تصميم نظم معالجة بتقنيات مبسطة لمياه الصرف الصحي (دراسة حالة)

د. عبد المجيد خترش¹ و أ. ناجي شكشم²^{1,2} قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة صبراتة، صبراتة، ليبيا.¹ khitreesh@yahoo.com

الملخص

تعد مياه الصرف الصحي من أكبر مصادر التلوث البيئي على المستوى العالمي من حيث الحجم، ومع الزيادة المستمرة في معدلات استهلاك المياه نتيجة زيادة عدد السكان والتوسع العمراني، ومع محدودية قدرات التخطيط والتمويل اللازمة لإقامة محطات متقدمة لمعالجة مياه الصرف الصحي للعديد من التجمعات السكانية في ليبيا دعت الحاجة لدراسة واستخدام طرق رخيصة وفعالة لمعالجة مياه الصرف الناتجة من هذه التجمعات قبل تصريفها.

تهدف الدراسة إلى تصميم منظومة لمعالجة مياه الصرف الصحي بتقنية مبسطة لمشروع إسكاني يقع جنوب مدينة صرمان لمعالجة تدفق يصل إلى 750³/يومياً، وتتكون هذه المنظومة من نموذج معالجة يعمل بتقنية حوض إمهوف، ومن أهم مميزات هذا النظام محدودية التكلفة، وسرعة التنفيذ، والجمع بين فصل المواد الصلبة عن السوائل، وتثبيت الحمأة في وحدة واحدة. أما المياه المعالجة من حوض إمهوف يتم تصريفها خلال خنادق تحتوي على خطوط أنابيب ممتدة تحت الأرض بعمق 1.25 م وبقطر لا يقل عن 10 سم يستفاد منها في ري أشجار الغابات وتحسين البيئة المحيطة بالموقع.

لقد أسفرت الدراسة إلى أنه بتصميم حوض بسعة حوالي 330م³، وبمساحة 3.5 هكتار لخنادق تصريف المياه المعالجة يمكن معالجة مياه الصرف الصحي لهذه التجمعات السكاني وإلى حين ربطه مع كامل منظومة المعالجة بالمدينة في المستقبل.

الكلمات الرئيسية: معالجة مياه الصرف الصحي، تقنيات المعالجة، حوض إمهوف.

المقدمة

تهدف عملية معالجة مياه الصرف الصحي إلى إزالة الملوثات الفيزيائية، والكيميائية، والبيولوجية من مياه الصرف الصحي لحماية الصحة العامة والبيئة من التلوث، إضافة إلى الحصول على مياه نقية يمكن إعادة استخدامها في أغراض متعددة، إن المياه الملوثة اللامركزية يمكن أن تنتج عن بيت واحد، أو تجمع تجارى، أو سياحي، أو عن تجمع لعشرات المنازل المخدومة، أو غير المخدومة بشبكة صرف صحي كما في القرى، وفي العديد من البلدان النامية هناك نقص في شبكات الصرف الصحي وبالتالي يكون صرف مياه الصرف الصحي عشوائياً على الأغلب (التركمانى 2009) ولكي يتم تفادى النتائج السلبية لهذه المياه الملوثة على البيئة والصحة العامة فمن الواجب معالجة هذه المياه الملوثة قبل تصريفها إلى الطبيعة.

إن السعي نحو الربط الشامل للقرى والتجمعات السكانية الصغيرة المتباعدة بشبكات صرف صحي موحدة يعنى إنفاق موارد مالية كبيرة جداً على هذه الشبكات بغض النظر عن كلفة المعالجة. وإن تطبيق المعالجة بمكان ومصدر التلوث أو الاعتماد على وسائل بديلة عن نظام الصرف الصحي التقليدي أعطى حلاً عملياً لتفادي الإنفاق الهائل على مشروعات الصرف الصحي ومحطات المعالجة حيث بلغت نسب التوفير المالية بحدود 40-70 % (الأمم المتحدة 2000).

