

برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

البرنامج التدريبي كيميائي مياه الصرف الصحي - الدرجة الثانية

معالجة وتداول وإعادة استخدام الحمأة



المحتويات

٢	 معالجة وتداول وإعادة استخدام الحمأة
٢	 مقدمة
٣	 خصائص الحمأة
٣	 تصنيف (مصادر) الحمأة
٥	 نظم معالجة الحمأة Systems of sludge treatment
١٥	 تثبيت الحمأة
١٨	 تحسين الحمأة
١٩	 التحسين بالمواد الكيميائية
٢٠	 التحسين بغسيل الحمأة
٢٠	 تجفيف أو سحب المياه من الحمأة (ترشيح الحمأة)
٢٨	 أنواع الكمر:
٢٨	 مراحل عملية الكمر:
٣٣	 استخدام الأراضي الزراعية للتخلص من الحمأة
٣٤	 الحمأة الآمنة
٣٥	 التخمر اللاهوائي (Anaerobic Digestion)
٣٦	 الكمر (Composting):
٣٦	 إضافة الجير (Lime Stabilization):
٣٧	 عملية تجفيف الحمأة:
٣٧	 استخدامات الحمأة بمصر
٣٩	 المتطلبات العامة (التراخيص) لإنتاج واستخدام الحمأة
٤١	 إنتاج الحمأة داخل محطات معالجة مياه الصرف الصحي
٤٣	 تنظيم تداول الحمأة خارج محطات الصرف الصحي
٤٤	 معايير استخدام الحمأة في الزراعة
٤٦	 مراقبة استخدام الحمأة
٤٦	 أولاً: جمع عينات تحليل الحمأة
٤٧	 ثانياً: المتابعة الدورية
٥٠	 حالات سحب التراخيص

معالجة وتداول وإعادة استخدام الحمأة

مقدمة

الغرض الأساسي من معالجة الحمأة الناتجة عن الصرف الصحي هو فصل السوائل (المياه) عن المواد الصلبة (الجوامد) العالقة سواء كانت مواد عضوية أو غير عضوية، أيضاً من ضمن أهداف المعالجة السليمة هو التخلص الآمن من مسببات المرضية وبويضات الديدان المعوية. وبعد المعالجة يتم التخلص من مياه الصرف الصحي بأحد الطرق المناسبة لظروف البيئة المحيطة بمواقع محطات الصرف الصحي، أما معالجة الحمأة (الجوامد العالقة مع المحتوى المائي لها) والتي تتجمع بعد عملية الترسيب Sedimentation في أحواض ترسيب منفصلة أو مع المواد الطافية (الخبث scum)، ويمكن التخلص منها مباشرة (بدون معالجة) أو بعد معالجتها.

وبالتالي فإن الحمأة السائلة عبارة عن المواد العضوية العالقة التي ترسبت بأحواض الترسيب المختلفة ممزوجة بكمية كبيرة من المياه تختلف نسبتها باختلاف نوعية الصرف الصحي الخام وخصائصه وكذلك نظم معالجتها، ومثالاً لذلك نجد أن نسبة المياه بالحمأة المنشطة حوالي ٩٨,٥% بينما نسبتها بالحمأة العادية الراسبة بأحواض الترسيب الابتدائية حوالي ٩٥%.

ويتضح من ذلك أن أقل كمية حمأة سائلة نحصل عليها هي الناتجة من أحواض الترسيب النهائي، والتي تعقب نظم المعالجة بالنمو للكائنات الحية الدقيقة Microorganisms الملتصقة علي أسطح المرشحات، (مثل المرشحات الزلطية) إذ تبلغ حوالي ٠,٧٥ م^٣ لكل ١٠٠٠ م^٣ من مياه الصرف الصحي الخام، بينما تكون أكبر كمية لها هي الناتجة من أحواض الترسيب النهائي التي تعقب نظم المعالجة بإضافة الحمأة (الحمأة المنشطة Activated sludge) إذ تبلغ كميتها حوالي ٢٠ م^٣ لكل ١٠٠٠ متر مكعب من الصرف الصحي الخام، أي حوالي ٢٦ ضعفاً، لذا يجب العمل علي تكثيفها قبل معالجتها أو التخلص منها، أو إعادة الزائد منها (الحمأة المنشطة) إلى أحواض الترسيب الابتدائية للاستفادة من نشاط الكائنات الحية الدقيقة Microorganisms.

خصائص الحمأة

تتميز الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب الابتدائية برائحتها الكريهة بسبب الأمونيا، كما تتراوح نسبة الماء الذي تحتويه بين ٩٤ - ٩٩%، ويتأثر حجم الحمأة إلى حد كبير بنسبة احتوائها علي الماء مع بقاء كمية المواد الصلبة كما هي، فإن الحجم الكلي للحمأة سوف يزداد تبعاً لذلك، كما هو موضح.

تصنيف (مصادر) الحمأة

يمكن تصنيف الحمأة تبعاً لنوع ومدى العمليات التي نتجت منها أو التي أجريت عليها، وهو كما يلي:

١ - الحمأة الابتدائية Primery sludge

تعرف الحمأة الابتدائية أو الخام بأنها الحمأة الناتجة عن ترسيب المواد العالقة في أحواض الترسيب الابتدائية، وتتميز برائحتها الكريهة وتتراوح نسبة الرطوبة بها بين ٩٤ - ٩٧%.

٢ - حمأة الدوبال Humus

وهي الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب النهائية التي تعقب المرشحات البيولوجية، وتعرف أيضاً بالحمأة المتحللة، ويمكن إعادتها إلى أحواض الترسيب الابتدائية لتفصل مع الحمأة الخام وتنقل إلى أحواض التجفيف. والجدير بالذكر أن زيادة الأحمال الهيدروليكية على المرشح تؤدي إلى نقص تركيز الحمأة، لذلك فمن الطبيعي أن الحمأة الناتجة من المرشحات عالية السريان تكون أقل تركيزاً من الحمأة الناتجة من المرشحات بطيئة السريان.

٣ - الحمأة المنشطة Activated sludge

تعرف بالحمأة الناتجة من أحواض الترسيب النهائية التي تلي أحواض التهوية في مرحلة المعالجة البيولوجية، ونظراً لتعرض هذا النوع من الحمأة (أكثر من غيره) إلى عمليات تهوية قوية ومستمرة فلذلك لا تظهر له رائحة، كما أنها يحتوى على نسبة كبيرة من الماء تصل إلى ٩٩% أو أكثر. وليس من السهل فصل الماء عن المواد الصلبة في الحمأة المنشطة، كما أنه من التبديد بمكان

تجفيف الحمأة المنشطة مباشرة في أحواض التجفيف، لذلك تستخدم عمليات هضم الحمأة (تخمير الحمأة) أو بعض العمليات الكيميائية المختلفة لخفض المحتوى المائي لها وبالتالي تقليل حجمها بدرجة مقبولة.

٤ - الحمأة المترسبة كيميائياً

يمكن استخدام بعض العمليات الكيميائية المساعدة لإنجاز عمليات الترسيب بسرعة وكفاءة مقبولة في بعض محطات معالجة مياه الصرف الصحي، وخصوصاً في محطات معالجة مياه الصرف الصناعية، ورغم سهولة الترسيب باستخدام العمليات الكيميائية إلا أن الحمأة الناتجة تتميز بمحتواها المائي المرتفع والذي يجعل من الصعب استخدام أحواض التجفيف مباشرة، وعادةً ما يتم تخميرها قبل التخلص منها.

٥ - الحمأة المهضومة (أو المخمرة)

تنتج الحمأة المهضومة أو المخمرة من العمليات الخاصة بتخمير الحمأة بمعزل عن الهواء (أي في عدم وجود الأكسجين Anaerobic condition)، وهي عمليات بيولوجية تهدف إلى تحلل أكبر قدر ممكن من المواد العضوية الموجودة بطريقة غير هوائية وذلك بفعل البكتريا اللاهوائية، فهي لا تحتاج الأكسجين بل تحصل علي الطاقة من مركبات أخرى، ويمكن أن تؤدي إلى:

* أكسدة المواد القابلة للتحلل لاهوائياً.

* الفصل الكامل للمواد الصلبة عن السائل تمهيداً لتجفيفها.

* خفض كتلة الحمأة بنسب تتراوح بين ٢٥ - ٤٠ %.

وتتميز الحمأة المهضومة بلونها القاتم وبتجانسها، كما أن لها رائحة محتملة عندما تكون رطبة، ويتم تجفيفها بعد ذلك في أحواض التجفيف نظراً لانخفاض محتواها المائي نتيجة لعمليات الهضم.

نظم معالجة الحمأة Systems of sludge treatment

هناك مراحل متتالية لمعالجة الحمأة، ويمكن اختيار المناسب منها لنظام المعالجة، ويتوقف هذا الاختيار على مجموعة عوامل مختلفة أهمها ما يلي:

- * الظروف البيئية للمنطقة المنتج بها الحمأة.
 - * النواحي الاقتصادية أي تكاليف معالجة الحمأة.
 - * الموقع الجغرافي والمناخي لمنطقة موقع محطة المعالجة.
 - * درجة جودة المعالجة المطلوبة للحمأة ومدى إمكانية إعادة استخدامها في الزراعة.
- ويوضح الجدول رقم (١) مراحل معالجة الحمأة والغرض من كل مرحلة.

جدول رقم (١) طرق ومراحل معالجة الحمأة

م	مراحل معالجة الحمأة	الغرض من وحدات معالجة الحمأة
	١ - الأعمال التمهيدية:	
١-١	طحن الحمأة	تقليل حجم الحمأة
٢-١	إزالة الأتربة	فصل الأتربة والمواد الغير عضوية العالقة
٣-١	خلط ودمج الحمأة	تجانس الحمأة
٤-١	تخزين الحمأة	المقصود بها الفترة التي تظل ثابتة وصالحة للاستخدام بدون فساد
	٢ - تكثيف الحمأة:	
١-٢	التكثيف بالترسيب الطبيعي	تقليل حجم الحمأة
٢-٢	التكثيف بالتعويم	تقليل حجم الحمأة
٣-٢	التكثيف بالطرد المركزي	تقليل حجم الحمأة
	٣ - تثبيت الحمأة:	
١-٣	التثبيت بالكلور	تثبيت الحمأة

جدول رقم (١) طرق ومراحل معالجة الحمأة

م	مراحل معالجة الحمأة	الغرض من وحدات معالجة الحمأة
٢-٣	التثبيت بالجير	تثبيت الحمأة
٣-٣	التثبيت بالتسخين (الحرارة)	تثبيت الحمأة
٤-٣	التخمير اللاهوائي	تثبيت الحمأة + تقليل حجمها + الحصول على غاز الميثان
٥-٣	التخمير الهوائي	تثبيت الحمأة + تقليل حجم الحمأة
٤-١	٤- تحسين الحمأة: بالمواد الكيميائية	تحسين خصائص الحمأة
٤-٢	بالغسيل	نقع الحمأة وتنظيفها
٤-٣	بالتسخين	تحسين خصائص الحمأة
٥-١	٥- تعقيم الحمأة: جميع طرق التعقيم	قتل البكتريا وخاصة الممرضة
٦-١	٦- سحب المياه من الحمأة: الترشيح بالخللة	تقليل حجم الحمأة
٦-٢	الترشيح بالضغط	تقليل حجم الحمأة
٦-٣	الترشيح بالسير الأفقي	تقليل حجم الحمأة
٦-٤	الترشيح بالطرد المركزي	تقليل حجم الحمأة
٦-٥	ترشيح طبيعي بأحواض التجفيف الرملية	تقليل حجم الحمأة

جدول رقم (١) طرق ومراحل معالجة الحمأة

م	مراحل معالجة الحمأة	الغرض من وحدات معالجة الحمأة
٦-٦	بالبرك والمستنقعات	تقليل حجم الحمأة والتخزين
٧-٧	٧- تجفيف الحمأة: التجفيف السريع	تقليل الحجم والوزن
٢-٧	التجفيف بالرش	تقليل الحجم والوزن
٣-٧	المجفف الدوار	تقليل الحجم والوزن
٤-٧	المجفف المتعدد الأفران	تقليل الحجم والوزن
٥-٧	التجفيف بمساعدة الزيت	تقليل الحجم والوزن
٨-٨	٨- تحلل الحمأة: تحلل الحمأة	تقليل الحجم + سماد عضوي
٢-٨	تحلل الحمأة والنفايات الصلبة العضوية	تقليل الحجم + سماد عضوي
٩-٩	٩- الاختزال الحراري للحمأة: المحارق متعددة الأفران	تقليل حجم الحمأة + حرارة
٢-٩	تسييل الحمأة بالحرق	تقليل حجم الحمأة
٣-٩	الاحتراق الوميضي	تقليل حجم الحمأة
٤-٩	المحارق مع النفايات الصلبة	تقليل حجم الحمأة + حرارة
٥-٩	الأكسدة بالهواء الرطب	تقليل حجم الحمأة
٦-٩	التحلل الحراري مع النفايات الصلبة	تقليل حجم الحمأة + حرارة

جدول رقم (١) طرق ومراحل معالجة الحمأة

م	مراحل معالجة الحمأة	الغرض من وحدات معالجة الحمأة
١	الردم التخلص من الحمأة:	التخلص من الحمأة
٢	التنثر على سطح الأرض	التخلص من الحمأة
٣	استصلاح الأراضي	سماد والتخلص من الحمأة
٤	التخزين في البرك والمستنقعات	التخلص من الحمأة وإعادة استخدامها

ويوضح الشكل رقم (١) خطوات معالجة الحمأة المتكامل، كما يعرض الشكل رقم (٢) نظام معالجة الحمأة بالطرق البيولوجية، والشكل رقم (٣) يعرض نظام معالجة الحمأة بالطرق غير البيولوجية.

