

تقييم أداء نظام القنوات الدائرية المتمركزة (Orbal) في إزالة المغذيات من مياه الفضلات المنزلية

مؤمن وجيه فاضل التكا **

moamen.altak@gmail.com

قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة الموصل، **، *

عمار ثامر حمد الطائي *

amthaha@yahoo.com

تاريخ القبول: 2019-10-30

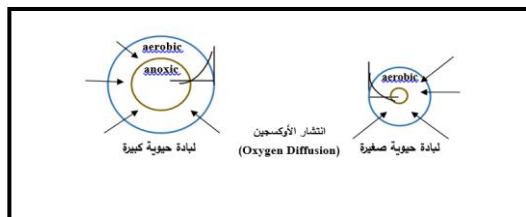
تاريخ الاستلام: 2019-10-18

المخلص

أجري في هذه الدراسة تصميم وإنشاء وتشغيل محطة معالجة تجريبية (Pilot Plant) تعمل بنظام القنوات الدائرية المتمركزة (Orbal) لغرض دراسة كفاءة النظام في إزالة المركبات الفسفورية والنيتروجينية، ودراسة تأثير تغير نسب التدوير الداخلية والخارجية على أدائها. تألفت المحطة التجريبية من ثلاث قنوات دائرية متمركزة: خارجية ووسطية وداخلية بسعة 24 و16.8 و8.7 m³ على التوالي، إضافة إلى حوض ترسيب ثانوي مزود بمنظومة لترجيع الحمأة إلى القناة الخارجية. كما تحتوي المحطة التجريبية على منظومة داخلية لترجيع مياه الفضلات من القناة الداخلية إلى القناة الوسطية و باستخدام نظام الدفق المستمر Continues Flow Mode لتجهيز المحطة التجريبية بمياه الفضلات المدنية الخارجية من مجمع شقق الخضراء السكني وبمعدل دفق مقداره 66.7 m³/d. زودت المحطة التجريبية بمنظومة تهوية سطحية محورة تتكون من مجموعتين من المجاذيف المتمركزة حول محورين أفقيين يعملان بقدرة كلية مقدارها 0.48 kW لتحقيق تراكيز الأوكسجين المذاب المطلوب تجهيزها في القنوات الخارجية والوسطية والداخلية والتي قدرت بـ 0.38 mg/L، 1.3 mg/L، و 2.4 mg/L على الترتيب. تم تشغيل المحطة التجريبية بقنواتها الثلاثة على مستويين من نسب الترجيع الخارجي 60% و 80% وثلاث مستويات من نسب التدوير الداخلي 100%، 150%، و 200%. سجلت المحطة التجريبية معدلات كفاءة إزالة للمغذيات: الفسفور بشكل الفوسفات الأحادية والنيتروجين بشكل أمونيا تراوحت بين: (88.5%-93.3%)، و(92.4%-93.5%) على التوالي مع تلبية دفق مياه الفضلات الخارجة للمعايير العراقية لتصريف مياه الفضلات إلى الأنهار لجميع المركبات الفسفورية والنيتروجينية. كما بينت الدراسة عدم وجود علاقة بين الكفاءة الكلية لإزالة الأمونيا ونسب التدوير الداخلي والخارجي المعتمدة في الدراسة في حين تأثرت تراكيز الفوسفات الأحادية الخارجة من المحطة التجريبية وبشكل معنوي بنسبتي التدوير الداخلي والخارجي معا. وقد تبنت الدراسة فرضية حصول عملية النترجة وعكس النترجة المتزامنة (SND) في القناة الخارجية بينما خضعت عملية إزالة الفسفور في المحطة التجريبية إلى آلية الإزالة البيولوجية المحسنة للفسفور (EBPR).

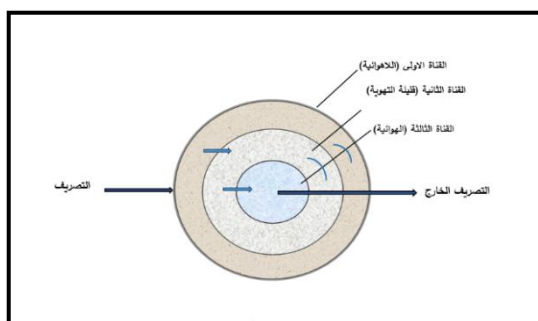
الكلمات المفتاحية:

Orbal; الإزالة البيولوجية للمغذيات; النترجة وعكس النترجة المتزامنة; الإزالة المحسنة للفسفور; تدوير داخلي; تدوير خارجي



الشكل (1) نسبة الحيز قليل التهوية الى الهوائي داخل اللبادة الحيوية بالإعتماد على حجم اللبادة

