

تقييم تلوث مياه الآبار ونهر دجلة وتحديد صلاحيتها للاستخدام الزراعي في ناحية القيارة/ محافظة نينوى

معاذ عبد الله نجم
كلية الزراعة والغابات
جامعة الموصل

خالد انور خالد
كلية الزراعة والغابات
جامعة الموصل

ابراهيم محمود ابراهيم
كلية الزراعة والغابات
جامعة الموصل

Khalid.anwar31@uomosul.edu.iq

ibrahimalmahmood4@gmail.com

- تاريخ استلام البحث 14/8/2022 وقبوله 20/9/2022
- البحث مستل من رسالة ماجستير للباحث الاول.

الخلاصة

أجريت الدراسة الحالية في ناحية القيارة التابعة الى محافظة نينوى على عدد من مياه الابار (تسع ابار) وموقع واحد على نهر دجلة (للمقارنة)، إذ تم من خلالها تقدير تراكيز بعض العناصر الثقيلة السامة (رصاص، كروم، نيكل)، كما اشتملت على تقدير بعض الخواص الكيميائية الاخرى (ايونات الصوديوم والبوتاسيوم ، ايونات الكالسيوم والمغنسيوم، والاس الهيدروجيني pH)، بالإضافة الى قياس بعض الخواص الفيزيائية لمياه الابار ومياه النهر (الايصالية الكهربائية و العكورة)، وتم مقارنة النتائج مع المحددات العالمية المعروفة لغرض تحديد مدى صلاحيتها لأغراض الري.

بينت النتائج ان جميع الآبار كانت غير صالحة لأغراض الري اعتمادا على قيم التوصيل الكهربائي، اما قيم الاس الهيدروجيني فتبين ان جميع مياه الابار ومياه النهر كانت ضمن المديات المسموح بها، وتشير تراكيز ايونات الصوديوم والبوتاسيوم انها لم تتجاوز الحدود القصوى المسموح بها لأغراض الري، اما الكالسيوم والمغنسيوم فتبين ان ثمانية آبار كانت غير ملائمة للاستخدامات الزراعية، و اشارت تراكيز العناصر الثقيلة المدروسة (رصاص، كروم، نيكل) انها لم تسجل أي قيمة في نهر دجلة، اما في مياه الابار فقد تراوحت بين (0.019 – 0.538)، (0.076 – 0.014) و (0.78 – 0.041) ملغم.لتر⁻¹ على التتابع، وبينت النتائج ان تركيز الرصاص والكروم لم تتجاوز الحدود القصوى المسموح بها، لذلك فهي تعتبر صالحة للاستخدامات الزراعية. اما النيكل فقد سجلت تراكيز مرتفعة في خمسة آبار تجاوزت الحد الأقصى المسموح به لأغراض الري بحسب دليل منظمة الغذاء والزراعة الدولية FAO والبالغ (0.2 ملغم.لتر⁻¹) لذلك فهي تشكل خطرا على نظام التربة والنبات.

الكلمات المفتاحية: العناصر الثقيلة، مياه الآبار ، التلوث، ناحية القيارة.

Assessment of pollution of well water and the Tigris River and determining its suitability for agricultural use in Qayyarah sub-district / Nineveh governorate

Ibrahim M. Ibrahim Khalid A. Khalid Muath Abdullah

University of Mosul

College of Agriculture and Forestry

ibrahimalmahmood4@gmail.com

Khalid.anwar31@uomosul.edu.iq

- **Date of research received 14/8/2022 and accepted 20/9/2022.**
- **Part of A MSc. Dissertation for the first author.**

Abstract

The current study was conducted in Qayyarah sub-district of Nineveh governorate on a number of water wells (nine wells) and one site on the Tigris River, through which the concentrations of some toxic heavy metals were estimated, such as (lead, chromium, nickel), and it also included the measurement of some properties Other chemicals (sodium and potassium ions, calcium and magnesium ions, and PH), in addition to measuring some physical properties of well water and river water (electrical conductivity and turbidity), and the results were compared with known global determinants for the purpose of determining its suitability for irrigation purposes. The results showed that all wells were unfit for irrigation purposes depending on the electrical conductivity values, as for the pH values, it was shown that all wells water and river water were within the permissible ranges, and the concentrations of sodium and potassium ions indicated that they did not exceed the maximum permissible limits for irrigation purposes, as for calcium Magnesium showed that eight wells were not suitable for agricultural uses, and the studied concentrations of heavy metals (lead, chromium, nickel) indicated that they did not record any value in the Tigris River, while in the wells water it ranged between 0.019 – 0.538, 0.014 – 0.076, 0.041 – 0.960 mg.l-1 respectively, and the results showed that the concentration of lead and chromium did not exceed the maximum permissible limits, so it is considered suitable for agricultural uses. As for nickel, high concentrations were recorded in five wells that exceeded the maximum for irrigation purposes, according to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), which is 0.2 mg.kg-1, so it poses a threat to the soil system and plants.

Key words: Heavy elements, well water, pollution, Qayyarah district.

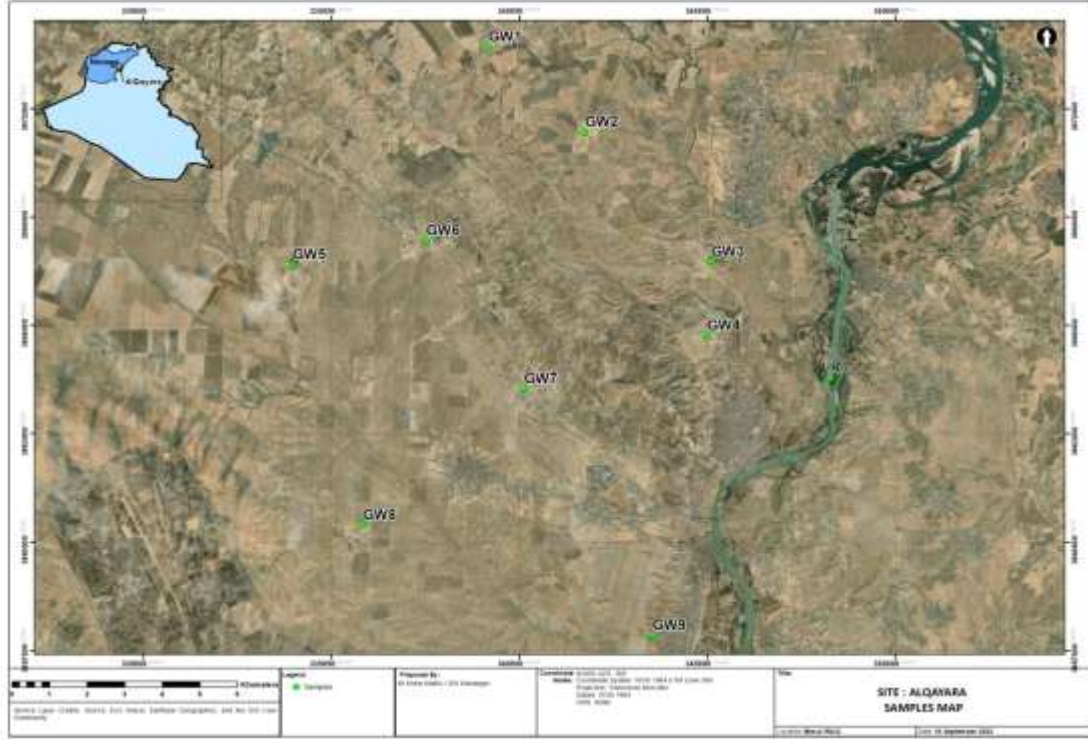
المقدمة:

تعتبر العناصر الثقيلة من بين اهم العناصر الكيميائية التي تتسبب في تلوث مصادر المياه (Guo وآخرون، 2022)، إذ ان للماء خصائص كيميائية فريدة حيث يعتبر الماء مذيب ممتاز يمكن أن تذوب العديد من أنواع المواد المختلفة في الطبيعة أو امتصاصها أو تعليقها بسبب قطبيته وروابطه الهيدروجينية (WHO، 2007)، وبالتالي فإن الماء دائماً ما يكون ملوثاً وليس نقياً لأنه يكتسب الملوثات من محيطه الطبيعي أو عن طريق تلك التي تنشأ من البشر والحيوانات وكذلك الأنشطة البيولوجية الأخرى (Mendie، 2005). ان العناصر الثقيلة التي تدخل الى النظم المائية هي إما أن تكون من أصل طبيعي (مثل المعادن الناتجة عن طريق تجوية الصخور، وحرانق الغابات والبركاني المنبثقة، والرياح، ومياه الامطار) أو ان تكون من مصادر بشرية (مثل التخلص من النفايات الصلبة، والنفايات السائلة الصناعية أو المنزلية، والعمليات الزراعية، واحتراق الوقود) (Aguilera وآخرون، 2021)، ومن اكثر النفايات الصناعية السائلة التي تتسبب في تلوث المياه السطحية والجوفية هي التي تنتج من المدابع ومصافي النفط والصناعات المعدنية (Sahu وآخرون، 2007)، كما ويساهم زيادة تركيز العناصر الثقيلة في التربة والرواسب في تلوث البيئات المائية بسبب ثباتها وعدم تحللها البيولوجي وسميتها وسهولة تراكمها (Hu وآخرون، 2011)، إذ أنه مع زيادة تراكيز العناصر الثقيلة في البيئة وتقليل قدرة التربة على الاحتفاظ بها، فإنها تنتقل خلال الرشح الى المياه الجوفية ومحلل التربة أو العكس صحيح، لذلك قد تكون مصادر المياه السطحية والجوفية ملوثة بنفس المصدر الملوث (Obinna وEbere وLiu وآخرون، 2019؛ Liu وآخرون، 2022)، أو ان تعمل التعرية المائية على نقل العناصر الثقيلة من الرواسب أو الصخور إلى البيئات المائية (Kisku وآخرون، 2000)، وتشكل المياه الملوثة تهديداً خطيراً على نظام التربة والنباتات، مما يؤثر على انتاجية المحاصيل (Suresh وآخرون، 2015)، إذ تعتبر معظم المعادن الثقيلة مسببة للسرطان، وبمجرد زيادة تركيز المعادن الثقيلة في الاجسام المائية فإنها ستؤثر بشكل خطير على النظام المائي وبالنهاية تؤثر على صحة الانسان من خلال تلوث الترب الزراعية وانتقالها خلال السلاسل الغذائية (Wang و Zhang، 2021).

تمتاز ناحية القيارة بوجود العديد من حقول النفط القريبة منها كونها تحتوي على خزين نفطي كبير، فضلاً عن وجود العديد من الآبار النفطية، إذ انه من الممكن ان تشكل مواقع تخزين النفط خطراً على المياه الجوفية اذا تسربت أو انسكبت ولم يتم استخدام التدابير الكافية في موقع الانسكاب وغالبا ما تتسرب هذه المواد الى التربة مما يزيد من احتمال تلوث المياه الجوفية (Elbeshbishy و Okoye، 2019)، كما ان المياه الجوفية تكون عرضة للتلوث عن طريق ترشيح النفايات ومياه الصرف الصحي غير المعالجة وانبعاثات التصنيع التي تتسرب الى داخل التربة وتصل بالنهاية الى التكوينات الصخرية الحاملة للمياه (Lapworth وآخرون، 2017)، لذلك تهدف هذه الدراسة الى تقييم تراكيز عناصر الرصاص والكروم والنيكل بالإضافة الى بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية في عينات المياه المدروسة بالمقارنة مع المحددات العالمية لمنظمة الغذاء والزراعة الدولية ومنظمة الصحة العالمية.

مواد وطرائق العمل:

منطقة الدراسة: تعتبر ناحية القيارة من اكبر النواحي في محافظة نينوى تبعد 60 كم جنوبي مدينة الموصل والتي تقع بين خطي طول (E-43°20'55.87"-E-43°6'2.66") شرقاً ودائرتي عرض (N-35°55'30.42"-N-35°34'36.56") شمالاً، حيث اشتملت نماذج المياه على 10 مواقع، تسع مواقع من مياه الابار التي تم جمعها من مركز الناحية والقرى المحيطة بها والتي تقع على مسافات مختلفة البعد عن مصادر التلوث المحتملة والمتمثلة بكثافة حركة المرور داخل مركز الناحية وحقول نفط القيارة، إذ تستخدم تلك الابار للأغراض الزراعية، بالإضافة الى الموقع العاشر والممثل لنهر دجلة وبعيد نوعاً ما عن مصادر التلوث لغرض المقارنة كما في الشكل (1)، وتم تخزينها في زجاجات بولي إيثيلين سعة 1 لتر تم تنظيفها مسبقاً بالشفط المتكرر بالماء المقطر (Malassa وآخرون، 2014)، وتم تحديد مواقع أخذ العينات باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)، الجدول (1) يوضح مواقع أخذ عينات المياه مع احداثيات كل موقع.