ونظراً لوجود ظهير صحراوي لمعظم مناطق جمهورية مصر العربية دون الدلتا، فقد أمكن الاعتماد على بعض من مراحل المعالجة دون غيرها، ويوضح الشكل رقم (١) النظم الشائعة الاستخدام لمعالجة الحمأة (الرواسب الناتجة) من أحواض الترسيب الابتدائية والنهائية بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي في جمهورية مصر العربية.

ونظراً لأن عملية التكتيف بالتعويم يعطى نتائج ممتازة للحمأة المنشطة الزائدة، لذلك نوصى بصرف الحمأة النشطة الزائدة إلى أحواض الترسيب الابتدائي بمحطة المعالجة.

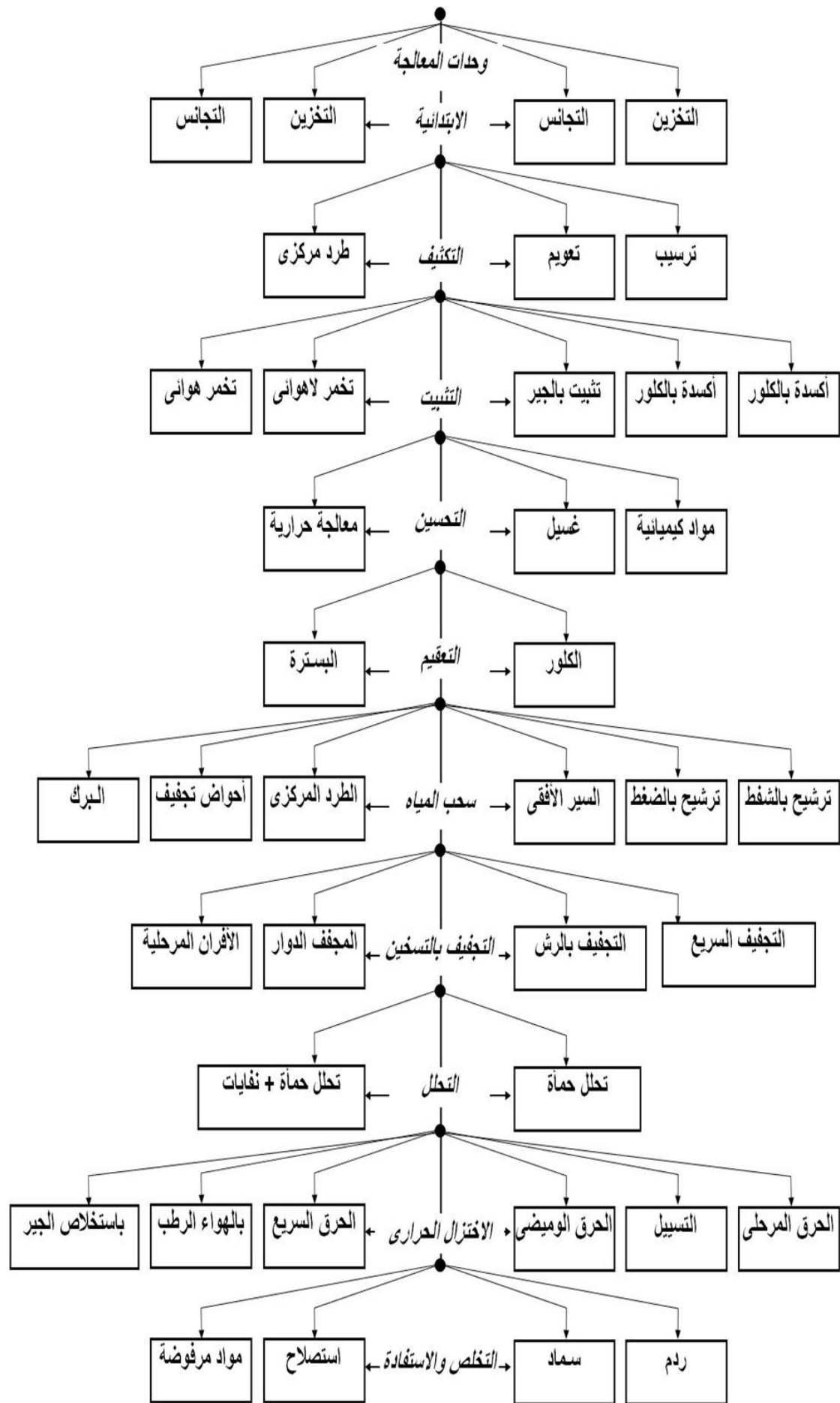
١. أحواض تكثيف (تركيز) الحمأة

التكثيف بالتريسيب الطبيعي لخليط من الحمأة الناعمة من أحواض التريسيب الابتدائي مع الحمأة المنشطة الزائدة تعطى نتائج ممتازة في محطات المعالجة الكبرى أما في محطات المعالجة الصغرى فلا يعطى نتائج جيدة.

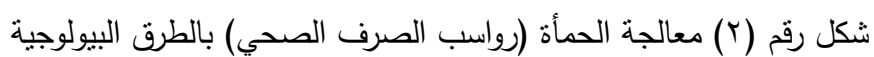
وتقليل حجم الحمأة باستخدام ظاهرة التكثيف (التركيز) يعتبر مكسب كبير لوحدات معالجة الحمأة (مثل أحواض التخمر ووحدات سحب المياه ووحدات الترشيح وعمليات حرق الحمأة)، ومن الممكن تكثيف الحمأة في وحدات معالجة مياه الصرف الصحي إما داخل أحواض التريسيب الابتدائي أو أحواض تخمر الحمأة أو منفصلة في أحواض خاصة بالتكثيف، ويجب عند استخدام أحواض التكثيف إعادة المياه المرفوضة منها إلى مدخل وحدات معالجة مياه الصرف الصحي لإعادة معالجتها نظراً لشدة تلوثها.

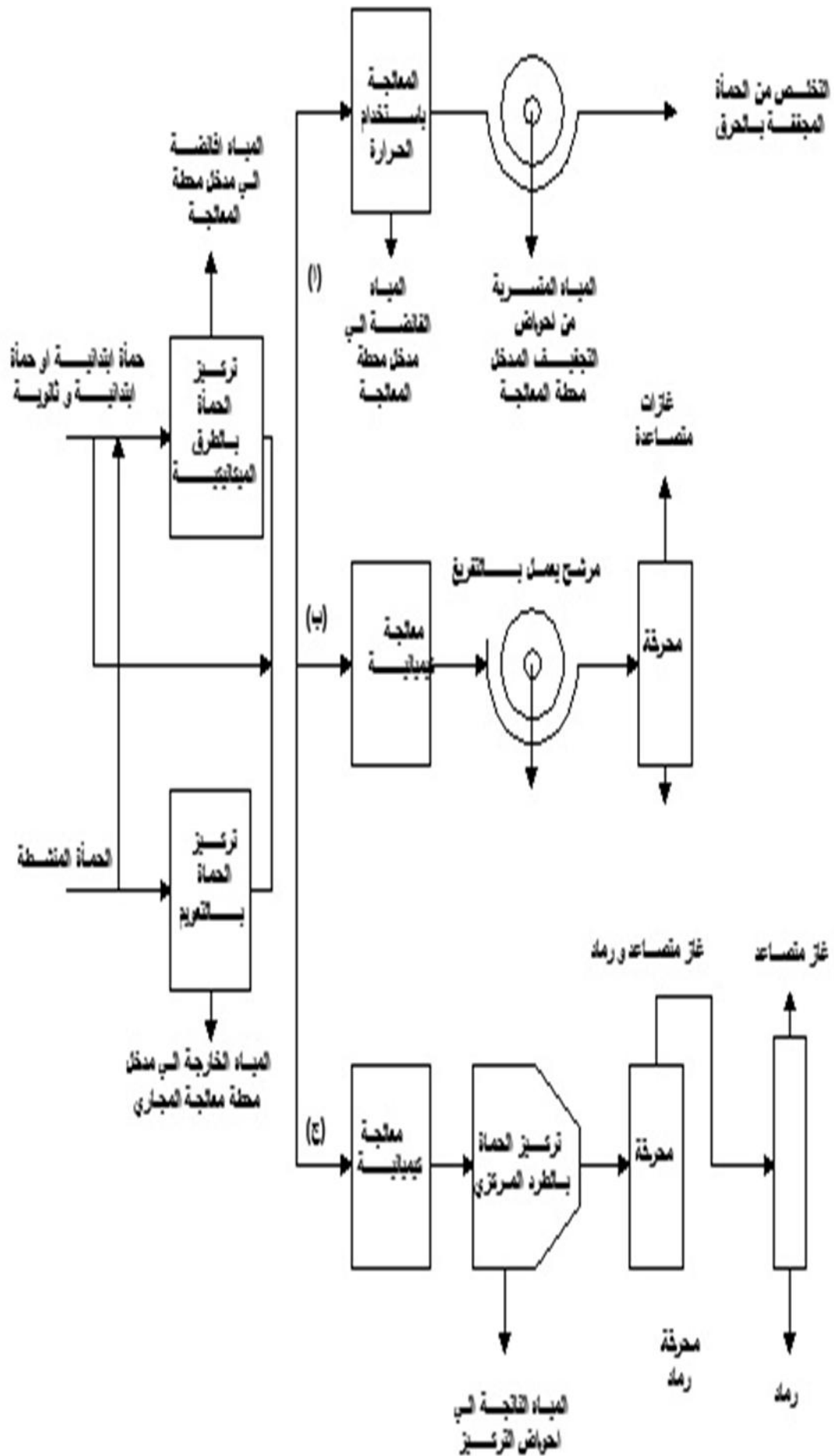
وتصمم أحواض تكثيف الحمأة اعتماداً على معدل التحميل السطحي الهيدروليكي، والذي يتراوح بين ٢٠ إلى ٣٥ م^٣/م^٢/يوم وكذلك معدل التحميل العضوي.

والشكل رقم (٥) يوضح تفاصيل حوض التكثيف (التركيز) المربع الشكل أما الشكل رقم (٦) فيوضح تفاصيل حوض التكثيف (التركيز) الدائري.

