

Assessment of water quality using the Canadian index CWQI - Case study of the Orontes River in Hama Governorate – Syria

Ammar Mahmoud AlFattamah

Houssam Shafeek Sabbouh

Raed Salman Jafar

Faculty of Civil Engineering || Tishreen University || Syria

Abstract: The aim of the study is to address the issues and associated health risks due to consumption of high pollution parameters in parts of the Orontes River basin, Hama governorate, Syria using the Canadian Water Quality index (CWQI), as an appropriate tool in classifying and studying the impact of spatial and seasonal changes on pollution loads.

In this study, 9 parameters (pH, BOD₅, NH₄⁺, CL⁻, PO₄⁻, Na⁺, Total Hardness, Turbidity, Conductivity) Were taken from 9 stations along the river, One-Way ANOVA and Pearson correlation coefficient were applied separately for all parameters, and a Value of $\rho < 0.05$ were observed when Applying One-Way ANOVA test on all parameters and for spatial and seasonal changes.

The CWQI formula was used to calculate a final index value for different spatial and seasonal changes. Water quality in 8 Locations (Al-Rastan Dam Exit, Ghor Al-Asi, Al-Ghashalah Bridge, Al-Rabaa Nowair Bridge, Al-Daheriya Bridge, Arzah Bridge, Khattab Bridge, Mahradeh Dam Lake) ranges between (33-36) and classified as poor according to the Canadian Water Quality Index, in Whereas, the value of water quality index in location (Jisr Al-Jinan) was (57), and classified as marginal. Regarding the seasonal changes: CWQI water quality index values ranged between (33-34) and classified as poor in all seasons of the year (spring, summer, autumn, winter) and therefore the water of the Orontes River in Hama Governorate was poor for drinking water, according to all classifications used in this research.

Keywords: Water quality, seasonal changes, spatial changes, water pollution, Orontes River.

تقييم جودة المياه باستخدام الموديل الكندي CWQI -دراسة حالة نهر العاصي في محافظة حماة – سوريا

عمار محمود الفطّامه

حسام شفيق صبّوح

رائد سلمان جعفر

كلية الهندسة المدنيّة || جامعة تشرين || سوريا

المستخلص: الهدف من الدراسة هو معالجة القضايا والمخاطر الصحية المرتبطة نتيجة استهلاك عوامل التلوث العالية الموجودة في حوض مياه نهر العاصي، محافظة حماة، سوريا باستخدام موديل جودة المياه الكندي CWQI، كأداة مناسبة في تصنيف ودراسة تأثير التغيرات المكانية والموسمية المختلفة على أحمال التلوث. في هذا البحث تم دراسة 9 مؤشرات (pH, BOD₅, NH₄⁺, CL⁻, PO₄⁻, Na⁺, Total Hardness, Turbidity, Conductivity) في 9 مواقع مختلفة من حوض نهر العاصي في محافظة حماة

وتطبيق تحليل One-Way ANOVA ومعامل الارتباط بيرسون على جميع المؤشرات. حيث كانت قيمة $p < 0.05$ عند تطبيق تحليل ANOVA في جميع المؤشرات وعند تغير المواقع والفصول على مدار السنة. تم استخدام معادلة الموديل CWQI لحساب قيمة المؤشر النهائية للتغيرات المكانية والموسمية المختلفة. كانت جودة المياه في 8 مواقع (مخرج سد الرستن، غور العاصي، جسر الغسلات، جسر الأربع نواعير، جسر الضاهرية، جسر أرزة، جسر خطاب، بحيرة سد محرده) تتراوح بين (33-36) وتصنف على أنها "فقيرة" حسب دلائل تصنيف موديل جودة المياه الكندي، في حين كانت قيمة مؤشر موديل جودة المياه في موقع (جسر الجنان) (57) وتصنف على أنها "هامشية". بالنسبة للتغيرات الموسمية: كانت قيم موديل جودة المياه CWQI تتراوح بين (33-34) وهي تقع ضمن تصنيف المياه "الفقيرة" وفقاً للموديل الكندي في جميع فصول السنة (ربيع، صيف، خريف، شتاء) وبالتالي مياه نهر العاصي في محافظة حماة هي غير صالحة للاستخدام البشري كميها شرب وذلك عند جميع التصنيفات المستخدمة في هذا البحث.

الكلمات المفتاحية: جودة المياه، التغيرات الزمانية، التغيرات المكانية، تلوث المياه، نهر العاصي.

المقدمة.

الموارد المائية هي من أساسيات التنمية المستدامة في عدة مناطق من العالم. ولا يعدّ توافر المياه كمياً ونوعاً المورد الأساسي للتنمية الزراعية والصناعية والسياحية وحسب، بل أيضاً للحياة اليومية في المدن والقرى. ولقد أدى التزايد السكاني والنمو الاقتصادي إلى تزايد الطلب على المياه هذا من جهة. ومن جهة أخرى إلى زيادة في التلوث الذي يمكنه أن يهدد جميع الموارد المائية وتنميتها المستدامة، كما هو الحال في نهر العاصي في سوريا الذي تبلغ مساحة حوضه الهيدرولوجية 21624 Km^2 وهي تمثل 17% من مساحة سوريا، ويبلغ طول النهر ضمن الأراضي السورية 366 Km . ويشغل نهر العاصي مكاناً بارزاً في الاقتصاد السوري، ويبلغ الوارد المائي السطحي 1110 مليون m^3 ، والوارد الجوفي 1607 مليون m^3 ، أي بإجمالي قدره 2717 مليون m^3 ، وهذا يشكل 18% من واردات سوريا المائية التي تقدم 24% من منتجات البلاد الزراعية و 18% من الواردات الصناعية (Simões et al., 2008).

مع تنامي وتيرة الحديث عن احتمال تعرّض مناطق ودول العالم خلال السنوات المقبلة لما يعرف بالفقر المائي، أصبحت الحاجة ملحة إلى الاهتمام بوضع خطط وطنية لتصنيف نوعية المياه خاصة مسطحات المياه العذبة نظراً لدورها الهام في التوازن البيئي (Said et al., 2004). حيث تقوم المؤسسات والهيئات المهتمة بجودة المصادر المائية بتصميم وإدارة مشاريع وبرامج لمراقبة جودة المياه، ومهمة هذه البرامج دراسة وتعيين بارامترات الجودة أو بعضها عن طريق القياسات الحقلية أو بواسطة القياسات المخبرية عبر جمع العينات وتحليلها ومن ثمّ تحليل النتائج وتقييمها وإصدار التقارير النهائية التي تساعد في اتخاذ الإجراءات اللازمة لضمان سلامة المياه، ومن الأفضل لو توحدت تقنيات التصنيف تلك في مؤشر تصنيف شامل (Studies et al., 2013). ففي عام 2004 قام عدد من الباحثين في الولايات المتحدة الأمريكية بوصف مؤشرات لجودة المياه (Yisa & Tijani Oladejo, 2010) موجودة منذ عام 1972 عندما أصدر قانون الماء النظيف الذي اشترط وجود هيئة تشريعية لتحديد معايير لجودة المياه، وكذلك تحديد الحمولة اليومية الأعظمية للملوثات التي يستطيع المصدر المائي أن يتلقاها ويبقى ملائماً للمعايير النظامية (Ewaid & Abed, 2017).

تم إيجاد موديل جودة المياه الكندي في عام 1995 بناءً على مؤشر جودة المياه الصادر عن جامعة كولومبيا البريطانية. تتمثل ميزة هذا الموديل في استخدام العديد من متغيرات الجودة، يتم حساب موديل جودة المياه الكندي (CWQI) باستخدام طريقة مؤشر البيئة لمجلس الوزراء الكندي الموضحة في فقرة لاحقة من هذا البحث.

مشكلة الدراسة:

تكمن مشكلة البحث من خلال عدم وجود معرفة وتقييم مسبق لنوعية مياه نهر العاصي ومستوى جودتها وفقاً للمؤشرات والأسس العالمية وعدم إمكانية استثمار مياه النهر لمختلف الأغراض بدون تقييم جودتها ونوعها.

فرضيات الدراسة:

تفترض الدراسة وجود تغيرات في قيم التدفق على اختلاف فصول السنة وذلك بسبب فتح بوابات سد الرستن في محافظة حمص في فصلي الربيع والصيف.

أهمية الدراسة:

نظراً لأهمية نهر العاصي كمصدر مائي يجب أن يخضع إلى مراقبة كمية ونوعية وذلك للحد ولو بشكل جزئي من خطر التلوث بكافة أشكاله ويتم ذلك من خلال إجراء فحوصات دورية للمياه ومعرفة مدى صلاحيتها لاستخدامها في الري وسقاية المزروعات ومياه الشرب.

يعد نهر العاصي مورد مائي مهم يتم استخدامه كمصدر مائي لمياه الشرب في محافظة حماة بعد دخوله إلى الجمهورية العربية السورية من الأراضي اللبنانية إلى منقطة القصير حيث توجد محطة التنقية الرئيسية لمياه حماة، وفي ري مساحات واسعة من الأراضي الزراعية إلا أنه لم تجر حتى الآن سوى دراسة واحدة فقط للباحثة ضحى يوسف (Studies et al., 2009) وبدون أن يتم تقييم جودة مياه النهر وفق أحد موديلات تقييم جودة المياه العالمية.

منهجية الدراسة.

أ- منهجية التحليل:

اعتمد البحث على استخدام وسطي نتائج تحاليل عينات أخذت من نهر العاصي لمدة 5 اعوام هي (2009 - 2005 - 2006 - 2007 - 2008) على طول المجرى المحدد بتسعة نقاط رصد خاصة بمديرية الموارد المائية في محافظة حماة وممتدة من سد الرستن وحتى سد محرده. تمت دراسة مؤشر جودة المياه من أجل الكشف على جودة المياه للاستهلاك كمياه شرب ومقارنتها مع المواصفات القياسية السورية لاستخدام المياه كمياه صالحة للشرب. تم دراسة تسعة مؤشرات من أجل تحديد جودة المياه من أجل الاستهلاك البشري كمياه شرب وهي: (pH , BOD_5 , NH_4^+ , CL^- , PO_4^- , Na^+ ,) (Total Hardness, Turbidity, Conductivity).