الشكل (1) منطقة الدراسة ومواقع نماذج المياه

الجدول (1) قراءة احداثيات GPS لعينات المياه المدروسة

الرقم	اسم الموقع	احداثيات خطوط الطول	احداثيات دوائر العرض
1	GW1	43°17'05.64"E	35°50'30.51"N
2	GW2	43°14'49.37"E	35°52'24.99"N
3	GW3	43°13'05.02"E	35°53'40.01"N
4	GW4	43°17'02.54"E	35°49'23.97"N
5	GW5	43°13'50.1"E	35°48'33.27"N
6	GW6	43°12'03.07"E	35°50'44.99"N
7	GW7	43°09'41.89"E	35°50'21.01"E
8	GW8	43°15'54.25"E	35°44'57.79"N
9	GW9	43°11'11.06"E	35°46'25.09"N
10	R	43°19'09.76"E	35°48'38.13"N

التحاليل الكيميائية والفيزيائية للمياه:

قيست درجة التفاعل pH لعينات المياه في الحقل باستخدام جهاز pH-meter. ثم تم قياس التوصيل الكهربائي مباشرة بجهاز Conductivity Meter. اما العكورة فقد قيس باستخدام جهاز قياس العكورة Turbidimeter نوع HACH موديل 2100N Laboratory Turbidimeter بعد معايرته بالمحاليل القياسية وعبر عن نتائجها بوحدة NTU (Nephelometric Turbidity Unit). تم قياس تراكيز الصوديوم والبوتاسيوم في المياه باستخدام جهاز اللهب (flame photometer) نوع Jenway موديل PFP7، حسب ما ورد في (Jackson، 1958). اما أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم قدرت باستخدام طريقة التسحيح بواسطة Na₂-EDTA وكما جاء في (Jackson، 1958)، وتم اجراء هذه التحاليل والقياسات في مختبر قسم علوم التربة والموارد المائية في كلية الزراعة والغابات / جامعة الموصل.

تقدير العناصر الثقيلة في المياه Determine of Heavy Metals in Water

تم هضم عينات المياه وفقاً لما جاء به (APHA، 2017)، تم نقل حوالي 100 مل من عينة المياه إلى دورق زجاجي سعة 500 مل. وتم إضافة 2 مل من حامض النتريك HNO_3 و 10 مل حمض الهيدروكلوريك HCl وقمنا بتغطيتها بزجاجة ساعة. وسخن على صفيح ساخن حتى انخفض الحجم إلى ما يقرب من 25 مل، مع مراعاة عدم حدوث الغليان. بعد ذلك تركت لتبرد. ونقلت كيميائياً إلى دورق حجمي سعة 100 مل وأكمل الحجم إلى العلامة بالماء المقطر، ثم تم تقدير العناصر الثقيلة في عينات المياه (Pb, Ni, Cr) عن طريق جهاز طيف الامتصاص الذري (Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) الألماني المنشأ موديل Analytika jena 350A بعد تحضير سلسلة المحاليل القياسية الخاصة بكل عنصر، وتم إجراء هذا التحليل في المختبر المركزي في كلية الزراعة والغابات/ جامعة الموصل.

النتائج والمناقشة:**الايصالية الكهربائية EC**

يلاحظ من الجدول (2) ان قيم التوصيل الكهربائي لعينات المياه تراوحت بين (0.5 – 14.6) ديسيمنز.م⁻¹، وتبين النتائج أن هناك تباين في قيم الايصالية الكهربائية للمياه، فكانت اعلاها في البئر 8 والتي صنفت بحسب منظمة الأغذية والزراعة من حيث استخدامها لأغراض الري على أنها مياه (مالحة جدا)، اما في مياه الابار المتمثلة بالعينات (9، 3) صنفت على أنها (عالية الملوحة)، بالإضافة إلى مياه الآبار (1، 2، 4، 5، 6، 7) فكانت ضمن صنف المياه (متوسطة الملوحة)، أما ماء النهر والمتمثل بالعينة 10 فكانت ضمن المياه المسموح بها لأغراض الري وصنفت على أنها (مياه غير مالحة)، ويعود سبب الاختلاف الى وجود التراكمات الجيولوجية المختلفة، لذلك فتعتبر مياه الآبار في منطقة الدراسة خطرة وغير صالحة من حيث استخدامها لأغراض الزراعية (FAO، 1985).

يعزي سبب ارتفاع قيم التوصيل الكهربائي في جميع مياه الآبار التسع إلى تأثيرات الأنشطة البشرية أو التأثيرات الجيولوجية، فإنه عندما يتم رشح المياه من سطح التربة وتنتقل عبر الوسائط الصخرية أسفل السطح، فإنها تعمل على إذابة المعادن وتحمل الجسيمات الذائبة معها. وبالتالي وبعد استمرارها بالانتقال عبر وسط الصخور فإنها تؤدي إلى ذوبان المزيد من المعادن بواسطة الماء فتعمل على إطلاق المزيد من الأيونات في أنظمة المياه الجوفية مما يسبب في رفع قيم التوصيل الكهربائي (Chegbeleh وآخرون، 2020).

الاس الهيدروجيني pH

يبين الجدول (8) ان مستويات الاس الهيدروجيني تراوحت بين (7.5 – 8.4) ويلاحظ أن المياه كانت متعادلة إلى قاعدية، اذ يلاحظ الارتفاع في درجة الحموضة في جميع عينات مياه الابار التسع بالمقارنة مع العينة 10 المأخوذة من النهر وبعزي سبب ذلك إلى سيادة الحجر الجيري في المواقع التي توجد فيها مياه الآبار، وذلك لأن الحجر الجيري يحتوي على مركبات كربونات وبيكربونات وهيدروكسيد قادرة على الذوبان والاختلاط مع الماء، مما يرفع مستوى الأس الهيدروجيني للماء (Sunkari وآخرون، 2020). وتبين أن جميع قيم pH كانت ضمن الحدود المسموح لأغراض الري والشرب بها حسب منظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) ومنظمة الاغذية والزراعة (FAO، 1985) والذي يشير على أن المدى المسموح به لدرجة تفاعل المياه يتراوح بين (6.5 – 8.4) والتي لا تضر بخصائص التربة على المدى البعيد.

الجدول (2) بعض الخواص الكيميائية والفيزيائية لعينات المياه المدروسة

Mg	Ca	K	Na	Turbidity	pH	EC	Name Site	N
mg.L ⁻¹				NTU		dS m ⁻¹		
144	408	4.07	156.7	0.9	8.2	3.7	GW1	1
149	396	6.27	324.7	0.5	8.1	5.8	GW2	2
45.6	444	5.17	394.7	1.2	8.4	7.5	GW3	3
36	380	6.27	296.7	0.8	8.1	5.8	GW4	4
189.6	372	2.97	282.7	0.4	8.2	5.5	GW5	5
165.6	364	6.27	240.7	0.3	8.3	5.3	GW6	6
136.8	412	6.27	156.7	0.6	8.1	3.4	GW7	7
189.6	432	62.6	802.0	0.6	8	14.6	GW8	8
163.2	388	4.07	478.7	1.3	7.8	8.5	GW9	9
14.4	36	2.97	21.1	2.4	7.5	0.4	R	10
60-0	400-0	----	920-0	----	6.5-8.4	3.0	FAO 1985	Max Concentration for Irrigation for Drinking
----	----	----	69	----	6.5-8.5	3.0	USEPA 2012	
----	200	200	200	5	6.5-8.5	2.5	WHO 2017	

