مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (21) العدد (8) 1999
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (21) No (8) 1999

تحديد المتحولات المثالية لعمليات معالجة المياه السطحية المستخدمة للأغراض المعيشية (حالة دراسة: معالجة مياه سد الحفة)

الدكتور حسام صبوح*
جلال جديد**

(ورد إلى المجلة في 1999/4/18، قبل للنشر في 1999/6/14)

□ الملخص □

يتلخص البحث في دراسة تأثير مواصفات المياه الخامية (العكارة ودرجة الحرارة) المأخوذة من سد الحفة وكذلك تأثير المتحولات الهيدروديناميكية لعمليتي المزج وتشكل الندف (استمرارية وشدة كل منهما)، في نتيجة عملية التصفية النهائية بالعكارة المتبقية في الظروف المخبرية.

وبنتيجة معالجة نتائج التجارب المخبرية، توصلنا إلى تحديد القيم المثلى للمتحولات المذكورة في الظروف الساكنة، والتي تحقق الغاية المرجوة من عملية التصفية، مما سمح لنا بتصميم وحدة تصفية مدمجة، ننصح بتطبيقها في معالجة مياه سد الحفة والمياه المماثلة لها من حيث الخواص الفيزيائية والكيميائية، وذلك لاستخدامها كمياه للشرب، والأغراض المعيشية.

* أستاذ مساعد في قسم الهندسة البيئية –كلية الهندسة المدنية –جامعة تشرين –اللاذقية – سورية.
** طالب ماجستير في قسم الهندسة المائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (21) العدد (8) 1999
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (21) No (8) 1999

Optimum Parameters Determination of the Natural Surface Water Treatment for Water Supply (Sad Al-Haffeh Water Treatment)

Dr. Houssam SABBOUH*
Jalal JADEED**

(Received 18/4/1999, Accepted 14/6/1999)

❐ ABSTRACT ❐

The research aims to study the influence of enitial temperature, turbidity and hydrodinamic parameters of mixing and floculation process on final clarification as resedual turbidity of Sad Al – haffeh Water.

Depending on what we have mentioned above, we defined optimum values of parameters, which allow us to design compacted clarification unit for treatment of the Sad – Al – Haffeh water for drinking and domestic purposes.

* Associte Professor at Department of Environment Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University Lattakia, Syria.
** Master Student at Department of Aquatic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University Lattakia, Syria.

1- مقدمة:

يعد سد الحفة من السدود السطحية الهامة في الساحل السوري، إذ إنه يمثل مصدراً لتزويد مدينة الحفة ومجموعة من القرى المجاورة لها بمياه الشرب، وذلك بعد إخضاع مياهه لعملية معالجة بسيطة، متمثلة بالترشيح البطيء والتعقيم، ومن ثم ضخها إلى المستهلك [1].

انطلاقاً من مواصفات مياه السد، التي تم الحصول عليها من المؤسسات المختصة، واستناداً إلى طريقة التصفية المتبعة حالياً (الترشيح البطيء)، نجد أن الغاية الأساسية من هذه التصفية، تنحصر في تخليص المياه الخامية بالدرجة الأساسية من عكارتها، والتي تصل إلى قيمتها الأعظمية في فصل الشتاء عند استقبال بحيرة السد للعديد من الجريانات السطحية المحملة بالطمي، والتي تسبب تعكر مياه البحيرة في تلك الفترة.

2- الهدف من البحث:

تنحصر الغاية من البحث في إيجاد القيم المثلى لمتحولات عمليتي المزج وتشكل الندف (استمرارية وشدة كل منهما)، عند استخدام الهواء كقوة محركة أساسية لإنجاز هاتين العمليتين، وذلك من أجل عكارات ودرجات حرارة مختلفة للمياه الخامية المأخوذة من بحيرة السد، بغية تصميم واختبار وحدة تصفية مدمجة مقترحة من قبلنا، ومؤلفة من حوض عام يحتوي في داخله على حوض مشترك لإتمام عمليتي المزج وتشكل الندف، وعلى عناصر صفائحية واقعة على جانبي هذا الحوض المشترك، وتقوم بدور المرسب الصفائحي.

3- تنظيم العمل التجريبي:

بغية تنظيم العمل التجريبي للوصول إلى الغاية المرجوة، تم تحديد العوامل المؤثرة في سير عملية التصفية على النحو التالي [2...4]:

M_0 – عكارة المياه الخامية، مغ/ل.

t - درجة حرارة المياه المعالجة، م°.

T_1 – زمن استمرار عملية المزج، ثا.

G_1 -معامل تدرج سرعة المزج، ثا$^{-1}$.

T_2 - زمن استمرار عملية تشكل الندف، ثا.

G_2- معامل تدرج سرعة تشكل الندف، ثا$^{-1}$.

ولتجنب تأثير العوامل الفيزيائية والكيميائية (التي لم تؤخذ بعين الاعتبار) في نتيجة التجارب، أجريت جميع التجارب باستخدام نوعية واحدة من المياه، حيث تم تخزين الحجم الكافي من المياه المأخوذة من بحيرة سد الحفة في خزان خاص في المخبر، قبل البدء بالعمل التجريبي.

