# تأثير نسبة التدوير والحمل العضوي وحمل المواد الصلبة العالقة على كفاءة المرشح الحيوي ذي الوسط البلاستيكي

د. قصي كمال الدين الأحمدي/ استاذ مساعد
كلية الهندسة - قسم هندسة البيئة

ايناس سمير محمود محمد الدباغ / ماجستير
كلية الهندسة – قسم الهندسة المدنية

جامعة الموصل

## الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة تأثير نسبة التدوير والحمل العضوي وحمل المواد الصلبة العالقة في كفاءة المرشحات الحيوية ذات الوسط البلاستيكي في ازالة المواد العضوية والمغذيات، إذ تم إنشاء محطة اختبارية تتألف من أربعة مرشحات حيوية متشابهة الشكل بسعة (35 لتر) لكل منها وتشغيلها باستخدام مياه فضلات مصنعة مختبريا. صمم العمل لكي تعمل المرشحات الحيوية الاختبارية الثلاثة الأولى (الأول، والثاني، والثالث) بنسبة تدوير (100%، 200% و 300%) على التوالي، في حين يعمل المرشح الحيوي الاختباري الرابع دون تدوير. قسم برنامج العمل على تسع مراحل تشغيلية استخدم في المراحل التشغيلية الثلاثة الأولى (الأولى، والثانية، والثالثة) حمل عضوي مقداره (0.15 كغم COD/م$^3$. يوم) في حين استخدم في المراحل التشغيلية (الرابعة، والخامسة، والسادسة) حمل عضوي يساوي (0.21 كغم COD/م$^3$. يوم) أما في المراحل التشغيلية (السابعة، والثامنة، والتاسعة) فقد كان الحمل العضوي يساوي (0.27 كغم COD/م$^3$. يوم). أثبتت نتائج البحث أن كفاءة المرشحات الحيوية الاختبارية تزداد بوجود عملية التدوير مقارنة بعدم وجودها، حيث بلغ معدل كفاءة ازالة المواد العضوية للمرحلة الأولى وللمرشحات الحيوية (الأول والثاني والثالث والرابع) (84.5% و 86% و87.5% و 80.3%) على التوالي. كما وبينت نتائج البحث انخفاض كفاءة ازالة المواد العضوية والنيتروجينية بارتفاع حمل المواد العضوية المسلط على المرشحات الحيوية الاختبارية، كذلك اظهرت النتائج البحث انخفاض كفاءة إزالة المواد العضوية والأمونيا والفوسفات بارتفاع حمل المواد الصلبة العالقة المسلط على المرشحات الحيوية.

*Keywords*: **Biological treatment, Trickling filter, Recirculation ratio, TSS., Aerobic**

# Effect of Recirculation Ratio, Organic Loading and Suspended Solids Loading on the Efficiency of the Trickling Filters With Plastic Media

**Dr. K. K. Al-Ahmady/ Ass. Professor**
**Environmental Eng.**

**E. S. M. AL-Dabag**
**Dept. Civil Dept.**

**College of Engineering, University of Mosul**

## Abstract

**In this research, an experimental laboratory plant was constructed in order to evaluate the effect of recirculation ratio, organic loading and suspended solids loading on the removal efficiency of trickling filter with plastic media. The plant consisted of four biological trickling filter which were similar in shape, each with a volume equal to (35 liters). Synthetic wastewater was used to operate the plant. To study the impact of recirculation ratio on the system, three of these plants (first, second and third) were operated on recirculation ratio of (100%, 200% and 300%) respectively, whereas the fourth operated without recirculation. To study the effect of increase organic loading, the study program was divided into nine stages, in the three continuation following stages the organic loading rate was steady then increasing in the three suffix continuation following stages thus until ultimate ninth stage, beginning with (1.5 kg COD/m$^3$.day) then (2.1 kg COD/m$^3$.day) and up to (2.7 kg COD/m$^3$.day). The results of the study revealed that; the removal efficiency of the biological trickling filter increase when the recirculation operation was exist, and the efficiency increased when increase recirculation ratio, so the average efficiency of first stage removal of organic loading was in the trickling filters (first, second, third and fourth ) (84.5%, 86.3%, 87.5%, 80%) respectively. The results also showed that; increasing organic and suspended solid loading decreases removal efficiency of organic matter, ammonia and phosphate.**

