأكسدة التحويلية، والعلاقة كربون\آزوت (C/N) ، وزمن احتباس المواد المهضومة ومقدار المادة الجافة فيها.

ترتبط درجة حرارة التخمير أساساً بنسبة هضم النفايات. فنشاط البكتيريا الهاضمة يكون أكثر فاعلية و زمن التخمير أقصر حين تكون درجة الحرارة مرتفعة.

إذا أخذنا نفس كمية النفايات، فإن المردودية الإجمالية من الغاز بين 5 درجات مؤوية و 70 درجة تكون تقريباً متشابهة. ولكن، عند 5 درجات يدوم مسلسل التخمير حوالي سنة كاملة، في حين يدوم شهراً واحداً فقط عند 35 درجة بالنسبة لروث الأبقار أو البراز البشري.

تتراوح قيمة pH الأمثل لنمو البكتيريا الميتانية وإنتاج الميتان بين 6,6 و 7,6. إذ لا ينتج أي غاز آخر عدا ثاني أكسيد الكربون إذا ما كان هناك تخمير حمضي. وفي وسط قاعدي، فإن التخمير يؤدي إلى إنشاء H_2S و H_2 .

تمثل العلاقة C/N نسبة كل من العنصرين. فالكربون (في شكل هيدرات الكربون) والآزوت (بروتين، نيترات، أمونياك...) يشكلان أهم العناصر المغذية للبكتيريا اللاهوائية.

يستعمل الكربون أساساً في التزويد بالطاقة، ويستعمل الأزوت في تكوين البنيات الخلوية.

تستهلك البكتيريا الكربون 15 إلى 30 مرة أسرع من الأزوت. وتسمح العلاقة ما بين 15 و30 للهضم بأن يبلغ مستوى الأفضل.

يحدد زمن الاحتباس، الذي يتوقف أساساً على درجة حرارة الهضم، في تحديد أبعاد منشأة الغاز الأحيائي.

هناك بعض المواد الأولية مثل روث الأبقار أو الخيول سهلة الخلط مع الماء لتكوين عصارة متجانسة. وهناك أخرى مثل روث الغنم والماعز وكذلك النفايات النباتية التي تطفو على سطح الماء. مثل هذه العصارات تكون صعبة الاستعمال في مهضم لإنتاج الغاز الأحيائي، ويستحسن خلطها في عصارات أخرى متجانسة.

3.1 استعمالات الغاز الأحيائي:

تتلخص استعمالات الغاز الأحيائي أساساً في احتراقه الجوي (طبخ، إنارة، تسخين الماء، والتبريد) واحتراقه في محركات ذات احتراق داخلي (إنتاج الكهرباء، ضخ المياه،...).
ويلخص التخطيط التالي التطبيقات الممكنة للغاز الأحيائي.

الاستخدامات الممكنة للغاز الأحيائي:

| | | | |
|--------------------|------------------|----------------------------|-------------------------|
| gazomètre | خزان الغاز | biogaz | غاز أحيائي |
| chauffage central | تدفئة مرکزية | chaudière | مولد بخار |
| radiateur à gaz | مشعاع غازي | chauffage locaux | تدفئة المنازل |
| cuisine | مطبخ | brûleur | موقد |
| compression | ضغط الغازات | eau chaude | ماء ساخن |
| force motrice | قوة محركة متقللة | épuration | تصفية |
| force motrice fixe | قوة محركة ثابتة | stockage bouteilles mobile | تخزين في قوارير (motor) |

| | | | | |
|-------------|-----------|---------------|--------------|-----------------|
| alternateur | - | منوب - كهرباء | moteur à gaz | محرك بالغاز |
| résidus | - engrais | رواسب - سماد | ou dual-fuel | أو ثنائي الوقود |

مختلف أنواع المهاضم والعصارات

- تضم لائحة النفايات الممكن تحليلها بالميتان عددا واسعا جدا. ويمكن تصنيفها بطرق عده:
 - نفايات البهائم
 - النفايات الزراعية
 - نفايات صناعة المواد الغذائية
 - نفايات النطاق الحضري (المياه المستعملة والأزبال)

- أما فيما يتعلق بأنواع المهاضم، فيمكننا تلخيص كافة النظم في نوعين كبيرين: نوع غير مستمر ونوع مستمر (بعض المؤلفين يشيرون إلى نوع آخر: شبه مستمر).

1. المهاضم غير المستمرة

لم يعد هذا النظام يستخدم كثيرا لأنه يتطلب قدرًا كبيرا من الصيانة (شحن وتفرير). وعند التخطيط للقيام بإنتاج دائم بواسطة هذه النظام، يلجأ إلى استعمال عدة أحواض. ويتمثل العامل الإيجابي عند هذا النوع من المهاضم في استعمال كمية قليلة من الماء وقدرتها على استيعاب أنواع مختلفة من العصارات (سائلة وصلبة).

2. المهاضم المستمرة

أصبح هذا النوع هو الأكثر انتشارا وتطورا اليوم. هذه المهاضم التي تعالج عصارات لا تتجاوز 15% من المادة الجافة هي نظم متعددة الأشكال، من الأكثر تعقيدا والمستعملة في معالجة النفايات الصناعية، إلى أكثرها بدائية والمستعملة في معالجة نفايات البهائم الكثيرة الرطوبة. يتميز هذا النوع من المهاضم في كونه سهل الاستعمال، إذ أنه لا يتطلب عملا شاقا أثناء الشحن والتفرير.

يلخص الجدول التالي حالة هذه التكنولوجيا، و مختلف أساليب المعالجة، و مختلف أنواع المواد الممكن تحليلها بالميتان، و مردودية الغاز الأحيائي المنتج.

التجهيزات

- مهاضم بتلقيم مستمر:
- مدة الدورة: ما بين 15 و 20 يوما
- تجديد يومي للعصارة أقل من 10 %
- جهاز محراك و مضاد للرغوة
- مهاضم بتلقيم غير مستمر:
 - إنتاج متقطع
 - يتطلب استخدام عدة مهاضم
$$Q = c/0,25m^3$$

حيث Q يساوي حجم الحوض،
و c الاستهلاك المتوقع بالوحدات الحرارية

حالة التكنولوجيا

- افرازات الحيوانات، سوائل صناعية
- تجريبية
- عمليات نموذجية من حجم المهاضم
- تقليدية في البوادي
- بعض المنشآت الطرازية الجاهزة مقترحة من لدن الصانع
- الأزبال الحضرية المترسبة
- صناعية
- عمليات نموذجية
- منشآت شخصية
- بعض المنشآت مقترحة من قبل الصانع

الغازات المنتجة

المواد الأولية

- مياه عضوية مترسبة من أصل صناعي مع إمكانية إعادة 1 متر مكعب من المي atan الخالص لكل 1 متر مكعب استخدام المواد المستهلكة.
- (السوائل المخففة بالماء المختلفة عن صناعات المواد الغذائية):
- معلبات الخضر، صناعة التقطير، مخلفات تقطير الكحوليات...) من 0,4 إلى 0,6 متر مكعب من الغاز الأحيائي لكل كيلوغرام من المادة العضوية
- المياه المستهلكة في الحواضر، مخلفات التصفية
- المواد السائلة والصلبة (مقدار المادة الجافة أقل أو يساوي 10%)

مثل ماء المزابل والأزبال السائلة
المهضم لكل عملية

تخمير من 45 يوما.

المواد السميكة، التربات الصلبة:

- الأزبال، الأزبال المتبننة، المواد النباتية، والليفية

- بوالة بتبن (زبل أعيد تكوينه)

الجزء الثاني

الجوانب التطبيقية لـ تكنولوجيا الغاز الأحيائي

1- دليل بناء مهضمة بقبة كروية بحجم 20 مترا مكعبا

لا يمكن بناء مهضمة في مزرعة إلا إذا توفرت الشروط التالية:

- أن تتوفر النفايات الممكن تحليلها بالميغان (روث الأبقار من دون ثبن...) والماء يوميا وبكميات كافية. فمثلا، يجب أن تلقى (تمون) مهضمة بحجم 20 مترا مكعبا يوميا بـ 175 كلغ من الروث (متوسط إنتاج 6 أو 7 أبقار في رجane دائمة) و175 لترا من الماء.
- أن تكون الموارد المالية متوفرة، سواء كانت في شكل قروض أو مساعدات أو مدخلات.
- أن يكون الغاز الأحيائي قادرا على تعويض جزء أو كافة احتياجات المزرعة من الطاقة.

فمثلا، تستطيع مهضمة بحجم 20 مترا مكعبا من تغطية الاحتياجات اليومية من الطاقة (طبخ الطعام) لعائلة مكونة من 10 أفراد.

- أن يتقبل المستخدمون بملء إرادتهم التجديد التقني والتغييرات الناتجة عن استعمال الروث (تقليم المهمضمات واستعمال الروث المهمضوم) والغاز الأحيائي (الطبخ، الإنارة، احتطاب أقل،...).
- أن يكون المستخدمون قادرين على استخدام الأجهزة المستخدمة في الغاز الأحيائي والروث: يجب أن يكونوا واعين بقيمة النفايات عند تعریضها للهضم اللاهوائي.

الأدوات:

مسحة

حوض

منقلة

مجرفтан للرفسن

معولان

دلوبنا

فادن

مجصة

حبل (40 مترا)

مسوأة

منشار معادن
ديكامتر

خرطوم شفاف (25 متر)

صندوق الخلط

قالب طوب
قالب غطاء

قصباتان للقياس

• خلط الخرسانة والملاط

يُعد 1 متر مكعب من الخرسانة من 350 كلغ من الأسمنت، و400 لتر من الرمل، و800 لتر من الحصى. إذا، لكل كيس إسمنت (50 كلغ)، يجب إضافة 57 لترا من الرمل و 114 لترا من الحصى.

من أجل بناء قوالب من الخرسانة، يجب أن يكون الحصى صغيرا (من الأفضل، مهروسا) بقطر لا يتعدى 15 ملم.

ويُعد 1 متر مكعب من الملاط من 400 كلغ من الأسمنت و 1000 لتر من الرمل. إذا، لكل كيس إسمنت، يجب إضافة 125 لترا من الرمل.

ومن أجل خلط الخرسانة أو الملاط جيدا، يفضل استعمال صندوق من الخشب يسع 28,5 لترا.

1 متر \times 0,285 متر \times 0,25 متر). انظر الشكل 1

وعليه، لكل كيس إسمنت، يجب إضافة:

- 2 كيسين من الرمل و4 أكياس من الحصى لتحضير الخرسانة.
- 44 كيسا من الرمل لتحضير الملاط.

وكلقاعدة عامة، لا يجب أن تكون الخرسانة أو الملاط سائلين جدا، كما أن المساحات المراد تغطيتها بهما يجب أن تكون مبللة جيدا.

• صنع قوالب الخرسانة أو "الطوب"

يقوم البناء أو عمال المزرعة بصنع قوالب الخرسانة (20 سم × 10 سم × 7 سم) في عين المكان بواسطة قوالب معدنية بأبعاد متماثلة لها مقبضين، وتم تركيبها عند أقرب حداد في المنطقة. يمكن تلحيم أربعة قوالب مجموعة للإسراع في وتيرة صنع الطوب (الشكل 2). يجب أن تكون الخرسانة مبللة ومكثفة جيداً في القوالب بواسطة لوح خشبي. أما الأرض، فيجب أن تكون مرملة. وأثناء عملية التجفيف، يجب تبلييل الطوب لتقادي تقته. يتطلب بناء مهضمة بحجم 20 متراً مكعباً حوالي 2255 طوبة. ويمكن لعامل واحد أن يصنع أزيد من 500 طوبة في اليوم.

• اختيار مكان المهضمة

من أجل تقليل النفقات وتسهيل العملية، يجب أن تكون المهضمة:

- قريبة من مصدر المواد العضوية (الإسطبل)
- قريبة من مكان استهلاك الغاز الأحيائي (المطبخ)
- قريبة من مصدر مائي.

تكون المنشأة قد أنجزت في المكان الأمثل، حين تكون:

موصلة بالإسطبل بواسطة شبكة جاذبة.

موجودة وسط حقول السباحة

على أرض سهلة الحرث وجافة

• دليل البناء

يفضل قدر المستطاع بناء مجرى (20 سم × 30 سم، زاوية انحدار 2%) مغطى ببلاطة لتوصيل روث وبول البهائم إلى مدخل المهضمة.

على مكان وصول الروث (محور قاع المجرى)، يثبت حبل بشكل أفقي على ارتفاع 103 سم (الشكلين 3 و5).

يكون اتجاه المحور الطولي للمهضمة تابعاً لموضع خروج السوائل المتدفقه التي من الأفضل أن تسيل عن طريق الجاذبية في فناة سقي أو وسط الحقول.

يوضع على هذا المحور منقاط على بعد 10 أمتار من الأول ويثبت حبل أفقي تماماً بينهما (الشكل 4).

يُعلم الحبل (بقلم ملون) على بعد 4,5 متر من المنقط الأول وعلى المحور الطولي لتوضيح مركز حوض المهضمة. يثبت حبل متعمد مع المحور على منقاطين متبعدين بـ 2,60 متراً عن بعضهما وعن المحور.

يُعلم مركز حوض التوسيع على بعد 8,05 أمتار ويثبت حبل متعامد مع المركز على منقاطين متباينتين بـ 2,60 مترا عن بعضهما وعن المحور.

يلزم 30 مترا من الحبال في المجموع و 6 أوتاد خشبية. ويجب أن يثبت الحبل دائماً بشكل أفقى تماماً على الأوتاد، كما أنه سوف يكون بمثابة مرجع تصميمي طوال مدة البناء.

ملاحظة: يمكن تحديد الأبعاد الأفقية بواسطة مسواة ولوح خشبي، أو من الأفضل بواسطة خرطوم بلاستيكي شفاف (قطر: 8 أو 10 ملم) مملوء بالماء (بدون فقاعات). انظر الشكل 4

تحديد مركز حوض المهمضمة على الأرض بواسطة فادن يوضع عند تقاطع الحبال.
يثبت منقاط صغير وتسطر دائرة بشعاع 2,25 مترا بوضوح (إما بالجير أو بخط محفور)
يحرف حوض المهمضمة على عمق 2,98 مترا من خط المرجع. (الشكل 5)

- يوجد مركز حوض التوسيع في محور المدخل ومركز المهمضمة. تسطر دائرة بشعاع 1,47 مترا ويحرف على عمق 1,75 مترا (نسبة إلى خط المرجع).
- تحفر حفرة مستطيلة الشكل، انطلاقاً من محور مركز المهمضمة ونسبة إلى مدخلها، بعمق 1,85 مترا (انطلاقاً من جانب الحفرة المركزية) \times 0,90 مترا وبعمق 1,18 مترا (نسبة إلى خط المرجع).
- انطلاقاً من مركز المهمضمة (المحدد بواسطة الفادن انطلاقاً من مركز الحبال)، تسطر في قاع الحفرة دائرة بشعاع 2,25 مترا (بواسطة حبل وتد).
- يوضع على حافة هذه الدائرة مساماران كبيران متقابلان، يربطهما حبل لتشكيل قطر الدائرة.
- يزاح اللود المركزي بعد أن يُعلَّم مركز قاع الحوض على الحبل.
- تحفر الأرض على عمق 27 سم على حافة الدائرة وعلى عمق 1,12 مترا في المركز. يجب أن يكون عمق الحفرة على بعد مترا واحد من المركز 0,94 مترا (الشكل 6).
- يوضع الدبش المملط (حجارة) على الحافة بسمك 20 سم.
- في المركز، توضع الخرسانة بسمك 7 سم (مع تكديس الخرسانة جيداً بين الدبش) ليغطي دائرة قطرها 0,5 متر. ثم يُسحب الحبل.
- يُرفع جدار مؤقت بسمك لبنتين (بشكل متشابك) مع قليل من الملاط حتى يصل إلى منتصف قبة الحوض (المحدد بواسطة الفادن). الشكل 7. ثم يوضع مسامار بطول أكبر من 10 سم (بالمقلوب) في الملاط بين آخر لبنتين. يجب أن يكون المركز في قاعدة المسamar تماماً.
- من أجل بناء جدار دائري من الطوب، تصنع قصبة صلبة من الخشب كما هو مبين أسفله:
 - القطر: 30-40 ملم

- الطول: 2,10 متر

- تقطع إحدى الحافتين بشكل دائري ثم تغطى بخيط أو ما شابهه (تفاديا لانقاص الخشب فيما بعد). يحفر شق عمودي يسع مسمارا في هذه الجهة.

- في قعر الحوض، تدفق الخرسانة بسمك 7 سم على الدبش. وفي نفس الوقت، يوضع أول صف من الطوب على خط طول النقطة المركزية بمساعدة قصبة القياس. تُغرز الطوبة بعمق 3 سم في الخرسانة، ويملء الفاصل بين الطوب بالملاط جيدا.

يبلل الطوب جيدا قبل وضعه في مكانه. (الشكل 9)

يوضع الطوب أفقيا على جانب السمك * الطول. وتكون قصبة القياس الموضوعة في منتصف طول الطوبة متعدمة معها. ويكون أعلى الطوبة دائما موازيا للقصبة. يجب إنهاء كل صف دائري من الطوب قبل البدء في الصف الموالى.

- بناء صف ثان من الطوب بفواصل متباينة عن سواها في الصف الأول. لا يجب أن تتجاوز فوائل الملاط 1 سم. يوضع خلف صفي الطوب سوار متماسك من الخرسانة.

- بناء صف ثالث من الطوب. (الشكل 10)

- يوضع أنبوب (قطر: 300 ملم، طول 1,50 متر)، في محور مركز المهمضمة وحوض التوسيع، على 30 سم فوق قاعدة الصف الأول من الطوب (أو على بعد 2,68 سم من خط المرجع).

يجب أن يكون الأنبوب مدھونا مسبقا بطبقتين من ماء الأسمنت.

يجب حفر خندق بقطر 50 سم مسبقا بزاوية 53 درجة لكي يكون الأنبوب بعيدا (من أقرب نقطة) بـ 90 سم عن مركز حوض التوسيع. يملء جوار الأنبوب بترابة رقيقة أو الرمل. يفرغ الملاط بين الطوب والأنبوب.

توضع الخرسانة بين جدار الطوب و حاجز الحفرة من أجل وضع الأنبوب. يثبت الأنبوب جيدا إلى الأرض بمساعدة حبل ولوح خشبي (الشكل 11).

- تُسطر دائرة بشعاع 1,47 متر انتلاقا من مركز حوض التوسيع. توضع على هذه الدائرة طبقة بسمك 5 سم من الدبش. ثم توضع طبقة بسمك 10 سم من الخرسانة التي يجب أن تملأ الفراغات بين الأحجار جيدا. (الشكل 12)

يكون سطح طبقة الخرسانة على ارتفاع 1,60 متر من خط المرجع.

- يوضع الصfan الرابع والخامس من طوب جدار الحوض المركزي.

- يوضع أنبوب من الخرسانة (قطر: 200 ملم، طول: 1,5 متر)، بين المدخل ومركز المهضمة، بعلو حوالي 0,93 متر فوق قاعدة الصف الأول من الطوب (أو 2,06 متر عن خط المرجع).

يجب أن يكون هذا الأنابيب أيضاً قد سبق طليه مسبقاً. توضع الخرسانة تحت الأنابيب ويوصل هذا الأخير بالطوب بواسطة الملاط. يحفر خندق بقطر 40 سم وبزاوية 50 درجة لكي يكون الأنابيب بعيداً (من بعد نقطة) عن مركز المهضمة بـ 270 سم. (الشكل 13)
يثبت الأنابيب في مكانه بحبل ولوح خشبي لمدة يومين، ويحاط بالرمل أو التربة الرقيقة.

