

إزالة الفوسفات و الأمونيا و النترات من مياه فضلات مجمع المستشفيات في الموصل بأسلوب الجرعة المتتابعة SBR

وعد محمد علي عباس
مدرس مساعد

فخري ياسين محمود
أستاذ مساعد - كلية الهندسة - جامعة الموصل/ العراق

الخلاصة

استخدم في هذا البحث أسلوب المعالجة بأحواض الجريان بالجرعة Sequencing Batch Reactors ، الذي يمتاز بكلفة إنشاء أولية وتشغيل منخفضة نسبياً، في معالجة نماذج من مياه فضلات مجمع المستشفيات الحكومي في الموصل. استخدمت في الدراسة أزمان دورة مختلفة تراوحت بين (6-24) ساعة وعلى مدى ستة أشهر. أجريت التجارب على العينات في مختبر البيئة التابع لقسم الهندسة المدنية في جامعة الموصل. تبين من الدراسة إن كفاءة إزالة الفوسفات من مياه الفضلات تعتمد على تبديل الظروف اللااوكسجينية إلى الظروف الهوائية وتكون الكفاءة عند أعلى قيمة في حالة تساوي مدتي هذين الطرفين. وإن إزالة النترات تعتمد على توافر الغذاء للأحياء المجهرية لكي تحول النترات إلى غاز النتروجين في الظروف اللااوكسجينية ولهذا نسبة إزالتها متغيرة.

وعلى ضوء النتائج المستحصلة يمكن الاعتماد على هذا الأسلوب من المعالجة في إزالة الفوسفات والنترات والامونيا من مياه فضلات المستشفيات وفي حالات التصريف القليل نسبياً، أو في حالات تذبذب معدلات التصريف اليومي حيث بلغت نسبة الإزالة 67% و 99% للفوسفات والامونيا على التوالي

الكلمات الدالة :

الفوسفات ، النترات ، مفاعلات الجرعة المتتابعة ، المعالجة البايولوجية ، مياه فضلات المستشفيات

Removal of PO₄, NH₃ and NO₃ from hospital wastewater in Mosul City by SBR technique

Fakhri Yassin Mahmood
Assist. Prof, eng. college mosul university

Waad mohammed ali abbas
Assist. lecturer

Abstract

The sequencing batch reactor (SBR) method was used throughout this research, for the treatment of hospital waste water in mosul. This system has also the advantages of low initial and performance costs. Different time periods were used in this study ranging (6-24) hrs for 6 months . The tests has been conducted in the environmental laboratory of the civil engineering department at the university of Mosul. Efficiency of PO₄ removal from waste water depends on the change of anoxic conditions to aerobic. The efficiency is maximum when the periods of the two types of conditions are equal.. NO₃ removal depend on food supply for micro- organisms to convert nitrates to nitrogen gas under anoxic conditions so it is change able.

According to the results gained, this kind of treatment could be used to remove phosphates & nitrates from hospitals wastewaters, and could be used for other cases when the discharge is relatively low, or unstable percentages of removal were 67% & 99% for SO₄ & NH₃ relatively.

Key Words :

phosphates , nitrates , sequencing batch reactor , biological treatment , hospital ww

مقدمة:

تتغير المطروحات السائلة للمستشفيات كما ونوعا من وقت لآخر ومن فصل لآخر ، حيث يبلغ التصريف 300-1000 لتر/مريض/يوم. هذه المطروحات فضلا عن طبيعة خصائصها المشابهة لخصائص المطروحات المنزلية، فإنها تحتوي على مواد كيميائية سامة ومواد صيدلانية ونظائر مشعة ومضادات حيوية وأنواع الأحياء المجهرية المرضية (13)

إن عمليات الحمأة المنشطة بأسلوب SBR هي نفس عمليات المعالجة التقليدية بأسلوب الحمأة المنشطة ، فكل النظامين يتضمن التهوية والترسيب والترويق، والاختلاف فقط في المعالجة التقليدية يكون الجريان مستمرا وتنجز خطوات المعالجة في أحواض متتابعة في نفس الوقت بينما في أسلوب SBR فإن المعالجة تتم في حوض واحد خلال مراحل متعاقبة، وهذا يلغي الحاجة إلى أحواض الترسيب والترويق ولا يحتاج إلى وسائل ترجيع الحمأة، وتتألف المعالجة بطريقة SBR من تتابع سلسلة العمليات التالية وهي الملىء، التفاعل والتهوية، الترسيب، سحب السائل المعالج ، توقف وسحب الحمأة ومجموع هذه العمليات تسمى دورة واحدة في نظام مفاعلات الجرعة المتتابة ، والزمن المستغرق لكل من هذه العمليات كنسبة مئوية من الزمن الكلي للدورة على النحو الآتي 25% ، 35% ، 20% ، 15% ، 5% على التوالي (4).

تتم السيطرة على تشغيل نظام SBR بواسطة معالج دقيقة Microprocessor يدعى بالمراقبات المنطقية المبرمجة PLC التي تنظم تتابع عمليات المعالجة كافة عن طريق تشغيل صمامات مجهزة بمحركات ، أو تشتغل بملف لولبي أو تعمل بالهواء المضغوط Pneumatic solenoid or motorized وتنظم أجهزة التهوية أو المزج وتسيطر على معدات الملىء والتصريف عن طريق منحسبات المنسوب level sensors ومؤقتات زمنية تلقائية Automatic timers ومقاييس الجريان Flow-meter.

وحسب Metcalf & Eddy (2) فإن المعالجة بأسلوب الجرعة المتتابة SBR يحقق مكوث هيدروليكي بنسبة 100% للمياه المعالجة، بينما في أسلوب الجريان المستمر فإن نسبة حوالي 39% من المياه الداخلة تغادر حوض المعالجة بوقت مكوث يقل عن نصف وقت المكوث النظري V/Q كما أن نسبة 13% من المياه تمكث وقتاً أطول من ضعف فترة المكوث النظري ، وهذا يؤدي إلى تذبذب كفاءة المعالجة وهدر الوقت. وحسب Kerri (4)، فإن الكلفة الأولية لإنشاء محطة SBR تكون غالبا اقل من الكلفة الأولية لإنشاء محطة الحمأة المنشطة التقليدية (الجريان المستمر).

والهدف من هذا البحث هو دراسة خصائص المطروحات السائلة لمجمع المستشفيات ومعالجة هذه المطروحات باستخدام وحدة معالجة مخبرية بأسلوب مفاعلات الجرعة المتتابة SBR ومحاولة تحديد الزمن المثالي الذي عنده تتحقق أفضل إزالة للفوسفات والنترات والامونيا (NH₃, NO₃, PO₄) ضمن مدى زمن للدورة يتراوح بين 6 و 24 ساعة ، واقتصر على هذا الزمن لتحديد حجم العمل ثم مقارنة كفاءة هذا الأسلوب مع كفاءة محطة المعالجة القائمة.

الدراسات السابقة

بدأت التجارب باستخدام أسلوب حوض الجرعة المتتابع SBR (Sequencing Batch Reactor) في السبعينيات من القرن الماضي (6). تذبذب الجريان يؤثر سلبيا على أداء محطة المعالجة ، لذا يمكن الاستفادة من أسلوب المعالجة بـ (SBR) في معالجة هذه المطروحات السائلة (7). وكان من أسباب الابتعاد عن هذا الأسلوب في المعالجة سابقا حاجته إلى المراقبة المستمرة. ولكن تمت معالجة هذه المشكلة باستخدام المراقبات المنطقية المبرمجة PLC (8). مما جعل هذا الأسلوب حلا مثاليا للمشاكل الحاصلة في الأسلوب التقليدي. فضلا عن الفائدة الاقتصادية المتحققة بالاستغناء عن حوض الترسيب الثانوي وحوض الموازنة ومضخات ترجيع الحمأة (9). كما درس Irvine (10) كيفية التمثيل الرياضي لتصميم حجم حوض SBR والذي يتغير بدلالة التغيرات النسبي في معدل الجريان ومعامل سرعة التفاعل K والذي اعتبره مساويا لـ (0.024) واقترح معادلات لذلك.

