------مجلة علوم الرافدين، المجلد 24، العدد 3، ص39-53، 2013------

العكورة وكفاءة إزالتها في محطات تصفية المياه الرئيسة في محافظة نينوى

مروة بدر فالح العبيدي **بشير علي بشير النعمة**

قسم علوم الحياة

كلية العلوم

جامعة الموصل

E-mail: marwa.201233@yahoo.com E-mail: babasheer2003@yahoo.com

(تاريخ الاستلام 13 / 12 / 2012 ؛ تاريخ القبول 28 / 1 / 2013)

الملخص

تركز البحث الحالي حول قياس عكورة المياه الخام في مقطع من نهر دجلة الذي يجري في محافظة نينوى وتقدير كفاءة مختلف مراحل تصفية المياه في إزالتها. وقد غطى العمل خمسة مشاريع (محطات) رئيسة تقع على ضفتي نهر دجلة وهم من الشمال الى الجنوب: المشروع الجديد لتصفية المياه في الساحل الأيسر(الگبة)، المشروع الموحد لتصفية المياه في الساحل الأيمن، المشروع القديم لتصفية المياه في الساحل الأيسر، مشروع ماء الدندان ومشروع ماء السلامية.

بينت نتائج الدراسة أن قيم عكورة مياه نهر دجلة الخام قد تراوحت بين (1.2-27.4) NTU وأن هذهِ القيم تُعد منخفِضة وهي إحدى النتائج الإيجابية لتأثير بحيرة سد الموصل على نهر دجلة وأن أصفى المواقع (أقلها عكورة) كان عند قرية الگبة وأكثرها كان عند منطقة الدندان لأنه يقع في مركز مدينة الموصل. وأن كفاءة وحدات الترسيب كانت متذبذبة تَذَبذُباً واسعاً من شهر لأخر ومن مشروع (محطة) لأخر. وبشكل عام كانت نسب الكفاءة المئوية منخفِضة حيثُ تراوحت بين (20-40%) في غالبية الحالات. أما كفاءة الترشيح أيضاً كانت واسعة التَذبذُب ونسبها المئوية واطئة أيضا، حيث تراوحت بين (1-50%) في (73.3%) من الحالات. وفيما يتعلق بالكفاءة الكلية فقد بينت النتائج أن معدل الكفاءة الكلية للمشاريع (محطات) خلال مدة الدراسة كانت مترتبة من الأعلى الى الأدنى كما يأتي:

المشروع الموحد لتصفية المياه في الساحل الأيمن (70.7%) ثُم المشروع الجديد لتصفية المياه في الساحل الأيسر(الگبة) (55.9%) ومشروع ماء السلامية (53.0%) تلاها مشروع ماء الدندان (42.6%) وأخيراً المشروع القديم لتصفية المياه في الساحل الأيسر (30.8%).

الكلمات الدالة: العكورة، كفاءة الإزالة، محطات تصفية المياه، نهر دجلة، محافظة نينوى.

Turbidity and Removal Efficiency in the Main Water Purification Plants of Nineveh Province

Marwa B. Al-Obaidy **Basheer A. Al-Ni'ma**
Department of Biology
College of Science
University of Mosul
E-mail: marwa.201233@yahoo.com E-mail: babasheer2003@yahoo.com

ABSTRACT

The present research focused on the measurement of raw water turbidity in a stretch of Tigris River that flows within Nineveh province with the determination of efficiency removal by different units of water purification.

The work covered Five main water purification plants located on both banks of the river. From North to South, they are: The new project for water purification at left bank (al-gubba). The unified project for water purification at right bank, The old project for water purification at left bank, water project Al- Danadan and water project Al- Sallamiyah. The results revealed that turbidity values ranged between (1.2 - 27.4) NTU. These values are low and considered one of the positive results for the effect of Mosul dam lake on Tigris. The site with the lowest turbidity content was Al-Gubba and that with the highest content was Al-Danadan, since it is located at the center of Mosul city. The efficiency of sedimentation units widely varied from month to month and from plant to others. Generally, the efficiencies were low and their ranges wear restricted between (20 - 40%) in most samples. The efficiency of filtration units also varied widely in time and space and with low percentages. In (73.3%) of the samples, efficiency removal ranged between (1 - 50%). The results of total efficiency showed that the arrangement of water purification plants, in descending order were: The unified project for water purification at the right bank (70.7%), the new project for water purification at the left bank (Al- Gubba) (55.9%), water project Al- Sallamiyah (53.0%), water project Al- Danadan (42.6%) and finally the old project for water purification at the left bank (30.8%).

Keywords: Turbidity, removal efficiency, water purification plants, Tigris River, Nineveh province.

المقدمة

إن عكورة المياه هي مقياس لكمية الدقائق العالقة فيهِ كما ذُكر في (APHA, 2007) وهي تعبيـر عـن الخاصية البصرية التي تعمل على تبعثُر الضوء وامتصاصه وليس نفاذيتِهِ في حالة عدم وجود تغير في اتجاه أو مستوى التدفق خلال العينة.

تتحدد كمية العكورة في المصادر المائية بمجموعة من العوامـل، فـصفات المنطقـة الجابيـة مثـل جيولوجيتها والتنمية البشرية (الأنشطة الزراعية والصناعية) القائمة فيها وطوبوغرافيتها الى جانـب طبيعـة

غطائها النباتي وكمية الهواطل الساقطة عليها تؤثر جميعاً بدرجة كبيرة في تحديد كمية العكورة في المياه الخام (EPA,1999). وتُعد العكورة، من وجهة النظر الفنية أو الجمالية (aesthetic) (عدم تقبلها نفسياً من قِبل المستهلك)، من الصفات الفيزياوية كما تُعد من الصفات الإحيائية الدقيقة (Microbiologically) لأنها قد تكون ملاذاً أو ملجأ للمسببات المرضية فتُعيق بذلك تأثير المعقمات. وعكورة الماء سببها الدقائق العالقة والغروية مثل الطين والغرين وكذلك المواد العضوية وغير العضوية المجزأة الى قطع ناعمة الى جانب الهائمات النباتية والكائنات المجهرية الأخرى مثل الأوليات (APHA, 2007). وفيما يتعلق بعكورة مياه الرافدين دجلة والفرات ذكر (AL-Hamed,1966) أنها تتكون في الغالب من الغرين أو الطمي وذلك لأن مياههما تكون فقيرة بالمغذيات النباتية، وبعد اربعة عشر سنة من هذا التاريخ ذكر (Ahmed and Wais,1980) أن عكورة مياه نهر دجلة عند مدينة الموصل في موسم الامطار تتكون في الغالب من مواد غير عضوية وذلك لأن الجزء المتطاير من الدقائق العالقة كانت كمياتهِ قليلة. وقد لاحظ AL-Ni'ma *et al.* عام (1995) أن العلاقة بين عكورة مياه نهر دجلة بالقرب من محطتي الضفة اليمنى عند المشروع الموحد لتصفية المياه في الساحل الأيمن والضفة اليسرى قرب فندق نينوى أوبروي كانت علاقة ضعيفة مع العدد الكلي للهائمات النباتية.

