جمهورية مصر العربية
معهد التخطيط القومى

التخطيط للإدارة المتكاملة لحمأة الصرف الصحى فى مصر

Planning for Integrated Management of The Sewage Sludge in Egypt

إعداد
أمانى عادل محمد النطرينى

إشراف
أ.د/ نفيسة ابو السعود

لإستكمال متطلبات
الحصول على درجة الماجستير المهنى
" التخطيط للتنمية المستدامة "
2020

ملخص البحث

استهدف هذا البحث تقييم الوضع الراهن لحمأة الصرف الصحى فى مصر وتحديد المشكلات التى تواجهها الدولة فى التعامل مع الحمأة الناتجة من محطات معالجة سوائل الصرف الصحى والأهداف المرجوه فى هذا الشأن بما يتواكب مع إستراتيجية الدولة فى التنمية المستدامة .

تناول البحث نوعية وكميات مياه الصرف الصحى وكميات الحمأة الناتجة من محطات معالجة الصرف الصحى على مستوى الجمهورية والتقنيات المستخدمة لمعالجتها وكيفية التعامل مع الكميات المتزايدة الناتجة من حمأة الصرف الصحى من جميع محطات المعالجة وحول مدى إهتمام صناع القرار فى مصر بهذ الحمأة وخططهم التطويرية الحالية والمستقبلية للإستفادة منها فى الأغراض المختلفة مثل الزراعة والطاقة ومواد البناء.

وأظهرت نتائج البحث الحمأة المنتجة من محطات المعالجة حاليا صلاحيتها للإستخدام كسماد فى الزراعة حيث أنها غنية بالمواد العضوية والمواد الهامة للتربة والمحاصيل مثل النيتروجين والفوسفور، كما انها ضمن الحدود الموصى بها للمعادن الثقيلة ، وعلى الرغم من الإستخدام الشائع لحمأة الصرف الصحى فى مجال الزراعة, إلا أن هناك تطلعات أكثر من الجهات المختصة بإستخدام الحمأة فى مجالات أخرى مثل إنتاج الطاقة والصناعات الأخرى .

Summary:

This research was prepared to assess the current situation of sewage sludge in wastewater treatment plants and to identify the problems which faces in the Egypt with the required goals in this regard with the state's strategy in this field.

The research determined the quality and quantities of wastewater and the quantities of sludge produced from sewage treatment plants at the level of the Republic and the techniques used to treat them, and how to deal with the quantities resulting from the plants and about the extent of interest of decision makers in Egypt in the resulting sludge with large quantities of stations and their current and future development plans to benefit from them in Various purposes such as agriculture, energy and building materials.

The results of the research showed that the sludge produced from the treatment plants is currently as fertilizer in agriculture which is rich in important organic materials for soil and crops such as nitrogen and phosphorous and within the recommended limits of heavy metals, despite the common use of sewage sludge in the agricultural field, there are more aspirations from the competent authorities to use sludge in other fields such as energy production and other industries.

فهرس محتويات البحث

بيان	الصفحة
الفصل الأول: الإطار النظرى للبحث	3
مقدمة	3
أهداف البحث	4
أهمية البحث	4
المشكلة البحثية	4
تساؤلات البحث	4
حدود البحث	5
منهجية البحث	5
التجارب السابقة	5
الفصل الثانى : الدراسة التطبيقية	11
الإطار المفاهيمي	11
القضايا الأساسية المرتبطة بمعالجة وتداول الحمأة	17
الوضع الراهن للحمأة في مصر	17
تقدير كمية الحمأة عام 2037	21
الاشتراطات البيئية والصحية للتعامل مع الحمأة	21
الإدارة المتكامة وفرص الاستفادة من الحمأة والهداف المخطط لها	23
فرص الإستفادة من الحمأة حاليا ومستقبلاً	24
عرض وتحليل نتائج البحث:	27
التوصيات	30
المراجع	3

الجداول والأشكال البيانية	الصفحة
الجدول رقم (1) : أعداد وتقنيات محطات الصرف الصحى فى مصر طبقاً للإحصائيات عام 2016	18
الجدول رقم (2): يوضح طاقات محطات معالجة الصرف الصحى وكميات الحماة المنتجة طبقا لتقنيات المعالجة المختلفة على مستوى الجمهورية طبقاً للإحصائيات 2018	19
الشكل رقم (1): التخمر اللاهوائى للحمأة فى محطة معالجة الصرف الصحى بالجبل الأصفر	10
الشكل رقم (2): مراحل معالجة مياه الصرف الصحى فى أحد المشروعات وتولد أنواع الحمأة المختلفة من كل مرحلة	16
الشكل رقم (3): مخطط لموقع كل من الحمأه الإبتدائية و الثانوية داخل منظومة معالجة الصرف الصحى	16
الشكل رقم (4): يوضح المنظور المستقبلى لتغيير تطبيقات الحمأة فى مصر	29

الفصل الأول: الإطار النظرى للبحث

مقدمـــــــة:

يعتمد الإنسان فى حياته وفى تقدمه إعتماداً كبيراً على البيئة التى يعيش فيها الإنسان وما بها من عناصر طبيعي، وبقدر ما يحسن الإنسان التعامل مع بيئته ويعمل على إستغلال مصادرها إستغلالاً رشيدا فإنه يستطيع المحافظة على بيئته وتطوير أساليب حياته ، ولقد أصبح ضرورياً الآن التعامل مع كميات هائلة من مخلفات الصرف الصحى التى تزداد كمياتها طردياً مع زيادة عدد السكان ويرتفع محتواها من المواد الضارة التى يصعب الحد منها،[1].

وتظل عملية إحداث التنمية المستدامة[2] فى ظل ندرة الموارد هى من أعقد الأمور المؤثرة فى إقتصاديات الدول، وحتى تحدث تنمية مستدامة لابد من الإستخدام الأمثل لهذه المخلفات والإستفادة القصوى منها وذلك بإعادة إستخدامه باسلوب علمى يتحقق معه عوائد متنامية للمجتمع والحد من التكاليف المباشرة و الغير مباشرة التى يدفعها المجتمع نتيجة الآثار السلبية التى تحدثها هذه المخلفات لعدم إدارتها الإدارة السليمة مما يجعلها عبئاً ثقيلاً على المجتمع .

وتحتوى حمأة الصرف الصحى على كميات ضخمة من الماء قد تتجاوز نسبتها % 97 من حجمها، كما أنها تحوى مقادير من الممرضات المنقولة مع مياه الصرف الصحي والتى أزيلت معها أو ضمنها علاوةً على محتواها الكيميائى كمواد عضوية قابلة للتخمر والتحلل الحيوى، وتعتبر أيضا غنية بالمواد العضوية مثل النيتروجين والفوسفور[3] .

ومما هو جدير بالذكر، أن الحمل الوبائى المنقول بالحمأة يشكل خطراً صحياً مباشراً للإنسان أو الحيوان الذي يتعرض لها، كما يشكل خطراً غير مباشر بتلويثه للهواء والتربة والمزروعات وحيث أن مصدر الحمل الوبائى الرئيسى للنفايات الصلبة المتولدة فى محطات الصرف الصحى هو البراز الآدمى، حيث يستطيع الإنسان الواحد أن يصرف إلى المحطة يومياً ما يقدر بـ 30-60 جرام جاف من البراز مما يشكل أكبر مصدر للنفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحى[4]، وعليه فإن حملها الوبائى مرتبط بشكل رئيسى بالحالة الصحية للأفراد الذين يصرفون مخلفاتهم إلى المحطة وعليه فإنه لايمكن الحد من وصول الممرضات إلى المحطة بشكل مباشر.

---

1 Ludovico Spinosa, Azize Ayol 2, Jean-Christophe Baudez 3, Roberto Canziani 4, Pavel Jenicek 5, Angelique Leonard 6, Wim Rulkens 7, Guoren Xu 8 and Lex van Dijk, Sustainable and Innovative Solutions for Sewage Sludge Management, National Research Council (CNR) c/o Governmental Commissariat Environmental Emergencies Region Puglia, (home) Via G. Bozzi 5, 70121 Bari, Italy , Water 2011, 3, 702-717; doi:10.3390/w3020702

Zahran,Y.A.E. ; Mohamed A. M. Abd-Elmagieed and Ahmed M. Hamza 2
Field study of farmers adaptation and applications of sewage sludge practices produced from and wastewater
Agricultural Extension and Rural ، Agricultural Extension treatment plants in agriculture at some egyptian village
J. Agric. Econom. and Social Sci., Mansoura Univ., ،Society Dept., faculty of Agriculture, Mansoura University
Vol. 6 (10), October, 2015

Federal Register/Vol. 64, No. 137/Monday, July 19, 1999/Notices 3

4Polprasert, C., (1996).Organic waste recycling-technology and management, 2nd. (Ed.)

أهداف البحث:

الهدف الرئيسى:

التوصل إلى بعض المقترحات لتعزيز الإستفادة من حمأة الصرف الصحى كأحد المخلفات الصلبة فى مصر فى الأغراض المناسبة والتى تساعد على تحقيق التنمية المستدامة.

ويتم تحقيق ذلك من خلال الأهدف الفرعية الآتية:

1. **التعرف على حجم المشكلة وآثارها ومنظومة التعامل معها.**
2. **التعرف على المجهودات السابقة فى معالجة حمأة الصرف الصحى فى مصر والإستفادة منها.**
3. **التعرف على خبرة مصر وخبرات دول أخرى فى التعامل مع حمأة الصرف الصحى.**
4. **التوصل إلى بعض المقترحات لتعظيم الإستفادة من حمأة الصرف الصحى.**

أهمية البحث:

تأتى أهمية البحث فى كيفية الإستفادة من حمأة الصرف الصحى المعالجة وإعادة إستخدامها لتحسين ظروف البيئة كالآتى:

- **تمثل الحمأة بمكوناتها (المواد العضوية) مصدراً إما لإنتاج مخصبات عضوية للتربة أو لإنتاج الغاز الحيوى كمصدر للطاقة.**
- **تحويل الحمأة إلى سماد عضوى مستفيدا من إعادة إستخدام عنصر الفوسفور كمخصب وسماد زراعى له مردود إجتماعى و إقتصادى، كما ان عنصر الفوسفور مورد غير متجدد و أن إعادة إستخدامه مرة اخرى يحافظ على الموارد البيئية من النفاذ [5] .**
- **تستخدام الحمأة فى إنتاج الطاقة (البيوجاز) حيث تعد تكنولوجيا البيوجاز والتى تعتمد على التخمر اللاهوائى للمخلفات الصلبة والسائلة من التكنولوجيات المنتشرة فى العديد من دول العالم لمعالجة مخلفات الصرف الصحى بطريقة إقتصادية وآمنة صحيا لحماية البيئة من التلوث مع إنتاج غاز الميثان كمصدر جديد ومتجدد للطاقة يساهم إلى حد كبير فى ترشيد إستهلاك الطاقة التقليدية كالبترول وحماية البيوماس من الحرق المباشر .**

المشكلة البحثية :

تتمثل المشكلة البحثية فى مراجعة المجهودات التى تمت فى مجال معالجة حمأة الصرف الصحى والتوصل إلى مجموعة من المقترحات لتعظيم الإستفادة من حمأة الصرف الصحي وتحقيق الإدارة المتكاملة لهذه الحمأة ، بأنسب الطرق للإستفادة من معالجة الحمأة وإعادة إستخدامها لتحسين ظروف البيئة وتشخيص الوضع الراهن لها والتعرف على تجارب وخبرة مصر وخبرة دول أخرى فى التعامل مع حمأة الصرف الصحى.

تساؤلات البحث :

وبناءاً على ما تقدم فقد تم صياغة مشكلة البحث الحالية فى التساؤلات الآتية:

- **هل يتم الإستفادة من حمأة الصرف الصحى فى مصر؟**
- **هل هناك فرص لتعظيم الإستفادة من حمأة الصرف الصحى فى مصر؟**

[5] Syndicate, Engineers. (2015). "wadi el gedid." Engineers Syndicate

حدود البحث:

يركز البحث على حمأة محطات معالجة الصرف الصحى فى جمهورية مصر العربية.

منهجية البحث:

المنهج المستخدم هو المنهج الوصفى التحليلى الذى يستند إلى مراجعة التقارير والبيانات والإحصاءات والمسوح الصادرة عن الجهات المعنية وكذلك مراجعة الأدبيات السابقة التى تناولت هذا الموضوع وتحليل نتائجها .

التجارب السابقة:

توجد تجارب عديدة حول آليات الإستفادة من الحمأة محليا ودوليا لتوليد الطاقة والحفاظ على البيئة وتحويله لطاقة خضراء والبيوجاز والوقود ومواد البناء كما أنها تستخدم فى السماد العضوى.

اولًا: دوليًا:

1-دراسة تقييم الجوانب القانونية والتقنية والإقتصادية لإدارة حمأة الصرف الصحى فى المناطق الحضرية الفلسطينية [6]

تمحورت الدراسة حول محطات تنقية مياه الصرف الصحى (البيرة والطيرة ونابلس وأريحا) حول كمية ونوعية الحمأة الناتجة فى محطات الدراسة والتقنيات المستخدمة لمعالجتها وكيفية التعامل مع الكميات الناتجة وحول مدى إهتمام صناع القرار لإدارة الحمأة الناتجة وخططهم الحالية والمستقبلية للإستفادة منها ، وقد أظهرت النتائج أنه يتم إنتاج كميات كبيرة من الحمأة ويتم معالجتها بتقنيات عالمية عالية الجودة، وهى ذات تركيز منخفض وضمن الحدود الموصى بها من المعادن الثقيلة والمركبات الكيميائية الضارة وشبه خالية من الطفيليات ومسببات الأمراض وكذلك غنية بالمواد العضوية الهامة للتربة والمحاصيل وبها كافة المواصفات التى تجعل الحمأة خيار جيد للإستخدام الزراعى.

