Iraqi Journal of Science
ISSN: 0067-2904
GIF: 0.851

دراسة نوعية مياه الشرب لبعض مشاريع تنقية المياه وشبكات نقل المياه ضمن مدينة الموصل

موج رياض اسماعيل الحمداني*، مازن نزار فضل
قسم علوم البيئة ، كلية البيئة ، جامعة الموصل ، الموصل ، العراق

الخلاصة

اجريت هذه الدراسة لتقييم نوعية مياه نهر دجلة كمصدر للماء الخام وبكفاءة محطات تنقية المياه ومدى صلاحية انابيب نقل المياه في الشبكات الموصلة وتقييم نوعية الماء بعد وصولها للمستهلك في الحي السكني بالاضافة لتأثير الفصل على نوعية المياه . تم دراسة كل من الايصالية الكهربائية والعكورة والاوكسجين المذاب والمتطلب الحيوي للاوكسجين وقياس تركيزي المغذيات والمتمثلة بالنترات والفوسفاتوايضا قياس تركيز الكلور المتبقي اضافة الى العدد الكلي للبكتريا وبكتريا القولون الكلية لماء النهر الخام والماء المجهز من اربعة محطات تصفية رئيسة في مدينة الموصل وهي مشروع الايمن الموحد ، مشروع الايسر الجديد ، مشروع الايسر قديم/توسيع ، مشروع الغزلاني ومتابعة ذلك لحين وصوله الى ابعد نقطة من الاحياء السكنية المختارة ضمن مسار الأنابيب الناقلة لكل محطة ، اختيرت مواقع اخذ العينات بحيث غطت بداية كل خط ناقل للمياه ووسطه ونهايته ولمدة تسعة اشهر ابتداءا من شهر ايلول لعام 2013 ولغاية شهر ايار عام 2014 . واظهرت نتائج الدراسة تجاوز اغلب القيم المدروسة للمحددات القياسية العالمية والعراقية وبالذات فيما يخص قيم العكورة والفوسفات والبكتريا الكلية وخلو اغلب عينات مياه الشرب في الاحياء السكنية من الكلور المتبقي .

Study of Drinking Water Quality for Some Water Purification Plants and Pipes Network in Mosul City

Mawj R. I. AL-Hamdany *, Mazin N. F.
Environment Science Department, College of Environment, University of Mosul, Mosul, Iraq

Abstract

This study focusing on river water quality as a source of raw water, efficiencies of water treatment plants, the goodness of transporting water pipes in the water networks and drinking water quality as consumed within certain city residential sectors, in addition to seasonal variation. The following water quality parameters were studied: Electrical Conductivity, Turbidity, Dissolved oxygen, Biochemical oxygen demand, the concentration of nutrients like nitrogen and phosphate, the residual chlorine in addition to total bacterial count and total colon bacteria of raw water, and treated water of four selected water treatment plants in Mosul city. These plants are : the right united scheme, the new left scheme ,the old left scheme and the Ghezlani scheme and follow up analyzing water quality parameters in the lines till the very far ends at the water network covered by every treatment plant. The sampling points were selected at the beginning; the middle andthe end of the water transporting lines .The study extended over nine months period started in September , 2013 and ended at May , 2014. The studied water quality parameters at most exceed the international and the Iraqi national standards limits of water quality. These parameters include turbidity, phosphate and total bacterial count. In addition

*Email: Mawj_ALbahar@yahoo.com

most of the analyzed water quality parameters of the city residential sectors were totally free of residual chlorine.

Keywords: Tigris River, water treatment plants, drinking water, transporting water pipes, Mosul city.

المقدمة

اهتمت البحوث والدراسات حول الماء وطبيعته وخواصه اهتماما كبيرا وذلك لأهمية الماء كمادة منحت للطبيعة وخصت الانسان والحيوان والنبات وكانت سببا من اسباب البقاء ومدلولا واضحا للحياة ، فالماء ركيزة اساسية للحياة وهو اساس الوجود ودعامة لكل مظاهر البقاء .وتشكل المياه العذبة جزء صغيرا جدا لم يتجاوز(2 %) من مجموع المياه الكلية على الارض والتي تغطي (71 %) من مساحة الكرة الارضية وتأتي هذه الاهمية بالدرجة الرئيسة فيما يخص الانسان وحياته لانها مصدر مياه الشرب له [1] . يشكل الماء نسبة كبيرة من محتوى المادة الحية للخلية في كل الكائنات الحية النباتية والحيوانية ووسطا للتفاعلات الحيوية التي لا تتم الا من خلال الاذابة ، فضلا عن ذلك فهو يحتوي الكثير من العناصر والاملاح التي تسبب بقاء الكائن واستمراره بالحياة. نشرت بحوث حديثة تؤكد ارتفاع نسبة الحالات المرضية المنقولة لمياه الشرب وكثرة الوفيات من جرائها اضافة الى ان 16 % من سكان العالم مازالوا يعانون من مياه ملوثة غير صحية [2] . دعت الحاجة تناسبا مع التطور الحضاري في شتى مجالات الحياة الى وجود محطات تصفية تؤمن المياه الصالحة للإنسان وازدياد اعداده المضطردة اضافة الى الاهتمام بنوعيتها وجودتها ومواكبتها للصناعات الحديثة وتغيير القديم والعاطل منها وضرورة استخدام احدث الطرق والوسائل والمواد الاولية وتهيئة الكادر المؤهل لها .

ان الامتداد الافقي والعمودي السكاني والاستخدامات المتزايدة على المياه والتطور الزراعي والصناعي وحاجته الماسة لمزيد من المياه والتي قد تسبب مشكلة في ايجاد مصادر جديدة ، اضافة الى ما يرافق هذه الطفرات الفكرية والثقافية من تواجد لكثرة المخلفات الصناعية والزراعية والبشرية مما يزيد العبء الحياتي الذي يواجه الانسان [3] . ونأمل ان تسهم هذه الدراسة وغيرها من بحوث ودراسات اقدم من قبل الباحثين في اطراء المكتبات العلمية والتي تتعلق بمياه النهر الخام واساليب التصفية والتنقية بالوصول الى ماننشد من ناحية كمية ونوعية المياه الصالحة للشرب وترشيد الاستهلاك من قبل المواطن والوعي الصحي والثقافي له بغية الوصول الى بيئة سليمة نظيفة مواكبة لما تسعى اليه الدول المتطورة الاخرى ، دراسة AL–Ni'ma واخرون (1995) [4] لتقييم عمل محطتين لتصفية المياه في مدينة الموصل وهي محطة الايمن الموحد والايسر القديم إذ بينت النتائج ان كفاءة ازالة العكورة كانت منخفضة في كلا المحطتين بينما كانت كفاءة التعقيم (100%) . دراسة شاهين (2004) [5] على محطة اسالة ماء الجانب الايسر لمدينة الموصل (مشروع القبة) قارن فيها بين الخصائص النوعية الفيزيائية والكيميائية للمياه قبل وبعد المعالجة واظهرت الدراسة كفاءة جيدة للمحطة فيما يخص ازالة العكورة والمواد العالقة في الوقت الذي لم تتحقق فيه ازالة تذكر لخصائص اخرى كالعسرة والايونات والاملاح الذائبة وغيرها . كما تم اجراء دراسة مسحية لبعض المناطق السكنية على جانبي نهر دجلة في مدينة الموصل لغرض تقييم نوعية المياه التي تضخ من محطات التصفية ومدى ملائمتها لأغراض الشرب من قبل محمد وحامد (2009) [6] وذلك من خلال اجراء بعض التحاليل للصفات الفيزيائية والكيميائية وأظهرت النتائج ان مياه بعض المناطق السكنية غير صالحة للشرب لتجاوز قيم بعض الخصائص للحدود المسموح بها من قبل منظمة الصحة العالمية . وقد انتهت العبيدي (2013) [7] في دراستها لتأثير محطات تصفية المياه الرئيسية في محافظة نينوى على نوعية مياه نهر دجلة الخام وملائمة انتاجها للشرب ، بينت النتائج ان درجة الحرارة لمياه النهر الخام ملائمة لأغراض التصفية ، ولم يكن هنالك تأثير معنوي لعكورة المياه الخام وفيما يخص الكفاءة الكلية لازالة العكورة في المحطات كانت محصورة بين (12.5 – 93.8 %) وقيم الدالة الحامضية لمياه النهر تعد ضمن المواصفات ووجود انخفاض فيه بعد عمليتي الترسيب والترشيح .