بعد نظام القنوات الدائرية المتمركزة (Orbal System) الموضح في الأشكال (2) و(3) واحد من تحويلات قنوات الأوكسدة التي تعمل بآلية النترجة وعكس النترجة المتزامنة SND، حيث يتألف النظام من قناتين الى ثلاثة قنوات دائرية أو بيضوية الشكل متحدة المركز. تعمل القنوات بشكل متتابع لتوفير تراكيز أوكسجين مذاب في القناة الأولى الخارجية (0.3-0.3 mg/L) و (1.5-0.5 mg/L) في القناة الثانية الوسطية، وتركيز أعلى للأوكسجين المذاب (3.0-2.0 mg/L) في القناة الثالثة الداخلية. تقوم القناة الخارجية بإستلام مياه الفضلات الداخلة والحماة المنشطة المرجعة من حوض الترسيب الثانوي والتي يشكل حجمها حوالي (1/2) الحجم الكلي للمفاعل، اما القناتين الوسطى والداخلية فيشكل كل واحد منهما حوالي (-1/6) (1/3) الحجم الكلي للمفاعل [10]. يستخدم النظام تقنية التهوية السطحية لتوفير متطلبات الأوكسجين المذاب والمزج في القنوات الثلاثة. يمتاز نظام القنوات الدائرية المتمركزة (Orbal) بالمرونة والكفاءة العالية في إزالة المادة العضوية والمغذيات والتي تتراوح بين (79% - 92%) و (85% - 90%) و (87% - 95%) لكل من الـ (COD)، الأمونيا (NH₃-N)، والفسفور (PO₄-P) على التوالي [11]، [12]، [13]، [14] مع الكلفة التشغيلية الواطئة نسبياً، وإمكانية توسيعه بسهولة لأستيعاب ظروف الحمل الهيدروليكي المستقبلية إما عن طريق إضافة مجموعة ميهويات سطحية إضافية الى القنوات الحالية، أو عن طريق إضافة قناة



إضافية الى القنوات الموجودة [15].

الشكل (2-a) مسقط رأسي لنظام القنوات الدائرية المتمركزة (Orbal)

1. المقدمة INTRODUCTION

بالرغم من أن هناك العديد من المخططات التشغيلية لأنظمة الحماة المنشطة التقليدية التي تستخدم أحواض هوائية منفصلة لعمليات النترجة وأخرى قليلة التهوية لعمليات عكس النترجة، إلا أنه لوحظ حدوث هاتين العمليتين بشكل مترام في حوض واحد دون الحاجة الى مناطق مخصصة لهما [1]. عندما يكون تركيز الأوكسجين المذاب (DO) منخفض نسبياً، فإن عملية النترجة سوف تحدث في الغلاف الخارجي للجسيمة الحيوية المتكتلة (Floc) بينما عملية عكس النترجة سوف تحدث في داخلها [2]، [3] وبشكل عام فإن حدوث عمليتي النترجة وعكس النترجة في نفس الوقت وفي مفاعل واحد بدون وجود مناطق (هوائية-قليلة التهوية) متميزة تشير الى عمليتي النترجة وعكس النترجة المتزامنتين (Simultaneous Nitrification and Denitrification (SND)). إن أنظمة المعالجة التي تعمل بنظام (SND) تمتلك عادةً وقت مكوث طويل للأحياء المجهريّة (SRT)، وملحقات التهوية التي تحقق الجريان غير المنتظم، مثل الميهويات الميكانيكية، وهناك طريقة تشغيل معينة لتحديد كمية الأوكسجين المذاب الداخل عليها [4].

في الوقت الحاضر قامت بعض محطات معالجة مياه الفضلات المصممة على وجود أحواض هوائية مع أحواض قليلة التهوية منفصلة بتغيير هذا الترتيب لتخفيض تركيز الأوكسجين المذاب ضمن الجزء الهوائي من النظام للوصول الى مستويات عالية من عملية النترجة وعكس النترجة المتزامنة [4]. إن التشغيل تحت تراكيز منخفضة للأوكسجين المذاب يؤدي الى توفير الطاقة اللازمة لتجهيز الأوكسجين والذي غالباً ما يكون العامل الرئيسي المؤثر على الكلفة في إنشاء وتشغيل محطات معالجة مياه الفضلات [5]. تتأثر عملية النترجة وعكس النترجة المتزامنة (SND) بعدة عوامل منها نسبة (COD/N) حيث أشارت الدراسات الى أن النسبة الضرورية لحدوث عملية النترجة وعكس النترجة المتزامنة تتراوح بين (3.5-7.0) [6]، [7]. كما سجلت الدراسات السابقة تأثيراً لتركيز الأوكسجين المذاب حيث توصل [2] و [8] الى أن عمليتي النترجة وعكس النترجة تسيران بمعدل متساوي عند تركيز أوكسجين مذاب ضمن المدى (0.5-0.8 mg/L). في حين أشار [2] الى أن عملية النترجة وعكس النترجة المتزامنة هي ظاهرة بايوفيزيائية تعتمد على حجم اللبادة الحيوية المتولدة والذي يحدد بدوره أنتشار الأوكسجين داخل اللبادة وبالتالي الحجم الذي ستشغله الكتلة الحيوية المسؤولة عن عملية عكس النترجة داخلها (الشكل (1)) وقد وجد [9] أن الحجم المثالي للبادة الحماة المنشطة اللازمة لحدوث عملية النترجة وعكس النترجة المتزامنة يتراوح بين (10-70 μm).