وقد تم إعداد هذه الدراسة طبقا لما ورد بالكود الفلسطينى لمعالجة الحمأة [7]حيث أن الهدف منه إنتاج وإستخدام حمأة الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة بطريقة تحد من الأضرار البيئية وتمنع الآثار الضارة على التربة والغطاء النباتى والحيوانات وبالتالى تشجيع الإستخدام الصحيح لهذه الحمأة.

2-تجربة الإدارة اللامركزية لمعالجة الحمأة فى محطات الصرف الصحى فى عدد من مناطق المملكة الأردنية:

أطلقت وزارة المياه والرى / سلطة المياه بالتعاون مع مشروع الإدارة اللامركزية المتكاملة للحمأة DISMوالممول من الوزارة الإتحادية للتعاون الإقتصادى والتنمية الألمانية ممثلة بالوكالة الألمانية للتعاون الدولى GIZحملة شاملة للتعريف بأهمية إدارة الحمأة الناتجة عن معالجة مياه الصرف الصحى وإستخداماتها .

ان مشروع DISM بالتعاون مع سلطة المياه يهدف إلى إيجاد حلول عملية ومفيدة لمشكلة تراكم الحمأة فى محطات معالجة الصرف الصحى ووضع نهج متكامل لمعالجة وإعادة إستخدام الحمأة جنباً إلى جنب مع مخلفات الطعام من أجل

[6] حلبى، ريم (2017)، برنامج هندسة المياه والبيئة – تقييم الجوانب القانونية والتقنية الإقتصادية لإدارة حماة الصرف الصحى فى المناطق الحضرية الفلسطينية ،لنيل درجة الماجستير -كلية الدراسات العليأ - جامعة بيروت .

[7] التعليمات الفنية الإلزامية (59-2015)، الحمأة المعدة للإستخدام الزراعى(2015/10/25)، المادة (1)، فلسطين .

الحد من إنبعاث غازات الإحتباس الحرارى، هذا ويضمن النهج المتكامل إشراك جميع الأطراف المعنية من وزارات وبلديات ومرافق المياه.

يعمل المشروع على تصميم وبناء نموذجٍ ريادى للهضم التشاركى فى محطة مؤتة –المزار–العدنانية فى محافظة الكرك، ليتم إستغلال الموارد المتوفرة من الحمأة وبقايا المطاعم من خلال معالجتها بتقنية الهضم التشاركى لإنتاج الغاز الحيوى وتوليد الطاقة بالإضافة إلى إنتاج مزيج عضوى معالج مطابق للمواصفات الأردنية والعالمية يمكن إستخدامه لتحسين خواص التربة ومكافحة التَصحر.

ان مشروع إدارة الحمأة فى محطات معالجة المياه العادمة يهدف لإيجاد الحلول العملية والمتطورة وفق أفضل المواصفات العالمية للحمأة فى محطات الصرف الصحى والتى تفوق مثيلاتها فى عدد من المناطق المتقدمة فى العالم من خلال تركيب أنظمة معالجة حديثة وأنظمة تعقيم وتجفيف وتحكم كذلك نظام توليد الحرارة والكهرباء (CHP Unit) مما يسمح بإمكانية الإستفادة من الحمأة الجافة في أغراض توليد الطاقة الذاتية للمحطات وتوفير مصدر طاقة إضافى بإستخدام تكنولوجيا حديثة متطورة (Co– Digestion) فى محطة مؤتة –المزار–العدنانية فى محافظة الكرك، ليتم تعميمها على جميع المحطات ذات الجدوى.

وقد تم إعداد هذا المشروع طبقا للكود الأردنى [8]حيث عرف الحمأة الجافة بالبند 3–3 " المواد ذات القوام الجاف الناتجة عن عمليات معالجة الصرف الصحى المنزلية و التى لايزيد محتوى الرطوبة فيها على 10% .

<u>3– النظام الهندى فى إستخدام البيوجاز</u>[9]:

تعتبر تكنولوجيا تحويل المخلفات إلى طاقة من أهم التكنولوجيات صديقة للبيئة فى مجال تدوير المخلفات، إنتاج الغاز الحيوى (الميثان أو ما يسمى بالبيوجاز) من المخلفات العضوية وعند تخمرها مما يجعله سماداً نظيفا لايلوث البيئة ولا خطورة فى إستخدامه فى تسميد جميع المحاصيل، وتوجد أنواع عديدة من وحدات البيوجاز يتوقف نظامها على حجم المخلفات التى يتم تغذيتها بها ونوعها والهدف من معالجتها الحصول على الطاقة والسماد العضوى بالإضافة إلى حماية البيئة من التلوث، ومميزاته سهولة الإنشاء والتشغيل ويصلح فى الأراضى الثقيلة والخفيفة وضغط الغاز منتظم ويمتاز بقدر كبير من الأمان ، وعيوبه إرتفاع تكلفة الإنشاء والصيانة ومصروفات إستهلاك الوحدة ويحتاج إلى عمالة فنية متخصصة لتنفيذه .

<u>4–دراسة تأثير حمأة الصرف الصحي المعالجة على تراكم العناصر الثقيلة في التربة و النبات و إنتاجية بعض المحاصيل فى بعض المحافظات السورية</u>[10]

درس تأثير إضافة حمأة الصرف الصحى للتربة الزراعية على الأثر التراكمى للعناصر الثقيلة في التربة و النبات و كذلك على إتاحة بعض العناصر المغذية للنبات و أخيراً إنتاجية النبات ضمن الدورة الزراعية (قطن – القمح – الذرة الصفراء – بيقية)، نفذت تجربة بأربع معاملات (تربة شاهد، تربة+تسميد معدنى حسب توصيات وزارة الزراعة، تربة+حمأة حسب إحتياجات المحصول من الآزوت، تربة+حمأة ضعف إحتياجات المحصول من الأزوت) و أربعة مكررات و ذلك فى محطة

---

[8] التعليمات الفنية الإلزامية (2006/1145)، المياه – الحمأة - إستعمالات الحمأة المعالجة والتخلص منها – المملكة الأردنية الهاشمية - مؤسسة المواصفات والمقاييس ،الإصدار الثانى .

[9] الدليل لتدوير المخلفات الزراعية (2010)، وزارة الدولة لشئون البيئة .

[10] Manhal, Dr.Mohamed El., (2015). "Study effect of treatment sludge on commulative materials in soil, plant." sorya

بحوث كتيان – إدلب و محطة الكمارى – حلب لموسم و لعدة مواسم 2006 – 2010، حللت الحمأة المستعملة و كذلك حللت التربة قبل الزراعة و عند الحصاد قدرت العناصر الثقيلة (Cd , Pb, Ni, Cr) و ذلك فى التربة و النبات، كما قدرت بعض العناصر الخصوبية (أزوت كلى، أزوت معدنى، فوسفور، مادة عضوية، عناصر صغرى).

من خلال دراسة العناصر الثقيلة فى التربة والنبات، فقد لوحظ وجود تراكم معنوى لهذه العناصر فى التربة و النبات و تجاوزت فى بعض الحالات الحدود المسموح بها.

ومن خلال دراسة الخصائص الخصوبية للتربة فقد لوحظ إزدياد نسبة المادة العضوية والأزوت الكلى فى التربة فى المعاملات المسمدة بالحمأة مقارنة بالشاهد، و كذلك لوحظ وجود زيادة معنوية فى الفوسفور المتاح و الأزوت المعدنى و النحاس و المنجنيز و الزنك فى التربة عند زيادة إضافة الحمأة.

و كذلك إزدادت إنتاجية النبات بالنسبة للمحاصيل المختلفة و خلال المواسم المختلفة و ذلك مع زيادة إضافة الحمأة.

ثانيا: محليا:

حالات تطبيقية ناجحة فى مصر نتناولها كما يلى :

1-الدليل الإرشادى للكود المصرى لسنة 2017[11] لإستخدام الحمأة كمادة بناء داخلية وخارجية

بخصوص تدوير مخلفات الحمأة ويتضمن تنظيم وإستخدام حمأة الصرف الصحى المعالجة بطريقة تحد من الأضرار البيئية على التربة والغطاء النباتى والحيوانات وصحة الإنسان وبالتإلى تشجيع الإستخدام الصحيح لهذه الحمأة .

تزداد مشكلة الكميات الكبيرة من الحمأة فى المستقبل عند تفعيل التشريعات الحكومية بمنع إستخدام الحمأة كمحسن للتربة الزراعية ويعرف هذا الجزء من الكود الغرض من إعادة إستخدام الحمأة كمادة بناء داخلية وخارجية .

2- محطة معالجة سخا- كفر الشيخ[12]

تقع محطة معالجة سخا جنوب غرب مدينة كفر الشيخ بتصرف 80000 م3/ يوم وتعتبر من أكبر محطات معالجة مياه الصرف الصحى بمحافظة كفر الشيخ بمساحة كلية تقدر بحوالى 57 فدان وتخدم 23% من إجمالى سكان المحافظة بما يعادل 900 ألف نسمة بمدينة كفر الشيخ وعدد(6) قرى تابعة .

- **قامت شركة كفر الشيخ بمنح شركة إمباور مساحة من الأرض داخل نطاق محطة معالجة سخا بمقابل حق الإنتفاع لمدة 15 عام قابل للتمديد طبقا للقانون رقم 203 لسنة 2014 بشأن تحفيز إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة**
- **تم ربط محطة إنتاج الكهرباء على شبكة كهرباء مدينة كفر الشيخ وتركيب عداد لحساب كمية الكهرباء الداخلة على الشبكة وبيعها لشركة كهرباء.**
- **تقوم شركة كفر الشيخ بمد محطة الطاقة الكهربائية بالحمأة من حوض التكثيف بمقابل 42 جنيه/ م3(مع 10% زيادة سنوية) و تحصل شركة كفر الشيخ على 2% من إيرادات الكهرباء المباعة سنويا .**

[11] الدليل الإرشادى للكود المصرى لتدوير المخلفات الصلبة المختلفة وإستخدامها فى البناء (2017)،المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء .

[12] مفتاح ، محمد عبد الحميد، تقرير فنى(يوليو2019) ، مشروع إنتاج الكهرباء من مخلفات الصرف الصحى، محطة معالجة سخا، كلية الهندسة – جامعة المنصورة (مركز الدراسات والبحوث والإستشارات الهندسية)، محافظة كفر الشيخ .

يتضمن المشروع مرحلتين :

(المرحلة الأولى) : محطة معالجة صرف صحى سخا بطاقة كهربائية 2.5 ميجاوات/ ساعة، وقد تم التشغيل فى 2018/7/11

(المرحلة الثانية) : يتضمن عدد (7) محطات لمعالجة الصرف الصحى تقع فى مدن (فوة – دسوق – سيدى سالم – قلين – بيلا – بلطيم – مطوبس) بطاقة إجمالية 7.5 ميجا وات / ساعة .

<u>جدوى المشروع :</u>

<u>الناحية الإقتصادية (مردود مباشر)</u>

تخفيض تكلفة المعالجة عن طريق توفير الخطوات الإضافية لمعالجة الحمأة داخل محطات المعالجة خاصة فى المحطات التى تستخدم المعالجة الميكانيكية للحمأة (الطرد المركزى Centrifugation ، حزام الضغط Belt Press).

- **تحقيق عائد مادى من بيع الحمأة مما يسهل من عملية إستعادة التكلفة Cost Recovery والتى تصب أيضا فى عملية تخفيض تكلفة المعالجة .**
- **إنتاج السماد العضوى الآمن للإستخدام (عالى الجودة) والذى يتم توريده بشكل يومى إلى مناطق الأراضى المستصلحة فى توشكا وغيرها**
- **إنتاج الكهرباء بأسعار أقل من الوسائل الأخرى(طاقة شمسية ، طاقة رياح ، ..إلخ) .**
- **تمثل عامل محفز لجذب الإستثمارات داخل قطاع مياه الشرب والصرف الصحى بنظام مشاركة القطاع العام مع الخاص (public private partnership) .**

<u>الناحية البيئية (مردود غير مباشر) :</u>

- **الحفاظ على الصحة العامة من خلال التخلص الآمن من الحمأة بعد معالجتها وتعقيمها حرارياً وكيميائياً.**
- **إستيعاب جزء من الحمأة الجافة من محطات أخرى مما يمثل أسلوباً آمنا للتخلص من الحمأة .**
- **إنتاج الكهرباء من مصدر نظيف ومتجدد وأقل تلوثاً للبيئة (الغاز الحيوى Bio gas) .**

<u>فـوائد اخـــــرى :</u>

- **توفير مساحة الأراضى المخصصة لأحواض التجفيف (أرض المناشر) داخل المحطة.**
- **المساهمة فى إنتاج جزء من الكهرباء التى تحتاجها المحطة بطريقة غير تقليدية بكميات تضاف إلى الكهرباء المنتجة من المحطات التقليدية .**
- **عدم إنقطاع الكهرباء من محطات الصرف لضخ الكهرباء فى منطقة الإستهلاك .**

<u>3- محطة معالجة مياه الصرف الصحى بالجبل الأصفر GAWWT [13]</u>

- **يعتبر مشروع إنشاء محطة المعالجة العملاقة بالجبل الأصفر (بمراحله الثلاثة) هو آخر مراحل المشروع العام للصرف الصحى بالضفة الشرقية للنيل بالقاهرة الكبرى والتى تشمل نفق رئيسى لنقل مياه الصرف الصحى من عين الصيرة**

[13] الرفاعى، طارق (2019)، تقرير فنى عن محطة معالجة الصرف الصحى بالجبل الأصفر ،الجهاز التنفيذى لمياه الشرب والصرف الصحى، وزارة الإسكان والمرافق و المجتمعات العمرانية .

حتى الأميرية بطول حوالى 13 كيلو متر ومجمعات رئيسية من الأميرية إلى الجبل الأصفر بطول حوإلى 15 كيلو متر.