- توضع طبقة من الدبش (5 سم) على بعد 2,32 متراً من مركز المهضمة، بطول 1,85 متراً وعرض 0,90 متراً، ثم تصفف الخرسانة بسمك 10 سم، مع ضمان زاوية انحدار من 3 درجات باتجاه الأنابيب (3 سم لكل متر واحد).

- يردم الفضاء الموجود بين جدار الطوب والوحوض المركزي وحاجز الحفرة بالتراب (يوضع بطبقات رقيقة) ثم يكبس بقوة بواسطة هراوة أو مطرقة كبيرة، مع رمي المكان من حين لآخر.

- يوضع طوق من الملاط على موضع الأنابيب في جدار الطوب. يردم الفراغ ثم يكبس. (الشكل 14)

- تضاف صفوف الطوب إلى أن نحصل على فجوة في الأعلى بقطر 65 سم.
بالنسبة للصفوف الأخيرة، يكون استعمال ثقالات موازنة ضرورياً من أجل إمساك أول طوبة في الصف وما قبل الأخيرة التي وضعت للتو. تساعد قصبة القياس في إمساك الطوبة عند وضعها. وعندما تصبح الفواصل أكثر اتساعاً (بسبب انحناء الطوب) يمكن توسيع الزوايا الداخلية.

يصبح رص الصفوف الأخيرة أكثر سهولة من خارج المهضمة.

- يأخذ حبل بطول 1 متر واحد مثقل (بحجر صغير) ابتداءً من وسط المهضمة (عقدة الحبل فوق المهضمة).

- يوضع صافان عموديان من الطوب (الطوق) فوق قبة المهضمة، وتكون جهة العرض السماكي في مواجهة مركز الدائرة وعلى بعد 28 سم.
توسيع الزوايا الداخلية للطوب.

- يضاف الملاط خلف الطوب من أجل وصل قبة المهضمة بالطوق. (الشكل 15)

- يوضع صف عمودي ثالث من الطوب، وتكون جهة العرض السلك في مواجهة مركز الدائرة وعلى بعد 34 سم.

- توضع آخر 8 صفوف من الطوب (توضع في نفس شكل التي سبقتها) وعلى بعد 37 سم.
- من الضروري الحصول على قالب لصنع غطاء للمهضمة. ويصنع هذا القالب في ورشة انطلاقاً من صفيحة مسطحة كما هو مبين في الشكل 16.

تطوى الصفيحة وتلحم قطعة قطعة (لحام سطحي) من أجل الحصول على قالب مخروطي الشكل. ثم يضاف مقبضان إليه.

- تدفق الخرسانة وسط القالب بسمك 15 سم. ثم توضع طبقات من حديد الخرسانة (مربوطتان) من أجل تقوية الخرسانة. يضاف مقبضان يخرجان من جانبي الغطاء ويُشَدَّان إلى حديد الخرسانة. يوضع أنبوب مزنك (1/2 بوصة في القطر و37 سم في الطول) عمودياً في مركز الغطاء. تلحم حلقة من الصفيح بالأنبوب (على بعد 5 سم من قاعده) لكي يثبت جيداً في الخرسانة. (الشكل 17)

تُعلم خرسانة الغطاء بخط مقابل لأحد المقبضين (يكون دوره معلماً).

- يغزِّر مسمار بطول 5 أو 6 سم في مركز حوض التوسيع.

- تُعد قصبة قياس بطول 1,37 متراً كما في السابق، ولكن بشعاع 1,30 متراً (المسافة بين الشق والمسمار).

يمكن إعادة استعمال القصبة الأولى التي استخدمت في بناء قبة المهضمة.

- ترص صفوف الطوب كما في حوض المهضمة. يردم الفراغ وتتدس التربة المرملة بين الجدران وحاجز الحفرة إلى حدود الصف الرابع من الطوب.

- تُصنَع قناة لخروج السوائل (بعمق 20 سم وعرض 30 سم وزاوية انحدار من 3%) عند صف الطوب الرابع، بارتفاع 47 سم عن قعر الحوض (و 1,13 متر عن خط المرجع) وفي محور مركز المهضمة وحوض التوسيع.

تقود هذه القناة السوائل إلى حفرة، أو إلى الحقول أو إلى قناة للري.

- يواصل البناء إلى غاية الحصول عند مركز القبة على فجوة دائرية قطرها 60 سم. يجب أن تكون هذه الفجوة تماماً في محور أنبوب مخرج الحوض المركزي. (الشكل 18)

- بناء جدار (من الطوب) حوض التلقيم:

• جدار بعلو 40 سم وطول 40 سم من جانب المهضمة وحاجز بين بعلو 40 سم وطول 85 سم.

• ٤ حواجز من 70 سم في الجانب و 70 سم في العلو في مقابل الحاجزين السابقين. سماكة الحواجز: 10 سم.

• يوضع ثقب من 10 سم بين الحاجزين على قاعدة الحوض. ثم يوضع سياج تباعد من 2 سم.

إذا كان من المتوقع وجود تدفق مباشر من الإسطبل، يمكن ربط أنبوب (بقطر 30 سم وزاوية انحدار 3%) أو قناة عند مدخل الحوض الأول. (الشكل 19)

- يمرر طلاء (ملاط + 1 كلغ من السيكاليليت لكل 50 كلغ من الأسمنت) في الحوض центральный للمهضمة على كافة السطوح، بما في ذلك القعر (طبقة بسمك 1 سم)، بعد تبليلها جيدا.

- نزع قالب عن الغطاء. يوضع 2 سم من الطلاء في الطوق (فيما بعد سيصبح الغطاء) ويشكل المخروط الذي سيسقبل الغطاء، بفضل قالبه. ثم تصنع درجة من 5 سم عند مكان قمة الغطاء. يعلم موقع هذه الأخيرة على الدرجة بأحد مقبضي قالب.

- يوضع الطلاء على الحواجز (الداخلية والخارجية) فوق الغطاء.

- توضع في نفس اليوم طبقة ثانية من الطلاء بسمك 1 سم على كافة السطوح.

- توضع طبقتان من ماء الأسمنت من الجزء العلوي في القبة (فوق مستوى الأنابيب) وحتى مستوى الغطاء. (بواسطة 1 كلغ من السيكاليليت لكل 50 كلغ من الأسمنت).

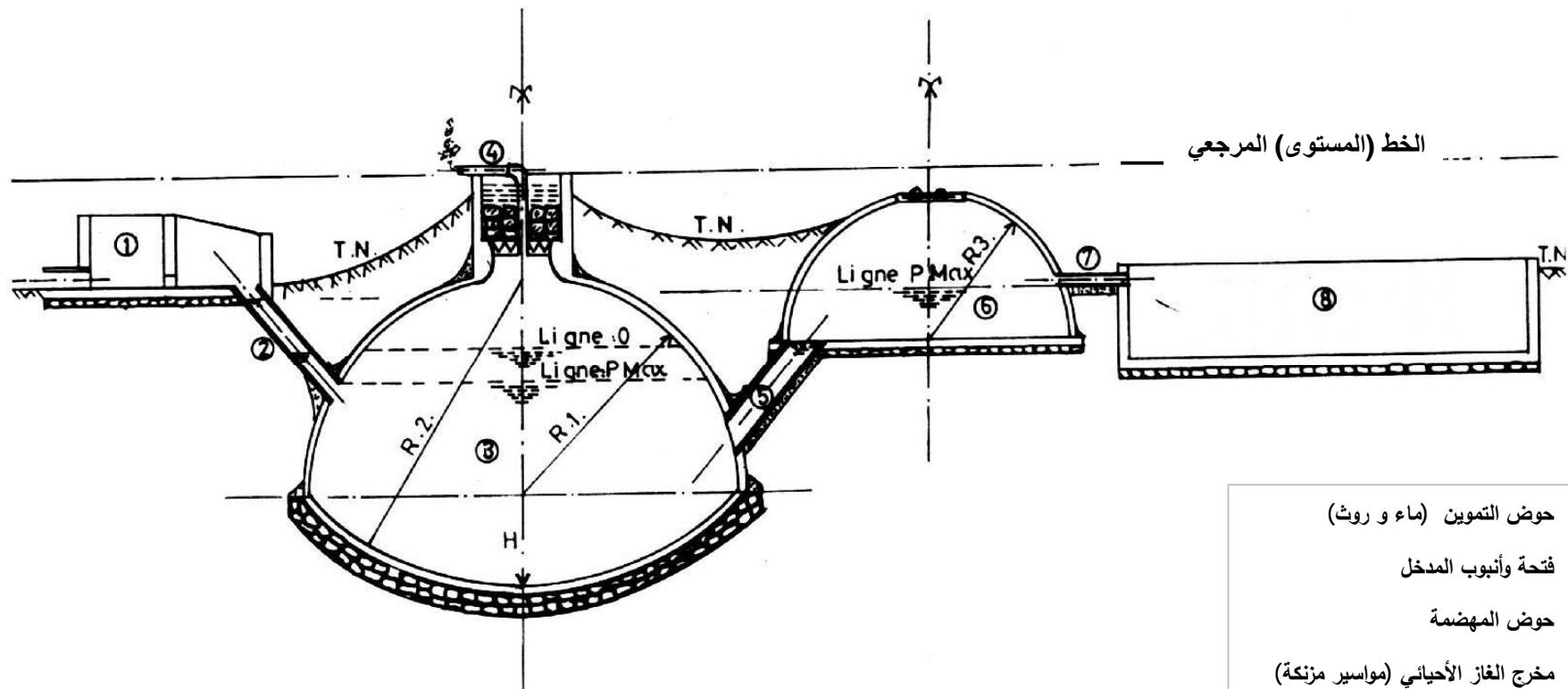
تُمرّر أيضاً 3 طبقات من القطران (FLINTKOTE) على تلك الطبقة العلوية حين تكون جافة، وذلك إلى غاية تغطية الطوق فوق الغطاء.

- توضع طبقة من الطلاء بسمك 1,5 سم وماء الأسمنت في النهاية على حوض التلقييم وحوض التوسيع. ويوضع الملاط في قعر حوض التوسيع بشكل تكون فيه زاوية الانحدار 2% باتجاه الأنبوب.

- تردم المهضمة بطبقات متتابعة من التراب المرمل بسمك 30 سم المسقى والمكدس بشكل كاف.

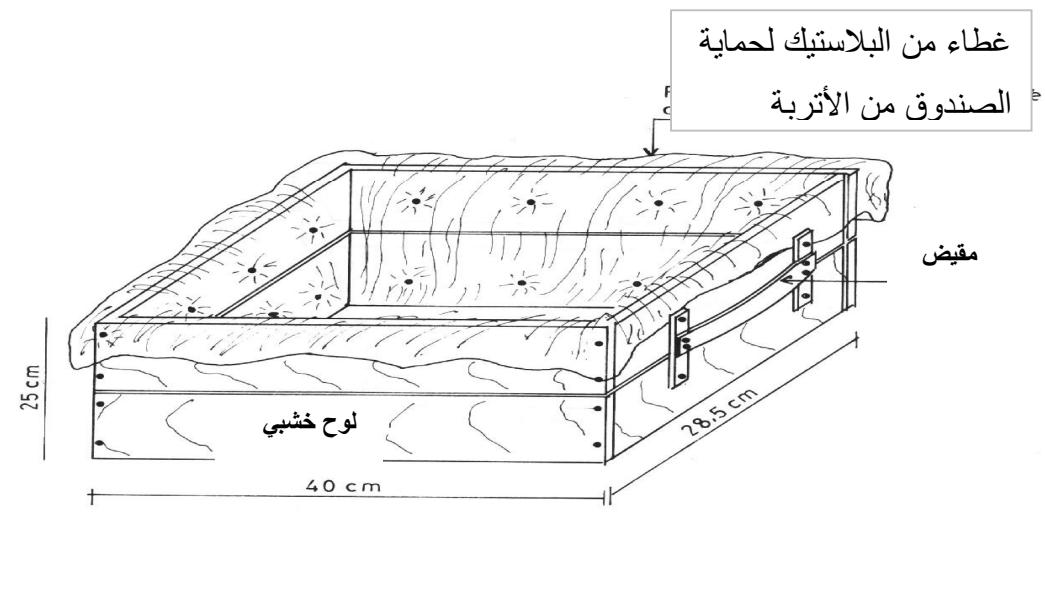
- يوضع الغطاء على طبقة من الصلصال بسمك 2 سم. تكون هذه الأخيرة مخلطة بقليل من الجير والأسمنت والماء من أجل تشكيل عجين دهنی. تسوى بشكل متناسق على مخروط الغطاء. يوضع الدبش فوق الغطاء ويسكب الماء بسمك 50 سم. ثم يملاً بزيت التفريغ تفادياً لتتسرّب الماء. (الشكل 21)

مقطع لمهضمة من نوع "بوردا" بحجم 20 مترا مكعبا

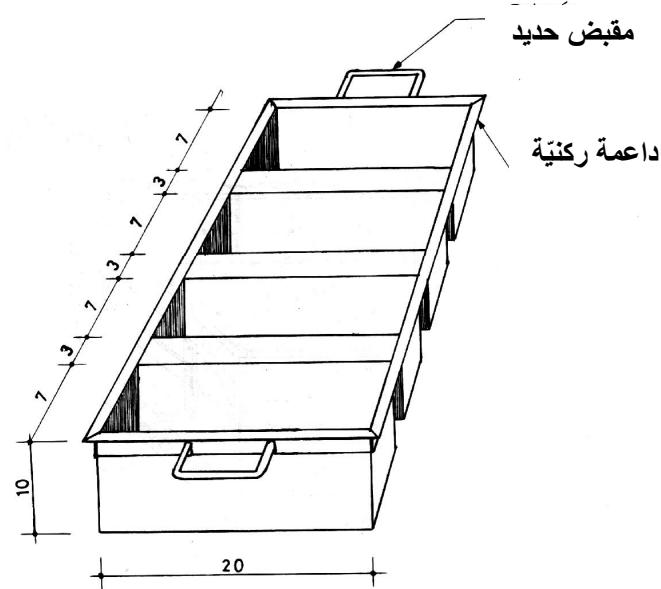


- 1- حوض التموين (ماء و روث)
- 2- فتحة وأنبوب المدخل
- 3- حوض المهضمة
- 4- مخرج الغاز الأحيائي (مواسير مزinkle)
- 5- أنبوب المخرج
- 6- حوض التوسيع (أو التعويض)
- 7- أنبوب صرف الشوائب المنتفقة
- 8- حفرة لتخزين السوائل

