

دراسة كفاءة خزان التحليل التقليدي المطور لمعالجة المياه العادمة بالمناطق اللامركزية لبلدية صبراتة

مجيد الهادي خترش

استاذ مساعد قسم الهندسة المدنية ، كلية الهندسة ، جامعة صبراتة ، ليبيا

البريد الإلكتروني (khitreesh@yahoo.com)

الملخص

يتناول هذا البحث معدل أداء خزان التحليل المطور المستخدم في معالجة وتصريف مياه الصرف الصحي بالمناطق اللامركزية التي لا تتواجد بها شبكة عامة للصرف الصحي، والتي يتم التخلص منها بصرفها في باطن التربة مما يؤدي إلى تلوث التربة والمياه الجوفية كما هو الحال بمدن كثيرة في ليبيا، وذلك باستخدام طريقة معالجة قليلة التكلفة والاستفادة من مياه الصرف في الري بعد معالجتها خصوصا مع احتواء هذه المياه على مواد مغذية للنباتات، حيث تم عمل تعديلات بسيطة على تصميم خزان التحليل التقليدي ببناء بعض القواطع الحائطية العرضية لتحسين كفاءته، و من خلال التحاليل المعملية والمتابعة الدورية لمدة سبعة أشهر على نموذج معلمي باستخدام مياه عادمة من منطقة النهضة ببلدية صبراتة تم التعرف على معدل إزالة الملوثات حيث بلغ معدل إزالة الأكسجين الحيوي المستهلك (BOD) 69 %، ومعدل إزالة الأكسجين الكيماوي المستهلك (COD) 60 % و معدل إزالة المواد العالقة (TSS) 90 %، كما تم عمل مقارنة بين هذا النظام وباقي أنظمة المعالجة الأخرى من الناحية الفنية والاقتصادية للوصول إلى توصيات حول هذا النظام يمكن اعتباره بديل جيد لخزان التحليل التقليدي حيث أن مواصفات المياه الناتجة من محطات تجريبية تعمل بهذا النظام بالدول المجاورة متوافقة مع حدود مواصفات المياه المعالجة ثنائيا والتي بإضافة المرشح الرملي لها تكون هذه المياه صالحة للزراعة .

الكلمات الدلالية: التحليل المطور، مياه الصرف الصحي، خزان، التربة والمياه الجوفية، المرشح الرملي.

Abstract

This research deals with the performance of the developed septic tank Used in the treatment and disposal of wastewater in decentralized areas that do not have a public sewage network, which is disposed of by draining into the soil, leading to soil and groundwater pollution, as is the solution in many cities in Libya, This is done by using a low-cost treatment method and making use of wastewater in irrigation after it has been treated, especially since this water contains nutrients for plants, Where simple modifications were made to the design of the traditional septic tank by building some transverse wall partitions to improve its efficiency. And through laboratory analyzes and periodic follow-up for a period of seven months on a laboratory model using wastewater from the Al-Nahda area in the municipality of Sabratha, the rate of pollutant removal was identified, as the rate of biological oxygen consumption (BOD) reached 69%, chemical oxygen removal rate (COD) 60% and suspended matter removal rate (TSS) 90%, A comparison was also made between this system and the other treatment systems from a technical and economic point of view, in order to reach recommendations about this system. It can be considered a good alternative to the traditional septic tank, as the specifications of the water produced from experimental pilot plant operating with this system in neighboring countries are compatible with the limits of the specifications of the dual-treated water, and by adding Sandy filter, This water will be suitable for agriculture.

Keywords: developed analysis, waste water, reservoir, soil and groundwater, sand filter.

مقدمة:

تعاني معظم الدول النامية عبر العالم ومن بينها ليبيا من قلة الموارد المائية وتلوث البيئة العامة بالتفريغ العشوائي لمياه الصرف الصحي في البيئة المحيطة مما تؤثر سلباً في جودة الموارد المائية السطحية والجوفية، حيث تحتوي هذه المياه العادمة على ملوثات من الآزوت والفسفور التي تعتبر من المغذيات التي تسبب التكاثر السريع للطحالب المسؤولة عن اختناق الأوساط المائية وموت كائناتها[1]. وتحتوي أيضاً على مواد عالقة وغروية

تؤدي إلى نقص مسامية التربة وانسداده، ثم على ملوثات ذات أصل بيولوجي تتمثل في فيروسات، وبكتيريا، وطفيليات يشكل انتقالها إلى المياه خطراً محدقاً يهدد الصحة العامة للأفراد المجاورين لأماكن التفريغ [2]، مما يستلزم إلى البحث عن حلول عملية ناجحة للحفاظ على الصحة العامة والموارد المائية وابتكار أنظمة مستدامة لمعالجة مياه الصرف الصحي تناسب بيئتنا وواقعنا المحلي في ليبيا [3].