إن الحلول المستدامة للتجمعات الصغيرة اللامركزية يعنى توفير الكلفة وتجنب تلوث المياه السطحية وتلوث مصادر مياه الشرب، ويعنى توفير الجهد، وتقليل المخاطر البيئية المحتملة، وأن قرب مكان معالجة مياه الصرف الصحي عن منشأ هذه المياه يوفر أموالاً كثيرة بسبب تجنب إنشاء شبكات صرف صحي ذات أطوال كبيرة. إن محطات المعالجة عادة ما يتم تقييمها على أساس الحفاظ على الصحة العامة وحماية البيئة أكثر من تقييمها على اعتبارات اقتصادية وهذا لا يعفي من البحث عن أسلوب المعالجة الأكثر اقتصادية الذي يحقق المعايير البيئية المطلوبة، وإن الحديث عن معالجة مياه الصرف الصحي للمناطق اللامركزية يعنى بساطة طرق المعالجة، وسهولة التشغيل والصيانة (الفلاح 2005).

مشكلة الدراسة

- ماهي طرق معالجة الصرف الصحي؟
- كيف يتم اختيار الطرق المثلة لمعالجة المياه العادمة من الوحدات السكنية؟
- ماهي خصائص حوض إمهوف لمعالجة الصرف الصحي؟
- ما هي مميزات وعيوب خزان إمهوف لمعالجة الصرف الصحي؟

أهداف الدراسة

- اختيار وتصميم نظام معالجة مبسط لمياه الصرف الصحي الناتجة من التجمع السكاني.
- أبرز مشاكل عدم استكمال محطة المعالجة المركزية لمدينة صرمان.
- استعراض بعض من الطرق العلمية لمعالجة مياه الصرف الصحي.

أهمية الدراسة

- تصريف مياه الصرف الصحي الناتجة من التجمع السكاني بمنطقة الدراسة بطريقة اقتصادية وأمنة.
- استخدام تقنيات مبسطة واقتصادية بالموقع لمعالجة الصرف الصحي.

منهجية الدراسة

تعتبر هذه الدراسة حالة دراسية حيث اعتمدت على الدراسة المسحية للموقع من أعداد السكان المتوقعة للوحدات السكنية وكذلك الوحدات المكونة لمحطة المعالجة، كما اهتمت الدراسة بدراسات مشابهة في العالم ومقارنتها بالدراسة الحالية. ومن ضمن الأدوات المستخدمة في هذا البحث بعض البرامج الحاسوبية المساعدة في تصميم الوحدات المكونة للمشروع.

الدراسات السابقة

- تشير دراسة (Lee boon, other, 2015) إلى إيجاد حلول للمشاكل التشغيلية التي تواجه تشغيل أحواض Imhoff عند انسداد فلتر التصفية بالخران. والحل الأمثل لهذه المشاكل هو إزالة طبقة

الفلتر القديمة واستبدالها بطبقة جديدة، أما من الناحية الاقتصادية يعتبر مكلف ويمكن إيقاف عمل الخزان لفترة حتى تتم الصيانة. ولكن في السنوات الماضية تم استخدام بيروكسيد الهيدروجين المحفز CHP (catalyzed hydrogen peroxide) وهو مركب غير عضوي مؤكسد ذو فاعلية قوية في فصل المواد الصلبة عن السوائل حيث تشير النتائج إلى أنه بعد استعماله في حل مشاكل الانسداد أعطت نتائج جيدة بشكل ملحوظ في تقليل الانسداد بشكل كبير.

- استعرضت الورق (Anne Mikelonis, 2008) تجربة دولة الهندوراس (2007) في تنفيذ وتشغيل عدد 18 حوض إمهوف موزعة على المناطق النائية حيث أدت الأحواض دورا مهما في المناطق التي تقتصر إلى مساحات شاسعة من الأراضي المسطحة بالإضافة إلى ذلك فهي إنشاءات ملموسة تمثل استثمارا مهما سابقا في البنية التحتية، وتظل خزانات إمهوف خيارا عمليا للعلاج في بعض المجتمعات النامية لعدة أسباب وأهمها انخفاض التكلفة، أقل استهلاكاً للطاقة مقارنة بالأساليب الأخرى مثل معالجة الحمأة المنشطة.
- أجرت دراسة (Yashashri Patil, 2018) على أنواع الغازات الناتجة من حوض إمهوف ووضحت أنه بالإمكان الحصول على عدة أنواع من الغازات وأهمها (كبريتيد الهيدروجين، ثاني أكسيد الكربون، الميثان) وأهمها غاز الميثان حيث تراوحت نسبة غاز الميثان من (60-70) % ويمكن استخدام هذا الغاز للأغراض التالية: تسخين المياه للتدفئة، إنتاج الطاقة الكهربائية.