أما اختيار مجالات (حدود) تأرجح قيم العوامل المؤثرة في عملية التصفية، فقد تم وفقاً للتصورات التالية [5.....9]:

1- عند تحديد القيمة الأعظمية للعامل (M_0) (عكارة المياه الخامية)، انطلقنا من قيمة العكارة الأعظمية المسجلة من قبل المؤسسات المختصة في مياه سد الحفة (موضوع الدراسة)، أما القيمة الأصغرية، فقد حددت انطلاقا من أن المياه ذات العكارة الأقل من (12 -15 mg/l)، يمكن توجيهها مباشرة إلى المرشحات السريعة دون إخضاعها لعملية الترويب أو الترسيب الجدول (1).

2- إن حدود مجال تأرجح قيم العامل (t) (درجة حرارة المياه الخامية)، أخذت انطلاقا من درجة الحرارة الأعظمية والأصغرية المسجلة في مياه السد (موضوع الدراسة)، وعلى مدى سنين عدة من قبل الهيئات المختصة في الواقع العملي (الجدول 1).

3- فيما يتعلق بحدود مجالات تأرجح العاملين (T_1) (زمن المزج) و(T_2) (زمن تشكل الندف)، فقد تم اختيارها بحيث تشمل القيم المعروفة لهذين العاملين في أحواض المزج، وأحواض تشكل الندف المستخدمة في الواقع العملي.

4- أخيراً، وبما يخص العاملين (G_1) (معامل تدرج سرعة المزج) و(G_2) (معامل تدرج سرعة تشكل الندف)، فقد حددت مجالات تأرجحها انطلاقاً من نفس التصورات التي اعتمدت بالنسبة للعاملين (T_1 , T_2)، ولكن مع مراعاة مردود مضخات الهواء المتوافرة لدينا في المختبر، إذ إن قيمة كل من (G_1) و (G_2) مرتبطة (كما سنرى لاحقاً) بغزارة الهواء المتدفق إلى داخل حجم المياه الخاضعة للتصفية.

استناداً إلى التصورات المعروضة أعلاه، أوردنا في الجدول (2) مجالات وخطوات تغير العوامل الستة المأخوذة بعين الاعتبار.

أما تسلسل إجراء التجارب فقد كان على النحو التالي: (الجدول 3).

1- **المرحلة الأولى:** تتضمن إجراء سلسلة واسعة من التجارب، تتمثل في تعيين فعالية عملية التصفية، من أجل كل قيمة من قيم العكارة الواردة في الجدول (2)، وذلك عند درجات الحرارة الثلاث المأخوذة بعين الاعتبار، ومن أجل كل عكارة، ودرجة حرارة للمياه الخامية، تم إجراء التجارب عند جميع قيم(T_1) الواردة في الجدول (2)، في حين أخذت قيم العوامل الأخرى ثابتة كما يلي:

($G_2 = 30\ sec^{-1}$, $T_2 = 8\ min$,
$G_1 = 200\ sec^{-1}$)

الجدول (1): بعض مواصفات عدد من السدود السطحية في الساحل السوري

المواصفات	موقع السد						
	سد الحفة		نهر السن	سد السادس عشر من تشرين	سد الشهيد باسل الأسد في طرطوس	الحويز	نبع سوريت
	تاريخ أخذ العينات						
	1998 / 1 / 3	1998 / 12 / 5	1998 / 6 / 4	1998 /1 / 9	1998 / 1 / 23	1998 / 1 / 30	1998 / 7 / 29
درجة الحرارة، C^0	12	12	15.5	12	14	13.5	18.5
العكارة، mg / l	40	50	49	40	50	55	4.4
الأمونيا، mg / l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
الرقم الهيدروجيني، pH	7.8	7.9	7.6	7.8	7.38	7.4	7.7
الأكسجين المنحل، mg / l	7.8	8.4	7.2	7.7	8.0	9.6	7.2

2- المرحلة الثانية: القيام بإجراء التجارب وفق المخطط الوارد في المرحلة الأولى، ولكن تم هنا اعتماد قيمة (T_1) المثالية لكل حالة، وهي القيمة الموافقة لأقل عكارة متبقية في المياه بعد التصفية ومن أجل جميع قيم (G_1) ، بينما أخذت قيم العوامل الأخرى المتبقية ثابتة، أي أن:

($G_2 = 30\ sec^{-1}$, $T_2 = 8\ min$).

3- المرحلة الثالثة: بعد الحصول على قيم (T_1) و(G_1) المثالية من أجل كل قيمة للعكارة الخامية، وعند درجات الحرارة المختلفة يتم اعتماد هذه القيم، ونجري سلسلة أخرى من التجارب عند جميع قيم (M_0)، وتحت درجات حرارة مختلفة، ومع الأخذ بعين الاعتبار القيمة المثلى للعاملين (T_1) و (G_1)، ومن أجل كل حالة، وذلك عند جميع قيم (T_2)، في حين بقيت قيمة (G_2) ثابتة ومساوية ($G_2 = 30\ sec^{-1}$).