ب- مصادر البيانات:

تم جمع البيانات من النتائج الخاصة بمديرية الموارد المائية في محافظة حماة على مدة 5 أعوام هي (2009 - 2005 - 2006 - 2007 - 2008) ميلادي.

ج- حدود الدراسة:

تم اختيار 9 مواقع محددة من قبل مديرية الموارد المائية في محافظة حماة والتي تمتد على طول 125 كم من مخرج سد الرستن وحتى سد محرده وهي (مرصد مخرج سد الرستن - غور العاصي - جسر الغسالات - جسر جنان - جسر الأربع نواعير - جسر الضاهرية - جسر أرزة - جسر خطاب - بحير سد محرده) على اعتبار أنها مركز لصبيب

منصرفات مياه الصرف الصحي والصرف الصناعي والموضحة في الشكل /1/. ويوضح الجدول /1/ مواقع الإحداثيات لمواقع الاعتيان التي أخذت منها العينات.

الجدول (1) إحداثيات مواقع الاعتيان على طول المجرى المدروس من النهر

رقم الموقع	اسم الموقع	خط العرض	خط الطول
1	مخرج سد الرستن	3866042	293168
2	غور العاصي	3870147	297435
3	جسر الغسلات	3876603	307349
4	جسر الجنان	3882639	303350
5	جسر الأربع نواعير	3840332	296783
6	جسر الضاهرية	3892740	242670
7	جسر أرزة	3895444	291449
8	جسر خطاب	3844144	288253
9	بحير سد مجرده	3505767	294163



الشكل (1) صورة جوية توضح مواقع المحطات على طول المجرى المدروس من نهر العاصي

هيكلية الدراسة:

المبحث الأول- الإطار النظري والدراسات السابقة

أولاً- الإطار النظري لمؤشرات جودة المياه:

جودة المياه:

تعتبر جودة المياه أداة مفيدة في التحقق من مدى تلوث المياه، وبالتالي تنفيذ التدابير المناسبة للحد من مسألة تلوث مصادر المياه وخاصة بسبب العجز المائي الناتج عن الاستخدام المتزايد للمياه سواء لقطاع الزراعة أو الصناعة أو للاستخدام العام.

يتم تحديد جودة المياه من خلال مقارنة العوامل الفيزيائية والكيميائية والبكتيرية لعينات المياه المقطوفة مع الحدود المسموحة والمعتمدة. تستند هذه الحدود الموجودة في الدليل المعتمد إلى مستويات تلوث مسموحة تتعلق بدرجة السمية على صحة الانسان أو على الحياة المائية.

مؤشر جودة المياه:

تعرف مؤشرات جودة المياه بأنها قيمة رقمية لا فيزيائية مركبة تثقيلياً من دلائل الجودة النوعية لأهم المعايير الفيزيائية والكيميائية والحيوية الحاسمة في تقييم نوعية المياه، وتعتبر مؤشرات جودة المياه مؤشر لتقييم جودة مياه المسطحات والمجري المائية، حيث يساعد في تقدير وتصنيف مقارنة الجودة البيئية لمياه الأنهار بشكل أولي.

الموديل الكندي لدراسة جودة المياه CWQI:

تم إيجاد موديل جودة المياه الكندي في عام 1995 بناءً على موديل جودة المياه الصادر عن جامعة كولومبيا البريطانية. تتمثل ميزة هذا الموديل في استخدام العديد من متغيرات الجودة، يتم حساب موديل جودة المياه الكندي (CWQI) باستخدام طريقة موديل البيئة لمجلس الوزراء الكندي. تستخدم التعبيرات التالية لتحديد CWQI لدراستنا. يتم الجمع بين ثلاثة عوامل لحساب CWQI هي: F1 (النطاق) وF2 (التردد) وF3 (السعة). تمثل F1 (النطاق) النسبة المئوية للمتغيرات التي لا تحقق هدفها مرة واحدة على الأقل خلال الفترة الزمنية قيد الدراسة ("فشل المتغيرات")، بالنسبة إلى العدد الإجمالي للمتغيرات المقاسة:

يستخدم لحساب المؤشر الكندي ثلاثة معاملات وهي كالتالي (Kafrawy, 2017):

$$WQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right) \quad (1)$$

يمثل F1 النطاق: النسبة المئوية للمتغيرات التي تتجاوز القيم التوجيهية.

$$F_1 = \left(\frac{\text{Number of failed variables}}{\text{Total number of variables}} \right) * 100 \quad (2)$$

يمثل F2: التردد: النسبة المئوية للاختبارات الفردية داخل كل مؤشر والتي تجاوزت القيم التوجيهية.

$$F_2 = \left(\frac{\text{Number of failed tests}}{\text{Total number of tests}} \right) * 100 \quad (3)$$

يمثل F3 السعة: المدى الذي يتجاوز فيه الاختبار الفاشل القيم التوجيهية. يتم حساب هذا المعامل على

ثلاث مراحل. أولاً يتم حساب الانحراف:

$$Excursion_i = \left(\frac{Failed\ test\ value}{Objective_j} \right) - 1 \quad (4)$$

ثانياً: يتم حساب مجموع الانحرافات الطبيعية على النحو التالي nse:

$$nse = \left(\frac{\sum_{i=1}^n Excursion_i}{Number\ of\ tests} \right) \quad (5)$$

ومن ثم يتم حساب F3 باستخدام المعادلة التالية التي تقيس قيمة nse بين 1 و 100:

$$F_3 = \left(\frac{nse}{0.01nse + 0.01} \right)$$

دلالات مؤشر جودة المياه CWQI:

تنتج المعادلة الخاصة بحساب مؤشر جودة المياه الكندي عدداً يتراوح بين 1 و 100، حيث يمثل 1 فقر المياه ويشير 100 إلى أفضل جودة للمياه. ضمن هذا النطاق، تم وضع التعيينات من قبل CCME 2005 لتصنيف جودة المياه على أنها رديئة أو هامشية أو عادلة أو جيدة أو ممتازة. يتم عرض الدلالات الخاصة بهذا المؤشر وفقاً للجدول 2/ التالي (Gao et al., 2006):

الجدول (2) الدلالات الخاصة بمؤشر جودة المياه الكندي

الوصف	قيمة المؤشر	الدلالة
جميع القياسات تقع ضمن الأهداف العملية في نفس الوقت	95 – 100	ممتازة
نادراً ما تنحرف القياسات عن المستويات الطبيعية	80 – 94	جيدة
تنحرف القياسات في بعض الاوقات من القيم الطبيعية أو المراحل المفضلة	65 – 79	مقبولة
غالبا ما تنحرف الظروف من القيم الطبيعية أو المفضلة	45 – 64	هامشية
عادةً تنحرف الظروف من القيم الطبيعية أو المفضلة	0 – 44	فقيرة

ثانياً- الدراسات السابقة

1- D.Karunanidhi, P.Aravinthasamy, T.Subramani, G.Muthusankar، الكشف عن قضايا جودة مياه الشرب والمخاطر الصحية المحتملة بناءً على طريقة مؤشر جودة المياه (WQI) في حوض نهر شانموغانادي في جنوب الهند، Springer Netherlands، 2021.

قام الباحثون بمعالجة قضية استهلاك مياه الشرب التي تحتوي على نسبة عالية من الفلورايد في الجزء الريفي من حوض نهر شانموغانادي في الهند. قاموا بجمع 61 عينة من المياه الجوفية وتحليل نسب الفلورايد فيها وعدة معايير فيزيائية وكيميائية أخرى. تراوحت قيمة الفلورايد في المياه الجوفية بين 0.1 حتى 3.3 mg/l. كانت حوالي 26% (16 من أصل 61) من العينات غير صالحة لمتطلبات مياه الشرب وفقاً لمعايير منظمة الصحة العالمية. واعتمدوا في هذا البحث إلى مؤشر جودة المياه WQI وتم تصنيف المياه إلى فئات مختلفة لفهم مدى صلاحيتها لمتطلبات الشرب. كان ما يقارب من 52% من العينات تشير إلى فئات فقيرة، وفقيرة للغاية، وغير مناسبة. في حين أن 48% من العينات تشير إلى فئات جيدة وممتازة للاستهلاك. (Karunanidhi et al., 2021)

2- D.Dimri, A.Daverey, A.Kumar, A.Sharma، مراقبة جودة مياه نهر جانجا باستخدام تقنيات متعددة المتغيرات WQI (مؤشر جودة المياه) في منطقة غرب الهيمالايا في أوتارانتشال، الهند، Environmental Nanotechnology، 2021.

قام الباحثون بدراسة كيمياء المياه في نهر جانجا الواقع في حوض الجانج العلوي في تضاريس الهيمالايا، والذي يغطي امتداد 294 كم من جانجوتري إلى هاريدوار باستخدام تقنيات إحصائية متعددة المتغيرات، مثل تحليل المكونات الرئيسية PCA ومصفوفة ارتباط بيرسون والتحليل العنقودي CA. تم جمع 72 عينة وأجريت الدراسة في أربعة وعشرين موقعاً مختلفاً ارتفاعياً لتقييم 19 مؤشر فيزيائي وكيميائي وميكروبيولوجي خلال ثلاثة مواسم، أي قبل الرياح الموسمية (مايو - يونيو)، والرياح الموسمية (أغسطس - سبتمبر) وما بعد الرياح الموسمية (ديسمبر) في عام 2016. وجد الباحثين أن قيمة إجمالي الكوليفورم كانت أقل في منطقة epirhithron وأكبر في منطقة metarhithron و hyporhithron في حوض النهر خلال فترة ما قبل الرياح الموسمية (متوسط 174.62 ± 185.71)، والرياح الموسمية (متوسط 176.18 ± 192.44) وما بعد الرياح الموسمية (متوسط 37.67 ± 39.26). أشار موديل جودة المياه (WQI) من حالة "ممتاز" إلى "جيد" لجودة مياه نهر جانجا. (Dimri et al., 2021)

3- A.Chabuk, Q.Al-Madhloom, A.Al-Maliki, N.Al-Ansari, H.Hussain, J.Laue -3
دجلة (العراق) باستخدام مؤشر جودة المياه (WQI) وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية، Arabian Journal of Geosciences، 2020:

قام الباحثون بتقييم جودة مياه نهر دجلة باستخدام وتطبيق الطريقة الحسابية الموزونة في حساب مؤشر جودة المياه وطريقة الاستيفاء (IDW) في برنامج نظم المعلومات الجغرافية لإنتاج خرائط التنبؤ لـ 12 مؤشر في 11 محطة على طول نهر دجلة خلال الموسمين الرطب والجاف في عام 2016، عن طريق تحليل 12 مؤشر وهي: $(Ca, Mg, Na, K, Cl, SO_4, HCO_3, TH, TDS, BOD_5, NO_3, EC)$ من 14 محطة على طول النهر.