تعد إزالة العكورة من المياه الخام أحد الأهداف لمحطات تصفية المياه المنتشرة في مختلف بلدان العالم, ليس لأن وجود الدقائق العالقة الصغيرة في المياه أمر مرفوض فقط ولكن قد تعمل على حماية المسببات المرضية من المعقمات خلال معاملة المياه، فضلاً عن ذلك، فإن العكورة تتضمن مواداً سامة أو تساعد في تجميع المواد السامة (De Zuane,1997).

إن طبيعة الدقائق العالقة المسببة للعكورة في المياه الداخلية العراقية فضلاً عن أحجامها ليست معروفة بشكل جيد وذلك لندرة الدراسات المتعلقة بها والذي يعود بالدرجة الاساس الى قلة المهتمين في هذا المجال، والبحث الحالي يهدف الى تحديد مستويات العكورة في نهر دجلة المار بمحافظة نينوى خلال الأشهر المختلفة الى جانب تحديد كفاءة عمليتي الترسيب والترشيح والعمليتين معاً في إزالة العكورة لمحطات الإسالة الرئيسة في المحافظة ومِن ثُم تشخيص المعوقات.

المواد وطرائق العمل

أ : منطقة الدراسة

1- المواقع المختارة

من أجل تحقيق أهداف الدراسة الحالية تم اختيار خمس محطات رئيسة لتصفية مياه نهر دجلة الخام تقـع على جانبيهِ وموزعة على طول مجراه ضمن محافظة نينوى. والمحطات وفقاً لِترتيبها مـن الـشمال الـى الجنوب هي: (الشكل1)

1. المشروع الجديد لتصفية المياه في الساحل الأيسر: ويقع على الضفة اليسرى من النهر في قرية الگبة.
2. المشروع الموحد لتصفية المياه في الساحل الأيمن: ويقع على الضفة اليمنى من النهر في منطقة حاوي الكنيسة.
3. المشروع القديم لتصفية المياه في الساحل الايسر: ويقع على الضفة اليسرى من النهر في منطقة الغابات بالقرب من فندق نينوى أوبروي.
4. مشروع ماء الدندان: ويقع على الضفة اليمنى من النهر جنوبي جسر الحرية.
5. مشروع ماء السلامية: ويقع على الضفة اليسرى من النهر في قرية السلامية.

2- النمذجة

خلال تسعة أشهر متتالية، ابتداءً من أيلول عام 2011 وانتهاءً بأيار عام 2012، تم جمع عينات شهرية من المياه من ثلاثة أماكن ضمن كُل محطة من المحطات الخمس وهي:

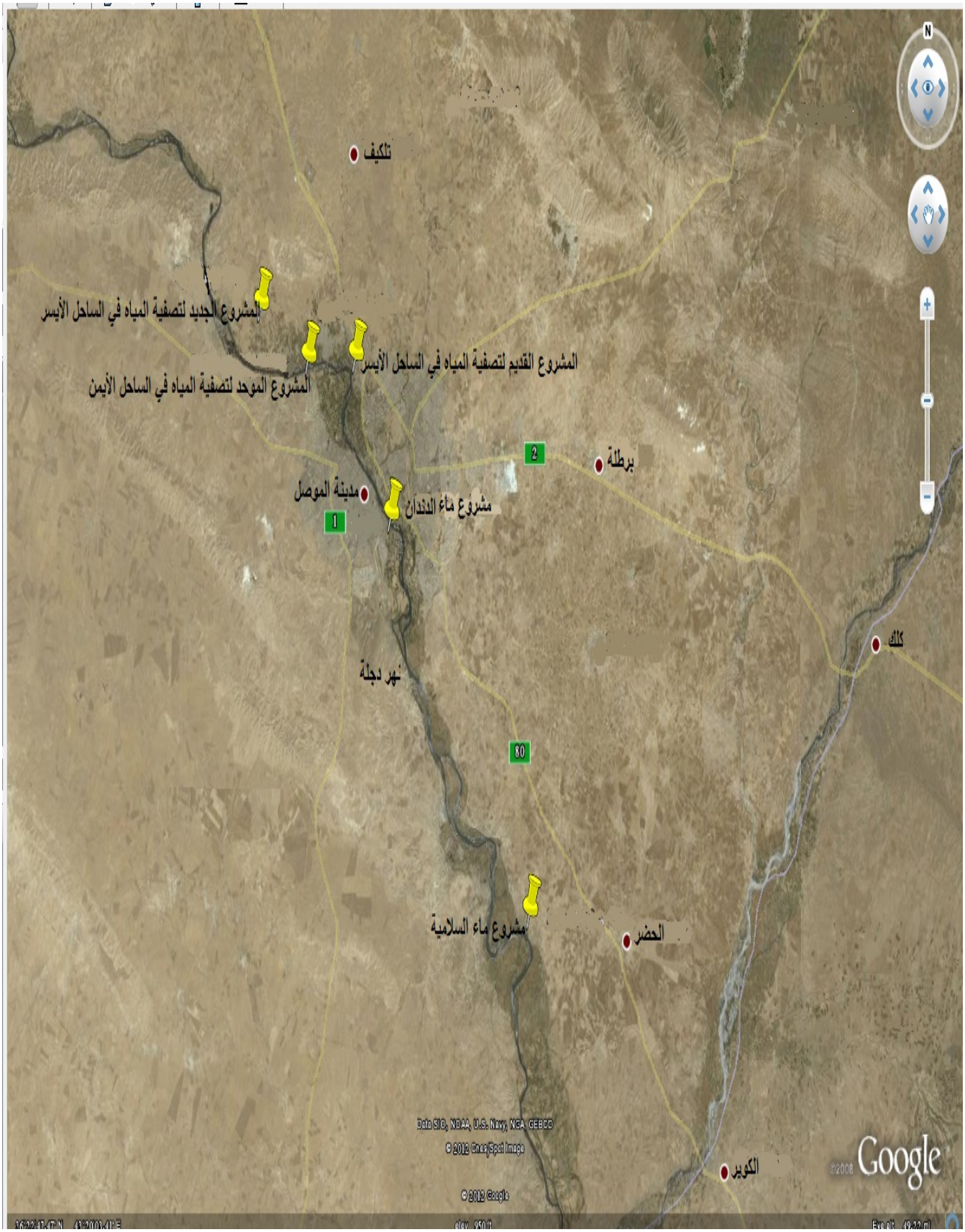
i. نهر دجلة بالقرب من المأخذ (الغطاسات).
ii. بعد عملية الترسيب والكلورة الابتدائية.
iii. بعد عملية الترشيح والكلورة النهائية.