الجدول (2): حدود وخطوات تأرجح العوامل المؤثرة في عملية التصفية

عكارة المياه الخامية (M_0) mg/l	درجة حرارة المياه الخامية (t) C°	زمن استمرار عملية المزج (T_1) sec	معامل تدرج سرعة المزج (G_1) sec^{-1}	زمن استمرار عملية تشكل الندف (T_2) min	معامل تدرج سرعة تشكل الندف (G_2) sec^{-1}
15	10	10	100	3	15
65	18	20	200	8	30
115	25	30	300	13	45
165	-	45	400	18	60
215	-	60	500	23	75
-	-	90	600	30	100
-	-	120	-	-	-

4- المرحلة الرابعة: وهي المرحلة الأخيرة من التجارب في هذا القسم من البحث، وتمثلت بإجراء التجارب عند جميع قيم (M_0)، ومن أجل درجات الحرارة الثلاث المعتبرة، وذلك عند جميع قيم (G_2) الواردة في الجدول (2)، مع مراعاة القيم المثلى للعوامل (T_1) و(G_1) و(T_2)، والتي تم الحصول عليها في المراحل الثلاث السابقة، من أجل كل عكارة للمياه الخامية، وعند كل درجة من درجات الحرارة التي أجري الاختبار عندها. ومن ثم، وبنفس الشكل السابق، تمكنا من تحديد قيم (G_2) المثالية الموافقة للعكارات المختلفة.

الجدول (3): قيم العوامل المأخوذة بعين الاعتبار خلال مراحل التجارب الأربع

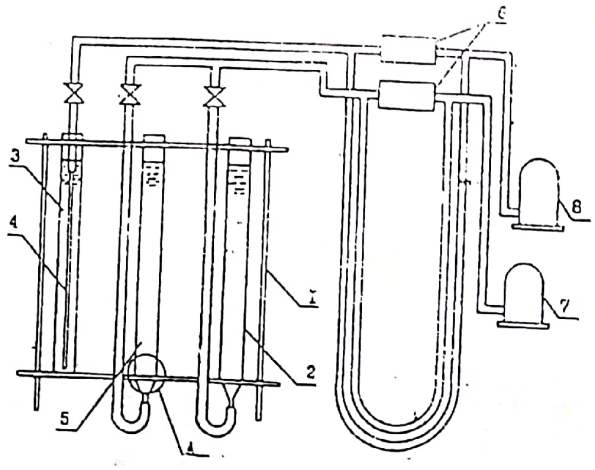
رقم التجربة	المرحلة الأولى				المرحلة الثانية				المرحلة الثالثة				المرحلة الرابعة			
	العوامل المأخوذة بعين الاعتبار				العوامل المأخوذة بعين الاعتبار				العوامل المأخوذة بعين الاعتبار				العوامل المأخوذة بعين الاعتبار			
	T_1 sec	G_1 Sec^{-1}	T_2 sec	G_2 Sec^{-1}	T_1 sec	G_1 Sec^{-1}	T_2 sec	G_2 Sec^{-1}	T_1 sec	G_1 Sec^{-1}	T_2 sec	G_2 Sec^{-1}	T_1 sec	G_1 Sec^{-1}	T_2 sec	G_2 Sec^{-1}
1	10	200	480	30	القيم المثلى الناتجة من المرحلة الأولى من أجل كل مكررة خلية	100	480	30	القيم المثلى الناتجة من المرحلة الأولى من أجل كل مكررة خلية	القيم المثلى الناتجة من المرحلة الثانية من أجل كل مكررة خلية	180	30	القيم المثلى الناتجة من المرحلة الأولى من أجل كل مكررة خلية	القيم المثلى الناتجة من المرحلة الثانية من أجل كل مكررة خلية	القيم المثلى الناتجة من المرحلة الثالثة من أجل كل مكررة خلية	15
2	20					200					480					30
3	30					300					780					45
4	45					400					1080					60
5	60					500					1380					75
6	90					600					1800					100
7	120					-					-					

4- التجهيزات اللازمة وطريقة العمل:

لقد أجريت جميع التجارب على الجهاز المخبري المبين في الشكل (1)، والمؤلف من هيكل معدني حامل لاسطوانات الاختبار، حيث توضع جميعها في حمام مائي ذي تحكم أوتوماتيكي لدرجة الحرارة وهذا ما أمكننا من المحافظة على درجة الحرارة المطلوبة للمياه الخامية أثناء الاختبار وذلك وفقاً للظروف ولمعطيات كل سلسلة من التجارب.

وكمادة مروبة (مخثّرة) فقد استخدمت كبريتات الألمنيوم المائية $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$، وذلك لأنها أكثر المواد المخثرة شيوعاً في محطات تصفية مياه الشرب. ولتجنب تأثير الجرعة المضافة من كبريتات الألمنيوم في دقة تقييم تأثير العوامل المأخوذة بعين الاعتبار، فقد أجريت جميع التجارب بعد إضافة الجرعة المثالية من هذه المادة، والموافقة لنوعية المياه الخامية (عكارتها ودرجة حرارتها) والتي تم تحديدها بطريقة التخثير التجريبي (Jar-Test).