- **ويهدف المشروع بالدرجة الأولى إلى إستيعاب معظم تصرفات الضفة الشرقية للنيل من مياه الصرف الصحى والتى تقدر بحوالى 3 مليون متر مكعب يومياً يتم معالجتها لتكون صالحة لأغراض الرى لحوالى 50 ألف فدان وكذلك معالجة المخلفات الصلبة (الحمأه) لإستخدامها كسماد عضوى .**
- **وقد تم تقسيم مشروع محطة المعالجة الرئيسية العملاقة إلى ثلاث مراحل تقوم كل مرحلة بإستقبال ومعالجة حوإلى مليون متر مكعب يومياً، بالإضافة إلى مشروع تعظيم الإستفادة من المرحلة الأولى الذى يستقبل حوالى 000 300 م3 من التصرفات الزائدة عن طاقة معالجة محطة تنقية البركة وتصرفات مدينة العبور.**

<u>فوائد المشروع :</u>

يعتبر هذا المشروع نقلة حضارية غير مسبوقة نظراً للفوائد الجمة لإستثمار هذا المشروع، منها على سبيل المثال :-

- **الحفاظ على البيئة من التلوث فى عدم صرف مياه الصرف الصحى الخام على المجارى المائية وبالتإلى حماية المواطنين من الأمراض .**
- **الإستفادة من غاز الميثان فى توليد جزء من الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل المحطة.**
- **الإستفادة من إعادة إستخدام المياه المنقاة فى أغراض الرى لبعض الزارعات لحوالى 50 ألف فدان . إستخدام الحمأه بعد المعالجة والتجفيف كسماد آمن وذلك بانتاج حوالى 300 متر مكعب يومياً من السماد العضوى يمكن إستخدامها فى أغراض التسميد للأراضى الزراعية .**
- **عدم ظهور طفح مياه مجارى داخل القاهرة الكبرى، والمحافظة على أساسات المبانى والمرافق العامة تبعاً لذلك.**

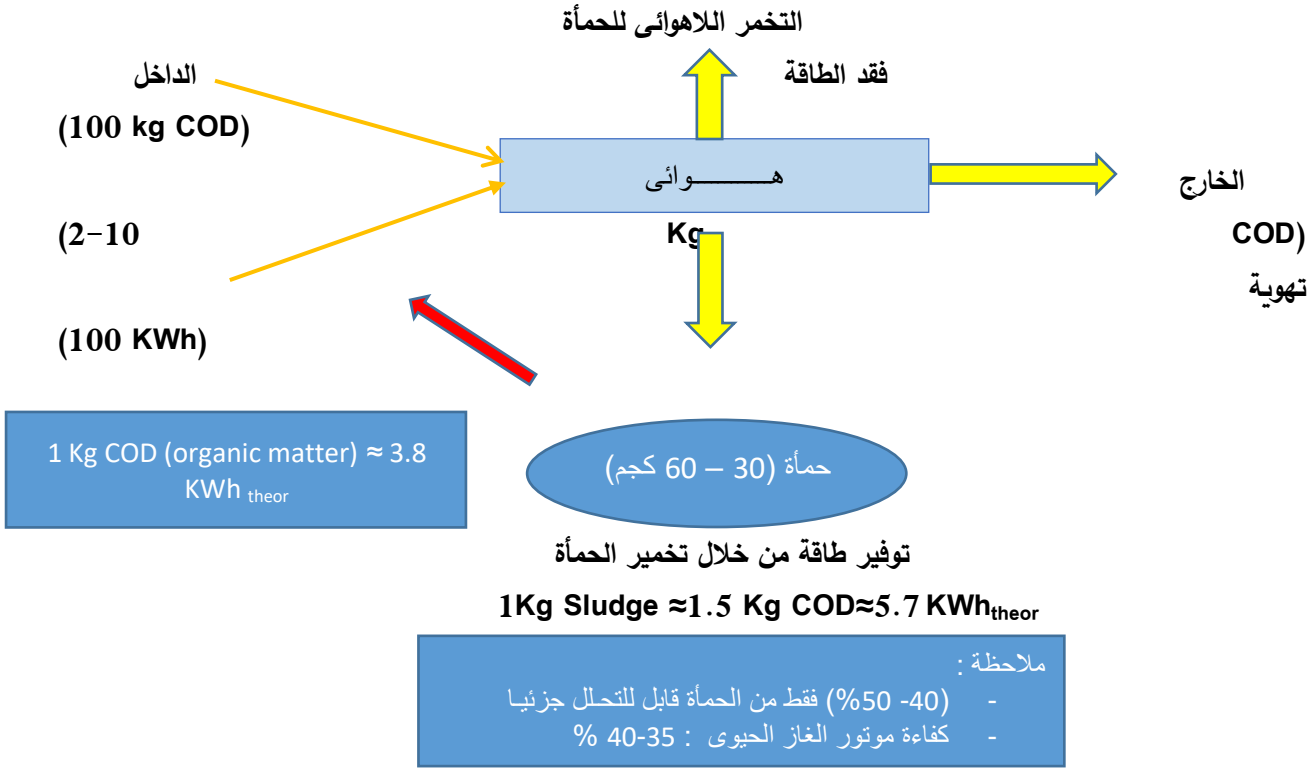
<u>إنجازات إدارة الحمأة بمحطة[14] معالجة الصرف الصحى بالجبل الأصفر:</u>

- **غاز الميثان المتولد يمدنا بـ12 ميجاوات .**
- **توفير 60% من إحتياجات المحطات للطاقة (45مليون جنيه مصرى / سنة هى تغطية تكلفة التشغيل) .**

أكثر من 400000 طن ثانى أكسيد الكربون المكافىء/ السنة تساهم فى تقليل غازات الإحتباس الحرارى وتخفيف من التغيرات المناخية .

[14] عبد الوهاب ، رفعت (سبتمبر 2019)، إدارة الحمأة فى مصر – الفرص والتحديات، الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى، وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية .

الشكل رقم (1): التخمر اللاهوائى للحمأة فى محطة معالجة الصرف الصحى بالجبل الأصفر



المصدر: عبد الوهاب، رفعت (سبتمبر 2019) ، إدارة الحمأة فى مصر – الفرص والتحديات، الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى.

الفصل الثانى: الدراسة التطبيقية

الإطار المفاهيمى

مفهوم الحمأة[15] sludge

هى المواد الصلبة ذات القوام الرطب أو الجاف قبل معالجتها والناتجة عن عمليات معالجة مياه الصرف الصحى المنزلية أو الحضرية أو ذات تركيبة مشابهة لها، ويمكن تقسيم أنواع الحمأة طبقا لمصدر تولدها والمكان التى ترسبت فيه إلى الأنواع التالية:

الحمأة الإبتدائية: Primary Sludge

هى المواد التى تترسب فى قاع أحواض الترسيب الإبتدائية والتى يتم إزالتها دوريا بواسطة كاسحات الحمأة خارج الأحواض ثم ضخها إلى أحواض التركيز، وهى كريهة الرائحة ذات لون رمادى غامق يميل للأسود وقوامها أثقل من قوام الحمأة الثانوية وتحتوي هذه الحمأة على مواد غير عضوية ومواد عضوية وعلى العديد من الكائنات الممرضة "Pathogens" مثل البكتريا والفيروسات والطفيليات.

الحمأة الثانوية Secondary Sludge

هى المواد التى تترسب فى قاع أحواض الترسيب الثانوية و الناتجة من مرحلة المعالجة البيولوجية، وهى ذات لون بنى خفيفة القوام وتحتوى على كتل بيولوجية والعديد من الكائنات الممرضة مثل البكتريا والفيروسات والطفيليات.

الحمأة المنشطة المنصرفة Wasted Activated Sludge

هي الحمأة الزائدة التى تنتج من عمليات المعالجة بالحمأة المنشطة.

الحمأة المهضومة Digested Sludge

هي الحمأة التى حدث لها أكسدة بيولوجية.

الحمأة الآمنة Safe Sludge

هي الحمأة التى يمكن تداولها وإستخدامها بحيث لا تضر بالصحة العامة ولا بالبيئة، وآمنة تماما للإنسان والحيوان، وحتى تكون الحمأة آمنة يجب أن يكون تركيز المعادن الثقيلة بها فى الحدود الآمنة المسموح بها، وأن يتم خفض محتوى الكائنات الممرضة بها للحدود الآمنة وذلك بمعالجتها وتثبيتها قبل تداولها .

الحمأة المعالجة[16]

هى الحمأة التى خضعت لمعالجة بيولوجية (حيوية) أو كيميائية أو حرارية، أو تخزين لفترة طويلة أو أية عملية مناسبة أخرى للحد بشكل كبير من قابليتها للتخمر ومن المخاطر الصحية والبيئية الناتجة عن إستخدامها الزراعى والقادرة على تحقيق إشتراطات المواصفات القياسية المصرية .

الحمأة الجافة:

هى المواد ذات القوام الجاف الناتجة عن عمليات معالجة مياه الصرف الصحى والتى لا يزيد محتوى الرطوبة فيها عن 10%.

---

[15] السرورى ، أحمد (2018) ، عمليات معالجة حمأة الصرف الصحى ، موسوعة معالجة الصرف الصحى ، دار الكتب العلمية.

[16] الدليل الإرشادى لجهاز تنظيم مياه الشرب والصرف الصحى وحماية المستهلك (2019) ، وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية.

التجميع:

هى العملية التى يتم فيها جمع الحمأة بعد معالجتها وقبل إستخدامها.

إضافة الحمأة للتربة:

هى العملية التى يتم فيها عملية نثر الحمأة على سطح التربة أو حقن الحمأة تحت سطح التربة أو خلط الحمأة بالتربة .

معالجة الحمأة[17] :

مراحل معالجة الحمأة Sludge Treatment

يقصد بها مجموعة العمليات التى تتم على الحمأة التى يتم تجميع من المعالجة الإبتدائية و الثانوية لمياه الصرف الصحى بواسطة بعض أو كل العمليات الآتية :-

- **عملية تركيز أو تغليظ الحمأة (أحواض التركيز) .**
- **عملية تثبيت الحمأة .**
- **عملية التجفيف .**

عملية تثبيت الحمأة Sludge Stabilization

تهدف هذه العملية إلى تثبيت المواد العضوية المتطايرة الموجودة بالحمأة وكذا التخلص من أو تخفيض محتوى الكائنات الممرضة بها للحد الآمن بيئياً للتعامل مع الحمأة .

عملية التجفيف

هى العملية التى يتم فيها تقليل نسبة المياه فى الحمأة إلى أقل نسبة ممكنة بهدف تقليل حجمها و إمكانية نقلها بطريقة إقتصادية و سهلة إلى مناطق التخلص النهائى، وهى تتم إما طبيعيا بإستخدام أشعة الشمس (حيث يتم إستخدام أحواض التجفيف) أو ميكانيكا (بإستخدام القوة الطاردة المركزية أو ترشيح بالضغط أو ترشيح بإستخدام المصافى أو التجفيف بإستخدام آلات العصر).

التخمر الهوائى Aerobic Digestion

وتهدف هذه العملية إلى هضم المواد العضوية المتطايرة الموجودة فى الحمأة الثانوية أو خليط من الحمأة الإبتدائية مع الثانوية وتحويلها إلى نواتج مستقرة أو خاملة بتأثير الأكسجين الحر (الهواء) الذى يتم تأمينه عن طريق ناشرات الهواء أو الهوايات السطحية وتبلغ مده المكث بأحواض التخمر الهوائى من 10 -15 يوم حسب نوعية الحمأة التى يتم معالجتها ففى حالة الحمأة الثانوية يتم إعداد الأكسجين بأحواض التخمر الهوائى بمعدل 1.25 – 2 م3/ساعة/ م3 وتتم فى هذه العملية تخفيض المواد الصلبة العالقة المتطايرة من 30-40%.

التخمر اللاهوائى Anaerobic Digestion

وتهدف هذه العملية إلى هضم المواد العضوية المتطايرة الموجودة بالحمأة وتحويلها إلى نواتج مستقرة أو خاملة وتتم هذه العملية فى خزانات مغلقة لمدة تمتد من 16- 21 يوم فى درجة حرارة معينة (تختلف حسب نوع البكتريا القائمة بعملية التخمير) فتكون من 35- إلى 37 درجة مئوية فى حالة البكتريا الميزوفيلك وترتفع من 55-70 درجة مئوية فى حالة

[17] دراسة (أغسطس 2019) ،إستراتيجية إدارة الحمأة على مستوى الشركات التابعة للشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى، برنامج إدارة المياه والصرف الصحى الممول من GIZ الوكالة الألمانية ، إعداد كيمونكس مصر للإستشارات .

البكتريا الترموفيلك) وينتج عن التفاعل داخل الخزانات المغلقة غاز الميثان الذى يتم تجميعه وإستخدامه كمصدر للطاقة الكهربية .

الكمر Composting

وتهدف 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 إرتفاع درجة الحرارة أثناء عملية الكمر (والتى قد تصل إلى 70 د.م) وقد تستخدم بعض الإضافات مثل نشارة الخشب أو المخلفات الزراعية أو تراب الأسمنت أو غيرها، وفى هذه العملية يتم وضع الحمأة فى أكوام مهواه فى صفوف مستقرة وحتى تنجح عملية الكمر فيجب أن يصل تركيز المواد الصلبة المعالجة فى الحمأة المراد كمرها من 40-50% وتمد فترة الكمر للحمأة سواء فى الأكوام أو الصفوف من 20-28 يوم .

المعالجة الحرارية Thermal Processing

وتهدف المعالجة الحرارية إلى القضاء على الجرايثم الموجودة بالحمأه وجعلها أكثر إستجابة لفصل المياه عن المواد الصلبة دون الإستعانة بمركبات كيميائية، ويتم فى هذه العملية تسخين الحمأه إلى درجة حرارة حوإلى (265 د.م) وتحت ضغط جوى 27 بار لمده حوإلى 30 دقيقة .