2. طرائق العمل MATERIALS AND METHODS

جرى تصميم المفاعلات التجريبية وفق المحددات والمعاملات والطرق المقترحة في [10]، تألفت المحطة التجريبية من ثلاث قنوات دائرية متركزة:

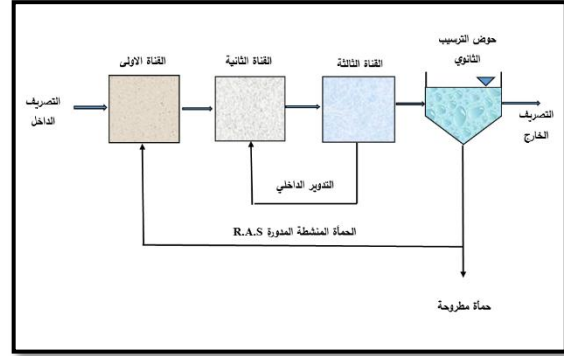


الشكل (4) منظومة الـ Orbal التجريبية

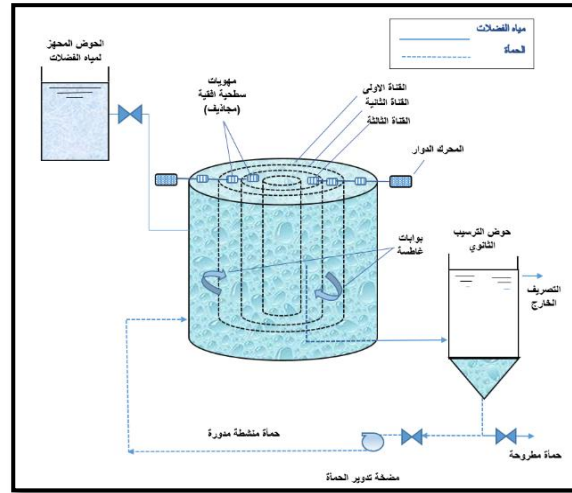
خارجية و وسطية وداخلية بسعة 24، 16.8، و 8.7m^3 على التوالي، إضافة إلى حوض ترسيب ثانوي مزود بمنظومة لترجيح الحمأة إلى القناة الخارجية. كما تحتوي المحطة التجريبية على منظومة داخلية لترجيح السائل الممزوج من القناة الداخلية إلى الوسطية. أستخدم نظام الدفق المستمر Continuous Flow Mode لتجهيز المحطة التجريبية بمياه الفضلات المدنية الخارجة من مجمع شقق الخضراء السكني وبمعدل دفق مقداره 66.7 m^3/d . زودت المحطة التجريبية بمنظومة تهوية سطحية محورة تتكون من مجموعتين من المجاذيف المتركزة حول محورين أفقيين يعملان بقدرة كلية مقدارها 0.48 Kw لتحقيق تراكيز الأوكسجين المطلوب تحقيقها في القنوات الخارجية والوسطية والداخلية والتي قدرت بـ 0.38، 1.3، و 2.4 mg/L على التوالي. تم تشغيل المحطة التجريبية بقنواتها الثلاثة على مستويين من نسبة الترجيع للقناة الخارجية 60% و 80% وثلاث مستويات من نسب التدوير للقناة الداخلية 100%، 150%، و 200%.

تم تشغيل المحطة التجريبية بواقع مرحلتين وكل مرحلة تتكون من ثلاث جولات تشغيلية وكما موضح في الجدول (1)، ولم يتم الانتقال من مرحلة تشغيلية إلى أخرى إلا بعد استقرار المعالجة البيولوجية، وتم الاستدلال على حالة الاستقرار من خلال ثبوت كل من كفاءة المعالجة وتركيز الأحياء المجهرية [6].

تم في هذا البحث إجراء العديد من الفحوصات المخبرية وبمعدل 6 أيام في الأسبوع لمدة عام كامل، وبالاعتماد على الطرائق القياسية المعتمدة في [16] كذلك اعتماد الطرائق القياسية المسجلة في العديد من البحوث والمراجع ذوات العلاقة.



الشكل (2-b) مخطط أنسيابي في نظام القنوات الدائرية المتركزة (Orbal)



شكل (3) مخطط توضيحي لنظام القنوات الدائرية المتركزة (Orbal)

لوحظ من استقراء الدراسات السابقة أن اهتمام معظم الباحثين قد تركز حول إزالة مركبات النيتروجين باستخدام نظام القنوات الدائرية المتركزة (Orbal) وإيجاد تركيز الأوكسجين الأمثل في القناة الخارجية للنظام لضمان حدوث عملية النترجة وعكس النترجة المتزامنة أو تقليل الكلف من ناحية التحكم بعدد أقراص المهورات السطحية، بينما لم نجد فهماً شاملاً لآلية النترجة وعكس النترجة المتزامنة التي تحدث في منظومة (Orbal) وكذلك لم يتم تسليط الضوء بشكل تفصيلي على تقييم كفاءة النظام في إزالة الفسفور وتأثير نسب التدوير الداخلية والخارجية على تلك الكفاءة.