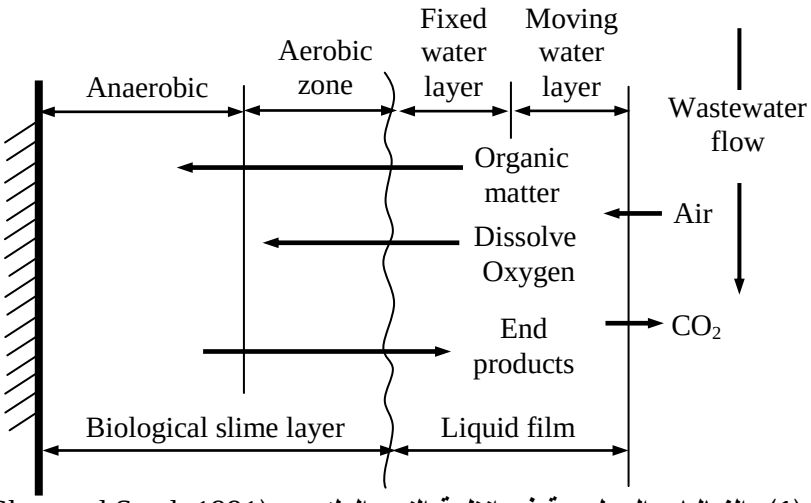
أستلم:2013 - 2 - 25 قبل: 2013 - 10 - 9



المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

**المقدمة**

تعد المعالجة البيولوجية من اكثر انظمة المعالجة كفاءة وانتشارا خصوصا في معالجة مياه الفضلات الحاوية على مواد قابلة للتحلل (Metcalf & Eddy , 2003). اساسها عمليات بسيطة تقوم على التماس المباشر لمياه الفضلات الحاوية على المواد العضوية والمغذيات مع الاحياء المجهرية التي تقوم بالتغذية والتكاثر على حساب تلك المواد العضوية والمغذيات وبالتالي تنقية مياه الفضلات (Kharrufa, 1985). ومن هذه الانظمة المرشح الحيوي (Trickling Filter). يعد المرشح الحيوي من الأنظمة الناجحة عالميا والمستخدم لمعالجة مياه الفضلات المنزلية والصناعية وذلك بسبب تحمله للصدمات بشكل عالي بالإضافة إلى أن تشغيل وحداته لا يحتاج مهارة وكفاءة عالية في العمل ( Metcalf & Eddy, 2003). ويتحقق ذلك من خلال التماس المباشر لمياه الفضلات الحاوية على مواد عضوية مع البكتريا التي تنمو بشكل ملتصق على الوسط (Brown and Caldwell, 1979). تحتوي المرشحات الحيوية على أنواع مختلفة من الأحياء المجهرية منها الهوائية، واللاهوائية وتلك الاختيارية التي تنتقل بين الهوائية واللاهوائية وجميع هذه الأنواع تقوم بتحليل المواد العضوية والمغذيات الموجودة بمياه الفضلات وبالتالي معالجتها (Metcalf & Eddy, 2003). يتم تزويد المرشح الحيوي في اغلب الاحيان بعملية تدوير (Recirculation) وذلك لزيادة فترة تماس البكتريا بمياه الفضلات اضافة لزيادة الاوكسجين اللازم لعملية الاكسدة البيولوجية وازالة الفضلات (Metcalf & Eddy, 2003). تستخدم المرشحات الحيوية اوساط (Media) مثل الحجر أو الحصى أو القطع البلاستيكية حيث بإمرار الفضلات من خلال هذا الوسط يتم امتزاز المواد العضوية من قبل الأحياء المجهرية الملتصقة على سطح الوسط بنفس الوقت الذي ينتقل فيه الأوكسجين إلى هذه الأحياء من خلال التلامس مع الهواء ( McGhee and Steel, 1991)، حيث يتم انتقال الأوكسجين والمغذيات إلى الطبقة الثابتة في حين يتم خروج ناتج عملية أكسدة المواد العضوية إلى الطبقة المتحركة (Moving layer) غالبا بواسطة عملية الانتشار (Diffusion) وكما موضح في الشكل رقم (1). يهدف هذا البحث الى دراسة تأثير نسبة التدوير والحمل العضوي وحمل المواد الصلبة العالقة في كفاءة المرشحات الحيوية ذات الوسط البلاستيكي في ازالة المواد العضوية والمغذيات، يهدف هذا البحث الى دراسة تأثير نسبة التدوير والحمل العضوي وحمل المواد الصلبة العالقة في كفاءة المرشحات الحيوية ذات الوسط البلاستيكي في ازالة المواد العضوية والمغذيات وضمن ظروف تشغيلية مختلفة.




**الشكل (1) الفعاليات البيولوجية في انظمة النمو الملتصق** (McGhee and Steel, 1991)

**الدراسات السابقة**

قام الباحث (Maheesan et al, 2011) بمعالجة مياه فضلات بلدية وذلك بإنشاء محطة اختبارية تتكون من مرشح حيوي ذو وسط بلاستيكي وبنظام تشغيل متقطع (Intermittent Operation System). اثبتت النتائج قابلية النظام على ازالة المواد العضوية والمغذيات حيث كانت تراكيز الخارج من المادة العضوية (COD, BOD)، المواد الصلبة العالقة (S.S)، والمغذيات ( P, $NH_4$-N) (64.58, 22.22)، (27.63) و (1.72, 0.62) ملغم/ لتر وعلى التوالي. كما واظهرت نتائج الباحث (Bounds et al, 2010) كفاءة عالية في الاداء، حيث بلغ تركيز (نتروجين-امونيا) الخارج من محطة المعالجة المتكونة من مرشح حيوي مقدار (2 ملغم/ لتر). اجرى الباحث (Magallón, 2008) دراسة على محطة معالجة مياه فضلات مدنية تحتوي مرشح حيوي ذو وسط بلاستيكي ونسبة تدوير (100%). استنتج الباحث ان



المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

كفاءة ازالة المواد العضوية كانت تتراوح ما بين (75 – 85 %). كما وقد اجرى الباحث (Khan, et al; 2005) دراسة حول آلية ازالة الملوثات العضوية والنيتروجينية من مياه فضلات مدنية باستخدام مرشح حيوي يعمل بنسب تدوير مختلفة (0%، 100% و 200 %) حيث تم تشغيل كل منظومة بنسب مختلفة من حمل مواد عضوية، حمل هيدروليكي وتصريف مختلف وذلك لدراسة تأثير تغير تلك الاحمال على المنظومة. استنتج الباحث ان نسب الازالة كانت اعلى في النماذج التي تحتوي نظام تدوير مقارنة بالنماذج التي لا تحتوي نظام تدوير، كما استنتج ان كفاءة ازالة المواد النيتروجينية تقل بزيادة الحمل العضوي على المنظومة، وان قيم pH تتناقص نتيجة التدوير في النماذج التي تحتوي نظام تدوير مقارنة بالنماذج التي لا تحتوي نظام تدوير.

**المواد وطرائق العمل**

1. **انشاء المحطة الاختبارية (المرشحات الحيوية الاختبارية)**

تم خلال البحث إنشاء اربعة مرشحات حيوية من البلاستيك المقاوم (PVC) بحجم (35 لتر) وبأبعاد (200 سم) ارتفاع و (15 سم) قطر لكل مرشح وذلك بالاعتماد على الدراسات التي أجراها العديد من الباحثين ومنهم (Al-Ahmady and Al-Rahmani, 2011) و(Morton, 2001). تم تصميم قاعدة كل مرشح بطريقة تضمن سحب المياه بشكل منتظم من الأسفل كذلك ولزيادة الدعم فقد صممت قاعدة حديدية تحتوي ثلاثة ارجل، وضعت المرشحات الحيوية عليها.

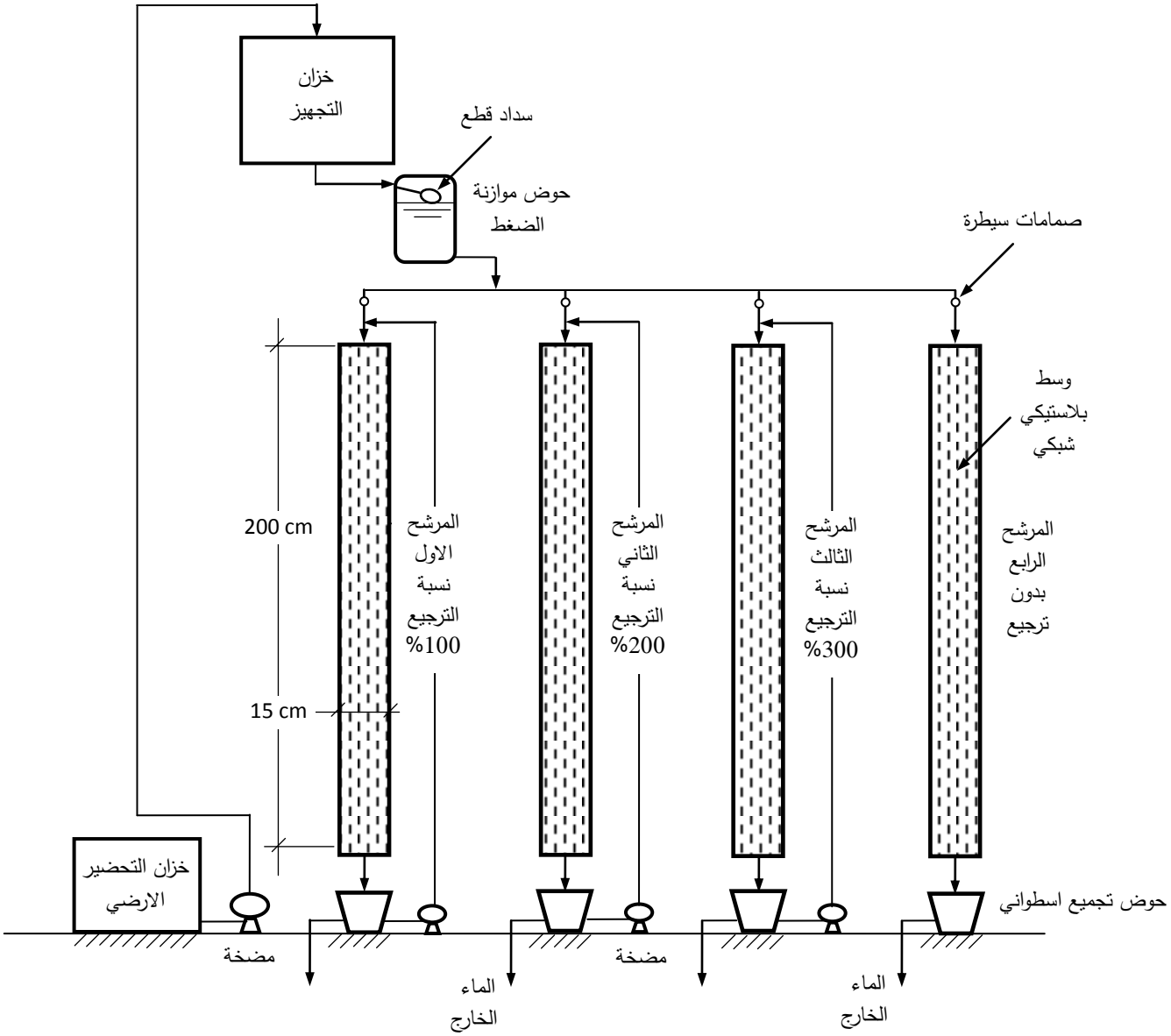
ولغرض تهيئة الوسط اللازم لنمو الاحياء المجهرية فقد استخدمت قطع بلاستيكية شبكية ارتفاعها (195 سم) رتبت بشكل حلقات كبيرة خارجية ثم صغيرة فاصغر نحو الداخل وعلى طول المرشح الحيوي، لاحظ الصورة رقم (1). يرتبط كل مرشح حيوي بحوض تجميع بلاستيكي اسطواني بحيث يحتوي كل حوض في أسفله على صمام مرتبط بأنبوب بلاستيكي مرن ينتهي من طرفه الاخر الى المجرى لتصريف المياه الخارجة (Effluent)، كذلك ولتحقيق هدف البحث فقد زودت ثلاثة من المرشحات الحيوية بمنظومة ترجيع من احواض التجميع والى اعلى المرشح في حين لم يزود المرشح الحيوي الرابع على منظومة ترجيع، حيث تم تثبيت نسبة الترجيع من التصريف الداخل مقدارها (100%) للمرشح الحيوي الاول و (200%) للمرشح الحيوي الثاني و (300%) للمرشح الحيوي الثالث و (0%) للمرشح الحيوي الرابع ولجميع المراحل التشغيلية وعددها (9). تكونت منظومة الترجيع من مضخات غطاسة وضعت داخل احواض التجميع، تقوم هذه المضخات برفع المياه الحاوية على الحمأة المنشطة من احواض التجميع الى اعلى المرشحات الحيوية ولارتفاع قدره (250 سم). اعتمد نظام الجريان المستمر (Continues Flow) اسلوبا لتغذية المحطة الاختبارية لكونه من اكثر انظمة التشغيل المعتمدة لمعالجة مياه الفضلات (Metcalf and Eddy, 2003). تمت تغذية المرشحات الحيوية الاختبارية الاربعة سيحا بالاعتماد على الجاذبية الأرضية وذلك عن طريق استخدام حوض بلاستيكي بحجم (60 لتر) يحتوي على سداد قطع (طواف) لضمان ثبات ارتفاع الماء في الحوض ويرتفع منسوب المياه فيه بحدود (70 سم) عن نقطة التغذية، حيث يتم إيصال مياه التغذية إلى المرشحات الحيوية الاختبارية عن طريق اربعة انابيب بلاستيكية مرنة بقطر (1 سم) تمتد من أسفل الحوض البلاستيكي المرتفع وترتبط بصمامات التصريف والتي يتم من خلالها السيطرة على كمية المياه الداخلة إلى المرشحات. ولضمان توفير الضغط ثابت من الماء فقد وضع خزان آخر لتجهيز مياه الفضلات المصنعة بسعة (360 لتر) يرتبط بالحوض البلاستيكي الذي يجهز المرشحات الحيوية الاختبارية ذو سعة (60 لترا) بسداد القطع حيث وضع هذا الخزان على ارتفاع حوالي (100 سم) عن الحوض البلاستيكي وربط به بوساطة أنابيب بلاستيكية مرنة. فضلا عن ذلك فهناك خزان بلاستيكي أرضي بسعة (120 لتر) يتم فيه خلط المواد الكيمياوية التي تتكون منها مياه الفضلات المصنعة في ويتم بعد ذلك سحب هذه المياه بوساطة مضخة كهربائية إلى خزان التجهيز، لاحظ الشكل رقم (2) والصورة رقم (2). ولغرض السيطرة على الحمل المسلط على المحطة الاختبارية وتجنب التغاير في خصائص المياه الداخلة للمحطة فقد استخدمت مياه مصنعة مختبريا اذ حضرت هذه المياه من مواد كيميائية عديدة بحيث تشابه خصائص مياه الفضلات المنزلية وبحسب التوصية المقترحة من الباحث (Vanrolleghem et. al, 2001)، يبين الجدول رقم (1) المواد المستخدمة في صناعة مياه الفضلات المستخدمة في البحث.

**الصورة (1): الوسط البلاستيكي المستخدم**

**الصورة (2): المرشحات الحيوية المختبرية المستخدمة في البحث**



المنارة للاستشارات
www.manaraa.com




**الشكل (2): اسلوب ربط المحطة الاختبارية المستخدمة في البحث**

**الجدول رقم (1) المواد المستخدمة في صناعة مياه الفضلات الشبيهة بمياه الفضلات المنزلية**

| التسلسل | اسم المادة | الرمز الكيميائي |
|---|---|---|
| 1 | كلوريد الأمونيوم | $NH_4CL$ |
| 2 | ببتون | - |
| 3 | فوسفات البوتاسيوم ثنائية الهيدروجين | $KH_2PO_4$ |
| 4 | النشا | $C_6H_{12}O_6$ |
| 5 | الحليب | - |
| 6 | فوسفات البوتاسيوم احادية الهيدروجين اللامائية | $K_2HPO_4$ |
| 7 | كبريتات المغنيسيوم | $MgSO_4.7H_2O$ |
| 8 | يوريا | $CN_2H_4O$ |



المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

**2. المراحل والظروف التشغيلية (Operational Stages)**

تم تشغيل المرشحات الحيوية الاختبارية الأربعة في آن واحد. ثلاثة منها تعمل بنظام تدوير والرابع مرشح مقارنة (Reference trickling filter) ، ولغرض تحقيق أهداف البحث ودراسة النظام المقترح فقد تم تقسيم عمل الوحدات الاختبارية إلى تسع مراحل تشغيلية، وتم في كل ثلاث مراحل متسلسلة تثبيت الحمل العضوي والمغذيات الداخلة للمحطة الاختبارية وتغيرها في المراحل الثلاثة المتسلسلة اللاحقة وهكذا حتى نهاية المرحلة التاسعة والاخيرة. كما تم تثبيت التصريف الداخل للمحطة الاختبارية وللمراحل التشغيلية جميعها، أما بالنسبة للمواد الصلبة العالقة فقد تم تغييرها في كل مرحلة وكما هو موضح في الجدول (2)، وتم استخدام طين الكاؤلين كمادة صلبة عالقة داخلة للمنظومة لغرض دراسة وتحقيق أهداف البحث. إذ لم يتم الانتقال من مرحلة تشغيلية إلى أخرى إلا بعد استقرار المعالجة البيولوجية، وقد تم الاستدلال على حالة الاستقرار من خلال ثبوت كفاءة المعالجة (Metcalf and Eddy, 2003).

**جدول (2) المراحل التشغيلية للمحطة الاختبارية**

| المرشحات الحيوية الاختبارية | نسبة التدوير (%) | التصريف ($م^3$/يوم) | الحمل العضوي (كغم/ $م^3$. يوم) | حمل المواد النيتروجينية (كغم/$م^3$.يوم) | حمل الفسفور (كغم/$م^3$.يوم) | حمل المواد الصلبة العالقة (كغم/$م^3$.يوم) | تركيز المادة الصلبة العالقة (ملغم/لتر) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **المرحلة الأولى** | | | | | | | |
| المرشح الأول | 100 | 0.09 | 1.5 | 47.12 | 9.42 | 0.15 | 58.3 |
| المرشح الثاني | 200 | | | | | | |
| المرشح الثالث | 300 | | | | | | |
| المرشح الرابع | 0 | | | | | | |
| **المرحلة الثانية** | | | | | | | |
| المرشح الأول | 100 | 0.09 | 1.5 | 47.12 | 9.42 | 0.25 | 97.2 |
| المرشح الثاني | 200 | | | | | | |
| المرشح الثالث | 300 | | | | | | |
| المرشح الرابع | 0 | | | | | | |
| **المرحلة الثالثة** | | | | | | | |
| المرشح الأول | 100 | 0.09 | 1.5 | 47.12 | 9.42 | 0.35 | 136.1 |
| المرشح الثاني | 200 | | | | | | |
| المرشح الثالث | 300 | | | | | | |
| المرشح الرابع | 0 | | | | | | |
| **المرحلة الرابعة** | | | | | | | |
| المرشح الأول | 100 | 0.09 | 2.1 | 65.96 | 13.18 | 0.15 | 58.3 |
| المرشح الثاني | 200 | | | | | | |
| المرشح الثالث | 300 | | | | | | |
| المرشح الرابع | 0 | | | | | | |
| **المرحلة الخامسة** | | | | | | | |
| المرشح الأول | 100 | 0.09 | 2.1 | 65.96 | 13.18 | 0.25 | 97.2 |
| المرشح الثاني | 200 | | | | | | |
| المرشح الثالث | 300 | | | | | | |
| المرشح الرابع | 0 | | | | | | |
| **المرحلة السادسة** | | | | | | | |
| المرشح الأول | 100 | 0.09 | 2.1 | 65.96 | 13.18 | 0.35 | 136.1 |
| المرشح الثاني | 200 | | | | | | |
| المرشح الثالث | 300 | | | | | | |
| المرشح الرابع | 0 | | | | | | |
| **المرحلة السابعة** | | | | | | | |
| المرشح الأول | 100 | 0.09 | 2.7 | 84.8 | 16.96 | 0.15 | 58.3 |
| المرشح الثاني | 200 | | | | | | |
| المرشح الثالث | 300 | | | | | | |



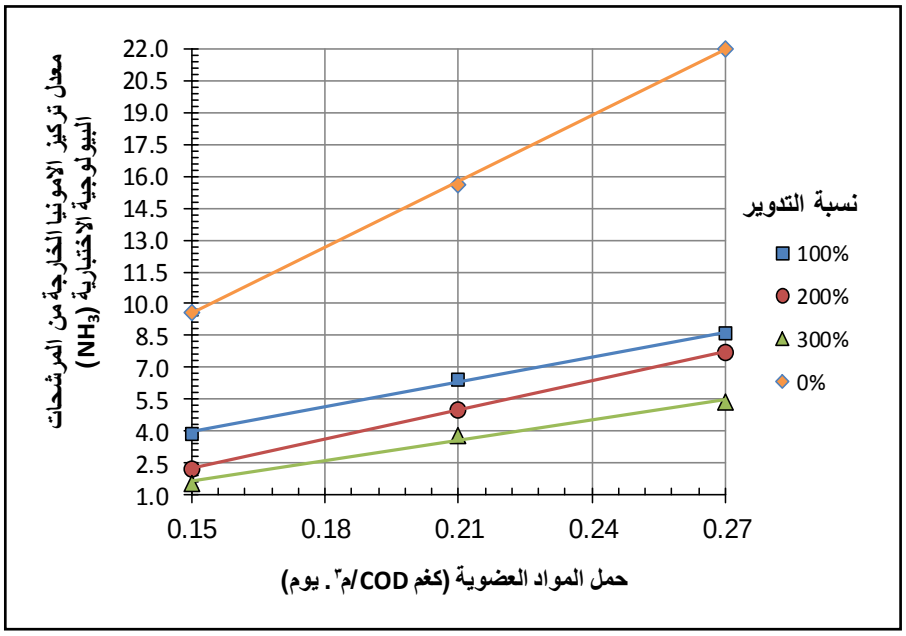
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 0 | المرشح الرابع |
| المرحلة الثامنة | | | | | | | |
| 97.2 | 0.25 | 16.96 | 84.8 | 2.7 | 0.09 | 100 | المرشح الأول |
| | | | | | | 200 | المرشح الثاني |
| | | | | | | 300 | المرشح الثالث |
| | | | | | | 0 | المرشح الرابع |
| المرحلة التاسعة | | | | | | | |
| 136.1 | 0.35 | 16.96 | 84.8 | 2.7 | 0.09 | 100 | المرشح الأول |
| | | | | | | 200 | المرشح الثاني |
| | | | | | | 300 | المرشح الثالث |
| | | | | | | 0 | المرشح الرابع |

## النتائج والمناقشة

### تأثير تغير الحمل العضوي ونسب التدوير في تركيز المواد العضوية الذائبة الخارجة

يمثل الشكل (3) تأثير تغير حمل المواد العضوية في معدل تركيز المواد العضوية الذائبة الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية عند نسب تدوير مختلفة. وكما يلاحظ من الشكل (3) فان هناك علاقة طردية بين الحمل العضوي المسلط على المنظومة بوحدة (كغم COD/م$^3$.يوم) ومعدل تركيز المواد العضوية الذائبة الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية، وعلاقة عكسية بين نسبة التدوير ومعدل تركيز المواد العضوية الذائبة الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية. حيث أنه عند تسليط احمال عضوية مختلفة على المنظومة فإن معدل تركيز المواد العضوية الذائبة الخارجة من المرشح الحيوي الاختباري ذي نسبة التدوير الأعلى (300%) يكون أقل من معدل تركيز المواد العضوية الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية ذوات نسب التدوير (200%)، (100%) و(0%) وللمراحل التشغيلية جميعها، كذلك عند تسليط الحمل العضوي (2.1 كغم/م$^3$. يوم) فإن معدل تركيز المادة العضوية الذائبة الخارجة من المرشح الحيوي الاختباري ذي نسبة التدوير (300%) يساوي (94.3) ملغم/ لتر في حين كان معدل التركيز للمرشحات الحيوية ذات نسب التدوير (200%)، (100%) و (0%) هو (97)، ( 101.9) و (115.4) ملغم/ لتر وعلى التوالي. ويعود السبب في ذلك الى أن عملية التدوير تعمل على توزيع الحمل العضوي الداخل للمنظومة بشكل متساو على طبقة الاحياء المجهرية مما يسهل عملية اقتناص البكتريا للغذاء مقارنة بعدم وجود عملية التدوير، فضلا عن ذلك تساعد عملية التدوير على إحداث تحسين لخصائص مياه الفضلات الداخلة للمنظومة وتزيد فرصة تماس المادة الغذائية مع الأحياء المجهرية من خلال تدوير المياه وإدخالها مرات عدة الى المرشح، كما أنه بزيادة نسبة التدوير تزداد فرصة انتقال الاوكسجين المذاب الى داخل طبقة الأحياء المجهرية وهذا ما يزيد من فعالية الاحياء المجهرية الهوائية الموجودة، ويتفق هذا التفسير مع ما أورده الباحثون




**شكل (3) تأثير تغير حمل المواد العضوية في معدل تركيز المواد العضوية الذائبة الخارجةمن المرشحات الحيوية الاختبارية عند نسبة تدوير مختلفة للمراحل التشغيلية التسعة**

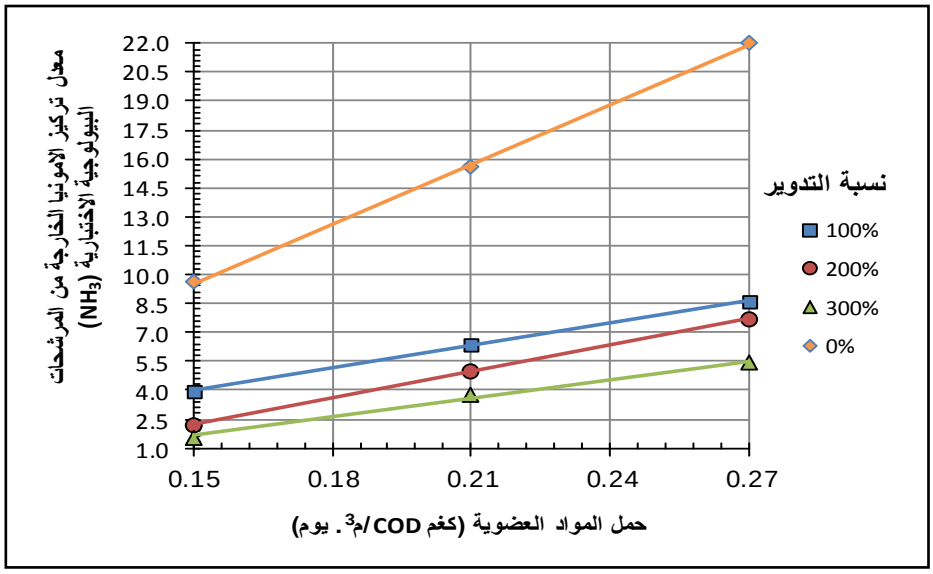


المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

(Pal et al; 2010) و(Logan and Wagenseller, 2000) (Khan,etal; 2005)
إذ أثبتت نتائج بحوثهم زيادة كفاءة المرشحات الحيوية بوجود عملية التدوير، ويلاحظ كذلك من المنحني أن زيادة الحمل العضوي الى (2.7 كغم/م$^3$. يوم) يزيد من تركيز المواد العضوية الذائبة الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية ذات نسب التدوير (300%)، (200%)، (100%) و(0%) الى حدود (135.3)، (154.3)، (169.6) و(188.6) ملغم/لتر وعلى التوالي، وذلك نتيجة لتراكم المواد العضوية غير المتحللة بسبب زيادة الحمل العضوي الذي له أثر سلبي على عملية ازالة المواد العضوية إذ يقلل بذلك انتقال الغذاء الى داخل طبقة الاحياء المجهرية، ويتفق هذا التفسير مع ما أورده الباحث (Akker et al; 2011).

**تأثير تغير حمل المواد العضوية ونسب التدوير في تركيز الامونيا في الماء الخارج**

يمثل الشكل (4) تأثير زيادة حمل المواد العضوية في معدل تركيز الامونيا الخارجة من المرشحات البيولوجية الاختبارية للمراحل التشغيلية التسعة. وكما يلحظ من الشكل وجود علاقة بين الحمل العضوي المسلط على المنظومة ومعدل تركيز الامونيا الخارجة، إذ بزيادة الحمل العضوي المسلط على المنظومة يزداد معدل تركيز الامونيا، فعند تسليط حمل عضوي مقداره (0.15 كغم/م$^3$. يوم) يكون معدل تركيز الامونيا بالنسبة للمرشحات البيولوجية الاختبارية ذوات نسب التدوير (0%, 100%, 200%, 300%) يساوي (1.5, 2.2, 3.9, 9.6) ملغم/ لتر وعلى التوالي، أما عند زيادة الحمل العضوي الى مقدار (0.21 كغم/م$^3$. يوم) فإن تركيز الامونيا في المرشحات البيولوجية ذوات نسب التدوير (0%, 100%, 200%, 300%) سيكون (5.4, 7.7, 8.6, 22) ملغم/ لتر وعلى التوالي. وتتفق هذه النتائج مع ما ذكره الباحثون (Khan, et al, 2005) (Akker, 2008). ويعود السبب في ذلك الى أن زيادة الحمل العضوي المسلط على المنظومة يعمل على زيادة سمك طبقة الأحياء المجهرية المتولدة التي تقوم بعملية هضم المواد العضوية وازالتها وتستمر بعملها الى أن تصبح هذه الطبقة مترفة ومشبعة بالغذاء ويتزامن هذا مع تولد بكتريا النترجة مما يخلق جو منافسة على الاوكسجين بين الأحياء المجهرية المتولدة (بكتريا ازالة المواد العضوية وبكتريا النترجة) ويؤدي هذا الى خلل في النظام مما يقلل من عملية ازالة المواد النيتروجينية بسبب تغير خصائص طبقة الأحياء المجهرية المتولدة داخل المنظومة. ويتفق هذا التفسير مع ما جاء به الباحثون (Akker et al, 2008)، (Bounds et al, 2010)، (Mofokeng, et al; 2009) (Parker, 1986) و (Sadrnejad, 2011).




**شكل (4) تأثير تغير حمل المواد العضوية في معدل تركيز الامونيا الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية عند نسبة تدوير مختلفة للمراحل التشغيلية التسعة**

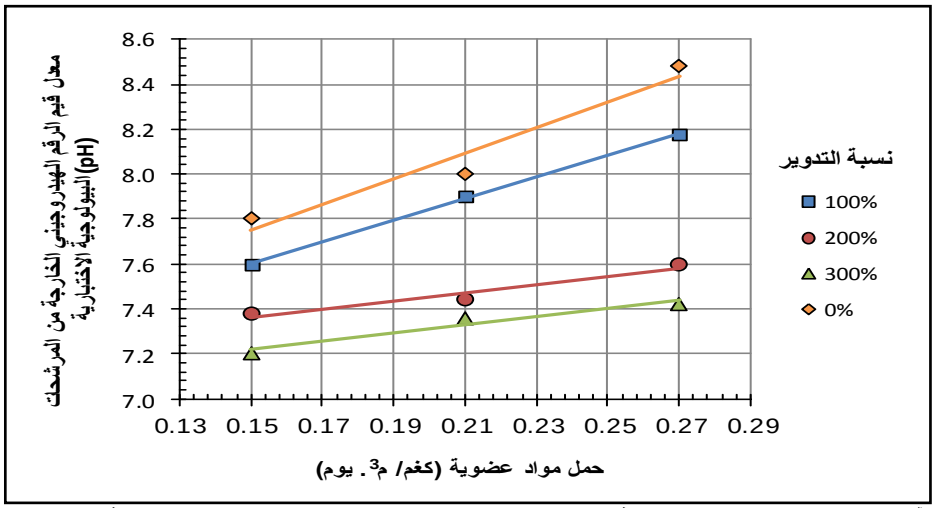
**تغير حمل المواد العضوية ونسب التدوير معدل قيمة الرقم الهيدروجيني (pH)**

يمثل الشكل (5)، تأثير تغير الأحمال العضوية في معدل قيم الرقم الهيدروجيني (pH) الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية عند نسبة تدوير مختلفة. يتبين من الشكل أن معدل قيم الرقم الهيدروجيني للمياه الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية تقل بوجود عملية التدوير مقارنة بعدم وجود هذه العملية وتقل أيضا مع زيادة نسبة التدوير، إذ يلحظ أن معدل قيمة الرقم الهيدروجيني في الماء الخارج من المرشح الحيوي ذي نسبة التدوير (300%) يكون أقل من معدل قيمة الرقم الهيدروجيني الخارج من المرشحات البيولوجية ذوات نسب التدوير (200%) و (100%)، فعند احمال مواد عضوية يساوي (0.15 كغم/ م$^3$. يوم) فإن معدل قيمة الرقم الهيدروجيني للخارج من المرشح البيولوجي ذي نسبة التدوير (300%) يساوي (7.2) بينما يكون المعدل للمرشحين البيولوجيين ذوات نسب التدوير (200%) و (100%) (7.38) و (7.6) على التوالي، في حين تكون القيمة في للمرشح البيولوجي الذي يعمل دون تدوير (7.8)، أما عند زيادة الاحمال المسلطة على



المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المنظومة الى (0.27 كغم/ م$^3$. يوم) للمواد العضوية فنلحظ ارتفاع قيم معدل الرقم الهيدروجيني للخارج من المرشحات ذوات نسب التدوير(300%)، (200%) و (100%) الى حد يساوي (7.42)، (7.6) و (8.18) على التوالي.

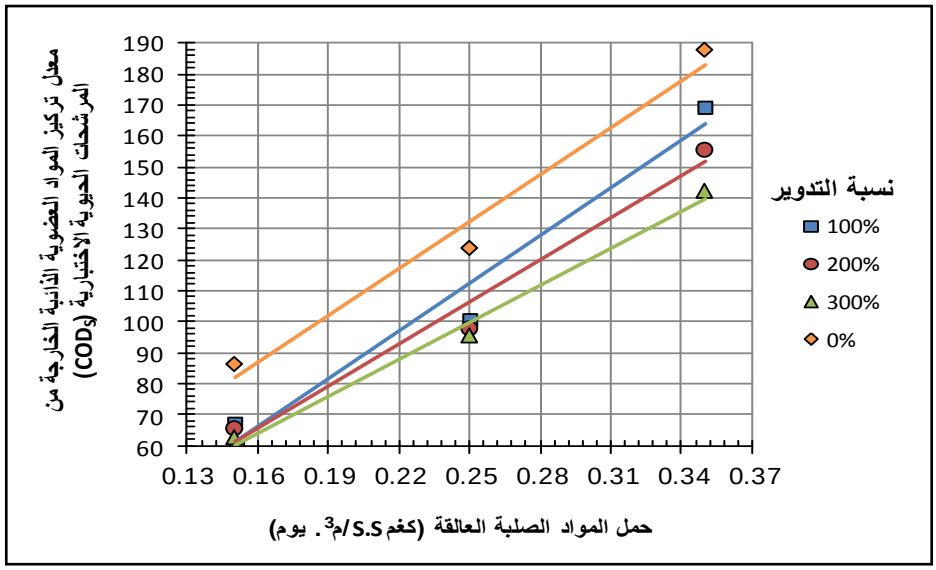



**شكل (5) تأثير تغير حمل المواد العضوية في معدل قيم الرقم الهيدروجيني (pH) عند نسبة تدوير مختلفة للمراحل التشغيلية التسعة**

ويعود السبب في انخفاض معدل قيم الرقم الهيدروجيني الخارج من المرشحات الحيوية مع انخفاض الاحمال المسلطة الى زيادة كفاءة الازالة التي ترافق انخفاض الحمل مما يقلل بالتالي من تولد غاز ثاني أوكسيد الكربون ($CO_2$) الناتج عن عملية الأكسدة والذي سيؤدي ذوبانه إلى زيادة سعة القاعدية (buffering capacity) بفعل تولد أيونات البيكربونات التي تعمل على معادلة قيم (pH) باتجاه حد مقداره (8.2) قاعدية البيكربونات سواء أكانت طبيعة المياه الداخلة حامضية أم قاعدية (Bitton, 2005)، وتتفق هذه النتائج مع ما أورده الباحثون (Khan, et al, 2005) Logan and Wagenseller, ) (2000.

**تأثير تغير حمل المواد الصلبة العالقة في تركيز المواد العضوية في الماء الخارج عند نسب تدوير مختلفة**

يمثل الشكل (6) العلاقة بين حمل المواد الصلبة العالقة بوحدة (كغم S.S/ م$^3$. يوم) ومعدل تركيز المواد العضوية الذائبة. من معاينة الشكل يتبين أنه بزيادة حمل المواد الصلبة العالقة يزداد معدل تركيز المواد العضوية الذائبة الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية الأربعة، كما يلحظ أن المرشح الحيوي الذي يعمل ( 100%, 200%, 300%)، وأن المرشح الحيوي ذي نسبة التدوير (300%) له أقل معدل تركيز مقارنة مع المرشحات الحيوية الاختبارية ذوات نسب التدوير ( 100%, 200%). دون تدوير له أعلى معدل تركيز مقارنة بباقي المرشحات الحيوية الاختبارية الثلاثة ذوات نسب التدوير




**شكل (6): العلاقة بين حمل المواد الصلبة العالقة المسلطة على المرشحات الحيوية الاختبارية ومعدل تركيز المواد العضوية الذائبة ($COD_s$) للمراحل التشغيلية التسعة**

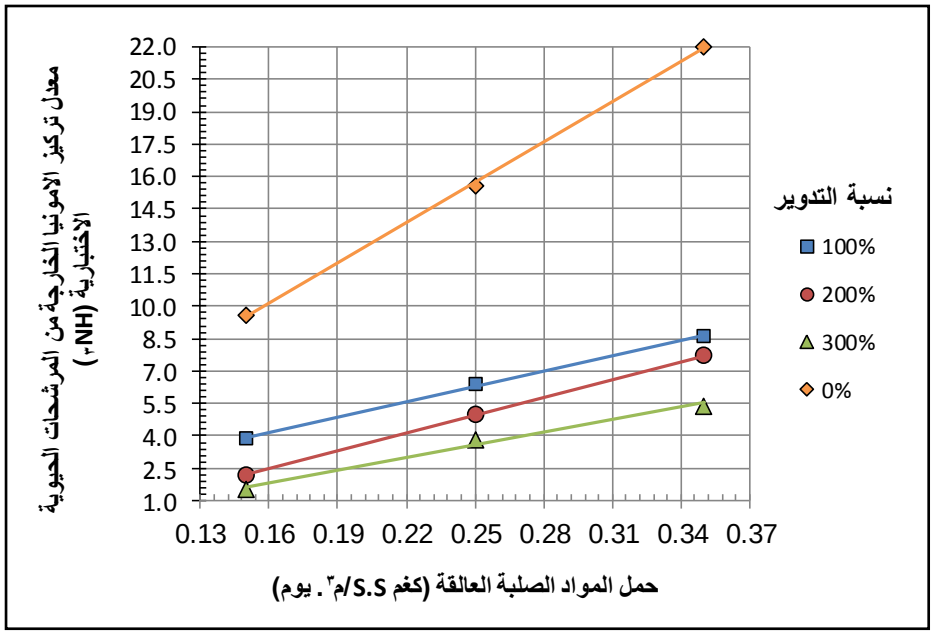


المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

وكما يلحظ من الشكل فعند تسليط حمل مواد صلبة عالقة مقداره (0.15 كغم .S.S/ م$^3$. يوم) فإن معدل تركيز المواد العضوية الذائبة الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية ذوات نسب التدوير (100%, 200%, 300%) سيساوي (62.4, 65.3, 67.1) ملغم/ لتر وعلى التوالي، ويساوي للمرشح الحيوي الاختباري الذي يعمل دون تدوير ما مقداره (86.5) ملغم/ لتر، أما عند زيادة حمل المواد الصلبة العالقة لمقدار (0.35 كغم .S.S/ م$^3$. يوم) فإن معدل تركيز المواد العضوية سيساوي (142, 155.8, 169.6) ملغم/ لتر و (187.6) ملغم/ لتر وللمرشحات الحيوية أعلاه وعلى التوالي، ويعود السبب في ذلك الى تأثير الكبح الذي تسببه المواد الصلبة العالقة في المنظومة من خلال غلق المسامات السطحية لطبقة الأحياء المجهرية مما يحدث نوعاً من الغشاء العازل بين الماء الحاوي على الغذاء وطبقة الاحياء ويعيق بالتالي انتقال الغذاء والاوكسجين خلال السطح البيني، ويتفق هذا التفسير مع ما ذكره الباحث (Sarner; 1981).

1. **تأثير تغير حمل المواد الصلبة العالقة في تركيز الامونيا في الماء الخارج عند نسب تدوير مختلفة**

يمثل الشكل (7) العلاقة بين حمل المواد الصلبة العالقة بوحدة (كغم S.S/ م$^3$. يوم) ومعدل تركيز الامونيا الخارجة وللمراحل التشغيلية التسعة. وكما يلاحظ من الشكل فان معدل تركيز الامونيا الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية الاربعة يزداد بزيادة حمل المواد الصلبة العالقة، ويعود السبب في ذلك الى التأثير السلبي الذي تسببه المواد العالقة على بكتريا النترجة من خلال امتزاج طبقة الاحياء المجهرية مع المواد الصلبة العالقة بسبب جذب المواد الصلبة العالقة لبكتريا النترجة فتصبح بذلك طبقة متمردة وغير محبة لإتمام عملها بصورة كاملة (Akker et al, 2008).



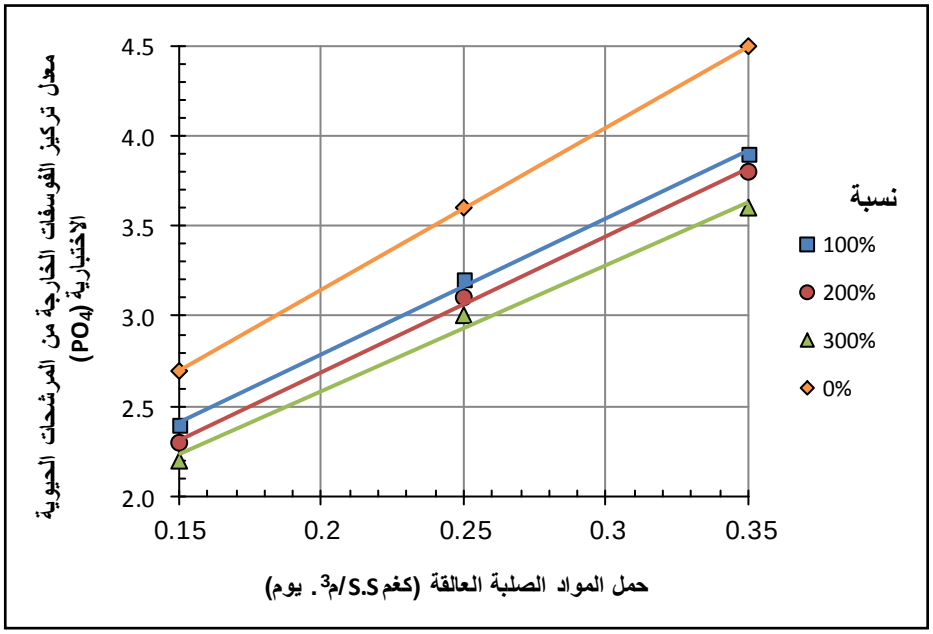

**شكل (7) العلاقة بين حمل المواد الصلبة العالقة المسلطة على المرشحات الحيوية الاختبارية ومعدل تركيز الامونيا ($NH_3$) للمراحل التشغيلية التسعة**

**تأثير تغير حمل المواد الصلبة العالقة في تركيز الفوسفات في الماء الخارج عند نسب تدوير مختلفة**

يمثل الشكل (8) العلاقة بين حمل المواد الصلبة العالقة ومعدل تركيز الفوسفات الخارجة وللمراحل التشغيلية التسعة. وكما يلحظ من الشكل أن معدل تركيز الفوسفات يزداد بزيادة حمل المواد الصلبة العالقة وللمرشحات الحيوية الأربعة جميعها، فعند تسليط حمل مواد صلبة عالقة مقداره (0.15 كغم .S.S/ م$^3$. يوم) فإن معدل تركيز الفوسفات في الماء الخارج من المرشحات الحيوية ذوات نسب التدوير (100%, 200%, 300%) (2.4, 2.3, 2.2) ملغم/ لتر وعلى التوالي، وفي المرشح الحيوي الذي يعمل دون تدوير (2.7) ملغم/ لتر، أما عند زيادة حمل المواد الصلبة العالقة لمقدار (0.25 كغم .S.S/ م$^3$. يوم) فإن معدل تركيز الفوسفات الخارجة من المرشحات الحيوية يزداد الى حدود (3.2, 3.1, 3) و (3.6) ملغم/ لتر على التوالي، ويعود السبب في زيادة تركيز الفوسفات مع زيادة حمل المواد الصلبة المسلطة الى قابلية المواد الصلبة العالقة على امتزاز الفسفور الموجود في الماء مما يقلل بالتالي من فرصة هذه المركبات للامتصاص الى داخل طبقة الاحياء المجهرية، كذلك وفي الوقت نفسه ستؤدي هذه الظاهرة الى تقليل فترة التماس ما بين مركبات الفسفور وطبقة الأحياء نتيجة انجراف المواد الصلبة العالقة مع ما تحتويه من مركبات فسفور مع تيار الماء المتدفق على طبقة الاحياء المجهرية في المرشح وهذا يؤدي الى تزايد معدل تركيز الفوسفات في الماء الخارج من المرشحات الحيوية مع زيادة حمل المواد الصلبة العالقة، (Sarner; 1981) (Logan and Wagenseller, 2000) (Tsanis et al; 1998).



المنارة للاستشارات
www.manaraa.com




**شكل (8) العلاقة بين حمل المواد الصلبة العالقة المسلطة على المرشحات الحيوية الاختبارية ومعدل تركيز الفوسفات ($PO_4$) للمراحل التشغيلية التسعة**

**الاستنتاجات**

1. استخدام عملية التدوير بنسب (100%، 200%، 300%) ادى الى زيادة كفاءة ازالة المرشحات البيولوجية الاختبارية الاول والثاني والثالث وعلى التوالي ولكل من المواد العضوية والنيتروجينية والفوسفات، حيث بلغت نسبة ازالة المواد العضوية (84%, 85.3%, 86.6%) والامونيا (89.8%, 90.9%, 93.6%) والفوسفات (78.3%, 76.8%, 77%) وللمرشحات الثلاثة وعلى التوالي في حين كانت الازالة في المرشح الرابع الذي يعمل بدون تدوير ما مقداره (82.3%)، (74%) و(73%) ولكل من المواد العضوية والنيتروجينية والفوسفات وعلى التوالي ولنفس الاحمال.
2. انخفاض كفاءة ازالة المرشحات البيولوجية الاختبارية الاول والثاني والثالث ولكل من المواد العضوية والنيتروجينية والفوسفات بزيادة حمل المواد الصلبة العالقة، حيث بلغت كفاءة ازالة المواد العضوية (82.5%، 84.1%، 85%) والامونيا (88%، 89.3%، 91.2%) والفوسفات (75.3%، 76.1%، 77.2%) وللمرشحات الثلاثة وعلى التوالي في حين كانت كفاءة الازالة في المرشح الرابع الذي يعمل بدون تدوير ما مقداره (81.5%)، (73.3%) و(72.2%) ولكل من المواد العضوية والنيتروجينية والفوسفات وعلى التوالي ولنفس الاحمال.
3. تنخفض كفاءة إزالة المواد العضوية والامونيا والفوسفات بزيادة حمل المواد العضوية والنيتروجينية والفسفور وللمرشحات الحيوية جميعها التي تعمل دون تدوير أو بنسب تدوير مختلفة.
4. أدى زيادة حمل المواد الصلبة العالقة الى انخفاض كفاءة ازالة المواد العضوية والنيتروجينية والفسفور وللمرشحات الحيوية الاربعة.

**المصادر**

Akker B. V. D.; Holmes M.; Pearce P.; Cromar N. J. & Field H. J. F. (2011), "Structure of nitrifying biofilms in a high-rate trickling filter" *Journal of water Research*, Vol. 45, pp. 3489-3498 .

Al-Ahmady Kossay K. and Al-Rahmani Nadeia A.; (2011) "Comparison Efficiency for Using the One and Two Stages Anaerobic Biological Filters in Treating Domestic Greywater, Al-Rafidain Engineering Journal, Vol. 19, No. 5.

Bitton G. (2005), "Wastewater microbiology" *Third Edition, University of Florida*, Ch. 8 .



المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

Bounds J.; Ye J.; Kulick F. M. and Boltz J. P. (2010), "Nitrifying trickling filter provides reliable, low-energy, and cost-effective tertiary municipal wastewater treatment of a lagoon effluent" *Water Environment Federation*, email*: jianchang.ye@brentw.com* .

Brown and Caldwell (1979), "Fixed growth reactions, west point pilot plant study, volume III." *Rep. prepared for the Municipality of Metropolitan Seattle*, Walnut Creek, Calif. .

Hammer, M. J.; Wiley J. & Sons (1986), "Water and wastewater technology" *New York*, pp. 536 .

Karrufa S. N. (1985), "A study of some variables effect on the biological fluidized bed treatment of wastewater" *Thesis Master of Science In Civil Engineering (Environment), Mosul University* .

Khan A. R.; Min K. S.; Mumtaz & Marwat G. A. (2005), "Effluent recirculation in slag media trickling filter for enhanced organic and nitrogen removal" *Journal chemistry Soc. Pak*, Vol. 27, No. 4 .

Logan B. E.; Wagenseller G. A. (2000), "Molecular size distribution of dissolved organic matter in wastewater transformed by treatment in a full-scale trickling filter" *Water Environment Research*, Vol. 72, No. 3 .

Magallón L. M. P. (2008), "Trickling filter efficiency in BOD removal" email*: lperez@dtdep.com* .

Maheesan P. M.; Srinikethan G.; Harikumar, P. S., (2011), "Performance evaluation of integrated treatment plant of trickling filter and construct wetland" *The international Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*, Vol. 3, No.1, pp. 305-307.

McGhee T. J. & Steel E. W., (1991) "Water supply & Sewerage" 6th edition, *McGraw Hill, publishing company, New York* .

Metcalf and eddy, Inc., (2003), "Wastewater engineering treatment/disposal/reuse" *fourth edition, McGraw-Hill, inc, New York*, Ch. 7 .

Morton A. E. l. T.; Auvermann B. ph. D., (2001), "Comparison of plastic trickling filter media for the treatment of swine lagoon effluent" *An ASAE Meeting Presentation*, paper No.: 01-2286, July 30-August 1 .

Mofokeng T. Muller A. Wentzel M. Ekama G. (2009) "Full-scale trials of external nitrification on plastic media nitrifying trickling filter" *Water Research Group, Department of Civil Engineering, University of Cape Town, Private Bag X3, Rondebosch 7701, South Africa.*

Pal S.; Sarkar U.; Dasgupta D., (2010), "Dynamic simulation of secondary treatment processes using trickling filters in a sewage treatment works in Howrah, West Bengal, India" *Desalination*, Vol. 253, P. 135-140 .

Parker D. S. (1986), "Nitrification in trickling filters" *Journal of water pollution control federation*, Vol. 58, No. 9 .

Sadrnejad S. A., (2011), "Nitrification processes in Tehran wastewater treatment plant" International Scholarly Research Network ISRN Mechanical Engineering, Vol. 20, Article ID 545794, 9 pages.

Sarner E., (1981) "Removal of dissolved and particulate organic matter in high-rate trickling filters" *Journal of water research*, Vo. 15, pp. 671-678 .

Tsanis I. K.; Prescott K. L. & Shen H., (1998), "Modelling of phosphorus and suspended solids in Cootes Paradise marsh" *Elsevier Science*, Vol. 114, pp. 1-17 .

Vanrolleghem P. A.; Nopens I. and Capalozza C., (2001), "Stability analysis of a synthetic municipal wastewater" *Department Of Applied Mathematics, Biometrics and Process Control, Technical report*, pp. 1-22.

تم اجراء البحث في كلية ألهندسة = جامعة ألموصل



www.manaraa.com