وفي دراسة أخرى (7) لمعالجة مياه الفضلات بأسلوب SBR ، ذكر الباحثون أن استخدام حوض واحد في نظام SBR لمعالجة مياه الفضلات البلدية والصناعية هو الاختيار الأفضل لأنه يمنع نمو الطحالب الشائعة في أنظمة البرك، ويحقق إزالة ممتازة للـ BOD و SS.

كما قام آخرون (11) بدراسة الإزالة البايولوجية للفوسفور في SBR، وتمت الدراسة على نموذج مختبري لمعالجة مياه فضلات مصطنعة بطروفي تشغيلية افتراضية وذكر بان نزع النتروجين حصل في فترة

محمود : إزالة الفوسفات و الأمونيا و النترا ت من مياه فضلات مجمع المستشفيات في الموصل بأسلوب الجرعة...

الماء فقط، ولذلك كانت المياه الخارجة عالية النترا ت، وان التهوية الزائدة تطلق الفسفور المزال بسبب خروج النظام عن خطة التشغيل المثالية لإزالة الفسفور. واقترح جونز وآخرون (12) طريقة لتطوير عملية نزع النتروجين في نظام SBR.

أسلوب العمل و الفحوصات:

أجريت الدراسة في مختبر البيئة التابع لقسم الهندسة المدنية / كلية الهندسة بجامعة الموصل. أخذت نماذج من مياه فضلات المستشفيات الحكومية و أجريت عليها التجارب المختبرية بمعالجتها هوائيا و لاهوائيا باستخدام نظام الحمأة المنشطة ذات الجرعة المتتابعة و باعتماد الجريان بالجرعة Batch flow و سميت بالمتابعة لتتابع عمليات المعالجة في الحوض نفسه. نموذج الجهاز المختبري الذي تمت بواسطته الدراسة مبين بالشكل (1) و تراوحت مدة الدورة بين (6 - 24) ساعة و بدرجة حرارة المختبر التي تراوحت بين (14 - 25) °م، وقد أدرجت خصائص مياه الفضلات الخام في الجدول رقم (1). كما أدرجت خصائص المياه المعالجة في جدول رقم (2)، إضافة إلى نتائج فحوصات المياه المعالجة في المحطة القائمة. تم جلب النماذج بمعدل مرتين في الأسبوع من موقع بعد الدئية الخشنة في محطة المعالجة القائمة في مجمع المستشفيات لمدة ستة أشهر ، وحفظت في جو بارد أو في التلاجة عند الضرورة . تمت السيطرة على المراحل وأوقاتها عن طريق المراقبة المستمرة. وتم تحديد فترات الملئ والتفاعل والترسيب والسحب والتوقف والانتقال من الظروف الهوائية الى اللاهوائية أو بالعكس عن طريق السيطرة اليدوية المباشرة. وفيما يأتي توضيح لتصميم التجربة عند أزمان دورة 6،12،16،24 ساعة على سبيل المثال والتي تم اعتمادها في إجراء التجارب استنادا إلى النسب المئوية للأزمنة المقترحة من قبل Kerri (4).

1- زمن الدورة = 6 ساعة

0	1.5	4	5	5.8	6
Fill		React		Settle	draw
anoxic		Aerobic	Anoxic		
0	1	3	4	6	

أخذ نموذج كل ساعة من المفاعل

2- زمن الدورة = 12 ساعة

0	3.5	9	10.5	11.5	12
Fill		React		Settle	draw
anoxic		Aerobic	Anoxic		
0	2	6	9	12	

مع أخذ نموذج من المفاعل كل ساعة ونصف.

3- زمن الدورة = 24 ساعة

0	8	20	22	24
Fill		React		Settle
anoxic		Aerobic	Anoxic	Draw + idle
0	4	14	20	24

أخذ نموذج كل ساعتين

4- زمن الدورة = 16 ساعة

0	4	10	14	14.25	16
Fill		React		Settle	D+I
anoxic		Aerobic	Anoxic	A	
0	4	10	14	14.25	16

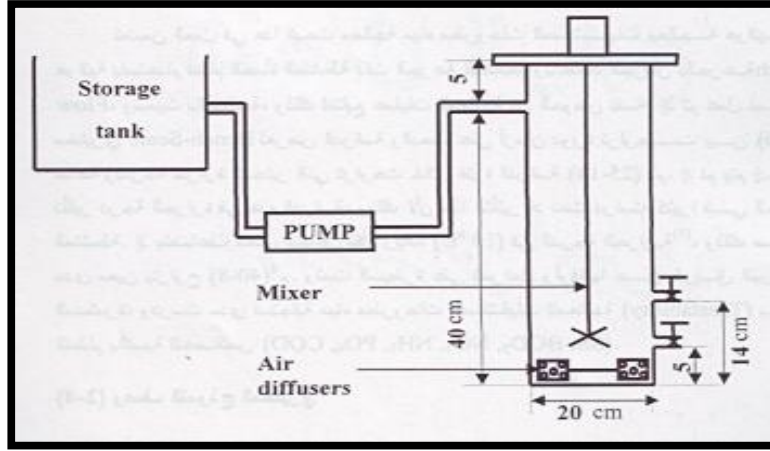
أخذ نموذج كل ساعة خلال الملئ وكل ساعتين خلال التفاعل.

وبعد أخذ النماذج من المفاعل يتم ترسيبها ثم ترشيحها ثم يتم إجراء الفحوصات لقياس تراكيز PO_4, NO_3, NH_3 . وتمت السيطرة لإبقاء تركيز الحمأة المقاسة على هيئة المواد الصلبة العالقة المتطايرة (MLVSS) عند 2000 ملغم/لتر ، وكلما زاد التركيز ووصل إلى (2200) ملغم/لتر تقريبا يتم الطرح للإبقاء على تركيز 2000 ملغم/لتر. ولغرض تحقيق حالة الاستقرار في نظام المعالجة فقد تم أخذ النماذج والقياسات بعد مرور (5-6) أيام من بداية التشغيل لكل زمن دورة أو بعد إجراء أي تغيير لخطة التشغيل (هوائية-لاهوائية). وقد تم اعتماد الطرق القياسية (14) في إجراء الفحوصات . اجري فحص الامونيا (NH_3) حسب الفقرة (417B) ، بطريقة المقارنة اللونية او النسرة Direct Nesslerization في حين اجري فحص الفوسفات (PO_4^{3-P}) حسب الفقرة (424E) بطريقة كلوريد القصديروز Stannous chloride بإضافة مولبيدات الامونيوم إلى النموذج المرشح والمخفف والتي تكون محلولاً معقداً مع الفوسفات ذا لون أزرق، وتعتمد شدة لونه على تركيز الفوسفور فيه. أما فحص النترات (NO_3-N) فقد اجري حسب الفقرة (418 A) بطريقة Ultraviolet spectrophotometric screening بإضافة 1ml من حامض الهيدروكلوريك HCl مخفف. علماً بان الفحوصات أجريت على نماذج مرشحة ومخففة ، وكان يتم ترشيح النماذج باستخدام جهاز تخلية هوائي Vacuum . كذلك اعتمدت الطرق الوزنية القياسية وباستخدام ميزان الكتروني حساس لقياس تراكيز المواد الصلبة العالقة والكلية والمتطايرة (SS, TSS, VSS) وحسب الفقرة (209) . استخدم جهاز pH-meter لقياس الرقم الهيدروجيني ، وجهاز DO-meter لقياس الاوكسجين المذاب ، أما درجة الحرارة فقد استخدم محرار قياسي لقياسها أما بالنسبة لقياس معدل أخذ الاوكسجين (OUR) فقد اجري طبقاً لطريقة (Ramallo, 1977) (15).