هدفت الدراسة الى تقييم نوعية مياه نهر دجلة الخام قبل دخوله محطات الاسالة ولحين وصوله للمستهلك مع توضيح مدى تدهور نوعيته خلال مروره بشبكة التوزيع ، كما سعت هذه الدراسة الى تحديد كفاءة عمل اربع محطات تصفية للمياه في مدينة الموصل اضافة الى بيان سلامة شبكات المياه الناقلة وصلاحية المياه للشرب في احياء مختارة من المدينة وتأثير التغيرات الفصلية عليها وذلك من خلال اجراء بعض الفحوصات الفيزيائية ، والكيميائية ، والبكتيرية .

المواد وطرائق العمل

مواقع اخذ العينات :

تم اختيار اربعة مشاريع رئيسة لتصفية مياه نهر دجلة الخام تقع على جانبيه وموزعـه على طول مجراه ضـمن مدينـة الموصـل ، و كانت المشاريع متسلسلة من الشمال الى الجنوب كما يلي :

مشروع الايمن الموحد

ويقع على الضفة اليمنى من النهر قرب منطقة مشيرفة واعتمد اخذ العينات من سبعة عشر حي سكني من ضمن المناطق التي يغذيها المشروع ، كما في الشكل-1 .

مشروع الايسر الجديد

يقع على الضفة اليسرى من النهر في قرية الكبة وجمعت العينات من تسعة احياء سكنية ضمن المناطق التي يغذيها المشروع ، كما في الشكل-2 .

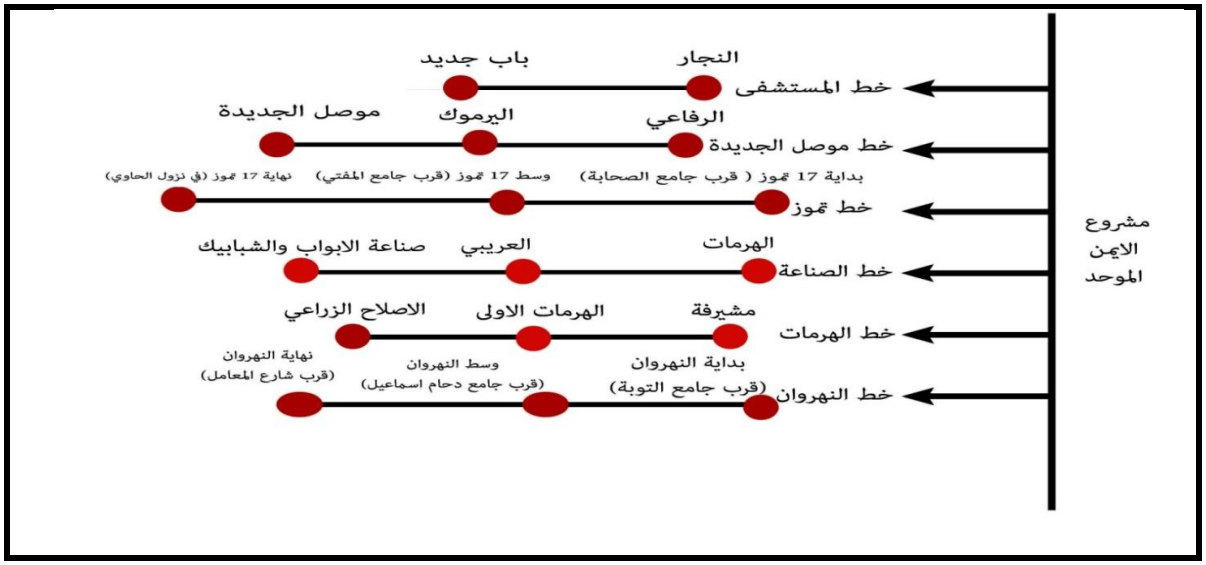
مشروع الايسر القديم/توسيع

يقع على الضفة اليسرى من النهر بالقرب من فندق نينوى أوبروي واعتمدنا بأخذ العينات على ستة احياء سكنية من ضمن المناطق التي يغذيها المشروع ، كما في الشكل-3 .

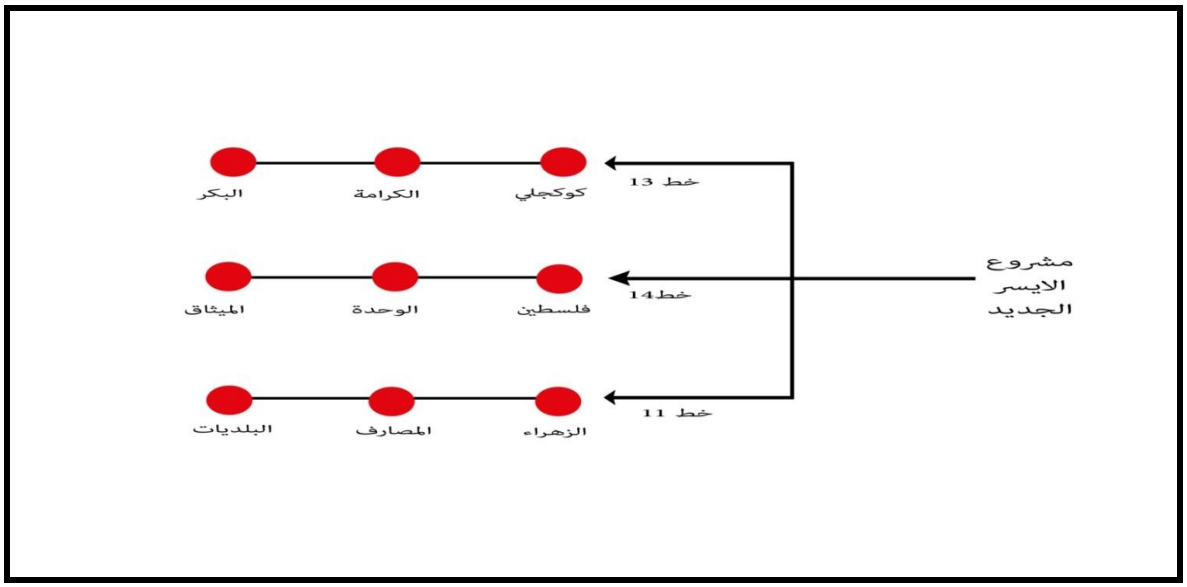
مشروع الغزلاني

يقع على الضفة اليمنى من النهر جنوبي جسر الحرية في منطقة الدندان وجمعت العينات من ثلاثة احياء سكنية عائدة لهذا المشروع ، كما في الشكل-4 .