3- القياسات

تم تحديد قيم العكورة للعينات في المختبر بعد رجها بشكل جيد بوساطة جهاز Turbidity-meter موديل HANNA instrumant Lp 2000 بوحدة NTU.

حسِبت كفاءة إزالة العكورة لكل مرحلة من مراحل التصفية كنسبة مئوية وفق المعادلة الآتية:

$$\text{كفاءة إزالة العكورة} = \frac{\text{قيم العكورة قبل المرحلة} - \text{قيم العكورة بعد المرحلة}}{\text{قيم العكورة قبل المرحلة}} \times 100$$



الشكل 1: خريطة لمواقع محطات التصفية قيد الدراسة

ب : طبيعة محطات التصفية

تعمل محطات تصفية المياه الخمس قيد الدراسة بنظام المعاملة التقليدي والذي يتضمن سحب الماء الخام من النهر بوساطة مضخات السحب الواطئ الى حوض المزج السريع حيث يتم مزج الشب مع الماء الخام ثم يتم توزيع الماء بعد ذلك الى أحواض الترسيب، وهي أحواض مرسبة ملبدة (Clariflocculators) مختلفة في أنواعها وأعدادها وأبعادِها حسب كل محطة. ينقل الماء بعد ذلك الى أحواض الترشيح، وهي أحواض مستطيلة الشكل مختلفة أيضاً في أنواعها وأعدادها وأبعادها حسب طاقة / سعة كل محطة، وهي تتكون من عدة طبقات من الحصى والرمل مختلفة السمك ومن ثُم يدفع الماء إلى الخزانات الأرضية التي تتم فيها عملية التعقيم النهائية بالكلور. إن العمليات التي تُسهم في إزالة الدقائق العالقة وخفض العكورة في هذهِ المحطات هي التخثير والتلبيد فضلاً عن الترسيب والترشيح ولأن نتائج قيم العكورة يمكن أن تُستخدم لتقدير كفاءة نظام المعاملة ككُل (EPA, 2009) فقد تم استخدامها في الدراسة الحالية من أجل تقييم كفاءة عملية الترسيب وكذلك عملية الترشيح فضلاً عن كفاءة المحطة بكاملها.

النتائج و المناقشة

تتراوح العكورة في المياه بشكل عام بين قيم قريبة من الصفر، (0.05) NTU في المياه المقطرة، الى (1000)NTU وذلك في مياه الأنهار عالية العكورة (De Zuane, 1997). وفي الدراسة الحالية تبين أن قيم العكورة في مياه نهر دجلة الخام خلال مدة الدراسة البالغة تسعة أشهر قد تراوحت بين (1.2 و 27.4) NTU (الجدول1)، أما معدل العكورة للمواقع الخمس فقد بلغ (6.9) NTU.

وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه (AL-Ni'ma *et al.*,1995) من أن نوعية مياه نهر دجلة الخام في مركز مدينة الموصل تُعد جيدة جداً. علماً أن هذهِ المستويات المتدنية من العكورة هي إحدى النواتج الإيجابية لبناء سد الموصل على نهر دجلة فمن المعروف أن البحيرة تعمل على خفض عكورة المياه الداخلة إليها بسبب مكوث الماء فيها مدة من الزمن. ويؤكد ذلك نتائج البحوث المنجزة قبل عام (1985)، أي قبل إكمال إنشاء السد وامتلاء البحيرة لأول مره، منها نتائج (AL-Ni'ma,1982) والتي ورد فيها أن أعلى قيمة للعكورة في نهر دجلة عند مدينة الموصل كانت (110) NTU ونتائج (Ahmed and Wais,1980) التي ورد فيها أن أعلى قيمة للعكورة لنفس النهر ونفس المكان بلغت في موسم سقوط الأمطار (4750) NTU.

ترتبط قيم العكورة في بعض مناطق نهري الفرات ودجلة مع روافدهما إلى جانب شط العرب مع كمية الامطار الساقطة وتصريف النهر وسرعة التيار (الوتار، 2009). وبالنسبة لنتائج الدراسة الحالية فإن قيم العكورة في المواقع الخمسة لم تُبدِ تغيرات شهرية واضحة جداً. لكن بشكل عام لوحظت القيم المرتفعة في الاشهر آذار إلى أيار، فأعلى قيمتين، مثلاً، (24.0 و 27.4) NTU سجلتا في شهر نيسان عند مأخذ مشروعي الدندان والمشروع الموحد في الساحل الأيمن على التوالي. كما أن التغيرات بِمعدل العكورة في

المواقع الخمسة ولجميع الأشهر لم تظهر ارتباطا مباشراً مع كمية الأمطار الساقطة على المحافظة، (الجدول 3)، الشكل (2). مثلاً بلغ مجموع كمية الأمطار في شهر تشرين الثاني (90) ملم وفي كانون الأول.