إن تصريف ومعالجة مياه الصرف الصحي للمدن والمناطق الحضرية تتولها عادة جهات ذات الاختصاص وتكون طريقة التخلص من هذه المياه بعمل محطات معالجة ذات التكنولوجيا المتطورة والكفاءة العالية كالحماة المنشطة، والتناضح العكسي، لكن تبقى هذه المنشآت باهظة التكلفة ومستهلكة للطاقة الكهربائية بكميات ضخمة وتحتاج إلى يد عاملة ذات مهارات خاصة في تشغيلها. أما المناطق القروية والمتفرقة البعيدة عن شبكات الصرف الصحي المركزية لتصريف المياه المستعملة فيضطر سكانها إلى عمل بيارات أو خزانات تحليل تقليدية وتمدّد قنوات لتصريفها في التربة، الشيء الذي ينعكس سلباً على البيئة المجاورة ويتسبب في تلوثها وتدمير مكوناتها [4]، ويستوجب كل هذا إيجاد تقنيات وحلول بديلة لمعالجة هذه المياه اللامركزية تمتاز بالكفاءة وانخفاض التكلفة في إنشائها وتسييرها في الوقت ذاته ليتبنّاها صناع القرار في هذه المناطق ذات الميزانيات المحدودة عادة. وتُعَدُّ تقنيات تنقية مياه الصرف الصحي الطبيعية من أهم الحلول البديلة لمعالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية في المناطق القروية المعزولة والنائية، لكن تبقى تلك المعتمدة على التربة كوسط ترشيح ذات تطبيقات محدودة، ونظراً إلى النمو السكاني المتزايد فإن الطلب على الموارد المائية في تصاعد مستمر شأنه شأن مياه الصرف الصحي المنتجة ما يستدعي إعادة النظر في السياسات المائية ووجوب معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استعمالها لحماية الثروات المائية من التلوث وتخفيف الضغط المتواصل عليها. وفي هذا البحث تم تسليط الضوء على تطبيق تقنية نظام خزان التحليل المطور ودراسة معدل أدائه لمعالجة المياه العادمة باستعمال مواد محلية في بنائه لإمكانية تطبيق هذه التكنولوجيا في ليبيا.

1.1 مشكلة البحث

تتمثل مشكلة البحث في تلوث التربة والمياه السطحية والجوفية بمياه الصرف الصحي الناتجة من المنازل والتجمعات السكانية بالمناطق القروية لمدينة صبراتة، مما تشكل خطر على الصحة العامة للإنسان ومصادر المياه المحدودة في هذه المناطق بالغرب الليبي وبتالي ضرورة معرفة ودراسة طرق معالجة مياه الصرف الصحي واختيار أنسب التقنيات للمعالجة التي تتماشى مع هذه المناطق من حيث المميزات والعيوب.

2.1 أهداف البحث

يهدف هذا البحث إلى التعريف بتقنية نظام خزان التحليل المطور بوصفها تقنية صاعدة بديلة لمعالجة المياه العادمة اللامركزية في الدول النامية وللتجمعات السكانية الصغيرة ، ويستعرض مبدأ عمل النظام وأدوار مكوناته وآليات معالجة مختلف الملوثات، ثم التطرق إلى بعض التطبيقات الناجحة ونتائجها الواعدة في بعض الدول المجاورة، مع توضيح عيوب الاستخدام وطرق التغلب عليها، و دراسة تكلفة النظام مبيئاً مكان القوة التي تجعل منه بديلاً مستقبلياً ومستداماً للتقنيات التقليدية وحلاً واعداً للدول الراغبة في إقامة أنظمة معالجة للمياه العادمة اللامركزية، ليبقى هذا العمل دليلاً للباحثين في هذا المجال ومرجعاً لصناع القرار في المناطق المعزولة الراغبين في إقامته.

3.1 أهمية البحث

تكمن أهمية البحث في إيجاد تقنية مناسبة للتخلص من مياه الصرف الصحي للمناطق اللامركزية للمساكن والتجمعات الصغيرة بالمناطق الريفية والمحافظة على الموارد المائية من التلوث وحماية البيئة والصحة العامة والاستفادة من الموارد المائية غير التقليدية المتمثلة في إعادة استخدام مياه الصرف الصحي بعد تنقيتها في بعض الأنشطة مثل الزراعة.