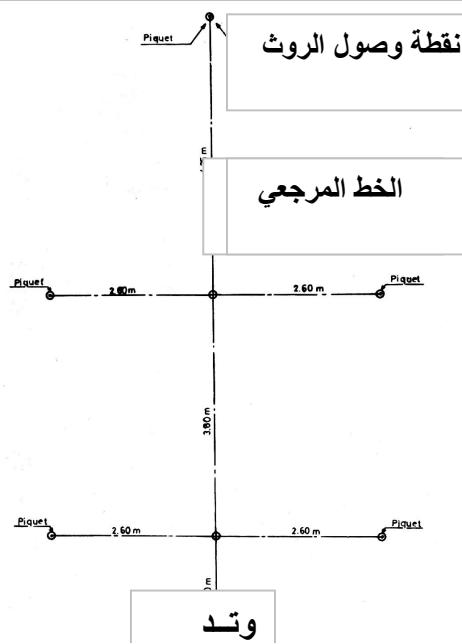
الشكل 1: صندوق خلط الخرسانة



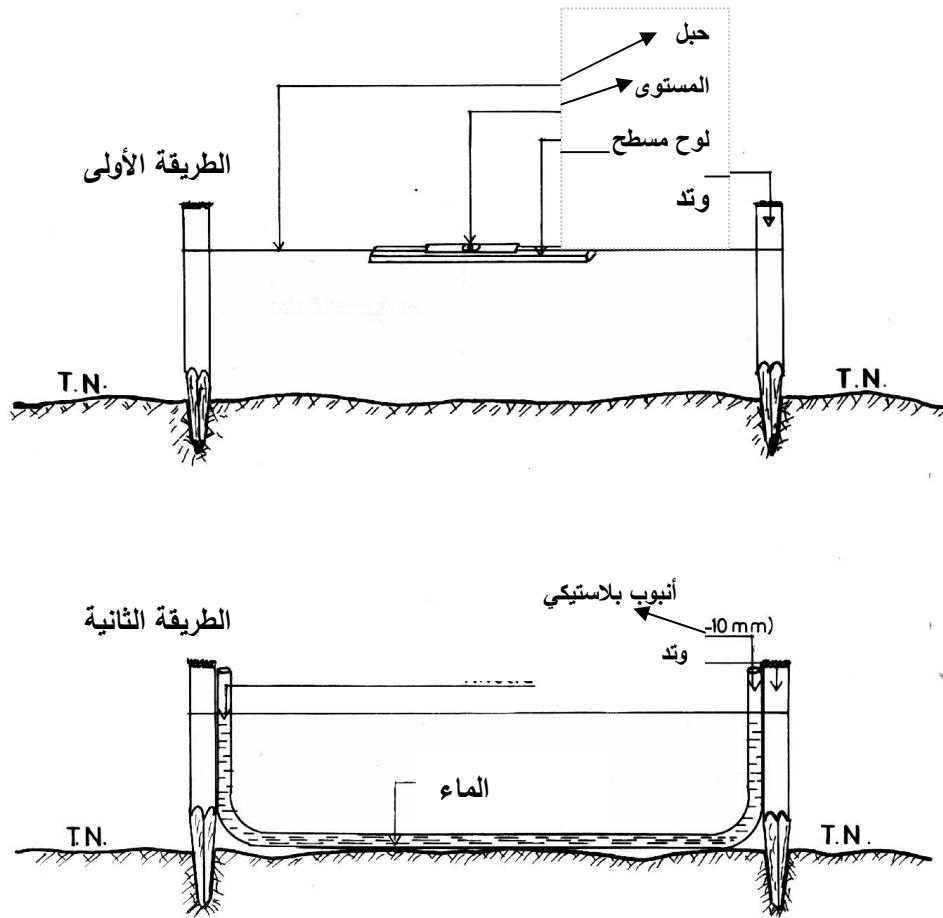
الشكل 2: قوالب للطوب



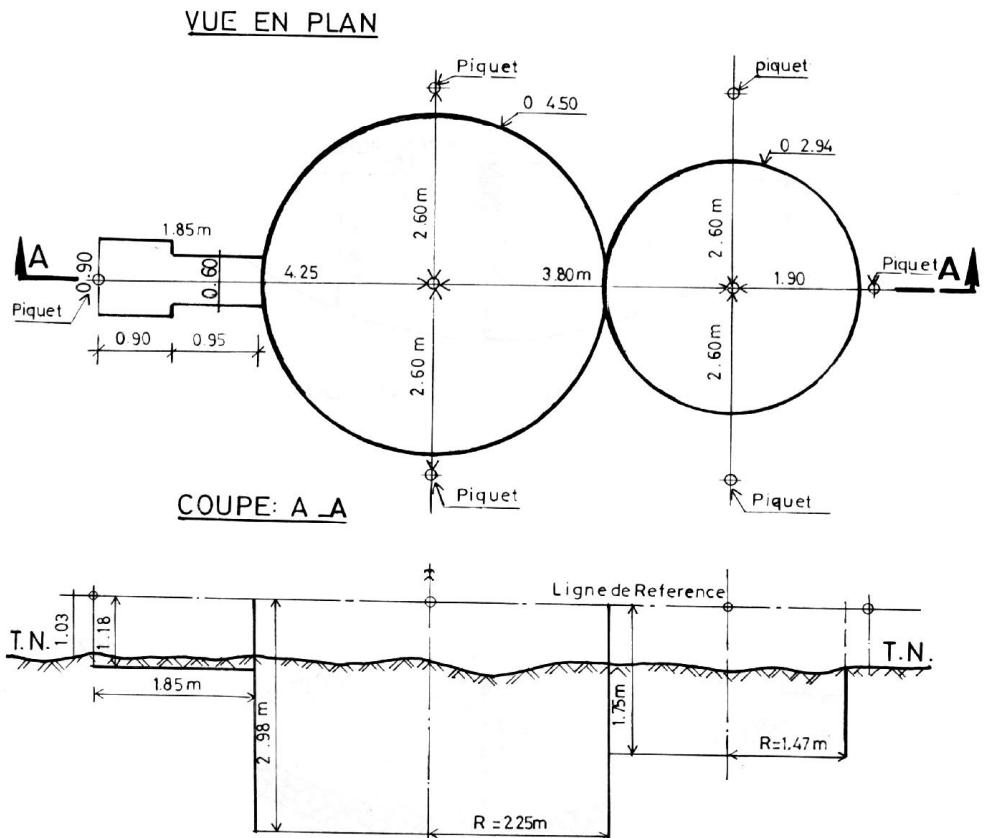
الشكل 3: إنشاء المهمضة



الشكل 4: التصاميم الأفقية



الشكل 5: تصميم الحفر



مركز

centre

ligne de référence

خط المرجع

fil à plomb

فادن

corde

حبل

clou de 12

مسمار من عيار 12

centre marqué

مركز معلم

الشكل 6: حفرة قعر حوض المهمضة

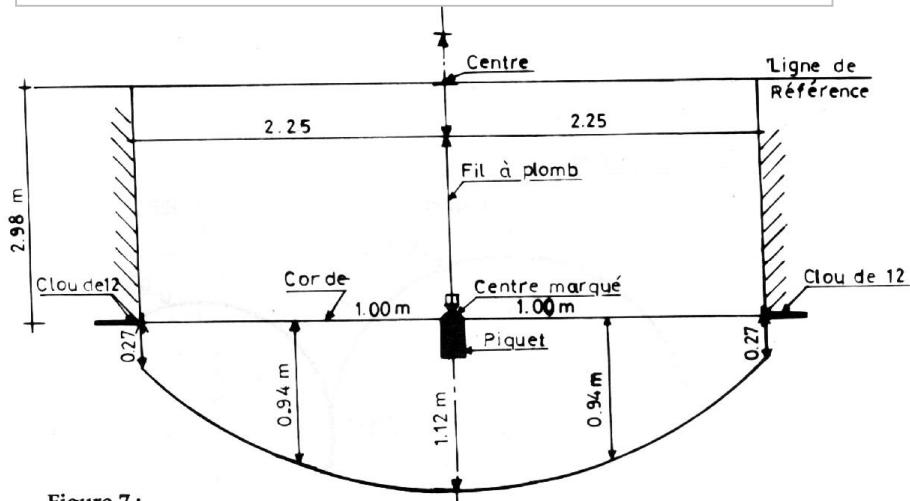
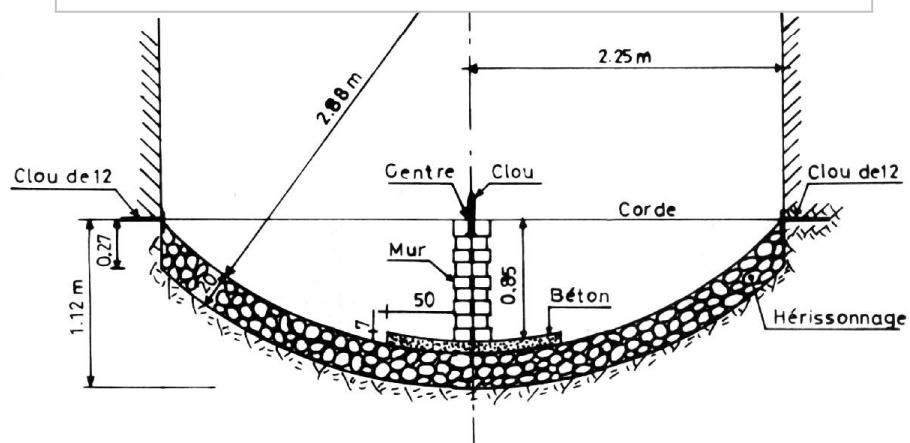


Figure 7 :

الشكل 7: أرضية الأساس ومركز حوض المهمضة



clou de 12

مسمار من عيار 12

centre

مركز

corde

حبل

béton

خرسانة

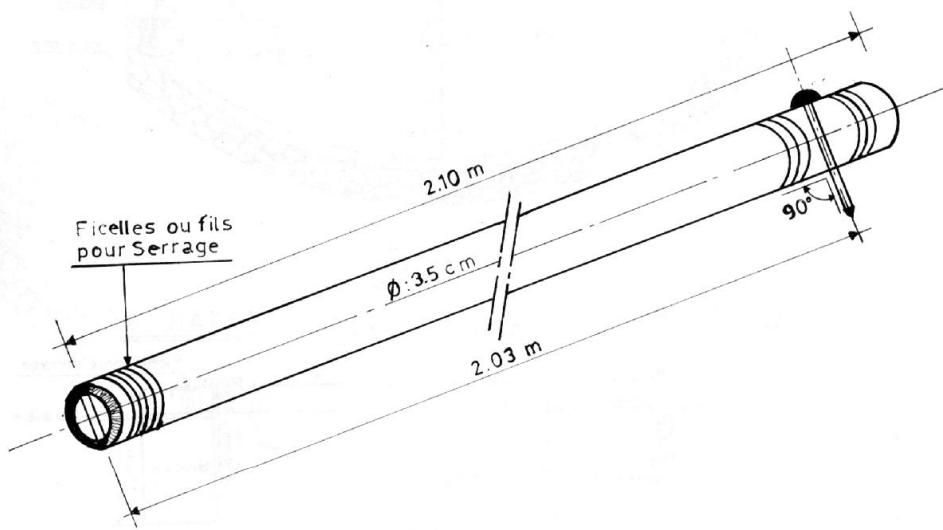
hérissonnage

تمليط بالدبس

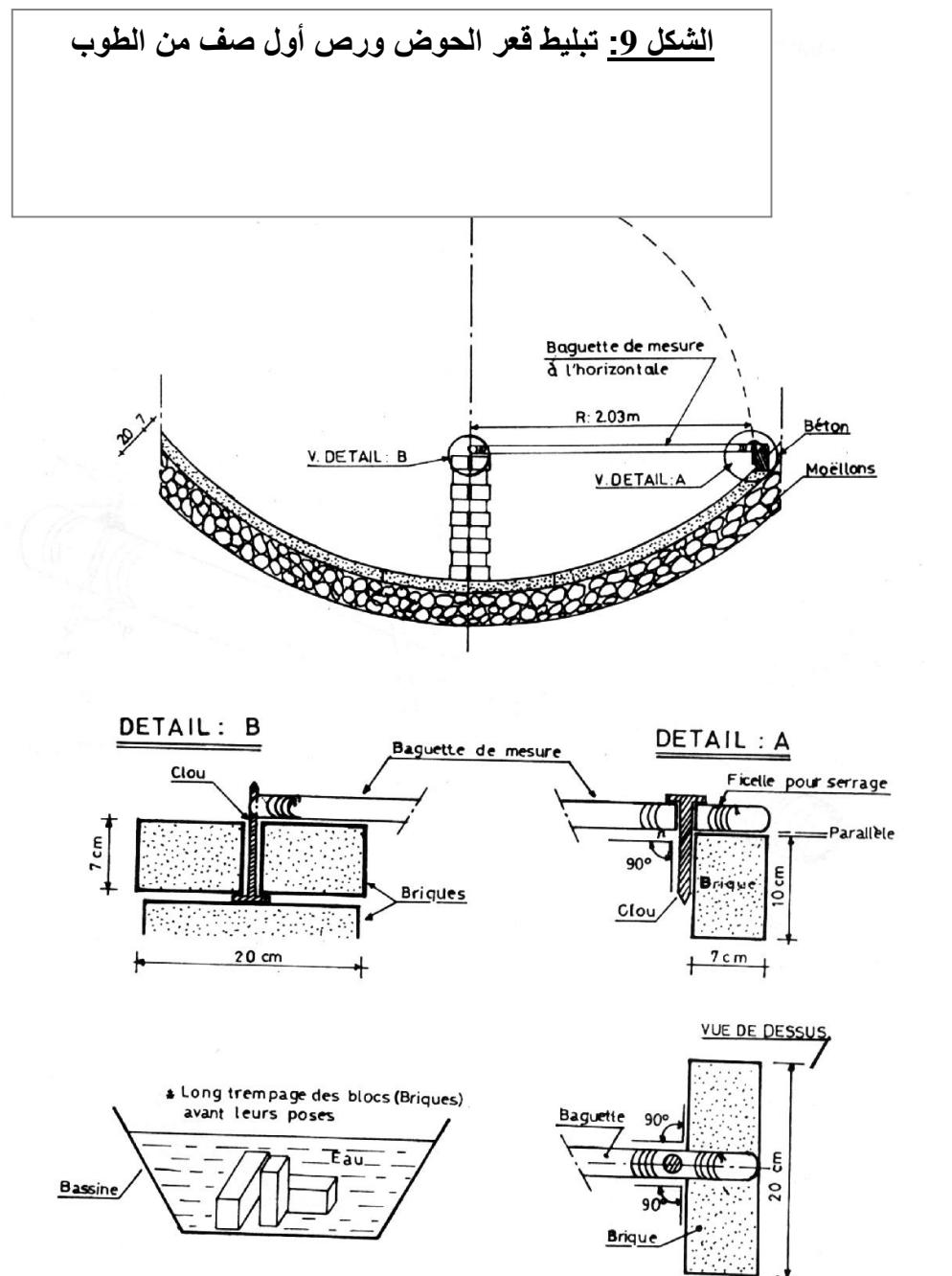
mur

جدار

الشكل 8: قصبة القياس



الشكل 9: تبليط قعر الحوض ورص أول صف من الطوب



baguette de mesure à l'horizontale

قصبة القياس أفقية

R : 2,30 m

شاع 2,30 متر

béton

خرسانة

moellons

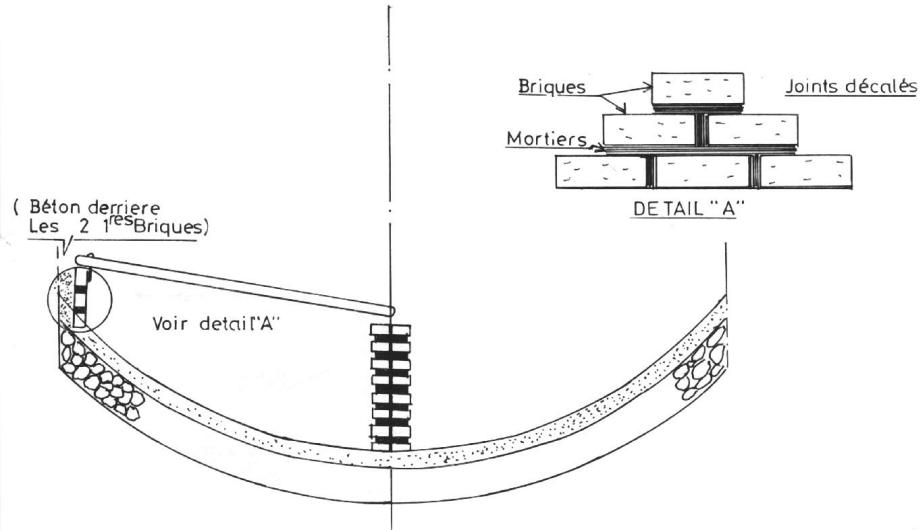
دبش

V. Détail A, B

انظر الرسم التفصيلي أ، ب

| | |
|---|----------------------------------|
| détail A | رسم تفصيلي أ |
| ficelle pour serrage | خيط للشد |
| parallèle | موازية |
| clou | مسمار |
| brique | طوبية |
| détail B | رسم تفصيلي ب |
| baguette de mesure | قصبة القياس |
| | |
| vue de dessus | منظر علوي |
| baguette | قصبة |
| brique | طوبية |
| | |
| long trempage des blocs (briques) avant... | تبلييل طويل للطوب قبل رصه |
| bassine | حوض |
| eau | ماء |

الشكل 10: رص الصفوف الثلاثة الأولى من الطوب



briques

طوب

joints décalés

فواصل متباينة

mortiers

ملاط

Détail A

رسم تفصيلي "أ"

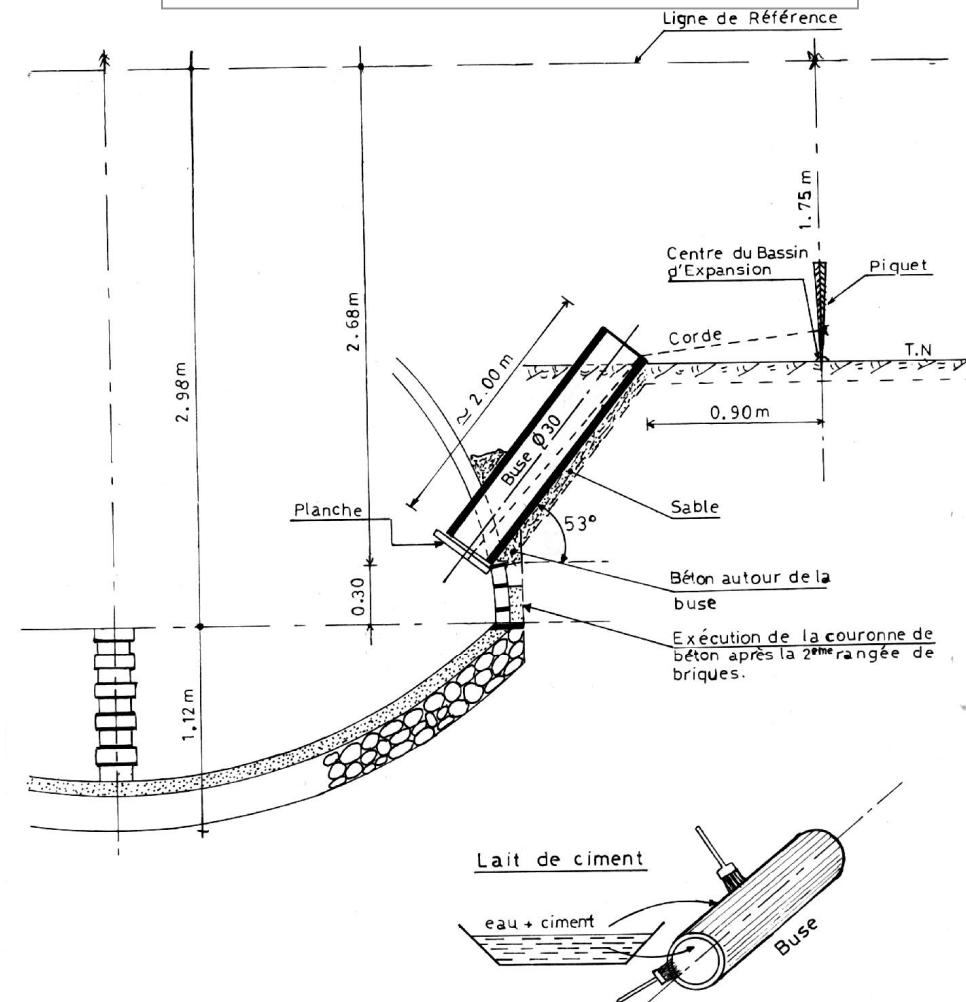
(béton derrière les 2 1^{ère} briques)

(خرسانة خلف الطوبتين الأوليين)

voir Détail A

انظر الرسم التفصيلي "أ"

الشكل 11: وضع أنبوب حوض التوسيع



ligne de référence

خط المرجع

centre du bassin d expansion

مركز حوض التوسيع

pique

وت

corde

حبل

sable

رمل

planche

لوح خشبي

béton autour de la buse

خرسانة حول الأنابيب

exécution de la couronne.. . صنع طوق من الخرسانة بعد الصف الثاني من الطوب

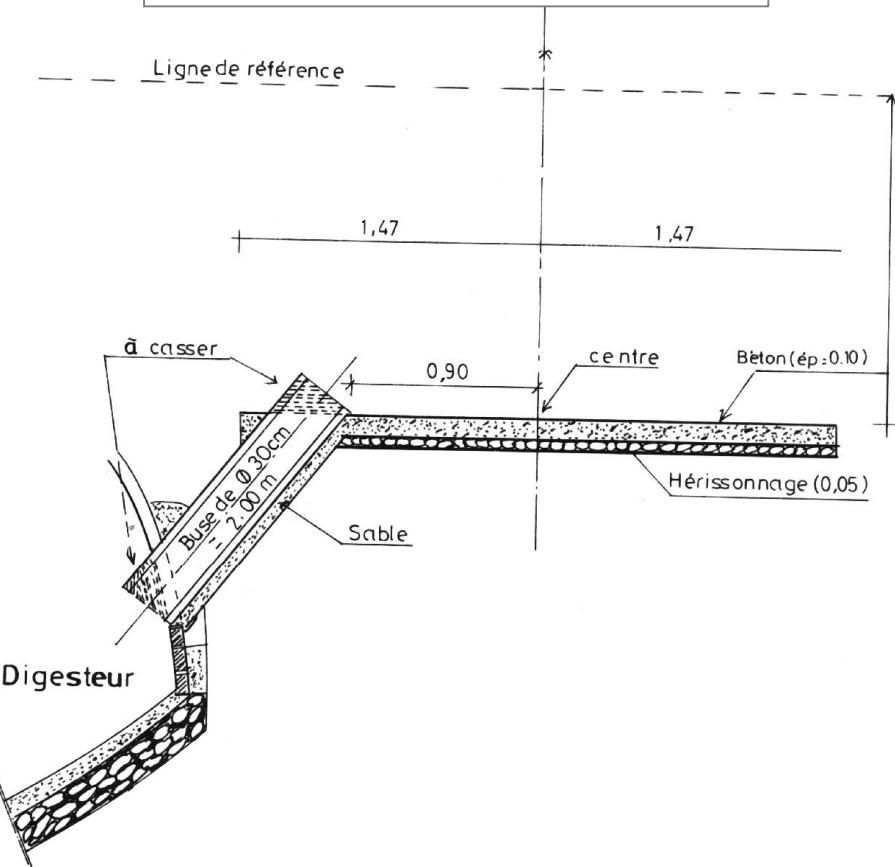
lait de ciment

ماء الأسمنت

eau + ciment

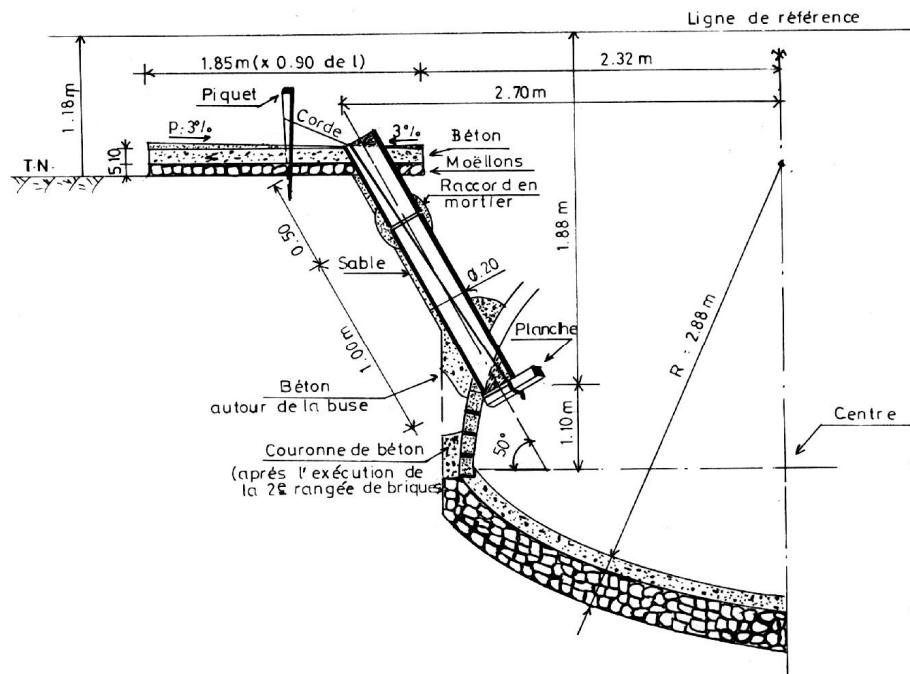
ماء + أسمنت

الشكل 12: أرضية أساس قعر حوض التوسيع



| | |
|------------------------------|-----------------------------|
| digesteur | مهضمة (هاضم) |
| ligne de référence | خط المرجع |
| à casser | تُكسر الحافتان (تُكسر) |
| buse de 30 cm, 2.00 m | أنبوب بقطر 30 سم وطول 2 متر |
| sable | رمل |
| centre | مركز |
| béton (ép. 0.10m) | خرسانة بسمك 0,10 متر |
| hérissonnage (0.05) | تمليط بالدبش (بسمك 0,05 م) |