لمحة عن الحمأة[18] :

تسمى المواد الصلبة وشبه الصلبة المتكونة أثناء عملية المعالجة لمياه الصرف الصحى فى المحطات بالحمأة، حيث تحتوى كميات ضخمة من الماء قد تتجاوز نسبتها % 97 من حجمها الكلى، كما أنها تحتوى على المواد العضوية المحملة بالبكتيريا و الفيروسات والمعادن الثقيلة والمواد الكيميائية وكذلك المواد الصلبة المترسبة والمزالة خلال عملية معالجة وتنقية مياه الصرف الصحى فى محطات المعالجة، وتصنف الحمأة نظرا لإختلاف قوامها وإختلاف نسب المواد الصلبة فيها إلى صنفين، فالحمأة التى يتراوح محتوى المواد الصلبة فيها من 50 ٪ إلى 89 ٪ تسمى بالحمأة الرطبة،أما الحمأة ذات القوام الجاف التى لا يزيد فيها محتوى الرطوبة عن 10 ٪ تسمى بالحمأة الجافة[19]، وكذلك يختلف تصنيفها بإختلاف تركيبتها، و إختلاف المياه العادمة التى نتجت من معالجتها، فالحمأة الناتجة من تنقية مياه الصرف الصحى المنزلى، تختلف بتركيبتها عن تلك التى نتجت من معالجة مياه عادمة صناعية دخل فى تركيبها العديد من المعادن الثقيلة والمواد الكيماوية المختلفة، أن الحمأة الناتجة من محطات معالجة وتنقية مياه صرف صحى منزلى تتراوح فيها نسبة المواد العضوية ما بين (25-50%) بينما تتراوح نسبة المواد غير العضوية (50-57 %) ونسبة الماء فيها (93-99.5 %) وتحتوى فى تركيبتها على المواد العضوية المغذية مثل (الفوسفور, النيتروجين) والعديد من الميكروبات ومسببات الأمراض، الملوثات الكيميائية، والمواد غير العضوية مثل(الحديد، الرصاص و الكروم) .

مصادر الحمأة :

تحتوى مياه الصرف الصحى على مواد صلبة عالقة وذائبة، والمواد العالقة قد تكون مواد عضوية أو غير عضوية بعضها قابل للترسيب يجرى التخلص منها فى أحواض ترسيب الرمال والترسيب الإبتدائى أما المواد الغير قابلة للترسيب والمواد العضوية الذائبة فيجرى التخلص منها فى مرحلة المعالجة البيولوجية حيث يتم توفير بيئة هوائية تنمو فيها البكتيريا

---

[18] الحلبى ، ريم (2019) دراسة تقييم الجوانب القانونية والتقنية و الإقتصادية لإدارة حمأة الصرف الصحى فى المناطق الحضرية الفلسطينية ، مرجع سبق ذكره ن ص 91 .

[19] التعليمات الفنية الإلزامية (59-2015) ، الحمأة المعدة للإستخدام الزراعى(2015/10/25) ، المادة (5) ، فلسطين ، مرجع سبق ذكره .

الهوائية التى تقوم بالتغذية على بعضها لبناء خلايا جديدة كما تقوم بتحليل وتكسير وأكسدة الجزء الآخر من المواد العالقة الغير قابلة للترسيب والمواد الذائبة إلى مواد ثابتة غير عضوية للحصول على الطاقة اللازمة لهذه البكتيريا.

يتم ترسيب الخلايا البكتيريا المتزايدة فى أحواض الترسيب الثانوى، حيث يتم إعادة جزء من هذه البكتيريا النشطة والمترسبة فى أحواض الترسيب الثانوية إلى مرحلة المعالجة البيولوجية، أما الجزء الثانى فيجرى التخلص منه مع المواد الراسبة فى أحواض الترسيب الإبتدائى وتسمى المواد العالقة التى يتم ترسيبها فى أحواض الترسيب الإبتدائى بالحمأة الإبتدائية، أما المواد العالقة التى يتم ترسيبها فى أحواض الترسيب الثانوى فتسمى بالحمأة الثانوية، ويتم توجيه الحمأة الإبتدائية وجزء من الحمأة الثانوية التى لا يتم إعادتها لأحواض تجفيف هوائية حيث يجرى نشر الحمأة لتجفيفها بواسطة الهواء الجوى وبعد تمام الجفاف يتم تشوين هذه الحمأة والتخلص منها بالبيع أو بالدفن فى مقالب معدة لهذا الغرض .

خصائص الحمأة[20] :

الحمأة الأولية التى تنتج عن ترسيب مياه الصرف الخام تختلف فى خصائصها ومواصفاتها عن الحمأة الثانوية التى ترسبت فى أحواض الترسيب الثانوية، ويمكن توصيف خصائصها كما يلى:

الحمأة الإبتدائية Primary Sludge

ذات لون رمادى غامق يميل للأسود وهى خفيفة القوام كريهة الرائحة وتحتوى على مواد عضوية ذائبة وعالقة وعلى العديد من الكائنات الممرضة مثل البكتريا Pathogens والفيروسات والطفيليات، ويتم إزالتها دوريا بواسطة كاسحات الحمأة خارج أحواض الترسيب ثم ضخها بواسطة طلمبات إلى أحواض التركيز، ونظراً لأن كفاءة المرحلة الإبتدائية هى إزالة حوالى ٦٠-70% من المواد الغير عضوية، بالإضافة إلى ٣٠ – ٣٥ % من المواد العضوية، لذلك تتميز الحمأة الإبتدائية بإحتوائها على مركبات خشنة غير عضوية أكثر من العضوية ويسهل نزع المياه منها عند تجفيفها، وتختلف كمية وحجم الحمأة الإبتدائية بإختلاف حجم المياه المعالجة وتركيز المواد العالقة فى المياه الداخلة إلى أحواض الترسيب وكفاءة تشغيل أحواض الترسيب، ولعملية الترسيب الإبتدائى أهمية كبرى حيث أن كفاءة مرحلة الترسيب الإبتدائى فى إزالة نسبة كبيرة من المواد العالقة القابلة للترسيب تؤدى إلى نجاح المراحل التى تليها وهى عمليات المعالجة البيولوجية والترسيب الثانوى .

الحمأة الثانوية Secondary Sludge

وهي ذات لون بنى خفيفة القوام تحتوى على كتل بيولوجية والعديد من الكائنات الممرضة مثل البكتريا والفيروسات والطفيليات وتسمى أيضا الحمأة البيولوجية حيث أنها نتجت بعد مرحلة المعالجة البيولوجية بالمحطة .

ويتم إزالة الكمية الزائدة عن إحتياج الحمأة المعادة إلى خارج أحواض الترسيب الثانوية، ومكوناتها هى مواد عضوية قابلة للتحلل وهى مواد أخف فى الوزن وأقل فى الخشونة عن الحمأة الإبتدائية وتحتوى على كمية عالية من الرطوبة وليس من السهل تجفيفها بدون تركيزها ومعالجتها بيولوجيا.

مصادر التلوث فى الحمأة[21] : Sources Of Sludge Pollution

يعتبر كل من الصرف الآدمى و الصرف الصناعى من أهم مصادر التلوث بالحمأة وذلك نظراً لإحتواء الصرف الآدمـــى على العديد من الكائنات الممرضة مثل البكتريا والطفيليات والفيروسات، بينما يحتوى الصرف الصناعى على محتوى كبير من المعادن الثقيلة (مثل الزنك والنحاس والنيكل و الكادميوم والرصاص و الزئبق والكروم و الموليبدنم و السيلينيوم والزرنيخ

[20] دليل المتدرب (2012) ، البرنامج التدريبى لمشغلى محطات معالجة مياه الصرف الصحى ،الوكالة الامريكية للتنمية الدولية .
[21] التعليمات الفنية الإلزامية (59-2015) ، الحمأة المعدة للإستخدام الزراعى(2015/10/25) ، المادة (9) ، فلسطين ، مرجع سبق ذكره

وغيرها) حيث يؤدى تراكم هذه المعادن فى التربة الزراعية قد يسبب سمية التربة وتراكمها فى أنسجة النبات ويعد من مسببات أمراض العصر الحديث للإنسان .

معالجة الحمأة Sludge Treatment

الأسس التى ينبغى توافرها فى إختيار نوع المعالجة :

- الإعتبارات الإقتصادية ودورها غاية فى الأهمية خاصة فى الدول النامية .
- مساحة الأرض المطلوبة وهو عامل مهم ويتوقف على كل مدينة ومدى توافر أراضى بها (ظهير صحراوى) .
- تكاليف الطاقة والتى تتزايد تباعاً طبقاً لتزايد سعر الوقود .

أوضح التقييم البيئى لعمليات معالجة حمأة الصرف الصحى فى مصر أن إستخدام الهضم الهوائى لتثبيت الحمأة قد أظهر أثراً سلبياً أكبر فى جميع النواحى البيئية مع الأخذ فى الإعتبار تاثير تجنب الإنبعاثات الناتجة من توليد الطاقة الكهربية التى تم الإستغناء عنها .

وإستخدام عمليات الكمر فى الأكوام فى الهواء بإستخدام قش الأرز كعامل للتكويم (التكتل) ذات تأثير إيجابى على الإحتباس الحرارى وإستنزاف الموارد الغير حيوية والأكسدة الضوكيماوية وكذلك فان إستخدام الكومبوست كسماد عضوى يوفر حوالى 1299 ك . وات س وحدة حرارية من إحتياج الطاقة التراكمى للإنتاج الصناعى للأسمدة .

بشكل عام فان إستخدام الهضم اللاهوائى مع إستعادة الطاقة قد أظهر أنه إختيار واعد لتثبيت حمأة الصرف الصحى فى مصر فهو يؤدى إلى تكلفة إقتصادية أقل وأثر بيئى نتيجة لإستعادة الطاقة وإنتاج الغاز الحيوى كما أن له تأثير مخفف على البيئة

نظم المعالجة لحمأة الصرف الصحى:

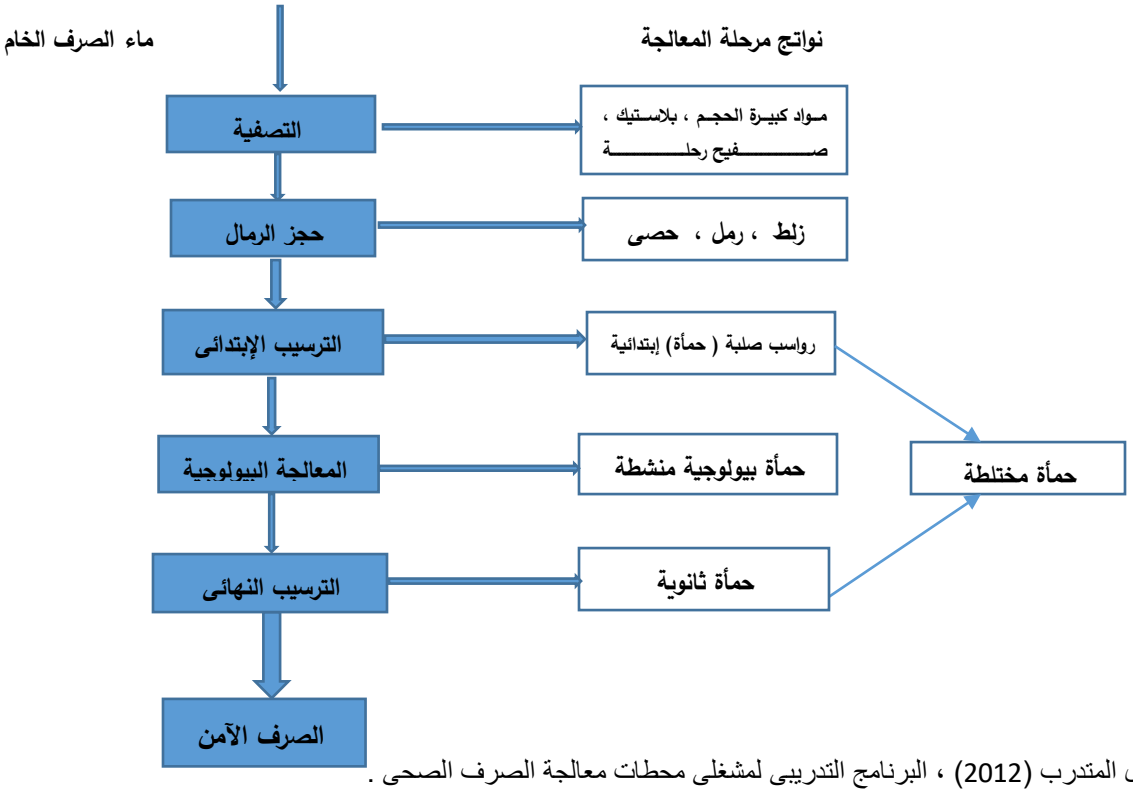
تتلخص خطوات المعالجة المتبعة للحمأة فى معظم محطات المعالجة على مستوى الجمهورية فى الآتى:-

1. صرف الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب الإبتدائى أو النهائى إلى بيارة الحمأة المعادة والزائدة بالإنحدار الطبيعى
2. عن طريق القياسات المعملية والظروف المثلى لتشغيل محطات المعالجة يتم تحديد كميات الحمأة المعادة وكمية الحمأة الزائدة .
3. يتم ضخ الحمأة المعادة إلى أحواض التهوية عن طريق طلمبات ضخ الحمأة المعادة وضخ الحمأة الزائدة مباشرة إلى أحواض التركيز ليتم تركيز الحمأة بها إلى نسبة 5% أو أكثر وبعد ذلك يتم ضخها إلى أحواض التجفيف .
4. تظل الحمأة فى أحواض التجفيف مدة تتراوح بين شهر إلى ثلاثة أشهر طبقاً الظروف الجوية المحيطة ودرجة الحرارة ومن الجدير بالذكر أن :

- مساحة أحواض التجفيف تعادل من 40 ~ 50 % من مساحة المحطة بالكامل ، حيث تقدر المساحة المطلوبة بـ1 متر مربع لكلا من 1.25 ~ 1.75 م3 من المياه الواردة للمحطة .
- محطة المعاجة لها طاقة تصميمة 60 ألف م3 / يوم تحتاج حوالى 40 ألف م2 مساحة أحواض التجفيف (عشرة أفدنة تقريباً) .
- يصل المحتوى الحرارى للحمأة الإبتدائية إلى 11.000~ 15.000 ك . جول / كجم مادة جافة .
- يصل المحتوى الحرارى للحمأة الثانوية إلى حوالى 9000 ك . جول / كجم مادة جافة .