4.1 منهجية البحث

لقد اتبع في انجاز هذا البحث المنهج الوصفي التحليلي وذلك بالاعتماد على اخذ وتحليل عينات من المياه غير المعالجة و المعالجة لمدة تزيد عن 7 اشهر باتباع الطرق العلمية المعروفة في اخذ وتحليل العينات لمياه الصرف الصحي، كما استخدم أيضاً أسلوب البحث النظري عن طريق الاطلاع على مصادر المعلومات و الكتب والدوريات العلمية

المتخصصة والأبحاث والندوات والمؤتمرات بالإضافة إلى المعلومات من خلال شبكة المواقع الالكترونية .

2- أخطار ملوثات مياه الصرف الصحي وآليات معالجتها

تتميز مياه الصرف الصحي المنزلية باحتوائها على أحمال عالية من المواد العضوية السهلة والصعبة المعالجة عن طريق أنظمة المعالجة البيولوجية، ويختلف تركيز مياه الصرف من هذه المواد باختلاف المصدر والنشاط، لذا ينتج من تفرغ هذه المواد من دون معالجة مسبقة تقليل مسامية التربة واستهلاك الأكسجين والتسبب في اختناق الأوساط المائية، كما قد يتسبب تسربها إلى المياه الجوفية والسطحية إلى أضرار وخيمة على الصحة العامة[4]، وتصنف أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي من حيث الخصائص التي تميز كل نوع وفق الانظمة التالية[5]:

1.2 أنظمة المعالجة الميكانيكية:

وهي الأنظمة التي تمتاز باستهلاكها العالي للطاقة بالإضافة إلى احتياجها للمعدات الميكانيكية والأحواض الخرسانية في عملها وعادة هذه الأنظمة تنشأ على مساحات أرض صغيرة حيث أن صغر حجم هذه الأنظمة يكون نتيجة انها تعتمد على إمداد البكتريا بالطاقة العالية (الأكسجين) اللازمة للتسريع من علميات المعالجة. مثل الحمأة المنشطة، المرشحات الزلطية ، قنوات الأكسدة، البحيرات المهواة .

2.2 أنظمة المعالجة الطبيعية:

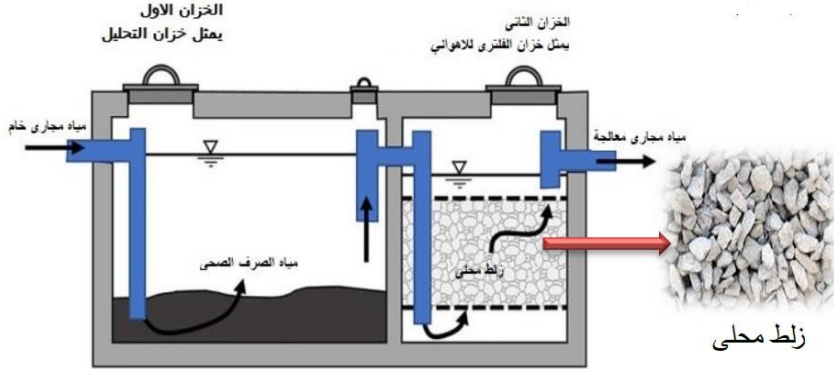
على عكس أنظمة المعالجة ذات الاستهلاك العالي للطاقة فإن هذا النوع من المعالجة الطبيعية يعتمد في المقام الأول على الظروف الطبيعية كالشمس والرياح للحصول على المعالجة المطلوبة لمياه الصرف الصحي وذلك بدون الاحتياج إلى تدخل خارجي. ويتميز هذا النوع من الأنظمة بأنه يحتاج إلى مساحات كبيرة من الأراضي للإنشاء مما يجعله غير مناسب للاستخدام في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية ، كما يمتاز هذا النوع بأنه ذو تكلفة بناء قليلة نسبياً عند توافر الأرض بسعر مناسب، وعادة فإن هذا النوع من المعالجة الطبيعية يكون أكثر كفاءة في إزالة الجراثيم الممرضة عن أنظمة المعالجة الميكانيكية مثل بحيرات الأكسدة الطبيعية، الأرض الرطبة.

