بعض المؤشرات النوعية لمياه نهر دجلة في مدينة الموصل وتأثيرها على الحياة المائية (الأسماك)

المقدمة

يعدّ نهر دجلة في مدينة الموصل المصدر المائي السطحي الوحيد، إذ تستخدم مياهه لشتى الأغراض البشرية، الخدمية، الصناعية والزراعية، فضلاً عن إدامة الحياة المائية وتنوعها. يمر هذا النهر في المدينة من جهتها الشمالية الغربية ليقسمها إلى جانبين، إذ تطرح فيه أنواع المطروحات كافة كمياه فضلات الدور السكنية، والمستشفيات، والمطروحات الصناعية، ومطروحات المؤسسات الخدمية والزراعية السائلة عبر العديد من المصبات المنتشرة على ضفتي النهر، وبذلك فهو بمثابة المستودع الرئيس لهذه المطروحات نظراً لافتقار المدينة إلى شبكة مجاري ومحطات معالجة. كما يتعرض هذا النهر إلى عدد غير قليل من مصادر التلوث المحددة وغير المحددة، التي تعود بعض مصادرها إلى حصر المياه في السدود أعالي النهر أو بسبب النشاط البشري والتوسع الحضاري والعمراني، في حين تعزى أسباب أخرى إلى الأنشطة الزراعية والصناعية. كما يحدث التلوث جراء بعض الممارسات غير المسؤولة والاستخدام غير السليم للنهر وأن بعض المصادر يعود سببها إلى أنشطة دول المنبع وإلى مصادر طبيعية أيضاً.

تكمن الخطورة في حالة نهر دجلة ضمن مدينة الموصل إلى أن كميات المطروحات التي تصل النهر عالية إذ تقدر معدلاتها بـ 350 ألف م3/ يومياً (AL Rawi, 2005) من خلال 23 مصباً كبيراً، فضلا عن عدد لا يستهان به من المصبات الصغيرة تلقي مطروحاتها مباشرة إلى مجرى النهر، ولا تخضع لأي نوع من المعالجة. تحتوي هذه المطروحات على مواد عضوية، ولاعضوية، ودهون، وصوابين، ومنظفات ومواد عالقة، فضلاً عن المطروحات الحرارية وغيرها، مما يؤدي إلى تردي نوعية مياه النهر وفقدان ضفافه للجمالية وانبعاث الروائح الكريهة من العديد من المواقع داخل مدينة الموصل مما يسبب خسائر اقتصادية للتجمعات السياحية والترفيهية المقامة على ضفافه. أن نوعية المياه وما تشتمل عليه من الخصائص الفيزيائية والكيميائية التي تؤدي دوراً مباشراً في توزيع الأحياء المائية وسلوكها وتكيفها (Weiner, 2000). تعتمد هذه الخصائص كمعيار لتقدير نوعية المياه وتقييمها، وبالتالي تحديد مدى صلاحيتها للاستخدامات المختلفة، وقد شهدت مدينة الموصل تغييرات جذرية في سلوكية المجتمع وزيادة الوعي بمخاطر تلوث المياه. ومن جملة هذه التغييرات تقييد عمل بعض الصناعات في المدينة وتوقف البعض الآخر منها عن الإنتاج.

تعد العناصر الثقيلة إحدى الملوثات الخطرة التي تدخل بيئة المياه العذبة، وتسبب خللاً في التوازن البيئي (Canli and Kalay, 1998)، إذ ينعكس ذلك بصورة مباشرة او غير مباشرة على الإنسان

(Kaviraj and Konar, 1982). تزخر مياه الأنهار ومنها نهر دجلة بطيف واسع من الملوثات التي تشمل بعض العناصر الثقيلة مثل الخارصين Zinc، النحاس Cupper، الكادميوم Cadmium والرصاص Lead نتيجة لطرح النفايات الصناعية فيه، فضلاً عن أنواع الأسمدة الكيميائية، التي لها دور معزز لمستويات التلوث النهري (Farag et al., 2007). وتبين من تقارير منظمة الصحة العالمية أن نسبة 10% من الأنهار المراقبة من لدن برنامج الأمم المتحدة المعني بأمور التلوث البيئي تكون ملوثةً بفعل مياه المجاري، وهي مشكلة تكون أكثر وضوحاً للعيان في الدول النامية، فضلا عن تأثير الملوثات السلبي في الأسماك والأحياء المائية التي تعد إحدى مصادر التغذية للإنسان. أشار Behra وآخرون (2002) إلى أن تلوث البيئة المائية بالعناصر الثقيلة ناتج عن استخدامات الإنسان للمياه للأغراض المدنية، والصناعية، والتجارية والزراعية. كما أشارت العديد من الدراسات إلى تعرض الأنهار للتلوث بالعناصر الثقيلة من مصادر مختلفة كالفضلات المنزلية ونشاطات التعدين والفعاليات الزراعية كإضافة الاسمدة والمبيدات مما يؤثر في التوازن في النظام البيئي المائي (Karak et al., 2010). يعد كل من الرصاص، الكادميوم، والكروم والكوبلت من العناصر المعدنية السامة إذ تعد سموماً جينية Genotoxic ومواداً مسرطنة Carcinogenic فضلاً عن التأثيرات الخاصة لكل عنصر، تكمن خطورة الرصاص في كونه يمتلك تأثيرات سمية تراكمية في أجسام الكائنات الحية وصولاً إلى الإنسان، إذ يسبب أضراراً في الجهاز العصبي وقد يؤدي إلى الشلل خاصة عند ترسبه بشكل ثلاثي فوسفات الرصاص في النسج العصبية، مما يمنع نقل الايعازات العصبية، فضلاً عن ترسبه في الهيكل العظمي والأسنان. ويعد الكادميوم ملوثاً وأخيراً يصل إلى الإنسان بقمة السلسلة الغذائية. إذ يدخل الكادميوم إلى الأسماك عن طريق الغلاصم، ويمتص من قبل الأمعاء، ثم يصل إلى الدم، وهناك يرتبط مع البروتينات المعدنية الحاوية على مجموعة السلفاهيدريل (-SH) الموجودة في كريات الدم الحُمْر، ومن خلال الدم يصل إلى بقية أنسجة الجسم، إذ يتراكم في الكبد، والغلاصم، والكلية والعضلات (Gesamp,1993) وتمتاز الأسماك بحساسية عالية لعنصر الكادميوم (Bryan,1976).

تعدّ الأسماك من الاحياء المائية ذات التماس المباشر بملوثات المياه، لذلك تعد مؤشراً جيداً لاكتشاف ملوثات البيئة المائية، إذ إن لها القابلية على ان تؤيض وتركز وتخزن هذه الملوثات (بوصفها عناصر ثقيلة) بصورة تراكمية في نسج أجسامها بسبب احتياجها إلى كميات كبيرة من الماء اثناء عملية التنفس. وتعد الأسماك مصدراً غذائياً اساسياً ورخيص الثمن وواسع الانتشار في مختلف أنحاء العالم (Olaifa et al., 2004)، وهي ثروة اقتصادية وذات قيمة غذائية عالية غنية بالبروتين الحيواني، يحتاجها الجسم البشري بصورة دائميه ومستمرة، وهي سهلة الهضم، منخفضة السعرات الحرارية والأحماض الدهنية غير المشبعة على عكس اللحوم الحمر. كما تحتوي على نسبة عالية من فيتامين A وD اللذين لهما أهمية في قوة الأبصار وصلابة العظام وخصوصاً عند الأطفال، كما تحتوي الأسماك على نسبة عالية من الدهون التي تساعد على خفض كوليسترول البروتينات الدهنية واطئة الكثافة (LDL-c) الضارة في الدم، كما تساعد على خفض الإصابة بتصلب الشرايين.

تستخدم الأسماك بشكل واسع في تقييم صحة النظم البيئية المائية، وذلك بسبب انتقال العناصر الثقيلة ضمن السلسلة الغذائية، وهي المسؤولة عن التأثيرات الضارة والمسببة للموت في الأنظمة البيئية، وللأسماك القابلية على تراكم العناصر الثقيلة بتراكيز أعلى مما في المياه والرواسب القاعية، بسبب تغذيتها على الطحالب والأحياء المائية الدقيقة، فضلاً عن المواد العضوية الموجودة في البيئة المائية (Olaifa et al., 2004) .إذ تدخل العناصر الثقيلة إلى السلاسل الغذائية المائية ولاسيما الأسماك، اما بصورة مباشرة عن طريق الغذاء أو غير مباشرة عن طريق الغلاصم (Blackmor, 2000). وينتقل تأثيرها السام من كائن إلى آخر عن طريق التغذية عبر السلسلة الغذائية، ومن ثم تصل إلى الإنسان المستهلك الذي يقع في قمة الهرم الغذائي (Papagiannis et al., 2004; Rasheed,2012) . لذا أشارت العديد من الدراسات إلى إمكانية استخدام الأسماك البحرية وأسماك المياه العذبة كمؤشر أو كدليل حيوي لتلوث البيئة المائية بالعناصر الثقيلة. (سلمان وآخرون 2007؛ الدهيمي 2010 ؛ الطائي، 2012) (Karak et al., 2010؛ Obasohan, 2007).

الهدف من الدراسة

1. قياس التباين في الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه نهر دجلة ضمن مدينة الموصل، لغرض التحقق من أن النهر يوفر بيئة جيدة لمعيشة الأسماك.
2. تحديد تركيز العناصر الثقيلة في مياه نهر دجلة ورواسبه القاعية لتحديد مدى تراكم العناصر الثقيلة في نسج العضلات واكباد وغلاصم أربعة أنواع من الأسماك المحلية والأكثر إستهلاكاً من قبل الإنسان، وعدّها أدلةً حيوية.

طرائق العمل

تم اختيار خمسة مواقع لإجراء هذه الدراسة على امتداد نهر دجلة ضمن مدينة الموصل لجمع عينات المياه واجراء بعض الفحوصات النوعية الفيزيائية والكيميائية التي تمثل مؤشرات لحالة تلوث النهر كما مبين في الشكل (1) والجدول (1).

الشكل 1: مواقع نمذجة المياه.

الجدول 1: مواقع جمع عينات المياه للدراسة الحالية.

الموقع الأول	مياه نهر دجلة عند منطقة مشيرفة– بداية دخول نهر دجلة الى مدينة الموصل.
الموقع الثاني	مياه نهر دجلة بعد التقائه بمطروحات وادي عكاب وعلى بعد 100 متر تقريبا من نقطة الالتقاء مع مياه الوادي.
الموقع الثالث	مياه نهر دجلة بعد التقائه بمطروحات نهر الخوصر وعلى بعد 100 متر تقريبا من نقطة الالتقاء مع نهر الخوصر.
الموقع الرابع	مياه نهر دجلة بعد الجسر الرابع بحدود 400 متر وبعيدا عن المسلخ.
الموقع الخامس	مياه نهر دجلة عند منطقة البوسيف.

جمعت عينات الماء من المواقع المذكورة مسبقا بواقع عينة واحدة شهرياً، وتمت النمذجة من مناطق بعيدة عن ضفاف النهر لتجنب ركود المياه وتراكم الملوثات عند وقرب الضفاف وبواقع ثلاث مكررات لكل موقع واخذ المعدل الفصلي للقراءات. جمعت عينات المياه من عمق 30 سم عن الطبقة السطحية للنهر، اذ استخدمت القناني المصنوعة من مادة البولي أثيلين سعة خمسة لتر لجمع عينات المياه الخاصة بالفحوصات النوعية، وتم

غلق فوهات القناني بصورة محكمة لمنع دخول الهواء بعد أن تمت مجانستها قبل ملئها وإضافة بضع قطرات من مادة الكلوروفورم كمادة حافظة وسجلت المعلومات اللازمة على كل قنينة (WHO, 2003). اما العينات الخاصة بقياس الاوكسجين المذاب والمتطلب الكيميائي الحيوي للأوكسجين BOD5 فقد جمعت في قناني خاصة وبحجم 250 ملليتر وبأقل تهوية ممكنة وتم تثبيت الاوكسجين المذاب حقليا بإضافة كبريتات المنغنيز ويوديد البوتاسيوم القاعدي مع الرج للأعلى والاسفل، ثم حفظت العينات في صندوق مظلم لحين الوصول الى المختبر، واجراء الفحوصات الخاصة بالدراسة. تم اجراء الفحوصات في مختبر البيئة والتلوث في قسم علوم الحياة كلية العلوم جامعة الموصل ومختبرات مركز بحوث البيئة والسيطرة على التلوث جامعة الموصل.

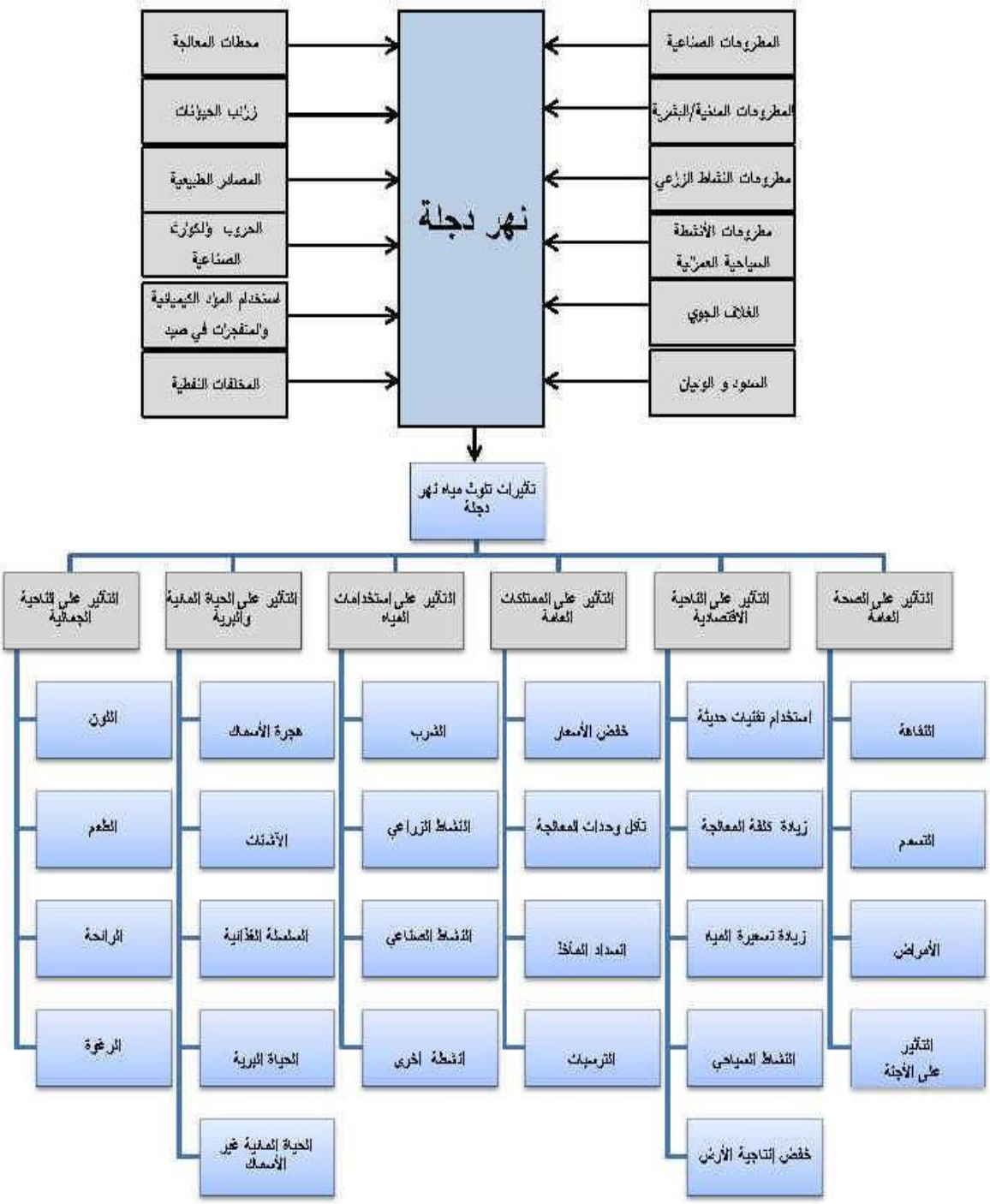
الفحوصات الفيزيائية والكيميائية للمياه

تم اتباع الطرق القياسية الواردة في المصدر (APHA, 1998) .