الجدول 1: قيم العكورة لمياه نهر دجلة الخام وبعد عمليتي الترسيب والترشـيح فـي المحطـات الخمـس خلال مدة الدراسة وبوحدة NTU

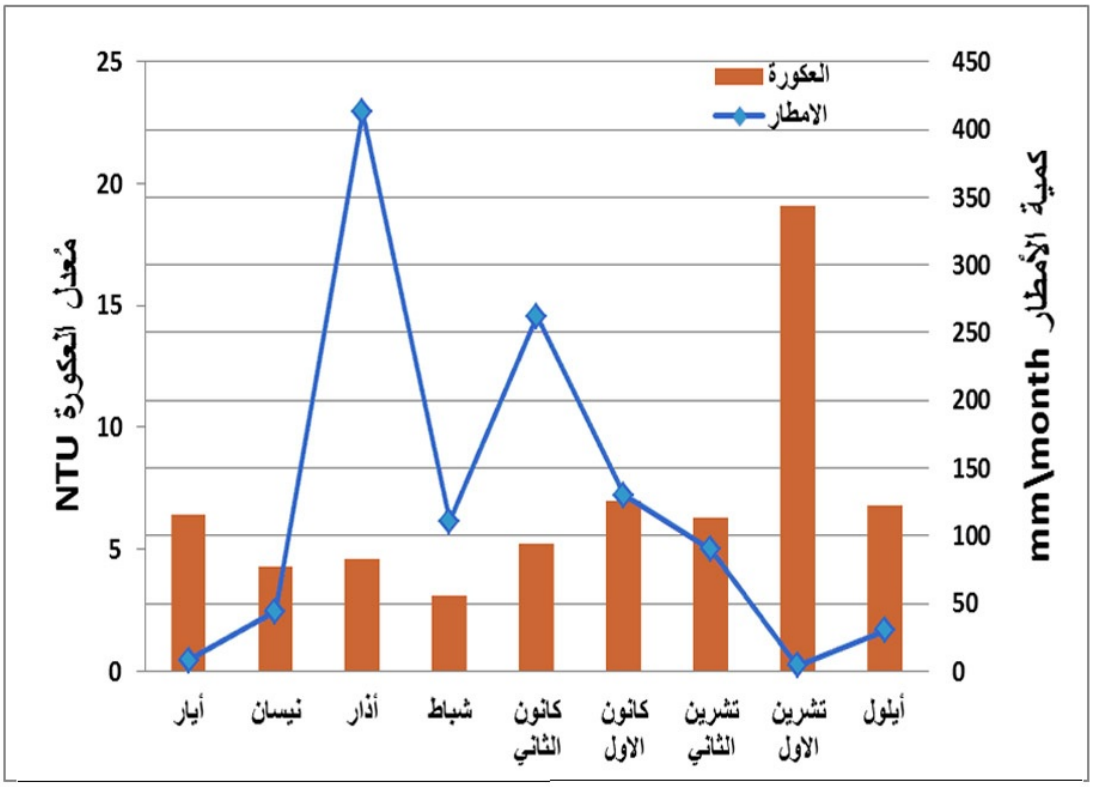
المحطات	مراحل التصفية	2011				2012					المعـــدل
		Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	March	April	May	
الأيسر الجديد	الماء الخام	5.7	3.2	1.5	2.8	6.0	4.0	2.3	5.1	5.0	**3.9**
	بعد الترسيب	2.4	3.0	1.0	1.7	4.2	2.5	1.6	4.3	4.2	**2.7**
	بعد الترشيح	1.2	1.9	0.6	0.6	2.1	2.2	1.0	3.1	3.0	**1.7**
الأيمن الموحد	الماء الخام	5.8	2.1	2.0	1.8	4.0	8.5	9.7	27.4	6.7	**7.5**
	بعد الترسيب	1.5	1.7	1.8	1.5	1.7	5.6	3.4	13.9	3.5	**3.8**
	بعد الترشيح	0.9	1.0	1.7	1.0	0.6	0.9	0.6	2.7	1.2	**1.1**
الأيسر القديم	الماء الخام	5.0	5.0	4.0	3.0	6.0	5.0	4.0	16.0	4.0	**5.7**
	بعد الترسيب	2.5	4.1	3.9	2.6	4.0	4.2	3.8	12.2	3.5	**4.5**
	بعد الترشيح	1.5	3.5	3.5	2.5	3.0	3.5	3.5	5.0	3.0	**3.2**
الدندان	الماء الخام	10.5	7.0	13.0	7.0	5.0	11.0	9.7	24.0	12.0	**11.0**
	بعد الترسيب	7.5	6.5	7.2	5.0	3.0	9.2	7.5	18.1	10.3	**8.2**
	بعد الترشيح	6.5	6.0	5.0	4.0	2.5	8.0	6.0	7.2	7.0	**5.8**
السلامية	الماء الخام	5.0	4.5	2.8	1.2	5.0	6.5	6.0	23.0	6.3	**6.7**
	بعد الترسيب	3.5	3.1	1.4	0.9	3.2	4.2	4.7	18.0	3.2	**4.6**
	بعد الترشيح	3.0	2.5	1.1	0.8	2.1	3.1	3.6	7.3	1.2	**2.7**

الجدول 2: النسب المئوية لكفاءة إزالة العكورة لمرحلتي الترسيب والترشيح والكفاءة الكلية لمحطات التصفية الخمس خلال مدة الدراسة.