أظهرت النتائج أن تنبؤ الانحدار لجميع المؤشرات أعطت القيم المقبولة لمعامل التحديد R_2 ، وتدهور في حالة جودة المياه لنهر دجلة في اتجاه مجرى نهر دجلة، خاصة في المحطة 8 (العزيرية) في المواسم الرطبة والجافة، وازداد التدهور بشكل واضح في القرنة (محافظة البصرة). (Chabuk et al., 2020)

4- A.Bilgin، تقييم جودة المياه السطحية باستخدام موديل جودة المياه البيئية (CCME WQI) وطريقة التحليل التمييزي: دراسة حالة حوض نهر كوروه، Environmental Monitoring and Assessment، 2018:

قام الباحثون بتقييم جودة المياه في حوض نهر كوروه باستخدام موديل جودة المياه الكندي (CCME) والتحليل التمييزي (DA)، الذي يقع في منطقة البحر الأسود الشرقية في تركيا. تم استخدام نتائج قياس بيانات الجودة التي حصلت عليها المديرية الإقليمية السادسة والعشرون للأعمال الهيدروليكية الحكومية من أربعة مواقع مختلفة على مدار 4 سنوات بين عامي 2011 و 2014.

وجد الباحثون أن قيمة موديل جودة المياه الكندي (CCME) تراوحت بين 30.4 و 71.35 وتم تصنيفها على أنها "فقيرة" و "هامشية" و "عادلة". وقام الباحثون بتقسيم مواقع المراقبة إلى مجموعتين بواسطة التحليل التمييزي (DA) وكانت نتيجة التحليل أن مؤشري الكالسيوم والكبريتات هي عوامل مهمة في تحديد جودة المياه في حوض نهر كوروه. (Bilgin, 2018)

5- F.Misaghi, F.Delgosha, M.Razzaghmanesh, B.Myers -5
دراسة حالة لنهر غزل أوزان، Elsevier B.V، 2017:

قام الباحثون بتعديل موديل جودة المياه (NSFWQI) وتطبيقه بطريقة تتوافق مع متطلبات جودة مياه الري. تم تطبيق الموديل الجديد على نهر (Ghezel Ozan) في إيران عن طريق جمع سجلات من خمسة وأربعين عام لبيانات جودة المياه من عام 1966 حتى عام 2010 من أربع محطات قياس على طول مجرى النهر. ودراسة مؤشرات

جودة المياه التالية: (Na^+ , Cl^- , pH , HCO_3^- , EC , SAR , TDS). أظهرت النتائج تبايناً في جودة المياه من أعلى النهر إلى نهايته. (Misaghi et al., 2017)

6- S.Ewiad, S.Abed, مؤشر جودة المياه لنهر الغراف جنوب العراق، Egyptian Journal of Aquatic Research، 2017:

قام الباحثون بتطوير مؤشر جودة المياه رياضياً لتقييم جودة مياه نهر الغراف، الفرع الرئيسي لنهر دجلة في جنوب العراق. حيث تم جمع عينات المياه شهرياً من خمس محطات من عام 2015 إلى عام 2016 وتم تحليل إحدى عشر معياراً وهم (الطلب البيولوجي على الأوكسجين، مجموع المواد الصلبة الذائبة، تركيز أيونات الهيدروجين، الأوكسجين المذاب، العكارة، الفوسفات، النترات، الكلوريدات، العكارة، الصلابة الكلية، الناقلية الكهربائية والقلوية).

صنف مؤشر المياه للنهر بدون تضمين العكارة في الحساب كعامل على أنها جيدة للشرب في المحطة الأولى، وضعيفة في المحطات 2,3,4 وضعيفة جداً في المحطة 5. وعند تضمين العكارة في الحساب صنفت المياه على أنها غير صالحة للشرب في مجمل النهر. (Ewiad & Abed, 2017)

7- عيسى، ربما، نمذجة مؤشري نوعية المياه السطحية (DO , BOD_5) لنهر الكبير الشمالي باستخدام نموذج QUAL2K، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، 2013:

قام الباحثون بدراسة حقلية ومخبرية شملت تحديد كل من المتغيرات (الأوكسجين المنحل، الاحتياج البيوكيميائي الكربوني للأوكسجين، درجة حرارة مياه النهر، الناقلية الكهربائية) كما تم نمذجة جودة مياه النهر باستخدام نموذج نوعية المياه السطحية QUAL2K وذلك من خلال دراسة كل من مؤشرات تركيز الأوكسجين الذائب والاحتياج البيوكيميائي الكربوني للأوكسجين $CBOD_{10}$ وتبيان إمكانية تطبيق هذا النموذج لنمذجة نوعية مياه الأنهار في سوريا.

تناول البحث دراسة النهر في الجزء الممتد من بعد بحيرة 16 تشرين حتى اليعنصة، بهدف تقدير (التنبؤ) في قيم DO , $CBOD$ من خلال عملية النمذجة الرياضية باستخدام QUAL2K والتحقق من موثوقية النموذج من أجل استخدامه على أجزاء أخرى من النهر، أو استخدامه لتقييم نوعية المياه لأي نهر في سوريا.

تبين من خلال القياسات الحقلية أن تركيز الأوكسجين المنحل كان يتجاوز 5 mg/L في جميع الأشهر لجميع المواقع المدروسة، وارتفاع لقيم $CBOD$ في مواقع منطقة الدراسة حيث وصلت أعلى قيمة إلى 36.5 mg/L وأن النهر في وضع حدي مقبول مع تغير هذا الوضع في حالة تصريف المياه الناتجة عن معاصر الزيتون. (Studies et al., 2013)

8- D.Sharma, A.Kansal، تحليل مؤشر جودة المياه لنهر يامونا باستخدام موديل جودة المياه في إقليم العاصمة الوطنية، الهند، Springer، 2011:

قام الباحثون بتقدير مؤشر جودة المياه WQI لنهر Yamuna داخل إقليم العاصمة الوطنية (دلهي) لوصف مستوى التلوث في النهر لمدة عشرة سنوات (2000 - 2009). تم حساب المؤشرات قبل وبعد موسم الرياح الموسمية.

تم دراسة المؤشرات التالية (pH , BOD_5 , Total Coliform, Fecal Coliform, fecal Coliform). وتبين أن مؤشر جودة المياه للنهر يندرج تحت فئة جيدة باستثناء عام 2003، حيث يقع تحت فئة هامشية ويرجع ذلك إلى إضافة مياه الصرف الصحي التي تحتوي على مستويات عالية من القولونات الكلية والبرازية. (Sharma & Kansal, 2011)

9- J.Yisa, J.Oladejo دراسة تحليلية لمؤشر جودة المياه في نهر لاندزو، American Journal of Applied Sciences، 2010:

قام الباحثون بتطبيق مؤشر جودة المياه WQI في تقييم جودة نهر لاندزو من أجل الاستخدام العام. تم ذلك عن طريق جمع 120 عينة من أجل التحليل الفيزيائي والكيميائي الشامل باستخدام طرق التحليل القياسية. بلغت قيمة مؤشر جودة المياه WQI القيمة 85, 171 وكانت القيمة الأعلى هي بسبب الحديد والكروم والمنغنيز وCOD والعكارة. أشارت نتائج التحليل بعد مقارنتها مع مؤشرات منظمة الصحة العالمية WHO والمعياري الصناعي النيجيري NIS للحد المسموح به إلى أن النهر ملوث وبالتالي فإن المياه ليست آمنة للاستخدام المنزلي وستحتاج إلى المزيد من المعالجة. (Yisa & Tijani Oladejo, 2010)

10- يوسف، ضحى، نمذجة تلوث مياه نهر العاصي - سوريا - باستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافية GIS، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، 2009:

قامت الباحثة في اختبار إمكانية نمذجة تلوث مياه نهر العاصي في نقاط رصد التلوث على طول مجرى النهر ابتداء من منطقة ريلة وانتهاء بمنطقة دركوش حيث تم توزيع 33 نقطة مراقبة لجودة المياه على طول مجرى النهر. تم استخدام نظام المعلومات الجغرافية GIS في دراسة مؤشرات جودة المياه التالية: (Escherichia Coli, Cl, pH, EC, SAR, BOD5, DO%, N-NH₄, P-PO₄). وتم نمذجة تلوث مجرى النهر باستخدام التحليل المكاني والتثقيل بعكس المسافة.

بينت نتائج التحاليل المخبرية لعينات المياه المجموعة والنتائج التي تم الحصول عليها اشتقاقاً باستخدام Arcinfo، فتبين وجود ارتباط معنوي في المستوى $p > 0.01$ لدى معظم مؤشرات التلوث المدروسة مما يدل على إمكانية نمذجتها بهذه الطريقة. وتبين انه باستخدام نظام المعلومات الجغرافية يمكن تقليص عدد نقاط الرصد وتخفيضها وعدد العينات المائية المجموعة والمحللة بمقدار 51.52%. (Studies et al., 2009)

المبحث الثاني- توصيف نهر العاصي.

ينبع نهر العاصي من ثلاثة ينابيع في لبنان (بعليك والهامل وعين السمك)، يبلغ الطول الكلي بحدود 370 كم، نظام جريانه مطري على طول مجراه، تبلغ مساحة حوض النهر 24000 كم². يعتبر نهر العاصي العصب الرئيسي في حوض العاصي، وتتوضع بالقرب منه مختلف النشاطات (الصناعية، الزراعية، والسياحية)، ويعتبر مصدر رئيسي لتأمين المياه اللازمة للشرب والري إذ يروي مساحة إجمالية تقدر 49000 هكتار، وتأمين المياه لمعظم المنشآت الصناعية، حيث يستجر منه سنوياً بحدود 12 مليون م³، ومن أهم روافده (نهر سلح - نهر البارد - الساروت).