تبين الدراسة الأولى أهمية الخبرة في التعامل مع تشغيل حوض إمهوف والبحث عن الحلول للمشاكل المتوقع حدوثها أثناء تشغيل الخزانات وخاصة مشاكل تعطل فلتر التصفية، والدراسة الثانية توضح تجربة دولة الهندوراس، وكذلك تبين خصائص ومميزات خزانات إمهوف، أما الدراسة الثالثة فلها أهمية في عرض الغازات الناتجة من خزانات إمهوف وكيفية الاستفادة من غاز الميثان في التدفئة وتوليد الطاقة.

أنظمة واختيار أسلوب معالجة مياه الصرف الصحي

إن أسلوب المعالجة المختار ونوع المنشآت وطريقة الاستثمار يؤثر كثير على سلامة البيئة المحيطة بالمحطة خصوصا عندما يتم اختيار نظام أو أسلوب غير مناسب للمكان أو البيئة السكانية والاجتماعية

ويمكن تصنيف أنظمة معالجة الصرف الصحي من حيث الخصائص التي تميز كل نوع إلى (Metcalf & Eddy 2003):

أ- نظم المعالجة الميكانيكية: وهي الأنظمة التي تستخدم في المدن والتجمعات السكانية الكبيرة وهي ممتاز باستهلاك عالٍ للطاقة بالإضافة إلى احتياجها للمعدات الميكانيكية والأحواض الخرسانية في عملها وعادة هذه الأنظمة تنشأ على مساحات أرض صغيرة _ مثل الحمأة المنشطة وكافة تطبيقاتها مثل قنوات الأكسدة، المرشحات الحجرية.

ب- نظم المعالجة الطبيعية: هذا النوع من المعالجة الطبيعية يعتمد على الظروف الطبيعية (كالشمس والرياح) للحصول على المعالجة المطلوبة لمياه الصرف الصحي وذلك بدون الاحتياج إلى تدخل خارجي كإعطاء طاقة للمساعدة في إتمام المعالجة أو بدون الاستعانة باستهلاك ضخم من الطاقة أو المواد الكيماوية، وهذا النوع من الأنظمة يحتاج إلى مساحات كبيرة من الأراضي للإنشاء مما يجعله غير مناسب للاستخدام في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية أو عندما يكون سعر الأرض غالياً، كما يمتاز هذا النوع بأنه ذو تكلفة منخفضة نسبياً (عند توفر الأرض) وسهولة التشغيل والصيانة للمنشأ محدودة. وعادة فإن هذا النوع من المعالجة الطبيعية يكون أكثر كفاءة في إزالة الجراثيم الممرضة عن أنظمة المعالجة الميكانيكية. مثل: بحيرات الأكسدة، أحواض إمهوف، برك النباتات العالقة، الأراضي الرطبة، المعالجة عن طريق التصريف من خلال الأرض.

أنظمة المعالجة بالموقع مقابل أنظمة المعالجة خارج الموقع

يتكون نظام المياه الملوثة من ثلاثة مكونات رئيسية وهي: النقل، والمعالجة، والمخلفات الصلبة، وإن العنصر الأقل أهمية هو موضوع نقل مياه الصرف الصحي إذا ما قورن مع معالجة مياه الصرف الصحي وطريقة التخلص من المياه المعالجة والمخلفات الصلبة بشكل آمن، أن الأنابيب لا تعالج المياه الملوثة ومع هذا فإن الكلفة العظمى لمشروع الصرف الصحي المركزي (شبكة مع محطة معالجة) تكون من نصيب شبكة الصرف بحيث تبلغ كلفتها أكثر من 60% من الكلفة الكلية للمشروع (Gijzen, 2003)، إن قرب مكان معالجة مياه لصرف الصحي عن منشأ هذه المياه يوفر أموالاً طائلة بسبب تجنب إنشاء شبكات صرف صحي ذات أطوال كبيرة. وإن الحديث عن معالجة مياه الصرف للمناطق

اللامركزية يعني بساطة طرق المعالجة، وسهولة التشغيل، والصيانة؛ لتجنب الحاجة إلى خبرات ماهرة في التشغيل والصيانة التي عادة لا تكون متوفرة في البلدان النامية.