الشكل 13: وضع أنبوب التلقيم وأرضية الأساس



ligne de référence

خط المرجع

pique

وتد

corde

حبل

béton

خرسانة

moellons

دبش

raccord en mortier

ربط بالملاط

sable

رمل

planche

لوح خشبي

béton autour de la buse

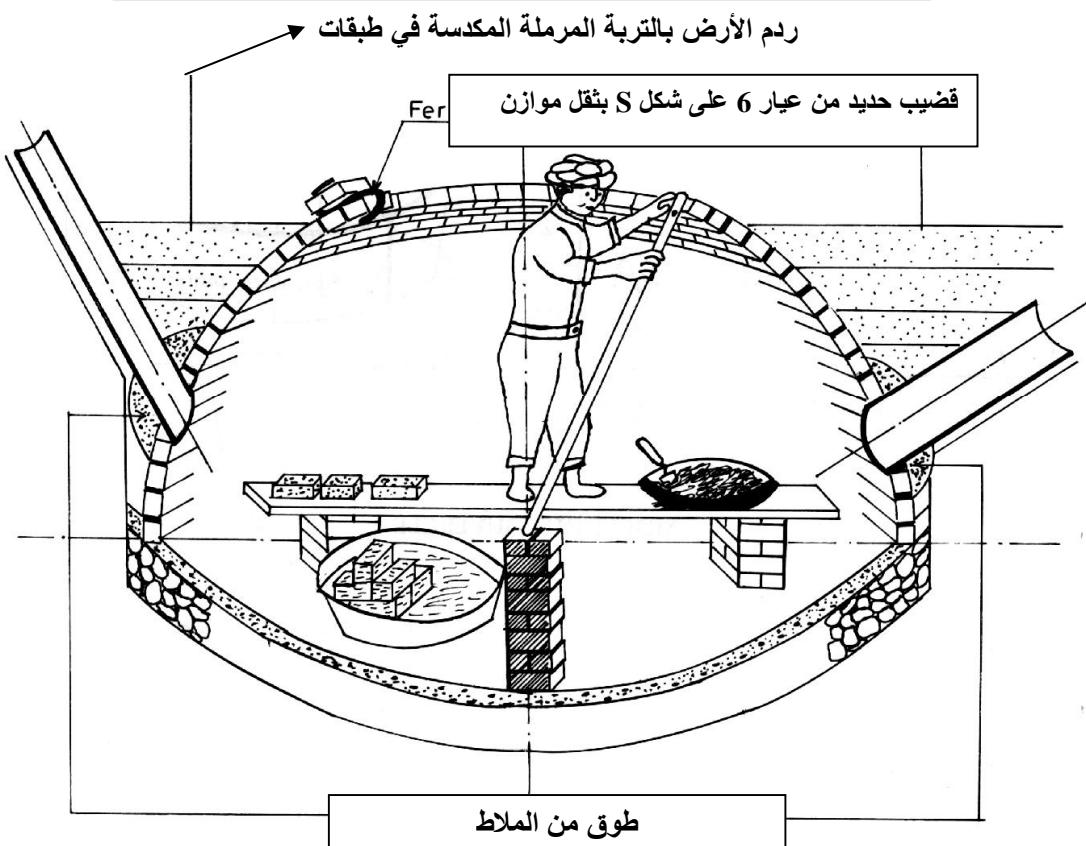
خرسانة حول الأنابيب

couronne de béton... (بعد رص الصف الثاني من الطوب)

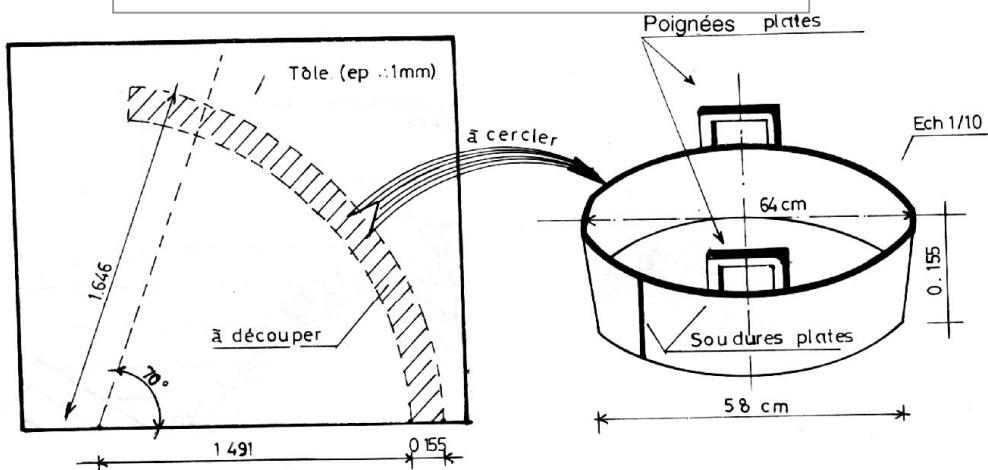
centre

مركز

الشكل 14: رص الصفوف العلوية من الطوب

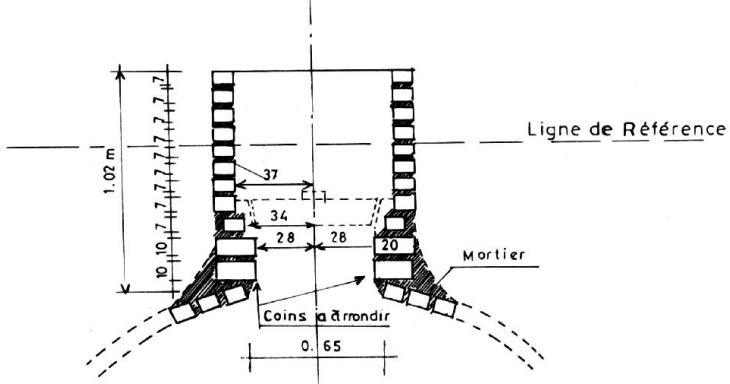


الشكل 15: صنع وعاء الغطاء



الشكل 16: قالب الغطاء

ECH: 1/25



tôle (ép. 1mm)

صفيحة (سمك 1 ملم)

à découper

جزء يقطع

à cercler

جزء يلف في شكل دائري

poignées plates

مقبضان مسطحان

ech 1/10

سلم 10\1

soudures plates

لحام سطحي

éch 1/25

الشكل 16: قالب الغطاء سلم 25\1

ligne de référence

خط المرجع

mortier

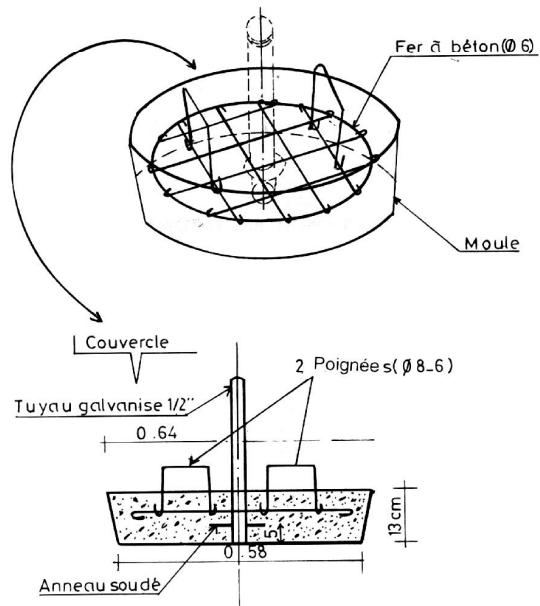
ملاط

coins à arrondir

زوايا تُملط بشكل دائري

الشكل 17: صنع غطاء المهمضة

ECH 1/10



ech 1/10

سلم 10\1

fer à béton 6

حديد لتفوية الخرسانة عيار 6

moule

قالب

couvercle

غطاء

2 poignées 8-6

مقبضان بقطر 8-6

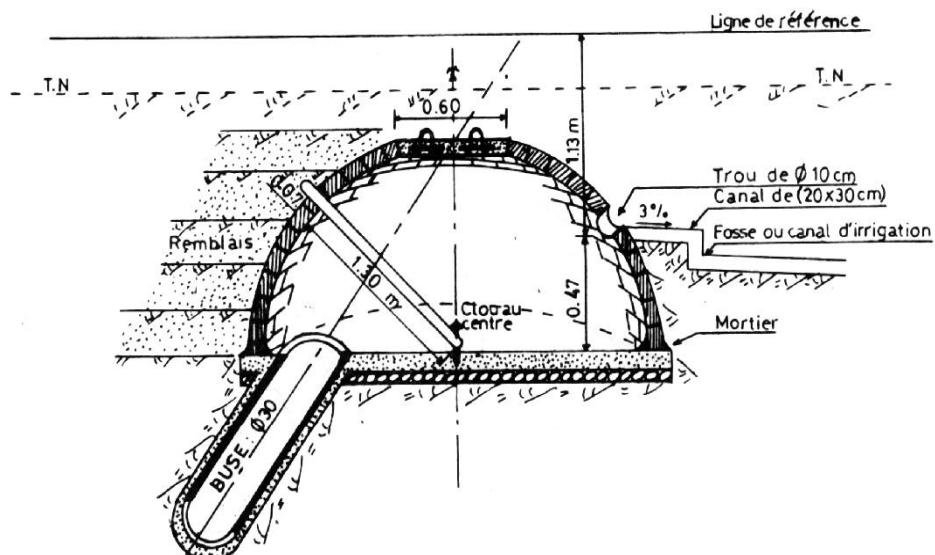
tuyau galvanisé 1/2"

أنبوب مزنك بقطر نصف بوصة

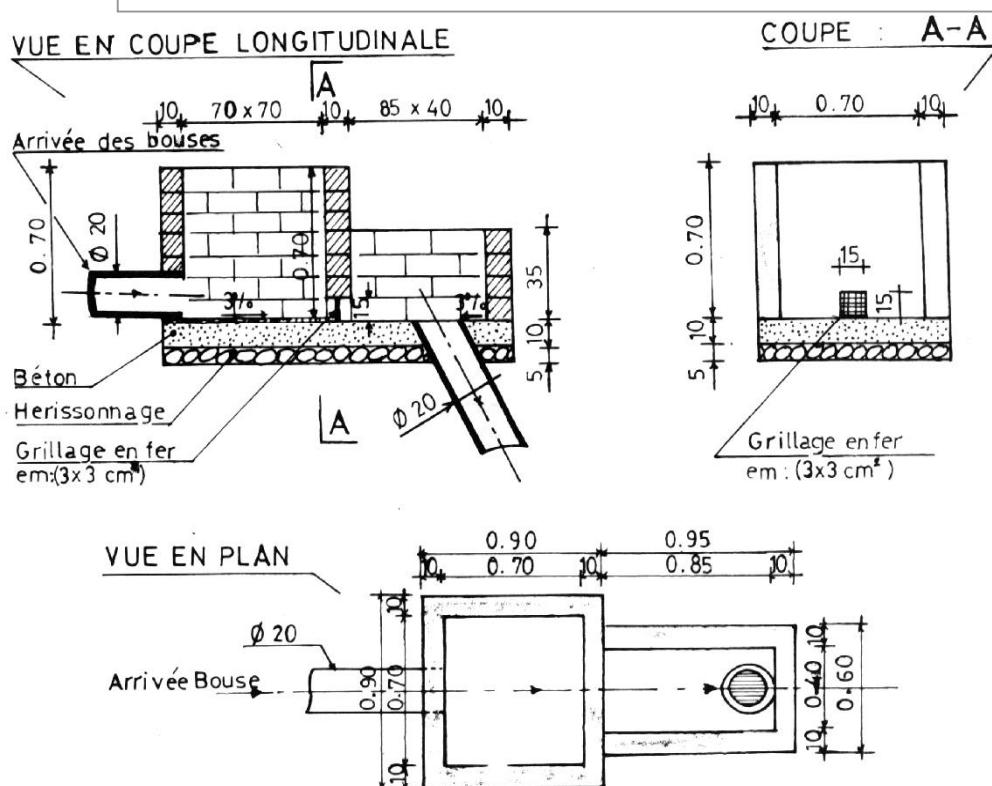
anneau soudé

حلقة ملحة

الشكل 18: بناء حوض التوسيع



الشكل 19: بناء حوض للتأقیم



| ligne de référence | خط المرجع (المستوى المرجعي) |
|-----------------------------|-----------------------------|
| remblais | ردم |
| buse de 30 cm | أنبوب بقطر 30 سم |
| clou au centre | مسمار في المركز |
| trou de 10 cm | ثقب بقطر 10 سم |
| canal de (20x30cm) | قناة من (30×20 سم) |
| fosse ou canal d irrigation | حفرة أو قناة للري |
| mortier | ملاط |

الشكل 19: بناء حوض للتأقیم

| <u>Vue en coupe longitudinale</u> | مقطع طولي |
|---|--|
| arrivée bouse | وصول الروث |
| béton | خرسانة |
| hérissonnage | تمليس بالدبش |
| grillage em ($3 \times 3\text{cm}^2$) | سياج حديدي ($3 \times 3\text{ سم مربع}$) |

Coupe A-A

مقطع أ

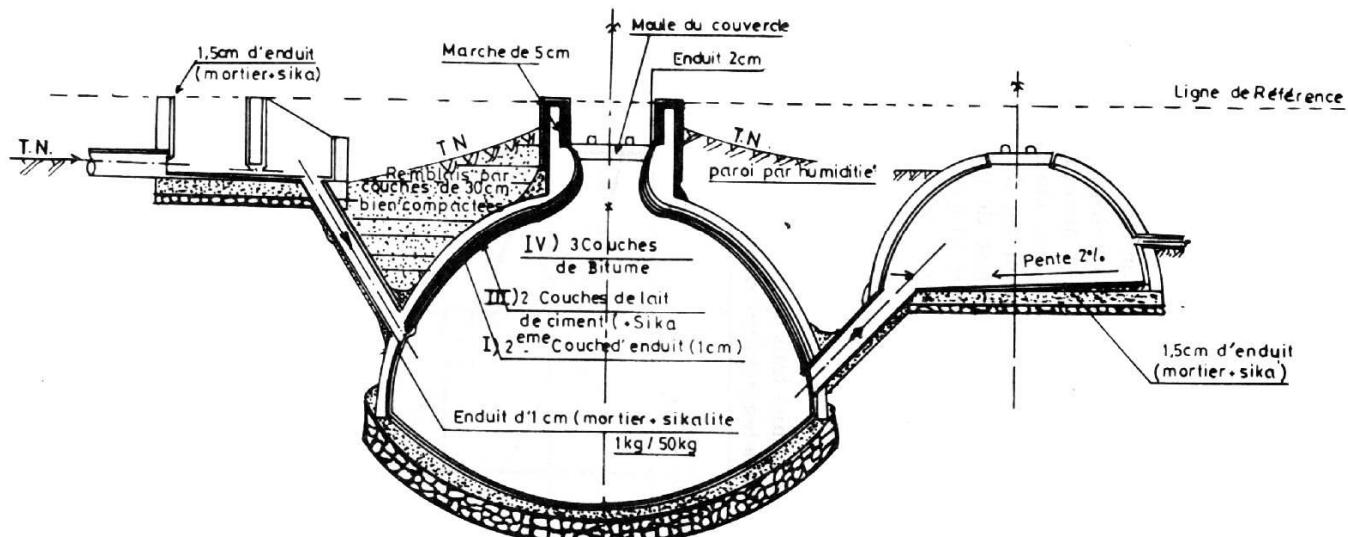
سیاح حدیدی (3x3 سم مربع)

Vue en plan

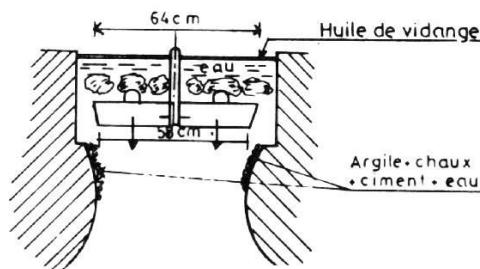
مقطع تصمیمی

وصول الروث

الشكل 20: تمرير الطلاء



الشكل 21: وضع الغطاء



الشكل 20: تمرير الطلاء

| | |
|--|---|
| 1,5 cm d enduit (mortier + sika) | 1,5 سم من الطلاء (ملاط + سيكاليت) |
| marche de 5 cm | درجة من 5 سم |
| moule du couvercle | قالب الغطاء |
| enduit 2 cm | طلاء بسمك 2 سم |
| remblais par couches de 30 cm | ردم من طبقات بسمك 30 سم محكمة التكديس |
| 3 couches de bitume | 3 طبقات من الزفت المعدني |
| 2 couches de ciments + sika | 2 طبقات من ماء الأسمنت + سيكاليت |
| 2 ^{ème} couche d enduit (1 cm) | الطبقة الثانية من الطلاء (سمك 1 سم) |
| enduit d 1 cm (mortier + sika.. .. كلغ 50 كلغ) | طلاء بسمك 1 سم (ملاط + سيكاليت، 1 كلغ 50 كلغ) |
| paroi par humidité | حاجز ضد الرطوبة |
| pente 2% | درجة انحدار 2% |
| 1,5 cm d enduit (mortier + sika) | 1,5 سم من الطلاء (ملاط + سيكاليت) |
| ligne de référence | خط المرجع |

الشكل 21: وضع الغطاء

| | |
|-------------------------------|---------------------------|
| huile de vidange | زيت التفريغ |
| argile + chaux + ciment + eau | صلصال + جير + أسمنت + ماء |

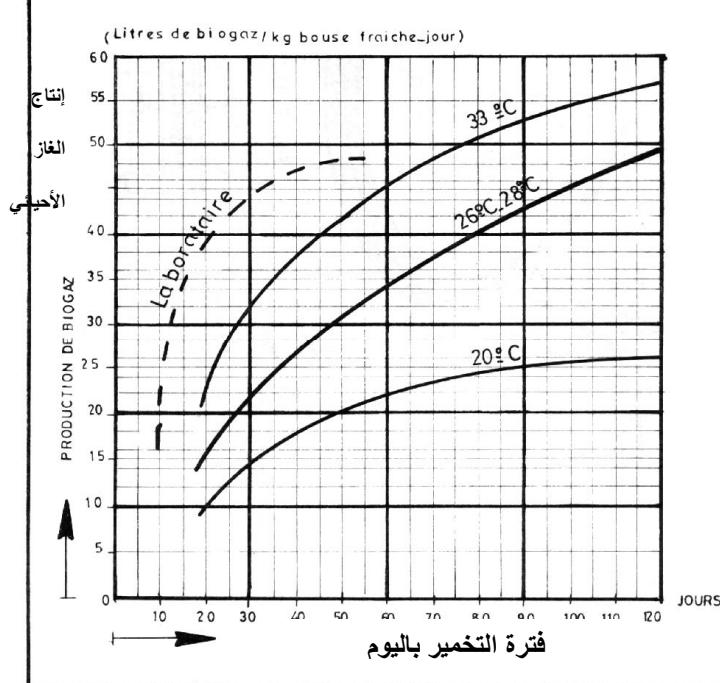
1. تحديد أبعاد المهمضة والخزان:

1.2 تحديد أبعاد المهمضة:

يرتبط حجم المهمضة بفترة التخمير (RT) وبكمية العصارة المتوفرة (Sd). ويمكن القيام باستطلاع في عين المكان عند المستخدم المحتمل للحصول على المعلومات التي تخص القطيع والمادة الخام المتوفرة. وتقدر قيمة العصارة المتوفرة انطلاقاً من المادة المهمضومة والماء المستخدم في الخلط. فإذا كنا سنستعمل روث الأبقار، فإننا سوف نحتاج إلى خلط هذه المادة بالماء تبعاً للعلاقة 1:1 (يخلط دلو واحد من الروث الطري مع دلو واحد من الماء).