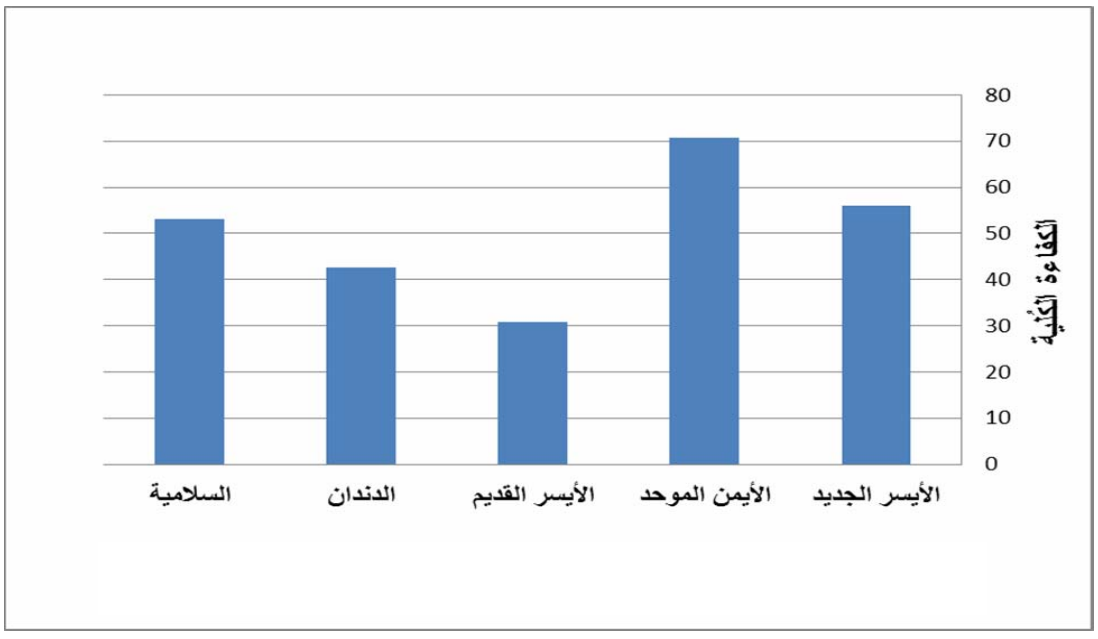
المحطات	مراحل التصفية	2011				2012					المعـ ـدل
		Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	March	April	May	
الأيسر الجديد	الترسيب	57.8	6.2	33.3	39.2	30.0	37.5	30.4	15.6	16.0	**29.5**
	الترشيح	50.0	36.6	40.0	64.7	50.0	12.0	37.5	27.9	28.5	**38.5**
	الكفاءة الكلية	78.9	40.6	60.0	78.5	65.0	45.0	56.5	39.2	40.0	**55.9**
الأيمن الموحد	الترسيب	74.1	19.0	10.0	16.6	57.5	34.1	64.9	49.2	47.7	**41.4**
	الترشيح	40.0	41.1	5.5	33.3	64.7	83.9	82.3	80.5	65.7	**55.2**
	الكفاءة الكلية	84.4	52.3	15.0	44.4	85.0	89.4	93.8	90.1	82.0	**70.7**
الأيسر القديم	الترسيب	50.0	18.0	2.5	13.3	33.3	16.0	5.0	23.7	12.5	**19.3**
	الترشيح	40.0	14.6	10.2	3.8	25.0	16.6	7.8	59.0	14.2	**21.2**
	الكفاءة الكلية	70.0	30.0	12.5	16.6	12.5	30.0	12.5	68.7	25.0	**30.8**
الدندان	الترسيب	28.5	7.1	44.6	28.5	40.0	16.3	22.6	24.5	14.1	**25.1**
	الترشيح	13.3	7.6	30.5	20.0	16.6	13.0	20.0	60.2	32.0	**23.6**
	الكفاءة الكلية	38.0	14.2	61.5	42.8	50.0	27.2	38.1	70.0	41.6	**42.6**
السلامية	الترسيب	30.0	31.1	50.0	25.0	36.0	35.3	21.6	21.7	49.2	**33.3**
	الترشيح	14.2	19.3	21.4	11.1	34.3	26.1	23.4	59.4	62.5	**30.1**
	الكفاءة الكلية	40.0	44.4	60.7	33.3	58.0	52.3	40.0	68.2	80.9	**53.0**

الجدول 3: مُعدل عكورة المياه الخام لنهر دجلة للمواقع الخمسة مع كمية الأمطار الشهرية

الأشهر	كمية الأمطار بوحدة ملم/شهر	معدل عكورة المياه الخام للمواقع الخمسة بوحدة NTU
أيلول	30.0	6.4
تشرين الأول	4.0	4.3
تشرين الثاني	90.0	4.6
كانون الأول	130.0	3.1
كانون الثاني	262.0	5.2
شباط	111.0	7.0
آذار	413.0	6.3
نيسان	44.0	19.1
أيار	8.0	6.8



الشكل 2: العلاقة بين معدل العكورة في الموافع الخمسة مع كمية الأمطار الساقطة خلال مدة الدراسة



الشكل 3: معدل الكفاءة الكلية للمحطات الخمس قيد الدراسة كنسبة مئوية

أرتفع إلى (130) ملم، إلا أن معدل العكورة في المواقع الخمسة انخفض من (4.6) NTU الى (3.1) NTU ويعود السبب في ذلك الى عدد من العوامل منها: أن عملية جمع العينات لم تكن متزامنة مع الأيام المطيرة الى جانب التأثير متعدد الأبعاد لبحيرة سد الموصل الناجم عن مكوث الماء فيها وكذلك حصول حالتي التطبق والمزج فيها فضلاً عن قربها النسبي من مدينة الموصل اذ تبعد بحدود (70) كم عن مركزها، علماً بأن (الطيار، 1988) كان قد بين قبل ربع قرن أن المزج في البحيرة يبدأ من شهر كانون الأول ويمتد لغاية شهر آذار.

فإذا أخذنا معدل العكورة لمياه النهر الخام خلال مدة الدراسة بعين الاعتبار يتبين أن أصفى المياه كان عند موقع المشروع الجديد لتصفية المياه في الساحل الأيسر وأكثرها عكورة كان عند موقع الدندان حيث بلغ المعدل (3.9 و11.0) NTU على التوالي و يعود السبب في ذلك إلى تصريف الفضلات السائلة لمدينة الموصل. أما المعدلات في باقي المواقع فكانت كما يلي: (7.5) NTU المشروع الموحد في الساحل الأيمن و(5.7) NTU عند المشروع القديم في الساحل الأيسر و (6.7) NTU عند مشروع السلامية. إن كمية الدقائق العالقة في مياه كل موقع من المواقع تعتمد إلى حد كبير على الظروف الموضعية لكل منها، فالمشروع الجديد في الساحل الأيسر على نهر دجلة يقع خارج حدود بلدية الموصل فيكون بعيداً عن تأثير مخلفاتها المدنية، أما محطة الدندان التي تقع بعد مركز المدينة فمن الطبيعي أن تتأثر بمصادر التلوث السائلة العديدة التي تصب محتوياتها في النهر. إن إنموذج التغير الطولي (Longitudinal Variations) لقيم العكورة في الدراسة الحالية يشبه الى حدّ بعيد الأنموذج الذي لاحظته (الوتار، 2009) فهو يتميز ايضاً بزيادة العكورة باتجاه مجرى النهر لغاية مركز المدينة ثم تبدأ بعد ذلك القيم بالانخفاض لغاية السلامية.