معنى ذلك أن كمية الحمأة المنتجة من المحطات الحالية بمصر يمكنها أن تنتج حوالى 40 مليون ميجا جول / يوم من الطاقة البديلة – حالة معالجة الحمأة بإستخدام (Digestor) .

الشكل رقم (2): مراحل معالجة مياه الصرف الصحى فى أحد المشروعات وتولد أنواع الحمأة المختلفة من كل مرحلة



المصدر: دليل المتدرب (2012) ، البرنامج التدريبى لمشغلى محطات معالجة الصرف الصحى .

الشكل رقم (3): مخطط لموقع كل من الحمأه الإبتدائية و الثانوية داخل منظومة معالجة الصرف الصحى

المصدر: السروى ، أحمد (2018) ، عمليات معالجة حماة الصرف الصحى .

القضايا الأساسية المرتبطة بمعالجة وتداول الحمأة[22]

هناك العديد من القضايا المتشابكة التى تتعلق بتخطيط وتصميم وتنفيذ نظم تداول ومعالجة الحمأة, من هذه القضايا:

- **قضايا مرتبطة بتطوير النظم القائمة لتداول ومعالجة الحمأة فى المحطات القائمة، إما تطوير محدود أو تطوير جذرى شاملا جميع النواحى الفنية والتنظيمية .**
- **قضايا مرتبطة بتشغيل وصيانة نظم تداول الحمأة فى المحطات القائمة منها مشاكل ناتجة عن التصميم وأخرى ناتجة عن التنفيذ .**
- **قضايا مرتبطة بتطبيق نظم جديدة لتداول ومعالجة الحمأة فى المحطات الجديدة الجارى طرحها حالياً والمتوقع طرحها مستقبلاً .**
- **قضايا مرتبطة بالتحول نحو تطبيقات جديدة للحمأة المنتجة: التطبيقات الحالية لإستخدام الحمأة المنتجة هى إما بيعها للمزارعين لإستخدامها كسماد أو بيعها لشركات الأسمنت لإستخدامها كوقود ، ويواجه ذلك العديد من المشاكل وهنا تبرز الحاجة إلى دراسة إمكانية التوجه نحو تطبيقات جديدة لإستخدامات الحمأة وعلى سبيل المثال :**

❖ **إستخدام الحمأة السائلة كسماد (حمأة بتركيز 5-9 %) الخارجة من أحواض التركيز مباشرة ونقلها عن طريق السيارات الشفاط إلى الأراضى الزراعية للإستخدام المباشر دون الحاجة إلى تركها بأحواض التجفيف لمدد زمنية قبل بيعها .**

❖ **السعى نحو عقد إتفاقيات مع شركات الأسمنت لبيعها كوقود بديل وبأسعار مقبولة على أن يتم تجفيفها للنسبة التى تناسب هذه الشركات بإستخدام أحد الوسائل الميكانيكية للتجفيف .**

الوضع الراهن للحمأة فى مصر[23]

بعض جوانب مشكلة الحمأة فى مصر والتى تتمثل فى :

- **لعقود طويلة إنصبت الجهود تجاه معالجة المياه ، بينما جهد قليل وغير مناسب كان موجهاً لمعالجة الحمأة .**
- **توجه الإستثمارات عادة ناحية المياه النقية ثم شبكات الصرف الصحى وأخيراً محطات المعالجة .**
- **حتى عام 2004 كان اكثر من 80% من القرى و 40% من المدن غير مخدوم بالصرف الصحى .**
- **تضاعف عدد السكان بمصر لأكثر من 4 مرات من عام 1950 حتى الآن، حيث زاد التعداد من 22 مليون عام 1950 إلى ما يقرب من 100 مليون عام 2018 .**
- **خلال العشرين سنة الماضية أنفقت الدولة ما يزيد عن 24 مليار دولار على المياه والصرف الصحى وتخطط لإنفاق 20 مليار دولار خلال العشر سنوات القادمة .**
- **قطاع الصرف الصحى يواجه العديد من الصعوبات خاصة مع محدودية الموارد المتاحة .**

[22] دراسة (اغسطس 2019) ،إدارة الحمأة على مستوى الشركات التابعة للشركة القابضة ، برنامج إدارة المياه والصرف الصحى مرجع سبق ذكره ص 2.

[23] "Egypt, chemonics. (2019). "strategy of sludge managment." scientific , pp 51

- **الحاجة ماسة للإهتمام بمعالجة الحمأة وإدارتها بأساليب جديدة خاصة مع تزايد كميات مياه الصرف الصحى المطلوب معالجتها، مما يترتب عليه زيادة كميات الحمأة الناتجة وزيادة الأثر الناجم عن ذلك فى مجال البيئة والصحة .**
- **أسلوب معالجة الحمأة فى مصر منذ سنوات عديدة وحتى الآن يعتمد فقط على تركيز الحمأة فى أحواض التركيز ثم تجفيفها عادة فى أحواض تجفيف الحمأة الطبيعية .**

تقدير كمية الحمأة الحالية على مستوى الجمهورية:

- **بلغت كمية الحمأة الجافة المنتجة فى عام 2018 حوالى 2887 طن / يوم والتى تعادل 1.054 مليون طن حمأة جافة فى السنة على مستوى محافظات الجمهورية طبقاً للدراسة التى قام بها (GIZ) وهى أعلى من كمية الحمأة الجافة المنتجة فى عام 2016 والتى بلغت 2693.75 طن / يوم، نتيجة التوسع فى إنشاء محطات المعالجة، حيث يتوقف زيادة إنتاج الحمأة على التوسع فى خدمات الصرف الصحى ونوعية وطرق وتكنولوجيا محطات المعالجة والطرق المتبعة فى أساليب التشغيل وبالتالى التوقعات التقديرية فى كميات الحمأة المقترح زيادة كمياتها يمكن تحديدها طبقا لمخططات المشاريع المقترح تنفيذها بالجهات المختصة فى الدولة، والجداول الآتية توضح هذه الإحصائيات .**

●الجدول رقم (1) :أعداد وتقنيات محطات الصرف الصحى فى مصر طبقاً للإحصائيات عام 2016:

م	تقنية المعالجة	عدد المحطات	إجمالى التصرفات التصميمية 1000م2/ يوم	معدل إنتاج الحمأة المعامل كجم/ م3	كمية الحمأة الجافة المنتجة طن/يوم	كمية الحمأة الجافة المنتجة طن/ سنة	حجم الحمأة عند تركيز 5%
1	معالجة إبتدائية	3	1.650	0.150	0.248	90.338	1.806.750
2	حمأة نشطة تقليدية	93	7.731	0.242	1.871	682.879	13.657.585
3	تهوية ممتدة	132	1.427	0.315	0.450	164.069	3.281.387
4	SBR	23	345	0.314	0.108	39.540	790.809
5	RBC	26	139	0.306	0.043	15.525	310.498
6	المرشحات الزلطية	31	360	0.212	0.076	27.857	557.136
7	برك الأكسدة	78	1.500	0.240	0	0	0
8	المعالجة الثلاثية	3	71	0.250	0.018	6.479	129.575
9	تقنيات أخرى	12	90	0.242	0.022	7.950	158.994
					2.0835	1034.637	20,692,734.00

المصدر: دراسة (اغسطس 2019)، برنامج إدارة المياه والصرف الصحى الممول من (GIZ) ص 6.

يوجد بمصر الآن مايقرب من 440 محطة معالجة والطاقة التصميمية لها 15.5 مليون م3 / يوم والطاقة الفعلية لا تزيد عن 13 مليون م3 / يوم ومع زيادة عدد السكان من الطبيعى زيادة كميات الحمأة المنتجة .

تم تطبيق بعض التقنيات فى معالجة الحمأة فى مصر فى العقود الثلاثة الأخيرة وهى (Digestion Technology) فى محطة الجبل الأصفر ، المعالجة بالكمر (Composting) بمحطة معالجة البركة بالقاهرة وبالموقع (9ن) بالإسكندرية والتجارب الثلاثة أنتجت حمأة جيدة ومطابقة للمواصفات .

الجدول رقم (2) : طاقات محطات معالجة الصرف الصحى وكميات الحماة المنتجة طبقا لتقنيات المعالجة المختلفة على مستوى الجمهورية طبقاً للإحصائيات 2018:

م	نوع التكنولوجيا Tecnology		إبتدائية Primary Treatment	حمأة تقليدية Conventional Actevated sludge	حمأة تقليدية ثلاثية	حمأة منشطة - تهوية ممتدة Oxidation Ditches	SBR & ASBR	Rotaing Biological Contactor - RBC	Ttickling Filter	بحيرات الأكسدة Oxidation Pands	معالجة لاهوائية Anerobic	معالجة بالنباتات Plant	نظام أكولايف Aqualife	الإجمالى العام Total m3/day م3/يوم	كمية الحمأة الصلبة DS Ton/day
1	القاهرة Cairo	العدد		4			1							5	
		السعة Capcity		4.250.000			5000							4.255.000	1.030
2	الجيزة Giza	العدد	1	1		1			2					5	
		السعة Capcity	1.200.000	330		10.000			40.000					1.580.000	271
3	الاسكندرية Alexandria	العدد	1	2		4	5	7					1	20	
		السعة Capcity	462.000	860.000		322.080	100.000	22.000					50.000	1.816.080	423
4	القليوبية Qalubia	العدد	1	2		7	5	3	1		3			22	
		السعة Capcity	2.000	82.000		152.000	91.000	33.500	6.000		2.240			366.740	107
5	المنوفية Menofia	العدد		5		7	3		4	3				22	
		السعة Capcity		110.000		106.000	26.000		120.000	63.000				425.000	94
6	الغربية Gharbia	العدد		7		16	4	6		1	1			35	
		السعة Capcity		299.000		135.000	39.000	36.000		12.000	10.000			531.000	139
7	الشرقية Sharquia	العدد		12		13		1	5	2	1	1		35	
		السعة Capcity		200.900		121.300		6.000	120.000	2.400	3.000	5.000		458.600	115
8	الدقهلية Daqhlya	العدد		15	1	23	2	4	3			1		49	
		السعة Capcity		414.500	1.000	131.000	52.000	23.000	45.000			1.000		667.500	174
9	كفر الشيخ -Kafr El Sheikh	العدد		4		16			1	1				22	
		السعة Capcity		175.000		105.163			20.000	444.000				300.607	80
10	البحيرة Beharia	العدد		6		14	2	2	2	3				29	
		السعة Capcity		276.000		133.700	26.000	12.000	28.000	17.500				493.200	126
11	دمياط Damitta	العدد		7		14				3			1	25	
		السعة Capcity		205.250		40.200				23.900			600	269.950	62
12	الاسماعيلية Esmalia	العدد								6				6	
		السعة Capcity								247.000				247.000	
13	السويس Seuse	العدد								1				1	
		السعة Capcity								190.000				190.000	
14	بورسعيد Port Saied	العدد		1		3				1	1			6	
		السعة Capcity		37.000		4.000				190.000	4.000			235.000	11
15	مطروح Matrouh	العدد								1				1	
		السعة Capcity								25.000				25.000	
16	شمال سيناء Sinai	العدد		2						1				12	
		السعة Capcity		8.000						136.500				144.500	2

م	نوع التكنولوجيا Tecnology		إبتدائية Primary Treatment	حماة تقليدية Conventional Actevated sludge	حماة تقليدية ثلاثية	حماة منشطة - تهوية ممتدة Oxidation Ditches	SBR & ASBR	Rotaing Biological Contactor - RBC	Ttickling Filter	بحيرات الأكسدة Oxidation Pands	معالجة لاهوائية Anerobic	معالجة بالنباتات Plant	نظام أكولايف Aqualife	الإجمالى العام Total m3/day م3/يوم	كمية الحماة الصلبة DS Ton/day
17	الفيوم Fayoum	العدد		4		6	1		1	13	1	1		27	
		السعة Capcity		147.280		52.000	6.000		20.000	28.943	1.728	8.600		264.551	60
18	بنى سويف Bani Suef	العدد				5		3	3	3				14	
		السعة Capcity				93.000		7.000	60.000	58.600				218.600	44
19	المنيا Menia	العدد		2		3			4	2				11	
		السعة Capcity		80.000		22.000			100.000	14.600				216.600	47
20	أسيوط Asyout	العدد			1				2	3				6	
		السعة Capcity			70.000				50.000	90.000				210.000	28
21	سوهاج Sohag	العدد		2						5				7	
		السعة Capcity		105.000						205.000				310.000	25
22	قنا Qena	العدد		1					1					8	
		السعة Capcity		55.000					25.000	126.000				206.000	19
23	أسوان Aswan	العدد		3						12				15	
		السعة Capcity		96.000						50.350				146.350	23
24	الاقصر Luxor	العدد							2	2				4	
		السعة Capcity							26.000	22.000				48.000	6
25	البحر الأحمر Red Sea	العدد								1				1	
		السعة Capcity								18.000				18.000	
26	الوادى الجديد Wadi Gedeed	العدد		13										13	
		السعة Capcity													

نسبة نوع التكنولوجيا إلى العدد الإجمالى	%0.75	%23.25	%0.50	%33.00	%5.75	%6.50	%6.50	%7.75	%19.50	%1.75	%0.75	%0.50
نسبة كمية المياه إلى الإجمالى	%12.21	%56.74	%0.52	%10.48	%2.53	%1.03	%1.03	%4.84	%11.03	%0.15	%0.11	%0.37

إجمالى عدد المحطات	العدد	3	93	2	132	23	26	31	78	7	3	2	400	
إجمالى كمية المياه	السعة Capcity	1.660.000	7.730.930	71.000	1.427.443	345.000	139.500	660.000	1.503.237	20.968	14.600	50.600	13.625.278	2.887

المصدر: دراسة (اغسطس 2019)، برنامج إدارة المياه والصرف الصحى الممول من (GIZ) ص 8.