تقدير فترة التخمير المناسبة بالنسبة للأماكن المرتفعة بأقل من 100 يوم، مع الأخذ بعين الاعتبار درجات الحرارة الدنيا

إنتاج الغاز انطلاقاً من زبل الأبقار الطري ارتباطاً بفترة التخمير ودرجات الحرارة داخل المهمضة



المرتبطة بها

يحسب حجم المهمضة (Vd) انطلاقاً من الصيغة التالية:

$$Vd (l) = (l/jour) * RT (jours)$$

$$Vd = 0,95 * Vc$$

$$\Rightarrow Vc (L) = \underline{Sd (L/jour) * RT (jours)}$$

0,95

مثال:

مُزارع يمتلك 6 بقرات حلوب و4 عجول، تعطي في مجملها 8 وحدات أو 64 كلغ من روث الأبقار يوميا. ومن أجل تبسيط عملية الحساب، نفترض أن كيلوغراما واحدا من الروث يوازي لتر واحدا من الروث.

$$64 \text{ لتر من الروث} / \text{اليوم} + 64 \text{ لتر من الماء} / \text{اليوم} = 182 \text{ لتر من العصارة} / \text{اليوم}$$

$$\text{حجم المهضمة (لتر)} = 128 \text{ لـ} / \text{اليوم} * 100 \text{ يوم} = 12800 \text{ لتر} (12,8 \text{ مترا مكعبا})$$

$$\text{حجم البناء (لتر)} = 128 \text{ لـ} / \text{اليوم} * 100 \text{ يوم} = 13474 \text{ لتر} (\text{ حوالي } 13,5 \text{ مترا مكعبا})$$

0,95

يجب أن يكون حجم المهضمة على الأقل 13,5 مترا مكعبا لضمان بقاء العصارة على الأقل 100 يوم في فترة التخمير.

يمكن الحصول على فترة التخمير الفعلية الخاصة بحجم مهضمة معين وكمية معروفة من العصارة بواسطة الصيغة التالية:

$$RT (\text{jours}) = Vd (L) : Sd (L/j)$$

$$RT (\text{jours}) = Vc (L) * 0,95 : Sd (L/j)$$

مثال:

حجم البناء (Vc) : 13,5 مترا مكعبا

كمية العصارة المتوفرة (Sd) : 128 لتر في اليوم

$$\text{فترة التخمير RT (بال أيام)} : 13500 \text{ لتر} * 0,95 : 128 \text{ لتر} / \text{اليوم} = 100 \text{ يوم}$$

في حالة ما إذا كانت منشأة الغاز الأحيائي لا تلقم يوميا، فإن حجم العصارة الملقمة يجب أن يقسم على عدد الأيام الفاصلة بين عمليات الملمء من أجل الحصول على كمية العصارة الضرورية المتوفرة (Sd).

2.2 تحديد أبعاد الخزان:

يتوقف حجم الخزان (Vg) على إنتاج الغاز واستعمالاته المتوقعة. فنسبة إنتاجه تتغير أثناء السنة حسب الحرارة. ففي فصل الصيف، يمكننا إنتاج ما بين 27 إلى 30 لترا يوميا من الغاز الأحيائي، انطلاقا من 1 كلغ من روث الأبقار وفترة تخمير بين 100 و130 يوما. نقوم إذا بحساب الكمية المنتجة انطلاقا من القيم الدنيا والعليا.

نأخذ كمثال منشأة بحجم 13,5 مترًا مكعباً. تدوم فترة التخمير 100 يوم، ونحتاج إلى 128 لترًا من العصارة، روث الأبقار مخلط بالماء، يومياً. تنتج المنشأة الكمية التالية من الغاز الأحيائي في فصلي الشتاء والصيف:

الشتاء: 64 كلغ * 27 لـ كلغ = 1728 لترًا (حوالي 1,7 متر مكعب)

64 كلغ * 30 لـ كلغ = 1920 لترًا (حوالي 1,9 متر مكعب)

الصيف: 64 كلغ * 45 لـ كلغ = 2880 لترًا (حوالي 2,9 متر مكعب)

64 كلغ * 50 لـ كلغ = 3200 لترًا (حوالي 3,2 مترًا مكعب)

سوف تنتج المنشأة إذن ما بين 1,7 و 1,9 مترًا مكعبًا من الغاز الأحيائي في الشتاء وما بين 2,9 و 3,2 مترًا مكعبًا في الصيف.

تحدد كمية استعمال الغاز تبعاً لوتيرة استهلاك الغاز والكمية المستعملة. ويتوقف حجم الخزان على مقدار إنتاج الغاز والعاملين السابقين. ويجب أن يكون كبيراً بما فيه الكفاية لاستيعاب كمية الغاز المراد استهلاكه جملة، وكذلك لتخزين الغاز المنتج بين فترات الاستهلاك.

تكون طاقة إنتاج الخزان العلاقة بين حجمه V_g والإنتاج اليومي من الغاز. وبالنسبة للمساكن الريفية، تكفي طاقة إنتاج من 60% عموماً، حتى وإن كان مقدار الإنتاج يتفاوت حسب فصول السنة واستعمال المصابيح بشكل مفرط متوقعاً. وكمثال، يكون الإنتاج الأقصى من الغاز 3,3 متر مكعب؛ يجب أن تكون طاقة إنتاج الخزان 60%， أي 1,9 متر مكعب. تكون العلاقة بين حجم المهمضمة وحجم الخزان إذن $1.7 = \frac{V_g}{60}$.

من الضروري مقارنة حساب إنتاج الغاز، خصوصاً في الصيف، مع كمية الغاز الضروري لتغطية الاحتياجات. إذا كانت الكمية المنتجة لا تكفي لسد الطلب على الطاقة، حتى في الفصول الملائمة، وجب مناقشة الأولويات في استغلال الطاقة مع المستخدم. فمن الضروري إذن إخباره بالتفصيل عن نتائج الحسابات من أجل تقاديم عدم تحقيق متطلباته.

2. التجهيزات المحيطة بالمهضمة

.....قنوات تمرير الغاز 1.3

يمكن استخدام المعدن المزنك، أو النحاس، أو الكاوتش، أو كلورور متعدد الفينيل (ك.م.ف) P.V.C ، في مختلف أنواع قنوات الغاز.

ولكل نوع من هذه القنوات مميزاته وسلبياته. فأنبوب المعدن المزنك مثلاً يتواجد في أحجام متعددة وغالباً ما لا يتوافق مع بعض التجهيزات، مما يستدعي مزيداً من الوسائل والمخضات.

أما أنبوب النحاس فإنه يستعمل كثيرا في المنازل، وهو جيد، لكنه باهظ الثمن ويتعرض للتآكل بالهيروجين الم الكبرت؛ أما الكاوتش، فإنه ضعيف في مقاومة أشعة الشمس.

أما كلورور متعدد الفينيل، فهو صلب ومفيد في نقل الغاز بالنسبة للمسافات الطويلة (ولكنه يحتاج للكثير من التوصيلات التي يصعب إحكام سدها).

وفي أغلب الحالات، يستعمل المعدن المزنك، ويجب حمايته جيدا من عوامل التآكل الخارجية (طبقة لاصقة من الورق المزفت).

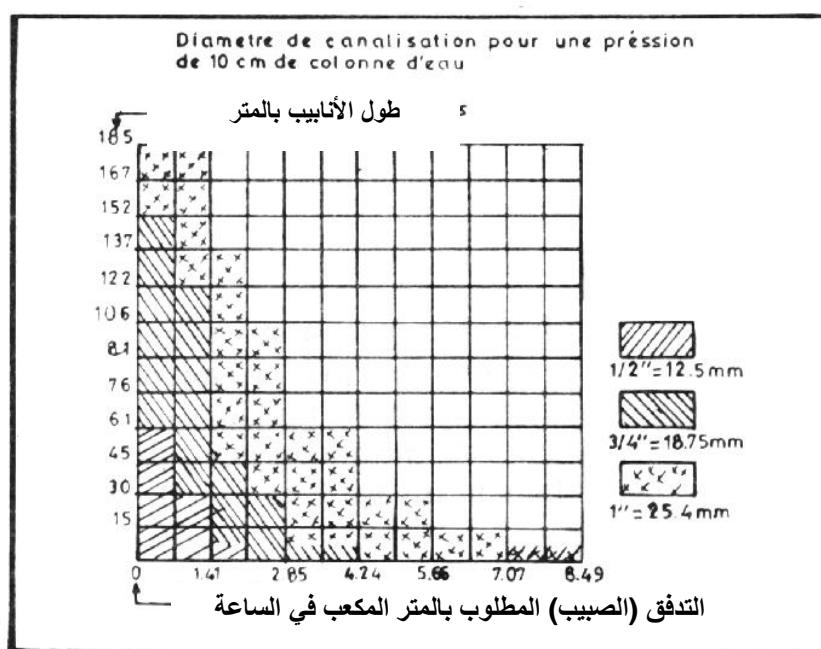
ويعتبر قطر القنوات المستعمل عاما هاما في حسن تشغيل الأجهزة المستعملة للغاز.

ويحدد قطر القنوات انطلاقا من نسبة صبيب الغاز، وطول هذه القنوات، وشدة ضغط الغاز.

يبين التصميم العلاقة بين طول القنوات،

وقطرها، وصبيب الغاز

قطر قنوات لضغط من 10 سم في عمود الماء



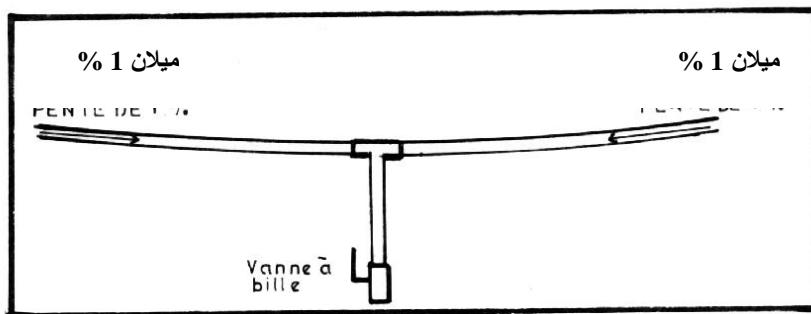
2.3 معickets الماء

يتوفر الماء بكثرة في الغاز الأحيائي، ويمكننا اعتبار هذا الأخير مشبعا بالماء عند خروجه من المهمضمة.

يتمثل العائق الأساسي في ترسب تكتفات البخار وسط القنوات، مما يتسبب في اختناقها ويعجل بتأكلها.

ويمكن حل المشكلة بسهولة عن طريق تركيب أجهزة مطهرة على مستوى الأماكن الدنيا لانحناءات القنوات.

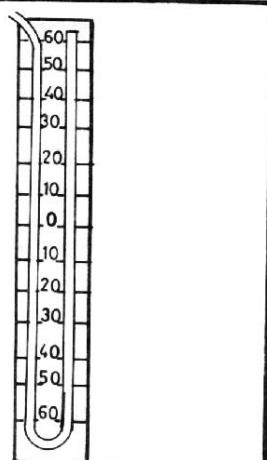
تكون القناة عند مخرج المهمضمة مدفونة. نضع وصلة قابلة للفك ومحكمة السد في أدنى نقطة من القناة. من حين لآخر، يغلق السكر الرئيسي، ثم تفتح الوصلة من أجل إفراغ الماء، ثم يسد السكر من جديد بإحكام. حين يتکثف الماء في القناة، يصدر صوت في حالة استعمال جهاز لهذا الغرض، وبتذبذب في نسبة الضغط على مستوى المضغط إن كان مركبا. ويعني ظهور هذه الإشارات ضرورة القيام بتطهير للقنوات.



تصميم لعائق مائي

3.3 المضغط

يستعمل المضغط لقياس نسبة ضغط الغاز في المنشئة أو قناة الغاز. وتوجد هناك أنواع مختلفة من المضاخط. وأبسط هذه الأنظمة، مضغط الأنابيب في شكل U المملوء جزئيا بالماء. تعرف نسبة ضغط الغاز انطلاقاً من الفارق في مستوى الماء بين كلا الارتفاعين في الأنابيب. ويبين سلم رقمي قيمة الضغط بالسنتيمتر في عمود الماء.



أنبوب لقياس الضغط (مضغط)

على شكل U شفاف

تعمل المضاغط من النوع الصناعي بواسطة نوابض. وتنظر نسبة الضغط بواسطة إبرة فوق سلم دائري. وتستخدم هذه المضاغط فقط بالنسبة لفئة الضغط المشار إليها في السلم، ويمكن أن يؤدي الشحن بضغط قوي إلى تدمير نابض المضاغط. ويستعمل هذا النوع من المضاغط لاختبار إحكام السد وتعديل منظم الضغط.

ويستعمل غالباً في منشآت الغاز الأحيائي التقليدية المضغوط الأنبوب في شكل U.

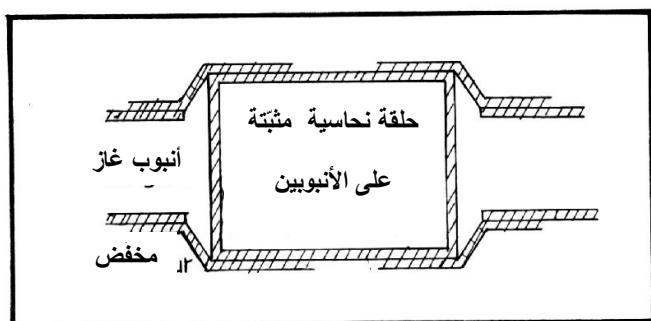
4.3 عداد الغاز

في بعض منشآت الغاز الأحيائي، يكون من المفيد جداً استعمال عداد للغاز من أجل قياس كمية الغاز التي تنتجهما المهمضمة. ويعطي كشف العداد معلومات عن كمية الغاز المستهلك بالمتر المكعب.

4.5 أجهزة منع رجوع اللهب

يمعن هذا الجهاز رجوع اللهب إلى الخزان أو حوض التخمير. وهو ضروري بالنسبة لضمان السلامة، حتى وإن كان أحياناً يتسبب في تبديد ضغط الغاز الأحيائي.

ومن أجل تفادي ضياع هذا الضغط، نضع جهاز منع رجوع اللهب في مقطع من القناة يكون قطره أكبر من باقي أجزاء



القوات.

ملاحظة: يلعب عداد الغاز دور نظام منع رجوع اللهب.

4.6 أجهزة تطهير الغاز الأحيائي

يحتوي الغاز الأحيائي، إلى جانب الميتان والغاز الكربوني، على كميات ضئيلة من الهيدروجين المكبرت H_2S والماء.

توقف جودة الغاز الأحيائي بالأساس على درجة احتواه على الميتان CH_4 والهيدروجين المكبرت S H_2S .

تحدد النسبة المئوية للميتان في الغاز الأحيائي طاقته الحرارية الدنيا P.C.I.

ويؤدي تواجد الهيدروجين المكبرت بكمية كبيرة في الغاز الأحيائي إلى تعجيل تقادم أجهزة استعمال الغاز الأحيائي وخصوصاً المحرك، إذ تتآكل مكوناته المعدنية الداخلية بسرعة.

تضعف درجة احتواء الغاز الأحيائي على الماء من طاقته الحرارية، كما يمكن للماء أن يتفاعل من الهيدروجين المكبرت لإنشاء الحمض الكبريتي الذي يمتلك درجة تآكل أكبر من تلك عند الهيدروجين المكبرت.

لهذا السبب، ينصح صانعو أو بائمو محركات الغاز الأحيائي استخدام غاز أحيائي جاف، لا تتجاوز درجة الهيدروجين المكبرت فيه 0,15%.

• تجفيف الغاز الأحيائي:

تكون النسبة المئوية لبخار الماء في الغاز الأحيائي نسبية مباشرة إلى درجة حرارة الغاز الأحيائي.

يعطي الجدول التالي كمية الماء في الغاز الأحيائي تحت درجات حرارة مختلفة.

| درجة حرارة الغاز الأحيائي | كمية الماء في الغاز الأحيائي | % الحجمية للماء في الغاز الأحيائي |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 20 درجة | 20 غامتر ³ | %2,5 أي |
| 30 درجة | 53 غامتر ³ | %4,1 |
| 40 درجة | 33 غامتر ³ | %6,6 |

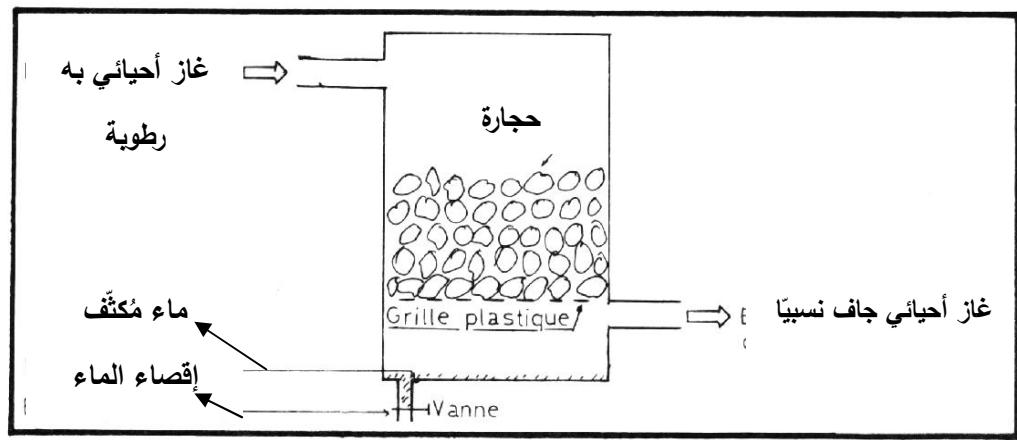
يمكن للغاز الأحيائي، عند درجة حرارة 40، أي يحتوي على 53 غراماً كحد أقصى من الماء في المتر المكعب. حين يبرد هذا الغاز إلى 20 درجة، عند مروره مثلاً في قنوات معدنية مدفونة، فإنه يفقد 20 غراماً من الماء في المتر المكعب؛ هذا الماء المفقود يتكتّل في القنوات ويمكن استخراجه بواسطة معيقات الماء.