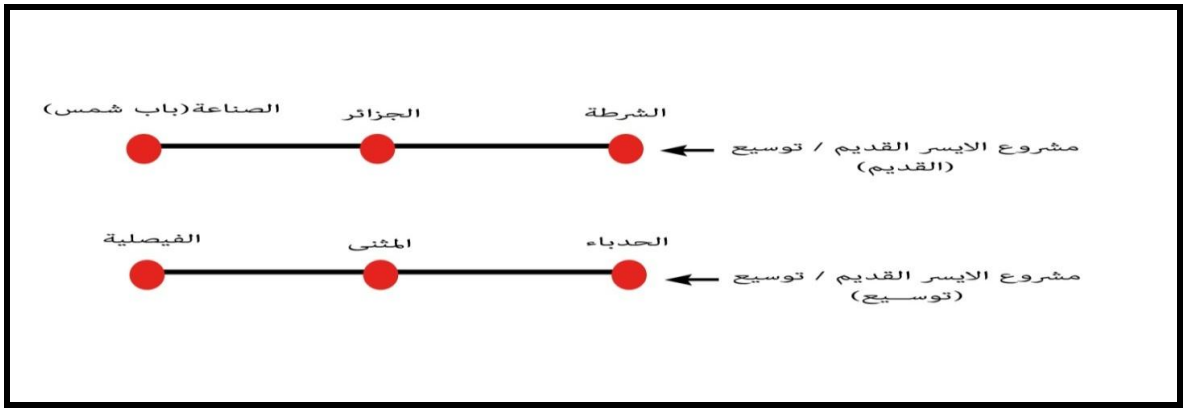
كما تم تحديد في بداية التجربة الخطوط الناقلة لكل مشروع من المشاريع قيد الدراسة واختيرت مواقع اخذ العينات بحيث غطت بشمولية بداية الخط ووسطه ونهايته بهدف تغطية كل المناطق التي يغذيها المشروع شكل-5 ، وقد غطت الدراسة خمسة وثلاثون حي سكني من احياء مدينة الموصل وكما موضح بالأشكال (1 ، 2 ، 3 ، 4).



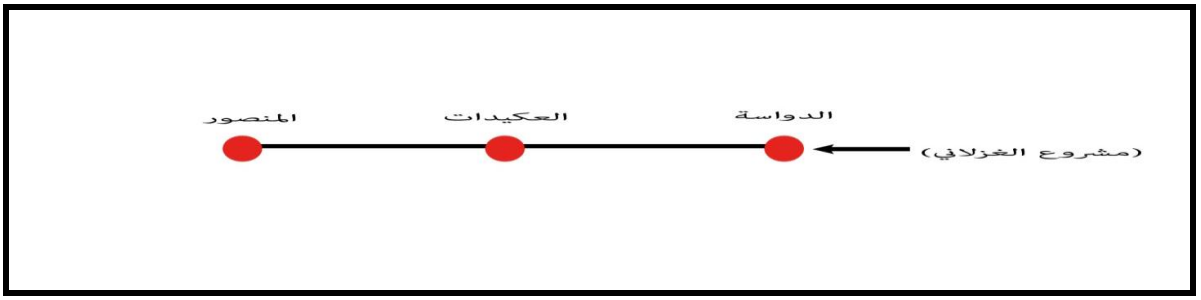
الشكل 1- يوضح الاحياء السكنية المختارة من الخطوط الناقلة للمياه التابعة لمشروع الايمن الموحد(المديرية العامة للماء _ مديرية ماء نينوى) [8]



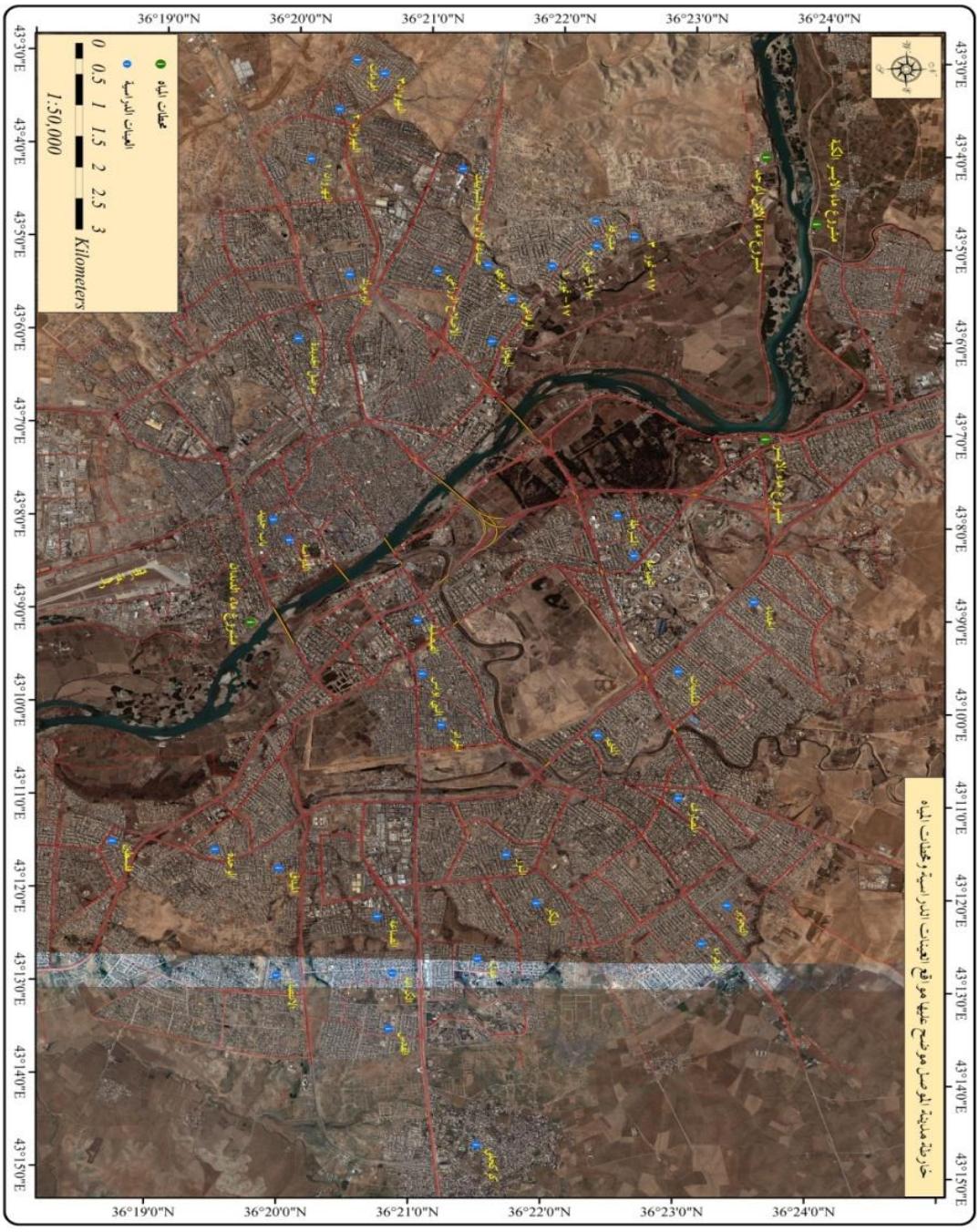
الشكل 2- يوضح الاحياء السكنية المختارة من الخطوط الناقلة للمياه التابعة لمشروع الايسر الجديد(المديرية العامة للماء _ مديرية ماء نينوى) [8]