تقدير كمية الحمأة المنتجة [24]عام 2037

وطبقا لتقديرات الشركه القابضه لمياه الشرب و الصرف الصحى بوزارة الإسكان وصلت الطاقه التصميمية لمعالجة مياه الصرف الصحى إلى 32 مليون متر/ مكعب لسنه الهدف 2037 فانه يعادل إنتاج 2.75 مليون طن حمأه سنويا وهو الأمر الذى يجب أن يؤخذ فى الإعتبار، وعليه يجب الإلتزام بالشروط الصحية والبيئية والإدارة والتشغيل الأمثل لحمأة الصرف الناتجة من محطات المعالجة لتحقيق أقصى كفاءة فى المعالجة.

الإشتراطات البيئية والصحية للتعامل مع الحمأة[25]

على الجهات المنتجة للحمأة مراعاة الآتى:

أولا: المعايير :

تطبيق معايير الحمأة التى يتم بيعها ليعاد إستخدامها فى الزراعة وذلك من خلال القيام بالآتى (تثبيت الحمأة بإحدى الطرق الآمنة مثل (التخمر الهوائى – التخمر اللاهوائى– المعالجة الحرارية – إضافة الجير– الكمر) ويمكن إستخدام تكنولوجيا بسيطة غير مكلفة بكمر بإضافة وخلط واحد من هذه المواد (الجير الحى – تراب الأسمنت – قمامة المدن المعالجة أوليا – المخلفات العضوية النباتية مثل حطب القطن ، و قشرة الأرز و حطب الذرة و قشر الفول السودانى أو نشارة الخشب أو التبن...إلخ) .

ثانيا : تجميع الحمأة ونقلها:

- **أن تملأ أحواض التجفيف بحيث لا يتوالد الذباب و البعوض و الروائح بقدر الإمكان، وذلك بأن يتم ملئها على فترات كل 4 أيام بعمق 15سم فى المرة الواحدة و أن لا يزيد العمق الكلى عن 45سم.**
- **أن تكون الأحواض معزولة عن المياه الجوفية أو مصادر المياه و أبسط طرق العزل طبقتين من الطين و الرمل بنسبة دمك أكبر من 95% و سمك الطبقة 20سم قبل الدمك و أنه يمكن إستخدام تراب الأسمنت أو الجير أو خام البانتونيت فى أعمال الدمك .**
- **عدم نقل الحمأة إلى موقع التخزين إلا بعد الوصول لنسبة جفاف فى حدود 30% بالوزن مع مراعاة الشروط الآتية:**
  - **أن يكون عمق هذه المواقع معزولا عن المياه الجوفية.**
  - **أن يكون إرتفاع التخزين (التكويم) فى حدود من 60–80سم.**
  - **أن تغطى أكوام الحمأة بحمأة أخرى جافة أو مواد تغطية أخرى لمنع تكاثر الذباب.**
- **أن يتم نقل الحمأة بواسطة عربات خاصة مغطاه على أن يتم تطهيرها و غسلها دوريا.**
- **توعية عمال الصرف الصحى المتعاملين مع الحمأة بأخطارها و يلتزم الجميع بالآتى:**
  - **إرتداء الأحذية و القفازات الواقية وأن يتم تطهيرها فى كل مرة تستخدم فيها.**
  - **إجراء فحوص طبية على العاملين مع إجراء التطعيم ضد أية أمراض محتملة.**
  - **تقديم التسهيلات الطبية السريعة لمعالجة أمراض الإسهال و المعالجة المنتظمة لمنع العدوى.**

[24] دراسة (أغسطس 2019) ،إستراتيجية إدارة الحمأة على مستوى الشركات التابعة للشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى، برنامج إدارة المياه والصرف الصحى مرجع سبق ذكره ص 11 .

[25] قرار رقم 254(2003) ، وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية .

- **إصدار نشرات توعية عن إستخدام الحمأة و نوعيتها و أخطار كل منها و توزيع صورة منها على المستخدمين.**
- **إعداد نموذج بيع حمأة كالمرفق بهذه اللائحة مع إعلام وزارة الصحة و جهاز شئون البيئة بصورة من هذه النماذج.**

– **على المُنتِج والمُستخدِم وضع إشارات إرشادية فى مواقع تجميع و/ أو إستخدام الحمأة المعالجة.**

– **على المُنتِج إعداد خطة لإدارة الحمأة وتقديمها للجهات الرقابية .**

– **على المُوزِع التقيد بمتطلبات السلامة العامة والمتطلبات الصحية والبيئية المعمول بها أثناء نقل الحمأة وهى كما يلى:**

- **يراعى غسل العربات المستخدمة فى نقل الحمأه وصرف مياه الغسيل إلى وحدات المعالجة أو الشبكة فى مواقع الإستخدام أو التخزين أو الإنتاج المتاحة.**
- **وهي وضع علامات على وسائل نقل الحمأة المعالجة بكتابات واضحة.**
- **منع التسرب وتدفق السوائل من وسائل النقل أو تطاير الحمأة من السطح .**
- **حفظ وسائل النقل فى حالة نظافة تامة.**
- **تغطية جميع الأحمال عند النقل بحيث لا يكون هناك أى أثر للحمأة المعالجة على جوانب وسائط النقل.**

<u>ثالثاً: التداول:</u>

– للجهات الرقابية الحق فى إجراء الفحوصات اللازمة للمنتجات والمحاصيل المزروعة فى الأماكن التى إستخدمت فيها الحمأة المعالجة وذلك للتأكد من سلامة المنتج وبما لا يؤثر على الصحة والسلامة العامة والبيئة بشكل عام.

– فى حال الرغبة بإستخدام الحمأة المعالجة لأغراض غير واردة فى هذه المواصفة مثل إعادة تأهيل مواقع المناجم والتعدين وغيرها (يشترط قبل الإستخدام إجراء دراسات فنية متكاملة وتقديمها للجهات الرقابية ولجهة الترخيص للموافقة عليها).

– **يجب على منتجى الحمأة المعالجة الإحتفاظ بسجلات محدثة تحتوى على ما يلى :**

- **كميات الحمأة المعالجة التى تم إنتاجها والتى تم بيعها للإستخدام الزراعى.**
- **تركيب وخصائص الحمأة المعالجة .**
- **نوع المعالجة التى تم تنفيذها .**
- **أسماء وعناوين مستخدمى الحمأة المعالجة وأماكن إستخدامها وكمياتها.**
- **يجب أن تكون هذه السجلات متاحة للجهة المختصة.**
- **لا تستخدم الحمأه إلا من المواقع المرخص لها الإنتاج أو التوزيع أو الإستخدام.**

الإدارة المتكاملة وفرص الإستفادة من الحمأة والأهداف المخطط لها

مفهوم منظور الإدارة المتكاملة[26] :

هو إختيار وتطبيق الأساليب والتكنولوجيا والإدارة المناسبة وإنجاز أهداف إدارة الحمأة الناتجة من محطات معالجة الصرف الصحى والأخذ فى الإعتبار كافة الأوضاع الإقتصادية والبيئية والإجتماعية والقانونية ويعرفها آخرون بإعتبارها نظاماً لتحقيق الإستدامة ويمكن تلخيص هذه المنظومة بأنها تعدد الجوانب والمكونات (الفنية / التكنولوجية / السياسية / التشريعية / الإقتصادية / التمويلية / المؤسسية وأدوار كل المشاركين) .

المبادىء الأساسية :-

يجب على مشغلى محطات معالجة مياه الصرف الصحى تحديد أفضل الحلول والممارسات البيئية لمعالجة الحمأة وإستعادتها أو التخلص منها لضمان إستدامة كفاءتها وتوفير التكاليف المناسبة عند إختيار عملية معالجة الحمأة، و التخلص الآمن من الحمأة أو فى عمليات إستعادة فوائد الحمأة فى محطات معالجة مياه الصرف الصحى (WWTP) وتتمثل فى النقاط التالية :-

1. **وضع رؤية وسياسة وأهداف الدولة المصرية فى التعامل مع حمأة الصرف الصحى من خلال الإستراتيجية العامة لصحة البيئة والتنمية المستدامة فى مصر 2030 .**
2. **إستخدام حمأة الصرف الصحى فى الزراعة من خلال إستخدامها كمخصب فى الأراضى الزراعية أو لإستصلاح الأراضى الصحراوية .**
3. **إستعادة الطاقة من الحمأة عن طريق عمليات الهضم اللاهوائى بإنتاج الغاز الحيوى وتحويلها إلى طاقة كهربية قابلة للإستخدام لتقليل تكاليف الطاقة المستخدمة فى عمليات معالجة مياه الصرف الصحى والحمأة بالمحطات .**
4. **حرق الحمأة الجافة في محارق النفايات الصلبة فى ظل تقنيات نظيفة عالية الكفاءة.**
5. **إستخدام الحمأة الجافة فى تكنولوجيا صناعة الأسمنت، إذا كانت الرطوبة والقيمة الحرارية للحمأة تفى بمتطلبات عملية الإنتاج.**
6. **تعدد المراحل وتكاملها وتشمل مراحل التجميع والمعالجة والنقل و الموافقات المطلوبة للتخلص النهائى مع إستخدام الوسائل والطرق المناسبة .**
7. **مراعاة التوافق مع القضايا الأخرى مثل القضايا البيئية وإستخدام تكنولوجيا الإنتاج الأنظف.**
8. **التوافق مع القوانين واللوائح الصادرة من الجهات المختصة .**
9. **تحديد مسئوليات الوزارات المعنية فى الدولة (الإسكان– الصحة – البيئة– الرى– التجارة والصناعة– الزراعة – التنمية المحلية– الجامعات والمراكز البحثية) .**

[26] 2014 "الإدارة المتكاملة للنفايات الصلبة وإستراتيجيتها بمدينة بغداد " المجلة الدولية للبيئة وتغير المناخ العالمى ، المجلد (12) ، الإصدار (2) ، ص 41 .

فرص الإستفادة من الحمأة حاليا ومستقبلاً:

تمثل المواد الصلبة المستخلصة من معالجة مياه الصرف الصحى (الحمأة) مورداً هاماً مما يعظم من الإستفادة منه فى كل التطبيقات المتاحة والمتمثلة فى الإستخدامات الآتية :

اولاً: الأسمدة العضوية فى مجال الزراعة[27]:

يتم إستخدام الحمأة الناتجة من محطات المعالجة بعد معالجتها وتجفيفها فى العديد من الأغراض الزراعية كسماد عضوى غنى بالعناصر الغذائية الضرورية للنبات مثل النيتروجين و الفوسفور والبوتاسيوم، وعلى سبيل المثال لا الحصر:-

- **إنتاج السماد العضوى الآمن للإستخدام (عإلى الجودة) من محطة معالجة سخا- كفر الشيخ والذى يتم توريده بشكل يومى إلى مناطق الأراضى المستصلحة فى توشكا وغيرها .**

النموذج التجريبى لإستخدام حمأة محطة الجبل الأصفر كسماد عضوى

- **إنتاج حوإلى300 متر مكعب يومياً من السماد العضوى من محطة معالجة الجبل الأصفر يمكن إستخدامه فى أغراض التسميد للأراضى الزراعية لتحسن خواص التربة وفى زراعة و تسميد المحاصيل المختلفة.**
- **إستخدام المزرعة التجريبية بالجبل الأصفر بمساحة 300 فدان لزراعة العديد من الأشجار المثمرة منها(أشجار الموالح – الأشجار الخشبية – الأشجار الزيتية للوقود الحيوى – الأشجار الزيتية الطبية – نخيل البلح .....) حيث يتم زراعة أشجار خشبية وموالح وأشجار زيتية، والأشجار الخشبية يبدأ الإستفادة منها بعد 10 سنوات والموالح بعد عدد 4 سنوات والجوجوبا والجيتروفا بعد 3 سنوات .**
- **ماتم من عائدات لمزرعة الجبل الأصفر خلال العام الماضى يقدر بمبلغ 2850000 جنيه (أثنان مليار وثمانمائة وخمسون مليون جنيه) .**
- **ماتم من عائدات لمزرعة الجبل الأصفر خلال العام الحإلى يقدر بمبلغ اثنين مليون وسبعمائة ألف جنيه .**

ثانياً :الطاقة[28]:

- **إن التخلص الآمن من الحمأة والإستفادة منها، يمثل جانبا هاما فى إدارة مخلفات الصرف الصحى، وتعد تجربة إعادة تدوير الحمأة فى توليد غاز الميثان بمحطة سخا بمحافظة كفر الشيخ تجربة رائدة، نسعى إلى تكرارها، إستعادة الطاقة من الحمأة عن طريق عمليات الهضم اللاهوائى بإنتاج الغاز الحيوى وتحويلها إلى طاقة كهربية قابلة للإستخدام لتقليل تكاليف الطاقة المستخدمة فى عمليات معالجة مياه الصرف الصحى والحمأة بالمحطات (الغاز الحيوى Bio gas)، الذي يمكن إستخدامه فى توليد الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل محطات معالجة الصرف الصحى، وتصدير الفائض منها لشبكة الكهرباء.**
- **الإستفادة من غاز الميثان فى توليد جزء من الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل محطة معالجة الجبل الأصفر، غاز الميثان المتولد يمدنا بـ12 ميجاوات مع توفير 60% من إحتياجات المحطات للطاقة (45 مليون جنيه مصري / سنة هي تغطية تكلفة التشغيل) .**
- **إنتاج طاقة كهربائية نظيفة عن طريق هضم الحمأة وإنتاج غاز الميثان منها مثلما ماحدث فى مشروع هضم الحمأة الناتجة من محطة التنقية الشرقية بالإسكندرية حيث بلغت تكلفة المشروع نحو ملياى جنيه، ويهدف إلى تخفيض**

[27] Abdel-wahaab, rifaat. (2019). "sludge management in egypt-challenges and opportunities"
[28] Rasslan, mahmoud. (2019). "Water Holding Company organizes a workshop for investment in the field of sludge"

الحمأة الناتجة من المحطة بمقدار ٣٠%، ويتكون المشروع من ٤ هواضم عملاقة ١٦ ألف متر مكعب وخزان لإستقبال الحمأة وخزان لتخزينها ومبنى التوزيع وخزانان للغازات، ووحدة لمعالجة الغازات الحيوية ومبنى لتوليد الكهرباء من الغازات الحيوية، وهو إتحاد بين شركتى المقاولون العرب وشركة سويز وهو يعتبر أكبر مشروع صرف صحى بالإسكندرية يعتمد على الطاقة المتجددة المنتجة من الحمأة، وهو ما يعد من أحدث التقنيات المستخدمة عالمياً فى هذا المجال .