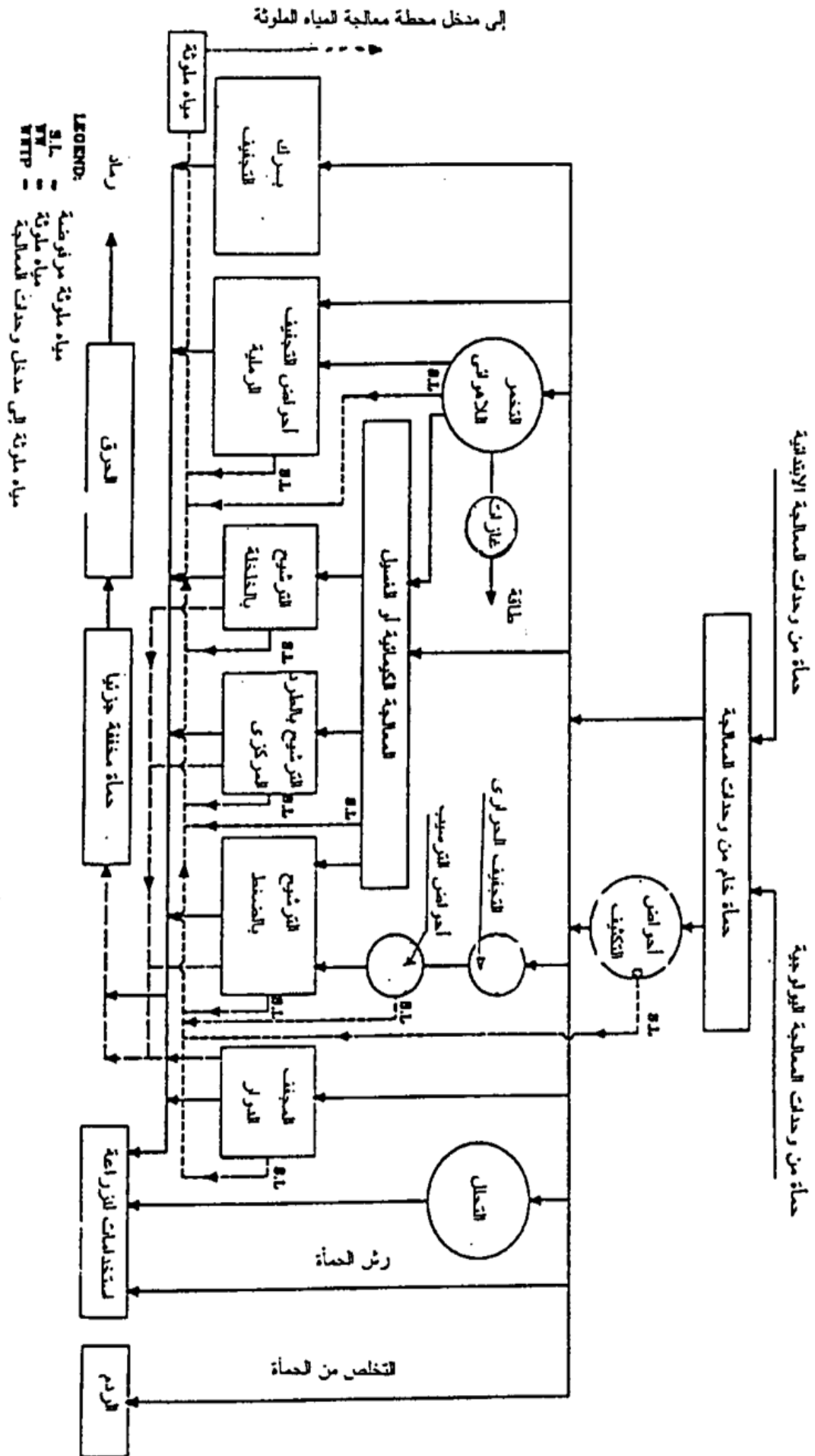


شكل رقم (1) النظم المختلفة لمعالجة الحمأة

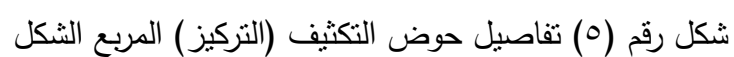




شكل رقم (٣) معالجة الحمأة (رواسب الصرف الصحي) بالطرق غير البيولوجية



شكل رقم (٤) النظم شائعة الاستخدام لمعالجة الحمأة في جمهورية مصر العربية





شكل (٦) حوض التكتيف الدائري الشكل

تثبيت الحمأة

توجد عدة طرق لتثبيت الحمأة المذكورة بالجدول رقم (١) السابق ذكرة وسوف نكتفي بشرح نوعين منها هما التخمر اللاهوائي والتخمر الهوائي.

١ التخمر اللاهوائي للحمأة

الهدف من عملية التخمر اللاهوائي هو الحصول على حمأة خالية من الميكروبات والجراثيم الممرضة، والحصول على غاز الميثان القابل للاشتعال لاستخدامه كوقود والحصول على حمأة مخمرة لاهوائيا تستخدم كسماد عضوي لأن نسبة تركيز الأزوت بها عالية، وذلك عن طريق تخمير الحمأة لاهوائيا بتخزينها في أحواض خاصة مغلقة، اي لاتتصل بالهواء الجوي فتتنشط البكتريا المتغيرة واللاهوائية وتتحلل المواد العضوية فيتحول جزء كبير منها إلى غازات تحتوي على ٦٠-٧٠% غاز الميثان (CH_4) (البيوجاز - الغاز الحيوي) وهو غاز قابل للاشتعال و ٢٥-٣٠% ثاني أكسيد الكربون (CO_2)

وأيضاً وجود حوالي ١,٥% - ٣% نيتروجين (N_2).

ومن واقع النتائج المتاحة من تشغيل الكثير من محطات المعالجة في العالم تبين أن عملية التخمير اللاهوائي يمكن إجرائها بطريقتين هما:

الأولى : التخمير اللاهوائي سريع المعدل ذو المرحلة الواحدة.

الثانية: التخمير اللاهوائي سريع المعدل ذو المرحلتين.

• التخمير اللاهوائي سريع المعدل ذو المرحلة الواحدة

لتحسين كفاءة التخمير اللاهوائي بطئ المعدل ليصبح سريع المعدل نتيجة تأثير مجموعة عوامل تؤثر في التخمير اللاهوائي وتضم:

- تأثير درجة حرارة الحمأة (من ٣٠ - ٤٠ م°) على فترة مكثها داخل أحواض التخمير اللاهوائي، وقد أمكن درجة حرارة الحمأة بسهولة عن طريق استخدام السخانات الطاقة الشمسية نظراً لتوفر هذه الطاقة في مصر، أما درجات الحرارة بين ٤٥ - ٥٥ م° فتعتبر غير اقتصادية.
- تأثير عملية خلط الحمأة داخل أحواض التخمير اللاهوائي.
- تأثير تركيز الجوامد بالحمأة (بتكثيف الحمأة) على التخمير اللاهوائي.
- تأثير التغذية المستمرة للحمأة الخام على أحواض التخمير اللاهوائي.

ونتيجة للدراسة، أتضح أن تكثيف الحمأة حتى ٤% قبل عملية التخمير اللاهوائي يساعد على تقليل حجم الحمأة الداخلة له، كذلك تقليل حجم الحمأة بعد التخمير اللاهوائي إلى ٤٣% من حجمها بعد التكثيف.

ويبين الشكل رقم (٨) تفاصيل حوض التخمير اللاهوائي ذو المرحلة الواحدة بغطاء متحرك والشكل رقم (٩) بغطاء ثابت.

ويجب معرفة خصائص الحمأة بعد عملية التكثيف وتحديد العناصر السامة بها، وكذلك المعادن الثقيلة حتى لا تؤدي إلى موت البكتريا اللاهوائية اللازمة لعملية التخمير اللاهوائي.

• التخمر اللاهوائي سريع المعدل ذو المرحلتين

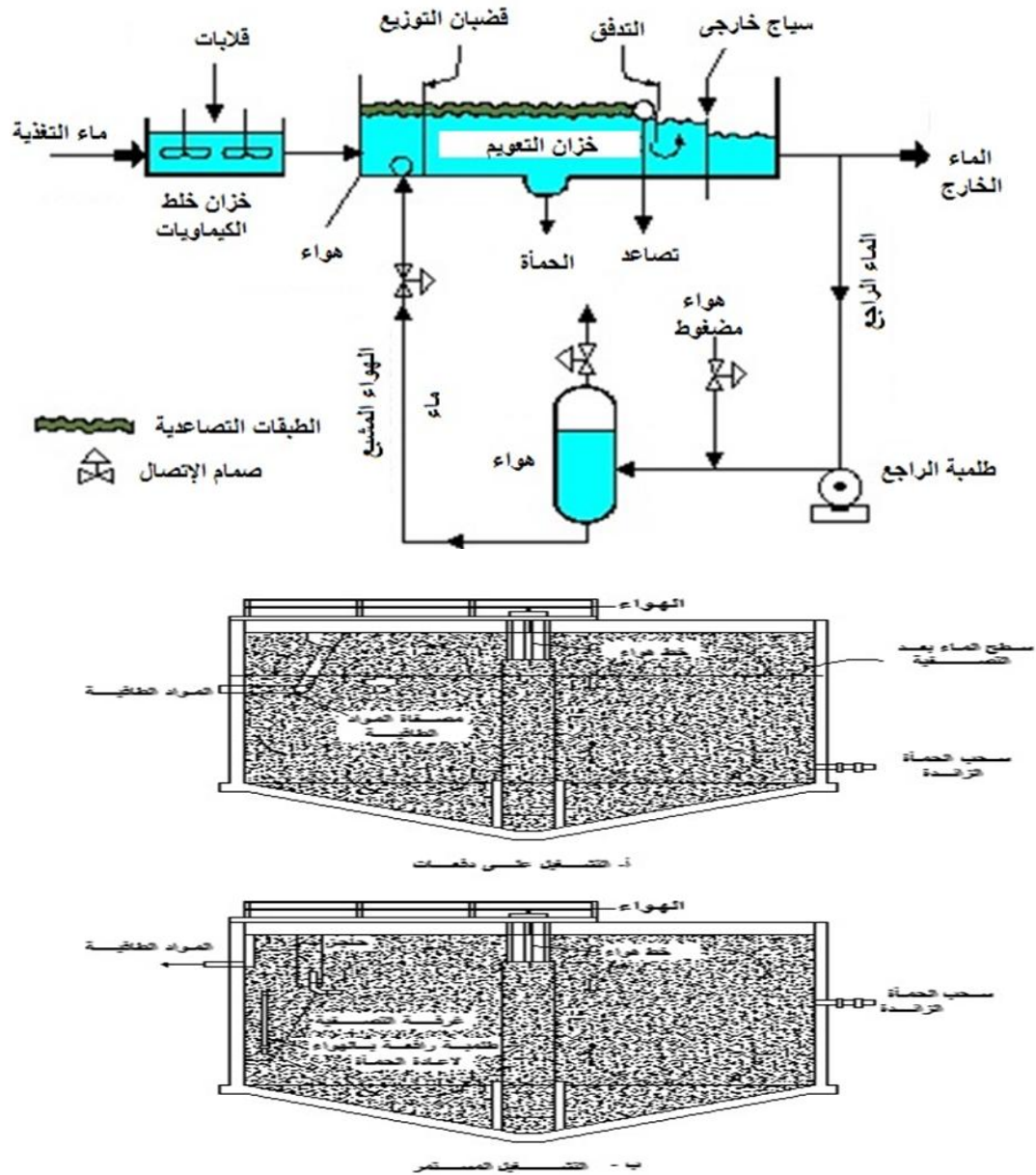
في هذا النوع يتم إضافة حوض للتخمر اللاهوائي مشابه للحوض الأول ولكنه يختلف في عدم حاجته لتسخين الحمأة أو تقليبيها والغرض الأساسي إعطاء فرصة للتكثيف حيث يتم ترسيب الحمأة المخمرة والمهضومة إلى أسفل الحوض وسحب المياه المرفوضة من النصف العلوي للحوض، وقد تلاحظ أن كمية الجوامد اللازمة لإنتاج غاز الميثان أقل في الحوض الثاني، ومن ثم فإن إنتاج غاز الميثان أقل في الحوض الثاني ولكن بهذه الطريقة أمكن التغلب على مشكلة الخبث والمواد الطافية بالحوض ذو المرحلة الواحدة وكذلك تقليل المواد العالقة الدقيقة في المياه المرفوضة. ونظراً لارتفاع التكاليف المادية لهذا النظام وكذلك الحصول على كفاءة ليست مختلفة اختلافاً كبيراً عن التخمر اللاهوائي ذو المرحلة الواحدة، لذلك سوف يكتفي بالنظام الأول فقط مع التغلب على المشاكل المصاحبة للتخمر اللاهوائي ذو المرحلة الواحدة كما سيرد ذكره فيما بعد، وقد أتضح تأثير ارتفاع درجة حرارة الحمأة على فترة المكث داخل أحواض التخمر اللاهوائي وأيضاً تأثيرها على كمية الغاز الناتجة من هذا التخمر اللاهوائي.

٢ التخمر الهوائي للحمأة

التخمر الهوائي للحمأة يعتبر كنظام التهوية الممتدة للحمأة المنشطة في المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي، وتتراوح فترة المكث للتهوية ١٢ يوماً للحمأة الناتجة من المعالجة الابتدائية و ١٠ أيام للحمأة الناتجة من كل من محطة المعالجة (البيولوجية)، كما أن ارتفاع درجة حرارة الحمأة يساعد على سرعة التخمر الهوائي في التشغيل وتقليل فترة المكث، ومن مميزات التخمر الهوائي للحمأة المرونة في التشغيل وتحمله للأحمال العضوية المفاجئة وخاصة في المخلفات العضوية الصناعية، كذلك انخفاض تكاليف الإنشاء المبدئية بالمقارنة بالتخمر اللاهوائي للحمأة، ولكن من عيوبه الزيادة الكبيرة في تكاليف التشغيل والصيانة، والشكل رقم (١٠) يوضح تفاصيل أحواض التخمر الهوائي للحمأة.

تحسين الحمأة

نظراً لأن المحتوى المائي للحمأة المكثفة يعتبر كبيراً ويصل إلى ٩٧%-٩٨%، وبمعرفة درجة حرارة الحمأة يمكن تحديد مراحل تبخر المياه بهذا المحتوى المائي، وفي معظم الحالات نجد أن الماء الحر (أ) بالحمأة كما هو موضح بالشكل رقم (١١) سهل ترشيحه بمجرد نشر الحمأة على أحواض الترشيح الرملية بمساعدة أشعة الشمس فقط، أما المحتوى المائي المتحد بحبيبات الحمأة (ب) فيجب العمل على تبخيره بالحرارة (التسخين) وبغرض المساعدة على تسهيل عملية سحبه، وهو الهدف الرئيسي من عمليات تسخين الحمأة، إذ أن المقصود بلفظ تحسين (تكيف) الحمأة هو العمل على سرعة قابليتها لفصل المياه منها، ويتم ذلك عن طريق إضافة كيميائية مجلطة أو بغسيل الحمأة أو بالتسخين.

