مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (33) العدد (3) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (33) No. (3) 2011

استخدام نظام حقن الأكسجين في معالجة المياه ونظام توليد النبضات المركزة في معالجة الحمأة ضمن محطات معالجة مياه الصرف الصحي

الدكتور علي خلوف *

(تاريخ الإيداع 17 / 2 / 2011. قُبِل للنشر في 19/ 6 / 2011)

□ ملخّص □

تطرق البحث إلى استخدام مرحلتين لمعالجة المياه والحمأة، الأولى هي عملية حقن الأكسجين، والتي اعتمدت على استخلاص الأكسجين من منظومة توليد الأكسجين، ومن ثم حقنه في حوض التهوية، لتسريع عملية تنشيط البكتريا، وذلك من خلال انقاص المطلب البيولوجي والكيميائي للأكسجين (BOD,COD)، وهذا ما قلل من زمن مكوث المياه في أحواض التهوية، والثانية اعتمدت على توليد النبضات الكهربائية المركزة (الموجات المركزة) من خلال مولد خاص لهذه الموجات، ومن ثم توجيه هذه النبضات على الحمأة المنشطة الموجودة في أحواض الترسيب، حيث تقوم هذه النبضات على إتلاف وهدم لجدران خلايا المواد العضوية، والمواد الأخرى الموجودة في الحمأة، وهذا ما أدى إلى تسارع تفاعل هذه المواد مع الأكسجين الموجود في الحمأة المنشطة، عبر الالكترون المولد من قبل النبضات المركزة، مما سرع في إزالة المركبات الآزوتية الموجودة في الحمأة، والتخلص السريع من الروائح المنبعثة منها، وأصبح هناك إمكانية لاستخدام هذه الحمأة بعد أن يتم تجفيفها كسماد عضوي للأراضي الزراعية .

الكلمات المفتاحية: معالجة مياه الصرف الصحي، الحمأة المنشطة، النقص البيولوجي والكيميائي للأكسجين.

* أستاذ مساعد – قسم الميكانيك العام – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (33) العدد (3) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (33) No. (3) 2011

Using Oxygen Injection System in the Treatment of Water and Electrical Waves Pulses for Sludge Treatment in Wastewater Treatment Plants

Dr. Ali Khallouf*

(Received 17 / 2 / 2011. Accepted 19 / 6 / 2011)

□ ABSTRACT □

The research explains the use of two steps in the treatment of water and sludge in treatment plants. The first step depends on taking oxygen from the oxygen generating system and injecting it in the ventilation tank to increase the process of bacteria activity, by decreasing the biological and chemical demand of oxygen (BOD,COD). This decreased the time of setting water in the ventilation tank. The second method depends on generating electric centered pulses through a special generator for these waves, and directing these pulses on the active sludge which exists in the settlement tank. These pulses destroy the walls and ceilings of biological materials in the sludge, causing the acceleration of the reaction of this material with the oxygen of the sludge by the electron which is born from centered pulses. This accelerates the removal of nitrogen components in the sludge and the quick removal of its odor. Thus it is possible to use this sludge after drying as organic manure for farms.

Key words: treatment of waste water, active sludge, biological and chemical oxygen demand.

*Associate Professor, Department of General Mechanics, Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, Damascus University, Syria.

مقدمة:

إن التلوث البيئي الحاصل حالياً والناتج عن المصانع والمعامل والسيارات ومياه الصرف الصحي يستدعي اهتماماً كبيراً من الجهات المسؤولة في كافة أنحاء العالم. ولطالما أنّ لمياه الصرف الصحي دوراً في عملية التلوث، حيث يقاس تلوثها بما يسمى بالتلوث العضوي، ويقاس بمعيار يدعى نقص الأكسجين الحيوي BOD_5 (Biochemical Oxygen Demand) وهو يساوي كمية الأكسجين اللازمة لأكسدة المواد العضوية الموجودة في المياه العادمة، وتحويلها إلى مركبات بسيطة ثابتة تحت درجة حرارة $20C^0$ خلال خمسة أيام، وذلك بواسطة أنواع من الكائنات العضوية المجهرية الهوائية وأهمها البكتريا، هذه الكمية تساوي حوالي 0,66 من كمية الأكسجين اللازمة لتفكيك كافة المواد العضوية القابلة للهضم الحيوي الكامل والتي تتطلب فترة من الزمن، وكلما كان تركيز BOD مرتفعاً كان التلوث العضوي في المياه العادمة عالياً. أما نواتج التفكيك الحيوي فهي بشكل عام تتألف من غازات (CO_2، N_2، غيرها)[1,2,8] .