الشكل 3- يوضح الاحياء السكنية المختارة من الخطوط الناقلة للمياه التابعة لمشروع الايسر القديم/توسيع(المديرية العامة للماء _ مديرية ماء نينوى) [8]



الشكل 4- يوضح الاحياء السكنية المختارة من الخطوط الناقلة للمياه التابعة لمشروع الغزلاني(المديرية العامة للماء _ مديرية ماء نينوى) [8]



شكل 5– خارطة توضح مواقع مشاريع الاسالة والاحياء السكنية التي تمت الدراسة عليها

جمع العينات

استغرقت فترة اخذ العينات تسعة اشهر من ايلول 2013 الى ايار 2014 ، واخذ بنظر الاعتبار جمع العينات في كل فصول السنة المختلفة ، واتبع اسلوب جمع العينات بواسطة قناني من البولي اثيلين Polyethylene كما جمعت العينات الخاصة بالفحوصات البكتيرية بواسطة قناني زجاجية معقمة Vials . واجريت التحليلات المختبرية في مختبرات كلية البيئـة/ جامعة الموصل، كما تم اتبــاع الطرق القياسيـة المعتمـدة في [10,9] في اجراء الفحوصات وتحليل نوعية المياه ، وكانت طرق القياس كالأتي :

الايصالية الكهربائية : اجري الفحص بواسطة جهاز قياس الايصالية الكهربائية من نوع HANNA موديل HI99301 .

العكورة : حددت قيم العكورة للعينات بوساطة جهاز TurbiDirect الماني المنشأ والذي يتطلب رج العينات بشكل جيد قبل قياسها وكانت وحدة القياس NTU .

الأوكسجين المذاب : استخدم جهاز قياس الاوكسجين المذاب بالماء نوع HANNA لغرض القياس .

الكلور المتبقي : بالاعتماد على الطريقة اللونية وبأستعمال جهاز DPD Free , Total & Combined Chlorine Test Kit موديل .SL-26 و بأضافة اقراص الـ DPD حيث يتغير لون العينة الى اللون الوردي تبعا لتركيز الكلور المتبقي في العية ، ومن ثم يتم مقارنة هذا اللون مع الالوان القياسية في الجهاز ، بوحدة ملغم/لتر .

العدد الكلي للبكتريا : تم تقديره بطريقة العد بالأطباق وذلك بزرع ملليلتر واحد من العينة بعد رج القنينة الزجاجية vial عدة مرات في طبق بتري ثم يصب الوسط الغذائي المعقم وهو بيئة الأكار ، وتتم هذه العملية داخل ظروف تامة التعقيم في الهود Hood ، ثم يحضن بدرجة حرارة (37°م) لمدة (24-48) ساعة بعدها يجري حساب العدد الكلي القياسي للبكتريا Standard Plate Count (SPC) .

بكتريا القولون الكلية : تم حساب العدد الكلي لبكتريا القولون (TC) بأستعمال طريقة الانابيب المتعددة Multiple Tube Method وبواسطة العدد الاكثر احتمالا Most Probable Number (MPN) وباعتماد الفحص الافتراضي والفحص التكميلي .

النتائج والمناقشة

الايصالية الكهربائية Electrical Conductivity (EC)

تعرف الايصالية الكهربائية بانها تعبير رقمي لقابلية محلول مائي لنقل التيار الكهربائي وتعتمد على تركيز ونوعية الايونات الموجودة في الماء ودرجة الحرارة [11] إذ إن زيادة درجة حرارة الماء درجة مئوية واحدة تسبب زيادة في الايصالية الكهربائية 2% [12] وتقاس كهربائية الماء بوحدة (المايكروسيمنز/سم) . وفيما يخص معدلات الايصالية الكهربائية لمياه النهر الخام نلاحظ من خلال الجدول-1 ان القيمة العليا بلغت (475.0) مايكروسيمينز/سم في فصل الربيع عند الموقع الرابع ، ومن الطبيعي ان تنحى النتائج بهذا الاتجاه كون الارتفاع يحصل بالاتجاه جنوبا بسبب زيادة مصادر التلوث على طول مجرى النهر بالاضافة لكثرة مصادر مياه المجاري في هذا الموقع كذلك بسبب تأثير مطروحات معملي الدباغة والخميرة ، في حين كانت ادناها (335.3) مايكروسيمينز/سم في فصل الخريف عند الموقع الاول ، لكون ان هذا الموقع هو الاقل من حيث مصادر مياه الصرف والمطروحات المختلفة للمدينة . اما بالنسبة لنتائج الايصالية الكهربائية في انابيب نقل المياه فان اعلى القيم بلغت (440.0) مايكروسيمينز/سم في فصل الصيف عند الخط الناقل رقم 2 والذي يغذيه مشروع الغزلاني واقلها بلغت (315.5) مايكروسيمينز/سم في فصل الخريف عند الخط الناقل رقم 3 والخط الناقل رقم 4 والتابعين لمشروع الايسر الجديد. ومن هذه النتائج يمكننا الاستنتاج ان نوعية المياه بعد المعالجة تعتمد على نوعية المياه الخام وخصوصا فيما يخص الملوثات التي لا يمكن ازالتها في محطات المعالجة التقليدية حيث ان هذه المحطات لاتحتوي على الية لازالة الاملاح [5] .

ومن مقارنة النتائج مع المحددات القياسية العراقية (2009) لمياه الشرب والتي حددت بـ (2000) مايكروسيمينز/سم ومحددات منظمة الصحة العالمية WHO (2008) والتي حددت بـ (2500) مايكروسيمينز/سم نلاحظ ان جميع العينات المدروسة لم تتجاوز الحدود المسموح بها [13,2] . ومن خلال التحليل الاحصائي تبين ان هناك فروقات معنوية في قيم الايصالية الكهربائية بين الفصول ما عدا في مشروع الغزلاني فلم يكن هناك فرق معنوي . بينما لم تسجل فروقات معنوية في قيم الايصالية الكهربائية فيما يخص الاحياء السكنية وعند مستوى معنوية ($P \leq 0.05$) .

جدول 1- المعدلات الفصلية لقيم الايصالية الكهربائية لمياه النهر الخام ولخطوط نقل المياه (مايكروسيمينز/سم)

مشاريع التصفية	الخطوط الناقلة للمياه	الفصول خلال مدة الدراسة			
		الخريف (ايلول - ت1- ت2)	الشتاء (ك1- ك2- شباط)	الربيع (اذار- نيسان)	الصيف (ايار)
مشروع الايمن الموحد	النهر R1	335.3	406.6	400.0	360.0
	خط L2	335.0	383.3	425.0	410.0
	خط L3	342.2	384.4	408.3	423.3
	خط L4	325.5	376.6	406.6	403.3
	خط L5	336.6	380.0	410.0	420.0
	خط L6	330.0	377.7	420.0	420.0
	خط L7	334.4	372.2	408.3	410.0
مشروع الايسر الجديد	النهر R1	358.3	383.3	405.0	390.0
	خط L2	317.7	363.3	403.3	406.6
	خط L3	315.5	384.4	410.0	420.0
	خط L4	315.5	373.3	400.0	393.3
مشروع الايسر قديم/توسيع	النهر R1	370.0	403.3	405.0	370
	خط L2	375.5	384.4	410.0	426.6
	خط L3	326.6	375.5	420.0	420.0
مشروع الغزلاني	النهر R1	401.6	413.3	475.0	440.0
	خط L2	316.6	393.3	432.5	440.0