1- أهم مصادر التلوث على المسار المحدد بالدراسة من نهر العاصي:

أ- الصرف الصحي:

ناتج عن الصرف العشوائي للمياه العادمة من مجموعة القرى والبلديات والتجمعات الصغيرة الواقعة على المجرى وهي:

- مجاري مدينة الرستن.

- مجاري قرية غور العاصي.

- مجاري قرية جنان.

- مجاري قرية الجاجية.
- مجاري قرية الضاهرية.
- محطة معالجة مياه مجاري مدينة حماة.
- مجاري مدينة وقمحانة وأرزة وزور بلحسين وقرية خطاب.
- مجاري مدينة حلفايا وطيبة الإمام.
- ب- الصرف الصناعي:

يتعرض المسار المحدد بالدراسة من نهر العاصي للملوثات الناتجة عن رمي مخلفات المنشآت الصناعية إلى النهر بدون معالجة وأهم هذه المنشآت:

1. معمل اسمنت الرستن.
2. معمل الإطارات.
3. رحبة خطاب العسكرية.
4. معمل الحديد.

2- التحليل الإحصائي:

باستخدام برنامج "IBM SPSS STATISTICS 25" أجرينا اختبار ANOVA أحادي الاتجاه من أجل فهم تأثير التغيرات المكانية والموسمية على مجموعة البيانات من خلال مقارنة التباين. اعتمدنا قيمة p المطلوبة من أجل الأهمية أصغر من 0.05. وقمنا باستخدام معامل الارتباط بيرسون لحساب الارتباط بين متغيرات الجودة. مع الأخذ بعين الاعتبار اختبار الأهمية ثنائي الطرف ($p = 0.01$ And 0.05). تم تطبيق اختبار ANOVA ومعامل الارتباط بشكل منفصل لمجموعة البيانات لأربعة مواسم (الربيع، الصيف، الخريف، الشتاء) ومن أجل التغيرات المكانية للمواقع المحددة مسبقاً في الدراسة.

مناقشة النتائج.

سوف نقوم بحساب جودة مياه نهر العاصي باستخدام موديل جودة المياه الكندي CWQI لتقييم جودة المياه لاستخدامها كمياه صالحة للشرب والجودة تبعاً لحالة المياه حسب التغير المكاني والزمني (فصول السنة). قمنا بحساب المتوسط لتحليل مؤشرات المياه المستخدمة في الحساب وذلك على مدى خمسة سنوات (2005 - 2006 - 2007 - 2008 - 2009) وتطبيق معادلة موديل جودة المياه الكندي عليها. الجدول 3.

قمنا بدراسة تسعة مؤشرات وهي: (Na^+ , PO_4^- , CL^- , NH_4^+ , BOD_5 , pH)

(*Total Hardness, Turbidity, Conductivity*) وذلك عند المواقع المحددة.

الجدول (3) نتائج التحاليل الوسطية لمدة خمسة سنوات للمؤشرات الداخلة في حساب جودة مياه النهر للشرب

م	اسم الموقع	pH	BOD ₅	NH ₄ ⁺	CL ⁻	PO ₄ ⁻	Na ⁺	القساوة الكلية	العكارة	الناقلية
	الوحدة	-	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L
1	مخرج سد الرستن	7.85	36.30	11.64	98.92	7.06	57.48	337.60	65.22	806.58
2	غور العاصي	7.75	26.54	7.82	97.91	6.82	59.09	360.33	28.07	816.43
3	جسر الغسالات	7.81	22.30	3.41	106.31	5.89	62.55	372.47	34.05	838.44

م	اسم الموقع	pH	BOD ₅	NH ₄ ⁺	CL ⁻	PO ₄ ⁻	Na ⁺	القساوة الكلية	العكارة	الناقلية
4	جسر الجنان	7.91	19.27	2.83	107.42	5.35	65.06	384.89	42.53	858.24
5	جسر الأربع نواعير	7.74	24.89	3.73	116.96	8.57	64.78	369.56	37.25	861.90
6	جسر الضاهرية	7.63	42.84	7.21	119.32	8.46	72.25	376.24	60.29	905.49
7	جسر أرزة	7.44	73.49	11.45	138.88	14.88	80.33	368.49	152.21	943.69
8	جسر خطاب	7.44	58.62	10.99	125.43	14.08	81.99	369.40	64.44	931.01
9	بحير سد محرده	7.84	28.72	9.01	111.39	8.75	69.79	351.53	27.38	865.27

1- تصنيف حالة المياه للاستهلاك البشري:

1-1 تصنيف حالة المياه حسب التغير المكاني:

1-1-1 التوصيف الإحصائي لمؤشرات التلوث المدروسة:

القيم المتوسطة والانحراف المعياري للمؤشرات التي تم قياسها على طول مجرى نهر العاصي في المواقع المحددة موضحة في الجدول 4. كانت قيمة مؤشر pH الأعلى عند الموقع 4 (جسر الجنان) ويعود ذلك بسبب زيادة حجم المنصرفات من مياه الصرف الصناعية من زيوت وشحوم من رحبتي تل قرطل وسريحين العسكريتين والقيمة الأدنى في الموقعين 7 و8 (جسر أرزة وجسر خطاب). تراوحت قيمة مؤشر pH بين (7.44 – 7.91) مما يدل على طبيعة المياه القلوية. يعد مؤشر BOD₅ من المؤشرات الهامة ووجوده في المياه دليل على خطورة المياه على الظروف الصحية وعدم صلاحيتها للشرب. تراوحت قيمة مؤشر BOD₅ بين القيمتين (19.27 – 73.49) mg/l، بلغت القيمة القصوى لمؤشر BOD₅ في الموقع 7 (جسر أرزة) ويعود ذلك بسبب الحمأة المنصرفة من محطة معالجة مياه مجاري مدينة حماة دون معالجة، وبلغت القيمة الدنيا في الموقع 4 (جسر الجنان). بلغت قيمة مؤشر العكارة قيمة قصوى عند الموقع 7 (جسر أرزة) وذلك لنفس سبب ارتفاع مؤشر BOD₅. وتراوحت قيمة العكارة بين (27.38 – 152.21) mg/l.

الجدول (4) نتائج القيم المتوسطة والانحراف المعياري للمؤشرات المدروسة على طول مجرى النهر

التحليل الرياضي	pH	BOD ₅	NH ₄ ⁺	CL ⁻	PO ₄ ⁻	Na ⁺	القساوة الكلية	العكارة	الناقلية
المتوسط	7.71	37.00	7.57	113.62	8.87	68.15	365.61	56.83	869.67
الانحراف	0.173	18.33	3.54	13.14	3.40	8.71	14.06	38.79	48.12
التباين	0.030	336.08	12.51	172.62	11.54	75.95	197.59	1504.86	2315.65
القيمة الصغرى	7.44	19.27	2.83	97.91	5.35	57.48	337.60	27.38	806.58
القيمة العظمى	7.91	73.49	11.64	138.88	14.88	81.99	384.89	152.21	943.69

1-1-2 تحليل one-way ANOVA والارتباط على المؤشرات المدروسة:

من خلال اجراء تحليل One-Way ANOVA على المؤشرات المحددة بالدراسة نجد أن مستوى المعنوية لجميع المؤشرات كان أقل من $\rho < 0.05$ عند المواقع التسعة المحددة مسبقاً. ويوضح الجدول 5 قيم تحليل ANOVA.

الجدول (5) نتائج تحليل One-Way ANOVA

المؤشر	مجموع المربعات	F	ρ
pH	33.10	8.79	0.009
BOD ₅	4607.04	26.82	0.000
NH ₄ ⁺	29.62	2.96	0.011
CL ⁻	53088.03	589.49	0.000
PO ₄ ⁻	67.51	7.09	0.017
Na ⁺	17943.76	430.05	0.000
القساوة الكلية	585185.29	5706.62	0.000
العكارة	12087.02	15.98	0.001
الناقلية	3364461.23	2896.47	0.000

أظهرت نتائج تحليل معامل الارتباط بيرسون وجود علاقة إيجابية قوية بين الفوسفات والطلب الحيوي للأوكسجين ($r = 0.93$) وهذا يعود لارتباط قيم الطلب الحيوي للأوكسجين مع الأزوت والفوسفور. وعلاقة إيجابية قوية بين شاردة الصوديوم والكلوريد ($r = 0.91$). وعلاقة إيجابية قوية بين الناقلية وشاردة الكلوريد ($r = 0.95$) وشاردة الصوديوم ($r = 0.98$). ويعود ذلك لوجود ارتباط بين الناقلية والأملاح المنحلة والصوديوم. ووجود علاقة سلبية قوية بين الفوسفات ومؤشر pH ($r = -0.92$). والجدول 6 يظهر نتائج تحليل الارتباط بيرسون.

الجدول (6) نتائج تحليل الارتباط معامل بيرسون

المؤشر	pH	BOD ₅	NH ₄ ⁺	CL ⁻	PO ₄ ⁻	Na ⁺	القساوة الكلية	العكارة	الناقلية
pH	1.00								
BOD ₅	-.908-**	1.00							
NH ₄ ⁺	-0.54	.747*	1.00						
CL ⁻	-.839-**	.820**	0.31	1.00					
PO ₄ ⁻	-.924-**	.930**	0.66	.876**	1.00				
Na ⁺	-.849-**	.809**	0.41	.916**	.886**	1.00			
القساوة الكلية	-0.20	-0.02	-0.63	0.37	0.02	0.35	1.00		
العكارة	-.698-*	.884**	0.56	.761*	.743*	0.61	0.04	1.00	
الناقلية	-.847-**	.798**	0.31	.958**	.848**	.978**	0.46	0.66	1.00

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

3-1-1 حساب موديل الجودة الكندي:

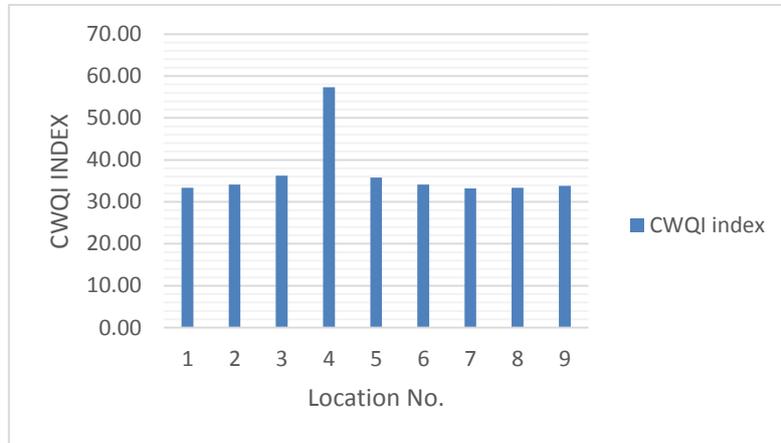
تم تصنيف حالة المياه وذلك عن طريق حساب قرائن جودة المياه لمجموعة المتغيرات حسب المواقع المحددة مسبقاً على طول المسار المدروس من نهر العاصي، حيث تم حساب دلائل الجودة النوعية حسب قيمة المتغيرات لكل موقع.