هناك معيار آخر للتلوث العضوي يدعى نقص الأكسجين الكيميائي COD (Chemical Oxygen Demand) وهو يساوي كمية الأكسجين اللازمة للأكسدة الكيميائية (وليست الحيوية) للمواد العضوية الموجودة في المياه العادمة وتحويلها إلى مركبات بسيطة ثابتة، وذلك بواسطة مادة كيميائية مؤكسدة [5] .

من جهة ثانية فقد برزت ضمن محطات المعالجة مشكلة الحمأة، التي تبقى في أحواض الترسيب، والتي تتجمع بكميات كبيرة جداً، ولا يمكن استخدامها إلا بعد معالجتها بهدف التخلص من المركبات السامة والآزوتية التي تحتوي عليها، والتي تهدد مصادر المياه القريبة من المحطات، وأيضاَ الأراضي الزراعية ، لأن استخدام هذه الحمأة بدون معالجتها يؤدي إلى عدم صلاحية هذه الأراضي وتخريبها وهذا ما استدعى التركيز باتجاه إيجاد بعض الحلول المناسبة والتي سنتطرق في هذا البحث إلى إحداها، التي يمكن استخدامها في أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي التي تؤمن إزالة سريعة للمركبات الآزوتية والنتروجين [7] .

أهمية البحث وأهدافه:

يتطرق هذا البحث إلى دمج طريقتين في عملية المعالجة، حيث يتم حقن الأوكسجين من خلال مولد خاص للأكسجين في حوض التهوية لتسريع عملية تنشيط تفاعل البكتريا، وهذا ما يقلل من زمن مكوث هذه المياه في الخزانات، وبعد ذلك يتم معالجة الحمأة الناتجة عن هذه المياه باستخدام مولد للموجات الكهربائية المركزة، التي تعمل على تهشيم وتمزق الخلايا وجدران المواد العضوية والمركبات الأخرى لتتسارع عملية النترجة وتزداد عملية التخلص من المركبات الآزوتية وغيرها، وهذا ما يسمح باستخدام هذه الحمأة بوصفها سماداً مفيداً للأراضي الزراعية .

طرائق البحث ومواده:

مياه صرف صحي – جهاز توليد الأكسجين[1] – حمأة منشطة – جهاز توليد النبضات المركزة [6] .

مرحلة حقن الأكسجين :

الهدف من تركيب جهاز توليد الأوكسجين في محطة المعالجة هو استخلاص الأوكسجين من الهواء، ومن ثم حقنه في مياه الصرف الصحي، لتحسين فترة المعالجة واختصارها، وتقليل نقص الـBOD والـCOD ، حيث يتيح

الجهاز المركب الحصول على الأوكسجين من الهواء وتخزينه في اسطوانة منفصلة، بحيث تستطيع إعطاء الأكسجين في الوقت المناسب عن طريق ضاغط إلى مياه الصرف الصحي .

يقوم الجهاز الذي تم استخدامه بفصل الآزوت عن الأكسجين في الشروط الجوية العادية ودون استخدام الضغوط العالية ودرجات الحرارة المنخفضة، وذلك عن طريق فصل الهواء عبر مواد طبيعية تستطيع إيقاف ذرات الآزوت والسماح لذرات الأكسجين بالمرور عبرها، حيث يمكن الحصول على نقاوة عالية للأوكسجين لا تقل عن 90%، مع الأخذ بالحسبان إمكانية التحكم بالكمية والقياس [1].

تحديد كمية الأوكسجين اللازمة لعملية التخمير وتنشيط البكتيريا [1,3] :

إن تركيز الأكسجين في مياه المستودعات يختلف تبعاً لدرجة حرارة الماء ويصرف الأكسجين المنحل في أكسدة المواد العضوية الآتية مع المياه الملوثة. ونتيجة للأبحاث العلمية بهذا الشأن وجد أن سرعة تحويل المواد العضوية الموجودة في الماء بالأكسدة إلى مركبات ثابتة، وذلك بوجود الكمية الكافية من الأكسجين تتبع القانون الأتي:

[إن سرعة الأكسدة الكيميائية الحيوية للمواد العضوية تتناسب وتركيز هذه المواد العضوية (عند درجة حرارة معينة للماء)، وتتناسب وكمية الأوكسجين اللازم للأكسدة الكيميائية الحيوية لهذه المواد العضوية].