العكورة Turbidity

تشير نتائج الجدول (8) إلى أن قيم العكورة تراوحت بين (0.3 – 2.4) NTU وان أعلى قيمة كانت في العينة 10 (ماء النهر)، فعادة ما تكون المياه السطحية، خاصة في الأنهار، ذات مستوى عالٍ من التعكر، والتي تحدث بسبب المواد العضوية وغير العضوية التي يتم تعليقها وادابتها، مثل الطين والرمل الناعم (Azis وآخرون، 2015)، أما في بقية المواقع التسع (مياه الآبار) فكانت قليلة جدا وقد يعود ذلك إلى ترسيب المواد العالقة كون ان حركة المياه الجوفية بطيئة او قد تكون راکدة نسبيا (Ayoub، 2018). وكانت جميع العينات اقل من الحد المسموح به والبالغ 5 (WHO، 2017).

ايونات الصوديوم Sodium ions

أظهرت نتائج الجدول (8) ان تراكيز ايونات الصوديوم تراوحت بين (21.1 – 802) ملغم.لتر⁻¹، ويلحظ وجود تباين في تركيز ايونات الصوديوم في مختلف المواقع، فكانت أقل القيم في العينة 10 (نهر دجلة)، واعلاها في البئر 8 (GW8)، ويلحظ وجود زيادة في تراكيز ايونات الصوديوم في عينات (مياه الآبار)، الا انها لم تتجاوز الحد الأقصى المسموح به لتركيز ايونات الصوديوم في مياه الري وهو 920 ملغم.لتر⁻¹ (FAO، 1985)، لكنها تجاوزت الحد الاقصى المسموح به لأغراض الشرب بحسب منظمة الصحة العالمية والبالغ 200 ملغم.لتر⁻¹ (WHO، 2017). ونظرا لارتفاع نسبة ايونات الصوديوم في مياه الآبار فإنها ستسبب في تحطيم بناء التربة اذا ما استخدمت للأغراض الزراعية، اذ ان لأيون الصوديوم ميزة فريدة وهي احاطة احاطته بالأغلفة المائية فيصبح قطر الايون مع الاغلفة المائية التي تحيط به كبيرة مما يتسبب في تشتيت جزيئات التربة بعد دخوله بين تلك الجزيئات، وان السبب الرئيسي في ارتفاع تراكيز الصوديوم في مياه الآبار يعزى إلى انحلال الهاليت، وتجوية معادن السيليكات، والتبادل الأيوني (Xu وآخرون، 2019).

ايونات البوتاسيوم Potassium ions

تبين النتائج أن تركيز ايونات البوتاسيوم تراوحت بين (2.97 – 62.67) ملغم.لتر⁻¹، وكانت أعلى القيم في البئر 8 (GW8)، وعموماً فإن تراكيز ايونات البوتاسيوم في العينات المدروسة كانت أقل بكثير من الصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم ويعزى سبب ذلك إلى أن اغلب مصادر ه بشرية نتيجة تسرب مياه الصرف الصحي أو استخدام الاسمدة، بالإضافة إلى ذلك فإن معظم المعادن الحاملة للبوتاسيوم تقاوم التحلل عن طريق عمليات التجوية لذلك تنخفض نسبياً تراكيز البوتاسيوم في المياه الجوفية (Ganiyu وآخرون، 2018). جميع العينات المدروسة لم تتجاوز الحد الأقصى المسموح به بحسب دليل منظمة الصحة العالمية البالغ 200 ملغم.كغم⁻¹.

ايونات الكالسيوم Calcium ions

تبين النتائج أن تراكيز ايونات الكالسيوم كانت تتراوح بين (36 – 444) ملغم.لتر⁻¹، اذ يلاحظ وجود زيادة في تركيز الكالسيوم وخصوصاً مياه الآبار، قد يرجع سبب ذلك إلى سيادة معادن الكالسايت والجبسايت والدولومايت، اذ تؤدي عمليات التجوية لتلك المعادن الى زيادة محتوى ايونات الكالسيوم في المياه الجوفية (Zhang وآخرون، 2019).

وبحسب دليل منظمة الغذاء والزراعة الدولية FAO، (1985)، يلحظ بان الآبار 1 و 3 و 7 و 8 قد تجاوزت الحد الاعلى المسموح به لأغراض الري والبالغ 400 ملغم.لتر⁻¹، اما لأغراض الشرب فان جميع عينات مياه الابار التسع المدروسة تعتبر غير صالحة للشرب بحسب منظمة الصحة العالمية (WHO، 2017).

ايونات المغنسيوم Magnesium ions

وتبين النتائج أن ايونات المغنسيوم تراوحت بين (14.4 – 189.6) ملغم.لتر⁻¹، وكان هناك تباين بين عينة ماء النهر مع عينات مياه الآبار، أن السبب في زيادة تراكيز المغنسيوم في مياه الآبار يعزى الى تجوية الصخور والمعادن الحاوية على المغنسيوم مثل الدولومايت (Bouteldjaoui وآخرون، 2017). بحسب منظمة الاغذية والزراعة FAO، (1985) فقد تجاوزت اغلب مياه الآبار الحد الأقصى البالغ 60 ملغم.لتر⁻¹ وتحديدًا الآبار 1، 2، 5، 6، 7، 8 و 9 لذلك فهي تعتبر غير صالحة لأغراض الري .