النتائج والمناقشة

إن السبب الرئيس لاحتمال تباين تركيز الملوثات الذي قد يظهر ويحصل في اثناء مدة الدراسة، هو التغيرات الزمنية التي تحصل بالدقائق والساعات والأيام والفصول جراء امتزاج الملوثات مع مياه النهر، وتذبذب إطلاق كميات المياه من سد الموصل، وبالتالي دور التخفيف في هذا الجانب، فضلاً عن التباين في كميات مطروحات مياه الفضلات عبر المصبات المنتشرة على جانبي النهر جراء غلق بعض المعامل أو اقتصار عمل بعضها جزئياً، فضلاً عن ذلك ما يرتبط بالظروف الجوية وحجم المسطح المائي سواء كان النهر أم البحيرة المغذية . كما موضح في الشكل (2) بعض مصادر وأنواع الملوثات التي تدخل نهر دجلة في كل الأوقات وعبر مختلف المسارات المختلفة .

مصادر ملوثات نهر دجلة



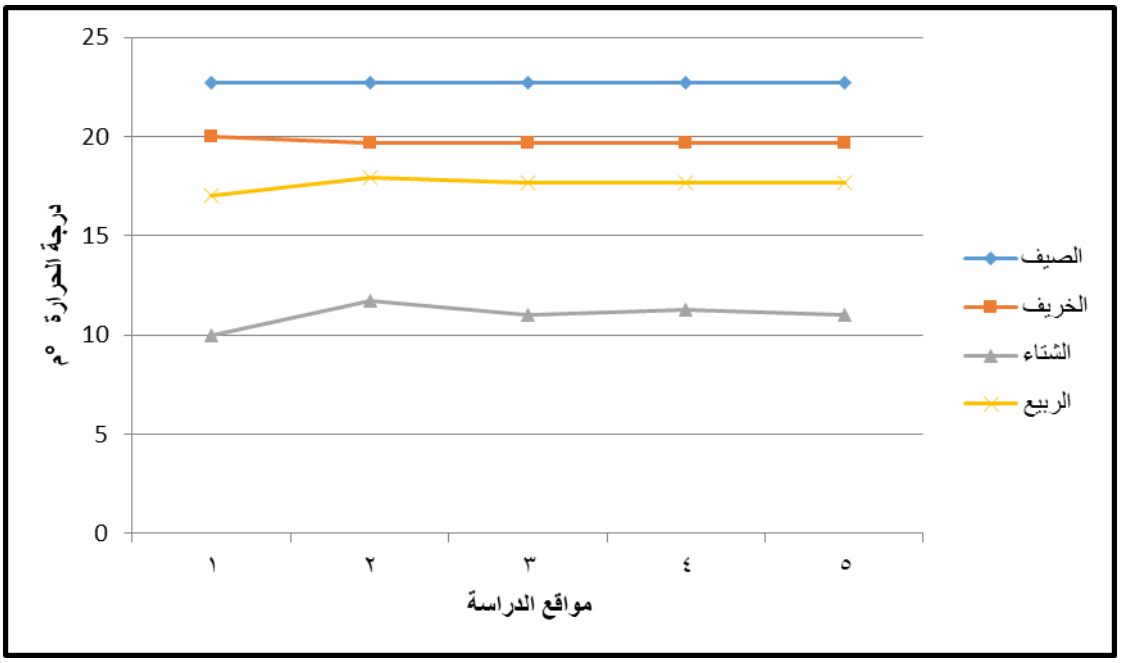
الشكل (2) بعض مصادر وأنواع الملوثات التي تدخل نهر دجلة وتأثيراتها

الخصائص الفيزيائية

درجة حرارة المياه

إن مصدر حرارة المياه في معظم المسطحات المائية هو الإشعاع الشمسي، إذ تتراكم مباشرة بوساطة الامتصاص، تؤثر درجة الحرارة في العمليات الفيزيائية، ونسبة الإشباع بالأوكسجين المذاب، والتفاعلات

الكيميائية في هذه المسطحات، وتراكيز العناصر والمركبات فيها. أظهرت النتائج في الشكل (3) أن درجة الحرارة في نهر دجلة تراوحت بين (10–12) م° في فصل الشتاء وبين (22–23) م° في فصل الصيف، أما في أشهر فصلي الربيع والخريف فقد تراوحت درجة الحرارة بين (16–18) و (19–20) م°على التوالي ويعزى الاختلاف في درجات الحرارة هذه إلى التباين الموسمي لدرجات الحرارة في أثناء سنة الدراسة والذي انعكس على درجة حرارة مياه النهر.

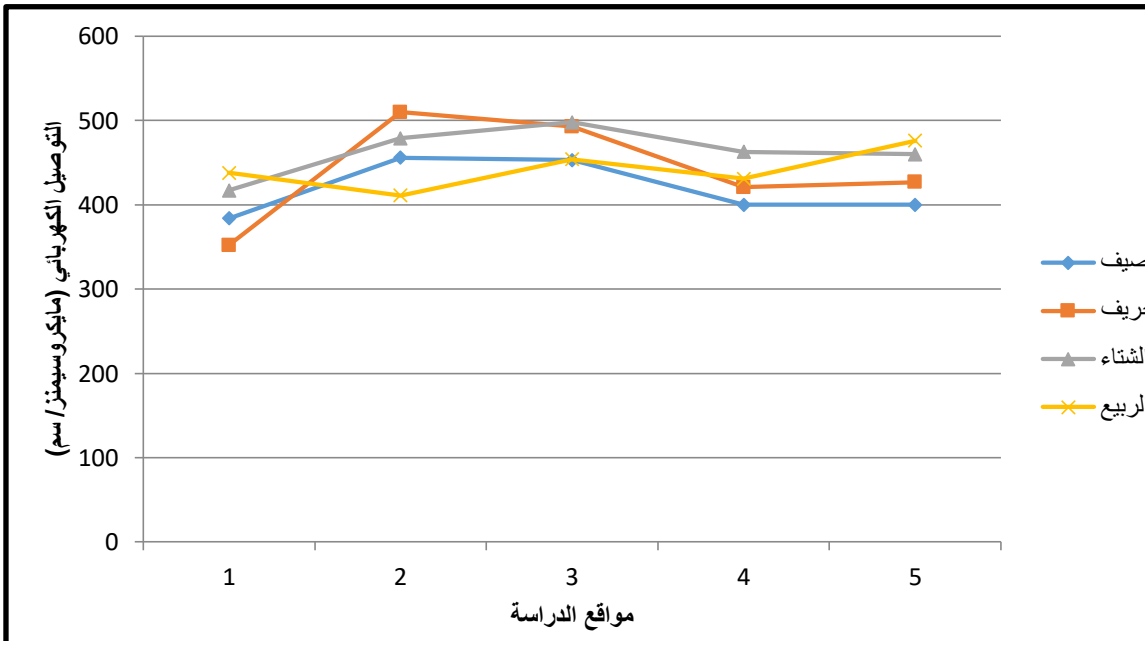


الشكل (3): قيم درجات الحرارة للمواقع المدروسة في أثناء فصول السنة.

وقد يفسر ذلك طبيعة مناخ العراق بصورة عامة، إذ يكون بارداً ممطراً في فصل الشتاء وحاراً جافاً في فصل الصيف، وهذا يدل على أن مياه نهر دجلة تتأثر بشكل واضح بدرجة حرارة الهواء المحيط، علماً أن درجة حرارة النهر المقاسة في الدراسة الحالية هي ضمن الحدود الملائمة لمعيشة الأحياء المائية وبحسب قانون صيانة المياه للأنهار العراقية (عباوي وحسن، 1990).أن انخفاض القيم العليا لدرجات حرارة مياه نهر دجلة في مدينة الموصل بسبب تصريف المياه التحتية الباردة من سد الموصل يؤدي إلى زيادة تركيز الأوكسجين المذاب، مع قلة نشاط الأحياء المجهرية في عملية تحليل المواد العضوية وعملية التنقية الذاتية للمياه وعملية البناء الضوئي للطحالب.

التوصيل الكهربائي

يبين الشكل (4) قيم التوصيل الكهربائي لمواقع الدراسة، إذ بلغت أقل قيمة 384 مايكروسيمنز/ سم في منطقة مشيرفة في فصل الخريف وأعلى قيمة 510 مايكروسيمنز/ سم في الموقع الثاني في فصل الربيع، أظهرت النتائج تغايرات واضحة في قيمة التوصيل الكهربائي مع الفصول والمواقع. فقد سجل أوطأ قيمة لها في الموقع الأول في أعلى المجرى المائي، في حين كانت أعلى قيمة في الموقع الثاني وباتجاه أسفل المجرى المائي. يعزى ارتفاع قيم التوصيل الكهربائي في نهر دجلة باتجاه منطقة البوسيف إلى زيادة تراكيز الملوثات في مياه نهر دجلة أثناء مروره بمدينة الموصل، التي تعتمد على تصريف وطرح مياه الصرف الناتجة عن الاستخدامات المنزلية والصناعية والزراعية إلى النهر دون معالجة. إن مقياس قابلية الماء على نقل التيار الكهربائي تتناسب طردياً مع درجة الحرارة وتركيز الأيونات الذائبة فيه إذ إن الأملاح التي تصل النهر مع مياه السيول تجري ضمن الأراضي الزراعية مما تزيد من تركيزها في المياه الطبيعية.



الشكل (4): قيم التوصيل الكهربائي للمواقع المدروسة في أثناء فصول السنة.

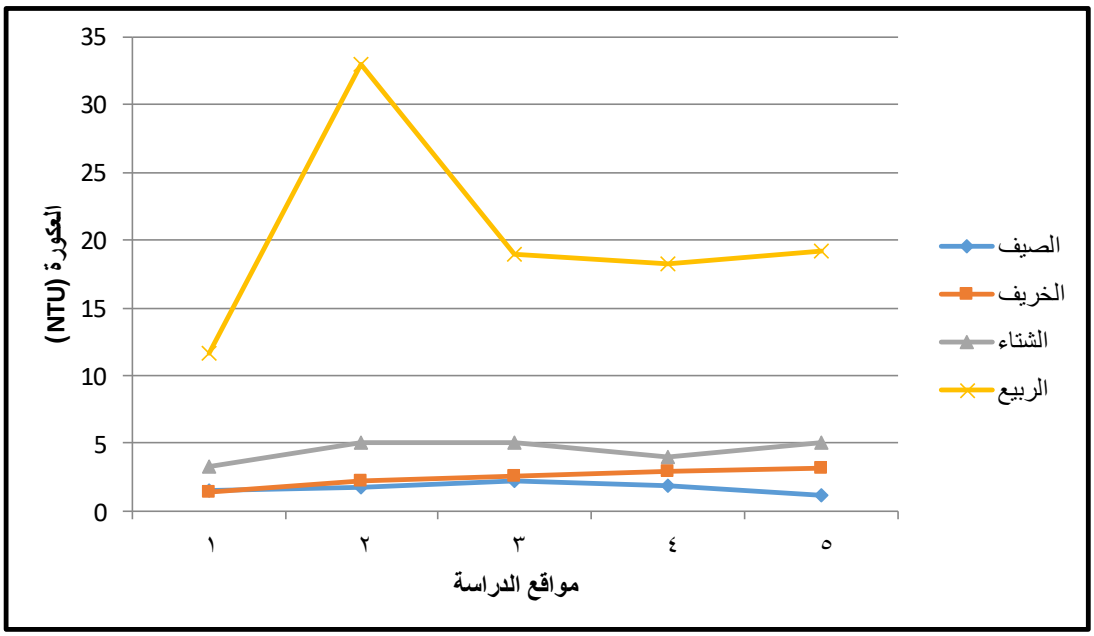
تتراوح قيم التوصيل الكهربائي لمعظم المياه العذبة بين (150–500 مايكروسيمنز/ سم) وتقع فئة تأثيرها (قليل– متوسط) كما مبين في الجدول (2). تساعد قيم التوصيل الكهربائي في النهر على تحديد المناطق الملوثة وتمييزها من غير الملوثة.

الجدول (2): تصنيف مياه الأنهار بحسب التوصيل الكهربائي (NHVRAP, 2011).

الفئة	قيم التوصيل الكهربائي (مايكروسمنز/سم)
اعتيادي	100 -0
قليل التأثير	200-101
متوسط التأثير	500-201
عالي التأثير	أكبر من 500
يتجاوز المحددات الموضوعة	أكبر من 835

العكورة

أظهرت النتائج في الشكل (5) أن قيم العكورة تراوحت على نطاق فصلي (باستثناء فصل الربيع) بين (1.2 - 1.5) وحدة، كما ازدادت العكورة من أصل عضوي (إذ انخفضت العكورة من أصل لا عضوي أثر حصر مياه النهر في بحيرة سد الموصل)، وأدى ذلك إلى ظهور الغرويات وأشباهها وضبابية في ماء النهر. وقد شهد فصل الربيع بعض الارتفاع في قيم العكورة جراء سيح الأمطار وما تجرفه إلى البيئة المائية.



الشكل (5): قيم العكورة للمواقع المدروسة في أثناء فصول السنة.

بلغت أدنى قيم العكورة في فصل الصيف 1.2 وحدة في منطقة مشيرفة نتيجة لازدياد عمليات الترسيب ولانخفاض مناسيب المياه، ووصلت كحد أعلى في فصل الربيع 34.3 وحدة بسبب حركة المواد العالقة نتيجة لارتفاع مناسيب المياه، أو ربما يعود السبب إلى سقوط الأمطار وما تجرفه إلى البيئة المائية حيث ترتبط العكورة

بعلاقة طردية مع كمية الأمطار الساقطة وتصريف النهر وسرعة التيار. ويعزى الانخفاض الواضح في قيم العكورة إلى حصر المياه في سد الموصل في أعلى النهر الذي يعمل بمثابة حوض ترسيب كبير.

وصنفت إحدى الهيئات الأمريكية المحلية ذات الصلة بنوعية مياه الأنهار على وفق محتواها من العكورة إلى عدد من الفئات كما مبين في الجدول (3) والتي يمكن الاستدلال من نتائجها على أن مياه نهر دجلة تقع ضمن الفئة الممتازة بحسب عكورتها القليلة (Water watch,1997).

الجدول (3): تصنيف مقياس صفاء مياه الأنهار بدلالة قيم العكورة (Water watch,1997).

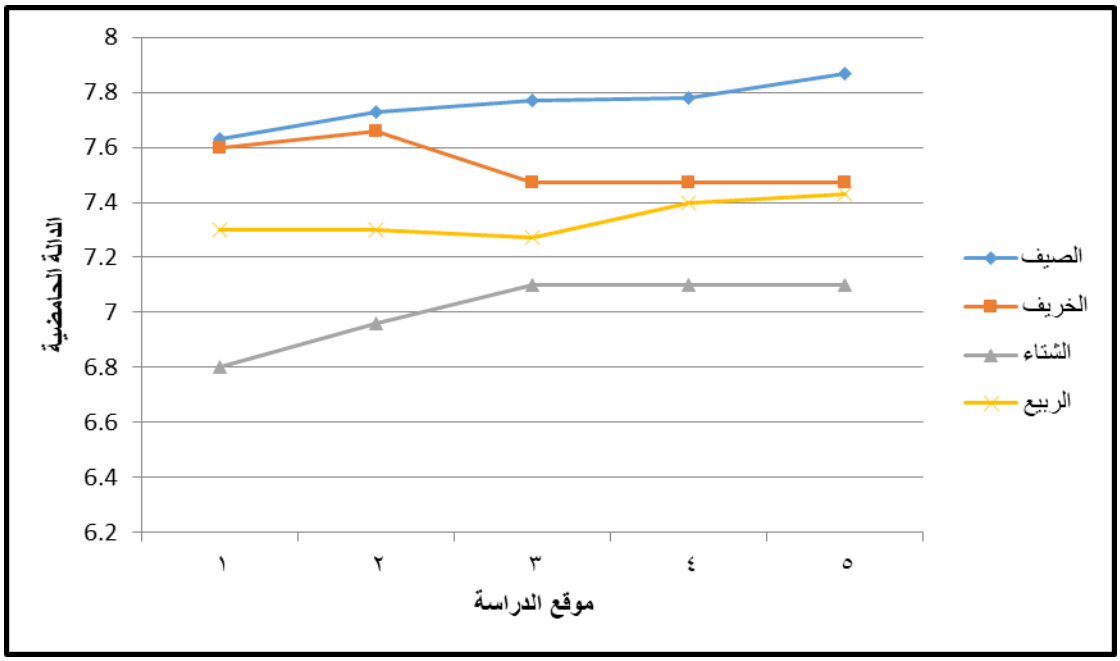
الفئة	العكورة (NTU)
ممتاز	أقل من 10
جيد	15 – 30
سيء	اكثر من 30

الخصائص الكيميائية

الدالة الحامضية (pH)

تعد الدالة الحامضية وسيلة للتعبير عن نشاط وفعالية أيون الهيدروجين في الماء، وبصورة عامة فإن أغلب المياه الطبيعية تميل نحو القاعدية قليلاً، ويعود ذلك بشكل أساس إلى أيونات الكاربونات والبيكاربونات المتواجدة في الصخور العراقية. بينت النتائج في الشكل (6) أن قيم الدالة الحامضية لمياه نهر دجلة في فصول سنة الدراسة جميعها تقع ضمن القيم الطبيعية للمياه السطحية، إذ تراوحت بين (6.8 –7.9)، وأظهرت النتائج أن أعلى قيمة للدالة الحامضية كانت في منطقة البوسيف في فصل الصيف، وقد يعزى ذلك إلى وجود ثنائي أوكسيد الكاربون CO_2 وكاربونات الكالسيوم $CaCO_3$، إذ إن استهلاك CO_2 من قبل الطحالب، وترسيب كاربونات الكالسيوم يعملان على رفع قيمة الدالة الحامضية، فضلاً عن أن غاز ثنائي أوكسيد الكاربون يحقق حالة من الموازنة ويمكن لمعظم الأسماك أن تتحمل قيمة الدالة الحامضية بين (5– 9).