تم في هذا البحث تصميم وإنشاء وتشغيل محطة معالجة تجريبية Pilot Plant تعمل بنظام القنوات الدائرية المتركزة (Orbal) لغرض دراسة كفاءة النظام في إزالة المركبات النيتروجينية والفسفورية، ودراسة تأثير تغاير نسب التدوير الداخلية والخارجية عليها.

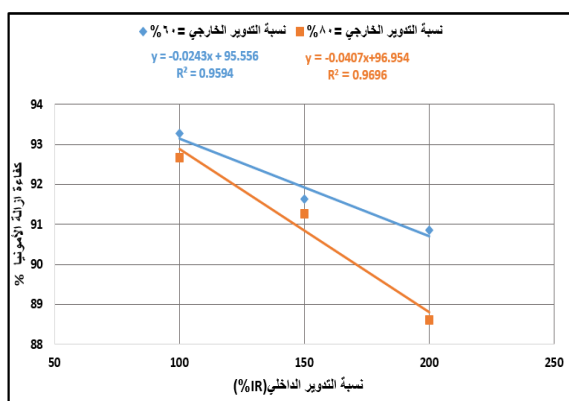
				(NO ₃ -N)
0.6	1.7	2.74-0.8	mg/L	الفسفور بشكل فوسفات أحادية (PO ₄ -P)
0.115	7.6	7.9-7.4	-	الرقم الهيدروجيني (pH)
15.31	193	214-165	mg/L	المواد الصلبة العالقة الكالية (TSS)
0	0	0.0	mg/L	الأوكسجين المذاب (DO)

1.3 دراسة أداء منظومة Orbal التجريبية عند نسب تدوير داخلي وخارجي مختلفة

لقد تم دراسة تأثير تغاير نسب التدوير الداخلي باستخدام ثلاث نسب (100, 150, 200)% وتغاير نسب التدوير الخارجي باستخدام النسب (60, 80)% على كفاءة إزالة الأمونيا والفسفور وتركيز النترات في دفق الماء الخارج. وقد بينت الدراسة ما يلي:

1.1.3 إزالة المركبات النتروجينية المتمثلة بالأمونيا

يلاحظ من الشكل (5) أن ميل المعادلة بالنسبة لنسب التدوير



الشكل (5) العلاقة بين كفاءة إزالة الأمونيا ونسبتي التدوير

الداخلي (IR%) والخارجي (RAS%)

الداخلي المختلفة عند نسبة التدوير الخارجي (60%) هو (-0.0243)، وأن علاقة كفاءة إزالة الأمونيا (NH₃-N) مع تغاير نسبة التدوير الداخلي عند نسبة تدوير خارجي (RAS=60%) هي علاقة غير معنوية (غير ذات تأثير). أما عند نسبة التدوير الخارجي (80%) فقد كان ميل المعادلة (-0.0407)، وكانت العلاقة غير معنوية أيضاً □، وبالمجمل فإن كفاءة إزالة الأمونيا في المنظومة التجريبية لا تتأثر بزيادة أو نقصان كلا □ من نسبة التدوير الداخلي ونسبة التدوير الخارجي بشكل معنوي وهذا يتفق مع ما أشار إليه في [10].

2.1.3 إزالة المركبات النتروجينية المتمثلة بالنترات (NO₃-N)

الجدول (1) المراحل التشغيلية للمحطة التجريبية

المراحل التشغيلية	نسبة التدوير الخارجي %	الجولات	نسبة التدوير الداخلي %
الأولى	60	1	100
		2	150
		3	200
الثانية	80	1	100
		2	150
		3	200

يبين الجدول (2) العوامل التشغيلية لمحطة القنوات الدائرية المتمركزة التجريبية

الجدول (2) معدل العوامل التشغيلية للمحطة التجريبية خلال الجولات الستة

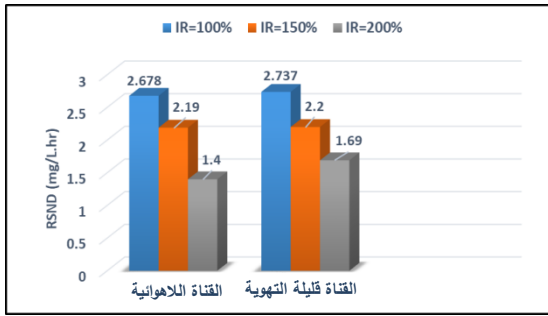
الخاصية	الوحدة	المعدل
نسبة الـ(COD) إلى النتروجين (COD/N)	g COD/ g N	8.68
نسبة الـ(COD) إلى الفسفور (C/P)	g COD/ g P	115.2
تركيز الأحياء المجهرية (MLSS)	mg/L	2160
معدل تركيز الأوكسجين المذاب (DO) في القناة الخارجية (اللاهوائية)	mg/L	0.37
معدل تركيز الأوكسجين المذاب (DO) في القناة الوسطية (قليلة التهوية)	mg/L	1.4
معدل تركيز الأوكسجين المذاب (DO) في القناة الداخلية (الهوائية)	mg/L	2.43