وصف النموذج المختبري

تكون النموذج المختبري الشكل (1) ، من حوض يحتوي على مياه الفضلات المراد معالجتها ، وتدخل مياه الفضلات من هذا الحوض إلى حوض التفاعل (SBR) بواسطة مضخة مختبرية يتم تشغيلها عند بدء الملئ وتوقفها عند الانتهاء منه. أما بالنسبة لحوض SBR ، ولغرض تمثيل الظروف اللااوكسجينية Anoxic يتم تشغيل المازجة ببطئ لإبقاء الحمأة عالقة وتماسك مع مياه الفضلات الداخلة . ولغرض تمثيل الظروف الهوائية تتم تهوية المفاعل بواسطة ضاغطة هواء ومن خلال ناشرات الهواء في قعر الحوض. وقد اعتمدت النسب المقترحة من قبل Kerri (4) لفترات العمليات في تصميم النموذج المختبري ، وكانت سعة حوض SBR المستخدم في التجارب 16 لتر وارتفاع الماء داخله عند الاملاء 40سم. وتوجد فتحتان في جدار الحوض الزجاجي ، احدهما عليا على ارتفاع 14 سم من القاع، وهي خاصة بسحب النماذج وتصريف ماء الحوض، والأخرى قريبة من القعر وعلى ارتفاع 5سم منه، وفائدتها طرح الحمأة المركزة من الحوض . إن العمق الكبير للحوض نسبة إلى مساحته السطحية هو لضمان عدم حدوث تهوية للمفاعل بالمزج البطيء الذي يمثل ظروف الـ (Anoxic). إن العمليات المتتابعة تحدث بشكل متوالي وبالأزمنة الموضحة في المقدمة في نفس حوض المفاعل وفي النهاية تسحب الحمأة بعد التوقف (idle) لتنتهي دورة من الدورات وهكذا.

محمود : إزالة الفوسفات و الأمونيا و النترا ت من مياه فضلات مجمع المستشفيات في الموصل بأسلوب الجرعة...



الشكل (1): النموذج المختبري

النتائج و المناقشة:

جدول (1): خصائص مياه الفضلات الخام

الرقم الهيدروجيني pH	المواد الصلبة العالقة SS	BOD ₅	الفوسفات PO ₄	الأمونيا NH ₃	الخاصية التركيز (ملغم/لتر)	درجة الحرارة °م
6.8 – 7.5	60 - 200	60 - 180	13 - 7.4	34 - 18		24 - 13

الجدول (1) يبين بعض خصائص مياه الفضلات الخام والأشكال (2،3،4) تمثل منحنيات التوزيع التكراري التراكمي لقيم (pH, NH₃, PO₄) لمياه الفضلات الخام خلال فترة الدراسة التي استمرت لمدة 6 أشهر وبمعدل نموذجين أسبوعيا في سنة 2002 وأخذت النماذج عند مدخل محطة المعالجة القائمة بعد الدريئة الخشنة. لوحظ تغير في خصائص مياه المطروحات من وقت لآخر ، ويعزى ذلك إلى تغير درجات الحرارة والى الفترة الزمنية المستغرقة في قطع المسافات بين المصدر ومحطة المعالجة (Mc Ghee 16).

لوحظ من الشكل رقم (2) بان 80% تقريبا من قيم pH لمياه الفضلات الخام تساوي أو اقل من 7.2 ، أي أن الوسط تقريبا متعادل . ومن الشكل (3) نلاحظ بان 80% من قيم NH₃ لمياه الفضلات الخام اقل أو تساوي 32 ملغم /لتر وظهور القيم العالية نسبيا تعزى إلى بقايا الطعام والفضلات البشرية. ومن الشكل (4) نلاحظ بان حوالي 80% من قيم تراكيز PO₄ لمياه الفضلات الخام اقل أو تساوي 13 ملغم/لتر والقيم العالية نسبيا في الوسط تدل على استخدام المنظفات والصوابين بكميات اكبر.

ومن ملاحظة الشكل (5) الذي يبين تناقص استهلاك الاوكسجين مع الزمن في حوض SBR من بدء التهوية حتى انتهائها ، حيث أنه في البداية تنتفع الأحياء المجهرية من المواد الغذائية الداخلة فيزداد معدل اخذ الاوكسجين (OUR) وفي النهاية تحلل الأحياء المجهرية الغذاء المخزون داخل الخلايا فيكون الـ OUR عند أوطأ قيمة (10).

وكما يلاحظ من الشكل (6) ، فإن إزالة الفوسفات تزداد مع زيادة زمن الدورة إلى أن يصل زمن الدورة إلى 12 ساعة تقريبا ، ثم بعد ذلك تزداد تراكيز الفوسفات حيث ان التهوية الزائدة خلال فترة التفاعل تؤدي إلى إطلاق الفوسفات ثانية إلى الوسط (17). تزال الامونيا بعملية النتجة، وتتأثر كفاءة الإزالة عكسيا مع قيم (F/M) وكما مبين بالشكل (7) وذلك لان الامونيا تتحول إلى النترا ت عند انخفاض الحمل العضوي وزيادة تركيز الاوكسجين المذاب (18). في المبادئ البايولوجية لفحص الـ BOD تتأكسد أولا المواد العضوية الكربونية (CBOD) ثم يليها المواد العضوية النتروجينية (NBOD) إذ أن قيمة ثابت المعدل K للنتجة اقل من قيمته لأكسدة المواد الكربونية (15) وذلك لان المواد الكربونية أسهل للتأكسد من النتروجينية. ومن اجل الحصول على درجة مقبولة من النتجة يجب أن يكون وقت التلامس بين المطروحات والأحياء أطول من الوقت المطلوب لإزالة

المواد الكربونية (17). ومن ملاحظة الشكل (8) نجد أن كفاءة إزالة الامونيا تزداد مع زيادة زمن الدورة لتصبح أكثر من 90% عند 12 ساعة ثم الى 99% تقريبا عند زمن دورة قدره 24 ساعة. وعند حصول عملية النترجة بصورة جيدة دون حدوث عملية نزع النتروجين denitrification فان قيمة pH الخارج يكون اقل من الداخل ، إذ أن هذه العملية تقلل القاعدية (3) ، ويكون النقصان بمقدار (0.25-0.35) عند إزالة قدرها 99% تقريبا ، ومع هذا تكون قيمة pH للتصريف الخارج قريبة من التعادل . تتأثر كفاءة إزالة الامونيا بدرجة الحرارة مثلما تتأثر بزمن الدورة ، وتزداد مع زيادة درجة الحرارة (17). وقد تم استنباط العلاقة الإحصائية الآتية من نتائج البحث، علما أن معامل الارتباط لها ($R^2=0.8$).

$$\% \text{NH}_3 \text{ removal efficiency} = 3.1 \times \text{Temp} + 1.936 \times \text{cycle time} - 2.3575$$

يلاحظ من المعادلة إن الكفاءة تزداد مع زيادة درجة الحرارة بالمعامل (3.1) بينما تزداد الكفاءة مع زيادة زمن الدورة بالمعامل (1.936) ، أي أن تأثير درجة الحرارة على كفاءة إزالة الامونيا اكبر من تأثير زمن الدورة. ومن الشكل (9) نلاحظ ازدياد معدل نزع النتروجين (Rn) denitrification rate مع زيادة نسبة F/M ، وهذا يعني بقاء نسبة من الغذاء Substrate بعد حدوث النترجة لكي يحدث نزع النتروجين، حيث تحتاج الأحياء المجهرية إلى مانح للإلكترون (electron donor) الذي يأتي من الغذاء لكي تحول الأحياء النترات إلى غاز النتروجين في الظروف اللاوكسجينية anoxic (3) و(19). وبين الشكل (10)، زيادة معدل إزالة النترات (Rn) مع زيادة COD المذاب المتولد نتيجة إضافة حمأة أولية للمفاعل ، وأشار الى ذلك (20) ، حيث اضاف حمأة أولية بعد أن أجرى عليها عملية تحليل مائي Hydrolysis لمدة 24 ساعة.

وعند حدوث نزع النتروجين تزداد قيمة pH للتصريف الخارج عن الداخل، وذلك لان هذه العملية عكس عملية النترجة. وتكون الزيادة طفيفة إذا حدث نزع النتروجين بعد نترجة كفاءة . أما إذا كانت النترجة قليلة الكفاءة فان نزع النتروجين الذي بعدها يؤدي إلى زيادة قيمة pH بمقدار يتراوح بين (0.25-0.4) وهذا يتطابق مع ما ذكره (19) و(3).