يعزى هذا الانخفاض في الدالة الحامضية نتيجة لتصريف مياه الفضلات السائلة بمختلف مصادرها، من هذا نستدل على أن قيم الـ pH في الدراسة الحالية هي ضمن المدى الملائم لاستخدامه من قبل الإنسان ومعيشة الأحياء المائية.



الشكل (6): قيم الدالة الحامضية للمواقع المدروسة في أثناء فصول السنة.

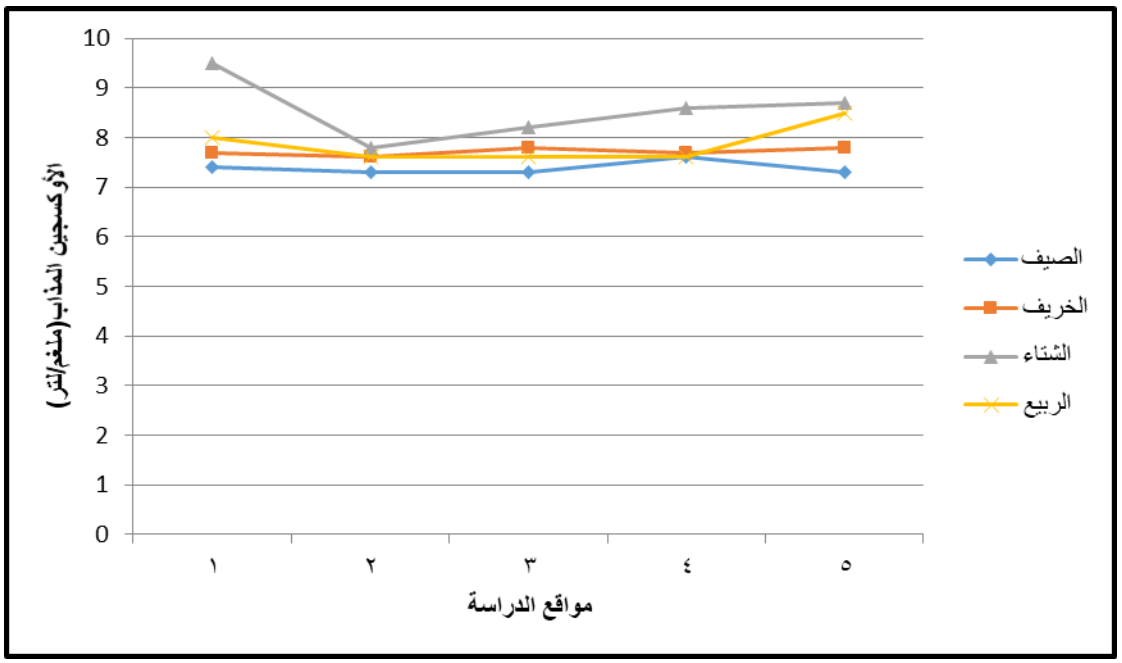
وقد أشار كلّ من Sawyer و McCarty(1978) إلى إمكانية تحلل المواد العضوية الموجودة في هذه التصاريف والمطروحات الصناعية بوساطة الأحياء المجهرية اللاهوائية، لتنتج غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) الذي يتأكسد هوائياً إلى غاز ثنائي أوكسيد الكبريت (SO_2)، والذي بدوره يتحول إلى حامض الكبريتيك (H_2SO_4). يظهر تأثير الدالة الحامضية بشكل واضح في الجدول (4) (NHVRAP, 2011).

الجدول (4): تصنيف المياه بحسب تأثير قيمة الدالة الحامضية في الفعاليات (HVRAP, 2011).

فئة التأثير	قيمة الدالة الحامضية
عالي التأثير	أقل من 5
متوسط– عالي التأثير	بين 5–5.9
اعتيادي– قليل التأثير	بين 6–6.4
اعتيادي التأثير	بين 6.5– 8
مقبول	بين 6.1– 8

الأوكسجين المذاب

تبين النتائج في الشكل (7) الذي يوضح المعدلات الفصلية لتركيز الأوكسجين المذاب لكل المواقع في أثناء فصول السنة تغايراً قليلاً نسبيا بين مواقع الدراسة، بلغ أقل تركيز للأوكسجين المذاب 7.1 ملغم/لتر في منطقة البوسيف في أثناء فصل الصيف، في حين بلغ أعلى تركيز للأوكسجين المذاب 9.5 ملغم/ لتر في منطقة مشيرفة في أثناء فصل الشتاء.



الشكل (7): قيم تركيز الأوكسجين المذاب للمواقع المدروسة في أثناء فصول السنة.

ويعزى تذبذب تركيز الأوكسجين المذاب في مياه نهر دجلة إلى تغاير درجات الحرارة وتركيز الأيونات المختلفة في الماء، كما ينجم التباين في تركيز الأوكسجين المذاب عادة جراء الانتشار من الهواء المحيط، من التهوية الجيدة والخلط المستمر وسرعة التيار في مواقع الدراسة، فضلاً عن نشاط الهائمات والنباتات المائية. إذ يؤدي الأوكسجين المذاب دوراً مهماً في تسريع عمليات تحليل الملوثات العضوية (Viggori and Hellat, 2003). كما أنه من الضروري جداً لمعيشة الأحياء المائية، فضلاً عن عملية التنقية الذاتية التي تحدث طبيعياً في المياه بوساطة الأحياء المائية ومنع تكوين الروائح الضارة. يتأثر ذوبان الأوكسجين في المياه بعوامل عديدة منها درجة الحرارة، فضلاً عن الكتلة المائية وكثافة الأحياء، فتركيز الأوكسجين المذاب في المياه دليلٌ لتقييم حالة الجسم المائي. بلغ معدل تركيز الأوكسجين المذاب للمواقع المدروسة كما مبين في العمود 3 من الجدول

(4-5) وبالاستعانة بذوبانية الأوكسجين في المياه العذبة عند ضغط 1جو، أن نسبة الإشباع للأوكسجين قد بلغت حداً مقبولاً تتيح استخدام المياه بشتى الأغراض. اقترب تركيز الأوكسجين المذاب من 8 ملغم/لتر مما يجعل النهر قادراً على إدامة الحياة المائية وتنوعها. ويعزى سبب ارتفاع نسبة الإشباع بالأوكسجين المذاب إلى زيادة تخفيف المطروحات جراء إطلاق تدفقات عالية من التصاريف المائية من السد وبسرعة جريان عالية نسبياً، مما أثر في تركيز الملوثات المستنزفة للأوكسجين. تحتاج الحياة المائية ومنها الأسماك إلى مقادير معينة من الأوكسجين المذاب لكي تعيش في المياه العذبة بحسب الجدول (5) (Sharon,1997) .

الجدول (5): تراكيز الأوكسجين المذاب التي تحتاجها الأسماك والأحياء المائية لتبقى حية (Sharon, 1997).

تراكيز الاوكسجين المذاب	الاحتياجات
0-2 ملغم/لتر	غير كاف لإدامة الحياة في المياه العذبة
2-4 ملغم/لتر	فقط لبعض أنواع الأسماك والحشرات المائية بإمكانها العيش في هذه المياه
4-7 ملغم/لتر	جيد لمعظم الحياة المائية لكنه يبقى غير كاف لحياة أسماك المياه الباردة
7-11 ملغم/لتر	جيد لمعظم الحياة السمكية في المياه العذبة

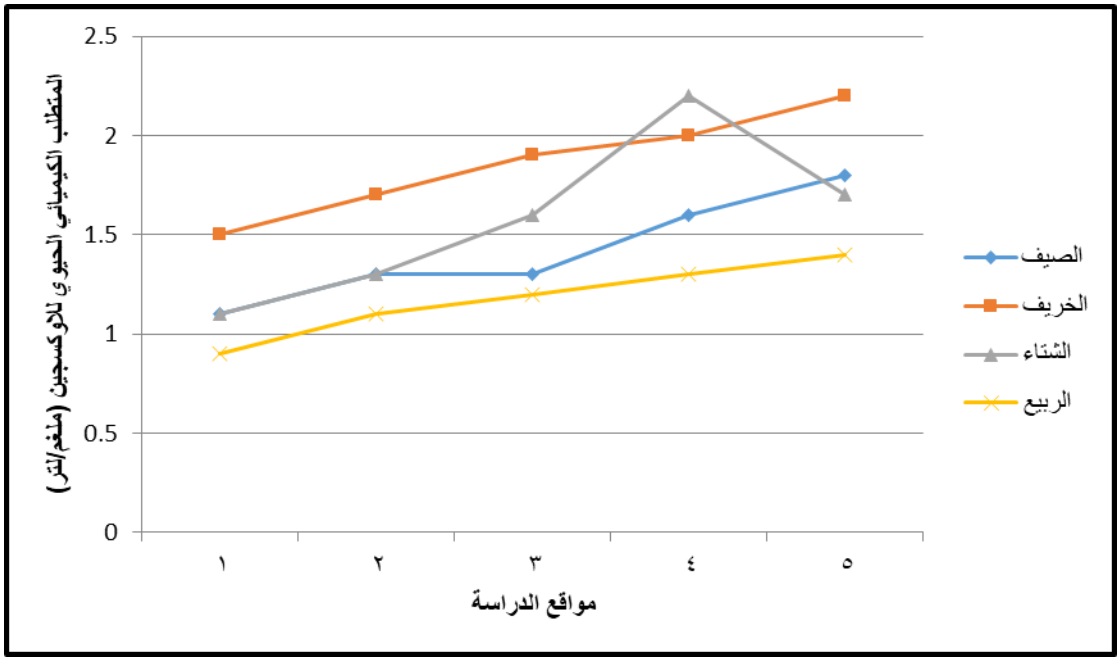
وعلى هذا الأساس فان محتوى نهر دجلة من الأوكسجين المذاب يعد مقبولا لهذا الغرض كما في الجدول(6) .

الجدول (6): نسبة الإشباع بالأوكسجين المذاب في مياه نهر دجلة في أثناء فصول سنة الدراسة.

الفصل	معدل درجة الحرارة (°م)	معدل تركيز الأوكسجين المذاب (ملغم/لتر)	نسبة الإشباع بالأوكسجين المذاب (٪)
الصيف	22.7	6.8	77.53
الخريف	19.7	7.73	83.38
الشتاء	12.3	9.5	89.36
الربيع	17.7	7.86	84.78

المتطلب الكيميائي الحيوي للأوكسجين أو الحمل العضوي بدلالة (BOD_5)

يستخدم المتطلب الكيميائي الحيوي للأوكسجين بوصفه مقياساً لمعرفة التلوث من خلال تحديد كمية المواد العضوية في المياه، إذ أن البكتريا المتواجدة في المياه تستهلك المركبات العضوية كمصدر للطاقة، معتمداً على الأوكسجين المذاب في المياه، لذا تعد عملية الأكسدة الكيموحيوية Biochemical Oxidation من العمليات البطيئة والتي تستغرق مدة طويلة، إذ إن المدة الزمنية اللازمة للأكسدة (95–99) ٪ من المواد العضوية تحت درجة حرارة 20°م هي 20 يوماً، أما 5 أيام فإنه يتم اكسدة (70–80) ٪ من المواد العضوية. تزامن الارتفاع النسبي في قيم الأوكسجين المذاب مع انخفاض نسبي أيضا في قيم المتطلب الكيميائي الحيوي للأوكسجين BOD_5 في المواقع المدروسة كلها كما مبين في الشكل (8) إذ تراوحت بين (0.8–2.2) ملغم/ لتر في أثناء فصول سنة الدراسة وسجل أقل تركيز له 0.8 ملغم/لتر في منطقة مشيرفة أثناء فصل الربيع في حين سجل أعلى تركيز 2.2 ملغم/ لتر في منطقة البوسيف في فصل الخريف.



الشكل (8): قيم تركيز المتطلب الكيميائي الحيوي للأوكسجين للمواقع المدروسة في أثناء فصول السنة.

تعزى زيادة تراكيز الحمل العضوي إلى الإضافات المباشرة للفضلات العضوية إلى مياه النهر من المصبات المنتشرة على جانبي النهر .على الصعيد نفسه شهدت مواقع الوديان القريبة من بعض مواقع الدراسة التي تطرح

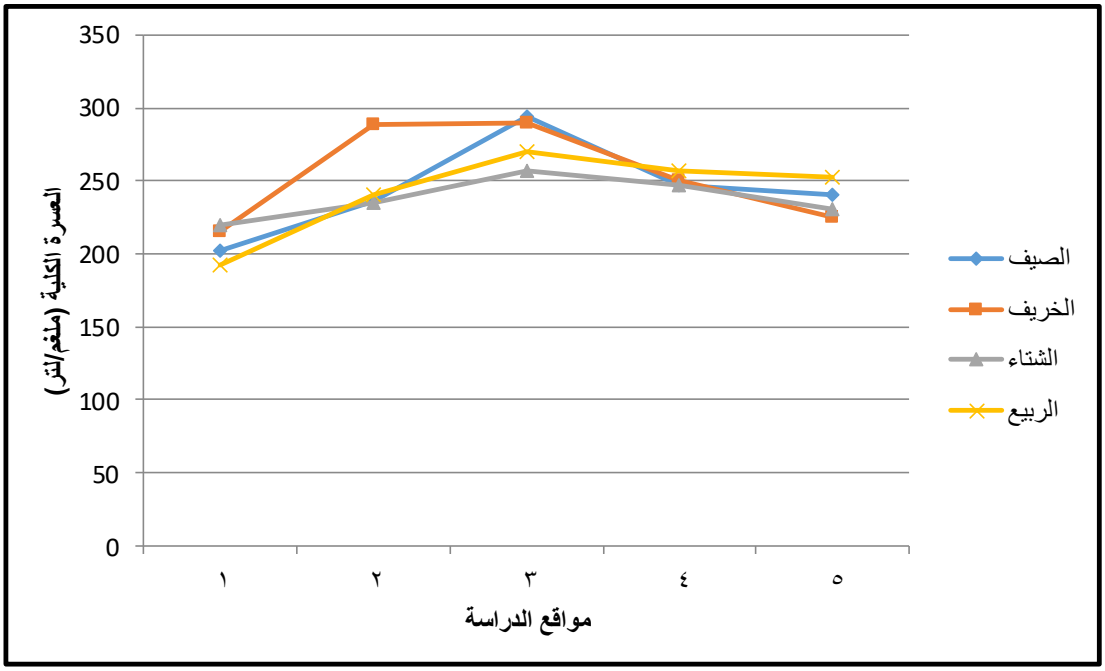
محتوياتها في النهر بالقرب من الضفاف مثل (وادي عكاب ونهر الخوصر) انخفاضاً واضحاً في تركيز الأوكسجين المذاب عند منطقة جمع النماذج ، إذ بلغ 2.3 و2.6 ملغم/ لتر على التوالي بسبب ارتفاع الحمل العضوي في المصبين 70 و 73 ملغم/ لتر قبل الامتزاج مع مياه النهر على التوالي، مما أثر قليلاً في تركيز الأوكسجين المذاب في الموقعين الثاني والرابع. ينعكس انخفاض الحمل العضوي مباشرةً أو زيادته على اللون، والطعم، والرائحة والعكورة، فضلاً عن استهلاك الأوكسجين المذاب. يعزى الانخفاض في قيمة BOD_5 إلى أن مياه نهر دجلة تكون ذات درجات حرارية منخفضة وارتفاع تركيز الأوكسجين المذاب فيها، فضلاً عن التخفيف الحاصل بسبب تصريف المياه التحتية الباردة من أسفل سد الموصل اثناء مدة الدراسة مترافقاً مع سرعة التيار في النهر. ومن الجدير بالذكر أن جميع قياسات الـ BOD_5 وغيرها قد جرت في مواقع بعيدة عن الضفة ويكون التيار المائي فيها مستمراً لذا تعد هذه المياه ملائمة لمعظم الاستخدامات.