3.2 أنظمة المعالجة اللاهوائية ذات المعدلات السريعة

تمتاز أنظمة المعالجة اللاهوائية بان لها مميزات عن كل نوع من الأنظمة الأخرى حيث إنها تمتاز بكفاءة عالية في إزالة الملوثات ولا تحتاج إلي معدات ميكانيكية وبالتالي فهي ذو تكلفة بناء وتشغيل وصيانة منخفضة ولا تحتاج إلي عمالة مدربة، وتكون معدلات التحميل العضوي اعلي بكثير من أنظمة المعالجة الطبيعية مما يجعلها تحتاج إلي مساحات ارض اقل بكثير من طرق المعالجة الطبيعية، اما الحمأة الناتجة من المعالجة اللاهوائية قليلة جدا مقارنة بطرق المعالجة الهوائية وهذا يؤدي إلي توفير في مساحات الأرض اللازمة لمعالجة الحمأة بالإضافة إلي التوفير في تكاليف إنشاء وحدات معالجة الحمأة[6,5]، بينما يعيب هذه الطريقة تأثيرها بانخفاض درجة الحرارة إلي ما هو أقل من 14 درجة مئوية ولذلك فأنها توضع داخل مباني مغلقة في الدول الباردة.

3- الجانب العملي ومناقشة النتائج

يعتبر نظام خزان التحليل المطور إحدى أنظمة المعالجة اللاهوائية ذات المعدلات السريعة[5]، وهو يتكون كما مبين بالشكل(1) من جزئين، الجزء الأول بمثابة خزان لا هوائي حيث تعمل الحمأة المتكونة من ترسيب المواد العالقة كوسط لحجز البكتريا اللاهوائية والمواد العضوية اللازمة لعمليات الهضم، بينما الجزء الثاني من الخزان يقوم بإزالة المواد العضوية الذائبة المتبقية من الجزء الأول من خلال تكون البكتريا اللاهوائية على سطح الوسط الترشيحي كالطوب أو الزلط أو أي مواد أخرى محلية مناسبة ويمكن فصل بينها بقواطع داخلية متعددة حسب التصميم و الكفاءة المطلوبة وهو ما يعرف بخزان التحليل المطور(Up flow septic tank Baffled reactor (USBR) [5]. وعادة يستخدم لتدفقات تتراوح ما بين 2 إلى 200 متر مكعب في اليوم، بضمن بقاء هيدروليكي Hydraulic Retention Time (HRT) ما بين 48 إلى 72 ساعة، وتكون سرعة التدفق من أسفل إلى أعلى لمياه الصرف الصحي أقل من 0.6 متر/ساعة[5].

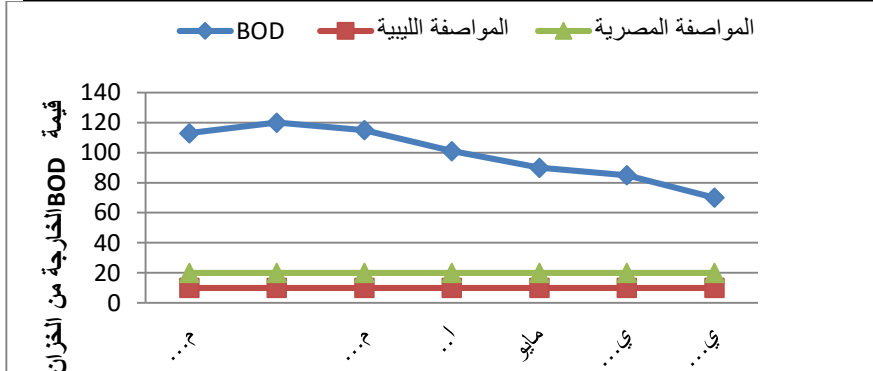


شكل (1): شكل وطريقة عمل خزان التحليل المطور (USBR)