ويحدث الترسيب في SBR بشكل جيد حيث ان تراكيز المواد العالقة (10-Nil) ملغم/لتر في التصريف الخارج الجدول (2). وتوجد حالة خاصة يحدث بسببها صعود الحمأة نحو الأعلى بفعل غاز النتروجين المتولد عند حدوث عملية نزع للنتروجين بمعدل عالي في نهاية فترة التفاعل. والذي يكون بتماس مع لبادات الحمأة، ولتفادي حدوث حالة كهذه تتم تهوية المفاعل لمدة (10-15) دقيقة عند نهاية فترة التفاعل لطرد غاز النتروجين المتولد ، وقد أشار إلى ذلك (20) Abufayad وكانت نسبة MLVSS إلى MLSS (المواد الصلبة العالقة المتطايرة إلى المواد العالقة) تتراوح بين (0.65-0.72) حيث نقل هذه النسبة بواسطة عملية نزع النتروجين (2)، وذلك بسبب تناقص MLVSS نتيجة لاستهلاك الكربوهيدرات داخل الخلية في هذه العملية. ومن الشكل (11) نلاحظ تراكم الفوسفات بسبب إطلاق الخلايا له في فترة الـ Anoxic من مرحلة الملئ، وعند بدء التهوية سرعان ما تقوم الأحياء المجهرية بانتزاع الفوسفات من المطروحات.

ويلاحظ من الشكل (12)، إن الامونيا تتراكم أيضا في الظروف اللاوكسجينية وتنخفض في فترة التهوية، ألا إن الكفاءة ليست عالية، إذ لم تحدث الظروف المواتية للإزالة والتي أشار إليها (18) من انخفاض الحمل العضوي وبقاء الاوكسجين المذاب بتركيز عال. في حين نجد من الشكل (13) إن النترات أزيلت بسرعة خلال فترة الملئ اللاوكسجيني لتوافر الغذاء العضوي، إذ أن النترات موجودة من الدورة السابقة لان محتوى المطروحات الخام من النترات قليل. ومع بدء التهوية وحصول النترجة يزداد تركيز النترات وفي المرحلة الاوكسجينية Anoxic التالية تزال النترات وذلك بالاعتماد على مخزون الخلايا من الكربون.

عند زمن دورة 24 ساعة ، الشكل (b-16) يلاحظ أن الفوسفات أزيلت بنسبة 81% ووصلت إلى أدنى قيمة لها عند زمن 8 ساعات حيث هنا مدة الـ aerobic تساوي مدة الـ anoxic ويبين الشكل (c-16) إن انخفاض تركيز الفوسفات من قيمته العظمى يحدث مترافقا مع هبوط منحني معدل اخذ الاوكسجين (OUR) من قيمته العظمى أيضا، وهذا دليل على نشاط الأحياء المجهرية، وتوفر الظروف المجبرة لها على انتزاع الفوسفور ، والتي أشار إليها Kiley (3).

إن تخمر المواد العضوية بواسطة الأحياء المجهرية من نوع متغير التغذية نتج عنه مواد عضوية قصيرة السلسلة ، سهلة للايض من قبل الأحياء المجهرية التي تقوم بازاتلة الفوسفور، وان انخفاض تراكيز النترات إلى الحدود الدنيا، (الشكل b-17) شجع على تكاثر هذا النوع من الأحياء المجهرية.

محمود : إزالة الفوسفات و الأمونيا و النترا من مياه فضلات مجمع المستشفيات في الموصل بأسلوب الجرعة...

وبعد الزمن 8 ساعات من هذه الدورة (24 ساعة) تبدأ الأحياء المجهرية بإطلاق الفوسفات المنتزعة (الشكل 16- b) ، وذلك بسبب خروج النظام عن طور الإزالة البيولوجية للفوسفور ، لان زيادة النترا التي تعد مثبطة لهذه العملية، تسمح لانتعاش مجتمعات أخرى تنافس الأحياء المجهرية الخاصة بإزالة الفوسفور على الغذاء وتحد من نموها ونشاطها . ومن ملاحظة الشكل (17- a) نجد أن كفاءة إزالة الامونيا وصلت إلى 99% عند الزمن 10 ساعة من بدء الدورة التشغيلية واستقرت تقريبا عند هذه القيمة إلى نهاية مدة الدورة البالغة 24 ساعة. إلا إن تراكيز النترا انخفضت في الظروف الاوكسجينية من فترة الملى ووصلت إلى الصفر الشكل (17- b) . ثم ازدادت في الظروف الهوائية ووصلت إلى أعلى قيمة لها عند أوطأ تركيز للامونيا (الشكل 17- a) . ولم تنخفض إلا قليلا في الظروف الاوكسجينية عند نهاية التفاعل المؤدي إلى نزع النتروجين. ويعزى السبب في ذلك إلى نفاذ المواد العضوية ، وان الأحياء المجهرية استهلكت مخزونها الداخلي في عملية النتجة . والشكل (17- c) يبين العلاقة المباشرة بين الـ OUR والنتجة.

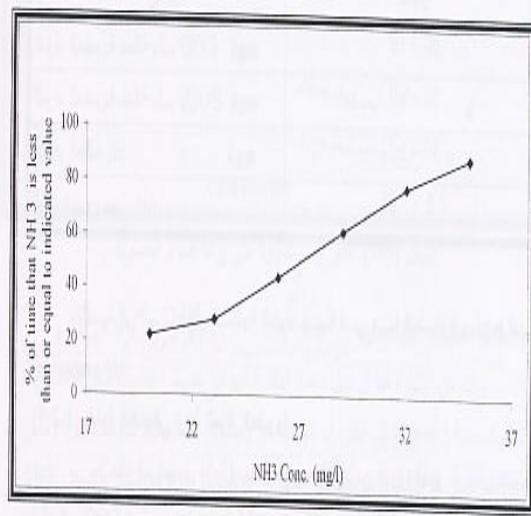
في زمن الدورة 24 ساعة أزيلت الامونيا بكفاءة عالية ، ولم تتأثر الفوسفات و النترا بالمعالجة.

عند زمن دورة 16 ساعة:

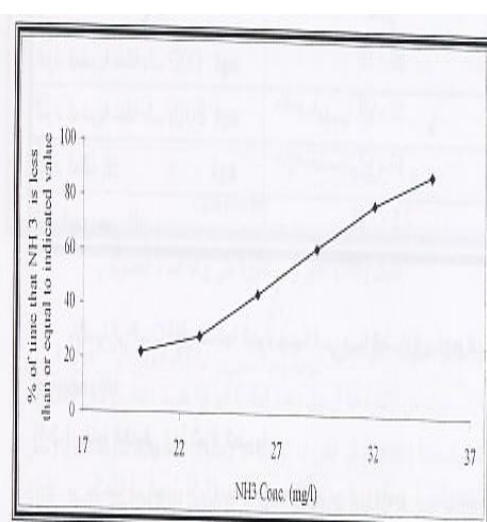
لغرض إيجاد زمن دورة يزيل الملوثات NO_3, NH_3, PO_4 بكفاءة مقبولة ، ومن خلال ملاحظة نتائج التشغيل بأزمان دورة 6، 12، 24 ساعة. فقد وجد بان المرحلة اللاوكسجينية في بداية العملية مهمة في إزالة الفوسفات وان لا تقل عن 4 ساعات . وفي فترة التفاعل يعمد إلى إطالة فترة الظروف الهوائية لإزالة الامونيا (حوالي 6 ساعات). وينفس الوقت إن تحتفظ الأحياء المجهرية بجزء من مخزونها الداخلي لنزع النتروجين في الظروف اللاوكسجينية بعد التهوية من فترة التفاعل ، وعلى هذا الأساس تم اختيار زمن دورة 16 ساعة. والأشكال (14، 15) تبين تراكيز NO_3, NH_3, PO_4 مع الزمن أثناء الدورة التشغيلية 16 ساعة .

أزيلت المواد العضوية على شكل COD بكفاءة 87% ، والفوسفات أزيلت بكفاءة 67%، وحدث إطلاق قليل للفوسفات في مرحلة اللاهوائية anoxic في نهاية التفاعل، فيمكن تقليل زمن هذه المرحلة حيثما يتوافر الغذاء لنزع النتروجين ، لترتفع بعد ذلك كفاءة إزالة الفوسفات إلى 81%. أما الامونيا فقد أزيلت بكفاءة 99% إلا أنه لوحظ عدم حصول انخفاض كبير للنترا، ومع ذلك كانت الإزالة أفضل مما هي في حالة أوقات دورات أخرى ، فكان تركيز النترا بعد المعالجة 10.8 ملغم/ لتر .