وتم تحديد مقدار درجة تلوث المياه في كل مرصد وتصنيف حالة المياه حسب الحالات (ممتازة، جيدة، مقبولة، حدية، وفقيرة)، وقمنا بتصنيف النتائج حسب الجدول 7/ التالي:

الجدول (7) نتائج حساب معلمات الموديل الكندي لتصنيف جودة المياه

Location No.	F1	F2	F3	CWQI	
1	44.44	44.44	96.74	33.39	فقيرة
2	44.44	44.44	95.19	34.14	فقيرة
3	44.44	44.44	90.73	36.28	فقيرة
4	44.44	44.44	38.86	57.33	حدية
5	44.44	44.44	91.66	35.83	فقيرة
6	44.44	44.44	95.29	34.09	فقيرة
7	44.44	44.44	97.15	33.19	فقيرة
8	44.44	44.44	96.80	33.36	فقيرة
9	44.44	44.44	95.79	33.85	فقيرة

يظهر الجدول 7/ أن جميع المواقع المدروسة كان تصنيف المياه فيها فقيرة من أجل الاستخدام كمياه شرب، باستثناء المحطة 4 كانت جودة المياه فيها هامشية ويعود ذلك بسبب تلقي هذه المناطق كميات كبيرة من منصرفات مياه الصرف الصحي والصناعي المتموضعة على طول نهر العاصي وارتفاع تراكيز الملوثات مثل محطة معالجة مياه مجاري مدينة حماة ومجاري قرية أرزة وخطاب وقمحانة وطيبة الامام ورحبة خطاب العسكرية، ويبين الشكل 2/ تباين درجة التلوث حسب المواقع المدروسة وفق الجدول 7.



الشكل (2) تباين درجة التلوث حسب المواقع المدروسة

1-2 تصنيف حالة المياه حسب التغير الزمني (فصول السنة):

1-1-2 التوصيف الإحصائي لمؤشرات التلوث المدروسة:

القيم المتوسطة والانحراف المعياري للمؤشرات التي تم قياسها على طول مجرى نهر العاصي في الموقع المحددة وعلى اختلاف فصول السنة (الربيع، الصيف، الخريف، الشتاء) موضحة في الجدول 8. كانت قيمة مؤشر pH الأعلى في فصل الصيف (8.18) ويعود ذلك إلى توقف الجريان على طول المجرى المدروس من نهر العاصي بسبب إغلاق البوابات في سد الرستن وبالتالي زيادة تراكيز ملوثات الصرف الصناعي. والقيمة الأدنى في فصل الخريف (7.32) ويعود ذلك إلى انخفاض تركيز الملوثات بسبب زيادة معدل الجريان في المجرى بعد فتح بوابات سد الرستن في محافظة

حمص. تروحت قيمة مؤشر BOD_5 بين القيمتين (17.47– 98.22) mg/l، بلغت القيمة القصوى لمؤشر BOD_5 في فصل الخريف وذلك في موقع تصب فيه محطة معالجة مياه الصرف الصحي لمدينة حماة مع الحمأة بدون معالجة. إن وجود تراكيز من الأمونيا NH_4^+ يعد دليل على وجود منصرفات من مياه الصرف الصحي على طول المجرى المدروس من النهر، تراوح قيمة تركيز الأمونيا بين القيمتين (1.68 – 17.18) mg/l. بلغت القيمة القصوى لتركيز الأمونيا في فصل الخريف وذلك عند الموقع 1 (مخرج سد الرستن) وذلك بسبب وجود كمية كبيرة من الصرف الصحي لمدينة الرستن التي تصب عند موقع محطة الرصد الأولى. والقيمة الدنيا في فصل الشتاء بسبب زيادة معدل الجريان في مجرى نهر العاصي وانخفاض تراكيز الملوثات بعد فتح بوابات سد الرستن.

الجدول (8) نتائج القيم المتوسطة والانحراف المعياري للمؤشرات المدروسة على طول مجرى النهر

التحليل الرياضي	pH	BOD_5	NH_4^+	CL^-	PO_4^-	Na^+	القساوة الكلية	العكارة	الناقلية
المتوسط	7.75	37.0125	7.56	113.61	8.87	68.14	365.61	56.92	869.67
الانحراف	0.21	20.38	4.26	20.33	3.82	11.48	30.88	43.16	89.84
التباين	0.04	415.44	18.21	413.44	14.64	131.99	953.73	1863.37	8072.51
القيمة الصغرى	7.32	17.47	1.68	87.67	4.42	49.43	303.67	17.23	725.00
القيمة العظمى	8.18	98.22	17.18	199.83	17.45	89.26	434.22	222.36	1017.74

2-2-2 تحليل one-way ANOVA والارتباط على المؤشرات المدروسة:

من خلال اجراء تحليل One-Way ANOVA على المؤشرات المحددة بالدراسة نجد أن مستوى المعنوية لجميع المؤشرات كان أقل من $\rho < 0.05$ عند المواقع التسعة المحددة مسبقاً. ويوضح الجدول 9 قيم تحليل ANOVA.

الجدول (9) نتائج تحليل One-Way ANOVA

المؤشر	مجموع المربعات	F	ρ
pH	1.128	4.770	0.007
BOD_5	12856.157	1.397	0.026
NH_4^+	558.354	1.512	0.023
CL^-	10433.244	4.128	0.014
PO_4^-	484.265	0.620	0.049
Na^+	2621.900	8.128	0.000
القساوة الكلية	10231.089	24.135	0.000
العكارة	63635.187	0.265	0.008
الناقلية	84990.799	24.793	0.000

أظهرت نتائج تحليل معامل الارتباط بيرسون وجود علاقة إيجابية قوية بين الصوديوم والناقلية ($r=0.9$). وعلاقة إيجابية بين مؤشري العكارة والطلب البيوكيميائي للأوكسجين ($r=0.81$). والجدول 10 يظهر نتائج تحليل الارتباط بيرسون.

الجدول (10) نتائج تحليل الارتباط معامل بيرسون

المؤشر	pH	BOD ₅	NH ₄ ⁺	CL ⁻	PO ₄ ⁻	Na ⁺	القساوة الكلية	العكارة	الناقلية
pH	1								
BOD ₅	-0.818**	1							
NH ₄ ⁺	-0.531**	0.703**	1						
CL ⁻	-0.553**	0.643**	0.311	1					
PO ₄ ⁻	-0.751**	0.778**	0.529**	0.447**	1				
Na ⁺	-0.739**	0.697**	0.465**	0.747**	0.588**	1			
القساوة الكلية	-0.413*	0.228	0.008	0.457**	-0.010	0.562**	1		
العكارة	-0.558**	0.810**	0.459**	0.440**	0.615**	0.428**	0.069	1	
الناقلية	-0.637**	0.566**	0.361*	0.739**	0.358*	0.896**	0.759**	0.305	1

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

3-2-2 حساب موديل الجودة الكندي:

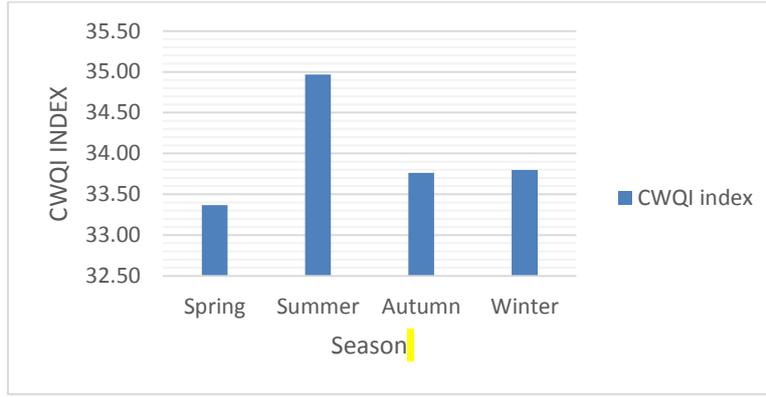
تم تصنيف حالة المياه وذلك عن طريق حساب قرائن جودة المياه لمجموعة المتغيرات حسب اختلاف فصول السنة على طول المسار المدروس من نهر العاصي، حيث تم حساب دلائل الجودة النوعية لكل متغير حسب قيمة المتغيرات لكل فصل من فصول السنة.

تم تحديد مقدار درجة تلوث المياه في كل فصل وتصنيف حالة المياه حسب الحالات (ممتازة، جيدة، مقبولة، حدية، وفقيرة)، وقمنا بتصنيف النتائج حسب الجدول 11/ التالي:

الجدول (11) قيم قرائن جودة المياه حسب اختلاف فصول السنة من أجل الاستخدام كميها شرب

الفصل	F1	F2	F3	CWQI	الفصل
الربيع	44.44	44.44	96.79	33.37	فقيرة
الصيف	44.44	44.44	93.47	34.97	فقيرة
الخريف	44.44	44.44	95.97	33.76	فقيرة
الشتاء	44.44	44.44	95.90	33.80	فقيرة

يلاحظ من الجدول 11/ أن جودة المياه في الفصول الأربعة كانت فقيرة أي غير صالحة للاستخدام كميها للشرب والاستهلاك البشري وفقاً لموديل جودة المياه الكندي CWQI، ويمكن تبرير ذلك بسبب التلوث الشديد لمياه نهر العاصي جراء المنصرفات المعاشية والصناعية من المنشآت المتموضعة على طول المسار المدروس. ويظهر الشكل 3/ نسبة تباين درجة التلوث وفق التغيرات الفصلية وفق الجدول 11.