ولكي نتمكن من تغيير قيمة العامل (M_0) وفقاً لظروف التجربة، فقد تم استخدام الطمي المأخوذ من منطقة المأخذ المائي على بحيرة السد، والذي جرى تحضيره من قبلنا بالطرق الهيدروليكية المعروفة، بحيث تتوافق سرعة ترسيب ذراته في الظروف الساكنة مع سرعة الترسيب التصميمية للمرسب الصفائحي، الذي سيستخدم ضمن وحدة التصفية المدمجة المشار إليها أعلاه [10].هذا، ويتلخص سير العمل التجريبي على النحو التالي:



الشكل (1): رسم تخطيطي للجهاز المخبري المستخدم لإجراء التجارب

1- قاعدة لحمل أسطوانات الاختبار، 2 و3- أسطوانات ضبط تدفق الهواء اللازم للمزج والخلط، 4- أنبوبة توزيع الهواء اللازم للخلط، 5- أسطوانة اختبار، 6- تجهيزات مساعدة لقياس حجم الهواء المتدفق، 7 و 8- مضخات الهواء اللازم لسير التجربة.

تملأ أسطوانات الاختبار حتى الارتفاع الموافق لحجم يساوي لتراً واحداً بالمياه الخامية ذات المواصفات الفيزيائية والكيميائية المعروفة مسبقاً، ومن ثم، وبمساعدة صمامات تحكم خاصة، يتم ضبط حجم الهواء المتدفق، والموافق لقيمة معامل سرعة تدرج المزج أو الخلط (G_1, G_2)، والمحددة مسبقاً، وذلك في أسطوانة ضبط (اختبار) خاصة. ومباشرة، بعد إضافة المادة المخثرة إلى المياه الخامية، نحول تدفق الهواء إلى اسطوانة الاختبار المملوءة بها من أجل إنجاز عملية المزج، ومع انتهاء الزمن اللازم لهذه العملية نوقف ضخ الهواء المخصص للمزج وندخل ضمن المياه المعالجة في اسطوانة الاختبار ذاتها أنبوبا ينتهي بقطر (2mm)، ونعيد ضخ الهواء، عبره لإتمام عملية الخلط (تشكل الندف). ومع انتهاء الزمن اللازم لعملية الترويب (تشكل الندف) نوقف من جديد ضخ الهواء ونسحب مباشرة الأنبوب المذكور، ونغمره في أسطوانة المراقبة، ونترك بعد ذلك المياه المعالجة في أسطوانة الاختبار فترة زمنية مقدارها (30min)، لتأمين ترسيب القسم الأعظم من الذرات العالقة، ومن ثم وبوساطة خرطوم صغير القطر، نأخذ عينة من المياه حجمها (20ml) من أعلى مستوى للماء في الأسطوانة، ونحدد فيها العكارة المتبقية، وقيمة (pH)، وذلك بوساطة أجهزة خاصة بذلك.

للحصول على أعلى دقة ممكنة لنتائج التجربة، فقد تم تكرار كل تجربة مرتين، ومن ثم أخذنا متوسط هاتين القيمتين، وعند التباين الواضح بين هاتين القيمتين تمت إعادة التجربة للمرة الثالثة، وأخذنا متوسط القيم الثلاث.

نشير هنا إلى أن تحديد كمية الهواء اللازمة للمزج، وتشكل الندف الموافقة لقيم (G_1 , G_2) من أجل كل تجربة تم باستخدام العلاقة التالية [5]:

$$Q = \frac{G^2 \cdot V \cdot \eta}{P_0 \cdot \ln \frac{P_0 + \rho \cdot g \cdot h}{P_0}} \quad m^3/\sec \quad (1)$$

حيث أن:

Q- تدفق الهواء اللازم للمزج أو لتشكل الندف (m^3/sec).

G- معامل تدرج سرعة المزج (أو تشكل الندف)، sec^{-1} .

P_0 – قيمة الضغط الجوي، (Pascal).

ρ - كثافة المياه المعالجة عند درجة الحرارة التي تجري عندها التجربة، (Kg/m^3).

g- تسارع الجاذبية الأرضية، (m/sec^2).

h – عمق توضع ثقوب ضخ الهواء داخل المياه المعالجة، (m).

V – حجم المياه المعالجة (وهو في حالتنا يساوي ليتراً واحداً)، (m^3).

η - اللزوجة الديناميكية للمياه عند درجة حرارة المياه في التجربة، (Pa.sec). أما قياس غزارة الهواء المتدفق إلى داخل المياه المعالجة في أسطوانات الاختبار، فقد تم باستخدام عقدتي قياس خاصتين تم تصنيعهما من قبلنا، وجرت معايرتهما بمساعدة جهاز خاص لقياس تدفق الهواء.