تُعد وحدة الترسيب (Clarification or Sedimentation unit) من أبرز الوحدات في مشاريع التصفية وإن أي خلل في كفاءة عمل هذه الوحدات ينعكس سلباً على الوحدات اللاحقة ومن ثم على نوعية المياه المنتجة إذ أن الترسيب غير الجيد قد يسمح للعكورة الخارجية بالتدفق الى المرشحات ويؤدي ذلك الى حدوث تأثير سلبي على كفاءة عمل المرشحات وينتج عنه قصر فترة التشغيل مع تزايد تكرار عملية الغسل بسبب انسداد اوساط الترشيح بالمواد العالقة وينعكس ذلك على ارتفاع في كلفة المنتج (Reed and Reece, 1984) المذكور في (الحمداني، 2005).

أظهرت نتائج تقدير كفاءة عملية الترسيب تذبذباً واسعاً من مشروع الى مشروع وكذلك بين الاشهر لنفس المشروع. فقد بلغت اعلى كفاءة مثلاً في مشروع الدندان (44.6%) بينما وصلت الى (74.1%) في المشروع الموحد في الساحل الأيمن وانخفضت الكفاءة في المشروع الجديد في الساحل الأيسر خلال شهر واحد فقط (أيلول الى تشرين الاول) من (57.8%) إلى (6.2%) كما موضح في الجدول (2).

تراوحت كفاءة المحطات قيد الدراسة بين (2.5%) في المشروع القديم في الساحل الأيسر خلال شهر تشرين الثاني و(74.1%) في المشروع الموحد في الساحل الأيمن خلال شهر أيلول. وقد لوحظ أن الكفاءة

كانت أقل من (10%) في (9.3%) فقط من الحالات وأنها كانت اكثر من (60%) في (4.6%) منها، أما غالبية الحالات فقد كانت الكفاءة فيها تتراوح بين (20-40%).

إن كفاءة أحواض الترسيب كما تُشير النتائج كانت دون الطموح الواجب الوصول اليهِ. فقد ذكر (Hudson,1981) أن إزالة العكورة بعملية الترسيب تتراوح نسبها بين (50-90 %) إلا أن قيمها الشائعة تتراوح بين (60- 80 %)، وفي العراق قيم (الخالدي وآخرون، 2010) كفاءة بعض مجمعات تصفية مياه الشرب في محافظة النجف وفي محافظة نينوى (منطقة الدراسة)، ووجد (حسن وآخرون، 2007) أن أعلى كفاءة لوحدة الترسيب لم تصل الى (60%) وأن أوطأ كفاءة كانت (12%) وذلك لخمس محطات رئيسة تقع على نهر دجلة بضمنها ثلاث من المحطات قيد الدراسة ثم ذكروا أن سبب تدني الكفاءة يعود الى التوسعات التي جرت في المحطات بإضافة مضخات جديدة الى وحدات الضخ الواطئ لعدم إمكانية إنشاء مشاريع جديدة بسبب ظروف الحصار مما أثر ذلك على زيادة الحمل السطحي وتجاوز الحدود القصوى لاستيعاب أحواض الترسيب وبالتالي نقصان زمن الترسيب، وأضافوا أن عملية تنظيف أحواض الترسيب تتم بطريقة يدوية لتعطل القاشطات الميكانيكية فضلاً عن عدم استخدام الجرع المثلى من الشب كما ان غياب أحواض المزج السريع في بعض المحطات أدى إلى فقدان تجانس مزج الشب مع الماء وتكوين اللبادات الدقيقة. ويعتقد أن نفس هذه الاسباب قد ساهمت ايضاً في خفض كفاءة أحواض الترسيب في المحطات التي شملتها الدراسة الحالية. وبالنسبة للمرسبات الأنبوبية (tube settler)، غير التقليدية، قامت (الحمداني، 2005) بعقد مقارنة بين كفاءتها وكفاءة أحواض الترسيب العادية وأظهرت نتائجها أن وحدات الترسيب الأنبوبية كانت متفوقة على وحدات الترسيب التقليدية في إزالة العكورة عندما كانت قيم العكورة للماء الخام أقل من (30) NTU وهي المستويات التي تُغطي معظم أشهر السنة في مدينة الموصل حيث وصلت الإزالة (55.78%) للأنبوبية و (47.9%) للتقليدية، بينما أظهرت وحدات الترسيب التقليدية تفوقاً في إزالة العكورة عندما كانت مستويات العكورة للماء الخام أكبر من (30) NTU، والسبب الرئيسي في انخفاض إزالة العكورة باعتقادنا هو نوع العكورة التي تصل الى المحطة بسبب وجود سد الموصل (فترة المكوث فيهِ 70 يوماً) وهذا يسبب أن تكون العكورة المحتواة في المياه الخام من النوع الصعب الإزالة وتحتاج الى وقت مكوث طويل نسبياً (أكثر من 70 يوماً) لتترسب في حين أن فترة الترسيب في المحطات لا تتجاوز 4 ساعات في أفضل الأوقات.

وإستناداً إلى معدل كفاءة أحواض الترسيب خلال مدة الدراسة البالغة تسعة أشهر يكون ترتيب المحطات تنازلياً كما يلي: المشروع الموحد لتصفية المياه في الساحل الأيمن ثم مشروع ماء السلامية ثم المشروع الجديد لتصفية المياه في الساحل الأيسر ثم مشروع ماء الدندان وأخيراً المشروع القديم لتصفية المياه في الساحل الأيسر حيث كانت كفاءة الاحواض كما يلي: 41.4%، 33.3%، 29.5%، 25.1%، 19.3% على التوالي.

إن عملية الترشيح كما هو معروف، هي آخر مرحلة من مراحل إزالة العكورة لذلك فهي تُعد أيضاً من العمليات المهمة لأن مطابقة المياه الخارجة منها للمواصفات القياسية يعتمد على كفاءتها والتي تعتمد بدورها على مجموعة من العوامل مرتبطة بصفات المرشح ونوعية الماء الداخل اليهِ.