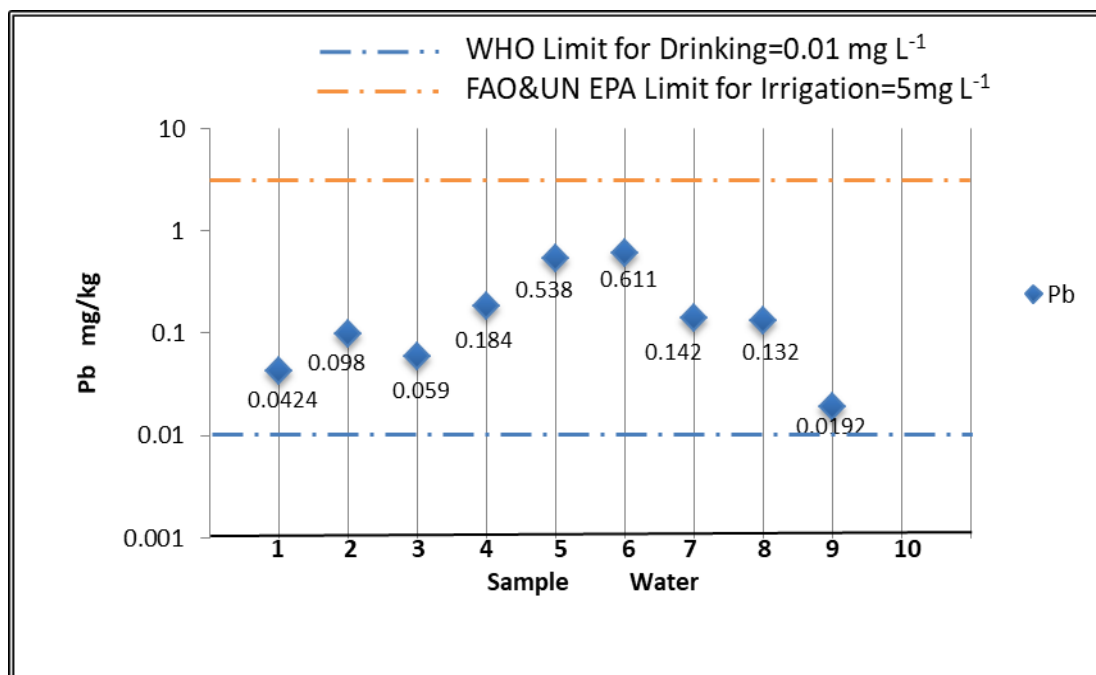
العناصر الثقيلة في المياه**الرصاص Lead**

اظهرت نتائج الجدول (3) ان تركيز الرصاص في عينات المياه تراوح بين (ND – 0.611) ملغم.لتر⁻¹، ولوحظ اقل تركيز للرصاص في مياه نهر دجلة اذ لم تسجل اي قيمة واعلى تركيز كان في مياه البئر 6 (GW6)، وتبين ان هناك ارتفاع في قيم الرصاص لجميع مياه الابار قد تجاوزت الاعلى المسموح به من قبل منظمة الصحة العالمية والبالغ 0.01 ملغم.لتر⁻¹ (WHO، 2017) الشكل (2)، مما يشير الى عدم صلاحيتها لأغراض الشرب، اما لأغراض الري فتبين انها لم تتجاوز الحد الاعلى وكانت ضمن المدى المسموح به والموضوع من قبل وكالة حماية البيئة الامريكية (US EPA، 2012) ومنظمة الاغذية والزراعة (FAO، 1985) والبالغ 5.0 ملغم.لتر⁻¹، ويعزى السبب في زيادة تركيز عنصر الرصاص في مياه الابار ضمن منطقة الدراسة وخصوصا الابار القريبة من مركز الناحية ومن الحقول النفطية (GW4 و GW6 و GW7) عن طريق الغازات المنبعثة من العوادم نتيجة لحركة السيارات، إذ ان احتراق البنزين في السيارات مسؤول عن مسؤول عن ارتفاع معدل تراكيز الرصاص في العالم (Keegan وآخرون، 2006)، او نتيجة للانسكاب المنتجات النفطية الناتجة عن الانشطة اليومية التي تحدث قرب حقول النفط، اذ تؤدي الى تلوث الترب القريبة لتصل بالنهاية الى مصادر المياه الجوفية من خلال السطح السطحي والرشح من خلال التربة (Oyeleke و Okparaocha، 2016؛ Balli و Leghouchi، 2018)، او قد تكون المياه الجوفية ملوثة بالرصاص طبيعياً عن طريق التجوية المعدنية للمصادر الجيولوجية (Bhowmik وآخرون، 2015).

جدول (3) تراكيز العناصر الثقيلة في عينات المياه المدروسة ملغم.لتر⁻¹.

Ni	Cr	Pb	اسم المنطقة		الرقم
mg. L ⁻¹					
0.058	0.014	0.042	GW1		1
0.160	0.035	0.098	GW2		2
0.430	0.064	0.059	GW3		3
0.760	0.053	0.184	GW4		4
0.052	0.071	0.538	GW5		5
0.780	0.076	0.611	GW6		6
0.960	0.022	0.142	GW7		7
0.555	0.031	0.132	GW8		8
0.041	0.020	0.019	GW9		9
ND	ND	ND	R		10
0.2	0.1	5.0	US EPA, 2012	Max Concentration for Irrigation	
0.2	0.1	5.0	FAO, 1985		
0.02	0.05	0.01	WHO, 2017	for Drinking	

وهذه القيم مقارنة لما توصل اليه Al-Khafaji و Younus (2020) عن تقدير العناصر الثقيلة في الآبار القريبة من المصافي الجنوبية-البصرة حيث ظهر ان اعلى تركيز الرصاص كان 0.933 ملغم.لتر⁻¹ واقل تركيز كان 0.208 ملغم لتر⁻¹. وأشار Al-Tememi (2015) الى ان تركيز الرصاص في المياه الجوفية في منطقة جبل سنام جنوب محافظة البصرة تراوحت بين (0.28 – 2.64) ملغم لتر⁻¹ وبمتوسط تركيز بلغ (0.98) ملغم لتر⁻¹. وبين حسيب و الجميلي ان تركيز في المياه الجوفية في كركوك تراوح بين (0.0271 – 0.0658) ملغم لتر⁻¹. وأشار Okparaocha و Oyeleke (2016) في دراسة مماثلة في نيجيريا الى ان تراكيز الرصاص في المياه الجوفية بالقرب من مستودع للنفط في نيجيريا تراوحت بين (0.06 – 0.96) ملغم.لتر⁻¹. وذكر Salem وآخرون، (2022) ان تركيز الرصاص في المياه الجوفية (0.289 – 0.490) ملغم.كغم⁻¹ مع قيمة متوسطة بلغت (0.412) ملغم.كغم⁻¹ في الامارات.