5- عرض ومناقشة النتائج:

لقد سمحت معالجة النتائج التجريبية الواردة في الجداول (4، 5، 6، 7)، وباستخدام البرنامج المعروف (EXCEL-97) في الحاسوب، برسم مخططات بيانية تمثل العلاقة بين العكارة المتبقية (M_1) في المياه بعد التصفية، وكلٌ من العوامل المؤثرة في عملية تصفية المياه، والتي أخذت بعين الاعتبار، وهي (T_1 , G_1 , T_2 , G_2)، وذلك من أجل القيم المختلفة للعكارة الخامية (M_0) في المياه الخاضعة للتصفية،وتحت درجات الحرارة الثلاث لإجراء التجارب والواردة جميعها في الجدول رقم (2)، إذ لا نجد هنا مجالاً لعرض جميع هذه المخططات والبالغ عددها ستين مخططاً، إلا أن استعراض تلك المخططات، سمح لنا بتحديد قيم العوامل الأربعة المشار إليها أعلاه، والتي تعطي قيمة أصغرية للعكارة المتبقية وبالتالي فإننا نعتبرها قيماً مثلى لهذه العوامل، طالما أن الغاية من عملية التصفية، كما ذكرنا في مقدمة البحث، هي تخليص المياه المعالجة من عكارتها الخامية القادمة من المصدر المائي (وهو هنا سد الحفة). وهنا لابد من الإشارة إلى ما يلي:

1- لوحظ أن القيم المثلى لكل من العوامل (T_1 , G_1 , T_2 , G_2) على حدة، كانت متقاربة جداً عند درجات الحرارة الثلاث المأخوذ بعين الاعتبار أثناء الاختبار، وهذا يعني أن دور درجة حرارة المياه في التأثير في عملية التصفية، ضمن المجال المدروس لعكارة المياه الخامية، لم يكن ملحوظاً ضمن مجال تأرجح درجات حرارة المياه في التجربة.

2- عند تحديد القيم المثلى للعاملين (T_1) و (T_2) من المخططات البيانية، التي تمثل النتائج التجريبية، والتي أشرنا إليها أعلاه، تمت مراعاة تلك الحقيقة والتي تشير إلى أن القيمة الدنيا للعكارة المتبقية (M_1)، يتم التوصل إليها فعلياً عند قيم أخرى للعاملين (T_1) و (T_2) أكبر من القيم المحددة بمقدار (2 – 1.8) مرة، ويقابل في هذه الحالة تخفيض العكارة المتبقية بمقدار (1 mg / l)، وهذا ما لا يمكن اعتباره منطقياً أمام مسألة مضاعفة حجم المنشآت اللازمة لإتمام عمليتي المزج وتشكل الندف.

انطلاقاً من التصورات المعروضة أعلاه، حددت القيم المثلى للعوامل (T_1 , G_1 , T_2 , G_2) وتم رسم العلاقة التي تربط قيم كل من (T_1) و (T_2) بالعكارة الخامية للمياه المصفاة، وكذلك علاقة قيم معامل كامب لعملية المزج (T_1 . G_1) ولتشكل الندف (T_2 . G_2) [6]، مع تلك العكارة، وهذا ماتبينه الأشكال (2، 3، 4، 5).

الجدول (4): النتائج التجريبية لتحديد الزمن المثالي (T_1) لعملية المزج.

رقم التجربة	زمن المزج (T_1) sec	العكارة الخامية للمياه المعالجة (M_0) ، mg/l														
		15			65			115			165			215		
		درجة حرارة التجربة (t) ، C°														
		10	18	25	10	18	25	10	18	25	10	18	25	10	18	25
		العكارة المتبقية (M_1) ، mg/l														
1	10	8.24	9.21	7.75	14.8	13.8	14.5	14.75	14.67	15.0	15.2	13.65	13.26	15.56	14.55	13.43
2	20	7.55	7.65	6.95	11.95	12.75	13.1	13.8	13.0	13.45	11.85	10.45	10.88	14.16	14.0	11.65
3	30	5.7	6.3	6.0	10.5	11.3	11.32	11.3	11.5	11.80	10.73	9.1	9.85	12.55	10.6	10.1
4	45	4.73	5.25	4.8	9.75	11.65	10.55	12.35	13.15	10.44	11.56	8.95	9.20	11.5	11.1	10.67
5	60	3.65	4.65	3.5	10.37	10.3	11.54	11.9	11.23	12.35	13.4	12.94	11.85	14.75	13.35	11.96
6	90	7.15	7.33	6.15	15.65	13.75	14.2	15.66	15.5	16.60	16.25	14.25	15.1	18.88	18.79	15.52
7	120	9.65	8.95	9.0	18.95	17.71	16.95	18.1	19.66	20.14	20.44	19.65	18.78	22.15	21.13	18.46

الجدول (5): النتائج التجريبية لتحديد القيمة المثالية لمعامل تدرج المزج (G_1)