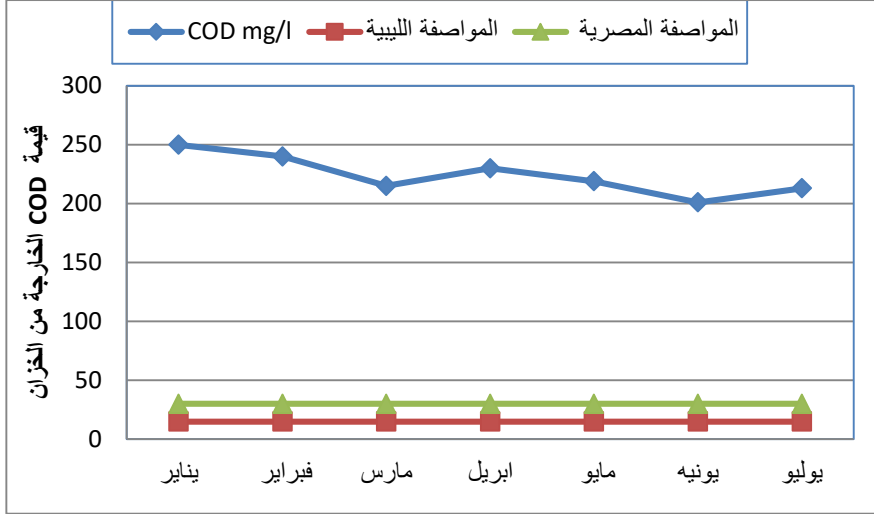
في هذه الدراسة تم الاقتصار على تصميم خزان التحليل التقليدي المطور ذات جزئين فقط لدراسة معدل الاداء وفق اقل تكلفة ممكنة لتنفيذ وعمل النظام، وتم تجربته معمليا بكلية الهندسة صبراتة باستخدام مياه صرف صحي من قرية النهضة بجنوب مدينة صبراتة للحصول على مياه معالجة ثنائيا باستخدام زلط محلي مبين بالشكل (1) كوسط ترشيحي، ومن خلال تشغيل وملاحظة النظام اكثر من 7 أشهر و أخذ عينات من مياه الصرف الصحي الداخلة والخارجة من خزان التحليل المطور في المعمل كما مبين في الجدول 1، وجد إن متوسط كفاءة إزالة الأكسجين الكيماوي المستهلك هي 60%، معدل إزالة الأكسجين الحيوي المستهلك BOD هي 69% و معدل إزالة المواد العالقة هي 90%. وقد لوحظ ضعف كفاءة الخزان في الفصول الاولى من التشغيل (يناير - فبراير - مارس) بسبب عدم استقرار بداية التشغيل وانخفاض درجة الحرارة. الأشكال من رقم (2) إلي (4) توضح مقارنة بين تركيز الملوثات (الأكسجين الكيماوي المستهلك COD، الأكسجين الحيوي المستهلك BOD، المواد العالقة TSS) في المياه المعالجة الخارجة من خزان التحليل المعدل وما هو مسموح به من هذه الملوثات حسب المواصفة الليبية رقم 451 لإعادة استعمال مياه الصرف الصحي للرّي [7]، والمواصفة المصرية رقم 48 لعام 1982، [8].

جدول 1 : نتائج التحاليل المعملية لعينات مياه الصرف الصحي (النهضة- صبراته)

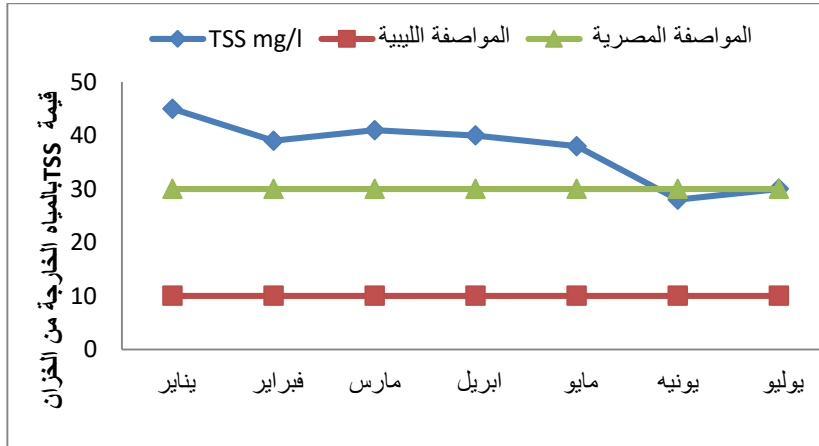
العنصر Parameters						مكان العينة	الزمن
TSS (mg/l)		BOD5(mg/l)		(COD(mg/l)			
الكفاءة %	TSS	الكفاءة %	BOD	الكفاءة %	COD		
87	350	60	288	56	580	الداخل	يناير
	45		113		250	الخارج	
88	343	62	317	61	620	الداخل	فبراير
	39		120		240	الخارج	
89	377	67	354	62	567	الداخل	مارس
	41		115		215	الخارج	
88	345	67	307	61	597	الداخل	ابريل
	40		101		230	الخارج	
90	355	71	311	59	540	الداخل	مايو
	38		90		219	الخارج	
93	431	77	379	63	550	الداخل	يونيه
	28		85		201	الخارج	
92	388	80	367	61	548	الداخل	يوليو
	30		70		213	الخارج	
90	متوسط	69	متوسط	60	متوسط		



شكل 2 : قيمة تركيز الأكسجين الحيوي المستهلك BOD للمياه الخارجة من خزان التحليل المطور مقارنة بالحدود المسموح بها بالمواصفة الليبية رقم 451 والمواصفة المصرية رقم 48 لسنة 1982.