وهكذا يمكن القول إنه بسبب الأكسدة المستمرة للمواد العضوية فان سرعة الأكسدة الكيميائية الحيوية تتناقص باستمرار وهكذا رياضيا [5]..

$$\frac{dx_t}{dt} = k'_1(L_a - x_t) \qquad (1)$$

حيث:

L_a: كمية الأوكسجين اللازمة لأكسدة كل المواد العضوية الموجودة في المياه الملوثة (BOD).

x_t : كمية الأوكسجين المصروف خلال زمن t .

k'_1 : ثابت سرعة مطلب الأكسجين .

وبعد التكامل نجد

$$-\log(L_a - x_t) = k'_1 t + c \qquad (2)$$

عندما t=0 $\leftarrow$ $x_t = 0$ أيضاً ومنه $C = -\log . L_a$

$$+\log(L_a - x_t) = \log . L_a - k'_1 t \qquad (3)$$

وبفرض أن :

$$K_1 = 10 \text{ x } k'_1 \quad \rightarrow \quad k'_1 = \frac{K1}{10} \quad \rightarrow \qquad (4)$$

ومنه يكون

$$L_t = L_a - x_t \qquad (5)$$

حيث L_t : هي كمية الأكسجين المطلوبة لأكسدة المواد العضوية المتبقية بعد مرور زمن t على بدء عملية الأكسدة، وبالتالي فإن كمية الأكسجين اللازمة للتثبيت الحيوي BOD تكتب كالتالي:

$$L_t = L_a .10^{-K_1 .t/10} \qquad (6)$$

أما كمية الأوكسجين المصروف خلال زمن t

$$x_t = L_a (1 - 10^{-K1 .t/10}) \qquad (7)$$

حيث :

K_1 : ثابت تابع لكمية الأوكسجين اللازم، ويتعلق بدرجة حرارة الماء، ويزداد بازدياد الحرارة للمياه المنزلية الملوثة (مياه المجاري) .

و تأخذ K_1 قيماً مختلفة باختلاف درجات الحرارة كما في الجدول (1)

الجدول (1) قيم الثابت K_1 وفقاً لدرجات الحرارة

حرارة الماء ℃	10	15	20	25	30
قيمة K_1	0.063	0.08	0.10	0.126	0.158

وهكذا وعلى سبيل المثال فإن كمية الأوكسجين اللازمة لعملية التخمير وتنشيط البكتيريا باعتبار أن درجة حرارة الماء 25 ℃ وكمية La=167 $^{mg}/_{l}$ الداخلة إلى حوض التهوية[3]

$$L_t = 167 \cdot 10^{-0.126 \cdot t/10} \qquad (8)$$

الرقم 167: تبعا لكمية المياه الوسطية المخصصة للفرد الواحد $\left[\frac{L}{day}\right]$ 200 (تتضمن مياه الزراعة والاستخدام).

مكونات هذا الجهاز ومبدأ عمله وطريقة استخدامه مبينة في [1] .

وبأخذ خمسة عينات بحجم 2,5 ليتر لكل عينة من مياه محطة المعالجة بعدرا شرق دمشق، وحقن الأكسجين في العينات الخمسة ولفترات مختلفة لكل عينة، وتمت عملية قياس النقص البيولوجي والكيميائي للأكسجين مع مرور الزمن ووضعت النتائج في الجدول رقم (2) .

الجدول (2) يبين قيم الـ BOD و الـ COD الحسابية والتجريبية في فترات زمنية مختلفة

رقم العينة	فترة الحقن[min]	الحسابي BOD mg/L	التجريبي BOD(mg/L)	COD(mg/L
*	0	167	167	356
1	15	89	58	330
2	30	66	28	08
3	60	50	11	293
4	120	40**	1,4	271
5	180	30	0,16	242

*** كافة العينات قبل بدء عملية الحقن .**

**** إن الفرق الحاصل بين BOD التجريبي والحسابي يعود لكون عملية حقن الأكسجين تنشط البكتريا مما يتطلب تأمين كمية أكسجين كبيرة لعملية التفاعل .**

مرحلة الموجات (النبضات) المركزة وتأثيرها في خواص الحمأة المنشطة :

تم أخذ عينات الحمأة المنشطة (خمسة عينات) من حوض الترسيب الثانوي وللمحطة نفسها، وبحجم 0,2 ليتراً لكل عينة، وتم تعريض العينات لمولد الموجات الكهربائية المركزة ولمدة (15–10) ثانية، حيث كان الجهد 220 فولتاً، واستطاعة المولد 1350 واطاً، وتردد الموجات 2450 ميغا هرتز، حيث عملت هذه النبضات على تحطم أغشية

الخلايا وجدرانها للمواد العضوية والآزوتية، مما سهل تفاعل الأكسجين الموجود داخل الحمأة من خلال توليد الالكترون المسرع لعملية النترجة [6,7] .