الشكل (3) تباين درجة التلوث وفق التغيرات الفصلية

الاستنتاجات:

- 1- من خلال حساب قيم موديل جودة المياه الكندي CWQI وجدنا أن مياه نهر العاصي على طول المجرى المدروس تصنف على أنها "فقيرة" أي غير صالحة للشرب وذلك وفقاً للتغيرات الزمانية باختلاف مواقع الرصد والزمانية باختلاف فصول السنة.
- 2- تتأرجح تراكيز الملوثات مكانياً في كل موقع محدد في الدراسة وزمانياً حسب اختلاف فصول السنة الأربعة.
- 3- يعد موديل جودة المياه الكندي CWQI أداة مثالية ودقيقة لتوصيف حالة مياه نهر العاصي ضمن المجرى المحدد بالدراسة.

التوصيات والمقترحات.

بناءً على النتائج التي تم التوصل إليها يوصي الباحثون ويقترحون بما يلي:

- 1- تطبيق قرائن جودة المياه وطرق التحليل الإحصائي في دراسة التأثيرات الزمانية والمكانية بما يساعد في تحديد مصادر التلوث بمختلف أشكاله وتقليل عدد المتغيرات المقاسة لمعرفة نوعية ملوثات النهر.
- 2- استخدام المؤشرات في مراقبة نوعية المياه وحركة انتقال الملوثات على طول مجرى الأنهار.
- 3- دراسة جودة المياه على مسطحات مائية أخرى.

قائمة المراجع.

أولاً- المراجع بالعربية:

- Bilgin, A. (2018). Evaluation of surface water quality by using Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI) method and discriminant analysis method: a case study Coruh River Basin. Environmental Monitoring and Assessment, 190(9). <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6927-5>
- Chabuk, A., Al-Madhloom, Q., Al-Maliki, A., Al-Ansari, N., Hussain, H. M., & Laue, J. (2020). Water quality assessment along Tigris River (Iraq) using water quality index (WQI) and GIS software. Arabian Journal of Geosciences, 13(14). <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05575-5>

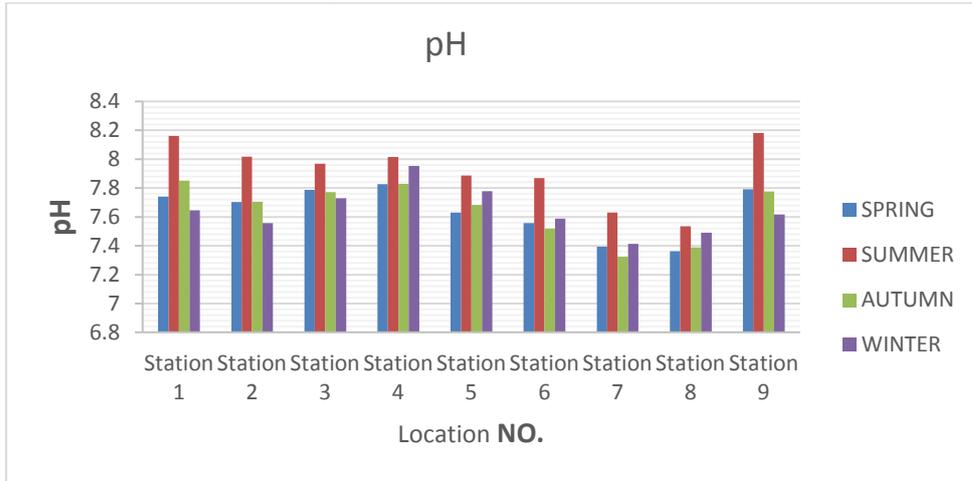
- Dimri, D., Daverey, A., Kumar, A., & Sharma, A. (2021). Monitoring water quality of River Ganga using multivariate techniques and WQI (Water Quality Index) in Western Himalayan region of Uttarakhand, India. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 15, 100375. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2020.100375>
- Ewaid, S. H., & Abed, S. A. (2017). Water quality index for Al-Gharraf River, southern Iraq. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 43(2), 117–122. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2017.03.001>
- Gao, C., Chen, X., Wei, C., & Peng, X. (2006). Application of entropy weight and fuzzy synthetic evaluation in urban ecological security assessment. In *Chinese Journal of Applied Ecology* (Vol. 17, Issue 10).
- Kafrawy, S. B. El. (2017). Water Quality Assessment Based on CWQI and NDWI Indices in Mariout Lake, Egypt. *MOJ Ecology & Environmental Sciences*, 2(5). <https://doi.org/10.15406/mojes.2017.02.00039>
- Karunanidhi, D., Aravinthasamy, P., Subramani, T., & Muthusankar, G. (2021). Revealing drinking water quality issues and possible health risks based on water quality index (WQI) method in the Shanmuganadhi River basin of South India. *Environmental Geochemistry and Health*, 43(2), 931–948. <https://doi.org/10.1007/s10653-020-00613-3>
- Misaghi, F., Delgosha, F., Razzaghamanesh, M., & Myers, B. (2017). Introducing a water quality index for assessing water for irrigation purposes: A case study of the Ghezel Ozan River. *Science of the Total Environment*, 589, 107–116. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.226>
- Said, A., Stevens, D. K., & Sehlke, G. (2004). An innovative index for evaluating water quality in streams. *Environmental Management*, 34(3), 406–414. <https://doi.org/10.1007/s00267-004-0210-y>
- Sharma, D., & Kansal, A. (2011). Water quality analysis of River Yamuna using water quality index in the national capital territory, India (2000–2009). *Applied Water Science*, 1(3–4), 147–157. <https://doi.org/10.1007/s13201-011-0011-4>
- Simões, F. dos S., Moreira, A. B., Bisinoti, M. C., Gimenez, S. M. N., & Yabe, M. J. S. (2008). Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. *Ecological Indicators*, 8(5), 476–484. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2007.05.002>
- Studies, S., Sciences, E., & Vol, S. (2009). The Orontes Water Pollution Patterning – Syria – By Means of Geographic Information System GIS. 2009(31).
- Studies, S., Sciences, E., & Vol, S. (2013). DO , BOD Water Quality Modelling for al Kabeer al- shemaly Rver Using QUAL2K. 8(35).
- Yisa, J., & Tijani Oladejo, J. (2010). Analytical Studies on Water Quality Index of River Landzu. *American Journal of Applied Sciences*, 7. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2010.453.458>
- S. Studies, E. Sciences, and S. Vol, “The Orontes Water Pollution Patterning – Syria – By Means of Geographic Information System GIS,” vol. 2009, no. 31, 2009.

ثانياً- المراجع بالإنجليزية:

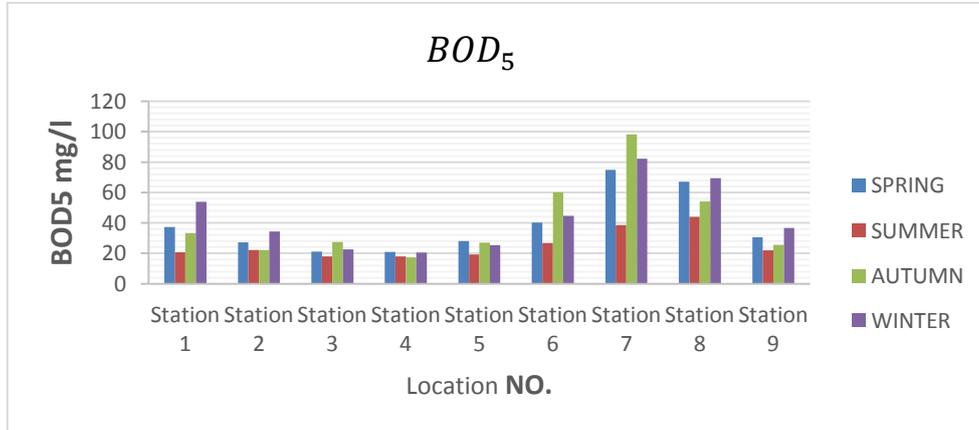
- Bilgin, A. (2018). Evaluation of surface water quality by using Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI) method and discriminant analysis method: a case study Coruh River Basin. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(9). <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6927-5>
- Chabuk, A., Al-Madhloom, Q., Al-Maliki, A., Al-Ansari, N., Hussain, H. M., & Laue, J. (2020). Water quality assessment along Tigris River (Iraq) using water quality index (WQI) and GIS software. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(14). <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05575-5>
- Dimri, D., Daverey, A., Kumar, A., & Sharma, A. (2021). Monitoring water quality of River Ganga using multivariate techniques and WQI (Water Quality Index) in Western Himalayan region of Uttarakhand, India. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 15, 100375. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2020.100375>
- Ewaid, S. H., & Abed, S. A. (2017). Water quality index for Al-Gharraf River, southern Iraq. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 43(2), 117–122. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2017.03.001>
- Gao, C., Chen, X., Wei, C., & Peng, X. (2006). Application of entropy weight and fuzzy synthetic evaluation in urban ecological security assessment. In *Chinese Journal of Applied Ecology* (Vol. 17, Issue 10).
- Kafrawy, S. B. El. (2017). Water Quality Assessment Based on CWQI and NDWI Indices in Mariout Lake, Egypt. *MOJ Ecology & Environmental Sciences*, 2(5). <https://doi.org/10.15406/mojes.2017.02.00039>
- Karunanidhi, D., Aravinthasamy, P., Subramani, T., & Muthusankar, G. (2021). Revealing drinking water quality issues and possible health risks based on water quality index (WQI) method in the Shanmuganadhi River basin of South India. *Environmental Geochemistry and Health*, 43(2), 931–948. <https://doi.org/10.1007/s10653-020-00613-3>
- Misaghi, F., Delgosha, F., Razzaghmanesh, M., & Myers, B. (2017). Introducing a water quality index for assessing water for irrigation purposes: A case study of the Ghezel Ozan River. *Science of the Total Environment*, 589, 107–116. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.226>
- Said, A., Stevens, D. K., & Sehlke, G. (2004). An innovative index for evaluating water quality in streams. *Environmental Management*, 34(3), 406–414. <https://doi.org/10.1007/s00267-004-0210-y>
- Sharma, D., & Kansal, A. (2011). Water quality analysis of River Yamuna using water quality index in the national capital territory, India (2000–2009). *Applied Water Science*, 1(3–4), 147–157. <https://doi.org/10.1007/s13201-011-0011-4>
- Simões, F. dos S., Moreira, A. B., Bisinoti, M. C., Gimenez, S. M. N., & Yabe, M. J. S. (2008). Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. *Ecological Indicators*, 8(5), 476–484. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2007.05.002>