إن المعالجة المطبقة في مكان مصدر التلوث أعطى حلاً عملياً لتفادي الإنفاق الهائل على مشروعات الصرف الصحي ومحطات المعالجة. ومن أهم ميزات أنظمة المعالجة بالمكان أن مياه الصرف المنزلي تعالج قرب مصدرها مع إمكانية استخدام التقنيات الحديثة عبر المحطات الصغيرة. وأن التخلص من المياه المعالجة يكون عبر شبكة أنابيب أو فلتر حصوي تحت الأرض مع إمكانية تصريف المياه المعالجة إلى المسطحات المائية أو الأنهار أو استخدامها بالري. كما أن المعالجة المنفردة لمياه الصرف الصحي تعطي عدم تركيز المغذيات الموجودة بالمياه المعالجة في مكان واحد (المصرف النهائي) وهذا له دور كبير في تخفيض تأثير المغذيات على نوعية المياه المستقبلية وعادة ما تستخدم المياه في أنظمة إدارة مياه الصرف في الموقع بعد المعالجة لتنظيف دورات المياه وأغراض الري وغسيل الشوارع.... الخ. إن السؤال المطروح هو مدى جدوى تجميع المياه الملوثة في التجمعات القروية عبر شبكة صرف صحي المركزية مما يتسبب بتجمع كمية كبيرة من مياه الصرف الصحي وبالتالي تصبح الحاجة إلى محطات معالجة ذات كلف مادية كبيرة. وإن الاختلاف بين الرئيسين بين أنظمة المعالجة بالمكان والنظام التقليدي هما نظام (شبكة) نقل مياه الصرف وتجميعها ونوع نظام التخلص النهائي من المياه المعالجة والمخلفات الصلبة.

إن من أهم معايير الاختيار للمعالجة بالموقع أو المعالجة خارج الموقع هي الكثافة السكانية (عدد السكان في كل هكتار أرض) وحجم مياه الصرف الصحي المنتجة (بالمتر المكعب /هكتار/يوم) ووجود آبار مياه ضحلة معرضة للتلوث بالصرف الصحي، نفاذية التربة وكذلك وحدة نظام خدمة الصرف الصحي أيضاً تعتبر عوامل رئيسية وتقوم الاعتبارات الاجتماعية بدور مهم في اختيار نظام الصرف الصحي، خاصة في نظم المعالجة بالموقع. فالفروق الثقافية والمحلية (المفاهيم الثقافية عن المخلفات البشرية) يمكن أن ينشأ عنها قبول وفعالية النظام في مكان محدد وعدم قبوله في مكان آخر. وعلى الأغلب فإن أخذ القرار بالأسلوب الأنسب للمعالجة لأي تجمع من التجمعات الصغيرة أو اللامركزية يتم بناءً على خيارات متاحة وظروف تتعلق بالكلفة والطاقة اللازمة والأرض المطلوبة. بالإضافة إلى متطلبات عامة لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي للتجمعات السكانية الصغيرة التي تتضمن:

- سهولة صيانة المعدات مع الحد الأدنى من الطاقة اللازمة.
- زمن مكوث طويل نسبياً وبالتالي استيعاب عملية تذبذب التدفقات طوال اليوم التي تميز التجمعات السكانية الصغيرة وبالتالي تجنب حدوث الصدمات الهيدروليكية.
- يجب أن يكون تشغيل المحطة فعالاً لأجل مجال واسع من الحمولات العضوية والهيدروليكية
- القدرة على مواجهة الحالات الطارئة (انقطاع التيار الكهربائي مثلاً).
- تحقيق مواصفات خاصة للمياه المعالجة وبأقل كلفة ممكنة.
- نوعية و كمية المياه الملوثة.
- البيئة المحيطة ومكان تصريف المياه المعالجة.
- تقنيات إدارة المياه الملوثة (نظام النقل و التجميع و المعالجة و التصريف النهائي).
- التشغيل والصيانة والبنى التحتية المتوفرة.

وفي الدول المتقدمة فإن تقنيات إدارة مياه الصرف الصحي بالمكان قد تحددت سماتها وأصبحت تتمتع بدراسات وأبحاث هندسية كافية ومتطورة، وبات من الممنوع إقامة الأنظمة المركزية لنقل ومعالجة مياه الصرف الصحي بحالة إمكانية تطبيق أنظمة المعالجة بالمكان إلا في الحالات القاهرة، وعبر السنوات الطويلة فقد ترسخت القناعة بأنه إذا توفر حسن التخطيط والتصميم والتنفيذ والإدارة والتشغيل لأنظمة معالجة مياه الصرف الصحي في الموقع فإن الإدارة طويلة الأمد لمياه الصرف الصحي ستكون الحل البديل والمنافس الاقتصادي للأنظمة المركزية (Gijzen, 2003).