تشابهت كفاءة عملية الترشيح في المحطات قيد الدراسة مع كفاءة عملية الترسيب في كونها شديدة التباين من محطة إلى أخرى وضمن الأشهر المختلفة في كل محطة (الجدول 2) فأعلى كفاءة إزالة كانت (83.9%) في المشروع الموحد في الساحل الأيمن بينما وصلت الى (59.0 %) في المشروع القديم في الساحل الأيسر وفي مشروع الدندان تضاعفت كفاءة الترشيح أربعة أضعاف تقريباً خلال شهر واحد (من آذار إلى نيسان) حيث كانت الكفاءة (20.0 %) فأصبحت (60.2 %). إن هذا التباين الواسع في الكفاءة يعود الى التباين في عكورة المياه الداخلة لأحواض الترشيح بين المحطات قيد الدراسة وبين الأشهر المختلفة خلال مدة الدراسة، فأقل عكورة كانت (0.9) NTU لوحظت في شهر كانون الثاني في مشروع السلامية وأعلاها كانت (18.1) NTU في شهر نيسان في مشروع الدندان. وبشكل عام تشير نتائج كفاءة وحدات الترشيح إلى أن كفاءة وحدات المحطات المدروسة واطئة وذلك لأنه في (73.3%) من الحالات كانت كفاءة إزالة العكورة محصورة بين (1-50%) ومع ذلك فإن (40%) من هذه الحالات كانت كفاءتها أقل من (25%)، يعود ذلك إلى العوامل المرتبطة بالإدارة والتصميم الى جانب أعمال الإدامة والصيانة (EPA, 2009). وفيما يخص تصميم المرشحات فإنها تعمل بشكل جيد مع العكورة العالية، لأنها أُنشِأت قبل بناء السد وتكوين البحيرة، أما مع العكورة الواطئة فتكون كفاءة الإزالة قليلة ويحتاج الأمر الى استخدام مرشحات ثنائية الوسط بعكس الحالة السائدة حالياً. وكان المعدل العام لإزالة العكورة في الوحدات الخمس (33.7 %). وهذه النتيجة مقاربة للنسبة (37.9%) التي تم حسابها من البيانات المذكورة في (حسن وآخرون، 2007) والتي تمثل المعدل العام لكفاءة وحدات الترشيح لخمس محطات تصفية تقع في مدينة الموصل. وقد عزوا أسباب تدني الكفاءة الى عدد من العوامل منها: إضافة مضخات جديدة الى وحدات الضخ الواطئ مما أدى الى زيادة معدل الترشيح والتي أدت الى زيادة سرعة الماء المار خلال طبقات المرشح وبالتالي تقليل قابلية الإزالة بالحجز ألمصفاتي والترسيب داخل فراغات وسط الترشيح للجسيمات الدقيقة، كما أن عدم مطابقة قيم الحجم المؤثر ومعامل الانتظام لمادة وسط المرشح للمعايير القياسية والتي تُحدد هذه القيم، ويؤثر عدم إنتظام عملية غسل المرشحات في التقليل من كفاءة الترشيح يضاف الى كل ذلك عدم كفاءة أحواض الترسيب التي تسبق المرشحات. وهذا ما لاحظه (رمل، 2010) من تدني كفاءة وحدات الترشيح في مشروع ماء الرمادي الكبير والتي وصلت الى (23.4 %) وأن المحطة لم تُظهر كفاءة في الإزالة المتوقعة للملوثات لكون الماء الداخل للمرشحات كان محملاً بتراكيز من الملوثات العالقة مما يؤدي الى إنخفاض في كفاءة المرشحات فضلاً عن أن عملية تبديل وسط الترشيح (media) لم يجر تغييرها منذ ثلاث سنوات الى جانب عدم تنظيم عملية غسل المرشحات.

وبالنسبة لترتيب المحطات قيد الدراسة ووفقاً للمعدل العام لكفاءتها بينت النتائج أنها كانت مرتبة من الأعلى الى الأدنى كما يأتي: المشروع الموحد لتصفية المياه في الساحل الأيمن بنسبة (55.2 %) ثم المشروع الجديد في الساحل الأيسر(38.5 %) ومشروع السلامية (30.1 %) تلاها مشروع الدندان (23.6 %) وأخيراً المشروع القديم في الساحل الأيسر(21.2 %). علماً بأن المشروع الأكفأ (المشروع الموحد لتصفية المياه في الساحل الأيمن) إذ جاوزت كفاءة مرشحاتها (80 %) في ثلاثة أشهر متتالية (شباط، آذار ونيسان) عندما كانت العكورة أعلى مما في بقية الأشهر جاوزت (3.5) NTU.

الكفاءة الكلية للمحطة في إزالة العكورة، ويقصد بها مجمل كفاءة جميع العمليات التي تسهم في إزالة العكورة وهي (التخثير، التلبيد، الترسيب و الترشيح)، تضمنها (الجدول 2) ومنه يتبين أن ترتيب المحطات قيد الدراسة وفقاً لكفاءتها في إزالة العكورة من الأعلى الى الأدنى كان المشروع الموحد في الساحل الأيمن وكفاءتها (70.7 %) تلاه المشروع الجديد في الساحل الأيسر بكفاءة (55.9 %) ثم السلامية بكفاءة (53.0 %) والدندان (42.6%) وفي المرتبة الأخيرة المشروع القديم في الساحل الأيسر وكفاءتها (30.8 %). إن هذا الترتيب التنازلي هو نفس الترتيب الذي لوحظ في كفاءة أحواض الترشيح ماعدا المشروع الموحد في الساحل الأيمن التي تُعد كفاءتها الكلية ضمن الطموح أو المقبول بينما تُعد كفاءة باقي المحطات دون الحد المقبول وفقاً لما ذكره (Steel and Mcghee, 1979) من أن قُدرة محطات التصفية على إزالة العكورة يجب أن تتراوح بين (70-90%). وعليه يجب العمل على رفع كفاءة المحطات التي شملتها الدراسة من خلال عمل دراسات مفصلة عن كل محطة على حده بالتعاون الكامل مع إدارة هذه المحطات من أجل تحديد السلبيات والمعوقات الموجودة في كل منها فلكُل محطة، كما هو معلوم، ظروفها الخاصة بها.

يبدو أن تدني كفاءة محطات التصفية الموجودة في محافظة نينوى وباقي محافظات العراق هي سمة مشتركة فيما بينهم. فمثلاً لاحظ (حسن وآخرون، 2007) أثناء دراستهم لخمس محطات تصفية تقع في مدينة الموصل تدني كفاءة هذه المحطات خصوصاً في إزالة العكورة وذكروا بان العكورة الناتجة من المحطات كانت قد جاوزت محددات المواصفات العراقية في بعض الحالات بنسب تراوحت بين (15- 70%) من النماذج المفحوصة. ووجد (رمل، 2010) أن الكفاءة الكلية لمشروع ماء الرمادي الكبير هو (59.4%) فقط.

