

The Effect of Organic Pollutants on the Some Physical and Chemical Properties of Groundwater in the Azzab Al-Asfal District - Kirkuk

M. H. Ahmad*¹ A. I. Khalil²

^{1,2} Department of Chemistry, College of Science, University of Tikrit, Tikrit, Iraq

Article information

Article history:

Received February 10, 2023

Revised: April 27, 2023

Accepted May 03, 2023

Available online September 01, 2023

Keywords:

Oil Pollution

Aquifer

Chlorides

Nutrients

Correlation

Correspondence:

[mohammad.h.ahmad.chem46](mailto:mohammad.h.ahmad.chem46@st.tu.edu.iq)

@st.tu.edu.iq

Abstract

In this study, the effect of organic pollutants dissolved in water, which was extracted with normal hexane (HEM) on the physical properties of groundwater in the Azzab Al-Asfal district - Kirkuk, was studied, represented by viscosity, surface tension. And chemical properties: pH, basicity, acidity, chlorides, nutrients (nitrates and sulfates), and chromium. The results showed that the organic pollutants are sourced from the oil wells in the (Bai Hassan) region of the North Oil Company. Oil spills and crude oil processing operations lead to contamination of groundwater in nearby areas with organic matter that has a direct impact on the physical and chemical properties of that water. As the viscosity and surface tension decreased as a result of the dissolution of some organic substances in the groundwater, these solutes acted as surface tension and viscosity reducers. Other chemical properties were also affected by human activities, as the alkalinity and acidity increased significantly while the pH remained within the medium limits. Concentrations of chlorides, chromium, and nutrients represented in nitrates and sulfates were also affected, as their levels rose beyond the normal values. The data were treated statistically using the (SPSS) software, and Pearson's correlation coefficient was used as a function to find out the correlations and their size between HEM and other variables.

DOI: [10.33899/edusj.2023.138255.1329](https://doi.org/10.33899/edusj.2023.138255.1329), ©Authors, 2023, College of Education for Pure Sciences, University of Mosul.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introduction

غالبًا ما تحتوي المياه الجوفية على تراكيز منخفضة من المركبات العضوية والمعروفة باسم المواد الدبالية (Humic Substances). تتكون هذه المواد من العديد من الجزيئات المعقدة التي تنشأ من التحلل الجراثيمي للمادة العضوية في التربة القريبة من السطح [1,2]. المواد الدبالية هي جزيئات كبيرة تتراوح أوزانها الجزيئية بين 500-5000 g/mol، وعند ذوبانها في الماء يتحول المحلول إلى اللون الأصفر أو البني الغامق [3].

تُصنّف معظم المواد الدبالية في المياه الجوفية إما على أنها حامض الهيوميك (Humic Acid) أو حامض فولفك (Fulvic Acid)، وكل منها عبارة عن فئة واسعة من الجزيئات غير المحددة في الغالب. هذه الأحماض قابلة للذوبان في الماء تمامًا، وعند الذوبان، تطلق هذه الأحماض بروتونات وجزيئات عضوية أنيونية كبيرة بشكل عام إلى المحلول. بسبب طبيعتها الأنيونية، فإنها تميل إلى التعقيد مع الكاتيونات المعدنية. الحموضة والتفاعلات المعقدة لهذه الجزيئات تُعد من العوامل المهمة في عملية التجوية المعدنية. ففي التحاليل القياسية للمياه الجوفية، لا يتم تحديد جزيئات عضوية بعينها، بدلاً من ذلك، يتم تحليل إجمالي المحتوى العضوي المذاب والذي يُطلق عليه الكربون العضوي المذاب (Dissolved Organic Carbon = DOC) [2].

يعد تلوث المياه الجوفية بالنفط الخام وغيره من السوائل البترولية مشكلة واسعة الانتشار، إذ أن جزءاً كبيراً من جميع هذه المشاكل ينطوي على ملوثات عضوية. فالبشر يستخدمون كميات هائلة من الوقود الهيدروكربوني والمذيبات والسوائل العضوية الأخرى ولا يكون مفاجئاً أن يتسرب كثيراً منها إلى باطن الأرض. بعض الإطلاقات كانت متعمدة، وكثير منها كان قانونياً تماماً لأنه كان هناك القليل من التنظيم أو لا توجد أية قوانين وأنظمة للتخلص من النفايات. بين الخمسينيات والثمانينيات

من القرن الماضي، زاد الوعي البيئي والتنظيم بشكل كبير، لذا فإن معظم الإطلاقات الآن عرضية أو غير قانونية. حتى العقود العديدة الماضية، كان عدد قليل من الناس على دراية بأن السوائل العضوية المنسكبة يمكن أن تتحرك في أعماق باطن الأرض، وتذوب في المياه الجوفية، ثم تهاجر لمسافات طويلة مسببة أمراض خطيرة [5,4].

عند تسرب النفط من الخزانات أو الانابيب، تتلوث التربة والمياه الجوفية أسفلها. فباعتباره سائلاً غير مائي، سيتم احتجاز النفط أولاً في مسام التربة [6]، والذي بدوره لن يغير بنية التربة فقط ويستقر بها، بل يصبح أيضاً مصدراً محتملاً لتلوث المياه الجوفية لاحقاً. وبمرور الوقت، فإن الملوثات المحتجزة في المنطقة غير المشبعة ستهاجر عمودياً إلى طبقة المياه الجوفية تحت تأثير النضح [7-10].

درس (Adeniji) وجماعته [11] أنواع وتركيب الملوثات النفطية في التربة، كذلك (Meyer) وجماعته [12] درس الملوثات العضوية الرئيسية في الماء، بما في ذلك مثيل ثالثي بيوتيل إيثر، مشتقات البنزين، هيدروكربونات البترول الكلية، والهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات، بالإضافة إلى هجرتها في المياه الجوفية.