العسرة الكلية

أظهرت النتائج في الشكل (9) قيم العسرة الكلية في المواقع المدروسة لمياه نهر دجلة أثناء فصول السنة تراوحت ما بين (192– 294) ملغم/ لتر بدلالة كاربونات الكالسيوم. ومن خلال هذه النتائج تعد مياه نهر دجلة عسرة جداً في بعض المواقع وعسرة في مواقع اخرى على وفق تصنيف المياه كما ورد في (Todd and Mays 2005)، سجل أقل تركيز للعسرة الكلية كانت في منطقة مشيرفة 192 ملغم/لتر في فصل الربيع، في حين سجل أعلى تركيز 294 ملغم/ لتر في الموقع الثاني والثالث أثناء فصل الخريف.

إن من أهم مسببات زيادة العسرة الكلية في الموقع الثاني والثالث هي الفضلات السائلة المطروحة من مصادر بشرية إلى النهر، كما يعود سبب زيادة العسرة إلى وصول جزء من تربة الضفاف وانجراف الملوثات والتدفقات من الاراضي القريبة إلى مجرى النهر أثناء موسم الأمطار .أو قد يكون سببها الفضلات الحيوانية وانخفاض مجرى النهر أو ارتفاع نسبة كاربونات الكالسيوم بسبب التبخر الذي يؤدي إلى ارتفاع تراكيز الايونات الموجبة المختلفة ، أو قد يكون بسبب حصر المياه في بحيرة السد، الأمر الذي أدى إلى زيادة قيم العسرة بسبب الطبقات الجيولوجية للمنطقة وزيادة فترة اتصال المياه مع الصخور التي تمتاز بتواجد الرواسب الكاربونية

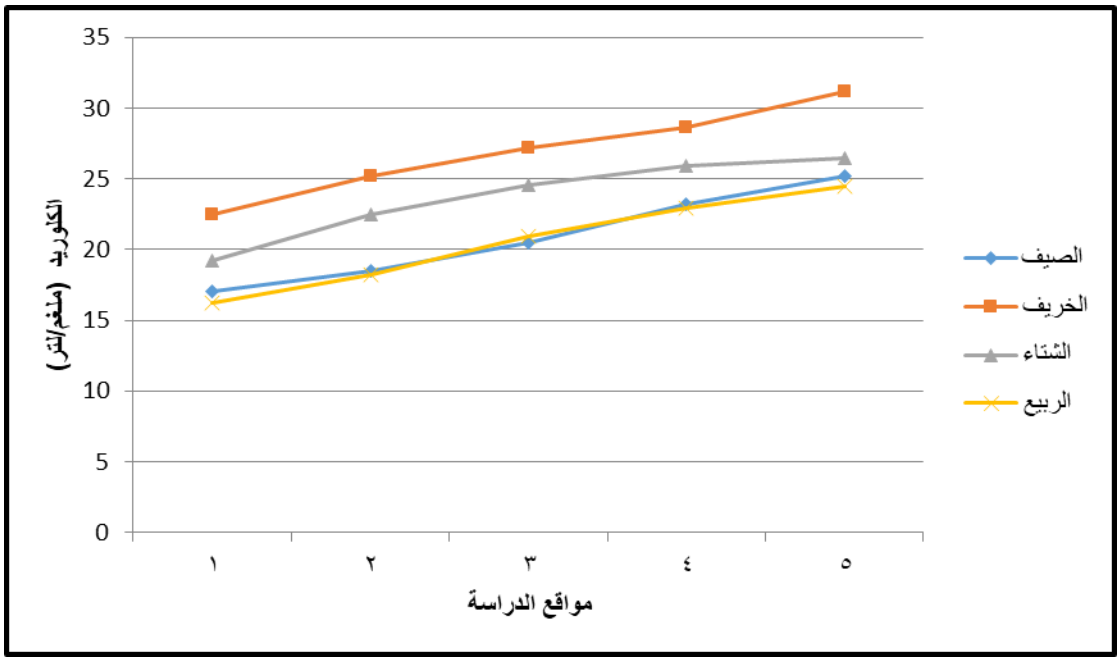
والكلسية، التي بدورها تزيد من العسرة الكلية ، ثم تعاود الانخفاض كلما اتجهنا إلى اسفل مجرى النهر بسبب التنقية الذاتية وعامل التخفيف والانتشار.



الشكل (9): قيم العسرة الكلية للمواقع المدروسة في أثناء فصول السنة.

الكلوريد

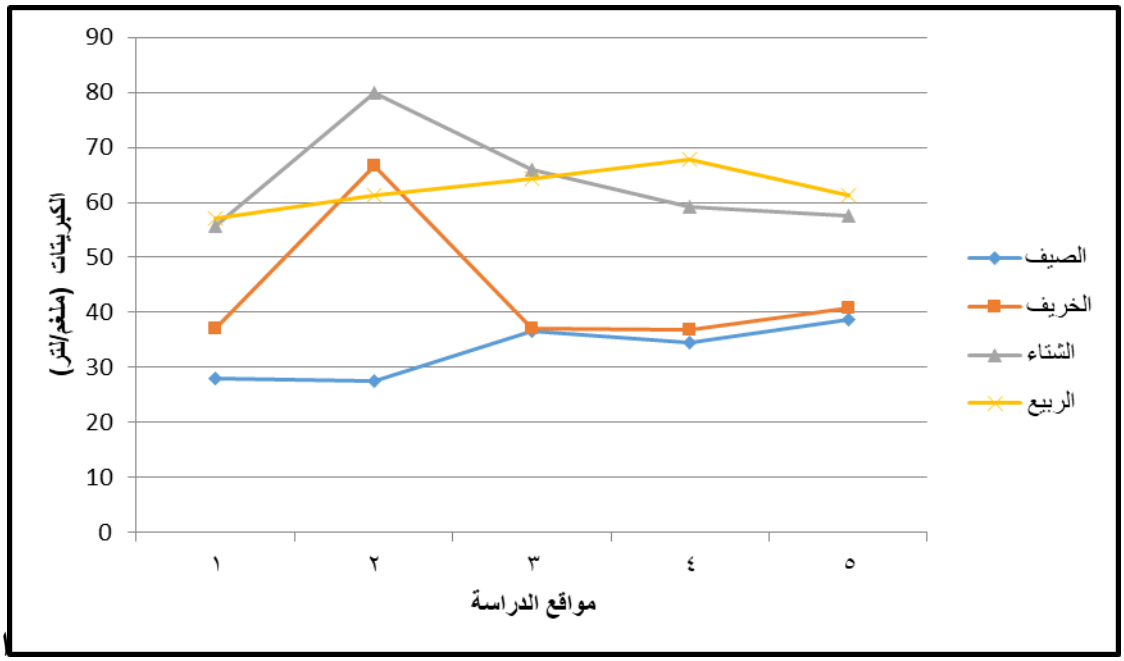
بينت النتائج في الشكل (10) أقل قيمة 17 ملغم/ لتر في منطقة مشيرفة أثناء فصل الصيف وأعلى قيمة 31.3 ملغم/ لتر في منطقة البوسيف أثناء فصل الخريف لتركيز أيون الكلوريد في المواقع المدروسة في فصول السنة، ويعزى سبب هذا التغاير إلى وصول مياه الصرف الصحي والمطروحات الصناعية التي تطرح مياه تنشيط المبادلات الايونية، كما يدخل من تدفقات مياه الفضلات المنزلية ومن بعض الصخور الرسوبية. وتقع هذه القيم ضمن الحدود المسموح بها، التي أوصت بها منظمة الصحة العالمية والمواصفات القياسية لمياه الشرب العراقية (عباوي وحسن، 1990؛ WHO, 2003).



الشكل (10): قيم تركيز الكلوريد للمواقع المدروسة في أثناء فصول السنة.

الكبريتات

أظهرت النتائج في الشكل (11) أن أقل قيمة لأيون الكبريتات في مياه نهر دجلة 28 ملغم/لتر في منطقة مشيرفة في أثناء فصل الصيف وأعلى قيمة 80 ملغم/لتر في الموقع الثاني في فصل الشتاء في سنة الدراسة، لوحظت القيم العالية في فصلي الشتاء والربيع وقد يعود السبب إلى الطبيعة الجبسية للترب الرسوبية التي تعد مصدراً مباشراً للكبريتات الذائبة في المياه الطبيعية ، وكذلك بسبب مرور النهر بأراضي زراعية تستخدم فيها الأسمدة الحاوية على الكبريتات خصوصاً في موسم الأمطار، إذ تنجرف المياه من الاراضي الزراعية إلى النهر، فضلا عن عملية التراكم المستمر وما تضيفه المصبات من الكبريتات، أو ربما يعود سبب الزيادة إلى عمليات الحقن الجارية في بحيرة سد الموصل التي يستمد نهر دجلة مياهه منها.

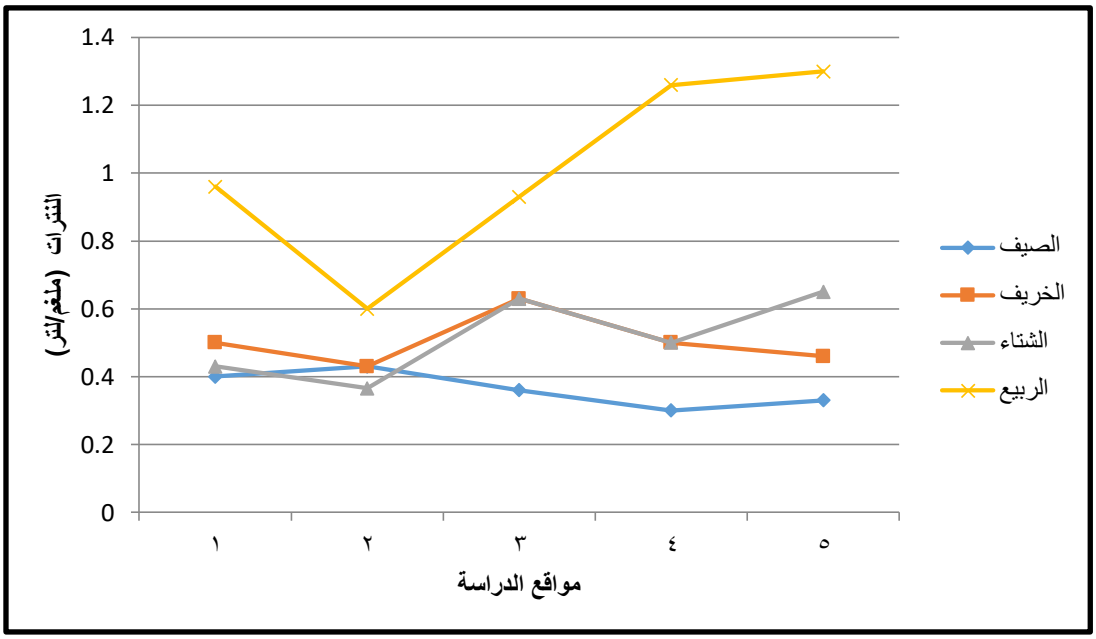


الشكل (11): قيم تركيز الكبريتات للمواقع المدروسة في أثناء فصول السنة.

المغذّيات

النترات

سجلت النترات تبايناً في قيمها تبعاً لتغاير فصول سنة الدراسة، كما مبين في الشكل (12) إذ سجلت أقل تركيز للنترات 0.3 ملغم/لتر في منطقة مشيرفة في فصل الشتاء، في حين سجلت أعلى تركيز 1.3 ملغم/ لتر في منطقة البوسيف في فصل الربيع، ويعزى ذلك إلى الإضافات الزراعية والبشرية ويعود سبب إنخفاض قيمة النترات في منطقة مشيرفة إلى قلة المواد العضوية المطروحة في النهر، فضلاً عن استهلاك النترات من النباتات الطافية وكتل الطحالب الموجودة في المنطقة ، أما زيادة تركيز النترات في منطقة البوسيف فقد تعود إلى الكم الهائل من فضلات المدينة المطروحة إلى النهر، فضلاً عن سقوط الأمطار في فصل الشتاء قد تؤدي إلى زيادة تركيز النترات بفعل التيارات القوية المسببة لمزج الرواسب بالمياه وارتفاع مناسيب المياه التي تعمل على غسل الأراضي الزراعية المحاذية لمجرى النهر وجرف حافتها المحملة بالنترات الذي يدخل في تركيب الكثير من الأسمدة الكيميائية المستعملة في الزراعة، إذ إن مصادر تلوث المياه بالنترات يكون اما طبيعياً أو بشرياً أو من مصادر أخرى .

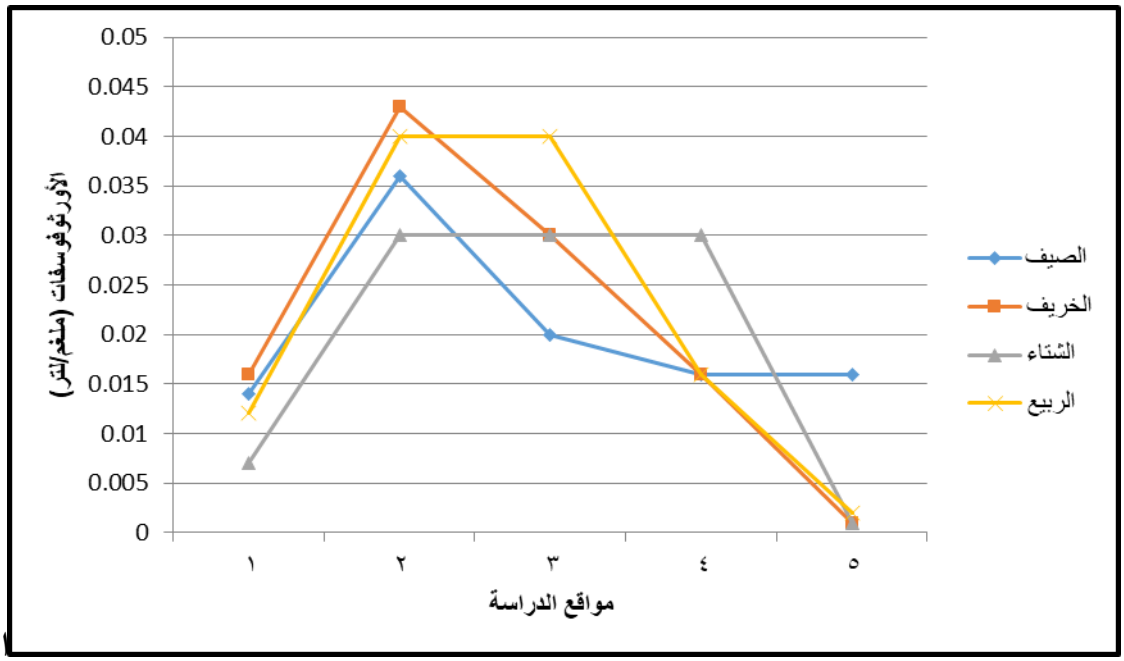


الشكل (12): قيم تركيز النترات للمواقع المدروسة في أثناء فصول السنة.

يؤدي وجود النترات مع الأورثوفوسفات في المياه إلى ازدهار ونمو سريع للطحالب، ويؤدي النمو المفرط للطحالب إلى حدوث ظاهرة الإثراء الغذائي Eutrophication، ولكن في بعض النظم البيئية المائية يكون النيتروجين هو المحدد الأول لنمو الطحالب، وأن تلوث المياه بالنترات له تأثير كبير في تردي نوعية المياه.

الأورثوفوسفات

سجل أقل تركيز للأورثوفوسفات 0.001 ملغم/لتر في منطقة البوسيف وفي فصل الشتاء، في حين سجل أعلى تركيز 0.04 ملغم/ لتر في الموقع الثاني أثناء فصل الخريف، كما مبين في الشكل (13) لذا تصنف على أنها قليلة التاثير وتجاوزت الحدود المسموح بها 0.02 ملغم/ لتر في عدد من المواقع المدروسة، وقد يعزى سبب هذا الارتفاع إلى طرح المزيد من الفضلات الحيوانية والمياه المتدفقة من الاراضي الزراعية وإلى تلوث المياه بمساحيق الغسيل والمنظفات (ذات التراكيز العالية من الفوسفات) التي تطرح من التجمعات السكنية الواقعة على جانبي النهر والتي تعد من أهم مصادر الأورثوفوسفات (WHO, 2003)، كما لوحظ من النتائج التي توصلت اليها الدراسة الحالية أن هناك تراكيز قليلة لاورثوفوسفات في المياه تصل إلى (0.003– 0.001) ملغم/ لتر أو حتى انعدام قياسها، وهذا بسبب قابليتها العالية على الترسيب بشكل فوسفات الكالسيوم والالتصاق بدقائق التربة .