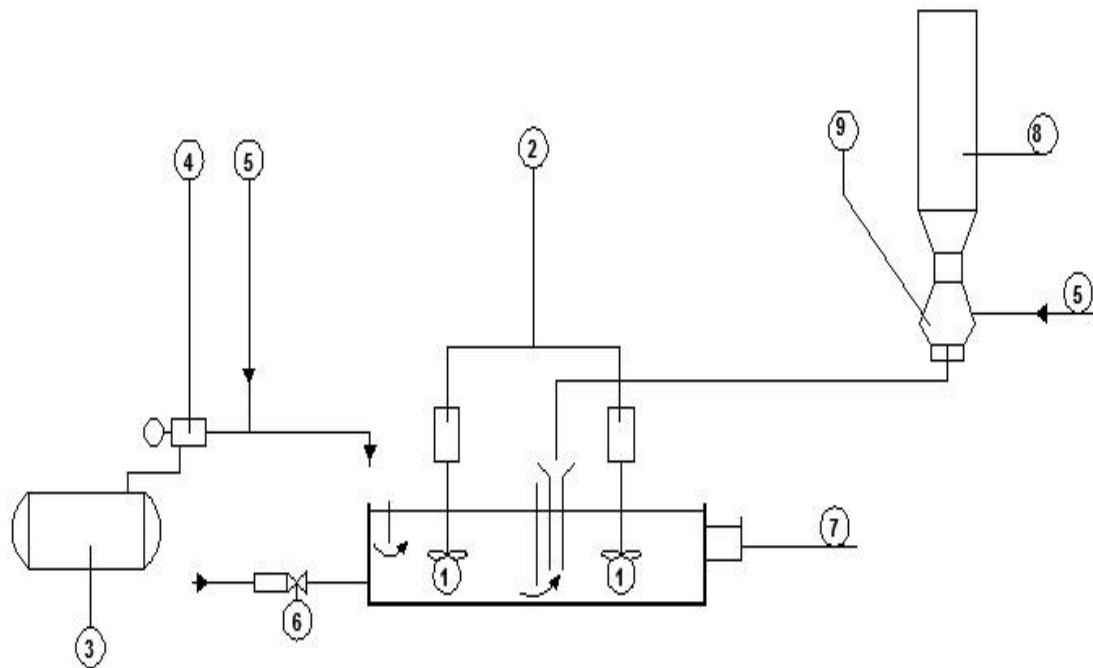


شكل رقم (١٠) تفاصيل حوض التخمير الهوائي للحمأة

التحسين بالمواد الكيميائية

تم استخدام المواد الكيميائية لتحسين خصائص الحمأة نظراً لنتائجها الممتازة، وهذه المواد الكيميائية تعمل على تخثر المواد الصلبة وفصلها عن المياه، ومن ثم يتم استخدام الطرق الميكانيكية في سحب المياه من الحمأة مثل الترشيح بالخلخلة أو بالقوة الطاردة المركزية بعد تحسين خصائص الحمأة باستخدام هذه المواد المُخَثِّرة مثل كلوريد الحديد $FeCl_3$ ، شكل رقم (١٢)، والجير (أكسيد كالسيوم) وكبريتات الألومنيوم $AlSO_4$ والمواد العضوية المساعدة (البوليمر)، ويفضل إضافة مثل هذه المواد على هيئة محلول (الطريقة الرطبة) لسهولة أعمال المناولة والتحضير والتحكم، ويجب أن تخلط هذه المواد الكيميائية المُخَثِّرة جيداً مع الحمأة.

كما يمكن تحديد جرعتها عملياً علماً بأنه كلما زادت جرعة المواد الكيميائية زادت التكاليف الاقتصادية، كما أن بعض المواد الكيميائية المُخَثِّرة مثل الجير قد تزيد من صعوبة سحب المياه من الحمأة، وذلك لأن الجير شربه جداً للماء ونتيجة لعمليات التحسين يتم خفض المحتوى المائي بنسبة كبيرة في الحمأة.



- | | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| 1- أحواض التصفية | 6- صمام طلبية التغذية التلقائي |
| 2- وحدات التقليب الكهربائية -موتور | 7- لي-قنر التفريغ |
| 3- خزان كلوريد الحديد | 8- مخزن الجير و معلات التسيل |
| 4- مضخة الجرعات | 9- مضخة الجرعات |
| 5- ماء التفتيف | |

شكل رقم (١٢) رسم تخطيطي لوحدة تحسين الحمأة باستخدام المواد الكيميائية مثل كلوريد الحديد

التحسين بغسيل الحمأة

وتتلخص هذه العملية في إضافة ماء نظيف نسبياً إلى الحمأة بما يعادل ضعفها أو أكثر، ثم تترك الحمأة بأحواض التكتيف (التركيز) لكي تترسب المواد العالقة بقاع الحوض بينما يخرج الماء الملوث والرائق نوعاً ما من أعلى الحوض.

وتتم عملية غسيل الحمأة بمزج الماء مع الحمأة لمدة عشرة دقائق في الحوض، أما بطرق ميكانيكية أو بالهواء المضغوط، ثم يترك الخليط في حوض التركيز كما سبق الإشارة إليه لترسيب المواد العالقة إلى القاع، وتتراوح نسبة الحمأة إلى المياه المضافة من ١ : ١,٥ إلى ١ : ٤,٥

ومن مميزات عملية غسيل الحمأة ما يلي:

١. عدم الاحتياج إلى استعمال الجير مع كلوريد الحديدك.
٢. خفض حوالى ٦٠ % - ٧٠ % في كمية كلوريد الحديدك المستعملة.
٣. زيادة قابلية الحمأة للترشيح.
٤. خفض نسبة الرماد في الحمأة المجففة.

تجفيف أو سحب المياه من الحمأة (ترشيح الحمأة)

المقصود بعملية التجفيف هو جعل نسبة المياه في الحمأة صفراً، وذلك عن طريق وضعها في أفران التجفيف ولكننا هنا سوف نذكر كلمة التجفيف باستخدام بعض الأحواض والعمليات وذلك بغرض تقليل المحتوى المائي لأقل درجة ممكنة.

ويمكن نقلها بطريقة اقتصادية وسهلة إلى مناطق التخلص النهائي لاستخدامها كمادة ردم للأراضي المنخفضة أو استخدامها كسماد عضوي، وهو الاستخدام الأمثل والاقتصادي والأكثر شيوعاً وخاصة للأراضي الرملية ومناطق الاستصلاح الجديدة في جمهورية مصر العربية.

ويمكن تلخيص طرق (التجفيف) شائعة الاستخدام كما يلي:

١ - التجفيف الطبيعي للحمأة

وطريقة التجفيف الطبيعي هي المستخدمة في جمهورية مصر العربية في جميع عمليات المعالجة، وتعتبر من أفضل العمليات من الناحية الاقتصادية سواء في التكلفة الإنشائية أو تكلفة التشغيل والصيانة، وتعتمد طريقة التجفيف (الترشيح) هذه على تسرب جزء من المياه خلال الطبقات المسامية (الرمل والزلط) إلى أسفل أحواض الترشيح، بينما يتبخر جزء آخر من الماء من سطح الأحواض المعرضة للهواء وأشعة الشمس ودرجة الحرارة المرتفعة والمتوفرة في مناخ جمهورية مصر العربية كما هو موضح بالشكل.

أحواض التجفيف الرملية



أحواض التجفيف الرملية العادية

تتم عملية التجفيف بالاعتماد على التبخر الطبيعي للمياه وذلك بنشر الحمأة في الأحواض، وتزود الأحواض بنظام صرف سفلى مغطى بطبقة من الصخور المجروشة تعلوها طبقة من الزلط، والأخيرة تعلوها طبقة من الرمال بسمك يتراوح بين ١٥ - ٢٠ سم.

الأحواض الأسفلتية لتجفيف الحمأة

تم استخدام هذا النوع من الأحواض حديثاً لما له من مميزات عديدة، يمكن تحقيقها إذا تم تصميمه وتشغيله بدقة. ويُنشأ هذا النوع من الأحواض من الأسفلت وله جانبيين مائلين إلى مجرى تصريف جهة الوسط بعرض ٣٠ سم، ويمتد مجرى التصريف بطول الحوض ويزود بمواسير تصريف ٧,٥ أو ١٠ سم عند القاع مغطاة بالصخور.

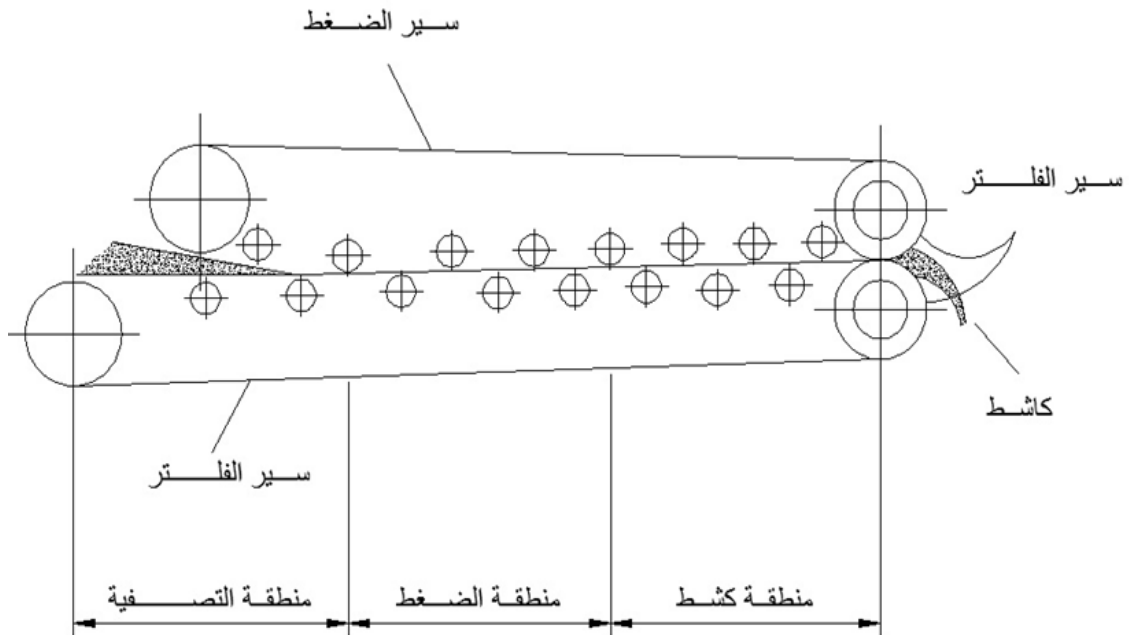
والزلط والرمل مثل أحواض التجفيف العادية، وعند نهاية الخط توضع عادة طبة تنظيف وصمام تحكم في الانسياب الخارج من الحوض.

٢ فصل المياه من الحمأة باستخدام المعدات الميكانيكية (Mechanical Dewatering)

عند استخدام المعدات الميكانيكية لفصل المياه من الحمأة لابد من استخدام المواد المروية (Coagulants) سواء كانت بوليميرية أو كيميائية.

ويستخدم لذلك عدة طرق منها:

١. مرشحات الحمأة التي تعمل بالتفريغ.
٢. مرشحات الحمأة التي تعمل بالضغط (Filter pressing).
٣. جهاز الطرد المركزي (Centrifugal).



شكل رقم (١٤) تفاصيل المرشح بسيور الضغط (الترشيح) الميكانيكي لتقليل المحتوى المائي

لتجفيف الحمأة

مرشحات الحمأة التي تعمل بالتفريغ (Belt Pressing)

تتكون من اسطوانة دواره مركب عليها وسط ترشيحي (Belt) يتم تصنيعه من إحدى المواد الآتية:

١. الصوف - التيل - اللباد - الألياف الصناعية - البلاستيك.
٢. شبكة من الصلب الغير قابل للصدأ.
٣. لفائف من اليايات الصلب الغير قابل للصدأ.