(Line) = L (River) = R

العكورة Turbidity

تعتبر العكورة مقياس لدرجة شفافية المياه وتعبر عن خاصية بصرية لتشتت وامتصاص الضوء خلال مروره بعينة الماء بواسطة الدقائق العالقة [14] كما انها مسؤولة عن حماية الاحياء من تأثيرات اشعة الشمس ومن المواد السامة كالكلور مثلا [15] . الجدول- 2 يبين ان اعلى قيمة لعينات النهر الخام بلغت (8.00) NTU في فصل الصيف وعند الموقع الرابع في حين تدنت بقيمها الى (4.20) NTU في فصل الخريف في الموقع الاول ، وقد يعود سبب زيادة عكورة مياه النهر بالدرجة الرئيسة لمروره بمدينة الموصل واختلاف كميات مياه الفضلات وسرعة مصبات المطروحات التي ترد الى نهر دجلة في العديد من المواقع والاماكن داخل حدود المدينة وقد يكون بضمنها مصب نهر الخوصر [16] . كما ان لسرعة التيار في مجرى النهر الدور الواضح في تحديد ركود الدقائق المختلفة [17] اضافة لكمية البكتريا والكائنات المجهرية الاخرى وفعاليات الانسان المختلفة الدور الواضح في تراكيز العكورة ، ولتأثير مواسم سقوط الامطار وكثرة عمليات الجرف على ضفاف النهر الدور البارز في زيادة كميات العكورة في النهر .وبالعودة لقيم العكورة في عينات خطوط نقل المياه فان اعلى قيمة كانت (59.1) NTU في فصل الربيع وبحدود الخط الناقل رقم 2 والذي يغذيه مشروع الايسر القديم/توسيع واقل قيمة (2.19) NTU في فصل الصيف عند الخط الناقل رقم 4 والذي يغذيه مشروع الايمن الموحد وبما ان درجة العكورة في خطوط الانابيب الخاصة بنقل المياه الى الاحياء السكنية هي بارتباط وثيق مع ما يصلها من ماء النهر الخام وبالتالي فان اعلى قيمة كانت في فصل الربيع ايضا وقد يكون هذا مؤشر لقلة كفاءة عمل مشاريع الاسالة هذا بالإضافة الى الاضرار والتكسرات الموجودة في شبكة الانابيب بسبب قدمها مما يؤدي الى تسرب مياه المجاري وماتحتويه من اعداد وانواع كبيرة من البكتريا ومايتسرب من اطيان الى داخل الشبكة واختلاطها مع مياه الشرب [18] . كما ان كمية الشب المضافة ، وطريقة التشغيل ، وجودة عمليات الصيانة ، وقدم المشروع لها تأثيراً كبيراً في معدلات العكورة في مياه الشرب وارتفاع تراكيزها في عينات خطوط توصيل المياه عن ماهو في عينات النهر الخام ، وايضا من الاسباب المهمة لارتفاع قيم العكورة هي التقطعات المستمرة للمياه في الاحياء السكنية واستخدام مضخات المياه التي من الممكن ان تسحب الاطيان والمواد العالقة الناتجة من التكسر وصدأ الانابيب الناقلة . ومن التأثيرات السلبية المباشرة للكدرة على عمليات التعقيم في مشاريع الاسالة هي وجود الفيروسات والبكتريا والاحياء المجهرية الاخرى داخل مسببات الكدرة كالأطيان مثلا لتصبح بمنأى عن الكلور مما يؤدي الى قلة كفاءة التعقيم والاسراف في استعمال الكلور كمطهر [19] . بالمقارنة مع المحددات القياسية العراقية (2009) لمياه الشرب والتي حددت بـ (5) NTU ومحددات منظمة الصحة العالمية وحددت بـ (0 – 50) NTU كانت غالبية العينات متجاوزة لهذه المحددات [13,2] . ومن التحليل الاحصائي ظهر ان الفروق

المعنوية في قيم العكورة بالنسبة لما بين الفصول قليلة جدا وعند مستوى معنويـة ($P \leq 0.05$) بينما ظهرت الفروق المعنوية على مستوى الاحياء السكنية وعند مستوى معنوية ($P \leq 0.05$) ايضا .

جدول 2– المعدلات الفصلية لقيم العكورة لمياه النهر الخام ولخطوط نقل المياه (NTU)

مشاريع التصفية	الخطوط الناقلة للمياه	الفصول خلال مدة الدراسة			
		الخريف **(ايلول - ت1- ت2)**	الشتاء **(ك1- ك2- شباط)**	الربيع **(اذار- نيسان)**	الصيف **(ايار)**
مشروع الايمن الموحد	النهر R1	4.20	7.20	7.40	5.00
	خط L2	3.93	3.56	7.45	4.93
	خط L3	9.32	4.75	8.70	3.79
	خط L4	10.6	5.08	4.73	5.46
	خط L5	24.9	13.3	40.0	10.8
	خط L6	20.9	7.68	30.5	8.28
	خط L7	21.6	12.3	19.3	15.9
مشروع الايسر الجديد	النهر R1	4.63	7.03	7.00	5.00
	خط L2	3.89	7.64	30.8	5.40
	خط L3	5.96	4.70	34.2	4.25
	خط L4	16.1	4.54	17.9	2.19
مشروع الايسر قديم/توسيع	النهر R1	5.56	6.86	6.77	5.50
	خط L2	16.0	9.65	59.1	6.16
	خط L3	11.6	3.85	14.1	11.8
مشروع الغزلاني	النهر R1	6.03	6.73	7.65	8.00
	خط L2	11.0	10.7	20.4	4.96

الاوكسجين المذاب Dissolved Oxygen

وهو من العناصر المهمة في بيئة الكائنات الحية المائية اذ يتحكم مباشرة بافعالها الحيوية ، وان استنفاذه يؤدي الى حدوث عمليات التحلل اللاهوائي وتخلف الروائح والمركبات الضارة [20] ومن ثم له اهمية في عمليات التنقية الذاتية التي تحدث طبيعيا بواسطة الاحياء الدقيقة . الجدول–3 يبين ان اعلى قيمة بالنسبة لعينات النهر الخام كانت في فصل الشتاء عند الموقع الثاني وبلغت (6.3) ملغم/لتر وقد يعود ذلك لقلة المطروحات في هذا الموقع بالاضافة لكثرة الطحالب هناك والتي تعمل على زيادة الاوكسجين المذاب من خلال عملية البناء الضوئي كما ان لانخفاض درجات الحرارة الدور في ذلك ايضا ، واقل قيمة كانت في فصل الصيف عند الموقع الرابع بلغت (4.2) ملغم/لتر ويعزى ذلك لكثرة الفضلات المطروحة والتي تؤدي بدورها الى استنزاف الاوكسجين من قبل البكتريا لتحليلها المواد العضوية . اما عن قيم الاوكسجين المذاب في خطوط نقل المياه فقد كانت اعلى قيمة في فصل الربيع عند الخط الناقل للمياه رقم 7 والذي يغذيه مشروع الايمن الموحد وبلغت (6.9) ملغم/لتر في حين ان اقل قيمة كانت في فصل الصيف عند الخط الناقل للمياه رقم 4 والذي يغذيه مشروع الايمن الموحد ايضا وبلغت (4.4) ملغم/لتر . ان قلة الاوكسجين في بعض الاحياء السكنية يعود سببه للتكسرات الحاصلة في شبكة الانابيب مما يؤدي الى اختلاط مياه المجاري مع مياه الاسالة ودخول المواد العضويـة التي تـستنزف الاوكسجيـن المـذاب في اكسدتـها [21] . ومن مقارنة هذه النتائج بالمحددات القياسية ظهرت بعض العينات متجاوزة للحدود المسموح بها من قبل المواصفات العراقية (2009) والتي حددت بـ أكثر من (5) ملغم/لتر ومنظمة الصحة العالمية WHO (2008) والتي حددت بـ (6.8) ملغم/لتر [13,2] . تبين من التحليل الاحصائي ان هناك فروق معنوية في قيم الاوكسجين المذاب بين الفصول بينما لم تسجل فروق معنوية لقيم الاوكسجين المذاب بين الخطوط الناقلة للمياه وبين الاحياء السكنية وعند مستوى معنوية ($P \leq 0.05$) .