الشكل (13): قيم تركيز الأورثوفوسفات للمواقع المدروسة في أثناء فصول السنة.

ومن الجدير بالذكر أن الأورثوفوسفات تترسب بشكل فوسفات الكالسيوم مما يؤكد ان تركيز الأورثوفوسفات في نهر دجلة هو ضمن المحددات المقررة كما في الجدول (7) (Water watch, 1997).

الجدول (7): تصنيف مياه الأنهار بحسب تركيز الأورثوفوسفات (Waterwatch, 1997).

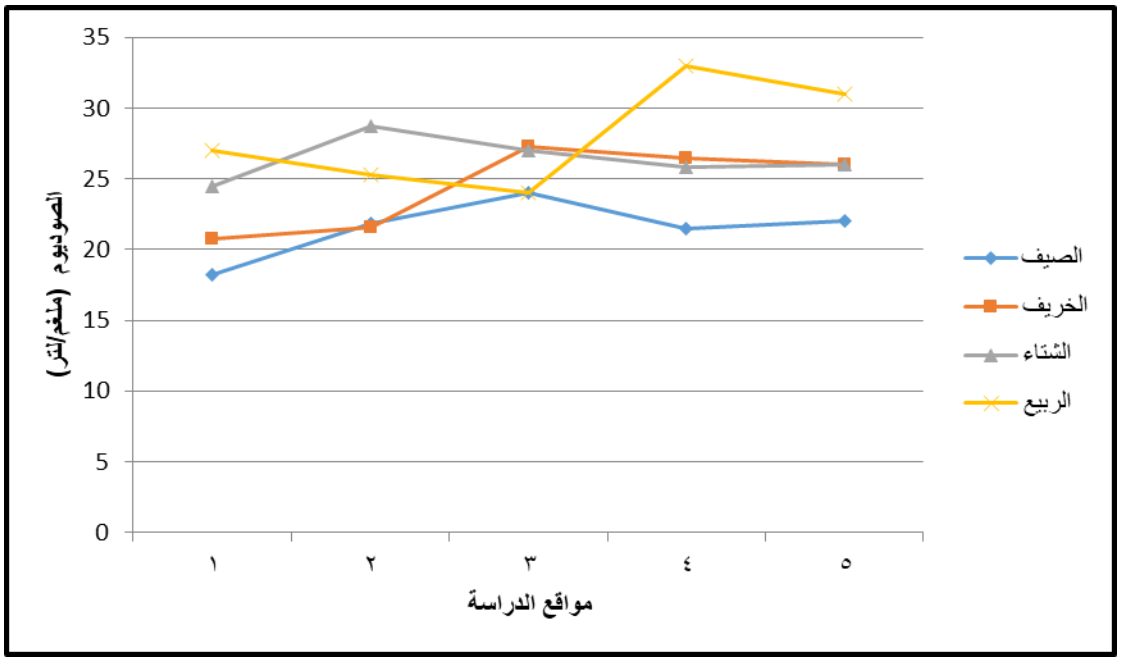
الفئة	تركيز الأورثوفوسفات (ملغم/ لتر)
قليل	اقل من 0.06
متوسط	0.15 −0.06
عال	0.45 −0.15
عالٍ جداً	اكبر من 0.45

من أخطر المشاكل التي تنجم عن زيادة الفوسفات في المياه العذبة ما يعرف بظاهرة الإثراء الغذائي أو زيادة نمو الطحالب وما يرافقها من تبعات تحصل في حوض النهر أو عند إجراء عملية تصفية المياه إذ توجد بعض أنواع الطحالب وخصوصاً السبايروجيرا *Spirogyra* في مياه النهر وتسبب انسداد مأخذ محطات التصفية. يزيد من فرصة تواجد الأورثوفوسفات هنا إطلاق المياه من سد الموصل، إذ تتميز المياه المحصورة فيه من ظاهرة

الإثراء الغذائي. ولحسن الحظ فإن مياه نهر دجلة لا تتعرض إلى هذه الظاهرة إلا ما ندر لانخفاض تركيز الأورثوفوسفات الذي يقف وراء حصولها.

الصوديوم

أظهرت نتائج الدراسة الحالية أن تراكيز أيون الصوديوم في مياه نهر دجلة في مدينة الموصل للمواقع المدروسة تراوحت ما بين (18.2–33) ملغم/ لتر كما مبين في الشكل (14).



الشكل (14): قيم تركيز الصوديوم للمواقع المدروسة في أثناء فصول السنة.

لوحظت القيم المرتفعة في فصل الربيع وربما يعود ذلك إلى الكميات المختلفة التي تضاف إلى النهر من المخلفات المنزلية، وتأثير الاراضي الزراعية المجاورة للنهر، أما القيم المنخفضة فكانت في فصل الصيف التي يعود سببها إلى انخفاض مناسيب مياه النهر وزيادة عمليات الترسيب.

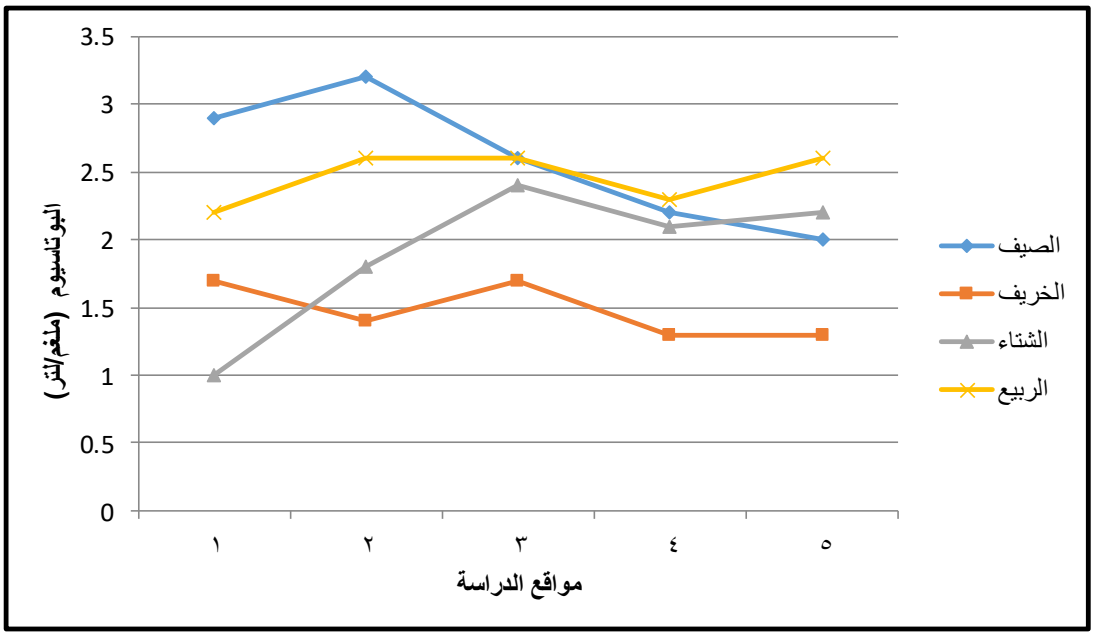
يوجد الصوديوم بشكل أيوني وتحتوي المياه على الصوديوم؛ لأن أملاحه تذوب في المياه. تزيد مطروحات المجاري والتصاريف الصناعية من تراكيز هذا العنصر في المياه. تحتوي المياه السطحية على اقل من 50 ملغم/ لتر. يتغير تركيز أيون الصوديوم بشكل واضح على وفق الطبيعة الجغرافية وتصاريف مياه الفضلات والاستخدام الفصلي واستخدام الأملاح لإذابة الثلج وخاصة في الدول الاوربية. يتراوح تركيز أيون الصوديوم في

المياه العذبة بين (1–10) ملغم/ لتر والمستوى المحدد في مواصفات الصحة العالمية 200 ملغم/لتر وتصل أحيانا إلى 50 ملغم/ لتر.

البوتاسيوم

سجل أقل تركيز للبوتاسيوم 1 ملغم/لتر في منطقة مشيرفة وفي فصل الشتاء، في حين سجلت أعلى تركيز 3.1 ملغم/ لتر في الموقع الثاني وخلال فصل الصيف كما موضح في الشكل (15). يوجد أيون البوتاسيوم بكميات قليلة في المياه السطحية نظراً لأن الصخور التي تحتويه مقاومة للتجوية ويكون تركيزه عادة أقل من 10 ملغم/ لتر.

إن معدل تركيز أيون البوتاسيوم يرتفع مع مسار النهر، ويعود السبب إلى ما يتلقاه النهر من مصبات للفضلات السائلة أثناء جريانه ليعود إلى الانخفاض نسبياً بتأثير التنقية الذاتية. إن الغذاء النباتي يحتوي على البوتاسيوم بشكل اساسي، فضلاً عن أحد المصادر الأساسية له في البيئة المائية هو المعادن الطينية الموجودة في الصخور والترب المتماسة مع المياه.



الشكل (15): قيم تركيز البوتاسيوم للمواقع المدروسة في أثناء فصول السنة.

تركيز العناصر الثقيلة في المياه

الخارصين

يبين الجدول (8) معدل تركيز عنصر الخارصين في مياه نهر دجلة في أثناء فصول سنة الدراسة وللمواقع المدروسة، أظهرت النتائج ارتفاعاً في تركيز الخارصين في فصل الشتاء نظراً لما تجرفه الامطار والسيول إلى مياه النهر، فضلا عن أن زيادة تركيزه في المياه كلما اتجهنا نحو وسط وجنوب المدينة، ويعود السبب في ذلك إلى ما تطرحه المصبات من ملوثات غير معالجة إلى النهر.

أن المعدل السنوي لعنصر الخارصين في مياه نهر دجلة ضمن المواقع المدروسة، إذ سجل أقل تركيز للخارصين 0.469 ملغم/لتر في منطقة مشيرفة في فصل الربيع والسبب في ذلك يعود إلى وفرة الأمطار والسيول التي تعمل على تخفيف وانتشار مياه النهر، أما أعلى قيمة فقد ظهرت في منطقة البوسيف إذ بلغت 1.961 ملغم/لتر في فصل الشتاء، والسبب هو لما تجرفه مياه الأمطار والسيول من مياه الفضلات المطروحة من المناطق السكنية والصناعية والزراعية عن طريق المصبات إلى النهر. أما في فصل الصيف فقد أظهرت تركيزاً أعلى إذ بلغ 2.528 ملغم/لتر، ويعود السبب في ذلك إلى ظاهرة تبخر المياه في فصل الصيف بسبب ارتفاع درجات الحرارة، وبالتالي ازدياد معدل تركيز العناصر الثقيلة في مياه نهر دجلة. ويعد معدل تركيز الخارصين لكل فصول السنة ضمن الحدود الطبيعية للمحددات العراقية والتي حددتها منظمة الصحة العالمية (عباوي وحسن، 1990؛ WHO, 2003).

النحاس

تبين النتائج من الجدول (8) معدل تركيز النحاس في أثناء فصول سنة الدراسة في مياه نهر دجلة وللمواقع المدروسة الثلاثة، إذ أظهر تبايناً في معدل تركيز النحاس تبعا للمواقع، إذ ازداد تركيزه مع مسار النهر والسبب يعود إلى ما يتلقاه من مطروحات سائلة وملوثة.

بلغ أقل تركيز للنحاس في منطقة مشيرفة في فصلي الشتاء والربيع 0.040 ملغم/لتر، والسبب في ذلك يعود إلى ظاهرة التخفيف والانتشار التي تحدث في مياه نهر دجلة بسبب هطول الأمطار التي تعمل على تخفيف مياه النهر، اما في موقعي وسط وجنوب المدينة فقد لوحظت وللفصول كافة زيادة في تركيز النحاس، ويعود

السبب في ذلك إلى ما يطرح من ملوثات مع الفضلات السائلة التي تطرح مباشرة إلى النهر من المصبات وبدون معالجة، مما تسبب زيادة في تركيز العناصر الثقيلة في مياه النهر. وصلت أعلى قيمة لتركيز النحاس في فصل الصيف في منطقة البوسيف إلى 0.468 ملغم/لتر، الا أنه بالرغم من ارتفاع تركيز عنصر النحاس في مياه نهر دجلة لازال ضمن الحدود الطبيعية والمسموح بها دولياً من قبل منظمة الصحة العالمية. إذ أشارت تلك المنظمة إلى حدود تركيز النحاس في المياه العذبة 12 ملغم/لتر، وفي مياه الشرب 3 ملغم/لتر. ويكون النحاس أكثر سمية في المياه العسرة والواطئة القلوية.

الكادميوم

أظهرت النتائج المبينة في الجدول (8) أن معدل تركيز الكادميوم في المواقع المدروسة على نهر دجلة في أثناء فصول سنة الدراسة تراوحت بين (0.001–0.006) ملغم/لتر. سجل اقل قيمة في منطقة مشيرفة في فصلي الشتاء والربيع 0.001 ملغم/لتر، أما أعلى قيمة فكانت في منطقة البوسيف، إذ وصلت في فصل الصيف إلى 0.006 ملغم/لتر، يعزى سبب ذلك إلى كثرة المطروحات والملوثات التي تلقى في النهر من المصبات التي تقع على جانبي النهر من دون معالجة، فضلاً عن التراكيز المتراكمة في الترب الزراعية والتي يكون مصدرها الأسمدة المختلفة التي تجرفها الأمطار في فصل الشتاء(Otchere,2003). تم التوصل في هذه الدراسة إلى تراكيز قليلة لعنصر الكادميوم وكانت ضمن الحدود الطبيعية.

الرصاص

أظهرت نتائج الدراسة في الجدول (8) أقل قيمة غير محسوسة في منطقة مشيرفة في فصلي الشتاء والربيع، وأعلى قيمة كانت في منطقة البوسيف إذ وصلت في فصل الصيف إلى 0.403 ملغم/لتر، ويعود السبب في ذلك إلى أن تبخر المياه في فصل الصيف يؤدي إلى تركيز نسبة الملوثات التي تلقى في النهر من المصبات الموجودة على جانبي النهر. أن ارتفاع تركيز العناصر الثقيلة ومن بينها الرصاص يعود كنتيجة لطرح كميات كبيرة من الفضلات السائلة باتجاه النهر نحو جنوب المدينة، وأن تراكيزها في فصل الصيف أكثر من الشتاء بسبب عامل التبخر والترسيب. أظهرت النتائج المبينة في الجدول (8) أن المعدل السنوي لتركيز العناصر

الثقيلة (Zn، Cu، Cd وPb) في المواقع المدروسة (منطقة مشيرفة، وسط المدينة ومنطقة البوسيف) لمياه نهر دجلة في أثناء سنة الدراسة، ارتفاعاً معنوياً عند مستوى احتمالية ($P\leq0.05$) في تركيز العناصر الأربعة لوسط المدينة ومنطقة البوسيف مقارنة مع منطقة مشيرفة (مجموعة سيطرة)، إذ بلغت تراكيز العناصر الثقيلة (Zn، Cu، Cd وPb) في منطقة البوسيف 1.961±0.349، 0.288±0.062، 0.005±0.001، 0.325±0.032 ملغم/لتر من الوزن الجاف على التوالي مقارنة مع منطقة مشيرفة 0.469± 0.055، 0.061±0.0130، 0.004±0.001، 0.009±0.002 ملغم/لتر على التوالي، و بلغت أقل قيمة في منطقة مشيرفة في فصلي الشتاء والربيع، اما أعلى قيمة فكانت في منطقة البوسيف في فصل الصيف.

الجدول (8): المعدل السنوي لتراكيز العناصر الثقيلة (ملغم/لتر) في مياه نهر دجلة ضمن مدينة الموصل وللمواقع المدروسة.

العنصر / الموقع	تركيز الخارصين* المعدل ± الخطأ القياسي	تركيز النحاس المعدل ± الخطأ القياسي	تركيز الكادميوم المعدل ± الخطأ القياسي	تركيز الرصاص** المعدل ± الخطأ القياسي
منطقة مشيرفة	b 0.055 ±0.469	b 0.0130±0.061	b 0.001±0.004	c 0.002±0.009
وسط المدينة	a 0.169±1.339	a 0.057±0.220	ab 0.004±0.008	b 0.019±0.230
منطقة البوسيف	a 0.349±1.961	a 0.062±0.288	a 0.001±0.005	a 0.032±0.325

* المعدل ± الخطأ القياسي هو لثلاث مكررات.

**الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة عمودياً تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P\leq0.05$) والعكس صحيح بحسب اختبار دنكن

من هذا نستنتج أن تركيز العناصر الثقيلة في مياه نهر دجلة وللمواقع المدروسة تتبع التسلسل التنازلي الآتي: منطقة البوسيف> وسط المدينة> منطقة مشيرفة، وأن تركيز العناصر الثقيلة وفق نوع العنصر فانه اتبع التسلسل التنازلي الاتي: الخارصين> النحاس> الرصاص> الكادميوم. يعزى سبب ارتفاع تراكيز العناصر الثقيلة المدروسة في منطقة البوسيف (نهاية مجرى النهر ضمن مدينة الموصل) إلى مخلفات الفضلات المنزلية والصناعية والزراعية المختلفة. يتبين مما تقدم سابقاً أن العناصر الثقيلة المدروسة في مياه نهر دجلة كانت

ضمن الحدود الطبيعية ووفق المحددات المحلية والعالمية من النتائج التي تم التوصل إليها في الدراسة الحالية، يمكن التعرف على تراكيز مختلف العناصر والأيونات والمركبات في مياه نهر دجلة من الجدول (9).

الجدول (9): الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه نهر دجلة للمواقع المدروسة.

المعيار	وحدة القياس	الحد الأدنى	الحد الأعلى	المتوسط	نظام صيانة الانهار
درجة الحرارة	وحدة سيليزية	9.5	24	18.753	35>
الدالة الحامضية	---	6.8	8.0	7.381	8.5-6.5
التوصيل الكهربائي	مايكروسيمنز/سم	330	603	436.115	500
العكورة	NTU	0.4	44.4	5.915	-
الأوكسجين المذاب	ملغم/لتر	7.2	9.5	7.971	5<
الحمل العضوي BOD_5	ملغم/لتر	0.8	2.2	1.619	3>
العسرة	ملغم/لتر	170	321	241.825	-
الكلوريدات	ملغم/لتر	14.9	31.9	22.890	200
الكبريتات	ملغم/لتر	28.4	86.7	48.319	200
النترات	ملغم/لتر	0.1	1.9	0.636	15
الفوسفات	ملغم/لتر	0.00	0.2	0.021	0.4
الصوديوم	ملغم/لتر	14.7	33	25.429	-
البوتاسيوم	ملغم/لتر	1	3	2.146	-
النحاس	ملغم/لتر	0.02	0.49	0.196	0.05
الرصاص	ملغم/لتر	0.00	0.4	0.020	0.05
الكادميوم	ملغم/لتر	0.00	0.1	0.004	0.005
الخارصين	ملغم/لتر	0.31	2.66	1.358	0.5

* (المتوسط معدل لثلاث قراءات)

تركيز العناصر الثقيلة في الرواسب

تم تقدير بعض العناصر الثقيلة كالخارصين Zn، والنحاس Cu، والكادميوم Cd والرصاص Pb في رواسب نهر دجلة. تبين النتائج في الجدول (10) تغايراً في تركيز العناصر الثقيلة (Zn، Cu، Cd وPb) في المواقع المدروسة منطقة مشيرفة، وسط المدينة ومنطقة البوسيف للرواسب القاعية لنهر دجلة في أثناء فصول سنة الدراسة. إن تلوث الأنهار والأنظمة المائية بهذه العناصر في المناطق ذات الكثافة السكانية والنشاطات الصناعية ينعكس من خلال التراكيز العالية للعناصر الموجودة في الرواسب. كما أشار Edgren (1978) إلى أن الرواسب تعكس درجة التلوث في البيئة المائية وأشار العديد من الباحثين إلى أن العناصر الثقيلة غير المرتبطة

بالتراكيب السيليكية في الرواسب يكون أصلها من المياه الملوثة، لهذه الأسباب تمت دراسة تركيز العناصر الثقيلة في رواسب المناطق المدروسة.

أظهرت النتائج في الجدول (10) ارتفاعاً معنوياً عند مستوى احتمالية ($P\leq0.05$) في تركيز العناصر الأربعة في وسط المدينة ومنطقة البوسيف مقارنة مع منطقة مشيرفة (مجموعة سيطرة)، إذ بلغت تراكيز العناصر الثقيلة (Zn، Cu، Cd، Pb) في منطقة البوسيف 14.97±0.757، 36.201±0.652، 0.255±0.027، 30.708±2.341 مايكروغرام/ غم من الوزن الجاف على التوالي مقارنة مع بمنطقة مشيرفة إذ بلغ تركيز العناصر فيها 6.721± 0.674، 12.165±0.962، 0.100±0.014، 14.89±1.700 مايكروغرام/غم من الوزن الجاف على التوالي، أظهرت النتائج اقل قيمة في منطقة مشيرفة في فصلي الشتاء والربيع، أما أعلى قيمة فكانت في منطقة البوسيف في فصل الصيف، وبذلك اتبع تركيز العناصر الثقيلة في رواسب نهر دجلة للمواقع المدروسة التسلسل التنازلي الآتي: منطقة البوسيف> وسط المدينة> مشيرفة، وان تركيز العناصر الثقيلة على وفق نوع العنصر اتبع التسلسل التنازلي الآتي: النحاس> الرصاص> الخارصين > الكادميوم. ويعزى سبب ارتفاع تراكيز العناصر الثقيلة المدروسة إلى مخلفات الكائنات الحية المائية والفضلات المنزلية والصناعية والزراعية المختلفة التي تترسب وتتجمع في قاع النهر (Hatje *et al.*, 2003).

الجدول (10): المعدل السنوي لتراكيز العناصر الثقيلة (مايكروغرام/غم من الوزن الجاف) في رواسب نهر دجلة ضمن مدينة الموصل وللمواقع المدروسة.

العنصر / الموقع	تركيز الخارصين* المعدل ± الخطأ القياسي	تركيز النحاس المعدل ± الخطأ القياسي	تركيز الكادميوم المعدل ± الخطأ القياسي	تركيز الرصاص** المعدل ± الخطأ القياسي
منطقة مشيرفة	c 0.674 ±6.721	b 0.962±12.165	b 0.014±0.100	b 1.700±14.89
وسط المدينة	b 0.782±12.160	a 4.944±31.121	a 0.032±0.197	a 2.858±24.29
منطقة البوسيف	a 0.757±14.975	a 6.052±36.201	a 0.027±0.255	a 2.341±30.708

* المعدل ± الخطأ القياسي هو لثلاثة مكررات

**الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة عمودياً تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P\leq0.05$) والعكس صحيح بحسب اختبار دنكن.

من النتائج التي حُصلَ عليها يتبين أن العناصر المدروسة في رواسب نهر دجلة كانت تركيزها أعلى مما في مياه نهر دجلة، كما يمكن مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها في الرواسب القاعية لمياه نهر دجلة مع معايير العناصر الثقيلة في الرواسب كما مبين في الجدول (11).

الجدول (11): مقارنة تركيز العناصر الثقيلة في الرواسب المدروسة مع معايير العناصر الثقيلة في الرواسب والقشرة الأرضية.

العنصر	تركيز العنصر في الرواسب المدروسة (مايكروغرام/غم من الوزن الجاف)	غير ملوث	ملوث قليل	ملوث بشدة	التركيز الطبيعي للعنصر في قشرة الارض (ملغم/كغم)
الخارصين	14.975	اقل من 90	200–90	اكثر من 200	80
النحاس	36.201	اقل من 25	50–25	اكثر من 50	70
الكادميوم	0.255	ــــ	ــــ	اكثر من 6	0.20
الرصاص	30.708	اقل من 40	60–40	اكثر من 60	16

يمر نهر دجلة بمركز المدينة التي تضيف إلى النهر ملوثات كثيرة نتيجة لتصريف الفضلات من النشاطات المدنية والصناعية والزراعية المختلفة، كما تمتد الاراضي الزراعية على ضفتي النهر وخاصة بعد جسر الحرية، مما يؤدي إلى انجراف الكثير من الترب الحاملة للمركبات الكيميائية المختلفة (كالأسمدة الفوسفاتية والمبيدات) التي تستخدم للأغراض الزراعية، فضلاً عما يضيفه الجو من ملوثات أهمها مركبات الرصاص الناتجة من احتراق رابع أثيل أو مثيل الرصاص في مكائن الاحتراق الداخلي الذي يتساقط ثم يتجمع في البيئة المائية.

التراكم الحيوي لبعض العناصر الثقيلة في نسج الأسماك

الخارصين

أظهرت النتائج في الجدول (12) ارتفاعاً معنوياً عند مستوى احتمالية ($P\leq0.05$) في تركيز الخارصين لكل من نسج العضلات والكبد والغلاصم في كل من سمكة الكارب الاعتيادي *Cyprinus carpio*، البلعوط الملوكي*Condrostome regium* ، الخشني *Liza abu* والكراسيس *Carassius carassius*، التي تم اصطيادها من ثلاثة مواقع على نهر دجلة ضمن مدينة الموصل، إذ بلغ أعلى قيمة تراكم لعنصر الخارصين في كبد وغلاصم وعضلات الأسماك المصطادة من منطقة البوسيف مقارنة بأكباد وغلاصم وعضلات النوع نفسه

من الأسماك المصطادة من منطقة مشيرفة (مجموعة سيطرة)، إذ كان أعلى تركيز للخارصين في كبد سمكة البلعوط الملوكي 15.693±0.847 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب، اما في غلاصم السمكة نفسها فقد بلغ 14.680±0.913 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب، وظهر التغاير نفسه بالنسبة لبقية الأنواع من الأسماك، أظهر التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية عند مستوى احتمالية $P\leq0.05$ في تركيز الخارصين إذ بلغ أعلى تركيز في نسج الأسماك المصطادة من منطقة البوسيف، إذ اتبع تراكم الخارصين للمواقع المدروسة التسلسل التنازلي الاتي: منطقة البوسيف> وسط المدينة> منطقة مشيرفة، أما تراكمه في النسج فقد اتبع التسلسل التنازلي الآتي: الكبد> الغلاصم> العضلات. كما تبين من الجدول (12) أن أعلى معدل لتركيز الخارصين في كبد سمكة الكارب الاعتيادي 14.310± 1.177 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب، يليه كبد سمكة البلعوط الملوكي 13.465±0.860 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب، ثم كبد سمكة الكراسيس 13.321±3.520 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب، وأخيراً سمكة الخشني أظهرت تراكماً في الكبد 12.000±1.100 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب وبذلك يتبع تراكم عنصر Zn في الكبد حسب نوع السمكة التسلسل التنازلي الآتي: سمكة الكارب الاعتيادي> سمكة البلعوط الملوكي> سمكة الكراسيس> سمكة الخشني. أما في العضلات فقد أظهرت سمكة البلعوط الملوكي أكثر تراكماً لعنصر الخارصين 13.385±0.867 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب وبذلك اتبع تراكم الخارصين في العضلات حسب نوع السمكة التسلسل التنازلي الاتي: عضلات سمكة البلعوط الملوكي> سمكة الخشني> سمكة الكارب الاعتيادي> سمكة الكراسيس. وفي الغلاصم فقد بلغ أعلى تركيز في غلاصم سمكة الكارب الاعتيادي 12.935±1.019 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب يليه غلاصم سمكة الخشني 12.858±1.250 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب وغلاصم سمكة الكراسيس 12.423±1.090 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب وأخيراً غلاصم سمكة البلعوط الملوكي 11.892±1.770 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب وبهذا اتبع التسلسل التنازلي الاتي: غلاصم سمكة الكارب الاعتيادي> سمكة الخشني> سمكة الكراسيس> سمكة البلعوط الملوكي.

الجدول (12): معدل تركيز الخارصين في نسج أربعة أنواع من أسماك نهر دجلة ضمن مدينة الموصل.

النسج / نوع السمكة	تركيز الخارصين (مايكروغرام/غم من الوزن الرطب) * المعدل ± الخطأ القياسي		
	العضلات	الكبد	الغلاصم**
الكارب الاعتيادي *Cyprinus carpio*	bc 1.015±12.059	a 1.177±14.310	a 1.019±12.935
البلعوط الملوكي *Condrostome regium*	a 0.867±13.385	a 0.860±13.465	a 1.770±11.892
الخشني *Liza abu*	ab 1.095±12.886	b 1.100±12.000	a 1.250±12.858
الكراسيس *Carassius carassius*	c 0.288±11.796	a 3.520±13.321	a 1.090±12.423

*المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

**الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة عمودياً تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P\leq 0.05$) والعكس صحيح بحسب اختبار دنكن.

النحاس

أظهرت النتائج وكما مبين في الجدول(13) ارتفاعاً معنوياً في تركيز النحاس لكل من نسج العضلات، الكبد والغلاصم في كل من سمكة الكارب الاعتيادي *Cyprinus carpio*، البلعوط الملوكي *Condrostome regium*، الخشني *Liza abu* والكراسيس *Carassius carassius* التي تم اصطيادها من ثلاثة مواقع على نهر دجلة ضمن مدينة الموصل، إذ بلغ أعلى قيمة لتراكم عنصر النحاس في كبد وغلاصم الأسماك المصطادة من منطقة البوسيف أكثر مما في العضلات مقارنة بأكباد وغلاصم وعضلات النوع نفسه من الأسماك المصطادة من منطقة مشيرفة، إذ كان أعلى تركيز للنحاس في كبد سمكة الكراسيس 2.980±17.748 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب، أما في غلاصم السمكة نفسها فقد بلغ 2.927±17.087 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب، وكذلك الحال بالنسبة لبقية الأنواع من الأسماك، أظهر التحليل الإحصائي ارتفاعاً معنوياً عند مستوى احتمالية $P\leq 0.05$ في تركيز النحاس، إذ بلغ أعلى تركيز في نسج الأسماك المصطادة من منطقة البوسيف، إذ اتبع تراكم النحاس للمواقع المدروسة التسلسل التنازلي الآتي: منطقة البوسيف> وسط المدينة> منطقة مشيرفة، أما تراكمه في نسج الاعضاء فقد اتبع التسلسل التنازلي الآتي: الكبد> الغلاصم> العضلات.

كما يبين الجدول (13) ان أعلى تراكماً حيوياً للنحاس في نسج الأنواع الأربعة من الأسماك كان في كبد سمكة الكارب الاعتيادي 12.830±1.125 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب، ثم كبد سمكة الكراسيس 11.580±1.146 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب، ويليه كبد البلعوط الملوكي 11.480±1.780 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب، وأقل تراكماً في كبد سمكة الخشني 8.340±0.409 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب، ومن هذا يتبين أن التراكم الحيوي للنحاس في الكبد حسب نوع السمكة اتبع التسلسل التنازلي الآتي: كبد سمكة الكارب الاعتيادي> سمكة الكراسيس> سمكة البلعوط الملوكي> سمكة الخشني، أما في الغلاصم فقد اظهر أعلى تراكماً في غلاصم سمكة الكراسيس 12.781±1.180 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب، فاتبع التراكم الحيوي للنحاس في نسج غلاصم الأسماك التسلسل التنازلي الآتي: غلاصم سمكة الكراسيس> سمكة الخشني> سمكة الكارب الاعتيادي> سمكة البلعوط الملوكي، اما بالنسبة للعضلات فقد أظهرت أعلى تراكماً للنحاس في عضلات سمكة الخشني 11.529±1.460 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب واتبع التسلسل التنازلي الآتي: عضلات سمكة الخشني> سمكة البلعوط الملوكي> سمكة الكراسيس> سمكة الكارب الاعتيادي، أما تراكم النحاس في نسج الأعضاء فقد اتبع التسلسل التنازلي الآتي: الكبد> الغلاصم> العضلات.

الجدول (13): معدل تركيز النحاس في نسج أربعة أنواع من أسماك نهر دجلة ضمن مدينة الموصل.

تركيز النحاس (مايكروغرام/غم من الوزن الرطب) * المعدل± الخطأ القياسي			
النسج / نوع السمكة	**العضلات**	**الكبد**	**الغلاصم****
الكارب الاعتيادي *Cyprinus carpio*	b 6.403±0.809	a 12.830±1.125	a 12.047±1.109
البلعوط الملوكي *Condrostome regium*	a 11.234±3.780	a 11.480±1.780	b 5.786±0.270
الخشني *Liza abu*	a 11.529±1.460	a 8.340±0.409	a 12.670±1.110
الكراسيس *Carassius carassius*	b 6.773±0.290	a 11.580±1.146	a 12.781±1.180

*المعدل± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات

**الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة عمودياً تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P\leq 0.05$) والعكس صحيح بحسب اختبار دنكن.