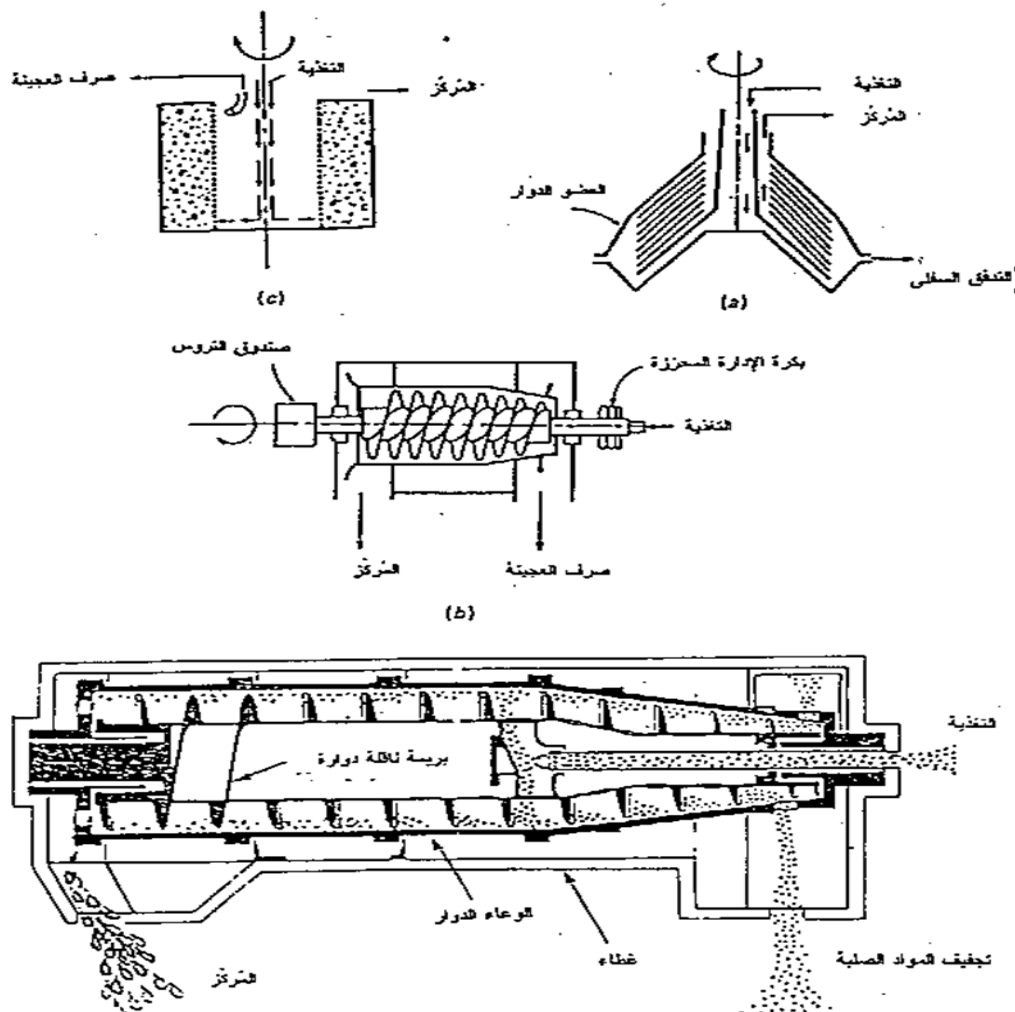
بالإضافة إلى الأجزاء الآتية:

١. مضخات التفريغ الهوائي.
٢. مضخات المياه المرشحة.
٣. مصائد الرطوبة.
٤. خزان المياه المرشحة.
٥. سير دوار لنقل الحمأة بعد فصل المياه منها.
٦. شبكة مواسير وصمامات لنقل الحمأة والمياه المرشحة.





شكل رقم (١٤) ماكينة تجفيف الحمأة باستخدام سيور الترشيح الضاغطة

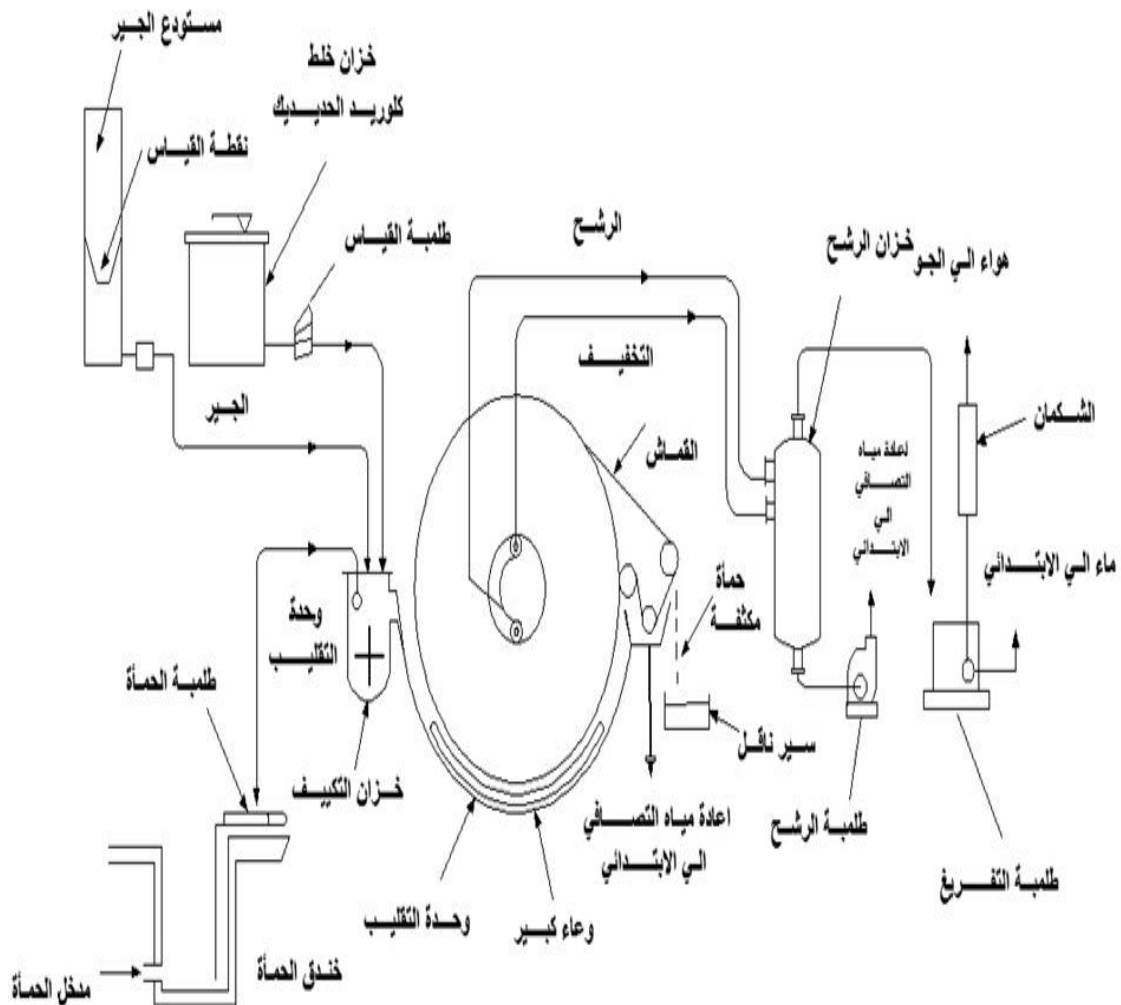


شكل رقم (١٥) تجفيف الحمأة بالطرد المركزي

٣ - الترشيح بالخلخلة لتجفيف الحمأة

وفي السنوات الأخيرة استخدمت أساليب جديدة لتطوير طريقة الترشيح بالخلخلة، ويتم ذلك بمساعدة سحب الهواء من أسفل قاع أحواض الترشيح وبنشاً قاع هذه الأحواض من ألواح مصنعة من حبيبات الزلط أو مادة السيليكون مع الاحتفاظ بالفراغات وخلطها بمادة الأوكسي لتتماسك بينها حبيبات الزلط، ثم توضع هذه الألواح (بالقاع) على طبقة زلطية متوسطة الحجم في أحواض ترشيح خرسانية غير منفذة للهواء إلا من خلال مسامية هذا القاع (الألواح)، ويتم وضع الحمأة المكثفة على أحواض الترشيح بمعدل ثابت محدد طبقاً للتجارب المعملية، والذي يتوقف على مسامية الألواح لقاع المرشح بالخلخلة لتجفيف الحمأة.

ثم تترك لفترة زمنية على الألواح التي تعمل كمصفاة أو مرشح وتتنسرب كمية المياه من خلال مسامية الألواح لتتجمع في بيارة ظلمبات سحب أيضاً، لتضخ مرة أخرى إلى مدخل وحدات معالجة الصرف الصحي نظراً لشدة تلوثها، والشكل رقم (١٦) يوضح تفاصيل المرشح بالخلخلة الأسطواني وذلك باستخدام سيور قماشية.



شكل رقم (١٦) تفاصيل المرشح بالخلخلة الأسطواني

كما أن سحب الهواء من أسفل الأحواض يقلل من زمن الترشيح وبمجرد أن يتشقق سطح المواد المتخلقة على الألواح ويتسرب الهواء من مسامية الألواح تنتهي عملية سحب الهواء، وبالتالي يصبح تركيز المواد الصلبة بالحمأة المتبقية على سطح الألواح في حدود ٢٠% مما يسهل من تجميعها ونقلها إلى مكان التهوية والتخزين (التحلل) لحين التخلص النهائي أو الاستفادة منها. ولما كان من أهم عيوب طرق الترشيح الطبيعية استخدام مساحات كبيرة من الأرض، وبالتالي فإن عدم توافر الأراضي بالمساحة المطلوبة، والبعد المناسب عن المدن تصبح مشكلة كبيرة كما هو الحال بالنسبة لمحطات المعالجة بمنطقة وسط الدلتا ومدينة الإسكندرية، حيث لا تتوافر مساحة الأرض التي تفي بالغرض المطلوب إلا على مسافات أكبر من ٥٠-٧٠ كيلومتر من المدينة، مما يتطلب ضخ الرواسب إلى مسافات كبيرة فتصبح طريقة الترشيح الطبيعي غير اقتصادية، مما يؤدي إلى التفكير في استخدام طرق أخرى مثل طريقة الترشيح الطبيعي بمساعدة سحب الهواء (الخلخلة) والتي تقوم على نفس أسس طرق الترشيح الطبيعي الأخرى من تسرب وتبخر.

٤ - التجفيف بكبس الحمأة في قوالب

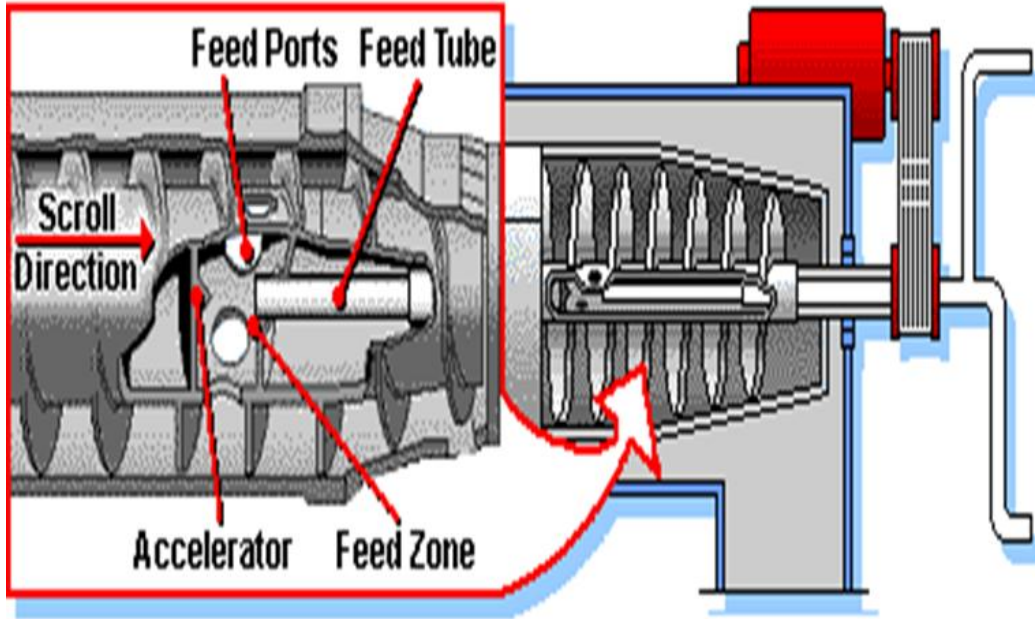
في هذه الطريقة يتم ترشيح المياه من الحمأة بضغطها بين طبقتين من القماش المسامي تنفذ منه المياه وتبقى الرواسب على شكل قوالب فيما بين طبقتي القماش، على أنه يجب رفع المياه المتسربة من القماش إلى أحواض الترسيب الابتدائية لتعالج مع المخلفات السائلة وذلك نظرا لشدة تلوثها.

والمرشح المستعمل يحتوى على مجموعة من الأقراص المربعة المعدنية المجوفة على أن يوضع القماش فيما بينها، وبأحد أركان كل قرص ثقب دائري متصل بالفراغ داخل القرص بفتحة صغيرة. فإذا ما ضمت هذه الأقراص على بعضها، تكون مجموعة الثقوب ماسورة تضغط فيها الحمأة لتدخل منها خلال الفتحات إلى التجويف داخل الأقراص، وتحت الضغط تنفذ المياه خلال القماش فتخرج من فتحة أخرى في القرص إلى ماسورة المخرج التي تتكون من مجموعة من الثقوب في ركن آخر من أركان الأقراص المضمونة على بعضها.

ويلزم لزيادة نجاح تشغيل هذه الطريقة أن يسبقها معالجة للحمأة بأن يضاف إليها من ٣% إلى ٥% من وزنها جير، كما يلزم أن يصل الضغط إلى حوالى ٧,٥ كيلوجرام/ السنتيمتر المربع.

٥ - تجفيف الحمأة بالطرد المركزي

ويتم ذلك بوضع الحمأة في أسطوانات ذات جدران مسامية، وتدور هذه الأسطوانة بسرعة ٧٥٠ لفة في الدقيقة مما ينتج عنه اندفاع الحمأة إلى الجدران بفعل القوى الطاردة المركزية فينفذ جزء من السائل خلال مسام الجدار بينما تبقى الرواسب مع بعضها السائل داخل الأسطوانة حيث يزال، ولا تستعمل هذه الطريقة بكثرة، كما أن الرواسب المذالة من داخل الأسطوانة تحتوي على حوالي ٧٥% من وزنها ماء، وطرق الترشيح بالطرد المركزي موضحة بالشكل.