تبين من خلال تحليل تراكيز العينات المدروسة أن الموجات المركزة عندما تسلط على عينات الحمأة فإنها تؤثر في النقص الكلي للأكسجين (TCOD) ، النتروجين ، العوالق الصلبة في الحمأة والعوالق المتطايرة أيضاً وتراكيز NO_3–N و NH_3–N والفوسفور الكلي والنتروجين الكلي والبروتين والكلوكوز وفي الجدول (3)، نبين تراكيز هذه المركبات والعناصر قبل وبعد تعرض العينات لعملية المعالجة بالموجات .

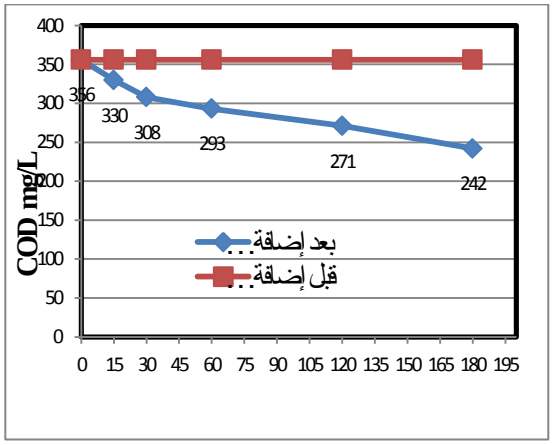
الجدول (3) يبين تراكيز المواد والعناصر الموجودة في الحمأة قبل وبعد المعالجة

التراكيز (mg/L)		
المادة أو العنصر	حمأة غير معالجة	حمأة معالجة بالنبضات
TSS العوالق الصلبة الكلية	8480(±1770)**	8000(±1710)
VSS العوالق الصلبة المتطايرة	6360(±1290)	6090(±1270)
TCOD المطلب الكلي للأكسجين	8510(±2120)	8430(±1990)
Semi– soluble		
BOD	12,8(± 6)	120(±24)
N H_3–N	7(± 4)	13,6(±5,2)
النتروجين الكلي	7,3(± 4)	25,7(± 10,1)
الفوسفور الكلي	3,4(± 0,1)	22,2(± 0,4)
البروتين	33(± 3,6)	67(± 40,2)
الكلوكوز	4,9(± 0,9)	4(± 8,5)

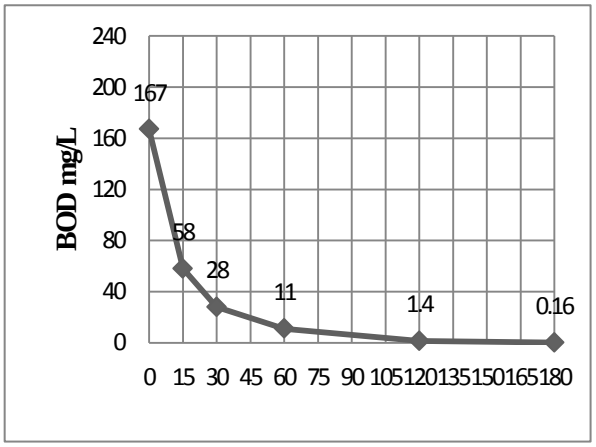
**** الأرقام داخل الأقواس هي الانحرافات القياسية الحاصلة في تراكيز عينات مياه الصرف المختبرة (عدد العينات 5) وهذا الانحراف يعود لاختلاف أيام وأوقات سحب هذه العينات من المحطة .**

النتائج والمناقشة :

يبين الجدول (2) أن نقص الأكسجين الحيوي والكيميائي للمياه المعالجة بعد حقن الأكسجين يتناقص مع مرور الزمن وهذا ما تبينه الأشكال (1) و (2) .