شكل 3 : قيمة تركيز الأكسجين الحيوي المستهلك COD للمياه الخارجة من خزان التحليل المطور مقارنة بالحدود المسموح بها بالمواصفة الليبية رقم 451 والمواصفة المصرية رقم 48 لسنة 1982.



شكل 4 : قيمة تركيز المواد العالقة TSS للمياه الخارجة من خزان التحليل المطور مقارنة بالحدود المسموح بها بالمواصفة الليبية رقم 451 والمواصفة المصرية رقم 48 لسنة 1982.

جدول 2: الحدود المسموح لإعادة استعمال مياه الصرف الصحي للري أو الصرف على أنواع المجاري المائية حسب المواصفات الليبية والمواصفات المصرية [7, 8].

الأكسجين الكيميائي المستهلك COD mg/l	الأكسجين الحيوي المستهلك BOD mg/l	الأس الهيدروجيني pH	المواد العالقة الكلية TSS mg/l	
15	10	8.4-6	10	الحدود القصوى المسموح بها للمعايير القياسية الليبية للمياه المعالجة رقم 451 لإعادة استعمال مياه الصرف الصحي للري
30	20	9-6	30	الحدود القصوى المسموح بها للمعايير القياسية المصرية للمياه المعالجة للصرف على الخزانات الجوفية وفروع النيل رقم 48 لعام 1982 م

4- المقارنة الفنية والاقتصادية بين أنظمة المعالجة

يعتبر نظام خزان التحليل المطور من الانظمة البسيطة التي لا تحتاج إلى ترتيبات معقدة وتكاليف انشائها عادة تكون متوسطة [9, 10]، حيث تعتمد تكاليف رأس مال خزان التحليل المطور على توفر المواد محلياً وبالتالي تكاليف مواد البناء مثل (الرمل، والحصى، والإسمنت، والفولاذ) وتكاليف العمالة، اما تكاليف التشغيل تكون منخفضة. ولتوضيح المقارنة الفنية والاقتصادية بين أنظمة المعالجة، تم دراسة العديد من المشاريع القائمة لمحطات الصرف الصحي في ليبيا و الدول العربية المشابهة للبيئة الليبية [11, 12, 13, 14]، و هي ثلاث محطات تجريبية تم تنفيذها بمحافظتي الإسماعيلية و الفيوم في مصر عام 1990 لخدمة عدد من السكان يتراوح بين 100 إلى 2000 فرد، و كما مبين بالجدول 3 في هذه الدراسة تم توضيح تكلفة نظم المعالجة الميكانيكية وهي قنوات الأكسدة والبحيرات المهواة ، ونظم المعالجة الطبيعية

وهي بحيرات الأكسدة الطبيعية مع المقارنة بنظام خزان التحليل المطور USBR حيث تم توضيح حساب تكلفة بناءه من واقع بيانات فعلية لأعمال منفذة بمناطق الفيوم والإسماعيلية بدولة مصر وقد تم فرض تكلفة الصيانة والتشغيل نظرياً طبقاً لغرض إنفاقها على فني واحد وبعض المهمات والمواد التي تحتاجها المحطة. و في هذه المقارنة تم حساب تكلفة الإنشاء والتركيبات وتكلفة التشغيل والصيانة للمتر المكعب من المياه المعالجة . اما كفاءة إزالة المواد العضوية والبكتريا والمساحات التي يشغلها كل نظام من أنظمة المعالجة وتكلفة تنفيذ كل نظام تم أخذه من ثلاث مصادر موضحة بالبحث [14,13,12,11].