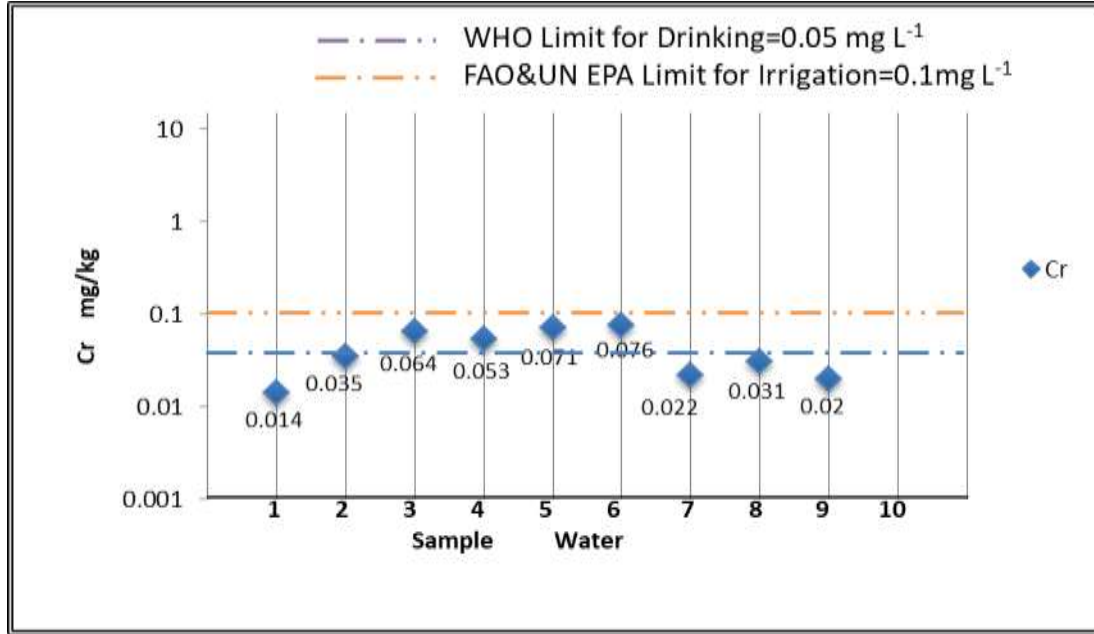
الشكل (2) تراكيز عنصر الرصاص في عينات المياه بالمقارنة مع الحد الحرج.

الكروم Chromium

تراوحت قيم عنصر الكروم بين (ND – 0.076) ملغم.لتر⁻¹ ، اذ لم تسجل اي قيمة للكروم في عينة مياه النهر (10)، وسجل اعلى تركيز للكروم في عينة البئر 6 (GW6)، وتبين من خلال الشكل (3) ان تراكيز الكروم كانت اقل من الحدود القصوى لووكالة حماية البيئة الامريكية (2012) ومنظمة الاغذية والزراعة (1985) من حيث صلاحيتها للري والبالغ 0.1 ملغم.لتر⁻¹، مما يشير على انها صالحة لأغراض الري، ولكنها تجاوزت الحدود المسموح بها لأغراض الشرب البالغ 0.5 ملغم.لتر⁻¹ والذي حددته منظمة الصحة العالمية (2017) وتحديدًا في الابار 3، 4، 5 و 6. قد يكون سبب ارتفاع نسبة الكروم بسبب الانشطة البشرية المختلفة والنفايات السائلة الصناعية (Aggarwal وآخرون، 2000). او قد يكون بسبب مواقع طمر النفايات والصرف الصحي.

تتلوث المياه الجوفية بالكروم حول العالم من المصادر الطبيعية وكذلك المصادر البشرية. ومع ذلك، فإن المصادر الصناعية مثل طلاء الكروم ، وإنتاج الصلب ، ومنع التآكل ، والمواد الحافظة للأخشاب ، وحفر الآبار ، وأصباغ الطلاء تؤدي إلى تلوث المياه الجوفية بالكروم، فضلا عن المصادر الطبيعية مثل تجوية الصخور تؤدي أيضًا إلى تلوث المياه الجوفية بالكروم (Zhitkovich، 2011).

ان نسب الكروم في منطقة الدراسة كانت اقل منها في المياه الجوفية لمنطقة البنجاب في الهند التي بلغ متوسط تركيزها (1.48) ملغم.لتر⁻¹ (Krishan وآخرون، 2021)، وكانت مقاربة لما توصل اليه Mohammed وآخرون، (2020) في مياه الابار في محافظة دهوك، اذ تراوحت بين (0.005 - 0.324) ملغم.لتر⁻¹. وبين Sridhar وآخرون، (2017) ان تركيز الكروم في المياه الجوفية في عدد من المدن الهندية تراوح بين (0.229- 0.971) ملغم.لتر⁻¹. و وجد Wu و He، (2019) في الصين ان تراكيز الكروم في المياه الجوفية قد بلغ اعلاها (0.097) ملغم.لتر⁻¹ وبمتوسط (0.020) ملغم.لتر⁻¹.



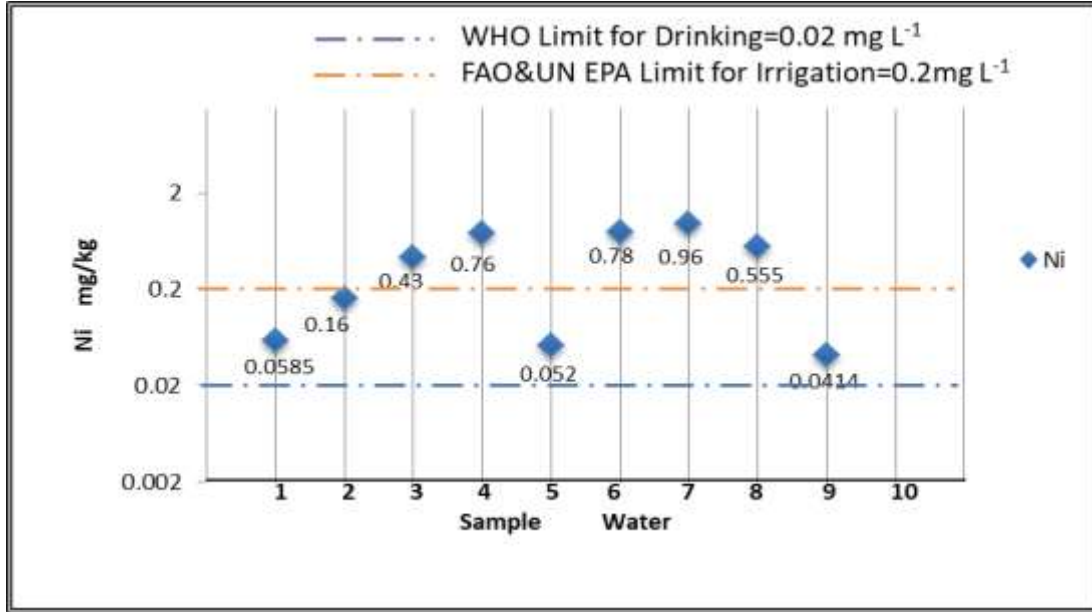
الشكل (3) تركيز عنصر الكروم في عينات المياه بالمقارنة مع الحد الحرج.