الشكل رقم(2) يبين تغير الـCOD قبل المعالجة بالأكسجين وبعدها



الشكل رقم(1) يبين تغير الـBOD خلال 3 ساعات

ومن هنا يتضح لدينا أن عملية حقن الأكسجين قد ساعدت على تنشيط البكتريا، وهذا يعني أنه لاداعي لمكوث المياه المعالجة في أحواض التهوية لفترات طويلة ويمكن أن تصبح من 4 – 3 ساعات .

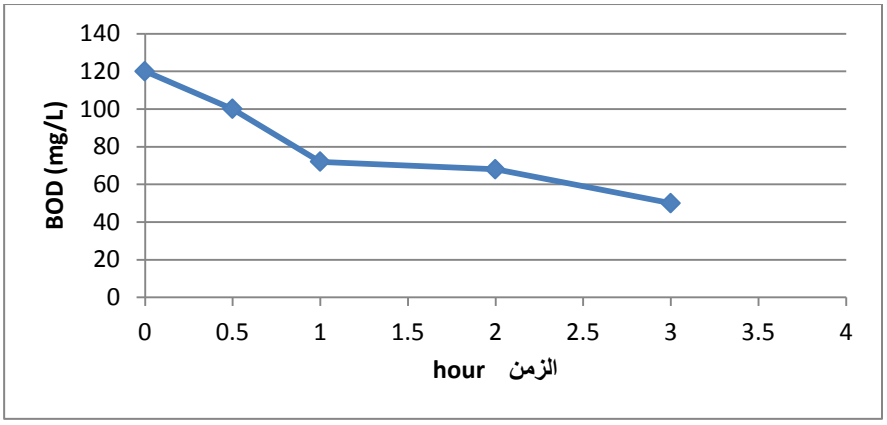
فيما يخص عملية معالجة الحمأة بالموجات (النبضات) المركزة؛ وبناء على المعطيات المبينة في الجدول(3) قبل المعالجة وبعدها، لوحظ أن العوالق الصلبة والعوالق المتطايرة انخفضت بمقدار 480 mg/L و 270 mg/L على التوالي، والشيء المهم أنه بعد المعالجة فإن قسماً من العوالق الصلبة قد تحول إلى أجزاء صغيرة. بعد المعالجة بالنبضات حيث إن النقص الكلي للأكسجين TCOD ومركبات الكلوكوز والبروتين قد ازدادت، وهذه الزيادة في تراكيز المركبات شبه المنحلة تتعلق في بنية غشاء الخلايا المكونة لها . إن تركيز هذه المواد ازداد أيضاً لأنه حصل ارتفاع في درجة الحرارة، حيث ازدادت درجة حرارة الحمأة بعد معالجتها بمقدار $17(\pm 3)C^{o}$. ويقتضي التوضيح أنه كلما ازداد حجم العينة فإنه علينا زيادة زمن تعرض العينة للموجات المركزة.*

إن زيادة النقص الحيوي للأكسجين BOD والنتروجين الكلي TN في بدء عملية المعالجة هي بمنزلة بارمترات حرجة للحكم فيما إذا كانت طريقة المعالجة بالنبضات مجدية أم لا في عملية إزالة النترات من مياه الصرف الصحي .

ومن معطيات الجدول (3) نجد أن النقص الحيوي للأكسجين ازداد بمقدار أكبر، وذلك لأنه هو بمنزلة المحرض ولكن TN شبه المنحلة لم تزدَدْ كثيراً، لأن الزيادة الحاصلة في النتروجين الكلي أضيفت إلى كمية النتروجين الواجب أكسدتها ومن ثم أخيراً تمت إزالتها [4] .

نلاحظ هنا أن المركب NO_2–N لم يتأثر بعملية المعالجة ولم يتم التخلص منه .

وعلى الشكل (3) نبين تغير تركيز الـ BOD في الحمأة مع مرور الزمن ولمدة ثلاث ساعات .



الشكل (3) يبين تغير الـ BOD مع الزمن

أما ما يخص عملية نزع الآزوت (عملية النترجة) فإن تراكيز NO_3–N تبعاً للزمن ولفترة قياس استمرت 3 ساعات قد تناقصت بشكل واضح، حيث إن مردود عملية النترجة ارتفع من 30% تقريباً للحمأة غير المعالجة إلى 85% للحمأة المعالجة باستخدام النبضات المركزة تبعاً للشكل (4).