تنتمي الوسائل الأكثر بساطة والأكثر استعمالاً في إزالة رطوبة الغاز الأحيائي، في:

• تركيب معيقات الماء في النقاط الأكثر انخفاضاً في قنوات الغاز (مثال: عطفة أنابيب بشكل T ممددة إلى أسفل مزودة بسكر).

• تركيب مصفاة من الأحجار قبل وصول الغاز إلى نقاط استعماله (انظر التصميم أسفله). إلا أن هذه المصفاة لا تكون فعالة إلا إذا كانت أبرد من الغاز الأحيائي نفسه.

تصميم لمصفاة من الحجر



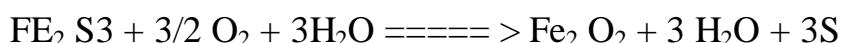
• إزالة الكبريت من الغاز الأحيائي:

يعد الهيدروجين المكربت H_2S غازا ساما، له رائحة مقرضة ويمتلك عامل احتكاك قوي ضد الحديد والنحاس. لهذا يكون من اللازم التخلص منه. وهناك طرق متعددة لإزالة الكبريت من الغاز الأحيائي. غير أن الطريقة الشائعة والأقل تكلفة تبقى استقطاب الهيدروجين المكربت بواسطة أكسيد الحديد (الصدأ) من أجل تقليل نسبة الهيدروجين المكربت في الغاز الأحيائي. وتتلخص هذه التقنية في تمرير الغاز الأحيائي عبر قناة مملوئة بقطع الفولاذ أو الحديد المؤكسد. وتنتمي عملية إزالة الهيدروجين المكربت حسب الصيغة التفاعلية التالية (1):

تفاعل التثبيت (1)



تفاعل التجدد (2)



يسمح مرور الهواء في المصفاة أو تراجع $Fe_2 S_3$ وتعرضه للهواء بأكسدته (تجدد في شكل $Fe_2 O_3$ مع تشكيل ركام من الكبريت). ويمكن إعادة استخدام $Fe_2 O_3$ المحصل عليه ثلاثة أو أربع مرات أخرى في المصفاة.

يقدر الوقت اللازم للحصول على غاز أحيائي مصنف بشكل جيد بحوالي 3 دقائق من التفاعل مع المادة المصفية (تفاعل ثباتي بطيء) في درجة حرارة محطة أعلى من 15 درجة. وهو ما يحتم ضرورة تصميم أبعاد المصفاة تبعاً لصبيب الغاز الأحيائي الذي يعبرها. وتصبح عملية التفاعل تحت هذه الحرارة أكثر بطئاً.

من أجل إزالة الكبريت من متر مكعب واحد من غاز أحيائي يحتوي على 0,5% من H_2S ، نحتاج إلى 12 غرام من Fe_2O_3 .

• إزالة ثاني أكسيد الكربون CO_2

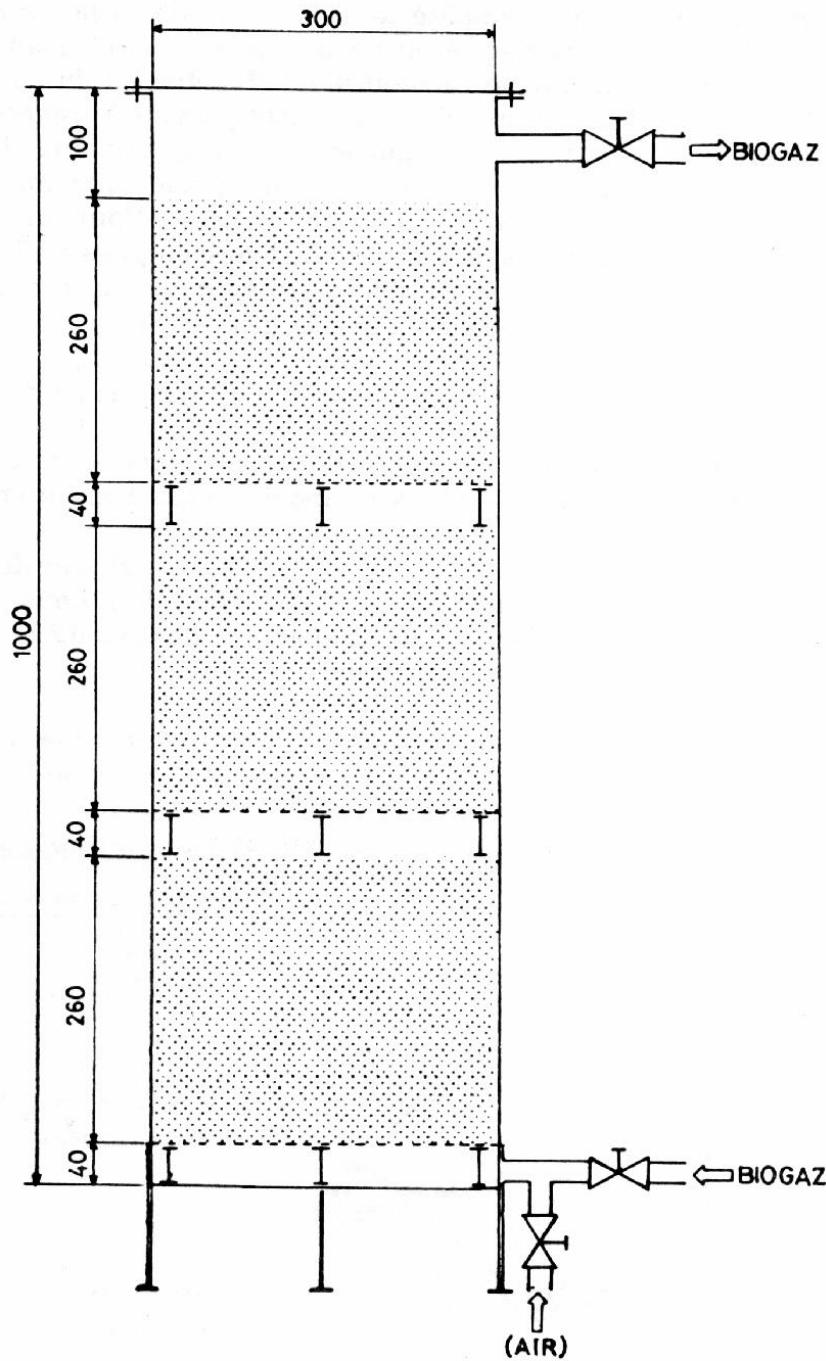
يعد ثاني أكسيد الكربون غازا ساكنا، يرفع من حجم تخزين الغاز الأحيائي وتصبح ضرورة إزالته مكلفة. إذا فهي ليست ضرورية بالنسبة للاستعمالات المحلية للغاز.

يمكن إزالة ثاني أكسيد الكربون إما عن طريق غرغرة الغاز الأحيائي في الماء، وهو ما يتطلب كمية كبيرة من الماء، تجدد باستمرار؛ أو بتمريره على الجير الذي لا يتجدد بسهولة.

يقدر الاستهلاك النظري بـ 2,5 كلغ من الجير الحي لكل متر مكعب من ثاني أكسيد الكربون، وهو شيء مكلف جداً.

تصميم لعامود إزالة الكبريت من 20 متراً مكعباً

من الغاز الأحيائي يومياً (أرقام بالمليمتر)



3.7 أجهزة استعمال الغاز الأحيائي:

• المواقد

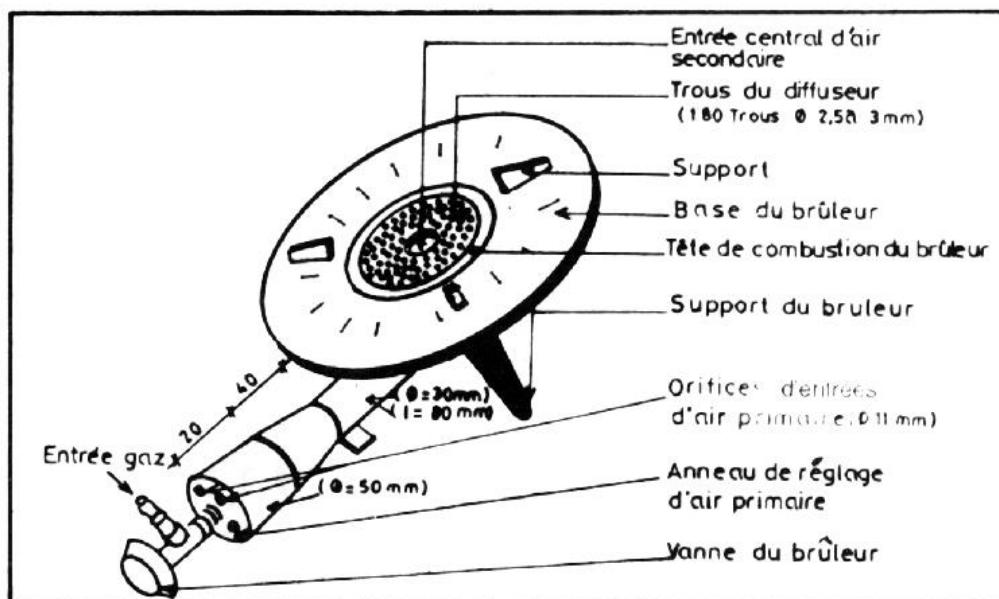
تستعمل موقد الاحتراق الجوي لاستهلاك الغاز الأحيائي. وفيها، يختلط جزء أو كل الهواء الضروري لاحتراق الغاز الأحيائي بهذا الأخير قبل عملية الاحتراق. يسمى الهواء الذي يدخل الموقد بالهواء الأولي، والهواء الذي يلقم اللهب بالهواء الثانوي. إنها الطاقة الحرارية المتوفرة للغاز الأحيائي المار عبر فتحة معينة تسمى بالحاقن التي تدفع الهواء

الأولى. ويتم الخلط الغازي داخل جسم الموقد الذي يسمى أنبوب الخلط. يتولد الاحتراق في رأس الموقد. وبالنسبة لغاز أحيائي محدد الخصائص، يتم حساب قطر الحاقن، وفتحة خروج الخليط وفتحة عبور الهواء، من أجل ضمان لهيب مستقر في أعلى نسبة احتراق ممكنة.

تكون درجة حرارة لهيب الغاز الأحيائي بنسبة 60% من الهيدروجين المكبرت 1796 درجة.

يمكن للمواد المستخدمة مع غاز البوتان أن تستخدم الغاز الأحيائي أيضاً. وبالنسبة لأفران الغاز من 3 مواد، تتلخص التعديلات في ما يلي:

- بالنسبة لقنديل الأكبر، يستخدم حاقن بقطر 2 ملم،
- بالنسبة لقنديل الأوسط، يستخدم قطر 1,5 ملم،
- بالنسبة لقنديل الأصغر، يستخدم قطر ما بين 0,7 ملم و 0,5 ملم،



موقد يشتعل بالغاز الأحيائي صنع محلي

إعادة استعمال حاقن القنديل الأكبر).

يجب أن يضبط الهواء الأولي بالنسبة للقنديل الثالثة. يمكن استعمال سوار لهذا الغرض. يتم هذا الضبط باستعمال قدر فوق اللهب.

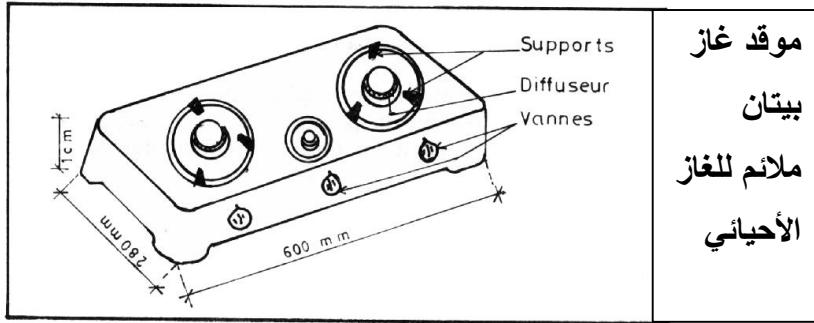
يمكن استعمال أنواع أخرى من المواد. ويبين التصميم أسفله موقداً صمم خصيصاً للغاز الأحيائي.

entrée centrale d'air secondaire

مدخل رئيسي للهواء الثانوي

trous du diffuseur... ..

ثقوب المشعل (180 ثقباً بقطر 2,5 إلى 3 ملم)

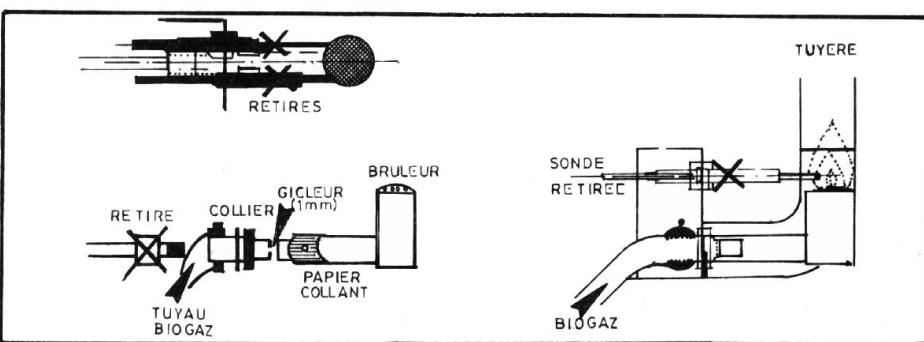


**موقد غاز
بيتان
ملائم للغاز
الأحيائي**

• **المبردات** يمكن لموقد المبردات التي تشتمل بالنفط أو البوتان (سعة 100-200 لتر) أن يتلاعم مع الغاز الأحيائي:

- بتكبير فتحة الحاقن ما بين 0,9 و 1,1 ملم
- بسد فتحات دخول الهواء الأولى بشريط لاصق
- لابوضع ثقيبين على الشريط اللاصق بقطر 3 ملم
- بإضافة منظم لشدة الضغط (أو إذا تعذر ذلك، صنبور ضبط) على قنطرة الغاز.

**موقد
لجهاز
تبريد
ملائم للغاز
الأحيائي**



| | |
|---|--|
| support | مسند |
| base du brûleur | قاعدة الموقد |
| tête de combustion du brûleur | رأس احتراق الموقد |
| support du brûleur | مسند الموقد |
| orifices d'entrée d'air primaire... .. | فتحات دخول الهواء الأولى (قطر.. ..) |
| anneau de réglage d'air primaire | حلقة ضبط الهواء الأولى |
| vanne du brûleur | سكر الموقد |
| entrée gaz | مدخل الغاز |
| | |
| retirée | تسحب |
| retiré | يسحب |
| tuyau biogaz | أنبوب الغاز الأحيائي |
| collier | سوار |
| gicleur (1mm) | حاقن (1 ملم) |
| papier collant | شريط لاصق |
| brûleur | موقد |
| tuyère | ماسورة |

مجس مسحوب

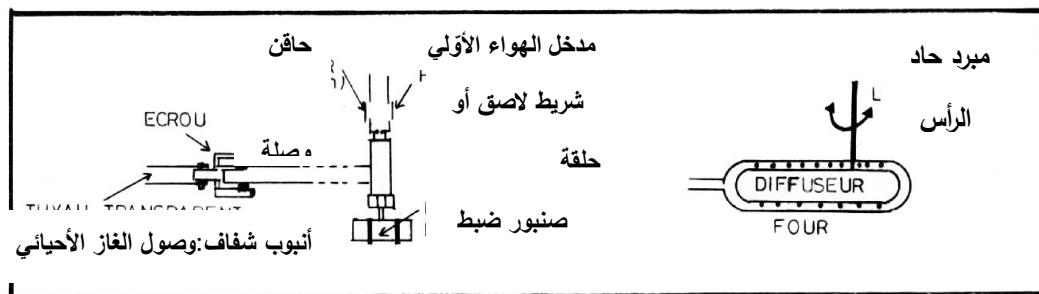
sonde retirée

غاز أحياي

biogaz

• أفران الخبز:

تكون أفران الخبز عادة مزودة برؤوس تحقن الغاز من مشعلين، أحدهما موجود في أعلى الفرن، والآخر في أسفله. تكون صفائح الحماية وصنابير ضبط دخول الغاز قابلة للفك، وتفك براغي المحاقن. تُكبر هذه الأخيرة من 3 إلى 4 ملم (حسب حجم الفرن) بمساعدة مبرد أو مثقب.



تطويع (ملائمة) فرن خبز للغاز الأحياي

تسد فتحات دخول الهواء الأولى الموجودة على أنابيب الغاز بواسطة حلقات معدنية أو شريط لاصق. بعدها توسيع ثقب المشاعل الصغيرة قليلاً، على أن يعني بتنظيفها من حين لآخر.

• المصابيح

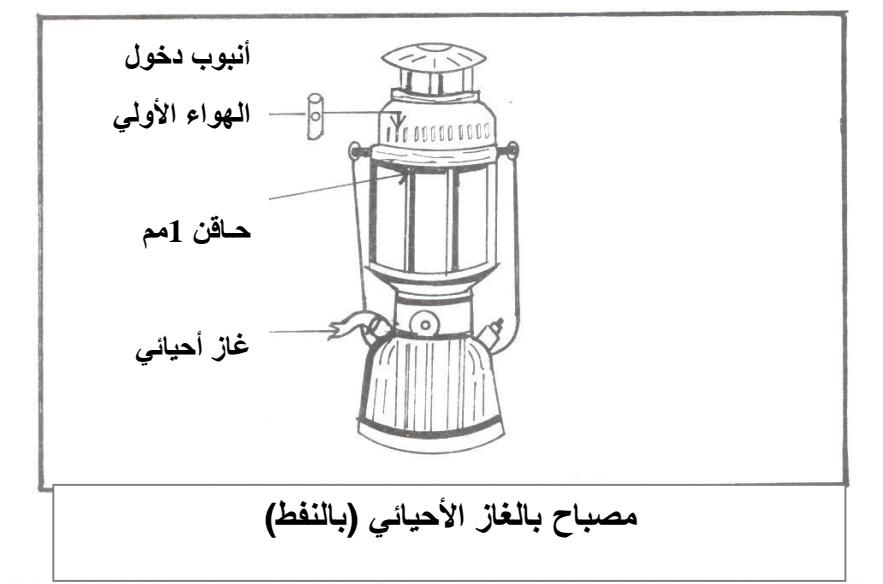
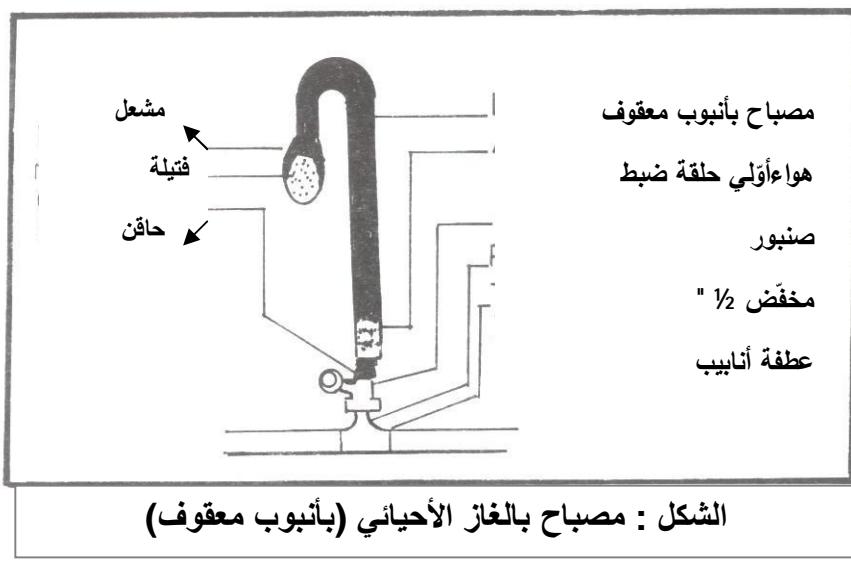
إن مصابيح البوتان التي عادة ما تستعمل للإنارة في الوسط القريري هي مجرد أنابيب بسيطة معقوفة ومزودة بمشعل، وفتيلية، وصنبور ضبط. يمكن بسهولة توسيع الحاقن إلى 1 ملم، كما يجب تكبير مداخل الهواء الأولى وتغطيتها جزئياً بحالة منزلاقة.