معدة التجفيف باستخدام الطرد المركزي

٦ - كمر الحمأة

هي عملية تحلل بيولوجي للمواد العضوية، وقد استخدمت عملية الكمر لسنوات عديدة للحصول على سماد جاف منخفض الرائحة ومهضوم نسبيا، فعند كمر السماد الجاف ترتفع درجة حرارته إلى (٥٠ - ٧٠) درجة مئوية فتتعرض البكتيريا الممرضة للقفل، كما تهدف عملية الكمر أيضا إلى تقليل الرطوبة حيث ينخفض تركيز المواد العضوية الطيارة.

أنواع الكمر:

يوجد نوعان من الكمر هما: هوائي ولاهوائي.

ويتميز النظام الهوائي بانخفاض تركيز الروائح الناتجة منه مقارنة بالكمر اللاهوائي، وتتم عملية الكمر الهوائي بتقليب محتويات الحمأة أو تهويتها بمصدر هواء خارجي أو بنظام مشترك.

مراحل عملية الكمر:

تمر الحمأة المكورة على ثلاث مراحل:

مرحلة الكمر عند درجة حرارة منخفضة (٤٠ درجة مئوية) وتسمى ميزوفيلك.





الحمأة الجافة بعد عمليات الكمر

٧ - مرحلة التبريد.

وتصاحب المرحلة الأولى ظهور بكتيريا حمضية وبعض الفطريات، وتصاحب المرحلة الثانية ظهور بكتيريا أخرى تسمى بكتيريا وفطريات ثرموفيليك، وفي هذه المرحلة يتم تكسير وهضم الحمأة الجافة تماما، أما مرحلة التبريد فينخفض فيها نشاط البكتيريا الممرضة وتحل بكتيريا المرحلة الثانية محل بكتيريا المرحلة الأولى، مع انخفاض مستوى الرطوبة وكذا استقرار الرقم الهيدروجيني، وتستخدم بعض الأصناف للمساعدة في عملية الكمر مثل قش الأرز ونشارة الخشب.

مدة الكمر عند استخدام مصدر هواء خارجي:

يتم التقليب لمدة ٢٥ يوم ثم يترك ساكنا لمدة ٣٠ يوما أخرى على هيئة كومة بارتفاع ٢,٥ متر ثم تغطي بطبقة من التراب أو الرمل لعزله تماما.

عند الكمر في خنادق مكشوفة

يتم التقلب لمدة ٢٥ يوما بمعدل خمس مرات ثم يترك ٣٠ يوما أخرى مع تغطيته أيضا بالأتربة وتشون على هيئة هرم قاعدته ٣ متر وارتفاعه ١,٥ متر وتصل درجة الحرارة عندئذ إلى ٥٥ درجة.



مصفوفة الحمأة وعمليات التقلب الميكانيكي

١٠ - طرق التخلص من الحمأة: يتم التخلص من الحمأة المجففة بالطريق الآتية:

١. استعمال الحمأة المجففة كسماد.
٢. حرق الحمأة المجففة.
٣. صناعة الاسمنت (تُستخدم كمصدر للطاقة الحرارية)
٤. دفن الحمأة.

١. استعمال الحمأة المجففة كسماد

بعد إزالة الرواسب المجففة من أحواض التجفيف الرملية تخزن على شكل أكوام مربعة مستوية السطح بارتفاع حوالى متر. ثم تغطى بطبقة من الرمل بسمك حوالى ثلاثة سنتيمترات لمنع احتمال توالد الذباب على سطحها، على أن تترك هذه الأكوام لمدة تتراوح من ٢٠ إلى ٤٠ يوم، وتتعرض أثناءها للتخمير الجزئي الذي يرفع درجة حرارتها إلى حوالى سبعين درجة مئوية، وذلك بفعل البكتيريا والرطوبة الباقية في الرواسب، وتساعد هذه الحرارة على قتل ديدان الذباب قبل اكتمال نموها كما تساعد على الحد من بويضات الديدان الطفيلية، وبعد هذه الفترة الزمنية يباع للزراع كسماد بلدي يحتوى على المواد التالية:

١. مواد عضوية بنسبة ٥٥ - ٧٥%
٢. مواد غير عضوية ٢٥ - ٤٥%
٣. زيوت ودهون ٥ - ٢٥%
٤. بروتين ٥ - ٢٠%
٥. أمونيا (أزوت) ١ - ٣%
٦. فسفور ٠,٥ - ١,٥%

أما الحمأة المجففة بالطرق الميكانيكية أي بالترشيح التفريغى أو بالترشيح بالضغط أو بالآلات ذات القوة الطاردة المركزية والتي سبق شرحها، فإنها لا تزال تحتوى مياه بنسبة حوالى ٧٥% من وزنها، ولذلك يجب استكمال ترشيحها قبل التصرف فيها كسماد بلدي، ويتم استكمال الترشيح بإدخال الرواسب في أفران يمر بها الهواء الساخن في درجة ١٥٠٠-٢٠٠٠ درجة مئوية، وهذا يكفي لخفض نسبة الماء إلى حوالى ٢٠% من الوزن الكلى، وهو ما يعتبر رواسب جافة، على أن يتم طحن الرواسب ثم تعبئتها في أكياس وتباع كسماد بلدي.

٢. حرق الحمأة بعد تجفيفها

بعد أن يتم تجميع الرواسب المجففة بإحدى الطرق السابقة، وعند تعذر استخدامها كسماد عضوي في المناطق الزراعية المجاورة من الممكن أن يتم حرقها في أفران خاصة، وتستعمل الحرارة الناتجة من الحريق لتسخين المياه في الغلايات أو استخدامها للتدفئة، ويفضل تقليل المحتوى المائي من الحمأة مرة أخرى قبل حرقها، وهناك أكثر من نوع للأفران الخاصة بعملية الحرق.

السجلات الفنية اليومية والشهرية لأحواض تجفيف الحمأة

يجب تسجيل جميع البيانات الخاصة بتداول الحمأة سواء كانت يومية أو شهرية.

السجلات اليومية:

يجب حفظ سجلات إضافية بنظام الدفاتر اليومية لضبط التحكم في أحواض التجفيف الرملية، وتشتمل السجلات على الآتي:

- التاريخ / الحجم بالمتري المكعب / عمق الحمأة الواردة بالسنتيمتر لكل حوض تجفيف وعدد الأحواض المستخدمة.
- الرقم الهيدروجيني / نسبة المواد الصلبة / نسبة المواد القابلة للتطاير للحمأة المسحوبة.
- التاريخ والحجم بالمتري المكعب، وترتيب رفع الحمأة من كل حوض.

السجلات الشهرية:

يجب تسجيل البيانات التالية شهرياً لأحواض التجفيف الرملية، وهذه البيانات كالتالي:

- الحجم الإجمالي بالمتري المكعب للحمأة الواردة إلى أحواض التجفيف الرملية.
- متوسط الرقم الهيدروجيني (pH)
- نسبة المواد الصلبة والمواد القابلة للتطاير.
- الحجم الكلي للحمأة الجافة المسحوبة بالمتري المكعب.
- متوسط زمن التجفيف بالأيام.

برك تجفيف الحمأة

يمكن أيضاً معالجة (تثبيت وتجفيف) الحمأة في برك عميقة كبيرة الحجم يستغرق ملؤها بالحمأة قرابة العامين، وتنقل إليها الحمأة المهضومة (أو غير المهضومة أحياناً). وتحتاج البركة إلى عام أو عامين لتجف قبل إزالة الحمأة منها، وقد استخدمت مدن عديدة هذه الطريقة تفادياً لإنشاء أعمال لمعالجة وتجفيف الحمأة ومنها خزانات هضم الحمأة الإضافية المغطاة وخلافه.

استخدام الأراضي الزراعية للتخلص من الحمأة

يمكن نشر الحمأة الرطبة على الأراضي الزراعية المستهدف استصلاحها أو على الأراضي المزروعة أحياناً، لتساعد على تجديد حيوية التربة ومدها باحتياجاتها من الأزوت والفسفور وغيرها من العناصر الضرورية.

ويحقق استخدام هذا الأسلوب مع أسلوب برك الحمأة مجموعة مرنة تشكل أداة فعالة في التخلص من الحمأة والاستفادة منها في آن واحد، وغالباً ما يتم نقل الحمأة باستخدام السيارات المعدة لذلك أو باستخدام خطوط مواسير خاصة تصل إلى مواقع التخلص منها، وأفضل الطرق لاستخدام الحمأة الرطبة في تجديد حيوية التربة وربما أكثرها تكلفة هي تسوية الأرض، وشق قنوات ذات هدرات عالية وضخ الحمأة إلى هذه القنوات بنفس أسلوب ري الأراضي الجدية. وهذه الطريقة تفيد في استصلاح الأراضي غير القابلة لزراعة النباتات والأشجار، كما تؤدي أيضاً إلى إنتاج محاصيل تساوى أو تكون أكبر من المحاصيل المنتجة باستخدام الأسمدة التجارية.

ومن الواجب مراعاة الاحتياطات التالية عند استخدام الأراضي الزراعية للتخلص من الحمأة، وهي كالتالي:

- لا يجوز استخدام الحمأة غير المعالجة تماماً (الخضراء أو الخبث) المسحوبة مباشرة من أحواض الترسيب الابتدائية.
- عدم وجود مناطق سكنية بجوار الأراضي المستهدف استصلاحها بالحمأة.
- أن تكون تلك الأراضي بعيدة عن التأثير بمياه الفيضانات، حتى لا تتلوث الأنهار بالحمأة التي تسحبها المياه معها عند انحسارها.
- لا تستخدم المياه الجوفية في تلك المنطقة لأغراض الاستهلاك المنزلي أو الشرب.
- تستبعد زراعة المحاصيل الجذرية أي ذات الجذور (بصل - ثوم - بطاطا - جزر...) من الزراعة في تلك الأراضي.
- مراعاة الاعتبارات الصحية لضمان تقليل المخاطر التي يتعرض لها العاملون في تلك الأراضي.
- تسهيل الوصول إلى تلك الأراضي، بتمهيد الطرق الملائمة وخصوصاً في المناطق التي تتساقط بها الأمطار.

الحمأة الآمنة

هي الحمأة التي يمكن تداولها واستخدامها بحيث لا تضر بالصحة العامة ولا بالبيئة وآمنة تماماً للإنسان والحيوان، وحتى تكون الحمأة آمنة يجب أن يكون تركيز المعادن الثقيلة بها في الحدود الآمنة المسموح بها، وأن يتم خفض محتوى الكائنات الممرضة بها للحدود الآمنة وذلك بمعالجتها وتنشيتها قبل تداولها كما سبق شرحه.

القوانين المصرية الخاصة بالتداول والاستخدام الآمن للحمأة طبقاً للقرار الوزاري رقم "٢١٤" لسنة ١٩٩٧ وتعديلاته بشأن اللائحة التطبيقية الخاصة بالتداول والاستخدام الآمن للحمأة.

يجب على الجهات المعنية عند إنتاج الحمأة والزراعة والبيئة والصحة مراعاة التالي:

- المتابعة الدورية وإجراء التحاليل السنوية اللازمة للتأكد من أن مدى تراكم المعادن الثقيلة في الحمأة والتربة والنباتات في الحدود البيئية والصحية المسموح بها.
- إجراء تحاليل دورية للتأكد من محتوى الكائنات الممرضة بكل من الحمأة والتربة والنباتات، واتخاذ كافة الإجراءات اللازمة طبقاً لما تسفر عنه نتائج هذه التحاليل.
- الرصد الدوري لمصادر المياه السطحية والجوفية ومنتجات المزارع للتأكد من عدم تأثرها باستخدام الحمأة.
- تؤخذ العينات ويتم التحليل طبقاً للطرق القياسية، مع تحديد المسئول بأخذ العينات من كل جهة والمعامل المصرح فيها بإجراء التحليل.

التخمير اللاهوائي (Anaerobic Digestion)

تهدف هذه العملية إلى هضم المواد الصلبة العضوية المتطايرة الموجودة بالحمأة وتحويلها إلى نواتج مستقرة أو خاملة، وتتم هذه العملية في خزانات مغلقة ومكتومة لمدة تمتد من ١٥ : ٣٠ يوم في درجة حرارة ثابتة (تختلف حسب نوع البكتريا القائمة بعملية التخمير فتكون من ٢٨ م إلى ٣٥ م في حالة البكتريا الميزوفليك، وترتفع من ٥٥-٧٥ درجة مئوية في حالة البكتريا الثرموفليك)، وينتج عن التفاعل داخل الخزانات المغلقة غاز الميثان الذي يتم تجميعه واستخدامه كمصدر للطاقة.