3. النتائج والمناقشة RESULTS AND DISCUSSIONS

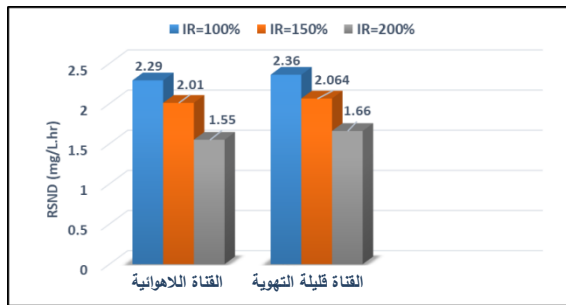
يبين الجدول (3) مديات تغاير خصائص مياه الفضلات قيد الدراسة ومعدلاتها خلال الفترة المشار إليها.

الجدول (3) الخصائص النوعية لمياه الفضلات قيد البحث

الخاصية	الوحدة	مديات القيم	المعدل	الانحراف المعياري
درجة الحرارة	°C	28-14	22	4.79
المطلب الكيميائي للأوكسجين (COD)	mg/L	114- 294	190	51.01
النتروجين بشكل أمونيا (NH ₃ -N)	mg/L	13.8- 30	21.8	5.32
نتروجين بشكل نترات	mg/L	1.2-0.5	0.75	0.22



الشكل (7) معدل النتجة وعكس النتجة المتزامنة (RSND) في القناتين الخارجية والوسطية مع نسب التدوير الداخلي المختلفة عند نسبة تدوير خارجي (60%)



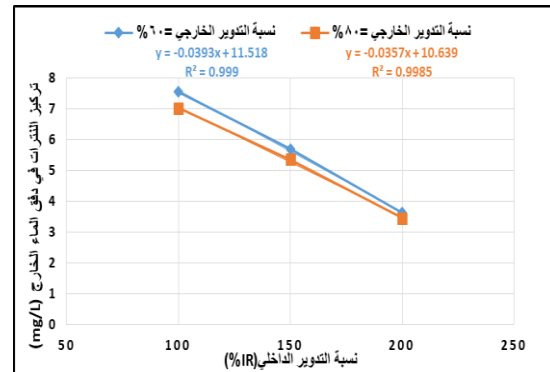
الشكل (8) معدل النتجة وعكس النتجة المتزامنة (RSND) في القناتين الخارجية والوسطية مع نسب التدوير الداخلي المختلفة عند نسبة تدوير خارجي (80%)

يتضح من الأشكال (7) و(8) أن عملية النتجة وعكس النتجة تحدث في القناتين الخارجية والوسطية وبمعدل يتراوح بين (2.67-1.4 mg/L.hr) و(2.73-1.67 mg/L.hr) على التوالي هذه المعدلات تقع ضمن المدى الذي توصل اليه [17] في دراسته (0.22-5.09 mg/L.hr). وعند مقارنة معدلات النتجة وعكس النتجة المتزامنة في القناتين الخارجية والوسطية نلاحظ أن القناة الوسطية سجلت معدلات (RSND) أعلى من القناة الخارجية عند نفس نسب التدوير الداخلي والخارجي، وهذا يعزى الى أن وقت المكوث الهيدروليكي الكبير في القناة الخارجية والبالغ (9 hr.) يقلل من معدل النتجة وعكس النتجة المتزامنة مقارنة مع وقت المكوث الهيدروليكي الأقل في القناة الوسطية (6 hr.) وهذا ما أثبتته عمليا كل من [2] و [17].

4.1.3 إزالة الفسفور (PO₄-P)

يبين الشكل (9) تأثير نسب التدوير الداخلي والخارجي على كفاءة ازالة الفسفور في نظام القنوات الدائرية المتمركزة قيد الدراسة. بالإعتماد على نتائج تحليل التباين فقد كانت العلاقة بين ازالة الفسفور ونسب التدوير الداخلي معنوية طردية عند نسبتي التدوير الخارجي (60%) و(80%).

يلاحظ من الشكل (6) انخفاض تراكيز النترات في دفق الماء الخارج



الشكل (6) العلاقة بين تركيز النترات (NO₃-N) في دفق الماء الخارج عند نسبتي التدوير الداخلي (IR%) والخارجي (RAS%)