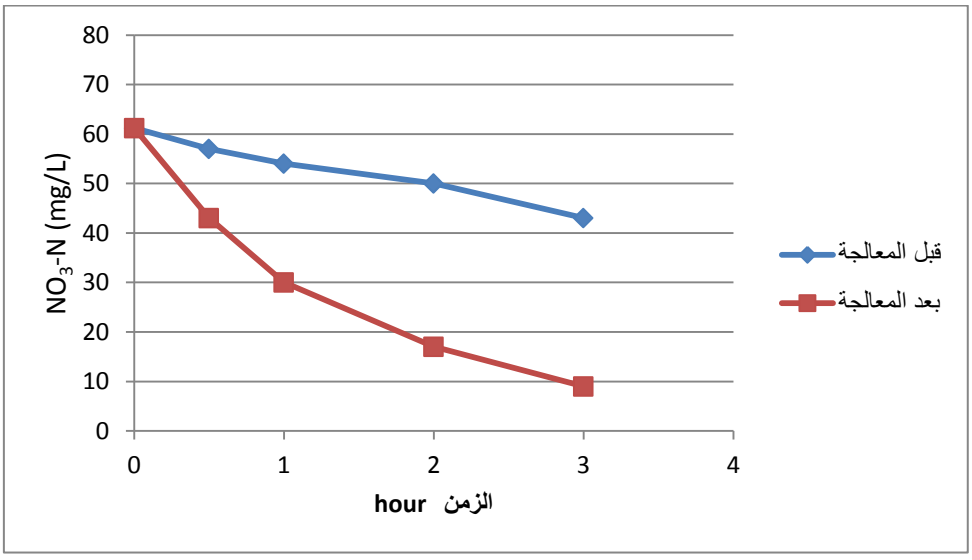
* **إن زمن تعرض المياه اختصر إلى 3–4 ساعات أما زمن معالجة الحمأة بالموجات القصيرة يزداد تبعاً للتدفق الحاصل .**

حيث يبين الجدول (4) كميات NO_3–N قبل وبعد المعالجة بالموجات .

الجدول (4) يبين تغير تركيز NO_3–N قبل وبعد المعالجة

التراكيز (mg/L)		
الزمن بالساعة	NO_3–N قبل المعالجة	NO_3–N بعد المعالجة
0	61,2	61,2
0,5	57	43
1	54	30
2	50	17
3	43	9

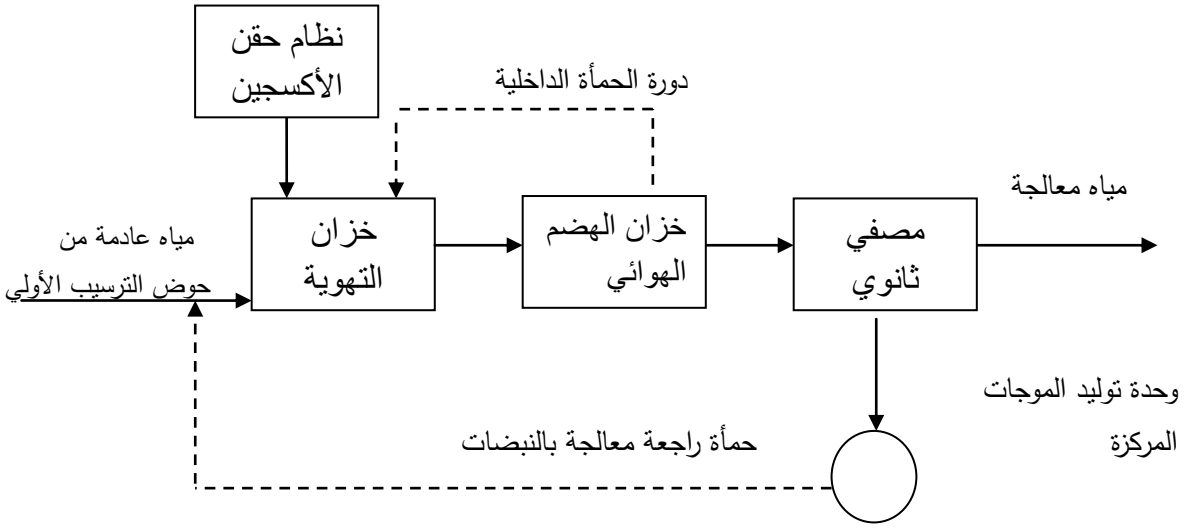
وفي الشكل رقم (4) نبين تغير تراكيز NO_3–N تبعاً للزمن باستخدام المعالجة بالنبضات.