الكمز (Composting):

تهدف هذه العملية إلى تفكيك المواد العضوية بالحمأة وكذلك الكتل البكتيرية وتحويلها إلى نواتج مستقرة ويتم أثناء هذه العملية القضاء على الجراثيم والديدان الموجودة بالحمأة نتيجة ارتفاع درجة الحرارة أثناء عملية الكمز (والتي قد تصل إلى ٧٥ °م) وقد تستخدم بعض المواد المضخمة Bulking Agents مثل نشارة الخشب أو المخلفات الزراعية أو تراب الأسمنت أو غيرها.

وفي هذه العملية يتم وضع الحمأة في أكوام مهواه Aerated Static Piles أو في صفوف مستمرة Windrows وحتى تنجح عملية الكمز فيجب أن يصل تركيز المواد الصلبة المعالجة في الحمأة المراد كمزها من ٤٠ - ٥٠% وتمتد فترة الكمز بالحمأة سواء في الأكوام أو الصفوف من ٢٠ - ٢٨ يوم.

إضافة الجير (Lime Stabilization):

يهدف التثبيت بالكلس "Ca(OH)₂" إلى إنقاص المحتوى الجرثومي في الحمأة وإزالة الروائح الكريهة بها والحيلولة دون تعفنها ويتم فيها رفع قيمة pH الأس الهيدروجيني إلى أكثر من ١٢ ولا يوصى باستخدام الحمأة المعالجة بهذه الطريقة في الأراضي القلوية، والجدول رقم (٣) يوضح جرعة الجير المطلوبة لتثبيت الحمأة السائلة.

جدول رقم (٣) جرعة الجير المطلوبة لتثبيت الحمأة السائلة:

جرعة الجير المضافة (كجم/طن)	تركيز المواد الصلبة %	نوعية الحمأة
١٥٤-٥٤	٦-٣	ابتدائية
٣٩٠-١٩٠	١,٥ - ١	ثانوية
٢٢٧-١٢٧	٧-٦	متخمرة هوائية

المعالجة الحرارية

تهدف المعالجة الحرارية إلى القضاء على الجراثيم الموجودة بالحمأة وجعلها أكثر استجابة لفصل المياه عن المواد الصلبة دون الاستعانة بمركبات كيميائية مخثرة ويتم في هذه العملية تسخين الحمأة إلى درجة حرارة حوالي ٥٢٦٠ °م وتحت ضغط جوي ٢٧ بار لمدة حوالي ٣٠ دقيقة.

عملية تجفيف الحمأة:

الهدف منها زيادة تركيز المواد الصلبة في الحمأة وإنقاص حجمها وتتم هذه العملية بأحواض التجفيف التي يليها مناطق التشوين أو عن طريق التجفيف الميكانيكي عن طريق الطرد المركزي أو ماكينات السير الضاغط وهذه العملية قد تتم قبل المعالجة كما في حالة الكمر أو بعدها في حالة المعالجة بالتخمير اللاهوائي، وعادة ما يتم إضافة جرعات من البوليمرز للحمأة المراد تجفيفه ميكانيكياً، حيث تساعد مادة البوليمرز على تسهيل فصل المياه من المواد الصلبة بالحمأة.

استخدامات الحمأة بمصر

تستخدم الحمأة كمخصب عضوي للتربة الزراعية بمصر منذ أكثر من سبعين عاماً وعلى الرغم من ذلك لم يتم وضع معايير محاذير وواعد لإضافتها إلا مؤخراً حيث أصدر السيد الدكتور وزير الإسكان ومرافق والمجتمعات العمرانية القرار رقم "٢١٤" لسنة ١٩٩٧ بشأن اللائحة التطبيقية الخاصة بالتداول والاستخدام الآمن للحمأة، وقد تم إصدار هذه اللائحة ليعمل اللائحة التطبيقية الخاصة بالتداول والاستخدام الآمن للحمأة، وقد تم إصدار هذه اللائحة ليعمل بها مرحلياً لحين الانتهاء من دراسة تطبيقية استمرت ٤٨ شهراً لتقييم إعادة استخدام الحمأة في الزراعة من خلال تجارب حقلية وقد تم إنهاء أعمال الدراسة وشارك فيها العديد من الخبراء المحليين والعالميين وتم إعادة اللائحة المنظمة للتداول والاستخدام الآمن للحمأة المنتجة من محطات الصرف الصحي في ضوء نتائج هذه الدراسة.

وتم اعتماد اللائحة النهائية من وزارة الصحة وإصداره كجزء م اللائحة التنفيذية للقانون ٩٣ لسنة ٦٢ بشأن صرف المخلفات السائلة بموجب القرار الوزاري رقم ٢٥٤ لسنة ٢٠٠٣ المنشور بجريدة الوقائع المصرية رقم ٢٧٦ الصادرة في ديسمبر ٢٠٠٣.

وجدير بالذكر أن اللائحة المرحلية (الصادرة بالقرار ٢١٤ لسنة ١٩٩٧) قد شملت على معايير المحتوى الكائنات الممرضة بالحمأة لا يجب أن تتعدها وتلك المعايير مطابقة تماما لقرار رقم "٢٥٤" لسنة ٢٠٠٣ فيما عدا معيار الحد الأقصى للفيروسات والذي تم إرجاء المراقبة البيئية بشأنه لعدم توافر أجهزة قياس الفيروسات.

ونوصي بإعادة النص على هذا المعيار ضمن معايير محتوى الكائنات الممرضة بالحمأة الجافة بالبند السادس باللائحة الصادرة بالقرار "٢٥٤" لسنة ٢٠٠٣ على النحو الآتي:

ويجب أن لا تتعدى الفيروسات المعوية الكلية الحد الآتي:

"١" وحدة لكل "١٠٠" مل عند تركيز ٥% مواد صلبة على أساس الوزن الجاف.

ومرفق فيما بعد اللائحة المنظمة للتداول والاستخدام الأمن للحمأة المنتجة من محطات الصرف الصحي، والصادرة بقرار وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية رقم "٢٥٤" لسنة ٢٠٠٣.

القواعد المنظمة لتداول وإعادة الاستخدام الآمن للحمأة المنتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي (القرار الوزاري رقم ٢٥٤ لسنة ٢٠٠٣)

الهدف من إعادة الاستخدام الآمن للحمأة المنتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي
يهدف هذا الباب إلى تنظيم الاستخدام الآمن للحمأة بما يحقق إنتاج زراعي صالح للاستخدام الآدمي وحماية النظام البيئي والصحة العامة.

مجالات تطبيقها

يتناول هذا الباب الإجراءات والخطوات اللازمة إتباعها لتأمين جميع عمليات تداول واستخدام الحمأة ومراقبتها كما يحتوي على المعايير والشروط العامة والخاصة التي يجب أن تطبق على الحمأة المستخدمة.

الجهات المسؤولة عن تطبيق هذا الباب

- المسؤولين عن إنتاج الحمأة بمحطات الصرف الصحي.
- جهات إصدار التراخيص.
- المسؤولين عن الرقابة والإرشاد في الجهات المعنية.
- الجهات والأفراد المستخدمين للحمأة.

المتطلبات العامة (التراخيص) لإنتاج واستخدام الحمأة

أولاً: على كل من المنتج والموزع للحصول على ترخيص من الجهة الإدارية المختصة بوزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية كما يجب الحصول على موافقة وزارة الصحة بالنسبة لأماكن معالجة الحمأة التي لا تقع داخل حدود محطات معالجة الصرف الصحي.
ويجدد الترخيص كل ثلاث سنوات.

ثانياً: مُتطلبات إنتاج الحمأة

يقوم المنتج بتقديم خطة إدارة الحمأة على مستوى المنشأة عند التقدم للحصول على الترخيص ويجب أن تشمل الخطة على الآتي:

١. اسم وعنوان وتليفون المنشأة.
 ٢. النشاط والشكل القانوني للمنشأة.
 ٣. سنة بدء النشاط.
 ٤. بيانات صاحب المنشأة
 ٥. بيانات المدير المسئول عن عملية إنتاج الحمأة.
 ٦. لوحة بمقياس رسم مناسب لموقع الإنتاج مبين عليها المكونات المختلفة لعملية إنتاج الحمأة.
 ٧. بيان بالمعدات المستخدمة في الإنتاج.
 ٨. بيان مصدر (مصادر) الحمأة الخام قبل المعالجة.
 ٩. معدل إنتاج الحمأة.
 ١٠. وصف عملية المعالجة وخطة التشغيل.
 ١١. بيانات المعمل القائم بالتحليل.
 ١٢. نتائج تحليل الحمأة المنتجة ومدى مطابقتها للمعايير (البند السادس).
 ١٣. خطة مراقبة الجودة للحمأة المنتجة.
 ١٤. خطة الطوارئ في حالة الحيود عن المعايير المحددة في البند السادس من هذا الباب بما في ذلك تحديد أماكن دفن الحمأة الغير مطابقة للشروط.
 ١٥. دراسة تقييم الأثر البيئي المعتمدة من جهاز شئون البيئة.
 ١٦. خطة الأمن الصناعي والصحي وحماية العاملين.
- وعند طلب تجديد الترخيص يقدم نسخة محدثة من الخطة.

ثالثاً: متطلبات ترخيص توزيع الحمأة

تقوم الجهات والأفراد والمسؤولين عن نقل وتوزيع الحمأة بتقديم البيانات التالية للحصول على التراخيص طبقاً للشروط الواردة في قانون البيئة:

١. مصادر الحمأة الموزعة.
 ٢. نسخة من تراخيص الجهات المنتجة.
 ٣. شرح لوسائل التحميل والنقل والتفريغ والتخزين.
 ٤. خطة التسويق.
 ٥. الاحتياطات المتخذة لتداول الحمأة.
- وعند طلب تجديد الترخيص يقدم نسخة محدثة من البيانات المشار إليها.

إنتاج الحمأة داخل محطات معالجة مياه الصرف الصحي

حتى تكون الحمأة آمنة يجب أن يكون تركيز المعادن الثقيلة ومحتوى الكائنات الممرضة في الحدود المسموح بها وذلك على النحو الوارد في البند السادس من هذا الباب.

وعلى الجهات المنتجة للحمأة مراعاة الآتي:

أولاً: معالجة الحمأة

على الجهات المنتجة للحمأة مراعاة تطابق معايير الحمأة وقت بيعه لإعادة استخدامها في الزراعة طبقاً للمعايير الواردة بالكود المصري وذلك بتثبيت الحمأة بإحدى الطرق الآمنة مثل:

١. التخمر الهوائي.
٢. التخمر اللاهوائي.
٣. المعالجة الحرارية.
٤. إضافة الجير.
٥. الكمر أو الكمر مع مواد عضوية (Co-composting)
٦. التخزين بمناطق التشوين مع التعرض لأشعة الشمس المباشرة لمدة تمتد إلى ستة أشهر.

ثانياً: ضوابط إنتاج الحمأة بالمحطات:

١. أن تملأ أحواض التجفيف بالحمأة بحيث لا يتوالد الذباب والبعوض أو الروائح بقدر الإمكان، وذلك بأن يتم ملئها على فترات كل فترة لا تزيد عن أربعة أيام بعمق لا يزيد عن ١٥ سم في المرة الواحدة وأن لا يزيد العمق الكلي عن ٤٥ سم.
٢. أن تكون الأحواض معزولة عن المياه الجوفية أو مصادر المياه وأبسط طرق العزل طبقتين من الطين والرمل بنسبة دمك أكبر من ٩٥% وسمك الطبقة ٢٠ سم قبل الدمك ويمكن استخدام تراب الإسمنت أو الجير أو خام البانتونيت في أعمال الدمك.
٣. عدم نقل الحمأة إلى مواقع التخزين إلا بعد الوصول لنسبة رطوبة في حدود ٧٠% بالوزن، مع مراعاة الشروط الآتية:
 - أ. أن يكون قاع هذه المواقع معزولاً عن المياه الجوفية.
 - ب. أن يكون ارتفاع التخزين (التكويم) في حدود من ٦٠ - ٨٠ سم.
 - ج. أن تغطي أكوام الحمأة بحمأة أخرى جافة أو مواد تغطية أخرى لمنع تكاثر الذباب.
 ٤. على المنتج مراعاة ما يلي:
 - أ. توعية عمال الصرف الصحي المتعاملين مع الحمأة بضرورة الالتزام بلبس الأحذية والقفازات الواقية وأن يتم تطهيرها في كل مرة تستخدم فيها.
 - ب. إجراء فحوص طبية دورية على العاملين مع إجراء التطعيمات ضد أية أمراض محتملة.
 - ج. تقديم التسهيلات الطبية السريعة لمعالجة العمال ضد أمراض الإسهال والمعالجة المنتظمة لمنع العدوى.
 - د. إصدار نشرات توعية عن استخدامات الحمأة ونوعيتها وأخطار كل منه وتوزيع صورة منها على المستخدمين.
 - هـ. إعداد نموذج بيع حمأة كالمرفق بهذا الباب مع إعلام وزارة الصحة وجهاز شئون البيئة ومكاتب الإرشاد الزراعي كل ٣ أشهر بصورة من هذه النماذج.