جدول (3) المقارنة الفنية والاقتصادية لأنظمة الصرف الصحي لأحجام التصريفات المنخفضة

نوع المعالجة	كفاءة الإزالة % ⁽⁵⁾		مساحة الأرض (8,5) م ² / م ³ / يوم	تكلفة الإنشاء ⁽⁸⁾ دولار أمريكي م ³ /	تكلفة التشغيل والصيانة السبوعية ⁽⁸⁾ دولار أمريكي م ³ /	حشرات وروائح	التعقيد ف التشغيل (14)
	BOD	البكتريا الممرضة					
قنوات الأكسدة	-75 95	90-60	6	340	27	قليل	عالي
البحيرات المهواة	-80 95	90-60	19.2	290	13	قليل	متوسط
بحيرات الأكسدة الطبيعية	-80 90	99.9-99	24	500-240	5.5	متوسط إلى عالي	قليل
خزان التحليل المطور USBR بدراسات سابقة	-85 90	غير معلومة	1.4-1	300	5	قليل	قليل
أفضل طريقة معالجة لكل بند	النتائج مقارنة	بحيرات الأكسدة الطبيعية	خزان التحليل المطور	خزان التحليل المطور	خزان التحليل المطور	الحماة المنشطة	خزان التحليل المطور

5- الخلاصة

- يعتبر هذا البحث مكمل لمجموعة من الأبحاث أجريت علي خزان التحليل المطور (USBR) منذ عام 2003 بجامعة عين شمس بمصر بدأت بتجارب معملية باستخدام مياه صرف صحي من احدى قرى الجيزة ثم بتنفيذ ثلاث محطات تجريبية لخدمة قرى بمحافظتي الإسماعيلية و الفيوم لخدمة عدد من السكان يتراوح بين 100 إلي 2000 فرد [8]، وذلك لدراسة مدى امكانية تطبيق هذه التقنية البسيطة في معالجة مياه الصرف الصحي للتجمعات الصغيرة والقروية بمدينة صبراتة في ليبيا .
- من خلال متابعة النتائج المعملية المأخوذة من قرية النهضة بصبراتة يتضح ان معظم نتائج تركيز الملوثات بالمياه المعالجة الخارجة من الخزان لا تتوافق مع المواصفات للبيئة لإعادة استخدامها في الري مما يعنى ضرورة الاستمرار في اجراء المزيد من التجارب المعملية و تنفيذ محطة تجريبية للوصول الى نتائج واقعية مقبولة . رغم ان نتائج التجارب في مصر كانت مقبولة وتتوافق مع القانون المصري مما يعنى امكانية نجاح استخدام هذه التكنولوجيا في أماكن أخرى [15].
- خلال تجربة هذا النظام وجد انه يمكنه تحمل الزيادات المفاجئة في التصريفات والأحمال العضوية مما يجعله مناسب للاستخدام لخدمة منزل واحد أو لخدمة قرى صغيرة أو متوسطة الحجم.
- وجود الخزان اللاهوائي ذو القواطع بالجزء الثاني من الخزان حسن بدرجة كبيرة من عملية خلط المياه ومنع حدوث اختصار للمسار مع إعطائه مرونة عالية للنظام لتقبل الأحمال الزائدة المفاجئية.
- شكل هذا الخزان يعطي له المرونة في استخدامه في أكثر من مكان. كتعديل لخزان تحليل قائم وان كان يشترط في هذا الخزان القائم إن يكون بحالة جيدة وان يكون معزول من الداخل جيداً ، او يستخدم بدلاً من خزان التحليل التقليدي في الخزانات المنزلية التي تنشأ في المستقبل.
- باستخدام مرشح رملي بسيط تصبح هذه المياه صالحة للاستخدام في الزراعة أو حتى في التخلص منها في التربة بطريقة آمنة بتكلفة بسيطة.

- بينت المقارنة الفنية والاقتصادية ان خزان التحليل المطور (USBR) تفوق فنياً وسعياً لأحجام التصرفات المنخفضة (من 20 - 1000 م³/يوم) عن باقي أنظمة المعالجة مما يجعله من أفضل الأنظمة للاستخدام في القرى ذات تعداد السكان الصغيرة والمتوسطة [15].