جدول 3- المعدلات الفصلية لقيم الاوكسجين المذاب لمياه النهر الخام ولخطوط نقل المياه (ملغم/لتر)

مشاريع التصفية	الخطوط الناقلة للمياه	الفصول خلال مدة الدراسة			
		الخريف (ايلول-ت1ت2)	الشتاء (ك1-ك2-شباط)	الربيع (اذار- نيسان)	الصيف (ايار)
مشروع الايمن الموحد	النهر R1	5.3	5.7	4.9	5.2
	خط L2	6.5	6.1	5.8	4.7
	خط L3	6.3	6.2	6.2	4.7
	خط L4	6.4	6.4	6.6	4.4
	خط L5	5.9	6.0	6.3	6.2
	خط L6	5.9	6.0	6.8	5.0
	خط L7	5.6	6.1	6.9	4.6
مشروع الايسر الجديد	النهر R1	5.3	6.3	5.6	5.3
	خط L2	6.3	6.1	6.4	5.6
	خط L3	6.2	6.3	6.6	5.8
	خط L4	6.5	6.0	6.3	4.9
مشروع الايسر قديم/توسيع	النهر R1	4.5	6.1	4.6	4.7
	خط L2	6.0	5.7	5.8	6.2
	خط L3	6.7	6.4	5.9	5.1
مشروع الغزلاني	النهر R1	4.3	5.8	5.7	4.2
	خط L2	6.6	6.2	6.0	6.1

الكلور المتبقي Residual chlorine

ان صفة بقاء الكلور في المياه خاصية مميزة قد تجعل من اختياره في محطات التصفية ضمان مياه امنة اثناء مرورها بشبكات التوزيع ولحين وصولها للمستهلك ، كما ان عملية الترشيح لاتعمل بكفاءة لازالة البكتريا والفايروسات لصغر حجم هذه الكائنات مما يستدعي اضافة الكلور لضمان القضاء عليها . وهناك عوامل محددة لكفاءة التعقيم وقتل الجراثيم بمواد الكلور منها عدد ونوع الكائنات الملوثة للماء اصلا و كفاءة المطهر ومن ثم الزمن المستخدم واللازم لذلك المطهر للتغلغل في خلايا الكائنات الحية وكذلك لكمية المطهر الدور المهم في العملية [22] . وفي عينات خطوط نقل المياه ومن خلال الجدول-4 تبين ان القيم تراوحت بين (1.0 – 0.16) ملغم/لتر اذ سجلت اعلى قيمة في فصل الصيف وفي موقعين مختلفين عند الخط الناقل رقم 7 الذي يغذيه مشروع الايمن الموحد وعند الخط الناقل رقم 2 والذي يغذيه مشروع الغزلاني ، اما اقل قيمة فقد كانت في فصل الربيع عند الخط رقم 7 والذي يغذيه مشروع الايمن الموحد ، وهذا يدل على ان وضع مادة الكلور كان عشوائيا وعدم اعتماد الدقة في ضخه او بسبب الانقطاع المتكرر للتيار الكهربائي مما يسبب ايقاف عمل مضخات الكلور كما ان للعكورة تأثير عكسي على تركيز الكلور المتبقي [23] ايضا من اسباب تفاوت تركيز الكلور المتبقي في مناطق الدراسة هي استخدام النسب العالية في عملية التعقيم من قبل المشغلين والذي يؤدي الى قراءات عالية بالتركيز في المناطق القريبة من محطات ضخ مياه الشرب وانخفاض تلك القراءات تبعا للابتعاد عن هذه المحطات بسبب طول المسافة وبعد الاحياء السكنية عن محطات ضخ المياه وهذه تتبع خاصية الكلور المتبقي . لقد حددت المواصفات القياسية العراقية (2009) التراكيز المسموح بها من الكلور المتبقي فكانت مابين ((0.3 – 2) – 5) ملغم/لتر وعند مقارنة العينات المدروسة نلاحظ ان هناك العديد منها متجاوزة لهذه الحدود من خلال عدم احتوائها على الكلور المتبقي او انها لم تصل الى التركيز الادنى المطلوب [13,2] . تبين من خلال التحليل الاحصائي ان الفروق المعنوية في قيم الكلور المتبقي بين الفصول وبين الاشهر قليلة جدا بينما وجدت الفروق المعنوية عالية فيما بين الاحياء السكنية وعند مستوى معنوية ($P \leq 0.05$) .

جدول 4– المعدلات الفصلية لقيم الكلور المتبقي لمياه النهر الخام ولخطوط نقل المياه(ملغم/لتر)

مشاريع التصفية	الخطوط الناقلة للمياه	الفصول خلال مدة الدراسة			
		الخريف (ايلول - ت1- ت2)	الشتاء (ك1- ك2- شباط)	الربيع (اذار- نيسان)	الصيف (ايار)
مشروع الايمن الموحد	النهر R1	0.0	0.0	0.0	0.0
	خط L2	0.68	0.65	0.40	0.50
	خط L3	0.44	0.53	0.53	0.73
	خط L4	0.20	0.26	0.60	0.53
	خط L5	0.24	0.18	0.26	0.66
	خط L6	0.52	0.36	0.23	0.53
	خط L7	0.31	0.25	0.16	1.00
مشروع الايسر الجديد	النهر R1	0.0	0.0	0.0	0.0
	خط L2	0.53	0.76	0.66	0.93
	خط L3	0.55	0.76	0.23	0.93
	خط L4	0.37	0.51	0.30	0.80
مشروع الايسر قديم/توسيع	النهر R1	0.0	0.0	0.0	0.0
	خط L2	0.24	0.27	0.40	0.33
	خط L3	0.51	0.58	0.40	0.40
مشروع الغزلاني	النهر R1	0.0	0.0	0.0	0.0
	خط L2	0.61	1.00	0.35	0.90