الكادميوم

بينت النتائج من الجدول (14) معدل تركيز الكادميوم في نسج العضلات، الكبد والغلاصم في كل من سمكة الكارب الاعتيادي *Cyprinus carpio* وسمكة البلعوط الملوكي *Condrostoma regium* وسمكة الخشني *Liza abu* وسمكة الكراسيس *Carrassus carrassus*، التي تم صيدها من مواقع الدراسة المذكورة سابقاً، إذ بلغ الكادميوم تراكماً أقل من النحاس والخارصين، وأظهرت النتائج ارتفاعاً معنوياً عند مستوى احتمالية $P\leq0.05$ في التراكم الحيوي للكادميوم في غلاصم بعض الأنواع من الأسماك الاربعة مقارنة مع منطقة البوسيف (مجموعة سيطرة)، وأظهرت النتائج في الملحق (5) أن تسلسل تركيز الكادميوم في نسج الأسماك أتبع الترتيب التنازلي الآتي الغلاصم >الكبد > العضلات، إذ بلغ أعلى ارتفاع معنوي عند مستوى احتمالية $P\leq0.05$ للكادميوم في غلاصم سمكة الخشني 0.319±0.109 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب، ثم يليه كبد سمكة الكراسيس 0.313±0.050 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب، وفي كبد سمكة الكارب الاعتيادي، إذ بلغ 0.306±0.041 مايكروغرام/غم، وأعلى تراكم في عضلات سمكة الكارب الاعتيادي 0.232±0.032 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب مقارنة مع تركيز الكادميوم في اكباد وغلاصم وعضلات النوع نفسه من الأسماك المصطادة في منطقة مشيرفة (مجموعة سيطرة)، إذ بلغ على التوالي 0.173±0.010، 0.189±0.0271، 0.182±0.021، 0.163±0.021 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب. وأظهرت النتائج المبينة في الملحق (5) ان التراكم الحيوي للكادميوم في نسج الأنواع الأربعة من أسماك نهر دجلة للمواقع الثلاثة اتبع التسلسل التنازلي الآتي: منطقة البوسيف> وسط المدينة > منطقة مشيرفة.

الجدول (14): معدل تركيز الكادميوم في نسج أربعة أنواع من أسماك نهر دجلة ضمن مدينة الموصل.

النسج / نوع السمكة	تركيز الكادميوم (مايكروغرام/غم من الوزن الرطب) * المعدل ± الخطأ القياسي		
	العضلات	الكبد	الغلاصم**
الكارب الاعتيادي *Cyprinus carpio*	b 0.043±0.205	a 0.045±0.234	a 0.035±0.242
البلعوط الملوكي *Condrostome regium*	a 0.049±0.249	a 0.040±0.223	a 0.042±0.215
الخشني *Liza abu*	a 0.047±0.232	a 0.038±0.198	a 0.060±0.251
الكراسيس *Carassius carassius*	b 0.012±0.176	a 0.019±0.239	a 0.051±0.219

* المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

**الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة عمودياً تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P\leq0.05$) والعكس صحيح بحسب اختبار دنكن.

أظهرت النتائج في الجدول (14) أعلى تراكماً حيوياً للكادميوم في عضلات سمكة البلعوط الملوكي بمعدل تركيز 0.249±0.049 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب مقارنة مع سمكة سمكة الخشني والكارب الاعتيادي وأخيراً في عضلات سمكة الكراسيس، إذ اتبع التسلسل التنازلي الآتي: عضلات سمكة البلعوط الملوكي>الخشني > الكارب الاعتيادي > الكراسيس. في حين أظهر أعلى تراكماً للكادميوم في كبد سمكة الكراسيس 0.019±0.239 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب ثم كبد سمكة الكارب الاعتيادي 0.045±0.234 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب مقارنة مع سمكة البلعوط الملوكي والخشني إذ اتبع التسلسل التنازلي الآتي: كبد سمكة الكراسيس> الكارب الاعتيادي> البلعوط الملوكي> الخشني. كما أظهرت النتائج أن أعلى تراكماً للكادميوم في غلاصم سمكة الخشني 0.060±0.251 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب مقارنة مع سمكة الكارب الاعتيادي والكراسيس، وأقل تركيز ظهر في غلاصم البلعوط الملوكي، إذ اتبع تراكم الكادميوم التسلسل التنازلي الآتي: غلاصم سمكة الخشني> الكارب الاعتيادي> الكراسيس> البلعوط الملوكي.

الرصاص

أظهرت النتائج في الجدول (15) معدل تركيز الرصاص في نسج العضلات، الكبد والغلاصم في كل من سمكة الكارب الاعتيادي *Cyprinus carpio* البلعوط الملوكي *Condrostoma regium* والخشني *Liza abu* وسمكة الكراسيس *Carassius carassius*، التي تم جمعها من ثلاثة مواقع منطقة مشيرفة، وسط المدينة ومنطقة البوسيف في نهر دجلة ضمن مدينة الموصل. إذ لوحظ ارتفاعٌ معنوي عند مستوى احتمالية ($P\leq0.05$) في تركيز الرصاص في كل من العضلات، الكبد والغلاصم في كل من سمكة الكارب الاعتيادي، البلعوط الملوكي، الخشني والكراسيس عند مسار النهر باتجاه منطقة البوسيف مقارنة مع تركيز الرصاص في نسج واعضاء نوع الأسماك نفسها عند منطقة مشيرفة (مجموعة السيطرة)، فالتراكم الحيوي للرصاص في نسج الأنواع الأربعة من أسماك نهر دجلة للمواقع الثلاثة اتبع التسلسل التنازلي الآتي: البوسيف> وسط المدينة> مشيرفة. ويتضح من الجدول (18) ان تراكم الرصاص في سمكة الكارب الاعتيادي، والبلعوط الملوكي، والخشني والكراسيس في نهر دجلة يتركز في الكبد اكثر مما في الغلاصم والعضلات. إذ بلغ أعلى ارتفاع معنوي $P\leq0.05$ للرصاص في كبد سمكة الكارب الاعتيادي، والبلعوط الملوكي، والخشني والكراسيس المجمعة من منطقة البوسيف 12.590 ± 1.437، 12.130 ±1.644، 12.049 ±1.728، 10.738±1.484 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب على التوالي مقارنة مع أكباد الأسماك المجمعة من منطقة مشيرفة التي عدت مجموعة سيطرة 6.220 ± 1.243، 6.198 ± 1.341، 6.580±1.640، 4.607±0.911 مايكروغرام/غم على التوالي. إن تراكم الرصاص في أعضاء ونسج الأنواع المختلفة في أسماك نهر دجلة متباين وبصورة عامة اتبع تركيزه التسلسل التنازلي الآتي: الكبد > الغلاصم > العضلات. كما ظهر تراكمه في عضلات سمكة البلعوط الملوكي> الخشني > الكارب الاعتيادي >الكراسيس، اما تراكمه في الغلاصم فقد اتبع التسلسل التنازلي الآتي: سمكة الكارب الاعتيادي> الخشني> الكراسيس> البلعوط الملوكي.

تبين النتائج في الجدول (15) أن هناك ارتفاعاً معنوياً عند مستوى احتمالية $P\leq0.05$ في تركيز الرصاص في نسج كل من العضلات والكبد، أما الغلاصم فعدم وجود فرق معنوي لأنواع الأسماك الأربعة المدروسة

المأخوذة من نهر دجلة ضمن مدينة الموصل. وأظهرت النتائج أن أعلى تركيز للرصاص كان في كبد سمكة الكراسيس بمعدل تركيز 9.635±1.796 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب مقارنة مع كبد سمكة الكارب الاعتيادي والبلعوط الملوكي والخشني. أما بالنسبة للغلاصم فقد أظهرت أعلى تركيز في سمكة الكارب الاعتيادي 8.780±4.010 مايكروغرام/غم من الوزن الرطب، مقارنة مع غلاصم سمكة الخشني والكراسيس والبلعوط الملوكي. وفي العضلات فقد أظهرت أعلى تراكماً في سمكة البلعوط الملوكي مقارنة مع عضلات سمكة الخشني والكارب الاعتيادي والكراسيس.

الجدول (15): معدل تركيز الرصاص في نسج أربعة أنواع من أسماك نهر دجلة ضمن مدينة الموصل.

النسج / نوع السمكة	تركيز الرصاص (مايكروغرام/غم من الوزن الرطب) *المعدل ± الخطأ القياسي		
	العضلات	الكبد	الغلاصم**
الكارب الاعتيادي *Cyprinus carpio*	b 0.823±6.990	a 1.829±9.175	a 4.010±8.780
البلعوط الملوكي *Condrostome regium*	a 1.829±9.670	a 1.790±8.940	a 0.081±6.810
الخشني *Liza abu*	a 1.770±9.310	b 1.750±7.109	a 2.010±7.650
الكراسيس *Carassius carassius*	b 1.640±6.320	a 1.796±9.635	a 1.570±7.390

*المعدل ± الخطأ القياسي لثلاثة مكررات.

**الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة عمودياً تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P\leq 0.05$) والعكس صحيح بحسب اختبار دنكن.

أوضحت نتائج الدراسة الحالية أن تراكيز العناصر الثقيلة الأربعة كانت تتغير بتغير نوع النسيج ونوع السمكة. لوحظ من النتائج التي حُصلَ عليها أن تراكم الخارصين والنحاس أعلى من الكادميوم والرصاص في نسج الأسماك الأربعة المدروسة، ويعود السبب في ذلك إلى أن بعض العناصر الثقيلة ثنائية التكافؤ كالخارصين والنحاس تمتلك القدرة على اجتياز الخلايا الطلائية لنسج الغلاصم ، إذ تنتقل هذه العناصر عبر الدم مرتبطة بالعديد من البروتينات مثل البومين Albumin والميتالوثايونين Metalothionin (MT) لتصل إلى أنسجة الجسم المختلفة، وقد لوحظ أن مقدار ما يمتص من هذه العناصر يعتمد بشكل مباشر على تركيز هذه المواد في

المياه وزمن التعرض، إذ يزداد مع زيادة كل منها. لقد أعزى ارتفاع معدلات العناصر الثقيلة المتراكمة في نسج الغلاصم إلى سبب ما تمتلكه هذه النسج من الطبيعة الوظيفية التي تمكنه من التنظيم الأيوني والازموزي، مما يعطي لخلايا النسج قدرة الامتصاص للعناصر الذائبة في المياه. لذا تعد الغلاصم أكثر المناطق نفوذاً للجسم وهي الأعضاء الاكثر تأثراً (Ortize *et al*., 2003). كما أن دخول العناصر الثقيلة من خلالها لها تأثيرات مضرة وتالفة للغلاصم (Bols *et al*., 2001). اما الكبد ولقابليته الكبيرة في تراكم المعادن الثقيلة داخل نسيجه، الذي ينسب لموقعه المميز داخل نظام الدورة الدموية (Adefemi *et al*., 2008) ، مما يمكنه من استقبال معظم العناصر الممتصة والمنتقلة عن طريق الدم، كما وجد أن للكبد دوراً مهماً في تكوين بروتينات الميتالوثايونين والمهمة في ربط هذه العناصر معها تمهيداً لنقلها إلى أماكن طرحها خارج الجسم. وقد اشار Ikem وآخرون (2003)، إلى أن سبب التراكيز العالية للعناصر الثقيلة قد يكون ارتباطها الوثيق ببروتين الميتالوثايونين.

أما العضلات فقد أظهرت أقل تراكماً للعناصر الثقيلة من باقي الأعضاء وقد يكون السبب هو قلة ارتباط العناصر الثقيلة ببروتينات العضلات (Canli *et al*., 1998). في حين أشار Agah واخرون (2007) إلى أن قلة تراكم العناصر الثقيلة في العضلات يعود إلى قلة كمية الدهون الموجودة في العضلات مقارنة مع باقي أجزاء الجسم، والسبب في ذلك يرجع إلى نوع التغذية أو تركيز العناصر في البيئة المائية.

وأن مستويات العناصر الثقيلة في العضلات ليس بالضرورة أن تمثل مستوياتها في الكائن بأكمله أو محيطه المائي، إذ أن تراكيز العناصر في مختلف النسج هو متباين، ويعود إلى الاختلافات في تركيزه أو اختلافات في كيميائية الماء الحاوي عليه، وعلى الأسماك المدروسة كما أن أيض الأسماك وتغذيتها يعدان سببا في ذلك أيضاً (Rauf *et al*., 2009)، وهذا لا ينفي كون الأسماك تحصل على العناصر الثقيلة من الماء، إذ إنه يعد المصدر الرئيس لوجوده في الاعضاء جميعها وتساعده في ذلك زيادة تركيز العناصر المدروسة في الأعضاء لبعض الفصول، وخاصة فصل الصيف كنتيجة لزيادة تبخر الماء تاركة أملاح العناصر الثقيلة المتنوعة ليزداد

تركيزها في الماء، الذي يظهر تأثيره عبر ارتفاع تراكمها في الأسماك كنتيجة لارتفاع تركيز العنصر الثقيل المأخوذ من المياه.

تبرز خطورة النحاس عند وجود مستويات أعلى من الحدود الطبيعية في البيئة المائية مسببة تأثيرات واضحة في الأسماك نتيجة لتدني نشاط التغذية وضعف في النمو، وإعاقة الثبات الفسلجي واختزال التنظيم الازموزي من خلال تثبيط فعالية أنزيم صوديوم– بوتاسيوم ادينوسين ثلاثي الفوسفاتيز Na^{+}- K^{+}- ATPase، مما يجعل الأسماك أكثر عرضة للإصابة بالأمراض، وترتفع سمية النحاس عند وجوده مع العناصر الأخرى كالخارصين والكادميوم. إن لهذا العنصر أهمية كبيرة عند تواجده بمستويات واطئة وملائمة للأحياء المائية، إذ يعتقد أن له أدواراً أنزيميةً غير محددة بشكل دقيق (Cypriac *et al*., 1989).

اما الخارصين فهو أحد العناصر التي يحتاجها الكائن الحي لوظائفه الفسلجية منها المناعة وازالة السمية والنمو والتكاثر. فضلاً عن انه يدخل في تركيب عدد من البروتينات وعاملاً مساعداً لعدد من الأنزيمات ويعد هذا العنصر من العناصر الطبيعية في البيئة المائية الا أن زيادة طرحه نتيجة للنشاطات البشرية تعد من الملوثات البيئية.

أشار Jakim وآخرون (1973) إلى أن عنصر الكادميوم يسبب زيادة كثافة الطبقة المخاطية للغلاصم مؤدياً إلى نقص أوكسجين الأنسجة Hypoxia، وتغير في التوازن الملحي وإفراز الفضلات الناتجة، كذلك يؤثر في فعالية أنزيمات الكبد مؤدياً إلى تحورها أو تثبيطها، كما أظهرت الدراسات الحديثة خطورة عنصر الكادميوم من خلال تلفه للبيئة الخلوية للكائنات الحية وخاصة المايتوكوندريا والغلاف النووي، فضلاً عن أن هذا العنصر يكون ساماً للأحياء المائية وبمختلف التراكيز.