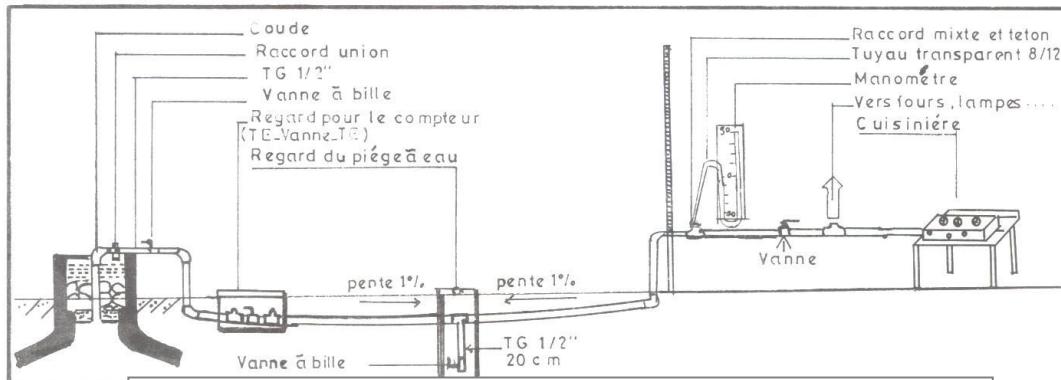
يمكن الحصول على مستوى جيد من الإنارة بضبط صبيب الغاز (سكر) لكي يتم الاحتراق على مستوى الرتينة (الفتيلة).

يمكن للمصابيح الصينية بمكبس المستخدمة للنفط Red Heart أن تعطي نتائج أفضل، كما أنها متينة.

يجب فك المكبس والحاقن، من أجل خلق فتحة لمرور الغاز الأحياي، بعد تثبيت حلقة وصل (وصلة) بمساعدة حلزونة متقوبة.

داخل المصباح، يُكبر الحاقن بميليمتر واحد، ويضاف إلى الأنبوب المعقود الذي يوضع فوق الحاقن مفرز أنبوب صغير بقطر 13 مم وطول 3,2 سم، به 4 ثقوب بقطر 6 مم.





تصميم شامل لقنوات الغاز الأحيائي ولواز منها

tube d'entrée d'air primaire

أنبوب دخول الهواء

gicleur 1 mm

حافن 1 ملم

biogaz

غاز أحيائي

coude

عطفة

raccord union

وصلة موحدة

TG 1/2''

أنبوب مزنك 2/1 بوصة

vanne à bille

سکر بساق

regard pour le compteur

عين عدد الغاز

regard du piège à eau

عين عائق الماء

pente 1%

انحناء 1%

raccord mixte et téton

وصلة متعددة بحلمة

tuyau transparent 8/12 mm

أنبوب شفاف 12/8 ملم

manomètre

مقاييس الضغط

vers fours, lampes, cuisinière

باتجاه الفرن، المصابيح، مطبخة

• محركات الاحتراق الداخلي:

- محرك الديزل

هناك إمكانية للملاعة:

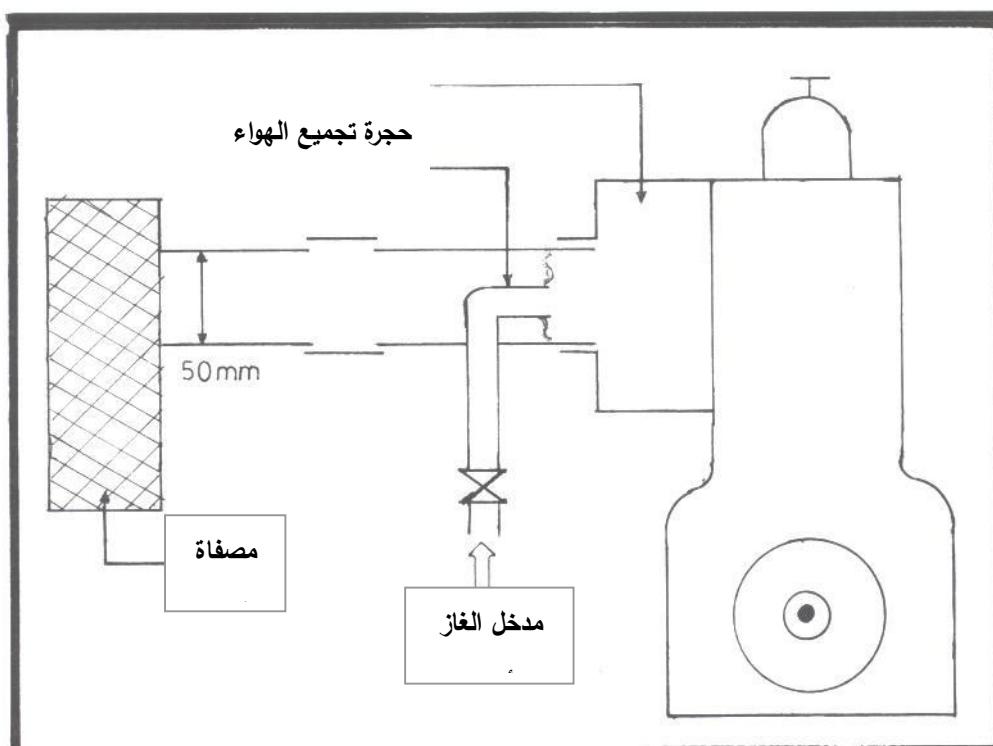
❖ عن طريق تحويل محرك الديزل ذي الحقن المباشر إلى مبدأ محركات السيارات، ويختصر هذا

التحويل في:

- استبدال مخافن مضخة الحقن بنظام اشتعال شمعي.
- تخفيض نسبة الضغط إلى $E = 10-12$ ، مما يسمح للmotor بأن يعمل كلياً بالغاز الأحيائي.
- غير أن هذه التحويلات تكلفتها عالية وكثيرة التعقيد، بالرغم من أن هذه المحركات تكون متينة جداً مقارنة بمحركات البنزين.
- ❖ بتحويل Motor الديزل إلى Motor ثاني الوقود. وهو Motor يستعمل نوعين مختلفين من الوقود، الديزل والغاز عادة. ويكون هذه الأخيرة الوقود الأساسي في التشغيل.
- يحتاج Motor الثاني الوقود إلى جزء من الديزل (ما بين 10 و20%) فقط من أجل التشغيل، ويمكن للغاز أن يلبي حاجة Motor من الطاقة.

ومن أجل تحويل Motor الديزل إلى الغاز الأحيائي، من الضروري القيام بعمليتين:

- صناعة وتركيب فنتوري Venturi (جهاز خلط الهواء والغاز).
- يجب أن يركب الخلط المبين في التصميم التالي بين مسافة الهواء في Motor وحجرة تجميع الهواء، ويجب أن يصمم بطريقة تخلق تهيجاً في المكان الذي يخلط فيه الهواء بالغاز من أجل الحصول على خليط متجانس. كما أن الفنتوري يحدث انكماساً أثناء دخول الهواء فيندفع هذا الأخير بسرعة ساحبة معه الغاز.

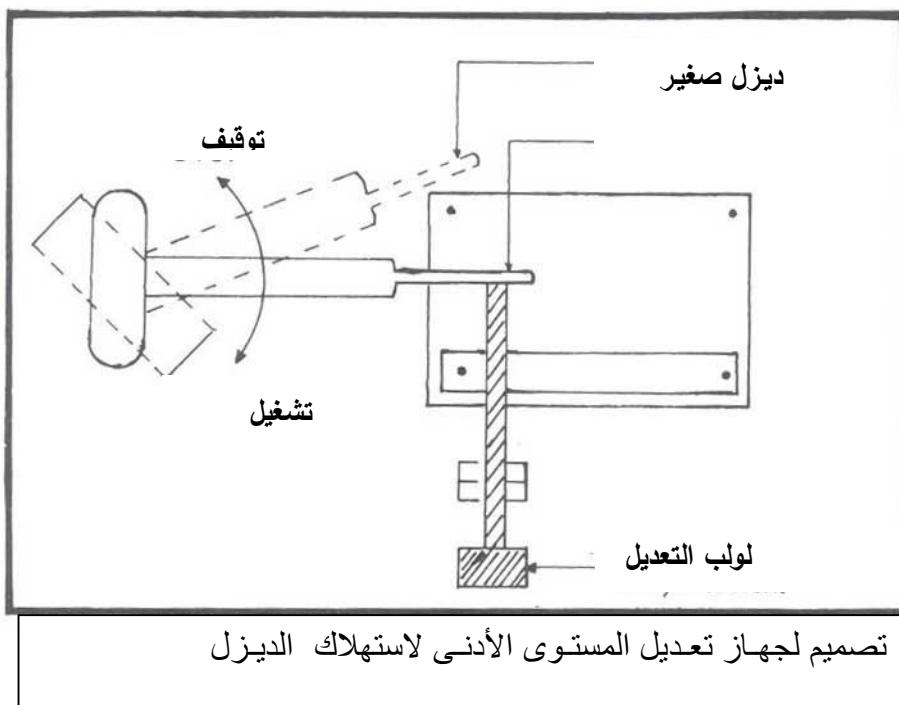


تصميم لخلط للهواء والغاز الأحيائي خاص بمحركات الديزل

الأحيائي.

- تعديل المستوى الأدنى لاستهلاك дизيل

يتم عن طريق منظم للسرعة المناسبة للmotor، الذي غالباً ما يكون مرتبطاً بمضخة الحقن. في بعض المحركات، يكون هذا "المسرع" حاضراً ولا يجب تعديله. أما في الحالات الأخرى، يجب تركيب جهاز يتعامل مع هذا المنظم من أجل تحديد صبب дизيل الذي تتحقق المضخة. وفي بعض أنواع المحركات، يمكن استعمال ذراع توقف المحرك لهذه العملية حسب التصميم التالي.



- محركات البنزين

❖ طريقة العمل

يعمل محرك البنزين كباقي محركات الاحتراق الداخلي، وذلك بضغط خليط من الهواء والوقود داخل أسطوانة. وعوض الهواء فقط، كما في حالة محركات дизيل، يتم التشغيل خارجياً عن طريق إنتاج فلطية كهربائية عالية على مستوى شموع التشغيل. يسمح الحارق بخلط الهواء والبنزين في نسب محددة جداً وقارنة

($\lambda=0,9...13$) قبل الإدخال إلى حجرة الاحتراق. وتكون هذه المحركات سهلة ورخيصة ويمكن استعمالها في وحدات توليد الكهرباء الصغيرة. غير أن مردوديتها ($\eta=25...30$) تكون أضعف من محركات الديزل.

❖ تعديل محرك البنزين لاستقبال الغاز الأحيائي:

يحتاج تحويل محرك البنزين إلى الغاز الأحيائي إلى جهاز خلط الغاز الأحيائي والهواء الذي يعوض الحارق. وعلى عكس محرك الديزل، يجب أن يكون محرك البنزين مصمماً من أجل الحصول على نسب قارة من الهواء والغاز الأحيائي في كل شحنة. كما يجب أن يكون ارتفاع نسبة تدفق الغاز الأحيائي والهواء متناسقاً مع الشحنة.

توجد ثلاثة أنواع من التعديلات التي تطأ على محرك البنزين لكي يستقبل الغاز الأحيائي:

- بتعديل الحارق لكي يعمل كفنتوري (إدخال الغاز الأحيائي عبر مصفاة الهواء)
- تعويض الحارق بخلاط تجاري للهواء والغاز (مثلاً: خلاط IMPCO)
- بصنع وتركيب فنتوري في مكان الحارق.

تلاءم محركات الديزل والبنزين جيداً مع الغاز الأحيائي. ولكن محرك الديزل يبقى الأفضل لاستعمال هذا النوع من المحروقات.

من الناحية التقنية، يكون تحويل محرك الديزل إلى الغاز الطبيعي سهلة جداً، فخلط الهواء والغاز الأحيائي يمكن صناعته محلياً. كما أن الاستخدام بالغاز الأحيائي لا يتسبب في أية مشاكل عندما يكون قار الشحن، ويمكن ضبطه بدوبيا ببساطة. كما أن المحرك يحتفظ بشكله الأصلي، مما يسمح له في حالة نقص الغاز الأحيائي أن يعمل مباشرة بالديزل. في حين يتطلب محرك البنزين تحديد أبعاد الخلط حسب قوة المحرك. كما أن تصميم الفنتوري والضبط اليدوي يكونان في غاية الصعوبة.

إلى جانب حساسية المحرك للتغيرات الطفيفة في الشحنة أو ضغط الغاز، فإنه يتسبب في خسارات طاقية قد تصل إلى .%30

ومن الناحية الاقتصادية، صمم محرك الديزل من أجل مدة تشغيل طويلة، وهو ما يفسر ارتفاع مصاريفه. وعلى العكس، فإن محرك البنزين رخيص نسبياً، وعمره الافتراضي قصير جداً.

الجزء الثالث

الصيانة والإصلاح

❖ تقييم عملية البناء:

بمجرد انتهاء أشغال البناء، يجب التحقق من جودة العمل المنجز. وينبغي عدم الشروع في استعمال المهمضة قبل إجراء اختبارات تفيد فعلاً بأن خزان الغاز محكم السد ولا توجد به فتحات لتسرب الهواء. أما إذا أظهرت الاختبارات بأن هناك تسربات، فإنه يكون من اللازم القيام بتحديد وإصلاحها. وكذلك الحال عند الشروع في استخدام المهمضة، إذ يجب القيام باختبارات متكررة عليها، إضافة إلى صيانة يقظة تخص كافة أجزاء المهمضة. ويجب معالجة المشاكل مباشرةً عند ظهورها. وهكذا، نستطيع ضمان استخدام وإنجاح ملائمين واقتصاديين للغاز الأحيلي.

سوف نرى أسلفه بعض الطرق التقليدية في القيام بـتقييم جودة العمل، خصوصاً فيما يتعلق باختبار إحكام انحباس الغاز والذي يسمى أيضاً "اختبار الضغط" الذي يجب أن يصل إلى المعدل المطلوب. ومن الواجب دائماً عدم التساهل في شروط الجودة أو محاولة الغش فيها، إذ لن يتربّ على ذلك سوى مضيعة لجهد العمل والمادة الخام.

❖ فحص الحوض من الداخل:

يجب الدخول إلى داخل الحوض لفحص الجدران والقعر والبحث عن الثقوب والشقوق. يضرب على نقاط متفرقة بواسطة أصابع اليد أو عصا صغيرة. ويشير صوت مبطن إلى أن طبقة الطلاء قد انسلاخت عن الجدار. وعندها يجب إزالة طبقة الطلاء في تلك الأماكن وتعويضها بأخرى جديدة.

❖ انحباس الماء:

يجب إجراء هذا الاختبار داخل حوض المهمضة.

- ملء حوض التخمير وتركه يشرب بالماء حتى يتسبّع (من 3 إلى 4 ساعات).
- ملاحظة المستوى الذي وصل إليه الماء حين يستقر.
- يمكن اعتبار الحوض صالحاً للاستغلال إذا لم ينخفض مستوى الماء طوال يوم كامل. حينها يمكن مباشرةً اختبار إحكام انحباس الغاز.
- أما إذا انخفض مستوى الماء، فيجب العثور على مصدر التسرب وإصلاحه، بتمرير قليل من الجير والأسممنت (يرفع الجير من نسبة كثافة وانحباس الماء والهواء) على الأماكن التي بها خلل. وفي العادة، تكفي طبقتان من 2 مم لهذا الغرض. تمس كل طبقة ثلث أو أربع مرات بواسطة مسحة. ثم تغطي الطبقات بالإسممنت والماء مرتين أو ثلاثة قبل تركها لتتجف بالكامل.
- يعاد اختبار انحباس الماء

❖ انحباس الغاز:

- يملأ حوض المهضمة بالماء حتى يتجاوز المستوى الأدنى للقبة بـ 20 سم في عمود الماء.
- يحكم سد المهضمة: تمرر طبقة من الصلصال على فوهة المهضمة. يوضع الغطاء في الوسط، ثم تمرر طبقة من الصلصال (ترفة مغربلة) فوقه، ويدق جيدا. يضاف المزيد من الصلصال إلى أن يتجاوز مستوى الغطاء، ثم يغطى الكل بالماء والحجارة.
- يوصل أنبوب خروج الغاز بمضغط مائي،
- يحقن عادم جرار أو سيارة بمحرك ديزل إلى داخل المهضمة من خلال أنبوب التلقيم، وذلك بواسطة خرطوم.
- يجب توقيف حقن غازات العادم إذا وصلت نسبة الضغط المائي إلى 50 سم في عمود الماء (يجب عدم تجاوز ارتفاع 100 سم لتفادي تصدع القبة).
- يترك الحوض 24 ساعة. إذا ما طرأ تغير طفيف (1 أو 2 سم) أو انعدم، فإن الحوض يعتبر حابسا للغاز. أما إذا كان هناك انخفاض كبير من عمود الماء، فإن الحوض لا يعتبر كذلك. ويمكن تحديد نقاط تسرب الغاز عند تواجد فقاعات على سطح الغطاء. وبالنسبة للقبة، تمرر من جديد في الواجهة الداخلية طبقتان من ماء الأسمنت، ثم طبقتان من القطران. وبعدها يعاد الاختبار من جديد.

ملاحظة: يمكن إعادة استعمال الماء الذي استخدم في اختبار انحباس الماء في اختبار انحباس الغاز. ويعتبر هذا الأخير مهمًا للغاية. إذا لا يمكن اعتبار منشأة لا تتوفر على انحباس محكم للغاز صالحة للعمل إلا إذا تم إصلاحها.

❖ تشغيل المهضمة:

- النظام غير المستمر:
 - يطرح مشكل تخزين العصارة خصوصاً حين يتم اللجوء إلى النظام غير المستمر.
- يفسد الزبل الذي يترك في الهواء الطلق، في المناطق الاستوائية، بسرعة حين يتعرض للشمس (تجفيف) أو للأمطار الغزيرة (تنويب الأزوت..)؛ ولا ينفع إضافة الماء فقط، ولكن التجانس يصبح صعباً أيضاً، إضافة إلى فقدان الزبل لعناصره المخصوصة.

وتظهر مشكلة التخزين أيضاً مع البوالة التي تفقد في غضون 24 ساعة جزءاً مهماً من طاقتها في التحليل الميتاني. لذا، وجب حماية هذه المواد إلى حين إرسالها إلى المهضمة.

أما إذا كان التلقيم يتضمن مواد نباتية أكثر صعوبة في الهضم، فإن تخزينها يكون عن طريق التسميد، على أن يتم في منأى عن الشمس والأمطار. ويتلاءم النظام غير المستمر جيداً مع هذا النوع من العصارة. فهو عملية تسمح بهضم العصارات الصلبة وشبه الصلبة المتناهية الخصائص وبدون فرز، في حوضين أو عدة أحواض، على عكس النظام المستمر الذي لا يحتاج إلا لوحض واحد. في النظام غير المستمر، يفضل ترك المادة تختمر لبضعة أيام في الهضم اللاهوائي من أجل رفع درجة الحرارة، وهو أمر ضروري خصوصاً في الأوقات الباردة. ويمكن لعملية التخمير أن تتم في الحوض الذي لا يزال في طور الماء.