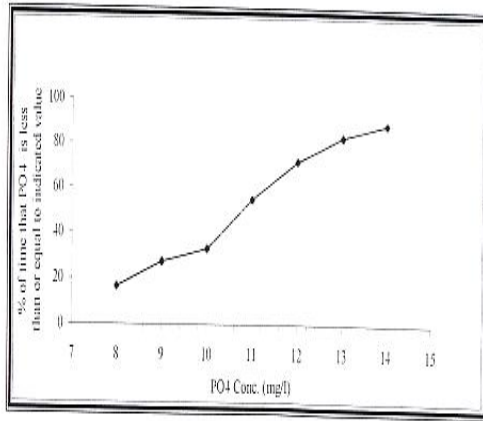
والجدول (2) يقارن بين خصائص المطروحات المعالجة في نظامي SBR بموجب النموذج المختبري في هذا البحث ولمدة 16 ساعة، ومحطة المعالجة القائمة في مجمع المستشفيات والتي تعتمد نظام التهوية المطولة Activated Sludge –extended aeration.



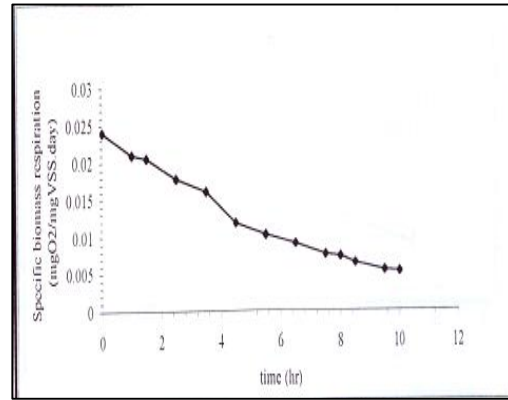
الشكل (2): منحنى توزيع التكرار التراكمي لقيم pH في مياه المطروحات الخا



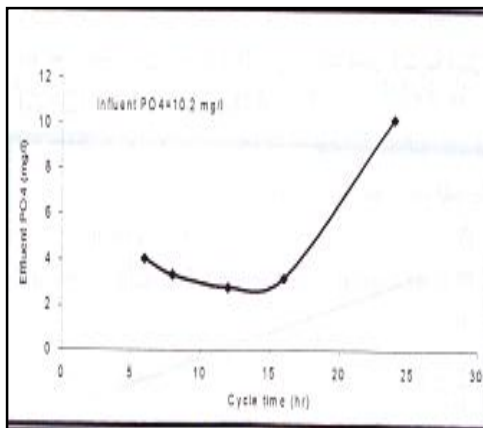
الشكل (3) : منحنى توزيع التكرار التراكمي لقيم NH3 في مياه المطروحات الخام



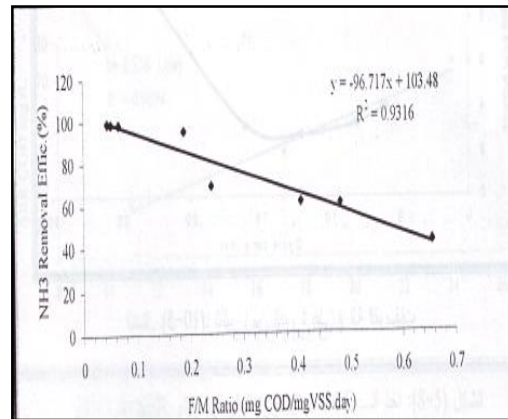
الشكل (4): منحنى توزيع التكرار التراكمي لقيم PO₄ في مياه المطروحات الخام



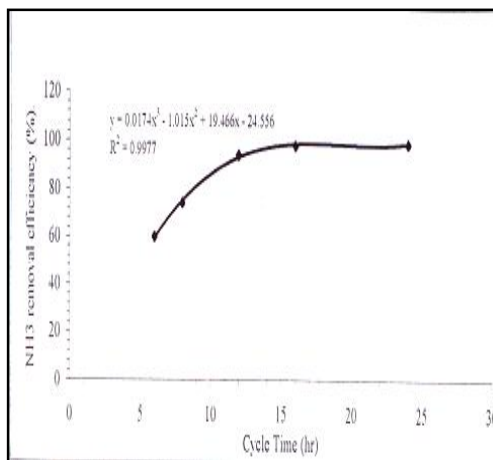
الشكل (5): تغيرات تنفس الأحياء المجهرية خلال تشغيل نظام SBR



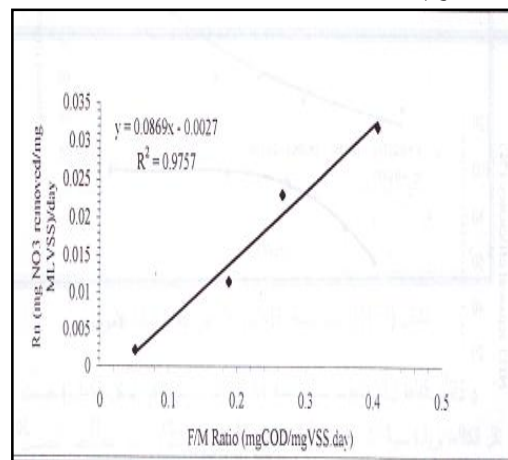
الشكل (6): تأثير زمن الدورة على إزالة الفوسفات