العدد الكلي للبكتريا Total Plate Count

ان احتواء الماء الخام وبصورة طبيعية على البكتريا هي من الامور الاعتيادية جدا اذ تعد هذه جزء من المكونات الحية للنظام البيئي وحيث ان اعدادها تزداد وتختلف انواعها عند وجود اي مصدر تلوث عضوي قد تفيدنا في عمليات التعقيم في محطات التصفية وبالامكان قياس ومعرفة درجة تغذية النهر من خلال وجود تلك البكتريا في مياهه اذ تزداد هذه البكتريا في انهار حاوية على تراكيز عالية من المواد المغذية [24] . في عينات النهر الخام تراوحت التراكيز بين (0.2×10^5 – 269×10^5) خلية/مل من جدول–5 فكانت اعلاها في فصل الخريف عند الموقع الرابع واقلها في فصل الصيف عند الموقع الرابع ايضا ، حيث ان انجراف التربة والمواد العضوية والملوثات بتأثير الامطار الساقطة يؤدي الى زيادة اعداد البكتريا ، كما نلاحظ ان اعداد البكتريا تزداد عند مرور نهر دجلة في مدينة الموصل وذلك بسبب ما يستلمه النهر من مجاري فضلات المياه المصروفة باختلاف انواعه .اما عن عينات خطوط نقل المياه فقد تراوحت معدلات البكتريا الكلية بين (N.D – 267.0) خلية/مل كانت اعلاها في فصل الصيف عند الخط الناقل رقم 6 الذي يغذيه مشروع الايمن الموحد واقلها في فصل الصيف عند الخط الناقل رقم 3 والذي يغذيه مشروع الايسر الجديد، وقد يعود سبب ذلك كون ان مشروع الايمن الموحد قديم الانشاء وشبكة الانابيب الناقلة للمياه التابعه له قديمة ومتكسرة كما ان تكسر انابيب المجاري يؤدي الى زيادة كمية المياه الناضحة والمتسربة الى البيئة المحيطة بالانابيب مؤدية الى تلوثها وانتقال هذا التلوث الى شبكة مياه الشرب لاسيما في حالة شحتها واستخدام المضخات في المنازل لسحب المياه من الشبكة مباشرة ومن ثم زيادة احتمالية التلوث نتيجة انخفاض الضغط ودخول مياه الصرف الصحي او المياه الجوفية الملوثة اليها بالتالي زيادة المواد العضوية وتسهيل التواجد البكتيري في المياه، فضلا عن انخفاض جرع الكلور المتبقي [25] . وبمقارنة هذه النتائج مع المحددات القياسية العراقية (2009) لمياه الشرب والتي حددت بـ (100) خلية/مل نرى ان هناك العديد من العينات متجاوزة لهذه المحددات [13,2] . وضح التحليل الاحصائي وجود فروق معنوية في قيم البكتريا ما بين الفصول وكذلك الحال مابين الاشهر كما وجدت ايضا الفروق المعنوية بين الاحياء السكنية وعند مستوى معنوية ($P \leq 0.05$) .

جدول 5– المعدلات الفصلية لقيم البكتريا الكلية لمياه النهر الخام ولخطوط نقل المياه(خلية/مل)

مشاريع التصفية	الخطوط الناقلة للمياه	الفصول خلال مدة الدراسة			
		الخريف (ايلول - ت1- ت2)	الشتاء (ك1- ك2- شباط)	الربيع (اذار- نيسان)	الصيف (ايار)
مشروع الايمن الموحد	النهر R1	1×10^5	0.2×10^5	4×10^5	8×10^5
	خط L2	49.7	16.0	15.3	2.0
	خط L3	11.0	3.7	15.5	189.6
	خط L4	22.6	20.5	0.33	10.6
	خط L5	127.5	199.8	125.6	171.6
	خط L6	121.6	114.3	34.5	267.0
	خط L7	122.5	147.0	109.8	2.33
مشروع الايسر الجديد	النهر R1	4×10^5	0.2×10^5	4×10^5	0.5×10^5
	خط L2	46.7	83.4	53.6	171.6
	خط L3	5.1	24.5	46.5	N.D
	خط L4	69.6	111.0	32.5	8.3
مشروع الايسر قديم/توسيع	النهر R1	4×10^5	0.01×10^5	7×10^5	1×10^5
	خط L2	209.8	239.6	74.6	142.3
	خط L3	1.66	95.5	126.6	90.6
مشروع الغزلاني	النهر R1	269×10^5	0.1×10^5	0.4×10^5	0.07×10^5
	خط L2	3.6	16.3	26.0	243.0

بكتريا القولون الكلية Total Coliform Bacteria

يمكن اعتبار هذه البكتريا بوجه عام مؤشر مايكروبي واضح للتعرف على نوعية وصلاحية ماء الشرب ومدى صلاحيته للاستخدام البشري والصحة العامة ودليل على تلوث المياه العذبة بمياه المجاري وربما يعود ذلك لسهولة عملية الكشف عن هذه البكتريا وحتى في مستوياتها الدنيا [26] . تراوحت تراكيز بكتريا القولون في عينات النهر الخام مابين (386.6 – 1125) خلية/100 مل اعلى قيمة كانت في فصل الربيع عند الموقع الثاني واقلها في فصل الشتاء عند الموقع الثاني ايضا من الجدول–6 ، ان وجود النسب العالية من البكتريا في مياه النهر الخام من الامور الطبيعية ، وان سبب تنبذب اعداد بكتريا القولون خلال بعض الاشهر ربما يعود الى الحرارة المنخفضة التي تعمل على بقاء هذه البكتريا حية لمدة اطول فضلا عن الزيادة الحاصلة في اعدادها بسبب سقوط الامطار في تلك الفترة والتي تجرف معها مختلف الملوثات العضوية والمغذيات والتي تكون محملة بمختلف الاحياء المجهرية [27] . اما في عينات خطوط نقل المياه فقد تراوحت معدلات بكتريا القولون الكلية بين (N.D –37.3) خلية/100مل حيث كانت اعلى قيمة في فصل الخريف عند الخط الناقل رقم 5 الذي يغذيه مشروع الايمن الموحد واقل قيمة في فصل الصيف عند الخط الناقل رقم 3 الذي يغذيه مشروع الايسر الجديد ويمكن ايعاز سبب هذه الزيادة الى الانابيب الناقلة التابعة لهذا المشروع وكونها قديمة ومستهلكة ومحتوية على المزيد من الطبقات العضوية بالاضافة لتسرب المياه الثقيلة وبما تحتويه من مواد عضوية واختلاطها بمحتويات الانابيب الناقلة ، في حين ان خطوط نقل المياه التابعة لمشروع الايسر الجديد كانت بحالة افضل من ناحية القدم والتكسرات وقلة اختلاط مياه المجاري فيها . ونؤكد حقيقة ان زيادة اعداد البكتريا عن الحدود النموذج هو نتيجة خلل في عمليات التنقية وقلة كفاءتها او انخفاض كميات الكلور المضاف او الاضافات العشوائية من قبل مشغلين مشاريع الاسالة او بسبب رداءة شبكة الانابيب الناقلة . اذ ان مقارنة هذه النتائج مع المحددات القياسية العراقية (2009) ومحددات منظمة الصحة العالمية WHO (2008) لمياه الشرب والتي حددت بـ (Zero) خلية/100مل نلاحظ هناك العديد من العينات متجاوزة لهذه المحددات [13,2] . بين التحليل الاحصائي ان هناك فروق معنوية في تراكيز بكتريا القولون مابين الفصول ومابين الاشهر وفي المشاريع الاربعة كما تبين ان هناك فروق معنوية بين الاحياء السكنية ايضا وعند مستوى معنوية ($P \leq 0.05$) .