مع زيادة نسبتي التدوير الداخلي والخارجي حيث أن ميل المعادلة بالنسبة لنسب التدوير الداخلي المختلفة عند نسبة التدوير الخارجي (60%) هو (-0.0393)، وبينت نتائج التحليل الإحصائي معنوية العلاقة بين تركيز النترات (NO₃-N) في دفق الماء الخارج مع تغير نسبة التدوير الداخلي عند نسبة تدوير خارجي (RAS=60%)، أما عند نسبة التدوير الخارجي (80%) كان ميل المعادلة (-0.0357) وكانت العلاقة معنوية أيضا □، وبالتالي فإن العلاقة بين تركيز النترات في دفق الماء الخارج من المحطة التجريبية مع نسبة التدوير الداخلي هي علاقة عكسية وهذا يعني أن تركيز النترات في دفق المياه الخارجة يتناقص بزيادة نسبة التدوير الداخلي ويعود ذلك الى زيادة حجم المزيج السائل الغني بالنترات المدور من القناة الهوائية الى القناة قليلة التهوية والذي يؤدي بدوره الى زيادة كمية النترات (NO₃-N) المتاحة لعملية عكس النتجة والتي تتحد مع دفق المياه الغني بالمادة العضوية ليحافظ على الحالة المثلى لنمو البكتريا غير ذاتية التغذية (Heterotrophic Bacteria) التي تقوم بعملية عكس النتجة وتستخدم النترات كمستقبل للإلكترون بدلا □ من الأوكسجين، وهذا يتوافق مع النتائج التي أشار اليها [10] والتي تنص على إن: نسبة التدوير الداخلي عند 200%-300% تنتج تراكيز نترات في دفق المياه الخارج ضمن المدى (6-11 mg/L) باستخدام دفق مياه داخل معدل تركيز الأمونيا له (22 mg/L).

3.1.3 معدلات النتجة وعكس النتجة المتزامنة (RSND)

تمثل الأشكال (7) و(8) علاقة معدل عملية النتجة وعكس النتجة المتزامنة (SND) في القناتين الخارجية والوسطية مع نسب التدوير الداخلي (100%, 150%, 200%) عند نسبتي التدوير الخارجي (60%, 80%).

وفقاً لنتائج البحث كانت أفضل كفاءة إزالة للنتروجين بشكل أمونيا ($\text{NH}_3\text{-N}$) والفسفور بشكل فوسفات أحادية ($\text{PO}_4\text{-P}$): 93.5% و 93.3% على التوالي وهذا يوافق نتائج كلا من [10]، [8]، [19]، [20] و [21] مع تلبية دقة المياه المعالجة للمعايير العراقية لتصريف مياه الفضلات إلى الأنهار ولجميع المركبات الفسفورية والنتروجينية وكما في الجدول (4).

الجدول (4) مقارنة خصائص مياه الفضلات المعالجة مع محددات الطرح العراقية إلى الأنهار [22]

المحددات العراقية	المعدل	الوحدة	رمز الخاصية	الخاصية
--	1.64	mg/L	$\text{NH}_3\text{-N}$	النتروجين بشكل أمونيا
11.2	5.5	mg/L	$\text{NO}_3\text{-N}$	النتروجين بشكل نترات
3.0	0.175	mg/L	$\text{PO}_4\text{-P}$	الفسفور بشكل فوسفات أحادية
6-9.5	8.1	-	pH	الأس الهيدروجيني

4. الأستنتاجات CONCLUSIONS

- تصنف مياه الفضلات المدنية الخارجة من مجمع شقق الخضراء السكني والداخلية إلى المحطة التجريبية على انها ضعيفة التركيز نسبة للفسفور ومتوسطة التركيز نسبة للأمونيا ($\text{NH}_3\text{-N}$).
- حققت المحطة التجريبية معدل كفاءة إزالة كلية للفسفور بشكل الفوسفات الأحادية والنتروجين بشكل أمونيا تراوحت بين: (88.5%-93.3%)، و (92.4%-93.5%) على التوالي، مع تلبية نوعية مياه معالجة موافقة للمعايير العراقية للطرح إلى الأنهار لجميع الفسفورية والنتروجينية.
- دلت النتائج على عدم معنوية العلاقة بين الكفاءة الكلية لإزالة الأمونيا ونسبة التدوير الداخلي والخارجي المعتمدة في الدراسة في حين تأثرت تراكيز الفوسفات الأحادية الخارجة من المحطة التجريبية بنسبتي التدوير الداخلي والخارجي معاً.
- يرجع السبب في حصول إزالة الأمونيا في القناة الخارجية الى توفر الظروف الملائمة لعملية النترجة وعكس النترجة المتزامنة (SND) والتي حصلت تحت تراكيز أوكسجين مذاب دون (0.5 mg/L) ولكن بمعدل منخفض عن القناتين الوسطية والداخلية.



الشكل (9) علاقة كفاءة إزالة الفسفور ($\text{PO}_4\text{-P}$) مع نسبة التدوير الداخلي (IR%) ونسبة التدوير الخارجي (RAS%)