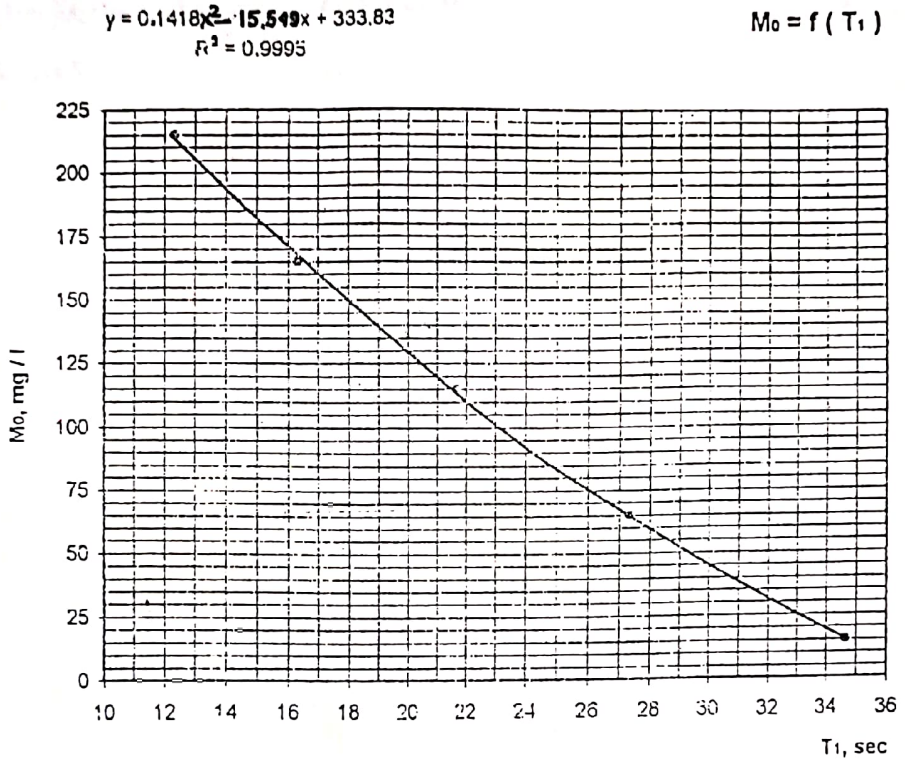
رقم التجربة	معامل تدرج سرعة المزج (G_1) sec^{-1}	العكارة الخامية للمياه المعالجة (M_0) ، mg/l														
		15			65			115			165			215		
		درجة حرارة التجربة (t) ، C°														
		10	18	25	10	18	25	10	18	25	10	18	25	10	18	25
		العكارة المتبقية (M_1) ، mg/l														
1	100	11.3	10.83	11.15	15.55	15.1	11.85	16.3	15.45	16.1	20.2	17.3	18.8	21.5	19.55	20.8
2	200	10.25	10.22	7.75	12.85	11.75	9.35	15.1	11.9	12.8	19.4	16.2	13.1	19.2	17.4	16.5
3	300	9.35	7.8	5.77	12.3	9.75	9.5	14.18	12.3	12.6	16.5	13.25	14.0	17.95	14.9	14.2
4	400	7.8	6.25	6.8	11.75	11.44	8.73	13.1	10.8	10.95	15.85	11.24	11.35	16.5	14.0	15.35
5	500	8.55	6.78	6.1	11.5	10.5	8.62	13.8	10.77	12.93	16.65	12.35	12.22	17.7	11.88	13.55
6	600	9.85	8.85	7.9	14.1	12.88	10.93	15.12	13.65	13.25	17.85	14.65	13.95	18.1	15.96	15.15

الجدول (6): النتائج التجريبية لتحديد القيمة المثالية لزمن تشكل الندف (T_2)