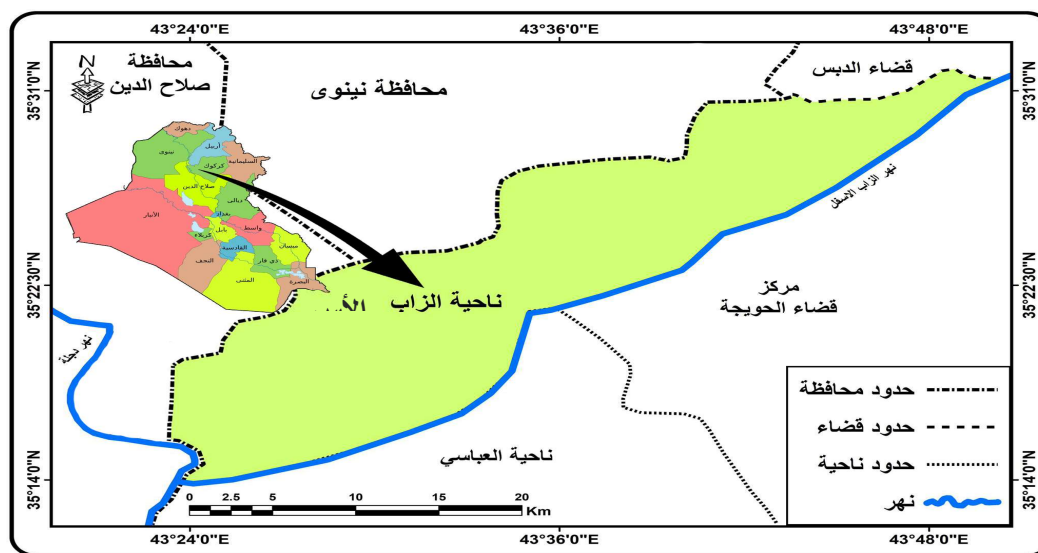
هدف البحث

يهدف هذا البحث الى دراسة تأثير الملوثات النفطية -المتسربة من حقول النفط القريبة من ناحية الزاب الأسفل/كركوك- على بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في هذه المنطقة.

Description of Study Area

تتبع منطقة الدراسة (ناحية الزاب الأسفل) (شكل 1) ادارياً لقضاء الحويجة في محافظة كركوك، تبدأ الحدود الإدارية للناحية عند النقطة ($35^{\circ}30'44''N$, $43^{\circ}48'45''E$) شرقاً، وتنتهي حدودها عند النقطة ($35^{\circ}20'20''N$, $43^{\circ}22'50''E$) من جهة الغرب، وتشكل القرى التابعة للناحية شريطاً عرضه التقريبي (10km) يمتد بطول (47km) بمحاذاة نهر الزاب الأسفل من الشرق الى الغرب، ويقع مركز الناحية في نقطة التقاء نهر الزاب الأسفل بدجلة [13]. يبلغ عدد سكان الناحية حسب إحصائية أجرتها وزارة الإعمار و الإسكان و البلديات و الأشغال العامة عام (2014) بحوالي (56,742) نسمة [14] ويعتمد معظم سكان القرى التابعة للناحية على المياه الجوفية لغرض الشرب والزراعة.

تتكون جيولوجيا منطقة الدراسة من ترسبات العصر الطباشيري وهي عبارة عن صخور جيرية، نارية، كلسية، متحولة، ورسوبية [15].



شكل 1: الخارطة الإدارية لناحية الزاب الأسفل (المصدر: ArcGIS)

Chemical Materials

المواد الكيميائية متضمنة الكواشف والمذيبات، والمستعملة في هذا البحث من إنتاج شركات (BDH, Merck, Fulka, Hach, Alfa Aesar, Sigma) (Aldrich) وحسب الجدول (1). وبالنظر لنقاوتها العالية (%98.5-99.6) فلا حاجة لتنقيتها.

جدول (2.2): المواد والكواشف الكيميائية المستعملة في البحث والشركات المصنعة لها

المادة	H ₂ SO ₄	HCl	AgNO ₃	KCrO ₄	NaOH	BaCl ₂	Sulfanilic acid	Resorcylic acid
الشركة	BDH	BDH	Merck	Merck	Fulka	Fulka	Hach	Hach
المادة	KBrO	1,5-Diphenylcarbazine					Mn	HNO ₃
الشركة	Hach	Hach					Alfa Aesar	Sigma Aldrich

Equipment

جدول (2): الأجهزة المستعملة في البحث

اسم الجهاز	الموديل / الشركة المصنعة
جهاز قياس اللزوجة Viscosity Meter	BROOKFIELD / DV-E
جهاز قياس الشد السطحي Tensiometer	Kibron / AquaPi
جهاز قياس الرقم الهيدروجيني pH Meter	OHAUS / STARTER2000
ميزان تحليلي Analytical Balance	KERN / ABS 120-4N
مطياف الأشعة المرئية Spectrophotometer	Hach / DR3900
مطياف الامتصاص الذري AAS	PerkinElmer / AAnalyst 200

Collection of Samples

جُمِعَت العينات باستعمال قناني من البولي ايثيلين سعة (1L) من (30) بئر على أعماق مختلفة تتراوح بين (20-200)m موزعة على قرى ومركز ناحية الزاب الأسفل. تم التركيز على القرى الواقعة شرق الناحية كون عدد الآبار المحفورة فيها كبيراً جداً مقارنةً ببقية المناطق لأن السكان هناك يعتمدون بشكل شبه كلي على المياه الجوفية لأغراض الشرب والزراعة. حُمِضَت العينات بـ (5mL) من (0.1N H₂SO₄) وحُفِظَت في الثلاجة عند (5°C) تجهيزاً للقياسات اللاحقة.

Oil and Grease

قُيِّرَت تراكيز الزيوت والشحوم النفطية بطريقة (Method 1664, n-Hexane Extractable Material (HEM); Oil and Grease) [16]. إذ تعتمد هذه الطريقة على استخلاص الملوثات العضوية في الماء بواسطة الهكسان الاعتيادي والمتضمنة هيدروكربونات نفطية غير متطايرة، زيوت نباتية، دهون حيوانية، شمع، صابون... ثم فصل وتقطير الطبقة العضوية. وتم استعمال المعادلة (1) لحساب التراكيز بوحدة (mg/L).

$$HEM_{(mg/L)} = (A-B)/V_{Sample} \dots (1)$$

حيث: A = وزن الدورق (mg) مع المخلفات. B = وزن الدورق (mg) فارغ.

Viscosity

قيست اللزوجة بواسطة جهاز (BROOKFIELD / DVE). طُبِّقَت طريقة العمل الموجودة في دليل المستخدم المرفق معه. إذ ضُبِّطَ المستوى الأفقي للجهاز، ومعايرته بواسطة المحلول القياسي. ووضع (500mL) من العينة في بيكر زجاجي بنفس سعة العينة واستعمال المغزل (Spindle) رقم (62) الخاص بفحص الماء

وبسرعة دوران (30rpm). سُجِّلَت قِيَم اللزوجة للعينات بوحدات ملي باسكال في ثانية (mPa.s).

Surface Tension (ST)

قُيِسَت قِيَم الشد السطحي للعينات باستعمال جهاز (Kibron / AquaPi Portable Tensiometer) المحمول. إذ تمت معايرة الجهاز بمحلوله القياسي المرفق. سُجِّنَ الجزء الحساس من الجهاز (سلك بلاتين) لحد الاحمرار لغرض تعقيمه وإزالة أية دهون او مواد عالقة وُضِعَ بصورة عمودية على الوعاء المخصص للعينة ذو السعة (3mL) لمدة (30s) وتم تسجيل قِيَم الشد السطحي بوحدات ملي نيوتن لكل متر (mN/m).

pH

قُيِسَ الرقم الهيدروجيني باستعمال جهاز (OHAUS / STARTER2000). تمت معايرة الجهاز، وتنظيف قطب الهيدروجين بمحلول التنظيف. بعدها غُمِرَ القطب في ماء العينة وانتظار مدة (5min) لحين استقرار قراءة الجهاز، كُزِرَت العملية لباقي العينات وسُجِّلَت القيم.

Alkalinity

قُيِرَت القاعدية حسب طريقة (APHA: Alkalinity 2320) [17]. إذ تتمثل قاعدية المياه بالكربونات والبيكربونات وأيونات الهيدروكسيل، لذا هنالك ثلاث نقاط نهاية للتفاعل عند استعمال حامض الكبريتيك للمعايرة: عند pH=10 كل مجاميع الهيدروكسيل تتحول لماء، عند pH=8.3 تتحول الكربونات الى بيكربونات، وأخيرًا عند pH=4.5 تتحول كل البيكربونات وما تبقى من الكربونات الى حامض الكربونيك. لذا فإن القاعدية الكلية (Total Alkalinity) تعتمد على pH=4.5 كنقطة نهاية للتفاعل وتُحسب طبقًا للمعادلة (2).

$$\text{Alkalinity}_{(\text{mg/L})} = \frac{A \times N \times 50,000}{\text{ml}_{\text{Sample}}} \dots (2)$$

حيث: A = حجم حامض الكبريتيك المُسَخَّح (مل). N = عيارية حامض الكبريتيك (مل).

Acidity

قُيِرَت حامضية النماذج حسب طريقة (APHA: Acidity 2310) [17] وذلك بتسحيح العينة ضد محلول قياسي (0.02M) هيدروكسيد الصوديوم باستعمال المثيل البرتقالي كدليل، سُجِّلَت نقطة النهاية واستُعمِلَت المعادلة (3) لحساب الحامضية:

$$\text{Acidity}_{(\text{mg/L})} = \frac{A \times N \times 50,000}{\text{ml}_{\text{Sample}}} \dots (3)$$

حيث: A = حجم NaOH المُسَخَّح (مل). N = عيارية NaOH (مل).

Chlorides

قُيِرَت الكلوريدات بطريقة مور (Mohr's Method) [18] بترسيبها على شكل كلوريدات الفضة. وُضِعَ (10mL) من العينة في ورق مخروطي، اضيف اليه بضع قطرات من كرومات البوتاسيوم كدليل، وسُجِّحَ ضد (0.05N) نترات الفضة. طُبِّقَت المعادلة (4) لحساب تركيز الكلوريدات:

$$[\text{Cl}]_{\text{ppm}} = (m_1 - m_2) \times 35.45 \times 1000 \times N / V_{\text{Sample}} \dots (4)$$

حيث: m_1 = حجم نترات الفضة المُسَخَّح ضد العينة. m_2 = حجم نترات الفضة المُسَخَّح ضد البلانك.

N = عيارية نترات الفضة.

Nitrate

قُيِرَت تراكيز النترات طيفيًا باستعمال مطياف الاشعة المرئية (HACH-DR3900) وحسب الطريقتين (Method 8039 & 8192) الموصفتين من قبل (Hach Company) [19]. وتعتمد هاتان الطريقتان على اختزال النترات الى النتريت من قبل عنصر الكادميوم. يتفاعل ايون النتريت في الوسط الحامضي مع حامض السلفانيليك ويكون املاح الديازونيوم التي تتفاعل بدورها مع حامض 4,2-ثنائي هيدروكسي بنزويك لتكون محلول ملون عنبري (Amber Color)، ويتم القياس عند الطول الموجي (500nm).

Sulfate

رُسِيت الكبريتات على شكل كبريتات الباريوم، وقُدرت بالطريقة الوزنية (Gravimetric Sulfate Determination, Method 427A) [20]. وُضع (50mL) من العينة في ورق مخروطي وخُصَصَ بـ (1mL) محلول (0.05N HCl)، سُخِّنَ المزيج لمدة (30min) لدرجة الغليان بعد إضافة (5mL) محلول (0.05N) كلوريد الباريوم. بُدِدَ المحلول وترك لمدة (24h) بانتظار ترسيب كبريتات الباريوم، رُشِّحَ الراسب وغُسلَ بالماء المقطر، جُفِّت ورقة الترشيح وخرقت، وُزِنَ الراسب واستُخرج تركيز الكبريتات منه حسب المعادلة (5).

$$[\text{SO}_4^{=}]_{\text{ppm}} = (\text{mg BaSO}_4 * 411.5) / V_{\text{sample}} \dots (5)$$

Chromium

قُدرت تراكيز الكروم في نماذج الدراسة بطريقة (Alkaline Hypobromite Oxidation Method 3500-Cr) [21]. باستعمال المطياف اللوني (HACH-DR3900) حسب طريقة العمل المرقمة (8023) والمرققة مع الجهاز. تعتمد هذه الطريقة على أكسدة الكروم (III) إلى (VI) بواسطة هايپوبرومايت البوتاسيوم في وسط قاعدي. بعدها يتم تقدير الكروم الكلي (الثلاثي المؤكسد سابقًا والسداسي) عن طريق تحميض العينة بحامض الكبريتيك وإضافة كاشف 5,1-ثنائي فنيل كاربوهيدرازيد. ويتم القياس عند الطول الموجي (540nm).

Manganese

قُدرت تراكيز المنغنيز باستعمال مطياف الامتصاص الذري ذو الفرن الكرافيتي (PerkinElmer AAnalyst200) بعد هضم العينات بـ (0.5N, HNO₃) وتجهيز المحلول القياسي بإذابة (0.01g) من المنغنيز في (2mL, 1:1 HCl) وخُفِّفَ المزيج إلى (100mL) ماء منزوع الأيونات [22].

Data Processing

خُلِّت البيانات احصائيًا باستعمال تحليل التباين (ANOVA = Analysis of Variance) وأقل فرق معنوي (LSD=Least Significant Difference) بواسطة برنامج (SPSS-V26) من أجل المقارنة بين المتوسطات للمتغيرات المختلفة وإيجاد العلاقة بينهم، وإيجاد قيم المدى والانحراف المعياري ومعامل ارتباط بيرسون بين هذه المتغيرات.

جدول 1: الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الآبار المدروسة

Mn	Cr	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Acid.	Alk.	pH	ST	Vis.	HEM	Well No.
mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L		mN/m	mP/S	mg/L	
3.32	0.04	36.54	0.18	2.76	93.67	127.4	7.75	66.35	0.76	280	1
2.95	0.03	37.67	0.10	2.34	95.23	116.5	7.65	67.66	0.76	295.8	2
2.77	0.01	28.28	3.50	4.02	89.02	118.2	7.42	66.12	0.75	223.7	3
2.79	0.00	18.76	0.22	3.93	88.10	180.0	7.55	68.08	0.74	332	4
2.44	0.00	28.55	3.30	3.28	96.39	210.4	7.40	68.63	0.76	280	5
3.00	0.00	32.00	2.50	4.54	110.0	245.4	7.65	68.87	0.77	253.3	6
2.89	0.00	33.16	1.10	3.88	103.2	198.2	7.26	69.86	0.77	184.1	7
3.44	0.01	49.01	0.06	5.07	113.6	187.6	7.30	68.46	0.76	176.6	8
3.56	0.01	41.06	2.50	4.67	127.2	213.4	7.73	70.38	0.75	175.2	9
3.77	0.01	38.48	3.20	7.39	101.9	187.8	7.30	69.44	0.77	183.0	10

3.90	0.01	31.83	2.03	4.00	112.8	190.0	7.23	72.76	0.77	143.9	11
4.78	0.01	48.57	2.51	7.03	114.0	206.0	7.30	70.90	0.80	137.2	12
4.99	0.02	52.44	4.70	5.19	121.1	208.2	7.51	72.09	0.79	121.0	13
5.50	0.03	58.85	4.40	6.29	109.3	210.6	7.97	71.11	0.79	143	14
5.60	0.06	52.90	3.31	6.77	127.8	229.1	7.58	74.19	0.82	68.8	15
5.38	0.08	43.00	0.60	6.09	130.5	254.7	7.21	74.83	0.82	65.8	16
5.19	0.00	48.23	4.40	7.11	133.1	298.3	7.19	75.27	0.83	23.3	17
5.65	0.03	56.54	4.31	9.21	133.4	283.2	7.25	74.65	0.85	27.4	18
5.23	0.06	44.66	4.50	10.21	121.6	294.7	7.49	75.00	0.86	31.1	19
4.98	0.03	36.23	4.55	18.98	167.2	308.2	7.49	74.82	0.87	32.8	20
4.77	0.03	47.88	4.70	27.00	156.7	297.0	7.40	76.43	0.87	18.6	21
4.63	0.04	50.47	3.26	23.48	163.1	284.2	7.43	74.44	0.82	15.3	22
4.76	0.02	53.37	4.25	44.66	152.3	249.4	6.85	75.21	0.83	41.8	23
4.23	0.05	46.33	4.89	47.87	142.0	223.3	7.26	74.38	0.89	31.7	24
4.78	0.07	44.33	5.25	52.07	140.0	219.1	7.00	76.90	0.90	33.4	25
4.33	0.06	62.76	5.33	48.43	135.5	198.8	7.00	76.00	0.89	38.5	26
4.23	0.06	66.23	5.70	46.33	140.2	188.3	7.19	75.56	0.88	37.7	27
4.66	0.05	52.76	5.73	57.12	127.9	182.8	7.25	77.34	0.89	39.2	28
6.12	0.07	48.66	5.68	67.54	106.9	162.6	7.11	78.23	0.90	89.3	29
6.12	0.07	48.08	5.71	59.04	89.2	157.7	7.40	78.18	0.90	95.7	30
4.35	0.03	44.58	3.41	19.87	121.4	214.3	7.37	72.73	0.81	120.6	المعدل

جدول 2: علاقات الارتباط المعنوية ومستوى دلالتها للمتغيرات المدروسة للعينات

		Vis.	ST	pH	Alk.	Acid.	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	Cr	Mn
	r	-.823**	-.880**	.510**	-.628**	-.808**	-.558**	-.702**	-.713**	-.558**	-.765**
HEM	Sig.	.000	.000	.004	.000	.000	.001	.000	.000	.001	.000
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Oil and Grease

تراوحت تراكيز الزيوت والشحوم المستخلصة بالهكسان الاعتيادي بين (15.3-332)mg/L بمدى (316.7)mg/L ومعدل (144.2mg/L) وانحراف معياري كبير نسبياً (97.28) يدل على التشتت والتوزيع غير الطبيعي للقيم.

لا يمكن حصر الملوثات النفطية بمركب واحد، لذا وضعت وكالة حماية البيئة الامريكية (USEPA United States Environmental Protection Agency) الحدود العليا للهيدروكربونات البترولية المسوح بها في مياه الشرب عند مستوى (5mg/L)[23].

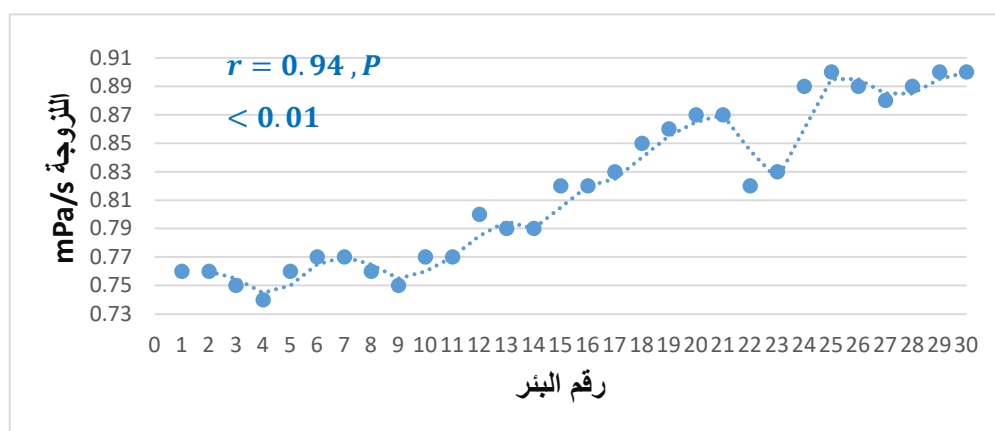
يعتقد الباحث ان التراكيز العالية للملوثات العضوية في منطقة الدراسة يرجع سببها الى عدة عوامل، لكن المصدر الرئيس لها هو العمليات النفطية التي تجري في المنطقة.

Viscosity

تراوحت قيم اللزوجة بين (0.74-0.9)mPa.s وبمدى مقداره (0.16)mPa.s بمتوسط حسابي (0.82)mPa.s، اما الانحراف المعياري فكان مقداره (0.05) وهي قيمة قليلة نسبياً وهذا يدل على عدم وجود اختلافات كبيرة بين الآبار المدروسة بالنسبة لمتغير اللزوجة.

تُعد لزوجة المياه الجوفية من العوامل الفيزيائية المهمة جداً والتي تتأثر بصورة مباشرة بكمية الملوثات العضوية الذائبة في الماء، إذ تؤدي المواد العضوية الى تقليل لزوجة الماء بصورة كبيرة [24]، وهذا يظهر جلياً في نتائج التحليل الاحصائي لقياس معامل الارتباط بين اللزوجة وكمية الشحوم والزيوت الذائبة في الماء والمستخلصة بواسطة الهكسان الاعتيادي (HEM)، إذ أظهرت النتائج وجود علاقة ارتباط معنوية عكسية قوية بمقدار ($r = 0.94$) عند مستوى الدلالة ($P < 0.01$). وهذا يتضح من مخطط التبعثر (1) بين موقع الآبار المدروسة ضد اللزوجة. وعند مقارنة قيم لزوجة العينات مع اللزوجة القياسية للماء المقطر عند (20°C) والبالغة (1mPa/s)[25]، يُلاحظ ان جميع العينات انخفضت نسبة لزوجتها عن تلك القياسية بمقدار لا بأس به، إذ قلّت اللزوجة باطراد كلما اقتربنا من موقع البئر الأول.

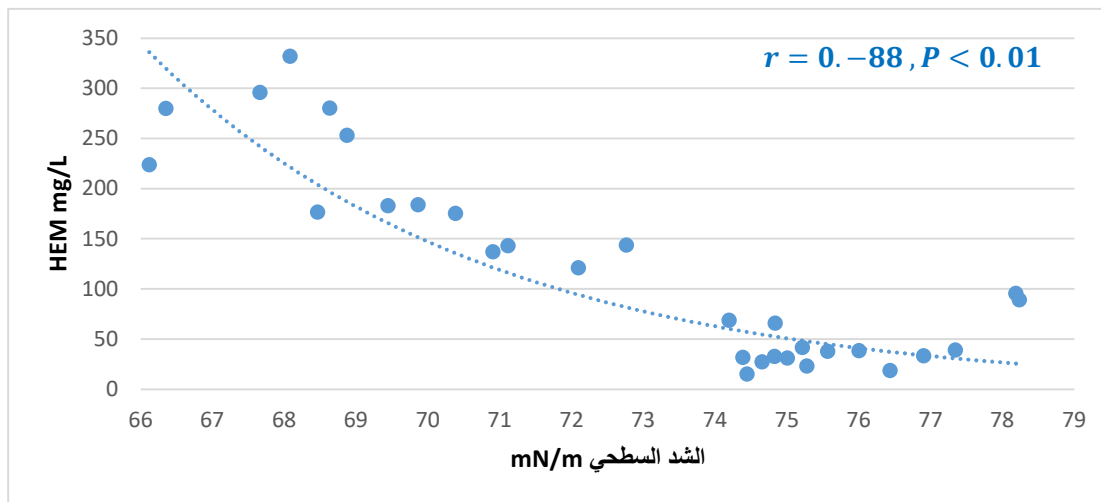
قد يكون السبب وراء انخفاض اللزوجة هو قرب موقع الدراسة من حقول نفط (باي حسن) وبمسافة لا تزيد عن (15km) لذا من الممكن ان تتسبب هذه الحقول بتلويث المياه الجوفية بالمخلفات النفطية كونها لا تلتزم بالمعايير البيئية بصورة كاملة مما يؤدي الى تسرب النفط الخام الى المناطق المحيطة بالحقول، إذ يؤدي إطلاق المخلفات النفطية في البيئة المجاورة بصورة مستمرة الى تلوث مياه نهر الزاب الأسفل ومياه الامطار المتجمعة على طول الضفة اليمنى والتي تقع فيها منطقة الدراسة.



مخطط 1: العلاقة بين اللزوجة ومواقع الآبار المدروسة

Surface Tension

تراوحت قيم الشد السطحي بين $(66.12-78.23)\text{mN/m}$ وبمدى (12.11mN/m) بمتوسط حسابي قدره $(72.73)\text{mN/m}$ وانحراف معياري بقوة (3.62) . فقد تبين من خلال التحليل الاحصائي لقيمة معامل ارتباط بيرسون وجود علاقة ارتباط معنوية سلبية متوسط للشد السطحي مع المواد العضوية الذائبة بالماء (HEM) بمقدار $(r = -0.88)$ عند مستوى $(P < 0.01)$ ، كما يوضحه الرسم البياني (المخطط 2).



مخطط 2: العلاقة بين الشد السطحي وتركيز المواد العضوية الذائبة (HEM)

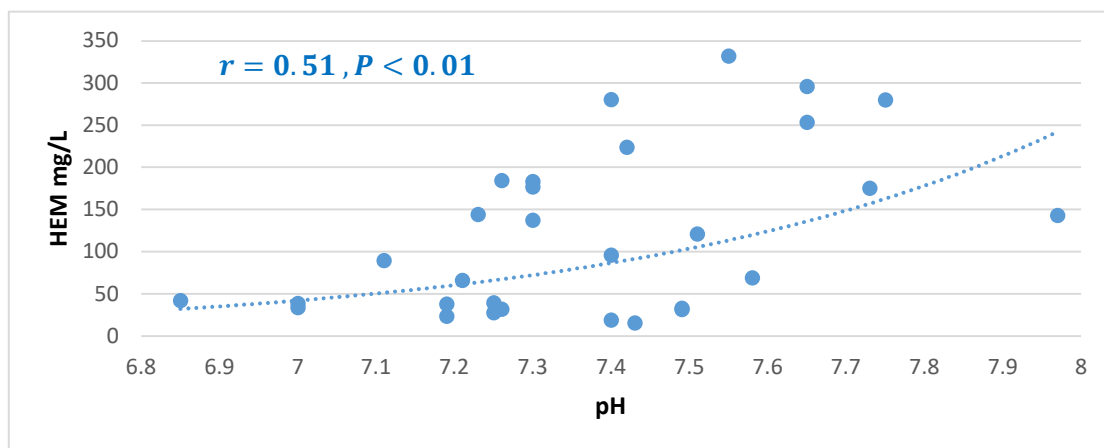
للشد السطحي أهمية بالغة على خصائص المياه، فنقصان الشد السطحي للمياه الجوفية -بسبب المواد الخافضة للشد السطحي والتي مصدرها الصناعات النفطية في منطقة الدراسة- يؤدي الى زيادة نسبة تبخرها [26]. وتعد هذه المشكلة من المشاكل التي يُعاني منها المزارعين الذين يستخدمون المياه الجوفية للري، لذا تحتاج هذه الحقول الى ري أكثر من تلك المروية بالمياه العذبة او غير الملوثة.

يؤدي انخفاض الشد السطحي الى زيادة انتقال الحرارة (Heat Transfer) من التربة الى المياه وكذلك داخل المياه نفسها، ونتيجة لذلك تُسخن بسرعة أكبر ويزداد معدل تبخرها. وبمراجعة الأدبيات يتضح أن انتقال الحرارة يزداد عن طريق إذابة المواد الخافضة للشد السطحي في السوائل بسبب نقصان في درجة غليانها [27]. ومع ذلك، هناك القليل من الإجماع حول التأثير الذي تفرضه المواد الخافضة للشد السطحي على درجة الغليان. إذ أظهرت دراسة (Lowery & Westwater) [28] ان إضافة مواد خافضة للشد السطحي الى الميثانول أدى الى زيادة معدل انتقال الحرارة داخل السائل وزيادة نسبة تبخره بالرغم من عدم تأثر درجة غليانه بهذه المواد المضافة، واستنتجوا ان تأثير المواد المضافة على انتقال الحرارة يرجع الى تعزيز هذه المواد لعملية التنبؤ (Nucleation) داخل السائل.

pH

تراوحت قيم الرقم الهيدروجيني بين $(6.85-7.97)$ بمدى قدره (1.12) ومتوسط حسابي عند (7.37) بانحراف معياري (0.24) وهي قيمة جيدة تدل على تجانس البيانات بالنسبة لهذا المتغير.

يؤثر الرقم الهيدروجيني على المكونات الكيميائية والخصائص الفيزيائية والبيولوجية للتربة والمياه [29]، لذا فإن لقياسات الرقم الهيدروجيني للمياه الجوفية أهمية بالغة، تنبع من كون pH له علاقة وثيقة بتراكيز المواد العضوية الذائبة، فمن خلاله يمكن التنبؤ بتراكيز الكربون العضوي المذاب (DOC) بسبب المجاميع الوظيفية التي تؤثر على الحامضية [30]. ومن ملاحظة معامل الارتباط بين الدالة الحامضية والـ HEM يُلاحظ وجود علاقة طردية معنوية متوسطة $(r = 0.51)$ عند مستوى دلالة $(P < 0.01)$ ، وهذا يظهر جلياً من خلال التبعثر الحاصل في الرسم البياني (مخطط 3) بين قيم pH وتراكيز الـ HEM.

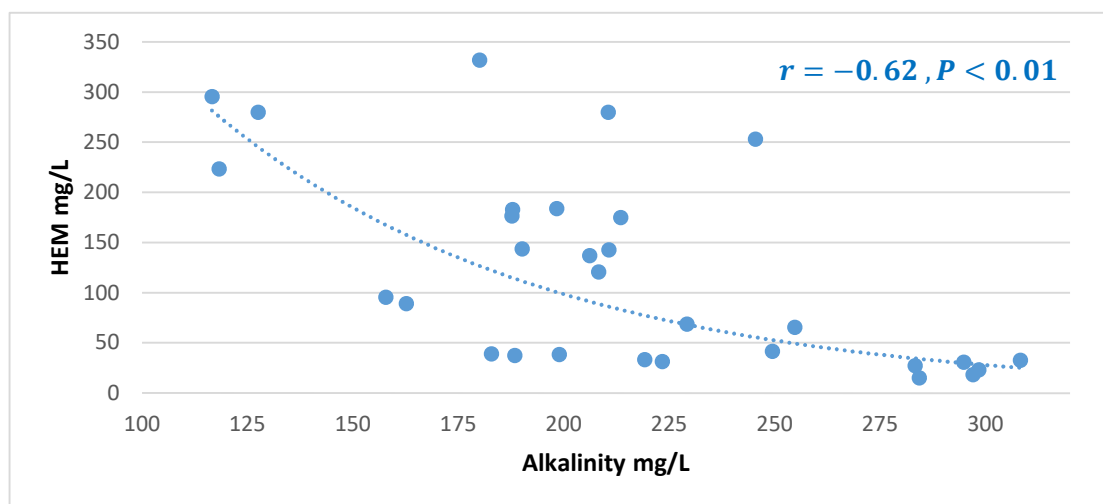


مخطط 3: العلاقة بين قيم pH وتركيز الزيوت والشحوم (HEM)

Alkalinity

تباينت قيم القاعدية للأبار المدروسة بشكل واضح، فقد تراوحت بين (308.23-116.54)mg/L بمتوسط (214.4 mg/L) ومدى (191.69 mg/L)، ويظهر التباين من خلال الانحراف المعياري والذي بلغ (52.74) وهي قيمة كبيرة نسبياً.

تؤثر المواد العضوية الدبالية مثل حامض الفوليك على الفصائل القاعدية وتعمل على تكسيرها ومعادلتها [31]، لذا فإن تراكيز الـ (HEM) يجب ان تتناسب عكسياً مع القاعدية. أظهرت النتائج الإحصائية علاقة سلبية للمواد العضوية المستخلصة بالهكسان مع قاعدية الماء ($r = -0.62$)، وهذا يتفق مع المعطيات المذكورة سلفاً (مخطط 4).



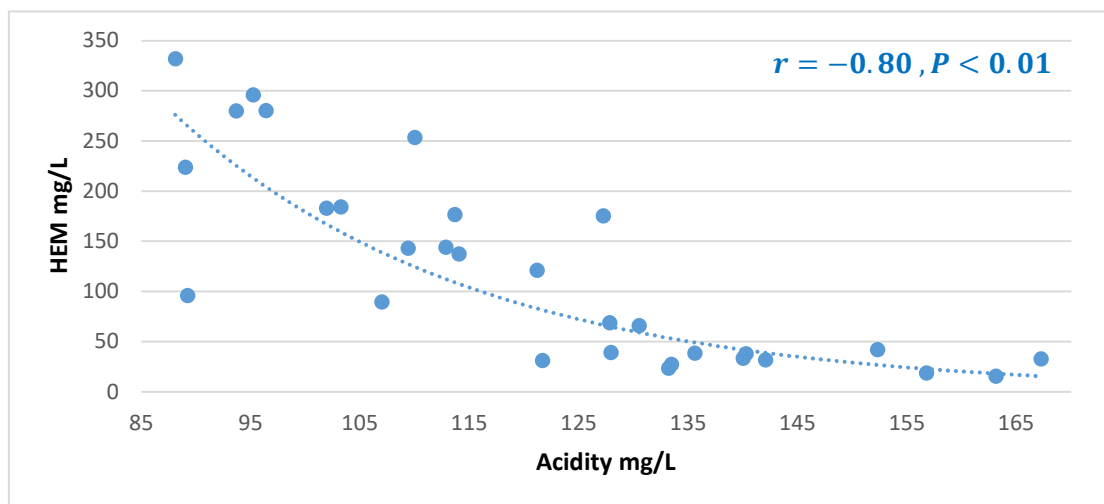
مخطط 4: العلاقة بين القاعدية و HEM

Acidity

تراكيز المواد الحامضية كانت أقل من نظيراتها القاعدية، إذ تراوحت بين (167.24-88.1)mg/L بمدى (79.14 mg/L) ومتوسط (121.46mg/L) بانحراف معياري متوسط بلغ (22.37)، وبذلك يكون التباين أقل مما هو عليه في القاعدية.

تُعد حامضية الماء احد المتغيرات المهمة جداً والواجب قياسها عند أية دراسة للماء، وتعرّف على انها السعة الكمية (Quantitative Capacity) لتفاعل الماء مع قاعدة قوية [33,32]. وهي من الخواص الشمولية لأن المسؤول عنها ليس مركباً واحداً بعينه، انما طيف واسع من المركبات والعناصر والايونات الذائبة مثل الاحماض المعدنية القوية والضعيفة مثل حامض الكربونيك والخليك، تحلل املاح المعادن كالحديد والالمنيوم وأملاح الكبريتات والنترات... والتي بمحصلتها تكون حامضية الماء [35,34].

يعتقد الباحث ان الحوامض القوية المعدنية والضعيفة والاملاح اللاعضوية ستهيمن على الحوامض العضوية الضعيفة بالإضافة الى القواعد الموجودة في المواد الدبالية والملوثات النفطية، لذا تسلك الحوامض العضوية سلوك القواعد امام تلك المعدنية بالتالي تتم معادلتها ويقل تركيزها بزيادة الاحماض المعدنية والاملاح الحامضية اللاعضوية الأخرى، إذ ظهرت علاقة ارتباط سلبية قوية بين الحامضية والملوثات العضوية بمقدار ($r = -0.80$) عند مستوى دلالة ($P < 0.01$) (مخطط 5).