6- التوصيات

- يمكن استعمال خزان التحليل المطور (USBR) كمحطة معالجة صغيرة للقرى الصغيرة الحجم وذلك عن طريق بناء مجموعة من هذه الخزانات بجوار بعضها البعض، كما يمكن استخدام العديد من هذه الخزانات موزعة على مستوى القرية بحيث الخزان الواحد يخدم مجموعة منازل ويتم استخدام مواسير الصرف الصغيرة لتجميع الصرف الخارج المعالج من هذه الخزانات وتوصيلها إلى محطة رفع التي تقوم برفعها وذلك بعد إضافة الكلور لها إلى اقرب مصرف.
- في حالة الحاجة إلى استخدام المياه المعالجة في ري مناطق خضراء وسط منطقة سكنية فيفضل إن يتم عمل تطهير للمياه المعالجة بالكلور (بعد عمل معالجة ثلاثية للمياه المعالجة باستخدام مرشح رملي بسيط) وكذلك إمكانية استخدام المياه المعالجة في زراعة الأشجار الخشبية وبذلك يتم توفير كميات كبيرة من المياه الصالحة للشرب، و في حالة تعذر توفير طريقة للتعقيم فإنه يمكن استخدام المياه الناتجة من الخزان في الزراعة مباشرة بطريقة الري تحت السطحي والتي ستعمل على تقليل التبخر ومنع التلامس المباشر مع الناس.
- ان الوعي البيئي بمخاطر التلوث وشح الموارد المائية يحتاج إلى اعتماد سياسات مستدامة مرنة تتماشى مع الظروف المحلية للدولة لتوفير فرص حماية مواردها المائية، ولا يتأتى ذلك إلا بتبني أنظمة فعالة ومنخفضة التكلفة في الوقت ذاته، ويمثل نظام خزان التحليل المطور USBR خيار جيد لتخفيف الضغط على الموارد المائية ومعالجة مياه الصرف الصحي لإعادة استخدامها في الموقع لأغراض زراعية او لتغذية المياه الجوفية وغيرها .

المراجع :

- [1] منظمة الاغذية والزراعة (الفاو) (1990) البرنامج الدولي للمياه والتنمية الزراعية المساندة, منشورات الفاو 1990.
- [2] جزدان ،عمر ، عبدالجواد ، تأثير استعمال المياه المعالجة في انتاجية بعض المحاصيل الزراعية ,المجلة العربية للبيئات الجافة ، 2008 ، المجلد الاول ، العدد الثاني ، ص 28-44 .
- [3] الفلاح ، محمود 2005 ، مقترح استراتيجية عمل لمرافق معالجة مياه الصرف الصحي ، المؤتمر الوطني الاول لتقنيات معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي، بنغازي.
- [4] اشلق، منير، بركات ، أهمية اعادة استعمال المياه العادمة بعد معالجتها في مجال الري الزراعي، مجلة المهندس الزراعي العربي، 1996 ، العدد 17، ص 30-43.
- [5] Metcalf & Eddy Inc., 2003, Waste Water Engineering Treatment & Disposal And Reuse . McGraw-Hill , 4th. Edition , New York.
- [6] Seghezzo , L.; Zeeman, G.; Van Lier , J. (1998): A Review: The Anaerobic Treatment of Sewage in UASB and EGSB Reactors. Wageningen University ,Netherlands.
- [7] دليل استخدام المياه المعالجة ثلاثيا, المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية, م م ق 1006:2018 طرابلس - ليبيا.
- [8] فايز بدر (2004): تقييم محطات معالجة الصرف الصحي التجريبية بمحافظة دمياط .
- [9] El-gohary , F.A.; Abou elela, S.I.; El- hawary , S.; Elkamah, H.M.(1998): Evaluation of wastewater treatment technologies for rural Egypt. Intern. J. Environmental Studies.
- [10] Sabry, T.I.M., and Sung, S. 2004: The Feasibility of Using an Anaerobic Modified Septic Tank in the Developing

- Countries. World Water Congress and Exhibition, Marrakech 19th – 24th September 2004.
- [11] Y.Mogheir , T.Abu Hujair , A. Ahmed and D.Fatta, 2012,Treat Wastewater Reuse in Palestine ,Environment Quality Authority (EQA) ,Civil and Environmental Engineering, 2012 .
- [12] Elham Bddour, Reuse Of Wastewater Treatment In Agriculture in Sudan state, Sudan Engineering Society Journal, September 2006.
- [13] فريق الخبراء المنظمة العربية للتنمية الزراعية " دراسة استخدام مياه الصرف الصحي في الانتاج الزراعي في الدول العربية " الخرطوم, نوفمبر 2000, جامعة الدول العربية.
- [14] Vieira, S.M.M.; and Garcia Jr, A.D. (1992); Sewage Treatment by UASB Reactor; Operation, Results, and Recommendation for Design and Utilization. Water Science and Technology, volume 25.
- [15] [15]. صبري طارق (2007) ، استخدام تكنولوجيا جديدة منخفضة التكاليف في معالجة مياه الصرف الصحي "دراسة فنية واقتصادية" ، جامعة القصيم.