إن التنوع في تراكيز العناصر الثقيلة داخل جسم الأسماك هو نتيجة التباين بين عضو وآخر وقدرة أي نسيج أو عضو لتراكم عنصر ما يمكن ملاحظتها من تركيز العنصر المتراكم فيه، وربما يعود سبب التراكيز المتفاوتة للعناصر الثقيلة إلى العديد من العوامل منها عمليات الأيض في الأسماك ودرجة تلوث الماء والرواسب والغذاء المتوافر لها فضلاً عن عوامل أخرى منها الملوحة ودرجة الحرارة (Karak, *et al*., 2010). إذ كانت الأعضاء

في هذه الدراسة تتبع التسلسل التنازلي الاتي في قابليتها على تراكم العناصر المدروسة وهي الكبد> الغلاصم> العضلات ما عدا عنصر الكادميوم الذي أظهر تراكماً بالتسلسل التنازلي الآتي: الغلاصم> الكبد> العضلات. إن ارتفاع تركيز العناصر الثقيلة في البيئة المائية وبالتالي الأحياء المائية ولاسيما الأسماك يأتي من الأنشطة الصناعية والبشرية، فضلاً عن وجود بعض مصارف الصرف الصحي التي تصب في النهر بدون معالجة، وكذلك وجود بعض الصناعات الخفيفة في المنطقة التي تقذف بعض نواتجها في النهر بدون معالجة. وأن أهم مصادر التلوث بالعناصر الثقيلة هي مصانع البطاريات والأنابيب المغلونة المستخدمة في نقل مياه الشرب. وكنتيجة لإلقاء بعض المخلفات الصناعية، وتعد السيارات من المصادر المهمة للتلوث بالرصاص في العراق (Mohammed, 2003)، لأنه يضاف إلى الكازولين بشكل رابع أثيل الرصاص لتحسين استعماله وتحويل الرصاص إلى أوكسيد الرصاص الذي يطلق إلى البيئة. كما أظهرت نتائج هذه الدراسة ارتفاعاً ملحوظاً في الخارصين، النحاس والرصاص مقارنة بالكادميوم واختلافات قليلة حسب نوع النسج أو العضو ونوع النهر ونوع الأسماك، وربما يعود إلى قابلية تراكم هذه العناصر في تلك النسج، أو ربما يعود إلى تشابه مصادر التلوث بالعناصر الثقيلة كالفضلات البشرية والصناعية والأسمدة والمبيدات. كما أن لتنوع أنماط التغذية في الأسماك دوراً كبيراً في زيادة تركيز العناصر في العضلات وأجزاء الجسم الأخرى. كما يشير تراكم العناصر الثقيلة في الكبد والكلية إلى تعرض الأسماك إلى التلوث في فترات سابقة، في حين تراكمها في العضلات يشير إلى التعرض المستمر للملوثات وبفترات زمنية حديثة بفعل زيادة الأيض في هذه الأعضاء.

كما أظهرت الدراسة الحالية وجود تغيرات فصلية وموقعية واضحة في تركيز العناصر الثقيلة نتيجة لتأثير الأسماك بالبيئة المائية المحيطة بها وتبعاً للتغير الحاصل في تركيز العناصر في المياه والرواسب التي تتأثر بدورها بالملوثات الصادرة من مصادر التلوث المختلفة.

الاستنتاجات

من خلال الدراسة التي أجريت على مياه نهر دجلة في مدينة الموصل تم التوصل الى الاستنتاجات الآتية:

1. أمكن التحقق من خلال نتائج هذه الدراسة من أن منظومة نهر دجلة تمثل بيئة صالحة لمعيشة الأسماك، إذ بلغ مدى محتوى النهر من الأوكسجين المذاب حداً مقبولاً للحياة المائية (7.971 ملغم /لتر)، وامتلاك هذا النهر لنسبة إشباع تجاوزت 80–84 %. أضف الى ذلك فإن درجة حرارة المياه وبرودتها النسبية وحصول تيارات المزج كانت من العوامل التي ساعدت في تحقيق هذه البيئة.
2. تندرج مياه نهر دجلة في منطقة الدراسة ضمن فئة المياه النظيفة نسبياً بقدر تعلق الأمر بالمتطلب الكيميائي الحيوي للأوكسجين، إذ لم يتجاوز تركيز BOD5 في معظم مواقع الدراسة وعلى مدار سنة الدراسة عن 2.2 ملغم/ لتر .
3. وجدت تراكيز الخصائص النوعية المدروسة طوال مدة الدراسة ضمن المحددات البيئية المحلية والعالمية مع بعض الاستثناءات القليلة. فقد كان متوسط تركيز العناصر والمركبات لكل من الدالة الحامضية والتوصيل الكهربائي والعكورة، مساوية لـ 7.381 و436.115 مايكروسيمنز/سم و5.915 (NTU) على التوالي.
4. وجدت الخصائص الفيزيائية والكيميائية جميعها مرتفعة في المناطق القريبة من المصبات، ثم تعاود الانخفاض بسبب التنقية الذاتية والخلط المستمر والتهوية الجيدة فضلاً عن عاملي التخفيف والانتشار.
5. تقع أغلب قيم الخصائص الفيزيائية والكيميائية ضمن الحدود الطبيعية وتتطابق مع المواصفات القياسية العراقية وطبقاً لنظام صيانة الانهار العراقية لعام 1967.
6. اتبعت تراكيز العناصر الثقيلة في مياه النهر التسلسل التنازلي الآتي: الخارصين> النحاس> الرصاص> الكادميوم. وأن تركيز الخارصين والنحاس والرصاص في مياه ورواسب ومستخلص نسج الأسماك المحلية أكثر من الكادميوم.

7. إن تركيز العناصر الثقيلة في الرواسب أكثر مما في مياه نهر دجلة مما يكسب هذه الرواسب أهمية بيئيةً؛ لأنها المآل الأخير للملوثات في البيئة المائية، ومنها تدخل الملوثات السلسلة الغذائية وبذلك تشكل خطراً على البيئة والإنسان. ومع ذلك تبقى تراكيز العناصر الثقيلة في الرواسب دون المحددات المحلية والعالمية.

8. ان معدل تركيز الخارصين والنحاس والرصاص في مستخلص نسج الأسماك المدروسة اتبع التسلسل التنازلي الآتي: الكبد> الغلاصم> العضلات باستثناء الكادميوم اذ اتبع التسلسل التنازلي الآتي: الغلاصم> الكبد> العضلات، وقد يعود السبب في ذلك إلى وجود العناصر الثقيلة في المياه بصورة حرة مما يسهل أخذها من المياه بسهولة.

9. وجد ان تراكم العناصر الثقيلة في مستخلص نسج الاسماك المجمعة وفق المواقع المدروسة يتبع التسلسل التنازلي الآتي: منطقة البوسيف < وسط المدينة < منطقة مشيرفة، ويعود السبب في ذلك الى قابلية الاسماك على التراكم الحيوي للعناصر الثقيلة في نسجها، وتأثير مطروحات المصبات في مياه نهر دجلة على الرغم من أن مياه النهر عملت على تخفيفها إلا أنها ظهرت في نسج الاسماك نتيجة لميلها للتراكم داخلها.

10. أن النسيج الهدف لتراكم المعادن الثقيلة هو العضو الاكثر نشاطا في عمليات الايض كالكبد والكلية والخياشيم، بينما النسيج العضلي يعد أقلها من حيث نشاط العمليات الايضية وارتباط المعادن الثقيلة مع البروتينات و الانزيمات والاحماض الامينية. ان استهلاك العضلات يعد أمنا وصالحا للانسان كمصدر غذائي مقارنة بباقي الاعضاء وخاصة ان هذا العضو له ميل قليل لتراكم العناصر الثقيلة فيه .

التوصيات

1. استمرار المراقبة النوعية لمياه نهر دجلة، والحفاظ على جودتها ونظافتها مسؤولية الجميع ويجب اتخاذ الاحتياطات كافة التي تمنع حصول التلوث في النهر وحمايته من مصادر التلوث كافة. والتنسيق مع إدارة سد الموصل بإطلاق التصاريف الكافية لتحقيق متطلبات الحفاظ على النوعية الجيدة.

2. تجهيز مدينة الموصل والأقضية والنواحي والقرى التابعة لها وبشكل خاص تلك الواقعة شمال المدينة، بمنظومات مجاري لجمع مياه الفضلات، وإنشاء محطات معالجة لهذه المياه قبل طرحها في نهر دجلة.
3. المعالجة عند المصدر أو المعالجة المركزية لمياه الفضلات وبشكل كفوء يجيز طرحها الى النهر بعد مطابقتها للشروط البيئية العراقية، وإلزام الصناعات والأنشطة التجارية الكبيرة بضرورة معالجة مطروحاتها في موقع الإنتاج قبيل طرحها إلى النهر.
4. ممارسة الصيد في المواقع المقرّة في هذه الدراسة لضمان انعدام الخطورة المتوقعة جراء الملوثات المختلفة.
5. إجراء المزيد من الدراسات المستقبلية والحقلية على الاحياء المائية الموجودة في مياه نهر دجلة ضمن مدينة الموصل بوصفها أدلة حيوية على تلوث مياه نهر دجلة مع الاستمرار بإجراء الدراسات الحقلية الدوريّة على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والثقيلة لمياه نهر دجلة، للوقوف على حالة النهر واتخاذ الاجراءات المناسبة للحد من تردي نوعيته ومنع حدوث الأزمات المائية مستقبلاً.

المصادر العربية

سلمان، جاسم محمد وحسن، فكرت مجيد وصالح، ميسون مهدي (2007). تراكيز تسعة عناصر ثقيلة في عضلات أسماك الحمري (Heckel) *Barbus Luteuse*، والشلك (Heckel)*Aspiu svarax*، والشبوط (Heckel)*Barbus grybus*، والكارب الفضي *Hypophthalmicthyes molotrix*pichardson المجمعة من نهر الفرات. مجلة ابحاث البيئة والتنمية المستدامة، 10 (1)، 5-19.

الدهيمي، مي حميد مجيد (2010). دراسة بعض العناصر الثقيلة في أسماك الكارب الشائع *Cyprinus carpio* المجمعة من نهر الفرات. مجلة الفرات للعلوم الزراعية، 2(2)، 110-119.

الطائي، أمان عادل (2012). دراسة بعض الملوثات الكيميائية والعناصر الثقيلة المطروحة في نهر دجلة ضمن مدينة الموصل وتأثيراتها البيئية. رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة الموصل، العراق

عباوي، سعاد عبد وحسن، محمد سليمان (1990). الهندسة العملية للبيئة- فحوصات الماء. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي - جامعة الموصل، العراق، ص 32- 113.

المصادر الأجنبية

Adefemi, S.O.; Asaolu, S.S. and Olaofe, O. (2008). Determination of heavy metals in Tilapia mossambicuis fish, Associated water and sediment from Ureje Dam in South- western Nigeria. Res. J. Envron. Sci. 2(2), 151-155.

Agah, H.; Leermakers, M.; Elskens, M.; Fatemi, M.R. and Baeyens, W. (2007). Total mercury and methyl mercury concentrations in fish from the Persian Gulf and the Caspian Sea. Water, Air and Soil Pollution, 181, 95-105.

Al- Rawi S.M (2005). Contribution of man- made activities to the pollution of the Tigris within Mosul city, Int. J. Envir. Res. Public. Healthe, U.S.A, **2**(2): 245- 250.

APHA (American Puplic Health Association), (1998). Standard Methods for the examination of water and waste water, U.S.A: 594- 610.

Behra, R.; Landwer hrjohann, R.; Vogel, K.and Wagner, B. (2002). Copper and Zinc content of periphyton from two rivers as a function of dissolved metal concentration. Aquat. Sci., 64, 300-306.

Blackmore, G. (2000). Field evidence of metal transfer from invertabrate prey to an intertidal predabor, this clagera *Gastropoda muricidae*. Eustrian, Coastal and Shelf Science, 51, 127-139.

Bols, N.C.; Brubacher, J.L.; Ganassin, R.C. and Lee L.E.S. (2001). Ecotoxicology and innate immunity in fish. Dev. Comp. lmmunol. 25(8),853-873.

Bryan, G.W. (1976). Some aspects of heavy metals tolerance in aquatic organisms in effects of pollutants on aquatic organsims, 7-34. ed. by Lockwood A.P.M., Cambridge University press.

Canli, M.; Ay, O., and Kalay, M. (1998). Levels of heavy metals (Cd,Pb,Cu,Cr and Ni) in tissue of *Cyprinus carpio , Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from the Seyhan river. Turk. J. Zool., 22(3), 149-157.

Chapman, D. E. (1992). Water Quality Assessment, Paris, Chapman and Hall Ltd. U.S.A, 1995 p.

Cypriac, P. J.; Antony, A. and nambisan, P. N. K. (1989). Heamoglobin and hematocrit values in the fish *Oreochromis mosambicus* (Peter) after short term exposure to copper and mercury. Bull. Environ. Contam. Toxical., 43, 315- 320.

Edgren, M. (1978). Heavy metals in sediments of lake Malaren and Baltic. Statens Naturvards Verket (SNV) PM, 1018.

Farag, A. M; Nimick; O. A; Kimball, B. A.; Church, S. E., Harper, D. D. and Brumbaugh, W. G. (2007). Concentration of metals in water, sediment, biofilm, benthic micro invertebrates and fish in the Boulder river watershed, Montana and role of colloids in the metal uptake. Arch Environ. Contam. Toxicol.

Gesamp, (1993) IMO/ FAO/ UNESCO/ WHO, Joint Group Experts on the Scientific Aspect of Marine Pollution (GESAMP) impact of oil and related chemical and wastes on the marine environment reports and studies. 50, IMO/ London. 180 p.

Hatje, V.; Apte, S. C.; Hales, L. T. and Birch, G. F. (2003). Dissolved trace metal distributions in port Jackson estuary (Sydney harbour), Australia. Mar. Pollut. Bull. 46(6), 719-730.

Ikem, A.; Egiebor, N. O. and Nyavor, K. (2003). Trace elements in water, fish and sediment from Tuskege lake, south eastern USA, Water Air Soil. Pollut., 149, 51- 75

Jakim, E. (1973). Influence of lead and other metals on fish. *Aminoleva linate* dehydrass activity. J. fish Res. Bd. Can., 30 (4), 216-225.

Karak, J.; Anaser, O. and Thanaa S. (2010). Accumulation of some heavy metals in Himr (*Barbu sluteus*) and common Carp (*Cyprinus carpio*) fish in Euphraters river - Syria, J. Animal and poultry prod., Mansoura univ., 1 (12), 669-675.

Kaviraj, A. and Konar, S. K. (1982). Acute toxicity of mercury, chromium and cadmium to fish, plankton and worm. Giobios, 9, 97- 100.

Mohammed, S. F, (2003). Ecological studies on some air pollutions impact human health, *Nerium oleander* L. and *Phragmites austrlis* L. plants within Hawler City. M. Sc. Thesis, University of Salahaddin, Iraq.

NHVRAP (New Hampshire Volunteer River Assessment Program), (2011). Interpreting VRAP Water Quality Monitoring Parameters Chemical parameters, UK.

Obasohan , E.E. (2007) . Heavy metals concentrations in the offal, gill,muscle and liver of a freshwater mudfish *Parachanna obscura* from Ogba river , Benin city , Nigeria. African Journal of Biotechnology., 6 (22), 2620-2627.

Olaifa, F.G.; Olaifa, A.K. and Onwude, T.E., (2004). Lethal and sublethal effects of copper to the African cat fish *Clarias gariepnus*. Afr. J. Biomed. Res., 7, 65-70.

Ortize, J. B.; Gonzalez, D. E.; Canales, M. L. and Sarasqute, C. (2003). Histopathological changes induced by Lindane in various organs of fish. Sci. Mar., 67(1), 53-61.

Otchere,F.A.(2003). Heavy metals concentration and burden in the bivalres [Anadara (Senilia) Senilis, Crassotrea tulipa and pernapema] form lagoons in Ghana: model to describe mechanism of accumulation exeretion. African Journal of Biotechnology, 2(9), 280-287.

Papagiannis, I.; Kagalou, I.; Leonardos, J; Petridis, D. and Kalfakakaou, V. (2004). Copper and zinc, in four fresh water fish species from lake Pamvotis (Greece). Environ. Intern., 30, 357-362.

Rasheed, R. O. (2012). Assessment of some heavy metals in Muscle Tissue of *silurustrio stegus* from Derbendikhan Reservoir Kurdistan Region - Iraq. Al-Raffidain J., 23 (1), 11-18.

Rauf, A.; Javed, M. and Ubaidullah, M. (2009). Heavy metal levels in three major carps *Catla catla, Labeo rohita* and *Cirrhina mrigala* from the river Ravi, Pakistan. Vet. J., 29(1), 24-26.

Sawyer, C.M. and McCarty,P.L. (1978). Chemistry for Environmental engineering, 3rd ed. McGraw Hill Book Company United States of American and Health Organization, 532p.

Sharon, B. (1997). Testing the Waters: Chemical and Physical Vital Signs of a River. Montpelier, VT: River Watch Network, 1997. ISBN-0-782-3492-3 India.

Tietz, N. W. (1995). "Clinical Guide to Laboratory Test". 3rd ed. Philadelphia; W. B. Saunders, U.S.A.

Viggori, S. and Hellat, K. (2003). Oxygen dissolved process in waste water treatment. Institute of physical chemistry, University of Tarta Jakobi 2, Tarta, E 2400, Estonia, 1p.

Water watch, (1997). "Water Quality Parameters and Indicators Phosphorus", Namoi Catchment Management Authority, Australian Government 1-6 pp.

Weiner, E.R (2000). Application of Environmental Chemistry, Lewis Publishers, London, New York, 99P.

WHO, (2003). Guidelines for drinking water quality, 3rd ed. 40p.