وعند مقارنة الناتج النهائي لمحطات التصفية قيد الدراسة، من ناحية مستويات العكورة، مع المواصفات العراقية لمياه الشرب عام 2001 ومواصفات منظمة الصحة العالمية لعام 2011 (WHO, 2011) والتي ورد فيها أن العكورة يجب أن تكون أقل من (5) NTU يتبين أن (15.5%) فقط من العينات احتوت على عكورة أكثر من الحد المسموح بهِ وأن (85.7%) من هذهِ العينات كانت لمحطة الدندان والباقي لمحطة السلامية علماً بأن أعلى عكورة كانت (8.0) NTU وذلك في محطة الدندان في شهر شباط. وفضلاً عن ذلك فإن (22.2%) من العينات كانت تحتوي عكورة لغاية (1.0) NTU، وإن (60%) من هذهِ العينات كان للمشروع الموحد في الساحل الأيمن و (30%) للمشروع الجديد في الساحل الأيسر.

الاستنتاجات

1- بالنسبة لقيم العكورة تُعد مياه نهر دجلة الخام المار في محافظة نينوى ذات نوعية جيدة جداً.
2- التغيرات الشهرية في قيم العكورة لم تكُن واضحة ولم تُبدِ علاقة قوية مع كمية الأمطار الساقطة.
3- أتسمت كفاءة عمليتي الترسيب والترشيح بالتذبذُب الواسع من شهر لآخر ومن محطة لأُخرى.
4- كفاءة عملية الترسيب كانت واطئة حيث تراوحت بين (20-40%) في غالبية الحالات.
5- كفاءة عملية الترشيح كانت واطئة حيث تراوحت بين (1-50%) في أكثر من (70%) من الحالات.
6- المشروع الموحد لتصفية المياه في الساحل الأيمن فقط، كانت كفاءته الكلية ضمن الحدود المقبولة.

التوصيات

1- تحديد الأسباب والمعوقات الكامنة وراء انخفاض كفاءة محطات التصفية الرئيسة في محافظة نينوى من خلال إجراء بحوث تفصيلية عن كل محطة على حده وبالتعاون الكامل مع إدارات هذه المحطات والعاملين فيها.
2- تأثير البحيرة على عكورة نهر دجلة بحاجة الى دراسة مفصلة.
3- استبدال وحدات الترسيب والترشيح التقليدية بوحدات ترسيب أنبوبية ومرشحات ثنائية الوسط.

المصادر العربية

الحمداني، عبير هاشم حسن علاوي (2005). التقييم النوعي لكفاءة استخدام تقنية المرسبات الأنبوبية بالمقارنة مع المعالجة التقليدية في محطات إسالة ماء مدينة الموصل. رسالة ماجستير، كلية الهندسة، القسم المدني _ جامعة الموصل.

الخالدي، سعد كاظم ؛ الظفيري، محمد ابراهيم ؛ حمزة، حازم عزيز (2010). "تقييم كفاءة بعض مجمعات تصفية مياه الشرب في محافظة النجف، العراق". مجلة جامعة بابل، العلوم الصرفة والتطبيقية. **18**(2)، 600- 608.

الطيار، طه أحمد طه (1988). تأثير سد صدام على نوعية المياه وانعكاس ذلك على كفاءة محطات تصفية المياه في مدينة الموصل. رسالة ماجستير، كلية الهندسة، القسم المدني - جامعة الموصل.

الوتار، مي طه (2009). "دراسة بيئية وتصنيفية للجنس *Potamogeton* L. في نهر دجلة المار بمحافظة نينوى". اطروحة دكتوراه، كلية العلوم، علوم الحياة، جامعة الموصل – العراق، ص221.

حسن، محمد سليمان ؛ التمر، مصعب عبد الجبار ؛ بهنام، صبا خالد (2007). "دراسة واقع محطات الأسالة الرئيسية في مدينة الموصل خلال فترة الحصار". المؤتمر العلمي الأول لمركز بحوث البيئة والسيطرة على التلوث، جامعة الموصل – العراق ص 143 - 152.

رمل، مجيد مطر (2010). "تقييم نوعية مياه الـشرب وكفـاءة مـشروع مـاء الرمـادي الكبيـر". مجلـة القادسية للعلوم الهندسية. **3**(2).

المصادر الأجنبية

Ahmed, Sh. ; Wais, M. T. (1980). Raw water and treated water quality in Mosul during raining season. *Al- Rafidain Engineering*, **5**(1), 21 - 46.

AL-Hamed, M. I. (1966). Limnological studies on the inland water of Iraq. ***Bull. Iraqi, Nat. Hist***. **3**(5), 1 – 22.

AL-Ni'ma, B. A. B. (1982). A Studies on the limnology of the Tigris and Euphrates River. M. SC. Thesis Univ. of Salahadin.

AL-Ni'ma, B.A.B.; Al- Qaddo, S. M.; Nassori, G. A. (1995). Evaluation of two purification plants and suitability of their water for drinking at Mosul. ***J. Sci***. **23**, 36-44.

ApHA, (2007). "Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water". 21 th. ed., publishers, USA.

De Zuane, J. (1997). "Hand Book of Drinking Water Quality". 2nd ed., John Wily and Sons, Inc. 565 p.

EPA (European Psychiatric Association) (1999). Manual Turbidity Provisions. EPA Guidance, April, 7.1-7.13, On lineat : http:// www. Epa. gov / OGWDW/ mdbp/ pdf/ turbidity/ chap - 07.

EPA (European Psychiatric Association) (2009). EPA drinking water advice note. Advice Note NO. 5: Turbidity in drinking water version 1.

Hudson, H. E. (1981). Water clarification process, practical design and evolutions. Van Nostrand Reinhold Environmental Engineering Series. Litton Educational Publishing Inc.

Reed, G. D. ; Reece, D. A. (1984). Sedimentation success from modified jar tests. ***J. AWWA.*** **76** (7), 101 – 105.

Steel, E. W. ; Mc Ghee, T. J. (1979). "Water Supply and Sewerage", 5th. ed., Mc Graw _ hill CO_ Singapore.

World Health Organization. (2011). "Guidelines for Drinking _ Water Quality". 4th ed., World Health Organization. 541 p.