- Studies, S., Sciences, E., & Vol, S. (2009). *The Orontes Water Pollution Patterning – Syria – By Means of Geographic Information System GIS. 2009(31).*
- Studies, S., Sciences, E., & Vol, S. (2013). *DO , BOD Water Quality Modelling for al Kabeer al- shemaly Rver Using QUAL2K. 8(35).*
- Yisa, J., & Tijani Oladejo, J. (2010). Analytical Studies on Water Quality Index of River Landzu. *American Journal of Applied Sciences, 7.* <https://doi.org/10.3844/ajassp.2010.453.458>

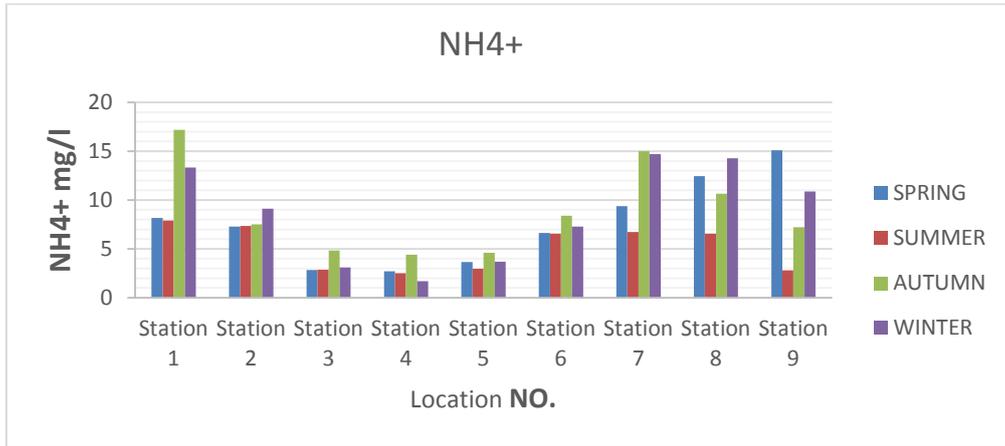
مخططات توضح التغيرات المكانية والزمانية للمؤشرات المدروسة وفق مواقع الدراسة:



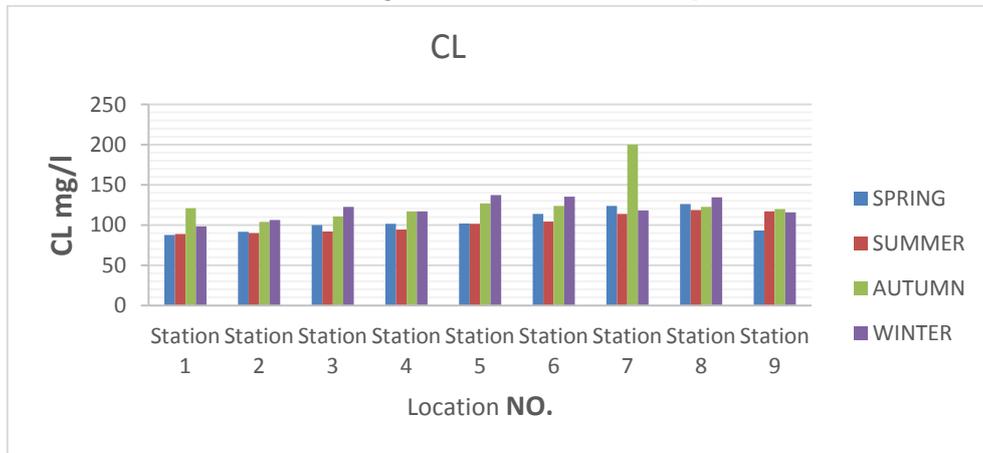
مخطط (1) يوضح تغير قيمة درجة pH لكل موقع باختلاف فصول السنة.



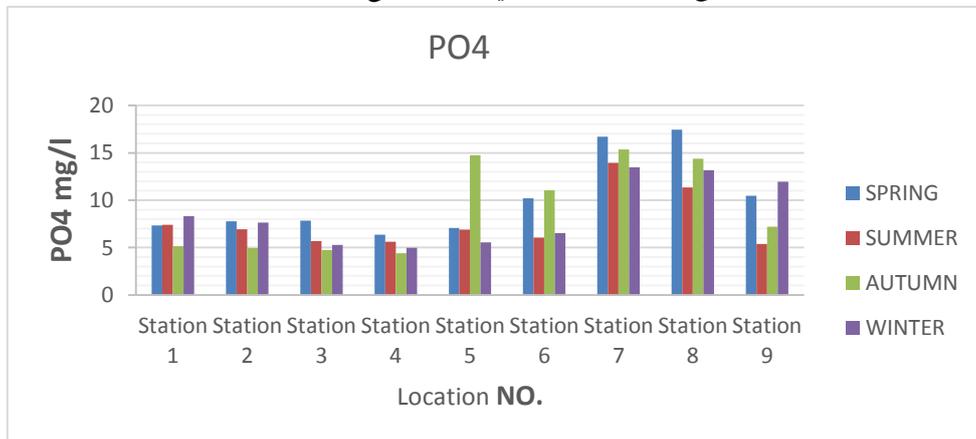
مخطط (2) يوضح تغير قيمة BOD₅ لكل موقع باختلاف فصول السنة.



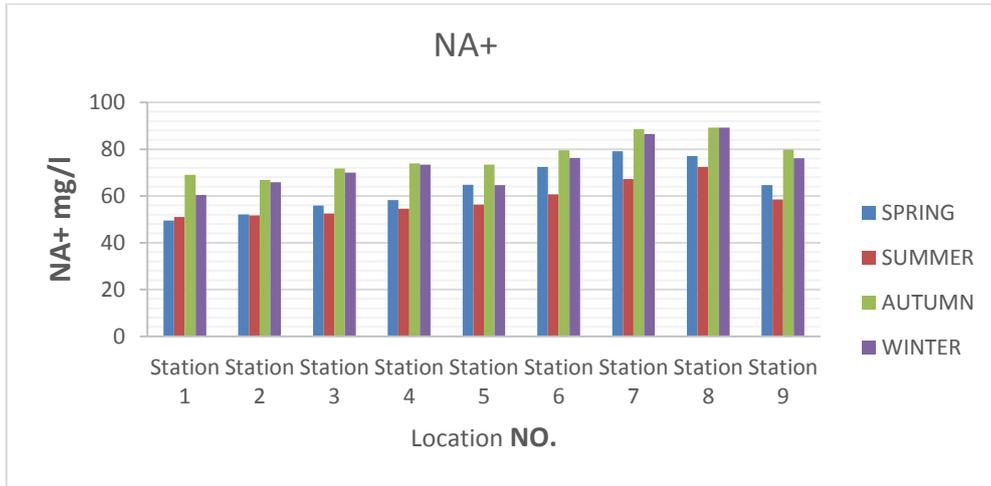
مخطط (3) يوضح تغير قيمة NH4+ لكل موقع باختلاف فصول السنة.



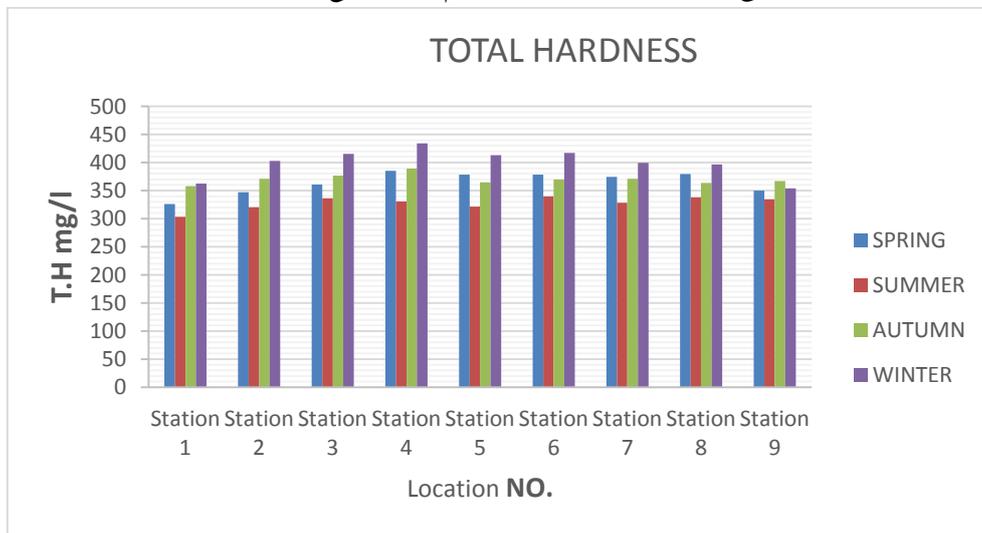
مخطط (4) يوضح تغير قيمة الكلوريد لكل موقع باختلاف فصول السنة.