الشكل (7): تأثير نسبة F/M على كفاءة إزالة الأمونيا

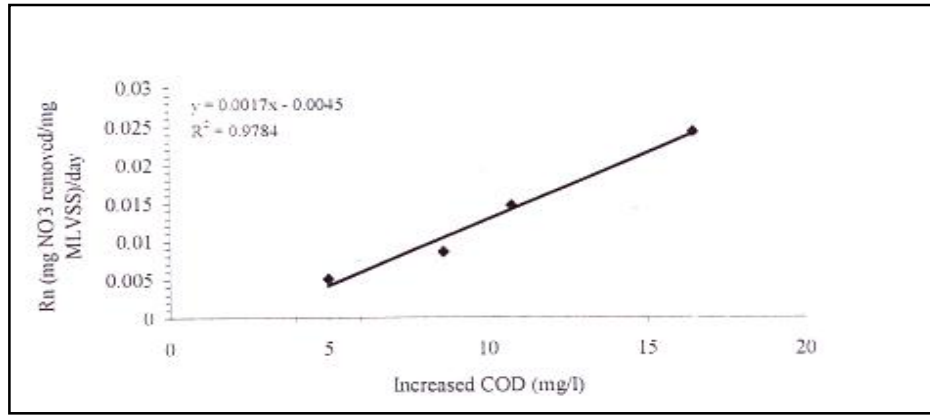


الشكل (8): تأثير زمن الدورة على إزالة الأمونيا

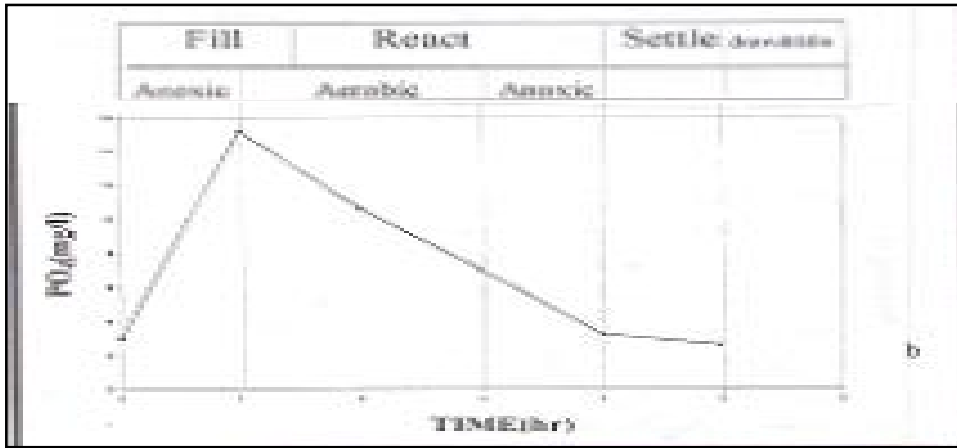


الشكل (9): تأثير نسبة F/M على معدل نزع النتروجين

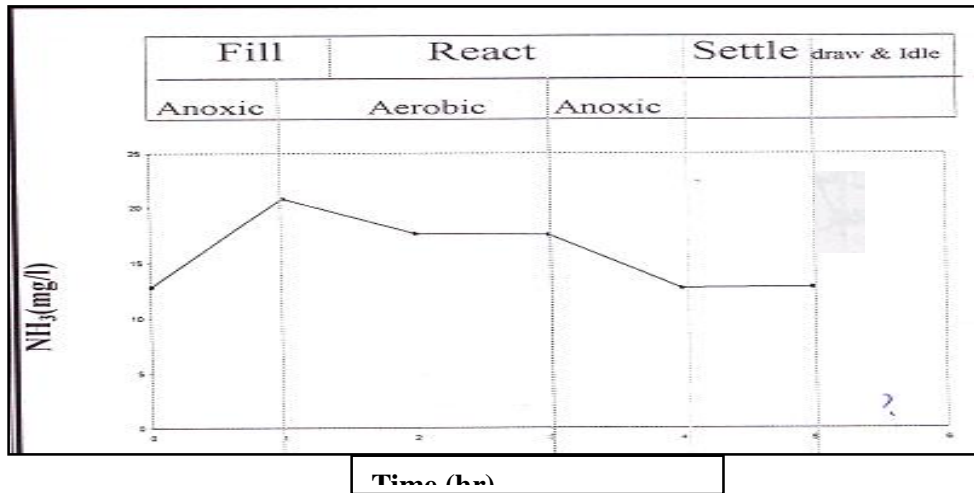
محمود : إزالة الفوسفات و الأمونيا و النترا ت من مياه فضلات مجمع المستشفيات في الموصل بأسلوب الجرعة ...



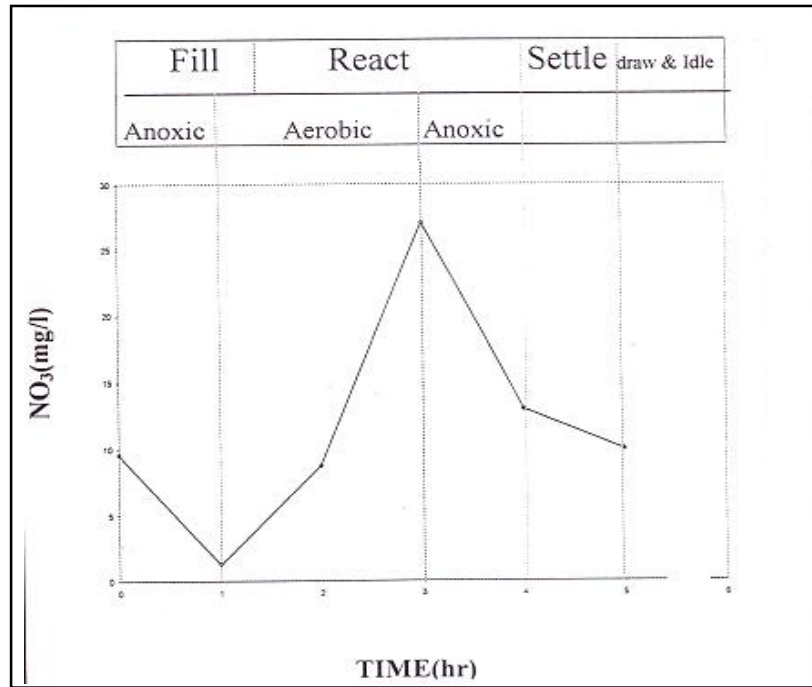
الشكل (10): تأثير إضافة الحمأة الأولية على إزالة النترا ت



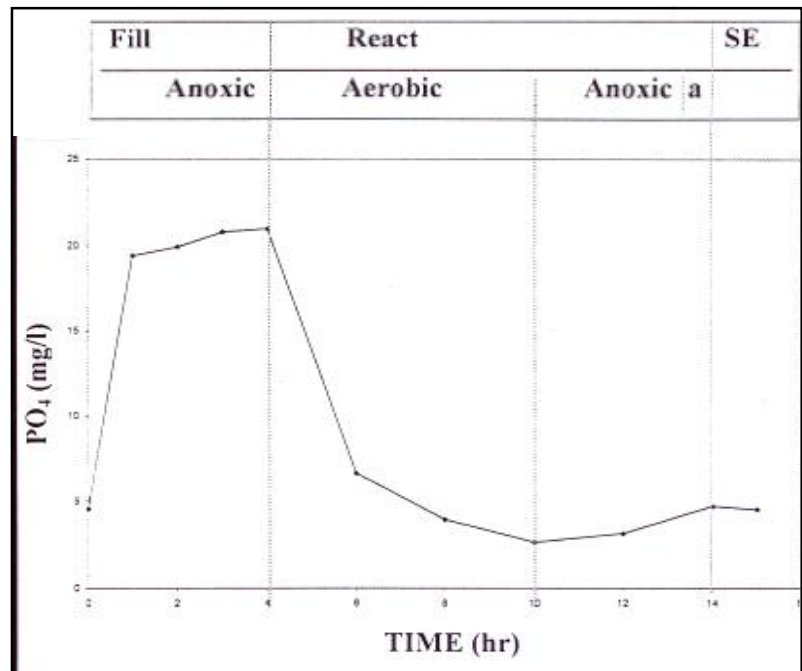
الشكل (11): تغيار تراكيز الـ PO₄ خلال تشغيل نظام SBR عند زمن دورة (6) ساعة