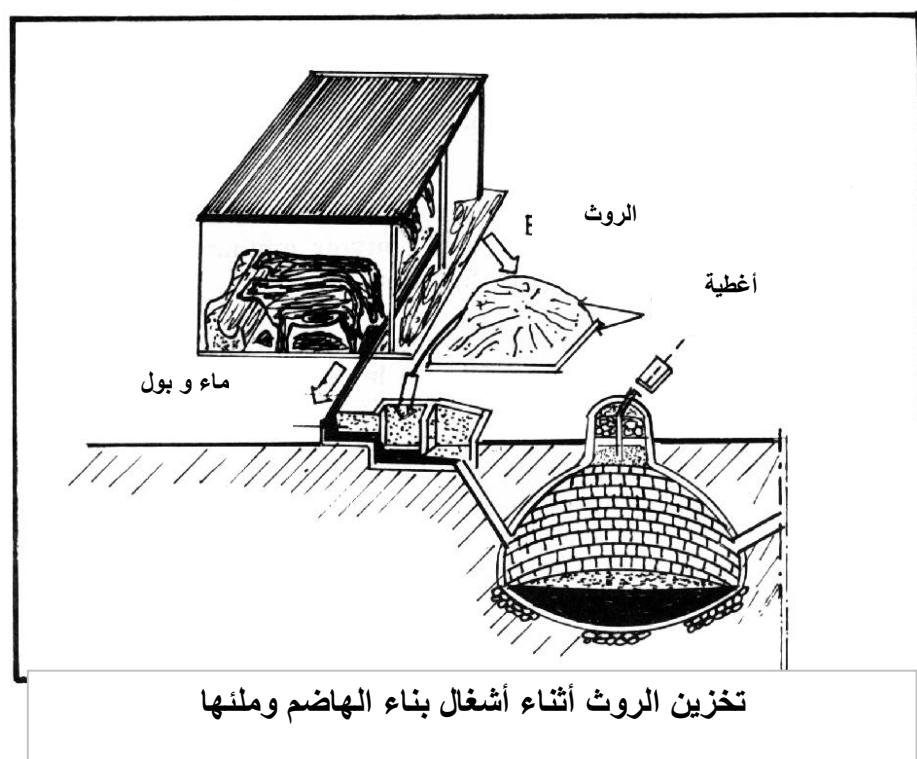
بعد ذلك، يغمر الزبل مع عصارة الحوض السابق، التي تعمل كمخصب والتي تساهم في تخفيف درجة حرارة التخمير اللاهوائي.

يتضاعف حجم الزبل مع إضافة الماء له، لذلك يستحسن إبقاؤه في مكانه بواسطة عارضة من الخيزران أو سياج معدني (أبهظ ثمناً).

يمكن إضافة الماء إن اقتضت الضرورة. ولكن يجب معرفة أن فقاعات الغاز سوف تتسبب في توسيع كتلة المادة. لذا من الواجب تقاضي ملء المهمضمة بالكامل وترك مساحة فارغة من حوالي 30 سم.

▪ النظام المستمر:

أثناء عملية بناء المهمضمة، يجب التفكير في تخزين كميات وفيرة من الروث في الإسطبل أو بجانب المهمضمة. ويستحسن تكديسه فوق غطاء ثم تغطيتها. ويجب توفير حجم يساوي نصف حجم المهمضمة على الأقل، أي ما قدره 10 أمتار مكعباً من الروث لمهمضمة من 20 متراً مكعباً.



وبهذه الطريقة، يتسرى ملء المهضمة بسرعة بمجرد الانتهاء من أعمال بنائها.

يجب عدم استعمال الروث إلا بنسب مماثلة لنسب الماء أو البول. ويجب أن يكون الخليط متماثلاً.

❖ تأقيم المهضمة:

لا تتم عملية التزويد المنظم بالمواد العضوية الطيرية إلا بعد مرور حوالي أسبوعين من بداية إنتاج الغاز.

يجب إفراغ كمية متساوية من الروث والماء (أو البول) يومياً في الجزء الأول من حوض التلقيم. ويساوي هذا الحجم الإجمالي جزءاً من 60 (60%) من الحجم الفعلي للمهضمة (حالة فترة تخمير من 60 يوماً). فمثلاً، تحتاج مهضمة بحجم 20 متراً مكعباً لتلقم بـ 165 كغ من الروث و 165 لتر من الماء والبول.

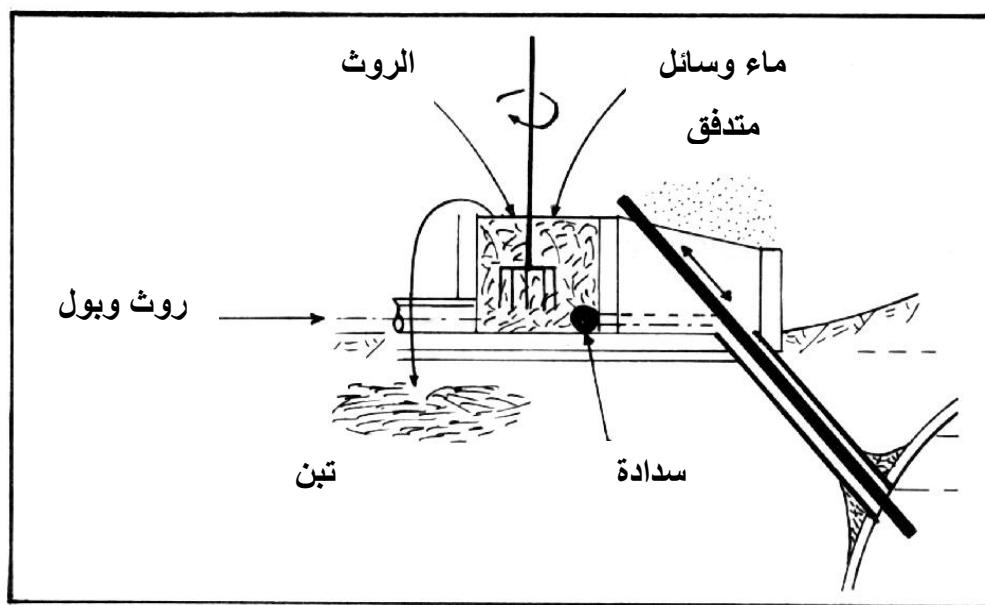
يمكن استخراج كمية من السائل المتتدفق (50 كغ/اليوم) عند مخرج المهضمة لإعادة خلطها بالروث. وهو ما سيسمح بنقص كمية الماء المستخدم ويرفع إنتاجية الغاز الأحيائي.

يمكن سد الثقب الذي يوجد بين جزئي حوض التلقيم بواسطة حجر ملفوف بثوب أو بواسطة لوح خشبي.

يجب تحريك الروث وسحقه جيداً مع الماء بواسطة مذراة أو مدمة من أجل الحصول على خليط متجانس. وهذا الأخير سوف يتدفق نحو أنبوب التلقيم حين تزاح السدادة.

بعد كل استعمال، يجب إفراغ حوض التلقيم وتنظيفه جيداً.

إذا تعذر سيلان خليط الروث والماء في أنبوب التلقيم، يمكن تمرير عصا طويلة من الخشب عدة مرات إلى داخل وخارج



تأقيم (تموين) يومي للمهضمة (الهاضم)

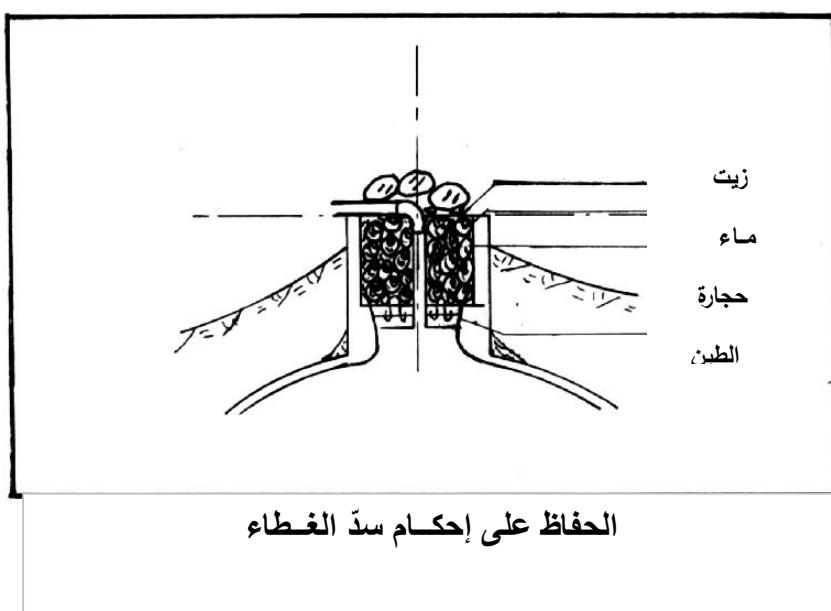
الأنبوب لتفتيت التجلطات وتحريك العصارة من أجل تسهيل تفاعل البكتيريا مع الخليط الجديد ورفع مستوى معالجتها للمادة العضوية.

❖ الحفاظ على إحكام سد الغطاء

يجب أن يبقى الطوق الذي يوجد فوق غطاء المهضمة دائماً مغطى تماماً بالأحجار الثقيلة والماء. يمكن إضافة الزيت (لتفریغ المحرکات) على الماء من أجل تقليل التبخر وطرد الحشرات.

إذا لم يكن هناك أحجار أو ماء، يمكن للغاز الأحيائي أن يتسرّب من جوانب الغطاء. إذا ما ظهرت فقاعات من الغاز الأحيائي في الماء، فيجب نزع الغطاء وإعادة وضعه مرة أخرى بطريقة سليمة (وصلة جديدة من الصلصال،...).

2. صيانة قنوات الغاز:



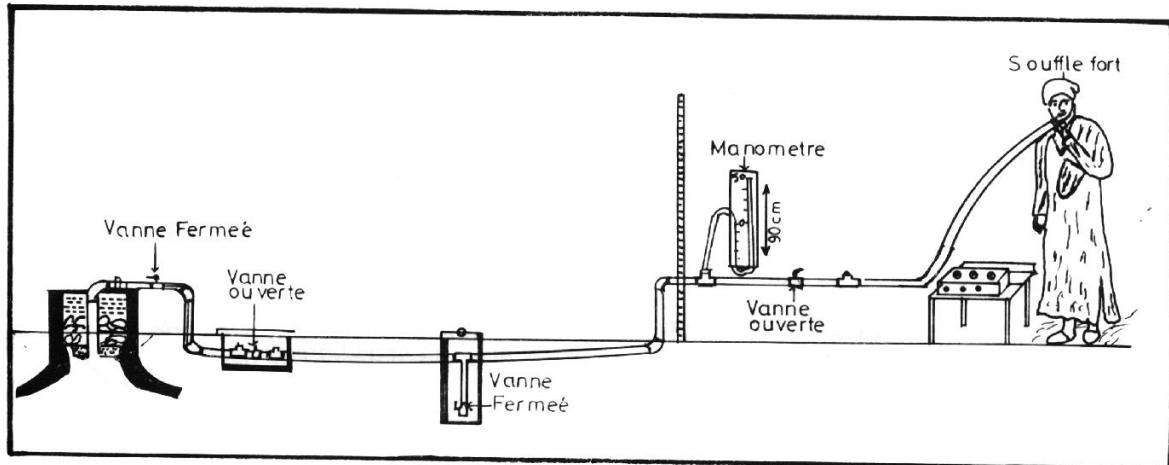
❖ أحكام السد:

يجب اختبار مدى إحكام سد الأنابيب، وذلك عن طريق:

- سد السكر الموجود قرب الغطاء،
- فتح سكر المطبخ،
- فتح الأنبوب الشفاف للمطبخة،
- حقن الهواء بالفم في هذا الأنبوب ورفع نسبة الضغط في المضغط إلى 90 سم في عامود الماء،
- إعادة ربط الأنبوب إلى المطبخة مع طيه للحفاظ على الضغط،
- مراقبة نسبة الضغط في المضغط لمدة 10 دقائق،

- إذا انخفض الضغط، يجب تحديد أماكن التسرب بتمرير الماء والصابون (رغوة) على مختلف الوصلات وقطع الأنابيب.
- إصلاح القطعة التالفة ثم إعادة الاختبار.

يجب أن يكون الجزء الأكبر من الأنابيب المزinkleة مدفونة تحت الأرض بأكثر من 15 سم. وتبقى الأنابيب السطحية هي الأكثر عرضة للضرر، لذلك يجب حمايتها بجدران صغيرة إن اقتضى الأمر.



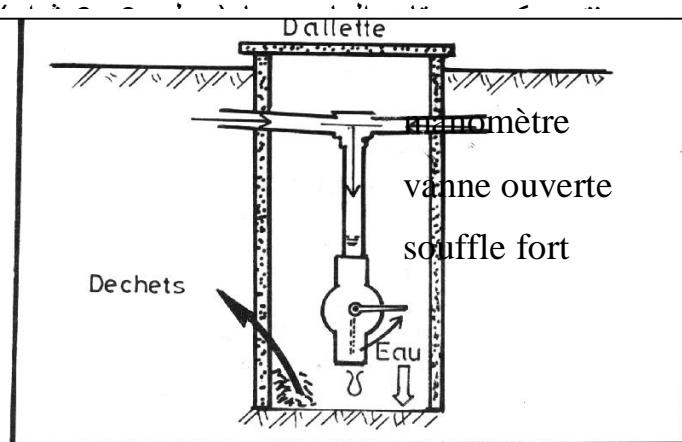
بالنسبة
للأنابيب
الشفافة التي
ترود الأجهزة
بالغاز، فيجب
أن تكون في
منأى عن
النار
والمناطق
الحارة جداً.

سكر مفتوح
سكر مسدود
(مضغاط
مقياس
الضغط)
سكر مفتوح
نفح قوي
اختبار إحكام
سد قنوات الغاز
الأحيائي

- بلاطة
- نفايات- ماء
معيقة ماء (تريغ الماء المكثف)

❖ معيقات الماء:

بعد مرور أيام من ملء المهضمة، يكون الغاز الأحيائي قد أنتج بكميات كبيرة. خلال هذه الفترة يجب فتح سكرer مفتوح *vanne ouverte* معيقات الماء بانتظام من أجل إخراج الهواء من المهضمة. بعد ذلك يصبح الغاز الأحيائي قابلاً للاحتراق (اختبار المطبخ).



PIEGE A EAU
(évacuation de l'eau de condensation)

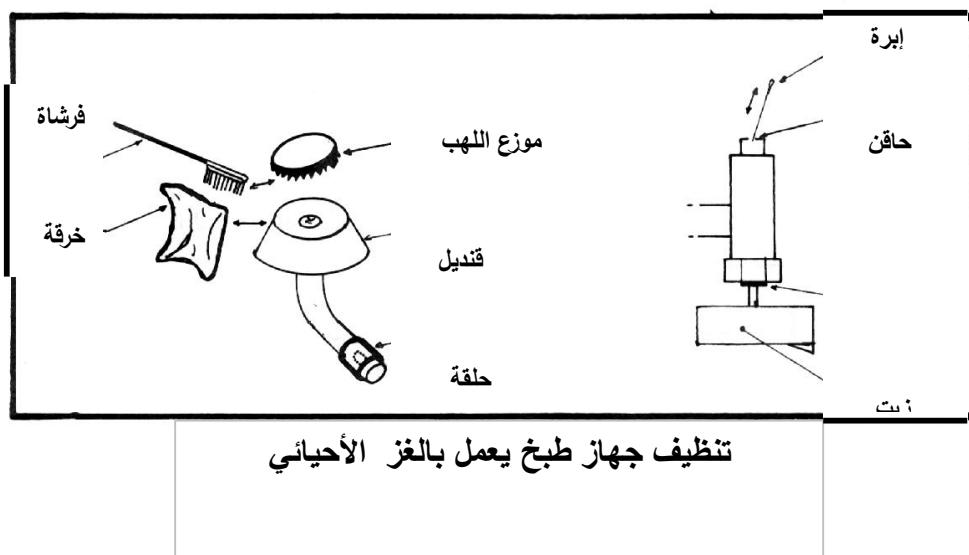
3. صيانة الأجهزة المستخدمة للغاز الأحيائي:

يجب التأكد دائمًا من أن مفاتيح ضبط المطبخة والموقد والفرن والمصابيح مُحكمة السد وتعمل جيداً. وإذا لزم الأمر، يمكن إضافة قليل من الزيت على الصنابير أو استبدالها.

بالنسبة للمحاقن وثقوب المواقد، يجب تنظيفها بواسطة إبرة رقيقة بعد عدة شهور من الاستخدام.

أما المطبخة، فتنظرف بواسطة قطعة ثوب جافة أو مبللة قليلاً كلما اقتضى الأمر. وتفك القناديل لكي تغسل بالماء أو تمسح بفرشاة.

كما يجب فحص مداخل الهواء والتأكد من أنها محكمة السد بواسطة الحلقـة المعدنية أو الشريط اللاصق.



من أجل ضمان تشغيل سليم وأقصى درجات المردودية، من المفترض أن يتفهم المستخدم ويعرف أهمية كافة عمليات الصيانة المنتظمة التي تحتاج إليها منشأة الغاز الأحيائي. فيجب إذن عدم تجاهل مرحلة شرح وتفسير كافة هذه العمليات للمستخدم المعنى بالأمر.

ومن جهة أخرى، إذا ما فشل استخدام المنشأة بسبب تقصير المستخدم، فإن فرص نجاح هذه التقنية في منطقة قد تكون في أمس الحاجة إليها قد تض محل بالمرة، إذ أن المستخدم لن يعترف أبداً بتقصيره ومسؤوليته في فشل التجربة.

ينبغي إذن أن يفهم أنه عندما يتمكن المستخدم من استيعاب كافة عناصر وإجراء عمليات الصيانة، فإنه سرعان ما تصبح هذه الصيانة مهام روتينية سهلة وسريعة التنفيذ.

تختلف عمليات الصيانة حسب أنواع المهاضم. وفي ما يلي مجموع النقاط التي يجب أخذها بعين الاعتبار من أجل وضع دفتر للصيانة على شكل استعمال للزمن مثلاً، مع تحديد وتيرة تكرار هذه العمليات. وبصفة عامة، يمكن تلخيص هذه العمليات على النحو التالي:

- الشحن والإفراغ: الوتيرة وطبيعة نوع النظام (يومية أو كل 20 يوماً في حالة نظام غير مستمر مثلاً).
- صيانة الحوض: إفراغ كامل مرة أو مرتين في كل عام.
- فحص حالة البناء.
- فحص الأجزاء المعدنية مراراً. يجب إعادة طلاء الأجزاء المعدنية في أوقات محددة (في حالة المهاضم الهندية).
- فحص يومي لوصلات الماء والأنابيب في شكل U وإعادة مستوى الضغط. إضافة منتظمة لطبقة رقيقة من الزيت (كل شهر مثلاً).
- فحص المفرغات يومياً أو أسبوعياً حسب نوعيتها. ومع الاستخدام يمكن تحديد الوتيرة الأمثل ل القيام بهذا الفحص.
- فحص يومي للصناعير والأنابيب على الأقل فيما يخص تسرب الرائحة. ويمكن القيام بفحص أكثر دقة باستعمال الماء والصابون مرة كل شهر، وكلما لوحظ نقص غير عادي لكمية الغاز المنتج.