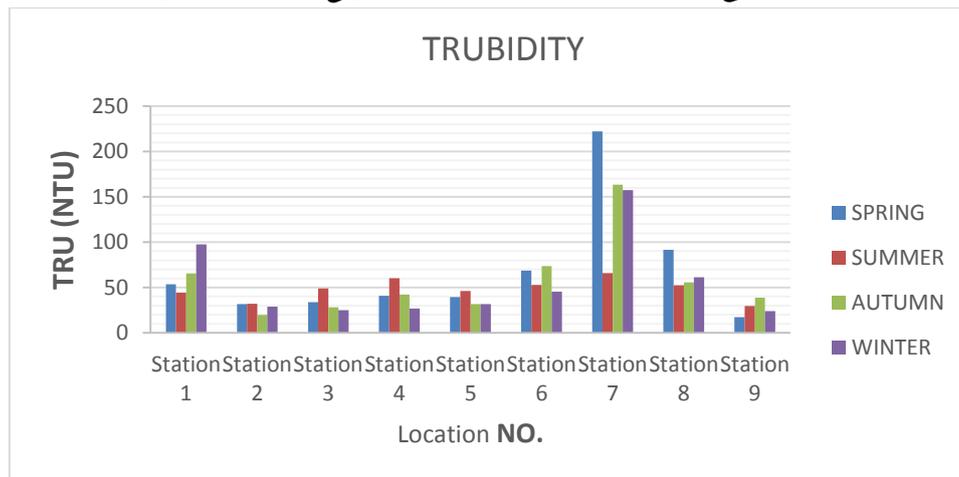
مخطط (5) يوضح تغير قيمة الفوسفات لكل موقع باختلاف فصول السنة.



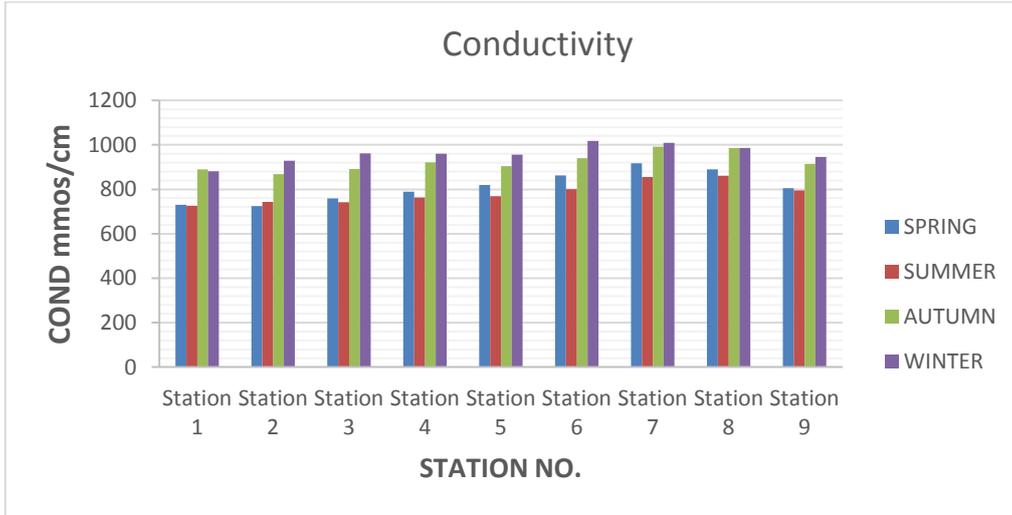
مخطط (6) يوضح تغير قيمة درجة الصوديوم لكل موقع باختلاف فصول السنة.



مخطط (7) يوضح تغير قيمة القساوة الكلية لكل موقع باختلاف فصول السنة.

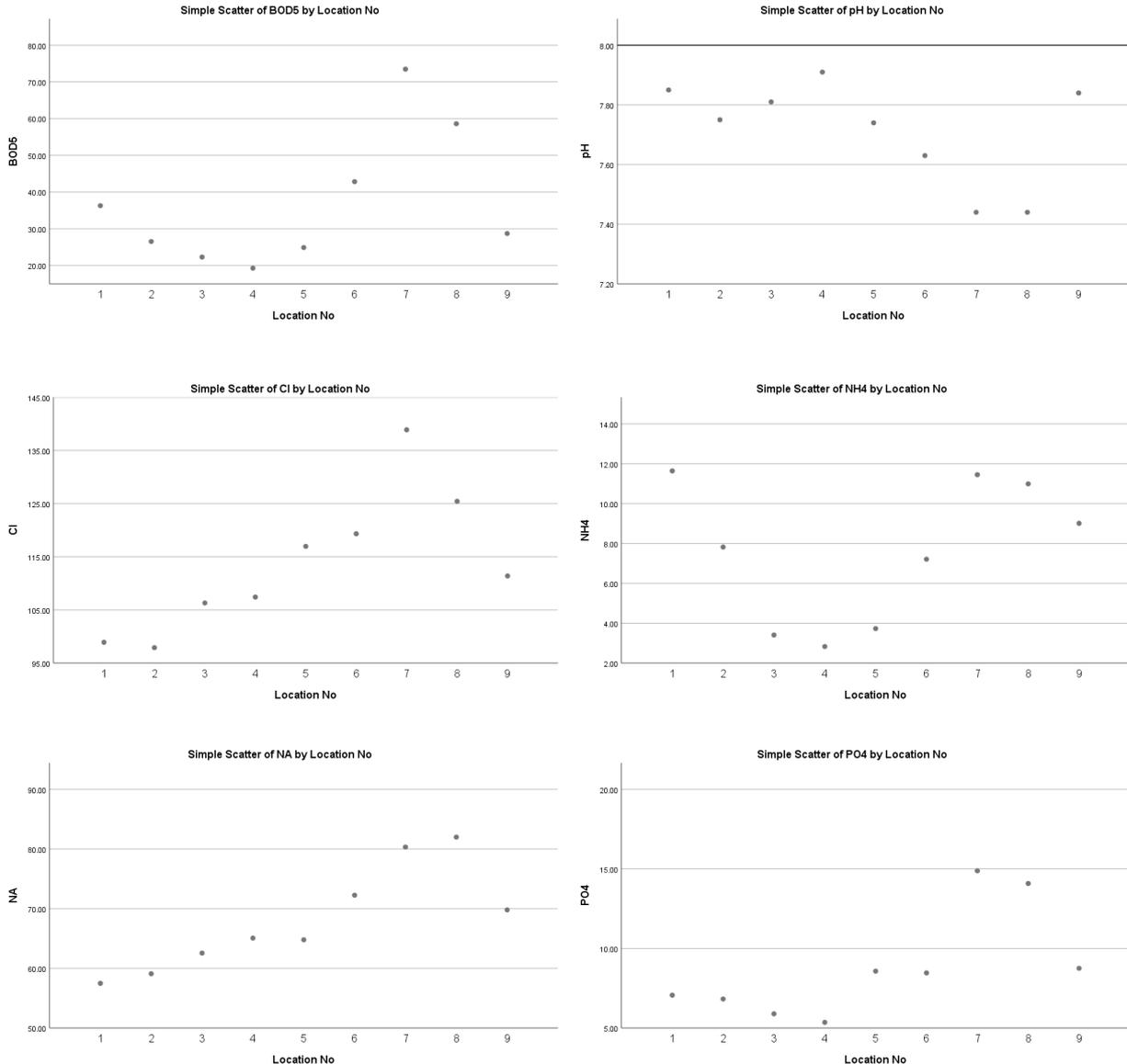


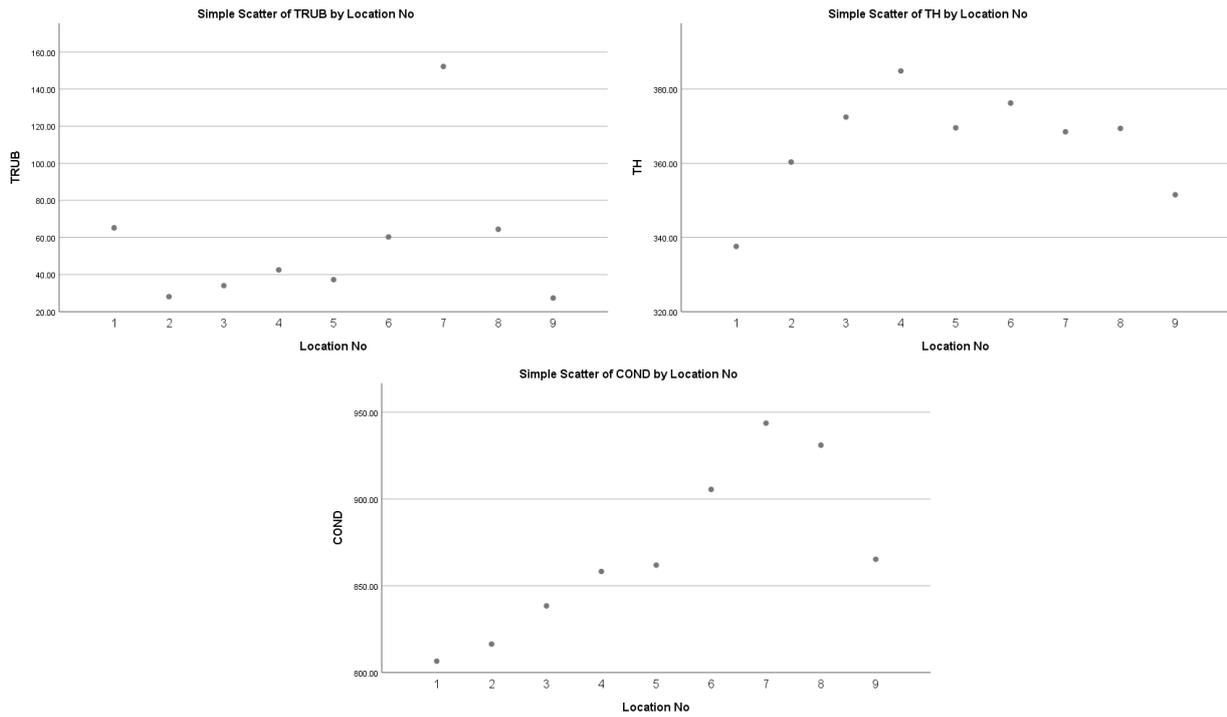
مخطط (8) يوضح تغير قيمة درجة العكارة لكل موقع باختلاف فصول السنة.



مخطط (9) يوضح تغير قيمة الناقلية لكل موقع باختلاف فصول السنة.

مخططات توضح انتشار الملوثات تبعاً لمواقع رصد العينات:





مخططات توضح انتشار الملوثات تبعاً لتغير فصول السنة:

