المستخلص

تعد العمليات المدمجة لمعالجة المياه العادمة أفضل خيار لإعادة استخدام المياه بشكل مستدام وغير مقيد. في هذا الدراسة، تم دمج مفاعل الحوامل الحيوية المتحركة، المفاعل الحيوي الغشائي و التقطير الغشائي ذي التلامس المباشر على التوالي بنجاح للحصول على المزايا المشتركة لهذه العمليات لمعالجة مياه الصرف الصناعي. تعمل خطوة مفاعل الحوامل الحيوية كخطوة أولى في المعالجة البيولوجية وتقلل أيضًا من إتساخ أسطح الأغشية الحيوية. بالمثل، يعمل المفاعل الحيوي الغشائي كخطوة ثانية في المعالجة البيولوجية وتعتبر معالجة أولية لأغشية التقطير. كما يعمل التقطير الغشائي ذي التلامس المباشر كمعالجة نهائية لإنتاج مياه عالية الجودة.

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم أداء النظام المدمج من المفاعل الحيوي الغشائي و الحوامل الحيوية كخطوة معالجة سابقة لنظام التقطير الغشائي، ولتحسين التصميم وعوامل التشغيل للوحدة الهجينة من أجل التحكم في تلوث الأغشية، ومقارنة النظام الهجين المقترح مع الأنظمة الموجودة بمحطة الصرف الصناعي بجدة. تم إجراء ثلاثة من التجارب على وحدة اختبار معملية مدمجة من مفاعل الحوامل الحيوية المتحركة، المفاعل الحيوي الغشائي و التقطير الغشائي ذي التلامس المباشر لتقييم كفاءة معالجة مياه الصرف الصناعي المعالجة أولياً وكذلك المعالجة ثانوياً من حيث تدفق المياه المنتجة وجودتها بالإضافة إلى تقييم اتساخ أسطح الأغشية.

أظهرت النتائج كفاءة إزالة المواد الصلبة الذائبة وكفاءة معدل تدفق المياه المنتجة للوحدة المكونة من ثلاث خطوات (مفاعل الحوامل الحيوية المتحركة / المفاعل الحيوي الغشائي / التقطير الغشائي ذي التلامس المباشر) أفضل من الوحدة المكونة من خطوتين (المفاعل الحيوي الغشائي / التقطير الغشائي ذي التلامس المباشر). أيضًا، في العملية المكونة من ثلاث خطوات وجد أن معدل كفاءة إزالة المواد الصلبة الذائبة هو ٩٩,٨٥ % عند معالجة مياه الصرف الصناعي المعالجة ثانوياً و٩٨,١٦٪ عند معالجة مياه الصرف الصناعي المعالجة أولياً. بينما في العملية المكونة من خطوتين وجد أن معدل كفاءة إزالة المواد الصلبة الذائبة ٩٣,٨٣ % عند معالجة مياه الصرف الصناعي المعالجة ثانوياً. بإتجاهات مماثلة لوحظت نتائج معدل تدفق المياه المنتجة، في حالة الوحدة المكونة من ثلاث خطوات كانت أعلى بنسبة ٦٢,٢٪ من الوحدة المكونة من خطوتين عند معالجة مياه الصرف الصناعي المعالجة ثانوياً لكلا الوحدتين.

علاوةً على ذلك، فإن مقارنة جودة المياه المنتجة للوحدة المعملية مع نتائج جودة المياه المنتجة لمحطة معالجة مياه الصرف الصناعي بجدة أثبتت الأداء العالي لعمليات الأغشية المقترحة.

الكلمات المفتاحية:(مياه الصرف الصناعي، مفاعل الحوامل الحيوية المتحركة، المفاعل الحيوي الغشائي، التقطير الغشائي، العمليات الهجينة)

تطوير وتحسين عمليات هجينة من المفاعل الحيوي الغشائي وعمليات التقطير الغشائي لمعالجة وإعادة استخدام المياه العادمة

إعداد

ممدوح ساعد سعد الحارثي

رسالة مقدمة لاستكمال متطلبات الحصول على درجة الماجستير في العلوم

(الهندسة الميكانيكية / هندسة القوى الميكانيكية)

إشراف

د. هاني عبدالإله أبو الخير (مشرف رئيس)

د. عمر أحمد بامقاء (مشرف مشارك)

كلية الهندسة

جامعة الملك عبدالعزيز

المملكة العربية السعودية

١٤٤٤ هـ / ٢٠٢٣ م

DEVELOPMENT AND OPTIMIZATION OF A HYBRID MEMBRANE BIOREACTOR (M AND MEMBRANE DISTILLATION (M PROCESSES FOR WASTEWATER TREATMENT FOR REUSE

Mamdouh Saed Saad AL-Harthi

A thesis submitted for the requirements of the degree of
Master of Science
(Mechanical Engineering / Mechanical Power Engineering)

Supervised By
Dr. Hani Abdulelah Aboalkhair
Dr. Omar Ahmed Bamaga

FACULTY OF ENGINEERING
KING ABDULAZIZ UNIVERSITY
SAUDI ARABIA
1444H 2023G

Abstract

Integrated wastewater treatment processes are accepted as the best option for sustainable and unrestricted water reuse, which can be applied for onsite wastewater treatment. In this study, moving bed biofilm reactor (MBBR), membrane bioreactor (MBR), and direct contact membrane distillation (DCMD) treatment steps were integrated successively to obtain the combined advantages of these processes for industrial wastewater treatment. The MBBR step acts as the first step in the biological treatment and also mitigates foulant load on the MBR. Similarly, MBR acts as the second step in the biological treatment and serves as a pre-treatment prior to the DCMD step. The latter acts as final treatment for the production of high-quality water. A laboratory scale integrated MBBR/MBR/DCMD experimental system was used for assessing the treatment efficiency of primary treated industrial wastewater (PTIWW) and secondary treated industrial wastewater (STIWW) in terms of permeate water flux, effluent quality, and membrane fouling. The removal efficiency of TDS and effluent permeate flux of the three-step process (MBBR/MBR/DCMD) were better than the two-step (MBR/DCMD) process. In the three-step process, the average removal efficiency of TDS was 99.85% and 98.16% when treating STIWW and PTIWW, respectively. While in the case of the two-step process, the average removal efficiency of TDS was 93.83% when treating STIWW. Similar trends were observed for effluent permeate flux values which were found, in the case of the three-step process, 62.6% higher than the two-step process, when treating STIWW in both cases. Moreover, the comparison of the quality of the effluents obtained with the analysed configurations with that obtained by Jeddah Industrial Wastewater Treatment Plant proved the higher performance of the proposed membrane processes.

Key words: (Industrial wastewater; Moving bed biofilm reactor; Membrane bioreactor; Membrane distillation; Hybrid process)