وصف موجز لمنطقة الدراسة

يعتبر مشروع ألف وحدة سكنية بجنوب مدينة صرمان من ضمن المشاريع التنموية التي شُرع في تنفيذها بمختلف المناطق الليبية سنة 2008 وهو يستهدف تصميم وتنفيذ عدد ألف وحدة سكنية بمساحات متعددة متمثلة في خمسة نماذج، كما يشمل المشروع مجموعة من المباني والمرافق الخدمية وجميع مكونات البنية التحتية بمساحة أجمالية 91 هكتار، وقد تم تصميم تصريف مياه الصرف الصحي في نقطة منخفضة عن منسوب المشروع ليتم ضخها إلى محطة معالجة مياه الصرف الصحي وهي تحت

التنفيذ في تلك الفترة، ويقع المشروع جنوب شرق المدينة بمنطقة شبه صحراوية على بعد حوالي 4 كم من وسط مدينة. الشكل (1) يوضح موقع المشروع (محطة المعالجة والحي السكني).

شكل (1): موقع المشروع يبين محطة المعالجة والحي السكني.

تم البدء في تنفيذ المحطة سنة 2000م، وتم الانتهاء منها سنة 2007 وهي تعمل بطريقة الحمأة المنشطة (تقنية قنوات الأكسدة) (الشركة العامة للمياه والصرف الصحي 2014). ومنذ ذلك الحين لم يتم تجربة واستلام المحطة بسبب عدم استكمال مشروع تصريف مياه الصرف الصحي الذي يشمل ربط الوحدات السكنية بالشبكة كما هو مبين بالشكل (2) الذي يمثل المخطط العام للمشروع السكني، وقد

صممت المحطة بطاقة استيعابية تقدر (10000 م³/يوم) لاستيعاب مياه الصرف لكامل سكان المدينة حتى عام 2020.

شكل (2): المخطط العام لمشروع الحي السكني ألف وحدة سكنية جنوب صرمان.

اختيار التصميم والتقنية المناسبة لمنطقة الدراسة

تم في هذه الدراسة اختيار تقنية حوض إمهوف Imhoff Tank لمعالجة مياه الصرف الناتج من التجمع السكاني (ألف وحدة سكنية)، وهي تقنية للمعالجة الابتدائية لمياه الصرف الصحي الخام وهي مصممة لفصل المواد الصلبة عن السوائل وهضم الحمأة (Metcalf & Eddy 2003)، حيث يتم الجمع بين فصل المواد الصلبة عن السوائل وتثبيت الحمأة في وحدة واحدة. وهو يعمل على نفس آلية خزان التحليل ولكن يستعمل لتدفق أعلى من خزانات التحليل، وينصح باستخدامه لتدفقات مياه الصرف المنزلية أو المختلطة لتعدادات سكانية تبلغ ما بين 20 إلى 50 ألف نسمة، وهي قادرة على معالجة أحمال عضوية عالية، وتكون مقاومة أيضاً للأحمال العضوية المفاجئة. ومتطلبات المساحة لأحواض إمهوف صغيرة، وتكون تكاليف التنفيذ أقل مقارنة بتكاليف معالجة مياه الصرف الصحي الأخرى. وكذلك تكاليف التشغيل

مُنخفضة حيث لا تحتاج إلى معدات ميكانيكية معقدة وعمالة فنية ماهرة. ويمكن استخدام المياه المعالجة من حوض إمهوف في ري أشجار الغابات وتحسين البيئة العامة.

إن حوض إمهوف هو حوض ترسيب قوي وفَعَال حيث يخفض المواد العالقة بنسبة ما بين 50 إلى 60% ويخفض الأكسجين الحيوي المستهلك BOD ما بين 25 إلى 45%، ويؤدي إلى تثبيت الحمأة بشكل جيد، وهذا يعتمد على التصميم والظروف المحيطة.