ثالثا:توليد الطاقة للحرق:

- **القيمة الحرارية التقريبية للحمأة المجففة تعادل من 1300 إلى 1500 سعرة حرارية، اى ثلاثة أطنان من الحمأة الجافة يمكن أن يكون ما يعادل طن واحد من الفحم 4500 سعرة حرارية، والتي يمكن حرقها فى الفرن مختلطة مع فحم مصدر للوقود عند تسخينها عند درجة حرارة معينة فهى مصدر للوقود عند تسخينها عند درجة حرارة معينة .**

رابعاً: إعادة تدوير المعادن الثقيلة[29]

- **الحمأة المنتجة تحتوى على الكثير من المعادن الثقيلة (النحاس والنيكل والذهب والفضة، وما إلى ذلك) ، سيكون هناك تلوث كبير إذا تم استنزاف هذه العناصر المعدنية، ولكن يمكن التوصل إلى فوائد إقتصادية كبيرة بعد الإستخراج والتكرير.**

خامساً:صناعة مواد البناء مثل صناعة الطوب الأسمنتى

- **أكتشف باحثون من جامعة RMIT فى ملبورن الإسترالية إمكانية إستخدام تلك النفايات الحيوية الصلبة (الحمأة) فى صناعة الطوب[30], وهو حل مستدام وعملى قد يساهم فى إعادة إستخدام كل المخلفات الصلبة فى العالم، والطوب الطينى أو كما يُطلق عليه أيضًا «الطوب الأحمر» فهو الأكثر إستخدامًا فى العالم نظرًا لخصائصه الجيدة وقلة تكلفته، لكن رغم ذلك يظل من أكثر المواد المُستنزفة للبيئة عندما يتم صناعتها، حيث يعتمد بشكل أساسى على الطين كى يتم إنتاجه ، وهذا يؤدى إلى التجريف الأفقى للتربة للحصول على نفس الكمية من الطين، وهو ما يتسبب في خسارة ملايين من الأراضى الزراعية الخصبة الصالحة للزراعة، حيث تتصحر بعد ذلك وتصبح بورًا فاقدة لكل معادنها ومكوناتها الثرية التى تساهم فى نمو النباتات، وبهذا قد يكون تمت المعالجة لقضيتين بيئيتين، وهما نفايات المواد الصلبة الحيوية، بالإضافة لحفر وتجريف التربة اللازم لإنتاج الطوب .**

---

[29] Zhengzhou Zhongding Heavy Duty Machine Manufacturing Co . Ltd

[30] Tarek, omar. (2019). "waste sewage." scientific arab

طبقاً للدراسة التى قام بها كيمونكس مصر للإستشارات الممول من (GIZ) الألمانية أن من الأهداف المخططة للإدارة المتكاملة لحمأة الصرف الصحى فى مصر يكون من خلال الآتى :

- **الحفاظ على الصحة العامة وصحة البيئة فيما يتعلق بإدارة الحمأة و بإستخدامات الحمأة التى يتم إنتاجها من محطات الصرف الصحى القائمة والجديدة .**
- **رفع كفاءة إستخدامات الحمأة بإعتبارها مورد يمكن تعظيم العائد من محتواه من الطاقة والمادة .**
- **إعداد خطة لتطوير نظم معالجة و تداول الحمأة بالمحطات القائمة وعلى مستوى كل محطة .**
- **تقييم وحدات المحطة المرتبطة مباشرة بإنتاج الحمأة وتحديد درجة كفاءتها وفاعليتها ومدى تأثيرها على صلاحية الحمأة المنتجة ، ومدى إحتياج الوحدة إلى أعمال الصيانة او الإصلاح ووضع البدائل المناسبة .**
- **ان تخضع الحمأة المنتجة من جميع المحطات وعلى مستوى كل الشركات التابعة للشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى لنظم جديدة مطورة ووفق إطار قانونى جديد وتحديد جميع المحطات التى تقوم بإنتاج كميات حمأة غير مطابقة والتى يلزم التخلص منها طبقاً لإشتراطات البيئة .**
- **العمل على توفير عدد من المدافن الصحية للتخلص من الحمأة (مدفن بكل محافظة أو مدفن لكل محافظتين على أقصى تقدير) .**
- **العمل على إيجاد عدد من المحارق التى يمكن عن طريقها توجيه الحمأة الغير مطابقة للتخلص منها بالحرق .**
- **السعى نحو زيادة عدد التعاقدات مع شركات الأسمنت التى تقوم بإستخدام الحمأة كوقود بديل .**
- **توفير متطلبات تحقيق الكفاءة والفاعلية فى إدارة الحمأة وترشيد إستخداماتها .**
- **المشاركة المسئولة من جميع شركاء المصلحة المتمثلين فى الوزارات المعنية (الإسكان – البيئة – الصحة – الزراعة) فى تخطيط وتنفيذ مشروعات تطوير نظم تداول الحمأة ومعالجتها وتعظيم العائد منها بإعتبارها مورد متجدد .**
- **سرعة نهو عمل اللجنة المشكلة لإعداد الكود المصرى الجديد لإدارة الحمأة تمهيداً لإصداره .**
- **تعظيم العائد من إدارة التكنولوجيا Technology Management وتطبيق نظم فعالة للتنميط والتوحيد القياسى لمشروعات تطوير نظم تداول الحمأة ومعالجتها والتخلص من الحمأة الغير مطابقة .**
- **تطبيق مفاهيم الإقتصاد الدوارCircular Economy فى تخطيط وتنفيذ مشروعات إدارة الحمأة وتطبيقات إستخدام الحمأة المنتجة، الإقتصاد الدوار هو نمط الإقتصاد الذى يولى كل الإهتمام لترشيد إستخدام الموارد (المواد الخام والمياه والطاقة) كمدخلات فى العمليات (مثل حالة محطة الصرف الصحى)، ويولى نفس القدر من الإهتمام لتعظيم العائد من مخرجات العمليات (الحمأة فى هذه الحالة) لإستخلاص أعلى قدر من المحتوى المادى (مثال النتروجين والفوسفور) ومحتوى الطاقة (مثال إستخراج الغاز الحيوى من الحمأة فى مخمرات لاهوائية لإنتاج الطاقة الكهربائية) .**
- **تطبيق مفاهيم إستغلال إقتصاد الحجم Economies of Scale لخفض التكاليف الإستثمارية وتحقيق معدلات أسرع فى التنفيذ مع تعظيم دور الصناعة المحلية والقطاع الخاص .**
- **إعداد خطة على مستوى جميع الشركات التابعة للشركة القابضة تغطى جميع محطات الصرف الصحى القائمة والجديدة بما يضمن توفير فرص جيدة للقطاع الخاص المحلى والصناعة المحلية، إستغلال إقتصاد الحجم يعنى الإستفادة من حجم المشروعات التى سوف تطرح للتنفيذ للحصول على عروض ذات سعر أقل من المقاولين والموردين .**

عرض وتحليل نتائج البحث :

- **حمأة الصرف الصحى هى أحد أنواع المخلفات الصلبة فى مصر تنتج من محطات معالجة الصرف الصحى بإستخدام التكنولوجيات المختلفة المنتشرة فى أنحاء جمهورية مصر العربية مثل المعالجة الإبتدائية والمعالجة الثانوية بإستخدام الحمأة النشطة وبرك الأكسدة والمرشحات الزلطية والأقراص البيولوجية الدوارة، وتحتوى الحمأة على مكونات عضوية بنسب مرتفعة تجعلها يمكن الإستفادة بها إما لإنتاج مخصبات عضوية للتربة او لإنتاج الغاز الحيوى كمصدر للطاقة ، وهناك مجهودات كبيرة على مستوى العالم وعلى مستوى مصر للإستفادة من هذه الحمأة فى مجالات مناسبة .**
- **هذه الحمأة يمكن أن تكون مصدر كمورد إقتصادى يمكن الإستفادة منها وعلى الجانب الآخر نظراً لإحتوائها على مكونات ممرضة يمكن تسبب مشاكل صحية ولها أيضا تاثيرات بيئية سيئة إذا لم يتم التعامل معها بإسلوب علمى سليم وآمن .**
- **هناك تزايد فى فى معدلات كميات الحمأة المنتجة من محطات معالجة الصرف الصحى ، ففى عام 2016 قد بلغت 2693.75 طن / يوم وإستمرارها فى الزيادة حتى وصلت فى عام 2018 إلى 2887 طن / يوم ومن المتوقع مع تنفيذ مشروعات معالجة الصرف الصحى فى مصر ونوعية التكنولوجيا المستخدمة ومعدلات التصرفات الداخلة لمحطات المعالجة أن تصل كمية إنتاج الحمأة فى عام 2037 إلى حوإلى7500 طن حمأة جافة يومياً، وهذا يعنى ضرورة الإهتمام بالإدارة السليمة لهذه الكميات وتحقيق أقصى قدر من الإستفادة بها.**
- **فى الوقت الراهن يتم التعامل مع كميات الحمأة الناتجة من المحطات بكميات كبيرة على نطاق واسع و يتم الإستفادة من الحمأة بشكل كامل فى مجال الإستخدامات الزراعية وبعض المحطات يتم إستخدام الحمأة فى إنتاج الغاز الطبيعى مثل محطات سخا بكفر الشيخ والجبل الأصفر بالقاهرة الكبرى، فتداول الحمأة يتم عن طريق تعاقد الجهات القائمة على تشغيل المحطات والمقاولين لإزالة الحمأة من أحواض التجفيف بالمحطات ونقلها إلى مواقع الإستخدام .**
- **التخلص الآمن من حمأة الصرف الصحى بمحطات المعالجة يعد من أهم المتطلبات البيئية والتنظيمية فى مصر.**
- **تدوير وإعادة إستخدام حمأة محطات معالجة الصرف الصحى له مزايا بيئية وإجتماعية وإقتصادية لمرفق مياه الشرب والصرف الصحى فى مصر.**
- **أظهرت نتائج تحاليل الرصد البيئى بوزارة الصحة والسكان بأن الحمأة الجافة الناتجة من محطات معالجة الصرف الصحى مطابقة للوائح والقوانين المنظمة لإستخدامها فى مجال الزراعة وإستخدامها يساعد فى تخفيض التكاليف العالية المرتبطة بالأسمدة التجارية.**
- **يتم التخلص من كميات كبيرة من الحمأة المنتجة من محطات معالجة الصرف الصحى على مستوى الجمهورية بالتعاقد مع مقاولين لإعادة إستخدامها فى الزراعة أو إستصلاح الأراضى .**
- **تشكل حمأة مجارى الصرف الصحى الغير المعالجة تحدياً كبيراً يواجه المجتمع فى التخلص منه، ولكن فى الوقت نفسه يعطينا فرصة الإستخدام المفيد لها عن طريق إستغلال ما تحتويه من مغذيات فى الإستخدام الزراعى ، حيث أن إستخدامها يحسن من الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للتربة .**
- **لاتوجد إستراتيجية خاصة لإدارة الحمأة فى مصر .**

- **قبول المسئولين بأهمية وجود كود مصرى يختص بالإدارة والتشغيل الأمثل للحمأة الناتجة من محطات معالجة الصرف الصحى .**
- **هناك فرص عديدة للإستفادة من الكميات المتزايدة من حمأة الصرف الصحى بمصر فى خطط التنمية المستقبلية وإستغلالها كمورد ذو فائدة بيئية وإقتصادية فى عدة مجالات فسيتم تحويل الحمأة من مصدر نفايات ملوث للبيئة إلى طاقة خضراء تستخدم فى السماد العضوى والبيوجاز والوقود ومواد البناء كما يلى:**

1- إستخدام حمأة الصرف الصحى فى صناعة الطوب، وهو إقتراح مستدام وعملى قد يساهم فى إعادة إستخدام الحمأة كمادة بناء .

2- إستخدام الحمأة فى تلبية إحتياجات السوق خاصة فى مشروعات إستصلاح الأراضى الصحراوية، حيث يمكن إستخدام الحمأة بنجاح فى نظام إنتاج المحاصيل فى مصر .

3- إستخدام الحمأة كمخصب مع الأسمدة الكميائية مما يؤدى إلى تقليل التكلفة فى الأراضى الزراعية وإستصلاح الأراضى.