الشكل (12): تغيار تراكيز الـ NH₃ خلال تشغيل نظام SBR عند زمن دورة (6) ساعة

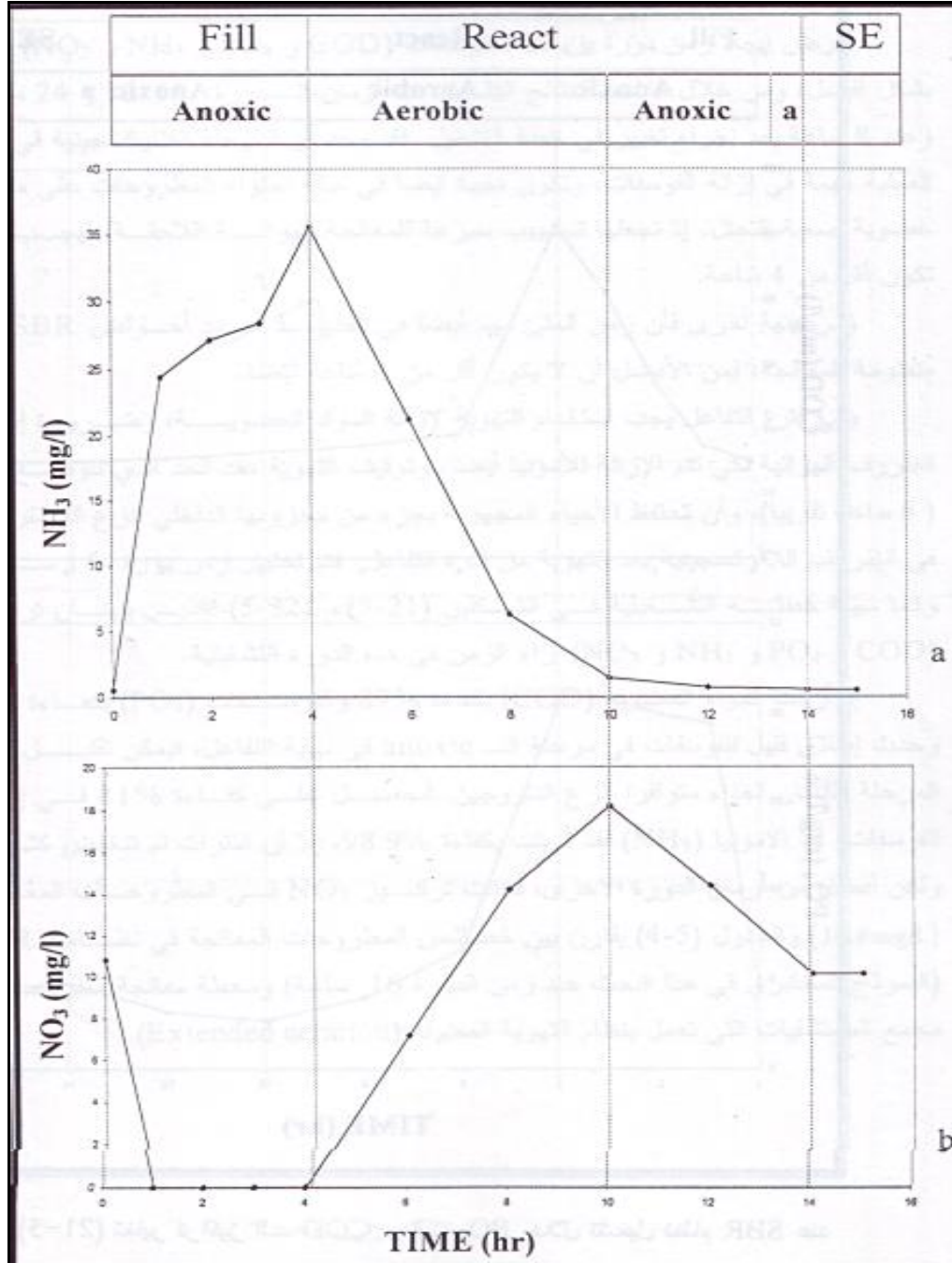


الشكل (13): تغاير تراكيز الـ NO_3 خلال تشغيل نظام SBR عند زمن دورة (6) ساعة

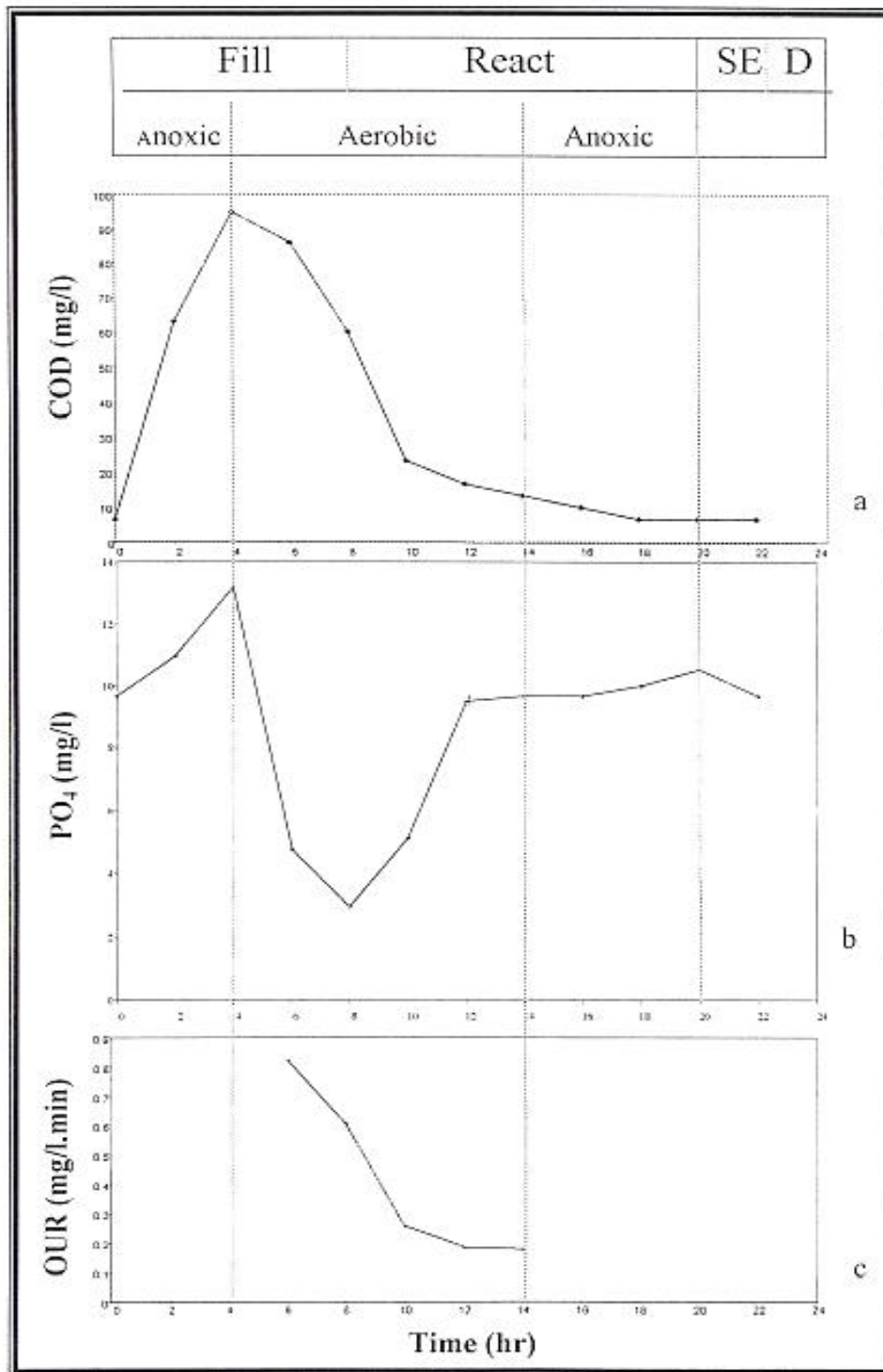


الشكل (14): تغاير تراكيز الـ PO_4 خلال تشغيل نظام SBR عند زمن دورة (16) ساعة

محمود : إزالة الفوسفات و الأمونيا و النترات من مياه فضلات مجمع المستشفيات في الموصل بأسلوب الجرعة...