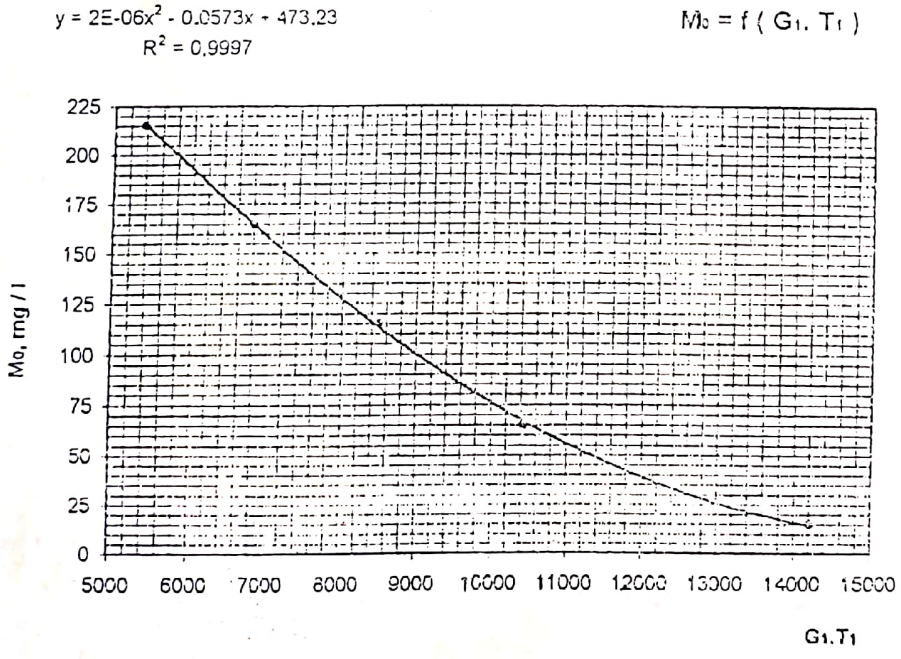
رقم التجربة	زمن تشكل الندف (T_2) min.	العكارة الخامية للمياه المعالجة (M_0) ، mg/l														
		15			65			115			165			215		
		درجة حرارة التجربة (t) ، C°														
		10	18	25	10	18	25	10	18	25	10	18	25	10	18	25
		العكارة المتبقية (M_1) ، mg/l														
1	3	12.1	11.67	11.0	16.5	15.6	15.8	14.15	14.55	13.7	16.8	16.3	15.5	17.0	16.8	16.9
2	8	9.22	8.1	8.3	15.0	12.55	14.24	11.5	12.15	12.1	13.55	14.3	13.2	15.5	14.9	14.6
3	13	8.1	7.35	6.5	13.7	12.1	12.75	10.5	11.0	11.4	15.1	13.2	13.6	16.2	14.0	14.5
4	18	8.65	7.94	7.1	13.5	13.5	13.3	12.8	13.1	12.3	14.6	15.2	14.1	15.5	16.1	15.8
5	23	9.8	9.3	9.0	15.8	14.0	14.5	14.33	14.5	13.5	17.5	16.3	15.1	17.8	17.8	17.8
6	30	11.25	10.85	10.7	17.34	16.7	15.95	16.5	16.65	15.8	19.6	18.95	16.84	20.0	19.7	20.35

الجدول (7): النتائج التجريبية لتحديد القيمة المثالية لمعامل تدرج سرعة الخلط (G_2)

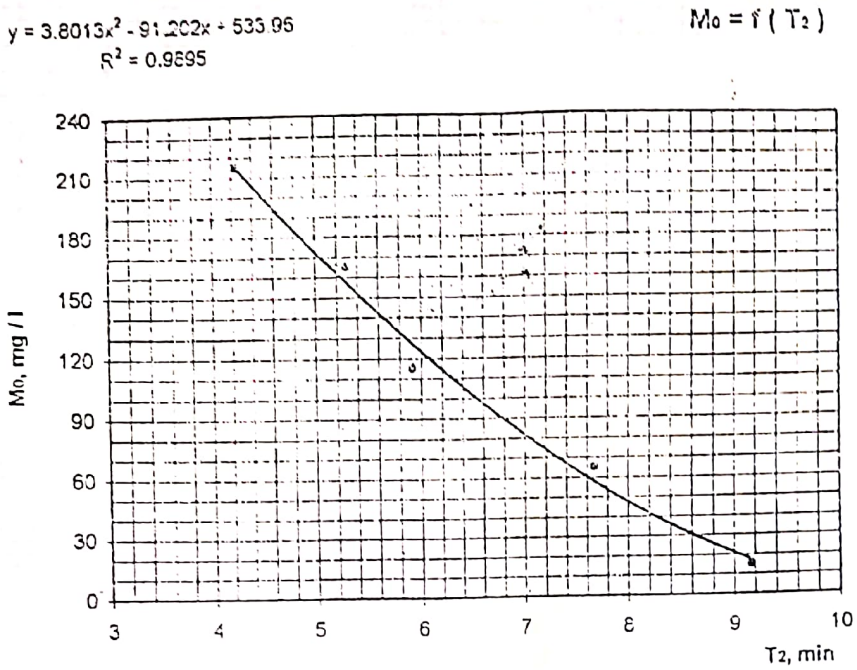
رقم التجربة	معامل تدرج سرعة الخلط (G_2) sec^{-1}	العكارة الخامية للمياه المعالجة (M_0) ، mg/l														
		15			65			115			165			215		
		درجة حرارة التجربة (t) ، C°														
		10	18	25	10	18	25	10	18	25	10	18	25	10	18	25
		العكارة المتبقية (M_1) ، mg/l														
1	15	9.1	8.5	8.35	12.55	11.97	12.13	13.0	13.76	11.4	13.9	13.5	13.6	14.2	13.8	13.2
2	30	7.68	6.9	5.95	10.53	12.3	10.65	11.0	11.0	9.2	11.4	10.3	11.2	12.8	12.0	11.0
3	45	6.8	6.25	6.4	10.0	10.4	9.78	10.9	12.0	8.5	10.8	10.9	11.9	12.5	11.5	11.8
4	60	8.15	7.6	7.76	11.35	11.0	11.15	12.9	13.1	10.8	13.9	14.1	13.2	13.9	13.6	12.9
5	75	9.5	8.65	8.3	13.4	13.68	13.35	14.0	14.86	13.2	16.7	15.2	15.6	15.1	14.9	13.8
6	100	11.9	10.56	10.85	15.34	16.9	15.1	16.24	16.9	15.5	19.35	18.7	18.5	16.4	16.9	16.1