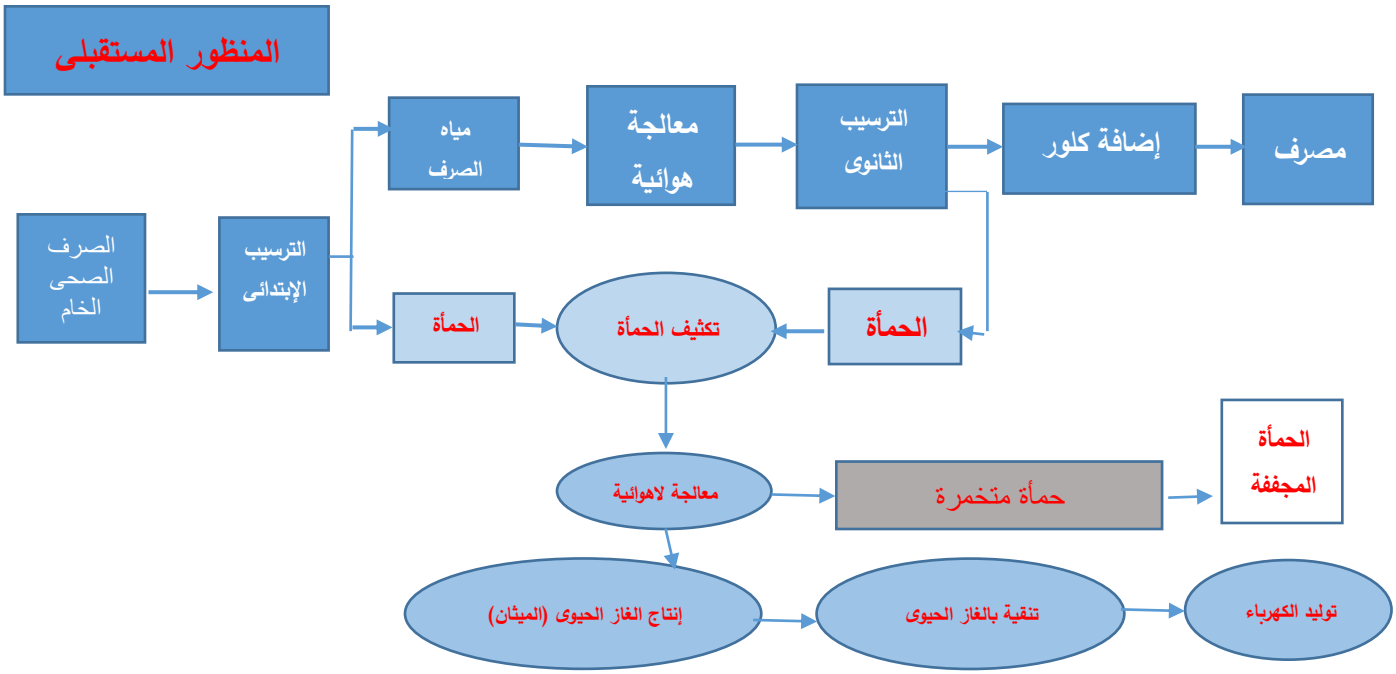
4- الإستخدام المؤثر للغاز الحيوى المنتج من المخمر اللاهوائى يساهم فى تغطية نسبة عالية من تكاليف التشغيل

5- الإستخدام المؤثر للغازات الحيوية الناتجة من الحمأة تعتبر مصدر مثير للطاقة المستدامة من خلال :

- **تقليل تغيرات المناخ وتقليل غازات الإحتباس الحرارى .**
- **حل مثالى لتغطية نقص الطاقة الحالى فى مصر وذلك يقلل إستخدام الوقود .**
- **تعتبر الحمأة بديل قليل التكاليف عن إستخدام السماد الكميائى وأيضا إستصلاح الأراضى الجديدة وتكييفات التربة الصحراوية .**

- **إستعادة الطاقة من الحمأة عن طريق عمليات الهضم اللاهوائى بإنتاج الغاز الحيوى وتحويلها إلى طاقة كهربية قابلة للإستخدام لتقليل تكاليف الطاقة المستخدمة فى عمليات معالجة مياه الصرف الصحى والحمأة بالمحطات .**

الشكل رقم (4): المنظور المستقبلى لتغيير تطبيقات الحمأة فى مصر



المصدر: Abdel-wahaab, rifaat. (2019). "sludge management in egypt-challenges and opportunities"

التوصيات

ولتوفير فرص تساهم فى تعظيم الإستفادة من الحمأة، تم وضع مجموعة من التوصيات للتعامل مع الحمأة بما يواكب الإستخدامات الدولية للحمأة فى مجال الزراعة والسماد بالإضافة إلى المجالات الأخرى مثل الطاقة والصناعة وبما لا يخالف الإشتراطات الصحية والبيئية مع الإستعانة بالخبرات العالمية والوطنية فى هذا المجال، وبالتإلى نوصى بالآتى :-

1. **الإسراع بإعداد الكود المصرى الخاص بالإدارة والتشغيل الأمثل للحمأة الناتجة من محطات معالجة الصرف الصحى.**
2. **إلتزام الجهات المختصة والمعنية بحمأة الصرف الصحى بكافة الإشتراطات الصحية والبيئية فيما يخص أعمال التداول والنقل وإستخدامات الحمأة .**
3. **إعتبار منظومة الأمن والسلامة والصحة المهنية شرطا أساسيا فيما يخص حماية العاملين والمعدات ووسائل النقل واجباً عند التعامل مع الحمأة .**
4. **الإسراع بتنفيذ الأبحاث العلمية والتطبيقية المختصة بإستخدامات الحمأة داخل محطات المعالجة وتعظيم دور إدارات الحمأة داخل الجهات المختصة القائمة على تشغيل وصيانة محطات المعالجة فى الآتى:-**
   - **أعمال التسميد والكومبوست فيما يخص الإستخدامات الزراعية وإستصلاح الأراضى .**
   - **إنتاج الطاقة فى جميع صورها (كهربية او حرارية .....إلخ)**
   - **الصناعات مثل مواد البناء .**
   - **االتطبيقات الأخرى المشار إليها فى الأبحاث العلمية المستحدثة فى المجال .**
5. **قيام الجهات الرقابية بإجراء الرقابة الدورية على الحمأة إبتداءاً من تجميعها وحتى أماكن الإستخدام والتطبيق .**
6. **وضع إستراتيجية لإتخاذ القرارات المناسبة المتعلقة بإستخدامات حمأة الصرف الصحى وفقاً لأسس علمية وتطبيقية تساهم فى الحد من إستخدامات الكيماويات المستخدمة فى تخصيب التربة أو تقليل وترشيد الطاقة المستهلكة أو الأعمال الأخرى فى مجال الصناعات .**
7. **صناعى القرار فى الجهات المختصة لهم دور كبير فى إتخاذ القرار المناسب فى إدارة الحمأة والذى بنى على نتائج الجودة والتكلفة والجوانب الصحية والبيئية والتشغيلية، مما يترتب على ذلك تطوير إجراءات الإدارة المستدامة للحمأة[31] لتعظيم الفوائد الإقتصادية وتقليل الأخطار المحتملة .**
8. **إصدار نشرات توعية عن إستخدام الحمأة و نوعيتها و أخطار كل منها و توزيع صورة منها على المستخدمين .**

[31] Oakley, S. M., Pocasangre, A., Flores, C., Monge, J., Estrada, M. (2000). Waste stabilization pond use in Central America: The experiences of El Salvador, Guatemala, Honduras and Nicaragua. Water Science and Technology. Vol 42 (10-11). pp 51-58.

وبناءاً على ما تقدم يكون قد تحقق الهدف من البحث و بالتعرف على حجم مشكلة حمأة الصرف الصحى فى مصر وآثارها ومنظومة التعامل معها و المجهودات السابقة التى تمت فى مجال معالجة الحمأة وتقييم المخاطر الصحية والبيئية المستقبلية التي تشكلها الحمأه ما لم يتم التعامل السليم معها، وكيفية إدارتها وإستغلالها كمورد ذو فائدة بيئية و إقتصادية، ويكون قد تم الرد على تساؤلات البحث مما يمكن صناع القرار من وضع خطط إستراتيجية أفضل تضمن إدارة الحمأة بشكل صحيح مع التوصل إلى مجموعة من المقترحات لتعظيم الإستفادة من معالجة الحمأة كأحد المخلفات الصلبة فى مصر فى الأغراض المناسبة بإعتبارها مورد كامن وبحاجة إلى إستغلالها لتتحول من مصدر تلوث بيئى وعبء مإلى إلى مصدر يحدث فرقا هاما فى المجالات البيئية والزراعية والإقتصادية والتى تساهم فى تحقيق التنمية المستدامة .

المراجع

1. مصادر باللغة العربية:

ا- التعليمات الفنية الإلزامية (2006/1145) ، المياه – الحمأة – إستعمالات الحمأة المعالجة والتخلص منها – المملكة الأردنية الهاشمية – مؤسسة المواصفات والمقاييس ،الإصدار الثانى .

ب- التعليمات الفنية الإلزامية (59-2015) ، الحمأة المعدة للإستخدام الزراعى(2015/10/25) ، المادة (1) ، فلسطين .

ت- الدليل لتدوير المخلفات الزراعية (2010) ، وزارة الدولة لشئون البيئة .

ث- الرفاعى، طارق (2019)، تقرير فنى عن محطة معالجة الصرف الصحى بالجبل الأصفر ،الجهاز التنفيذى لمياه الشرب والصرف الصحى، وزارة الإسكان والمرافق و المجتمعات العمرانية .

ج- الدليل الإرشادى للكود المصرى لتدوير المخلفات الصلبة المختلفة وإستخدامها فى البناء (2017)،المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء .

ح- السرورى، أحمد (2018)، عمليات معالجة حمأة الصرف الصحى ، موسوعة معالجة الصرف الصحى، دار الكتب العلمية.

خ- الدليل الإرشادى لجهاز تنظيم مياه الشرب والصرف الصحى وحماية المستهلك (2019) ، وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية.

د-2014 "الإدارة المتكاملة للنفايات الصلبة وإستراتيجيتها بمدينة بغداد " المجلة الدولية للبيئة وتغير المناخ العالمى ، المجلد (12) ، الإصدار (2) ، ص 41 .

ذ- حلبى، ريم (2017) ، برنامج هندسة المياه والبيئة – تقييم الجوانب القانونية والتقنية الإقتصادية لإدارة حماة الصرف الصحى فى المناطق الحضرية الفلسطينية ،لنيل درجة الماجستير-كلية الدراسات العلياً – جامعة بيروت .

ر- دراسة (أغسطس 2019)، إستراتيجية إدارة الحمأة على مستوى الشركات التابعة للشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى، برنامج إدارة المياه والصرف الصحى الممول من GIZ الوكالة الألمانية ، إعداد كيمونكس مصر للإستشارات .

ز- دليل المتدرب (2012)، البرنامج التدريبى لمشغلى محطات معالجة مياه الصرف الصحى، الوكالة الامريكية للتنمية الدولية.

س-عبد الوهاب، رفعت (سبتمبر 2019)، إدارة الحمأة فى مصر – الفرص والتحديات ، الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى، وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية .

ش- طارق، عمر (فبراير 2019)، مجلة العلوم العربية .

ص- قرار وزير الإسكان رقم 254 لسنة 2003 بشأن " الضوابط والمعايير الخاصة بإستخدام الحمأة فى الزراعة".

ض- قرار وزير الإسكان رقم (171) لسنة 2005 بشان الكود المصرى لإستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة والحمأة الناتجة فى مجالات الزراعة والمعدل إلى القرار الوزارى رقم (383) لسنة 2015 بشان الكود المصرى رقم 501 – 2015 لإستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى مجال الزراعة .

ط- قنديل، نبيل فتحى السيد(2007)، نشرة الحمأة رقم 1080 ، معهد بحوث الأراضى والمياه البيئية، مركز البحوث الزراعية، وزارة الزراعة وإستصلاح الأراضى.

ظ- مفتاح، محمد عبد الحميد، تقرير فنى(يوليو2019)، مشروع إنتاج الكهرباء من مخلفات الصرف الصحى، محطة معالجة سخا ، كلية الهندسة – جامعة المنصورة (مركز الدراسات والبحوث والإستشارات الهندسية)، محافظة كفر الشيخ .

- مصادر باللغة الإنجليزية:

a-Ludovico Spinosa, Azize Ayol 2, Jean-Christophe Baudez 3, Roberto Canziani 4, Pavel Jenicek 5, Angelique Leonard 6, Wim Rulkens 7, Guoren Xu 8 and Lex van Dijk, Sustainable and Innovative Solutions for Sewage Sludge Management, National Research Council (CNR) c/o Governmental Commissariat Environmental Emergencies Region Puglia, (home) Via G. Bozzi 5, 70121 Bari, Italy, Water,. (2011). 3, 702-717; doi:10.3390/w3020702.

b-Zahran,Y.A.E.; Mohamed A. M. Abd-Elmagieed and Ahmed M. Hamza
Field study of farmers adaptation and applications of sewage sludge practices produced from Agricultural Extension and wastewater treatment plants in agriculture at some egyptian village.

c- Agric. Econom، and Rural Society Dept., (2015). faculty of Agriculture, Mansoura University Social Sci., Mansoura Univ., Vol. 6 (10).

d-Federal Register/Vol. 64, No. 137/Monday, July 19, 1999/Notices

e-Polprasert, C., (1996).Organic waste recycling-technology and management, 2nd. (Ed.)

f- Ltd 1 Zhengzhou Zhongding Heavy Duty Machine Manufacturing Co.

g-Oakley, S. M., Pocasangre, A., Flores, C., Monge, J., Estrada, M. (2000). Waste stabilization pond use in Central America: The experiences of El Salvador, Guatemala, Honduras and Nicaragua. Water Science and Technology. Vol 42 (10-11). pp 51-58.

h-Egypt, chemonics. (2019). "strategy of sludge managment." scientific , pp 51.

l-Manhal, Dr.Mohamed El., (2015). "Study effect of treatment sludge on commulative materials in soil, plant." sorya.

j-Rasslan, mahmoud. (2019). "Water Holding Company organizes a workshop for investment in the field of sludge."

k-Syndicate, Engineers. (2015). "wadi el gedid." Engineers Syndicate.

l-Tarek, omar. (2019). "waste sewage." scientific arab.

m-Abdel-wahaab, rifaat. (2019). "sludge management in egypt-challenges and opportunities".

n-EPA (US Environmental Protection Agency). (1998). Office of Solid Waste. Draft PBT Chemical List, EPA/530/D-98/001A. Office of Solid.

o-Zhengzhou Zhongding Heavy Duty Machine Manufacturing Co., Ltd.

p-57 Waste and Emergency Response, Technology Innovation Office. Washington, DC.