الشكل رقم (4) يبين تغير تركيز NO_3–N في الحمأة تبعاً لفترة المعالجة

وهكذا نجد أن طريقة معالجة الحمأة بالنبضات المركزة قد سرعت من عملية النترجة بمقدار الضعف أو أكثر، وهذا يتطابق مع [5,7] مقارنة مع الحمأة بدون معالجة .أما بالنسبة للمركب NH_3–N فقد تمت إزالته ضمن المركبات الكلية للنتروجين TN .

يوضح الشكل (5) مبدأ تطبيق مرحلة الحقن بالأكسجين ومرحلة المعالجة بالنبضات كمولد لالكترون عملية النترجة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي.



الشكل (5) يبين مراحل عمل دارة معالجة المياه والحمأة بوجود نظام حقن الأكسجين ونظام توليد الموجات المركزة

الاستنتاجات والتوصيات:

لقد تبين من العينات المختبرة التي طبق عليها حقن الأكسجين ومولد النبضات المركزة انخفاض النقص الحيوي للأكسجين بشكل واضح، وهذا ينطبق أيضاً على النقص الكيميائي للأكسجين، ويفسر ذلك على أن حقن الأكسجين قد سرع من عملية تنشيط البكتريا، وتأمين كمية الأكسجين اللازمة للتفاعل بشكل أسرع، بينما توليد النبضات داخل الحمأة المنشطة قد أدى إلى تسريع عملية النترجة من خلال توليد الالكترون المنشط لعملية تفاعل الأكسجين مع المركبات الآزوتية، وهذا ما يوضحه الشكل رقم (4)، وبالتالي فإن دمج هاتين الطريقتين في عملية المعالجة قد أظهر الميزات التالية:

1- رفع نقص الأكسجين الكلي عند بدء عملية المعالجة بالأكسجين والنبضات معاً وبعدها يتناقص هذا النقص مع مرور الزمن .

2- إن استخدام تدوير الحمأة بعد المعالجة بالنبضات قلل من تركيز NO_3-N.

3- إن استخدام الطريقة المذكورة في البحث من المعالجة يقلل من فترة مكوث الحمأة من أيام إلى عدة ساعات فقط .

4- التوفير في عملية المعالجة، لأن المواد المستخدمة التقليدية في معالجة المياه والحمأة ثمينة وتزيد من الروائح المنبعثة (كاستخدام الميتان أو الاسيتانول في معالجة الحمأة) .

5- هذه الطريقة الجديدة من المعالجة تعمل على إنقاص تركيز الأمونيا والنترات بشكل سريع أكثر من باقي الطرق التقليدية .

6- إن استخدام نظام حقن الأكسجين و نظام توليد النبضات المركزة يساعد على تقليل المساحة المستخدمة في محطات المعالجة .

7- الحصول على مردود أفضل باستخدام هذه التقنية ضمن زمن أقل بكثير من عملية المعالجة التقليدية المتبعة في محطات المعالجة .

المراجع:

1- د.م.علي خلوف. *رفع أداء محطة معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام جهاز توليد الأكسجين*. مجلة جامعة البعث، العدد الثاني والثلاثون ،2010.(قيد النشر)

2- منشورات منظمة الصحة العالمية.*ارشادات في تصميم وتشغيل وصيانة محطات معالجة المياه العادمة*.عمان-الأردن،2008،121

3- BARUGH, A. *Clean Water Oxygen transfer tests aeration system*, Barcelona, 2004, 570.

4-ESKICIOGLU, C.; KENNEDY, K. *characterization of solube organic matter of waste activated sludge*. Water Res.,40.2007,3736.

5- MARG, O. *How to measure biochemical oxygen demand*, Hydrology project training module File: " 17 How to measure BOD.doc,New Delhi,1999,

6-OA, S.W.; KIM, G. *determination of electron donors by Comparing Reaction Rated*. Journal Environ. Science Health Vol(41),2006,2359-2372.

7-SEDLAK, R. *Phosphorus and nitrogen removal for municipal Waste water*, 2nd ed; Washinton 1991, 33-59.

8- ZHEN, H.A. *oxygen-transfer measurement in clean water*, international journal, Vol (13) technical university of Denmark, 2003, 25-31.