النیکل Nickel

تراوح محتوى النيكل في عينات المياه بين (ND – 0.96) ملغم.لتر⁻¹ ، ولم تسجل اي قيمة لعنصر النيكل في عينة ماء النهر ، وبلغ اعلى تركيز للنيكل في البئر 7 (GW7)، ويظهر بان جميع عينات مياه الابار التسع قد تجاوزت الحد الاعلى المسموح به حسب دليل منظمة الصحة العالمية (2017) والتي تؤكد على ان المياه تعتبر ملوثة بالنيكل وغير صالحة للشرب اذا تجاوزت تركيز 0.02 ملغم.لتر⁻¹ . اما لأغراض الري فتبين ان مياه الابار 3، 4، 6، 7، و 8 غير صالحة بحسب دليل منظمة الاغذية والزراعة (1985) و وكالة حماية البيئة الامريكية (2012) والتي تعتبر ان المياه خطيرة جدا على نظام التربة اذا ما تجاوز تركيز النيكل الحد الاعلى المسموح به والبالغ 0.2 ملغم.لتر⁻¹ الشكل (4)، ويعزى سبب ارتفاع تركيز النيكل في عينات مياه الابار الى تلوث تربة المنطقة بالنيكل، اذ يؤدي التراكم للمعادن الثقيلة في التربة الى تلوث المياه الجوفية من خلال الترشيح بواسطة مياه الامطار (Behbahaninia و اخرون، 2009). أو يمكن القول بانها حالة طبيعية مرتبطة بتجوية صخور مادة الأصل (BAYRAKLI و Dengiz، 2019)، تحديدا البئر 8 الواقع غرب منطقة الدراسة والبعيد عن مصادر التلوث المحتملة.

من المصادر الاخرى للنيكل حول العالم في المياه الجوفية من محطات توليد الطاقة ومحرقه النفايات والصناعات المعدنية. كما أنه يدخل من خلال الانتشار غير السليم لبطاريات النيكل والكاديوم ، ويمكن أيضا العثور على مركبات النيكل في نفايات الصرف الحي ، وفي الخبث والرماد المتطاير من محارق النفايات (Tadiboyina و Ptsrk، 2016).

تحتوي المياه الجوفية للمنطقة على نيكل اعلى من المسجل في المياه الجوفية في شمال غرب ليبيا (0.09 - 0.11) ملغم.لتر⁻¹ (Nour، 2015). كما انها اعلى من القيم تحصل عليها Al-Imarah و اخرون، (2019) في البئر 9 القريب من حقول الشعيبية النفطية والتي تراوحت بين (0.00043 - 0.0039) ملغم.لتر⁻¹. وبين Krishan و اخرون، (2021) ان النيكل في المياه الجوفية في منطقة البنجاب في الهند تراوح بين (0.01 – 9.04) ملغم لتر⁻¹ وبمتوسط تركيز بلغ (1.23) ملغم لتر⁻¹



الشكل (4) تركيز عنصر النيكل في عينات المياه بالمقارنة مع الحد الحرج.

الاستنتاجات

اعتمادا على نتائج هذه الدراسة يمكن استنتاج ما يأتي:

1. جميع مياه الآبار التسعة كانت غير صالحة للاستخدامات الزراعية من حيث قيم التوصيل الكهربائي
2. تراكيز ايونات الكالسيوم في الآبار 1 و 3 و 7 و 8 تجاوزت الحد المسموح للأغراض الزراعية، اما المغنيسيوم فيظهر بانه قد تجاوز الحد الحرج وتحديدا في الآبار 1، 2، 5، 6، 7، 8 و 9 لذلك فهي تعتبر غير صالحة لأغراض الري .
3. ان تركيز العناصر الثقيلة المدروسة (رصاص، كروم، نيكل) كانت ضمن المديات المسموح بها للري باستثناء النيكل الذي تجاوز في خمسة آبار الحد الاقصى بحسب منظمة الغذاء والزراعة الدولية.

المصادر

- Aggarwal, T. R., Singh, K. N., & Gupta, A. K. (2000). Impact of sewage containing domestic wastes and heavy metals on the chemistry of Varuna river water. *Pollution Research*, 19(3), 491-494.
- Aguilera, A., Bautista, F., Gutiérrez-Ruiz, M., Cenicerós-Gómez, A. E., Cejudo, R., & Goguitchaichvili, A. (2021). Heavy metal pollution of street dust in the largest city of Mexico, sources and health risk assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(4), 1-16.
- Al-Imarah, F. J., Al-Nagar, G. A., & Al-Hatem, Z. A. (2019, September). Heavy metals in well's waters within Southern Basrah Province/Iraq. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1294, No. 7, p. 072018). IOP Publishing.
- Al-Tememi, M. K. (2015). Groundwater quality and origin within Dibdibba aquifer, near Jabel Sanam area southern of Basrah Governorate, Iraq. *Mesopotamian Journal of Marine Sciences*, 30(1), 47-56.
- APHA (American Public Health Association).(2017).Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23th Edition,800 I Street, NW, Washington DC, USA.

- Ayers, R. S. & Westcot, D. W. 1985 Water Quality for Agriculture FAO Irrigation and Drain. Food and Agriculture Organization Paper No: 29 (1), 1–109, Rome.
- Ayoub, M. (2018). Modelling of the Fabrics Filtration to Remove the Turbidity from the Extracted Groundwater. American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS), 49(1): 76-85. <http://asrjetsjournal.org/>
- Azis, A., Yusuf, H., Faisal, Z., & Suradi, M. (2015). Water turbidity impact on discharge decrease of groundwater recharge in recharge reservoir. Procedia Engineering, 125, 199-206.
- Balli, N., & Leghouchi, E. (2018). Assessment of lead and cadmium in groundwater sources used for drinking purposes in Jijel (Northeastern Algeria). Global Nest Journal, 20(2), 417-423.
- Bauder, T. A., Waskom, R. M., Sutherland, P. L., Davis, J. G., Follett, R. H., & Soltanpour, P. N. (2011). Irrigation water quality criteria. Service in action; no. 0.506.
- BAYRAKLI, B., & Dengiz, O. (2019). Determination of heavy metal risk and their enrichment factor in intensive cultivated soils of Tokat Province. Eurasian Journal of Soil Science, 8(3), 249-256.
- Behbahaninia, A., Mirbagheri, S. A., Khorasani, N., Nouri, J., & Javid, A. H. (2009). Heavy metal contamination of municipal effluent in soil and plants. Journal of Food, Agriculture and Environment, 7(3-4), 851-856.
- Bhowmik, A. K., Alamdar, A., Katsoyiannis, I., Shen, H., Ali, N., Ali, S. M., ... & Eqani, S. A. M. A. S. (2015). Mapping human health risks from exposure to trace metal contamination of drinking water sources in Pakistan. Science of the Total Environment, 538, 306-316.
- Bouteldjaoui, F., Kettab, A., & Bessenasse, M. (2017). Identification of the Hydrogeochemical Process in Zahrez Basin, Algeria. Algerian Journal of Environmental Science and Technology, 3(1).
- Chegbeleh, L. P., Akurugu, B. A., & Yidana, S. M. (2020). Assessment of groundwater quality in the Talensi District, Northern Ghana. The Scientific World Journal, 2020.
- Elbeshbishy, E., & Okoye, F. (2019). Improper disposal of Household Hazardous waste: Landfill/municipal wastewater treatment plant. Municipal Solid Waste Management.
- Guo, Y., Li, P., He, X., & Wang, L. (2022). Groundwater quality in and around a landfill in northwest China: characteristic pollutant identification, health risk assessment, and controlling factor analysis. Exposure and Health, 1-17.
- He, S., & Wu, J. (2019). Hydrogeochemical characteristics, groundwater quality, and health risks from hexavalent chromium and nitrate in groundwater of Huanhe Formation in Wuqi county, northwest China. Exposure and Health, 11(2), 125-137.
- Hu G, Yu R, Zhao J, Chen L. 2011. Distribution and enrichment of acid-leachable heavy elements in the intertidal sediments from Quanzhou Bay, southeast coast of China. Environmental Monitoring and Assessment, 173 (1-4), 107-116.
- Jackson, M. L. (1958). Soil chemical analysis prentice Hall. Inc., Englewood Cliffs, NJ, 498, 183-204.

- Keegan, T. J., Farago, M. E., Thornton, I., Hong, B., Colvile, R. N., Pesh, B., Jakubis, P., & Nieuwen, H. M. J. (2006). Dispersion of As and selected heavy metals around a coal- burning power station in central Slovakia. *Science of the Total Environment*, 358(4), 61–71
- Kisku GC, Barman SC, Bhrgava SK. 2000. Contamination of soil and plants with potentially toxic elements irrigated with mixed industrial effluent and its impact on the environment. *Water Air and Soil Pollution*, 120(1-2), 121-137.
- Krishan, G., Sudarsan, N., Ghosh, N. C., Kumar, S., Singh, S., Sharma, A., ... & Vashisth, R. (2021). Concentration of heavy metals in groundwater and heavy metal pollution index in Punjab.
- Lapworth, D. J., Nkhuwa, D. C. W., Okotto-Okotto, J., Pedley, S., Stuart, M. E., Tijani, M. N., & Wright, J. J. H. J. (2017). Urban groundwater quality in sub-Saharan Africa: current status and implications for water security and public health. *Hydrogeology Journal*, 25(4), 1093-1116.
- Liu, L.; Wu, J.; He, S.; Wang, L. Occurrence and distribution of groundwater fluoride and manganese in the Weining Plain (China) and their probabilistic health risk quantification. *Expo. Health* 2021.
- Malassa, H., Hadidoun, M., Al-Khatib, M., Al-Rimawi, F., & Al-Qutob, M. (2014). Assessment of groundwater pollution with heavy metals in North West Bank/Palestine by ICP-MS.
- Mendie, U. E. (2005). *The theory and practice of clean water production for domestic and industrial use: Purified and package water*. Lagos: Lacto-Medals Publishers.
- Mohammed, N. I., Abduljabar, K. A., Mahdi, H. S., Abdullah, H. M., & Youssef, S. (2020). Groundwater quality assessment of Domiz refugee camp in Duhok governorate, Kurdistan region, Iraq. *Zanco Journal of Pure and Applied Sciences*, 32(4), 157-168.
- Nour, H. E. S. (2015). Distribution of hydrocarbons and heavy metals pollutants in groundwater and sediments from northwestern Libya.
- Obinna, I. B., & Ebere, E. C. (2019). A review: Water pollution by heavy metal and organic pollutants: Brief review of sources, effects and progress on remediation with aquatic plants. *Analytical Methods in Environmental Chemistry Journal*, 2(03), 5-38
- Oyeleke, P. O., & Okparaocha, F. J. (2016). Assessment of some heavy metals in groundwater in the vicinity of an oil depot in Nigeria. *Am Chem Sci Jour*, 12(3), 1-7.
- Sahu, R. K., Katiyar, S., Tiwari, J., & Kisku, G. C. (2007). Assessment of drain water receiving effluent from tanneries and its impact on soil and plants with particular emphasis on bioaccumulation of heavy metals. *Journal of Environmental Biology*, 28(3), 685.
- Salem, I. B., Nazzal, Y., Howari, F. M., Sharma, M., Mogaraju, J. K., & Xavier, C. M. (2022). Geospatial Assessment of Groundwater Quality with the Distinctive Portrayal of Heavy Metals in the United Arab Emirates. *Water*, 14(6), 879.
- Sridhar, S. G. D., Sakthivel, A. M., Sangunathan, U., Balasubramanian, M., Jenefer, S., Mohamed Rafik, M., & Kanagaraj, G. (2017). Heavy metal concentration in groundwater from besant nagar to sathankuppam, south Chennai, Tamil nadu, India. *Applied Water Science*, 7(8), 4651-4662.

- Sunkari, E. D., Abu, M., Bayowobie, P. S., & Dokuz, U. E. (2019). Hydrogeochemical appraisal of groundwater quality in the Ga west municipality, Ghana: implication for domestic and irrigation purposes. *Groundwater for Sustainable Development*, 8, 501-511.
- Tadiboyina, R., & Ptsrk, P. R. (2016). Trace Analysis of Heavy Metals in Ground Waters of Vijayawada Industrial Area. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(10), 3215-3229.
- Tilman D and Clark M. 2015. Food, Agriculture & the Environment: Can We Feed the World & Save the Earth? *Daedalus*, 144 (4), 8-23
- USEPA, S. (2012). Guidelines for water reuse. Special Restricted Crop Area in Mendoza, Argentina.
- World Health Organization, W.H.O, 2017. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. WHO, Geneva.
- World Health Organization. (2007). Quality assurance of pharmaceuticals: a compendium of guidelines and related materials. Good manufacturing practices and inspection (Vol. 2). World Health Organization.
- Xu, P., Feng, W., Qian, H., & Zhang, Q. (2019). Hydrogeochemical characterization and irrigation quality assessment of shallow groundwater in the Central-Western Guanzhong Basin, China. *International journal of environmental research and public health*, 16(9), 1492.
- Younus, B. M., & Al-Khafaji, B. Y. (2020). Determination of Trace Elements Lead, Nickel and Cadmium in Ground Water from Wells near Southern Refineries, Basrah-Iraq. *Mesopotamian Journal of Marine Sciences*, 35(1), 43-50.
- Zhang, Q., Xu, P., & Qian, H. (2019). Assessment of groundwater quality and human health risk (HHR) evaluation of nitrate in the Central-Western Guanzhong Basin, China. *International journal of environmental research and public health*, 16(21), 4246.
- Zhang, Y., & Wang, X. (2021). Evaluation of Heavy Metal Pollution in Shallow Groundwater of Farmland in Huaibei Plain, China. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 267, p. 02009). EDP Sciences.
- Zhitkovich, A. (2011). Chromium in drinking water: sources, metabolism, and cancer risks. *Chemical research in toxicology*, 24(10), 1617-1629.