اعتبارات التصميم لاستخدام تقنية حوض إمهوف

يتكون حوض إمهوف كما هو مبين بالشكل (3) من جزء ترسيب على شكل حرف (V) قاعه مائل بدرجة كبيرة فوق حجرة لتجميع وهضم الحمأة مع جزء لتنفيس الغاز. بحيث يتم ترسيب المواد الصلبة الأثقل على شكل حمأة، أما المواد الخفيفة مثل الشحوم الدهون فتبقى طافية مكونة طبقة من الخبث على سطح المياه في حين تحمل المواد المتبقية في الخزان إلى عمليات التحلل اللاهوائي بواسطة النشاط البكتيري مما يسبب انخفاض كبير في حجم الحمأة المتبقية، وهذا بدوره يسمح للخزان بفترات تشغيل قد تمتد من سنة إلى أربع سنوات قبل أن يحتاج إلى التنظيف.

الجزء الخاص بالترسيب له شكل دائري أو مستطيل ذو جدران على شكل حرف V، وفتحة في الجزء السفلي؛ مما يسمح للمواد الصلبة بالترسب والاستقرار في الجزء الخاص بالهضم ويمنع الغاز من الارتفاع لأعلى وعمل اضطراب لعملية الترسيب. والغاز المُنتج في حجرة الهضم يرتفع إلى فتحات الغاز على حافة المُفاعل، حيث يقوم بنقل جُزيئات الحمأة إلى سطح الماء مُكوّنًا طبقة من الخبث (الزبد). وتتراكم الرواسب في حُجرة هضم الحمأة، ويتم ضغطها وتنشيتها جُزئيًا من خلال الهضم اللاهوائي.

ويتم بناء حوض إمهوف عادة تحت الأرض بالخرسانة المسلحة، ويُمكن أيضًا أن يُبنى فوق سطح الأرض، مما يجعل إزالة الحمأة أسهل بسبب الجاذبية، ولكنه في هذه الحالة يحتاج إلى صُخ التدفقات السائلة الداخلة إليه من أعلى، زمن البقاء الهيدروليكي (HRT) في العادة لا يكون أكثر من 2 إلى 4 ساعات للحفاظ على مياه التدفقات السائلة الخارجة بخصائص هوائية مناسبة للمعالجة التالية أو

للتصريف (Imhof, B. and Muhlemann, 2005). وتوضع أنابيب على شكل حرف T أو حواجز على مدخل ومخرج الحوض لخفض سرعة الماء الداخل ولمنع الخبث من مغادرة نظام المعالجة. معدل التحميل السطحي للغرفة العليا يكون 20-30 م³/م²/يوم، أما عرض الحوض العلوي الخاص بالترسيب فيكون بين (70 - 75 %) من العرض الكلي للحوض، في حين العمق الكلي للحوض لا يقل عن 5 متر، ويجب أن تكون جدران حُجرة هضم الحمأة مائلة بدرجة 45° أو أكثر، وهذا يسمح للحمأة أن تنزلق إلى المركز حيث يُمكن إزالتها، وأبعاد حُجرة الهضم اللاهوائي تعتمد في الأساس على معدل إنتاج الحمأة بالنسبة للتعداد السكاني، وعلى درجة التثبيت المُستهدفة للحمأة (المرتبطة بالمعدل الدوري لإزالة الحمأة) ودرجة الحرارة. وتُصمم السعة التخزينية لحُجرة هضم الحمأة لمدة تتراوح من 4 أشهر إلى 12 شهرًا، وذلك للسماح بالهضم اللاهوائي الكافي. وفي المناخات الباردة تحتاج الحمأة لزمن بقاء أطول، وبالتالي هناك حاجة إلى حجم أكبر للحوض. ولإزالة الحمأة يجب أن يتم تركيب أنبوب ومضخة لسحب الحمأة من الحوض، أو السماح لشاحنات الشفط والمضخات المُنتقلة بأداء هذه المهمة. ولمنع المواد كبيرة الحجم من التأثير على نظام المعالجة فإنه يُنصح باستخدام مصفاة قضبانية أو غُرّة حجز الحصى كما هو الحال في المعالجة الأولية قبل حوض إمهوف.

شكل (3): مقطع ومسقط أفقي لحوض إمهوف (Metcalf & Eddy, 2003).