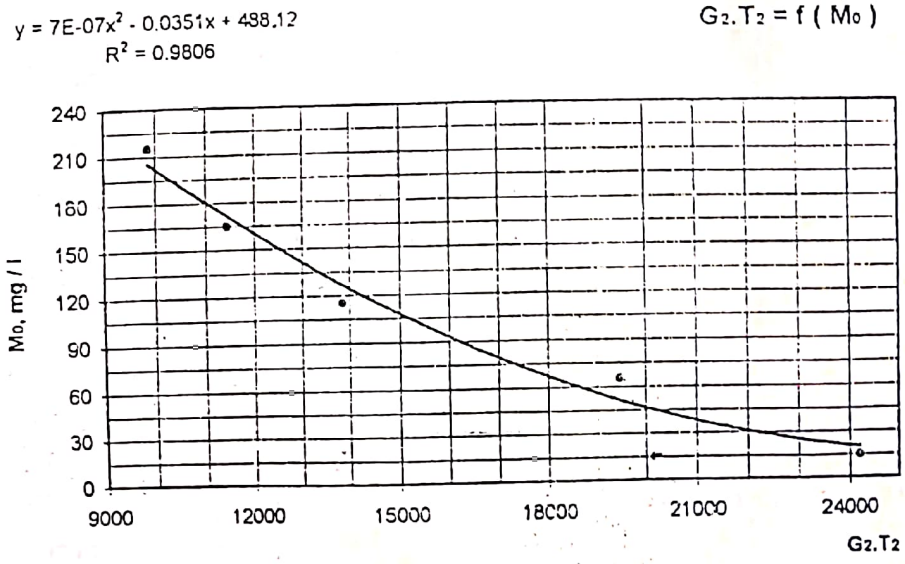
الشكل (2): العلاقة بين العكارة الخامية (M_0) وزمن المزج المثالي (T_1)



الشكل (3): العلاقة بين العكارة الخامية (M_0) ومعامل كامب لعملية المزج ($G_1.T_1$)



الشكل (4): العلاقة بين العكارة الخامية (M_0) وزمن تشكل الندف المثالي (T_2)



الشكل (5): العلاقة بين العكارة الخامية (M_0) ومعامل كامب لتشكل الندف ($G_2.T_2$)

6- الخلاصة:

إن ما تم التوصل إليه في هذه المرحلة من البحث، يشير إلى فعالية الطريقة المعروضة لتصفية مياه المصادر السطحية، ويسمح لنا بحساب المتحولات التصميمية التي سنستخدمها لتصميم وحدة التصفية المدمجة المشار إليها أعلاه، مع مراعاة شروط الانتقال من الظروف المخبرية (الستاتيكية) إلى الظروف الهيدروديناميكية (جريان مستمر) في وحدة التصفية المقترحة، وهذا ما يحمل أهمية بالغة، بالنسبة لحل مشكلة التزويد بمياه الشرب للمناطق الريفية، والمدن الصغيرة المتوزعة حول السدود السطحية المنتشرة في معظم مناطق القطر العربي السوري.

REFERENCES المراجع

1- مشروع إرواء الحفة والقرى المجاورة لها من السد في محافظة اللاذقية – المعلومات العامة عن المشروع – مذكرة وزارة الشؤون البلدية والقروية / مديرية اللاذقية – 1974.

2- TE KIPPE R. G, HAM R. K, 1971 – *Velocity – Gradient Path in Coagolation.* G. AWWA U. S. A Vol. 63, №. 7, pp. 439 – 448.

3- BROUDER T. P, 1981 – *Vpgrading to Increase Treatment Capacity.* G. AWWA U. S. A Vol. 73, №. 9, pp. 464 – 471.

4- BABENKOV A. A, 1977 – *Water Treatment with Coagollants*, Nayka, Moscow. (in Russian)

5- BOUTKO A. V, 1988 – *Elaboration New Technological and Constructive Resolutions for Mixing and Flakes – Formation Chambers*, Dissertation for Candidate Technical Sciences Degree, Moscow. (in Russian)

6- NIKALADZE J. E, 1987 – *Natural Water Treatment Technology*, High School, Moscow. (in Russian)

7- FROG B. N, LEVCHENKO A. P, 1996 – *Drinking Water Treatment*, MGY Publishing House, Moscow. (in Russian)

8- Degre` mont, 1978 – *Me` mento Technique de l` eau – huitiéme édition*, Paris.

9- KOGINOV V. F, 1971 – *Water Treatment for Drinking and Industry*, Stroyizdat, Moscow. (in Russian)

10- REFRENCE BOOK, 1986 - *Hydrulic Calculation for Water – Supply and Sewerege Systems*, Stroyizdat, Liningrad. (in Russian)