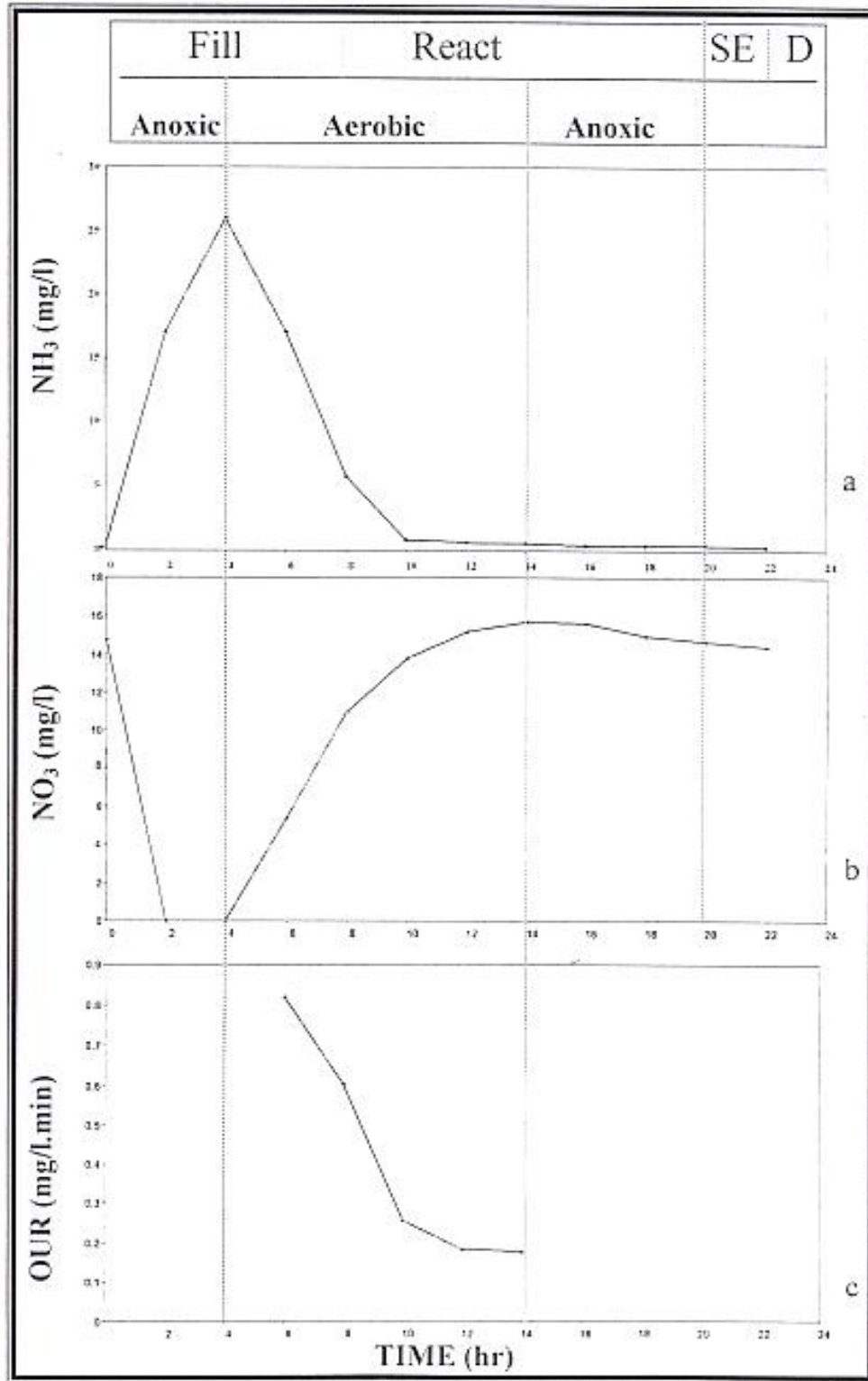


الشكل (15): تغاير تراكيز الـ NH₃ و الـ NO₃ خلال تشغيل نظام SBR عند زمن دورة (16) ساعة



الشكل (16): تغاير تراكيز الـ COD و الـ PO₄ و الـ OUR خلال تشغيل نظام SBR عند زمن دورة (24) ساعة

محمود : إزالة الفوسفات و الأمونيا و النترا ت من مياه فضلات مجمع المستشفيات في الموصل بأسلوب الجرعة ...



الشكل (17): تغيير تراكيز الـ NH₃ والـ NO₃ والـ OUR خلال تشغيل نظام SBR عند زمن دورة (24) ساعة

جدول (2): خصائص مياه الفضلات بعد المعالجة في نظام SBR (النموذج المختبري عند زمن 16 ساعة) و محطة المعالجة القائمة في مجمع المستشفيات (Extended aeration)

محطة المعالجة القائمة	نظام SBR	الخاصية (ملغم/لتر)
7.8 – 6.9	7.61 – 7.13	الرقم الهيدروجيني pH
100 - 20	36 - 30	COD
35 - 10	20 - 13	BOD _s
60 - 15	10 - Nil	المواد العالقة SS
12 - 3.5	5.9 - 2	الفوسفات PO ₄
2.3 - 0.6	- Nil 0.53	الأمونيا NH ₃
36 - 24	13 - 10	النترات NO ₃

الاستنتاجات:

- استنادا إلى النتائج المستحصلة والمناقشات التي تمت في الفقرة السابقة يمكن الخروج بالاستنتاجات الآتية:
- 1- تتأثر كفاءة إزالة الأمونيا بزمن الدورة ودرجات الحرارة وقد تم استنباط العلاقة الإحصائية التالية من نتائج البحث.
معامل الارتباط ($R^2=0.8$).
 $2.3575 - 3.1 \times \text{Temp} = \text{كفاءة إزالة الأمونيا } (\% \text{NH}_3)$
 - 2- الرقم الهيدروجيني pH للتصريف بعد المعالجة يميل بمقدار قليل نحو القاعدية (7.13-7.61).
 - 3- تتحقق إزالة جيدة للمواد العالقة (90-100)% ويعزى ذلك إلى حصول الترسيب بكفاءة عالية والتحلل الحيوي.
 - 4- تحققت نسبة إزالة للفوسفات بحدود (61-67)%. إزالة الفوسفات تزداد مع زيادة زمن الدورة إلى حد زمن دورة قدره 12 ساعة تقريبا، ثم بعد هذا الوقت تزداد تراكيز الفوسفات مرة أخرى ذلك لان التهوية الزائدة خلال فترة التفاعل تؤدي إلى إعادة إطلاق الفوسفات.
 - 5- تحققت إزالة للأمونيا قدرها حوالي 99%.
 - 6- أفضل زمن دورة للإزالة هو:
أ. ملئ لا أوكسجين لمدة 4 ساعات، يليه.
ب. تهوية لمدة 6 ساعات، يليه.
ج. ترسيب لمدة حوالي 0.5 ساعة، يليه.
د. سحب و توقف لمدة ساعة واحدة.
هـ. المجموع حوالي 11.5 ساعة.
- و. في حالة إزالة النترات أيضا" فتستخدم 4 ساعات تهوية بدل 6 ساعات، و ساعتان مزج بطيء (ظروف لا أوكسجينية).

المصادر:

1. وعد محمد علي عباس, "معالجة مياه فضلات المستشفيات بطريقة الجرعة المتتابعة", 2002, اطروحة ماجستير, هندسة مدنية(بيئة), كلية الهندسة, جامعة الموصل.
2. Metcalf & Eddy, Inc., 1979, "Wastewater Engineering", 2nd ed., McGraw –Hill, Inc., N.Y., USA.
3. Kiley, Gerard, 1997, "Environmental Engineering", McGraw –Hill, England.
4. Kerri, K.D., 1998, " Operation of waste treatment plants", Vol. II, 5th ed., Office of programs, California State University, Sacramento, USA.
5. Irvine, et al., 1977, " Investigation of fill and batch periods of sequencing batch biological reactors", J. of Water Research, Vol. 11, PP. 713 – 717.
6. Melcer, H. Bedford. et.al.,1987, "Conversion of small municipal wastewater

- treatment plants to sequencing batch reactors”, J. WPCF, Vol. 59, No.2, PP.79-85.
7. Irvine & Bharmarah, 1979, “Sequencing batch treatment of ww in rural areas “, J. WPCF, Vol.51, No. 2, PP. 244-254.
 8. Alleman et. al., 1989, “Automation of batch ww treatment systems using programmable logic controllers”, Wat. Sci: Tech., Vol.22, PP 1271-1282.
 9. Arora et. al., 1985, “Technology evaluation of sequencing batch reactors” , J.WPCF,Vol.57, No.8, PP. 867-875.
 10. Irvine & Richter, 1976, “Computer simulation & design of sequencing batch biological reactors”, 3rd industrial waste conference, purdue university.
 11. Manning, & Irvine, 1985, "The biological removal of phosphorus in & sequencing batch reactor", J.WPCF, Vol.57, No.1, PP.87-94.
 12. Jones, Schroeder, & Wilder, 1990, "Denitrification in abatch wastewater treatment system using seguesteared organic substances", J. WPCF, Vol.62, No.3, PP.259-267.
 13. Pruss, A.& Townend, W.K., 1998, “Teacher’s Guide : Mangement of Waste from health –cave activities”,WHO,Genev.
 14. APHA, AWWA, WPCF, 1985, “Standard methods for the Examination of Water and WasteWater “, 16th ed., Washington D.C., USA.
 15. Ramalho, R.S., 1977, “Introduction to WasteWater treatment precesser”, Academic press Inc., Canda.
 16. Mc Ghee, T.J., 1991, “Water Supply and Sewerage’’, 6th ed, Mc Graw- Hill, USA.
 17. Winkler, M.A., 1981, “Biological treatment of WasteWater’’ Ist ed., Ellis Horwood L td. Publishers, England.
 18. Irvine, R.L., and Ketchum, L.H., Breyfogle, R.and Barth,E.F., 1983, “ Municipal application of sequencing bath treatment’’, J.WPCF,Vol.55,No.5, PP. 484-488.
 19. Gaudy,A.F., and Gaudy ,E.T., 1980, “Microbiology for environmental scientists & Engineers ” , Mc Graw-Hill, Inc., New York,USA.
 20. Abufayad, A.A. & Schroeder, E.D., 1986, “Performance of SBR/ denitrification with a primary sludge Carbon source ’’, J.WPCF, Vol.58,No.5,PP. 387-397.