الجوانب الصحية والتأثيرات البيئية لتقنية استخدام حوض إمهوف بمنطقة الدراسة

يتكون نظام المعالجة المقترح من حوض إمهوف متبوع بمنطقة من خنادق التصريف ممتدة تحت سطح الأرض بما لا يزيد عن 1.25 متر وبقطر لا يقل عن 10 سم محاطة بطبقة من الركام تعلوها طبقة سطحية عازلة يتم ردمها بالتربة العادية الموجودة بالموقع بمساحة تبلغ حوالى 14 هكتار لكامل التعداد السكاني 6000 شخص (Metcalf & Eddy 2003)، وهذا الحل يساعد على التخلص من جميع مخرجات الحوض بشكل آمن التي منها إزالة لمسببات الأمراض، أما بعض المشاكل الأخرى مثل مشاكل ظهور رغوة نتيجة لتغير في درجة الحرارة أو الارتفاع المفاجئ في الأحمال العضوية، أو الغازات التي تظهر بكميات منخفضة التي يمكن أن تولد روائح غير مرغوبة بها، فيمكن حل هذه المشاكل بواسطة فريق مدرب من خلال الاهتمام بالتشغيل والصيانة الجيدة، بحيث تبقى مسارات التدفق مفتوحة وتنظف أسبوعياً (Imhof, B. and Muhlemann 2005)، مع إزالة الخبث في جزء الترسيب وفتحات التهوية، وإزالة الحمأة المثبتة في قاع الحوض حسب المدة المقترحة بالتصميم المطبق. مع التأكد طوال الوقت من وجود 50 سم على الأقل تفصل بين الحمأة المترسبة وفتحة جزء الترسيب لضمان حسن أداء الحوض.

معايير التصميم والكميات التقريبية لإنشاء خزان إمهوف للتجمع السكاني

الجدول رقم (1) يبين معايير التصميم الأولية لحوض إمهوف، بينما الجدول رقم (2) يبين النتائج التي تم التوصل إليها لأبعاد حوض إمهوف المقترح للتجمع السكاني ألف وحدة سكنية بكامل مرافقه. أما الجدول رقم (3) فيبين الكميات التقريبية لتنفيذ التصميم المقترح بدون حساب ثمن الأرض الذي يشمل تكاليف إنشاء حوض إمهوف بسعة 330 م³، وتكاليف توريد ومد جزء من شبكة أنابيب تحت الأرض لتصريف مياه الصرف الناتجة من المعالجة الأولية بحوض إمهوف وبعض التكاليف الإضافية لتشغيل المشروع.

جدول (1): معايير التصميم الأولية لحوض إمهوف

معايير التصميم الأولية	
عدد السكان	6000 شخص
متوسط الاستهلاك اليومي للمياه	150 لتر للفرد
الأكسجين الحيوي المستهلك BOD_5	250 ملجم/لتر
مجموع المواد الصلبة العالقة TSS	333 ملجم/لتر

جدول (2): ملخص النتائج لأبعاد حوض إمهوف المقترح للتجمع السكاني ألف وحدة سكنية

الجزء العلوي من الحوض	
حجم الجزء العلوي	78.28 م ³
العمق بدون المسافة الحرة	3.4 م
معدل التحميل السطحي	22.6 م
السرعة الأفقية للمياه بالحوض	3.8 م/ ساعة
العمق الكلي للحوض	3.9 م
طول الحوض	9.5 م
عرض الحوض	3.5 م
الجزء السفلي من الحوض	
العرض الكلي للحوض	5 م
عرض فتحات الغاز لكل جهة	0.6 م
طول الحوض	9.5 م
مساحة القاعدة السفلي للهرم	1 * 0.75 م ²
عمق الخزان من الاسفل للهرم بزاوية 45	2 م
حجم الهرم السفلي للحوض	9.5 م ³

حجم الجزء السفلي من الحوض	240 م ³
عمق الجزء السفلي بدون عمق الهرم السفلي	6.65 م
العمق الكلي للحوض	10.55 م

جدول (3): جداول الكميات التقريبية لإنشاء حوض إمهوف وخنادق تصريف المياه الناتجة من التجمع السكاني

ر.م	البند	الوحدة	الكمية
1	الأعمال الترابية لجميع مكونات منظومة المعالجة	م ³	800
2	أعمال الخرسانة لخزان إمهوف وخنادق التصريف	م ³	100
3	أعمال توريد وتركيب مواسير البولي إيثيلين عالي الكثافة لزوم التوصيلات وخناق التصريف، قطر 300مم	متر. طولي	11000
4	تكاليف متنوعة أخرى	مقطوعة	50000

الاستنتاجات

1. إن طرق المعالجة بالموقع واستخدام الطرق الطبيعية للمعالجة يعد أفضل من المعالجة المركزية من ناحية التكلفة الإجمالية والتشغيل والصيانة ويمكن استخدامها في حالة تعذر استخدام الطرق المركزية.