يعود سبب ذلك الى أن زيادة نسبة التدوير الداخلي ستجلب كمية أكبر من السائل الحاوي على النترات ($\text{NO}_3\text{-N}$) الى القناة الوسطية مما يشجع البكتريا المراكمة للفسفور (PAOs) على امتصاص كمية أكبر من الفسفور وبالتالي سوف تزداد كفاءة الإزالة. كما يلاحظ أن العلاقة بين كفاءة إزالة الفسفور ($\text{PO}_4\text{-P}$) و نسبة التدوير الخارجي (RAS%) هي علاقة طردية أي أن كفاءة الإزالة تزداد بزيادة نسبة التدوير الخارجي ويعود ذلك الى زيادة الكتلة الحيوية الرجعة الى القناة اللاهوائية والتي تكون ذات نشاط وفعالية أكبر من سابقتها وهذا موافق لـ [10] و [18]. إذ أن البيئة اللاهوائية الموجودة في بداية النظام تشجع نمو البكتريا المراكمة للفسفور (PAOs) والتي تقوم بامتصاص و تخزين الأحماض الدهنية المتطايرة (VFAs) (النتيجة من تخمير المادة العضوية بواسطة البكتريا غير ذاتية التغذية) بشكل (Poly Hydroxy (PHB) Butyrate) وذلك باستخدام الطاقة المتحررة من تحلل الفوسفات الخلوي المتعدد (Intracellular polyphosphate) الموجود داخل جسم الخلية، ناتجا عن ذلك تحرير الفوسفات الاحادي من الخلية. لذلك يلاحظ في القناة الخارجية (اللاهوائية) ازدياد في تركيز الفسفور ($\text{PO}_4\text{-P}$) ولكن ما يلبث الى أن يعود وينخفض في القناة الوسطية (قليلة التهوية) نتيجة لوجود بكتريا (PAOs)، حيث تقوم هذه البكتريا بامتصاص الفسفور والنمو وتكوين خلايا جديدة معتمدة على الطاقة الناتجة من أكسدة (PHB) الذي قامت بخرنه سابقاً وباستخدام النترات المتوافرة في القناة قليلة التهوية كمستقبل للألكترون بدل الأوكسجين، كما يلاحظ أن الفسفور يكون بأقل مستوياته في القناة الهوائية، ويعزى الى أن بكتريا الـ (PAOs) تقوم بنفس العمليات السابقة التي أجرتها في القناة قليلة التهوية ولكن بمعدل أعلى وذلك لإستخدامها الأوكسجين الحر بدلا من النترات في عملية أكسدة الـ (PHB) [10].

2.3 مقارنة النتائج مع المحددات العراقية

Bench-Scale Sequencing Batch Reactors", Water Research, Vol. (30), No. (2), Pp. 277-284.

[9] Andreadakls, A.D. (1993)," Physical and Chemical Properties of Activated Sludge Flocs", Water Research, Vol. (17), Pp. 1707-1714.

[10] Metcalf and Eddy (2003), "Wastewater Engineering: Treatment and Reuse", Fourth Ed. McGraw-Hill Higher Education, New York, ISBN 0-07-112250-8.

[11] Bertanza, G. (1997)," Simultaneous Nitrification-Denitrification Process in Extended Aeration Plants: Pilot and Real Scale Experiences", Water Science Technology, Vol. (35), No. (6), Pp. 53-61.

[12] Collivingnarelli, C. and Bertanza, G. (1997)," Simultaneous Nitrification-Denitrification Process in Activated Sludge Plants: Performance and Applicability", Water Science Technology, Vol. (40), No. (4-5), Pp. 187-1994.

[13] Daigger, G. and Littleton, H. (2014),"Mechanism for Simultaneous Nitrification/Denitrification and Biological Phosphorus Removal in Orbal Oxidation Ditches and Their Full-Scale Application ", Water Environmental Research, Vol. (86), No. (3), Pp. 245-257.

[14] Insel, G., Russell, D., Beck, B. and Vanrolleghem, A. (2013)," Evaluation Of Nutrient Removal Performance for an Orbal Plant Using The ASM2D Model", Water Environment Federation 's Technical Exhibition and Conference, Vol.(2003), No.(12), Pp. 263-279.

[15] Applegate, C.S., Wilder, B. and Deshaw, JR. (1980),"Total Nitrogen Removal in a Multi-Channel Oxidation Systems", Journal of Water Pollution Control Federation, Vol.52, No. 3, Pp. 568-577.

[16] APHA, (1998), "Standard Methods for the examination of Water and Wastewater", 20th ed., American Public Health Association, Washington, D. C., USA.

[17] Zhou, X., Han, Y. and Guo, X. (2015),"Identification and Evaluation of SND in Full-Scale Multi-Channel Oxidation Ditch System under Different Aeration Modes", Chemical Engineering Journal, Vol. (259), Pp.715-723.

- تراوحت معدلات عملية النتريجة وعكس النتريجة المتزامنة في القناتين الخارجية والوسطية بين (2.67-1.4 mg/L.hr) و (2.73-1.67 mg/L.hr) على التوالي.
- خضعت عملية إزالة الفسفور في المحطة التجريبية الى آلية الإزالة البيولوجية المحسنة للفسفور (EBPR)، فقد شجعت البيئة اللاهوائية المتوفرة في القناة الخارجية بكتريا الـ (PAOs) على إطلاقه بينما كانت الظروف مناسبة في القناتين الوسطية والداخلية لأمتصاصه داخل الكتلة الحيوية لهذا النوع من البكتريا.