تنظيم تداول الحمأة خارج محطات الصرف الصحي

أولاً: عدم استخدام الحمأة في الحالات التالية:

١. أراضي طرح النيل أو أية أراضي أخرى تضع أيا من وزارتي الزراعة والموارد المائية والري قيوداً على استخدام الحمأة بها.
٢. الأراضي التي تكون المياه الجوفية فيها على عمق أقل من ١,٥ متر من سطح الأرض.
٣. الحدائق العامة أو الملاعب التي يرتادها الجمهور.
٤. الأراضي المنزرعة بالخضروات التي تؤكل نيئة أو المنزرعة بالمحاصيل التي تكن ثمارها ملائمة للتربة أو تتكون تحت سطحها أو المنزرعة بالفاكهة التي لا تنزع القشرة منها.
٥. المخالفة في تركيبها الكيميائي أو محتواها الميكروبي عن الحدود الموضحة بالبند السادس من هذا الباب.

ثانياً: يجب مراعاة الشروط الآتية عند تداول الحمأة

١. لا يسمح بإلقاء الحمأة في المجاري المائية أو المصارف.
٢. لا يتعدى معدل استخدام الحمأة المعدلات الواردة في البند السادس من هذا الباب.
٣. لا تستخدم الحمأة إلا في المواقع المرخص لها بالإنتاج أو التوزيع أو الاستخدام.
٤. لا تقل المسافة بين أماكن تشوين وتجميع الحمأة عن:
 - أ. ١٠ أمتار من حدود الأرض.
 - ب. ١٥٠ متر من آبار الشرب - المستشفيات - المدارس.
 - ج. ١٥ متر من آبار ليست للاستخدام الآدمي.
 - د. ١٥ متر من حد الطريق.
 - هـ. ٣٠ متر من حد المياه (المجاري المائية - الأنهار والترع - القنوات البحيرات - التجمعات المائية - فيضان النهر...).
٥. العربات المستخدمة في نقل الحمأة
 - أ. يراعى غسل العربات المستخدمة في نقل الحمأة وصرف مياه الغسيل إلى وحدات المعالجة أو الشبكة في مواقع الاستخدام أو التخزين أو الإنتاج المتاحة.
 - ب. يجب وضع علامات على العربات بكتابات واضحة.
 - ج. من الضروري منع التسرب وتدفق السوائل من السيارة أو تطاير الحمأة من السطح.

- د. يجب حفظ العربات في حالة نظافة تامة.
- هـ. جميع الأحمال يجب أن تغطى عند النقل، بحيث لا يكون هناك أي أثر للحمأة على جوانب العربات عند الدخول إلى الطرق العامة.

معايير استخدام الحمأة في الزراعة

- للسماح باستخدام الحمأة في الزراعة يجب عدم تجاوز المعايير التالية لأي عنصر من العناصر.
- أولاً: محتوى المعادن الثقيلة في الحمأة الجافة وكما هو موضح بالجدول رقم (٤).

جدول رقم (٤) الحد الأقصى لمحتوى المعادن الثقيلة في الحمأة

المكونات	الرمز	الحد الأقصى للحمأة الآمنة ملجم / كجم
زنك	Zn	٢٨٠٠
نحاس	Cu	١٥٠٠
نيكل	Ni	٤٢٠
كاديوم	Cd	٣٩
رصاص	Pb	٣٠٠
زئبق	Hg	١٧
كروم	Cr	١٢٠٠
موليبدينم	Mo	١٨
سليينيوم	Se	٣٦
الزرنيخ	As	٤١

ثانياً: محتوى الكائنات الممرضة في الحمأة الجافة

محتوى الكائنات الممرضة يجب ألا يزيد عن الحدود الآتية:

١. أن يكون العد الاحتمالي لخلايا الكوليفورم البرازي (Fecal Coliform) أقل من ١٠٠٠ خلية لكل جرام مواد صلبة على أساس الوزن الجاف، ويكون العد الاحتمالي للسلمونيلا أقل من ٣ خلية لكل ١٠٠ مل عند تركيز ٤% مواد صلبة على أساس الوزن الجاف.
٢. بويضات للديدان (الإسكارس): عدد ١ بويضة حيه لكل ١٠٠ مل عند تركيز ٥% مواد صلبة على أساس الوزن الجاف (لا يسمح بتواجد أكثر من ثلاثة أجناس من بويضات الديدان).

ثالثاً: يراعى أن تتناسب معدلات الإضافة السنوية من الحمأة المعالجة الجافة مع نوعية الأراضي وأن تكون في الحدود الواردة فيما يلي:

١. أراضي ثقيلة القوام (طينية - جيرية) معدل إضافة الحمأة الجافة في حدود من ٨-١٤ م^٣ / للفدان.
٢. أراضي متوسطة القوام (رملية طينية - جيرية) معدل الإضافة من الحمأة الجافة الحدود من ١٠ - ١٦ م^٣ / للفدان.
٣. أراضي خفيفة القوام (رملية) معدل إضافة الحمأة الجافة في الحدود من ١٢-٢٠ م^٣ / للفدان.

أساليب التخلص من الحمأة غير المطابقة

أولاً: الحمأة المنتجة من محطات معالجة الصرف الصحي

في حالة احتواء الحمأة على معادن ثقيلة أو كائنات ممرضة تزيد عن المعايير القياسية الموضحة بالبند السادس من هذا الباب فإنه يجب ردم هذه الحمأة ردماً صحياً في حفرة ردم طبقاً للمواصفات الفنية المعروفة للردم الصحي أو يمكن ترميدها بمحارق آمنة على أن يكون الغاز الناتج نظيفاً وعلى أن يراعى اتخاذ كافة الاحتياطات والشروط البيئية المتعلقة في هذا المجال وغير ذلك من الطرق الآمنة بيئياً.

ثانيا: الحمأة المستخرجة من الترانشات

يحظر استخدام الحمأة المستخرجة من الترانشات في الزراعة مباشرة ويجب عمل المعالجة اللازمة لها ومطابقتها لمعايير هذا الباب أو التخلص منها بنفس أسلوب التخلص من الحمأة غير المطابقة للمعايير.

مراقبة استخدام الحمأة

أولاً: جمع عينات تحليل الحمأة

يتم أخذ وتجميع وحفظ وتحليل عينات الحمأة طبقاً لما ورد باللائحة التنفيذية المعدلة لقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ مع مراعاة الآتي:

١ - **الأوعية:** تؤخذ العينات في أوعية ملائمة محكمه الغلق من البلاستيك أو الزجاج النظيفة الجافة.

٢ - **حجم العينة:** لا يقل حجم العينة المجمعة عن ٥٠٠ جرام وتكون العينة ممثلة لطبيعة الحمأة على قدر المستطاع على أن يراعى عدم أخذ العينة من السطح ولا من القاع وبناء عليه يتم أخذ عينة مركبة من عدة عينات فردية تؤخذ من الكومة الواحدة على أبعاد لا تزيد عن ١٠ متر بين كل عينتين ومن عمق لا يقل عن ٥٠ سم من سطح الكومة.

٣ - **مواعيد التحليل:** يجري التحليل بعد أخذ العينة مباشرة في موعد أقصاه ٢٤ ساعة من جمع العينة.

٤ - **حفظ العينة:** إذا تعذر إجراء التحليل في الفترة المحددة فيلزم حفظ العينة داخل صندوق ثلاجة مع إحاطة الوعاء بطبقة من الثلج على أن تصل العينة إلى المعمل وبها بقية من الثلج أو كما تنص عليه الطرق القياسية وبحد أقصى ٢٤ ساعة.

ثانيا: المتابعة الدورية

على الجهات المعنية كل فيما يخصه مراعاة الآتي:

١. المتابعة الدورية وإجراء التحاليل السنوية اللازمة للتأكد من أن مدى تراكم المعادن الثقيلة في الحمأة والتربة والنباتات في الحدود البيئية والصحية المسموح بها.
٢. إجراء تحاليل دورية للتأكد من محتوى الكائنات الممرضة بكل من الحمأة والتربة والنباتات واتخاذ كافة الإجراءات اللازمة طبقا لما تسفر عنه نتائج هذه التحاليل.
٣. الرصد الدوري لمصادر المياه السطحية والجوفية ومنتجات المزارع للتأكد من عدم تأثرها باستخدام الحمأة.
٤. تؤخذ العينات ويتم التحليل طبقا للطرق القياسية مع تحديد المكلف بأخذ العينة من كل جهة والمعامل المصرح فيها بالتحاليل.
٥. إجراء مسح صحي للمتعاملين مع الحمأة بصفة دورية كل سنة ضمن أعمال المتابعة الدورية السنوية.

نموذج لتحليل عينة من الحمأة

- ١- اسم المعمل:
- ٢- اسم المنتج: العنوان:
- ٣- اسم المنشأة: العنوان:
- ٤- التاريخ: الوقت:
- ٥- اسم جامع العينة: اسم مستلم العينة بالمعمل:
- ٦- ساعة الوصول للمعمل :
- ٧- تاريخ الانتهاء من التحليل :
- ٨- وصف عام للعينة :
- ٩- نسبة الرطوبة :
- ١٠- الأس الهيدروجيني (pH)

نتائج تحاليل المعادن الثقيلة

م	العنصر	النتيجة ملجم / كجم	الحد الأقصى المسموح	ملاحظات
١	زنك		٢٨٠٠	
٢	نحاس		١٥٠٠	
٣	نيكل		٤٢٠	
٤	كاديوم		٣٩	
٥	رصاص		٣٠٠	
٦	زئبق		١٧	
٧	كروم		١٢٠٠	
٨	موليبدينوم		١٨	
٩	سيلينيوم		٣٦	
١٠	زرنيخ		٤١	

العينة غير مطابقة

/

العينة مطابقة

ملاحظات فنية :

مدير المعمل:

يعتمد:

نتائج تحاليل الكائنات الممرضة

م	البيان	النتيجة	الحد الأقصى المسموح	ملاحظات
١	خلايا الكوليفورم البرازي Faecal coliform		أقل من ١٠٠٠ خلية لكل جرام مواد صلبة على أساس الوزن الجاف.	
٢	السلمونيلا Salmonella		العدد الاحتمالي أقل من ٣ خلية لكل ١٠٠ مل عند تركيز ٤% مواد صلبة على أساس الوزن الجاف.	
٣	بويضات الإسكارس Ascaris ova		وحدة لكل ١٠٠ مل عند تركيز ٥% مواد صلبة على أساس الوزن الجاف. لا يسمح بتواجد أكثر من ثلاثة أجناس من بويضات الديدان.	

العينة مطابقة / العينة غير مطابقة

ملاحظات فنية :

مدير المعمل:

يعتمد:

حالات سحب التراخيص

الحالة الأولى:

يوقف العمل بالتراخيص الصادر لمنتج الحمأة حتى انتهاء مدته في حالة ارتكابه أي من الأفعال التالية:

١. بيع الحمأة المخالفة للمعايير المذكورة في الكود المصري.
٢. عدم إجراء التحاليل المذكورة بنماذج البيع بصفة دورية.
٣. عدم حفظ نماذج البيع الخاصة بالموزعين المتعاملين معه في سجل خاص للمتابعة مع الجهات الرقابية.

وفي حالة عودته لارتكاب ذات الأفعال يسحب منه الترخيص ولا يمنح ترخيصاً جديداً إلا بعد انقضاء سنه من تاريخ السحب. وفي جميع الأحوال يتم إعداد المواد المخالفة بإحدى الطرق الآمنة بينيا.

الحالة الثانية:

يوقف العمل بالتراخيص الصادر لموزع الحمأة حتى انتهاء مدته في حالة ارتكابه أي من الأفعال التالية:

١. عدم الالتزام بشروط التخزين المذكورة بهذا الباب.
٢. عدم الالتزام بما ورد بهذا الباب بخصوص نقل الحمأة بواسطة عربة تنظف دوريا بعد كل استخدام وتغطيه الحمأة أثناء النقل وعدم الاحتفاظ بسجل خاص تدون فيه البيانات الخاصة بالمشتريين ومواقع الأراضي الخاصة بهم.

وفي حالة عودته لارتكاب ذات الأفعال يسحب منه الترخيص ولا يمنح ترخيصاً جديداً إلا بعد انقضاء سنه من تاريخ السحب.

المراجع

• تم الإعداد بمشاركة المشروع الألماني GIZ

• و مشاركة السادة :-

الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي	➤ د/ البير ميلاد السيد
شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحيرة	➤ د/ عبد الرحمن الخولي
شركة صرف صحي الإسكندرية	➤ د/ حسام الشربيني
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي	➤ د/ خالد محمد فهمي
شركة صرف صحي القاهرة	➤ د/ رمضان محمد
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي	➤ د/ شريف سرور
شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية	➤ د/ محمد ابراهيم
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي	➤ د/ محمد اسماعيل
شركة صرف صحي القاهرة	➤ د/ محمد صبري
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي	➤ د/ محمود عبد الرحمن
شركة مياه الشرب والصرف الصحي ببني سويف	➤ د/ مرزوقة شعبان
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي	➤ د/ مصطفى فراج
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي	➤ د/ ممدوح محمد زريق
GIZ	➤ د/ مها خلاف
شركة مياه القاهرة	➤ د/ مي السيد حسين
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي	➤ د/ نسرین عبد الرحمن
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي	➤ د/ يحيى شريف