2. يجب ألا تشكل منظومات تجميع ومعالجة مياه الصرف الصحي التقليدية أو المركزية الخيار الوحيد المقبول لتجميع ومعالجة مياه الصرف الصحي حيث أن التركيز على هذا الخيار يعرقل أو يبطئ من انتشار الخدمة نتيجة التكاليف العالية المطلوبة، حيث يلزم التوجه الجدي نحو المعالجة المنفردة بالمكان للمنازل عبر نماذج حديثة وفعالة من أحواض التحليل واحواض إمهوف، والاستفادة من خبرة الدول المطبقة لأنظمة نقل مياه الصرف الصحي الحديثة الخاصة

- بالتجمعات القروية والتجمعات ذات المنازل المتباعدة أو ذات الطبيعة الصخرية التي توفر 50% تقريباً من كلفة تنفيذ شبكة الصرف الصحي التقليدية.
3. خلال مرحلة تنفيذ المشروع يمكن تنفيذ حوض إمهوف، صندوق التوزيع، أما خنادق التصريف فيمكن تنفيذ جزء واحد منها كمرحلة أولى حيث يمكن تقسيم مساحة خنادق التصريف إلى أربعة أجزاء، وباقي الأجزاء يمكن تنفيذها في مراحل لاحقة. حسب الإمكانيات المادية بالمنطقة.
4. من خلال دراسة نظام الصرف الصحي للتجمع السكاني ألف وحدة سكنية ودراسة نظام الصرف الصحي المتبع بالمدينة يمكن تنفيذ إحدى الخيارات التالية لمعالجة مياه الصرف الصحي.
- تخصيص وتشغيل المحطة القائمة بالموقع المجاور للتجمع السكاني ألف وحدة سكنية لمعالجة مياه الصرف الصحي الناتج من التجمع السكاني ألف وحدة سكنية. وإعادة تصميم وإنشاء محطة أخرى لمعالجة التدفق الناتج من باقي أجزاء المدينة في مرحلة لاحقة ضمن مشروع متكامل للمدينة يشمل ربط المنازل، وخطوط تجميع وضخ مياه الصرف الصحي إلى المحطة.
 - تصميم وإنشاء نظام معالجة يعمل بتقنية خزانات إمهوف لمعالجة التدفق الناتج من التجمع السكاني ألف وحدة سكنية الذي تم تقديره بـ (750 م³/يوم) إلى حين يتم تشغيل المحطة القائمة للمدينة وربط التجمع السكاني بها.

المراجع

1- المراجع العربية:

- التركماني، عبدالرزاق، 2009، الإدارة الهندسية لمياه الصرف في التجمعات السكانية الصغيرة.
- معهد علوم المياه بهولندا (UNESCO-IHE)، نوفمبر 2000، تحسين إدارة مياه الصرف الصحي في المدن الساحلية.
- الفلاح، محمود 2005، مقترح استراتيجية عمل لمرافق معالجة مياه الصرف الصحي، المؤتمر الوطني الأول لتقنيات معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي، بنغازي.

- مكتب المعلومات 2014، الشركة العامة للمياه والصرف الصحي، طرابلس - ليبيا.

2- المراجع الأجنبية:

- Anne Mikelonis, may 15/2008, Water and Sanitation in Developing Countries Final Paper.
- Gijzen, H.J., 2003. A 3-step strategic approach to sewage management for sustainable water resources protection, Asian Water Quality.
- Metcalf & Eddy Inc, 2003, Waste Water Engineering Treatment & Disposal And Reuse. McGraw-Hill, 4th. Edition, New York.
- Imhof, B. and Muhlemann, J. 2005. Grey water Treatment on Household Level in Developing Countries.
- Lee boon, other, 2015, Reversing clogging in Imhoff tanks by catalyzed hydrogen peroxide treatment, Water Practice & Technology, Vol 10 No 2.
- Yashashri Patil, 2018, Design of Sewage Treatment Plant Units for ST. John College Campus, International Journal of Scientific Research Engineering & Technology ,Volume 7, Issue 3, March 2018.