5. المصادر REFERENCES

- [1] Barnard, J. L. (1975)," Biological Nutrient Removal without the Addition of Chemicals", Water Research, Vol. (9), Pp. 485-490.
- [2] Pochana, K. and Keller, J. (1999),"Study of Factors Affecting Simultaneous Nitrification and Denitrification (SND)", Water Science Technology, Vol. (39), No. (6), Pp. 61-68.
- [3] Bakti, N.A.K. and Dick, R., J. (1992),"a Model for a Nitrifying Suspended-Growth Reactor Incorporating Intra particle Diffusional Limitation", Water Research, Vol. (26), No. (12), Pp. 1681-1690.
- [4] Daigger, G.T. and Littleton, H.X. (2000),"Characterization of Simultaneous Nutrient Removal in Staged, Closed-loop Bioreactors", Water Environ. Res., Vol. (72), No. (3), Pp. 330-338.
- [5] Dey, A. (2010),"Modeling Simultaneous Nitrification-Denitrification Process in an Activated Sludge Continuous Flow Stirred-Tank Reactor: System Optimization and Sensitivity Analysis", Environ. Eng. Sci., Vol. (27), No. (9), Pp. 757-765.
- [6] Barnard, J. L. (1992)," Design and Retrofit of Wastewater Treatment Plants for Nutrient Removal", Technomic. Publishing, Pennsylvania.
- [7] Isaacs, S.H. and Henze, M. (1994)," Controlled Carbon Source Addition to an Alternating Nitrification-Denitrification Wastewater Treatment Process Including Biological P Removal", Water Research, Vol. (29), Pp. 77-89.
- [8] Munch, E.V., Lant, P.A. and Keller, J. (1996)," Simultaneous Nitrification and Denitrification in

Environmental Science, Vol. (32), No. (8), Pp. 1461-1466.

[21] Zhou, X., Han, Y. and Guo, X. (2013), "Enhanced Total Nitrogen Removal Performance in a Modified Orbal Oxidation Ditch System with Internal Nitrate Recycle", Chemical Engineering Journal, Vol. (228), Pp. 124-131

[22] .Ministry of Health (1988), "Iraqi regulations for discharge of sewage effluent to rivers", Environmental Protection and Improvement Authority, Baghdad.

[18] Snyder, R. and Wyant, D. (2017), "Activated Sludge Process Control", State of Michigan Department of Environmental Quality Environmental Assistance Center.

[19] Zhou, X., Guo, X., Han, Y., Liu, J., Ren, J., Wang, Y. and Guo, Y. (2012), "Enhancing Nitrogen Removal in an Orbal Oxidation Ditch by Optimization of Oxygen Supply: Practice in a Full-Scale Municipal Wastewater Treatment Plant", Bioprocess Biosyst. Eng., Vol. (35), Pp.1097-1105.

[20] Zhang, Y., Song, Y.,H. and Chen, H. (2012), "Improving The Nitrogen Removal Efficiency of an Orbal Oxidation Ditch Process", China

Performance Study of Concentrated Circular Channels System (Orbal) for Removing Nutrients from Domestic Wastewater

Ammar Th. Hamad Al-Tai *

amthaha@yahoo.com

Moamen W. Fathel Al-Tak**

moamen.altak@gmail.com

Department of Civil Engineering, College of Engineering, University of Mosul **, *

ABSTRACT

A biological nutrient removal was investigated as a continuous flow (orbal) system to study the efficiency of system for removing phosphor and nitrogen compounds, and to predict the effect of internal and external recirculation rates on its performance. The pilot plant consisted of three concentric circular channels: outer, intermediate and inner in capacities of 24, 16.8 and 8.7 m³ respectively. The last sedimentation basin has sludge return system to the outer channel. Pilot plant also has an internal cycle to return the mixed liquor from the inner channel to the intermediate one. Continues Flow was used to feed the plant with raw municipal wastewater from Al-Khadraa residential quarter at an average flow rate of 66.7 m³/day. The plant was equipped with a modified surface aeration system operating in total power equal to 0.48 kW to achieve the required dissolved oxygen concentrations in the outer, middle, and inner channels: 0.38, 1.3, and 2.4 mg /L respectively. The three-channel was operated on two levels of returned activated sludge (RAS): 60% and 80%. It has three levels of internal cycle (IR): 100%, 150% and 200%. The results showed: the total removal efficiencies of phosphorous, and ammonia were in the range of: (93.3% - 88.5%) and (93.5% - 92.4%), respectively. The results meet the Iraqi standards for wastewater disposal into rivers. This study revealed there is no significant correlation between removal efficiency of ammonia with the internal and external recirculation ratios, while the effluent phosphor concentrations significantly affected by RAS and IR ratios. This study adopted the hypothesis: the process of simultaneous nitrification and denitrification (SND) occurs in the outer channel, while the phosphorus removal by the pilot plant was performed by the mechanism of enhanced biological phosphorous removal (EBPR).

Keywords:

Orbal; Enhanced Biological PhosphorousRemoval; Internal Recycle; Returned sludge; Biological Nutrient Removal; SND