جدول 6– المعدلات الفصلية لقيم بكتريا القولون الكلية لمياه النهر الخام ولخطوط نقل المياه(خلية/100مل)

مشاريع التصفية	الخطوط الناقلة للمياه	الفصول خلال مدة الدراسة			
		الخريف (ايلول - ت1- ت2)	الشتاء (ك1- ك2- شباط)	الربيع (اذار- نيسان)	الصيف (ايار)
مشروع الايمن الموحد	النهر R1	1100	673.3	1100	1100
	خط L2	3.0	1.6	1.0	1.0
	خط L3	0.8	1.1	0.6	3.6
	خط L4	2.2	4.3	0.3	2.6
	خط L5	37.3	4.8	6.5	3.3
	خط L6	19.3	3.7	3.3	3.3
	خط L7	18.2	4.1	6.6	1.3
مشروع الايسر الجديد	النهر R1	1106.6	386.6	1125	1110
	خط L2	10.0	16.4	4.8	2.3
	خط L3	0.6	0.8	3.8	N.D
	خط L4	22.2	1.7	1.6	0.6
مشروع الايسر قديم/توسيع	النهر R1	1100	673.3	1100	1100
	خط L2	19.6	4.5	3.5	3.3
	خط L3	0.4	1.1	0.3	2.6
مشروع الغزلاني	النهر R1	1100	886.6	1100	1100
	خط L2	5.3	1.3	3.8	2.6

المصادر

1. عبدالجبار ، رياض عباس اللامي ، علي عبدالزهرة عبدالقادر ، رشدي صباح .**2006**، تراكيز بعض العناصر في مياه نهر دجلة ورافد الزاب الاسفل ، *مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية* ، 6(1) .
2. WHO ,World Health Organisation , **2008**. Guidelines for drinking water quality , volume 1: Recommendation , 3rd Edition .
3. الطيار ، طه احمد . **1988**. تأثير سد الموصل على نوعية المياه وانعاكس ذلك على كفاءة محطات تصفية المياه في مدينة الموصل . رسالة ماجستير ، قسم الهندسة المدنية ، كلية الهندسة ، جامعة الموصل ، نينوى ، العراق .
4. AL-Ni'ma , B. A. B. ; AL-Qaddo , S.M. and Nassori , G.A. **1995**. "Evaluation of two purification plants and suitability of their water for drinking at Mosul " . *J. of Scie*. 23, pp: 36 - 44 .
5. شاهين ، خالد محمد . **2004** ، دراسة تقييمية لمعالجة المياه في محطة اسالة ماء الجانب الايسر لمدينة الموصل (مشروع القبة) ، *مجلة التقني* ، (3)17.
6. محمد ، محمود اسماعيل وحامد ، سحر لقمان **2009**. "تقدير كفاءة محطات تصفية المياه وانعكاسها على صلاحية المياه للشرب لبعض الاحياء السكنية في مدينة الموصل، العراق". وقائع المؤتمر العلمي الاول لمركز بحوث البيئة والسيطرة على التلوث ، جامعة الموصل : 56 – 66 .
7. العبيدي ، مروة بدر فالح **2013** . تأثير محطات تصفية المياه الرئيسة في محافظة نينوى على نوعية مياه نهر دجلة الخام وملاءمة انتاجها للشرب . رسالة ماجستير ، كلية العلوم ، علوم الحياة ، جامعة الموصل .
8. وزارة البلديات والاشغال ، المديرية العامة للماء ، مشاريع الماء المركزية ووحدات الماء المجمعة التابعة لمديرية ماء نينوى . **2009**
9. عباوي ، سعاد عبد وحسن ، محمد سليمان ،**1990**، *الهندسة العملية للبيئة _ فحوصات الماء*، دار الحكمة للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، العراق .
10. APHA **,** American Public Health Association , **2007**. "Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water" . 21^{th}ed , publishers , USA : 1193 pages . Minister of Health , Province of British Columbia . 47.

11. عفيفي ، فتحي عبدالعزيز ، **2000** ، *دورة السموم والملوثات البيئية في مكونات النظام البيئي*، دار الفجر للنشر والتوزيع ، القاهرة ، مصر .

12. Hem , J.D. **1985**. *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water* . 3rd ed. Publisher by Dept. of the Interior , U.S. Geological Survey , pp: 263.

13. المواصفة القياسية رقم (417) التحديث الثاني **2009** . وزارة التخطيط والتعاون الانمائي ، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية ، جمهورية العراق .

14. رزوقي ، سراب محمد محمود و الراوي ، محمد عمار . **2010** . دراسة مقارنة حول سلامة امدادت مياه الشرب في مدينة بغداد ،*المجلة العراقية لبحوث السوق وحماية المستهلك* ، 2(4).

15. WHO ,World Health Organization , **2003** . Guidelines for Drinking water quality . 3. Preface , Chapter 1 DRAFT .

16. السنجري ، مازن نزارفضل . **2001** . دراسة بيئيةعلى نهر دجلة ضمن مدينة الموصل. رسالة ماجستير ، علوم الحياة ، كلية العلوم ، جامعة الموصل ، نينوى ، العراق .

17. الوتار، مي طه .**2009** . دراسة بيئية وتصنيفية للجنس *Potamogeton L.* في نهر دجلة المار بمحافظة نينوى. اطروحة دكتوراة ،علوم الحياة ، كلية العلوم ، جامعة الموصل ، نينوى ، العراق .

18. الخطيب ، رائد طارق هادي . **2007** ، تقيم نوعية مياه الشرب في محافظة المثنى ، *المجلة العراقية للهندسة الكيمياوية وهندسة النفط* ، 8(1) ، ص 1-5 .

19. السامرائي ، خلف فارس ، **2007** ، التقييم النوعي لمياه الشرب في مدينة سامراء ، *مجلة سرمن رأى* ، المجلد 3 ، العدد 7 .

20. النعيمي ، صبا حسين محمد .**2011** . دراسة بكتريولوجية وبيئية لمياه نهر دجلة وثلاث محطات تصفية في محافظة بغداد . رسالة ماجستير ، علوم الحياة ، كلية العلوم ، الجامعة المستنصرية ، بغداد ، العراق .

21. الكندي ، غيداء ياسين رشيد والبكري ، صالح عبدالرضا والعواد ، ذرية ردام وعجيل ، أسراء عطية ، **2010** ، دراسة مسحية ميدانية للتلوث الكيميائي والمايكروبي لشبكة مياه الشرب في مدينتي الزعفرانية والصدر ، *المجلة العراقية لبحوث السوق وحماية المستهلك* ، 2(3).

22. Ahmed , E.M.A.**1995**. *Environmental Engineering* , Sultan Qaboos Un. Eng Coll., Al-Mustakbal Co.

23. Lechevallier, M. W., Evans, T. M., and Seidler , R. J. **1981**. Effect of turbidity on chlorination efficiency and bacterial persistence in drinking Water. Technical paper No. 5787 of The Organic Agricultural Experiment Stati .

24. خلف ، صبحي حسين . **1987** . *علم الاحياء المجهرية المائي*، مديرية الكتاب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، العراق .

25. Allen , M. J. ; Brecher, R. W.; Copes , R.; Chair, and Payment , S. E. **2008** . *Turbidity and microbial risk in drinking water* . The Minister of Health , Province of British Columbia . 47 .

26. WHO ,World Health Organisation . **1996** . Guideline for Drinking Water Quality. Health Criteria & Other Supporting information. 2. 2nd. Ed. Geneva .

27. حسين ، وفاء صادق والسلمان ، ابراهيم مهدي عزوز .**2014** . "تقييم كفاءة محطتي تنقية مياه الشرب ضمن مدينة كربلاء _ العراق" . جامعة كربلاء / المؤتمر العلمي الثاني لكلية العلوم .