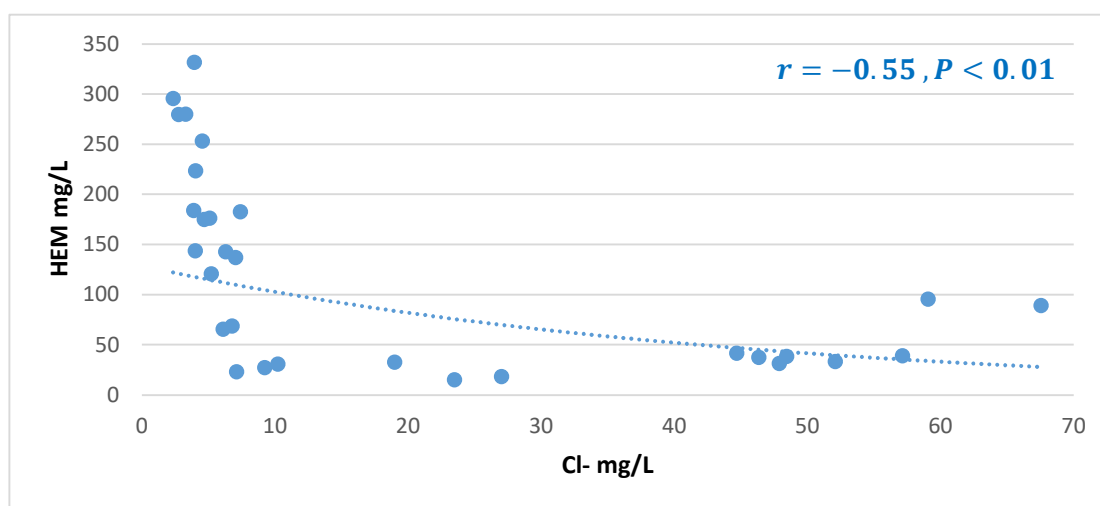


مخطط 5: العلاقة بين الحامضية و HEM

Chlorides

تراكيز الكلوريدات تراوحت بين (67.54-2.76)mg/L بمدى (64.78 mg/L) ومتوسط قدره (19.87 mg/L) وانحراف معياري كبير نسبياً (21.36) مما يوضح التباين العالي في تراكيز الكلوريدات بين مياه الآبار المدروسة.

نتائج التحليل الاحصائي أظهرت علاقة ارتباط موجبة معنوية دالة لتراكيز الكلوريدات مع HEM بمقدار ($r = -0.55$). يمكن ان يكون للكلور دور مثبت او منشط في تحلل الملوثات العضوية في المياه، إذ قد يكون جذوراً حرة ضعيفة تبطئ تفاعلات التحلل لهذه المركبات العضوية [36]، أو يُساعد على تفكك هذه المركبات والبوليمرات العضوية بتفاعلات جذور حرة متسلسلة بالتالي يقل تركيزها بشكل ملحوظ [37,38]. تتفق نتائج البحث مع هذه المعطيات بوجود علاقة سلبية معنوية بين تراكيز الكلوريدات و (HEM) كما هو موضح في مخطط التبعثر 6.



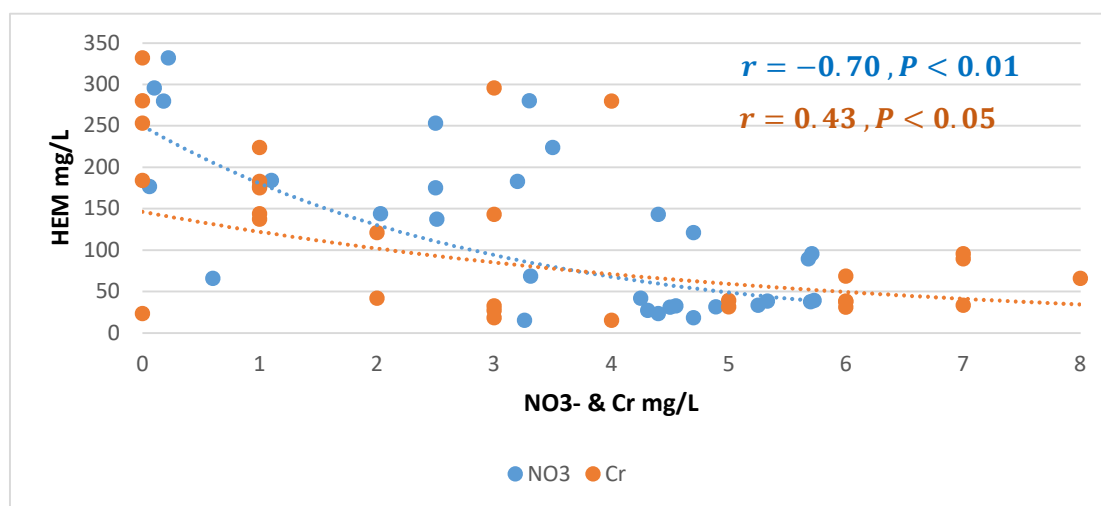
مخطط 6: العلاقة بين تراكيز الكلوريدات و HEM

Nitrates

تراوحت تراكيز النترات بين 0.06-5.73 mg/L بمدى (5.67 mg/L) ومعدل (3.41 mg/L) وانحراف معياري قدره (1.85) وهي قيمة قليلة نسبياً تدل على تجانس مياه الآبار المدروسة بالنسبة لمحتواها من النترات. أظهرت النتائج علاقة ارتباط للنترات مع HEM ($r = -0.70$) عند مستوى دلالة ($P < 0.01$)، ومع الكروم (0.43) عند مستوى ($P < 0.05$).

حددت وكالة حماية البيئة الأمريكية (US EPA) الحد الأقصى لتراكيز النترات في المياه عند مستوى 10mg/L [39].

الزيوت المستحلبة في الماء لها تأثير فعال على تراكيز المزدوج (الكروم-النترات) من الملوثات. ففي دراستهم لـ (Wanner) وجماعته [40] و (Kim) وجماعته [41] استعمل الباحثون زيوتاً نباتية المنشأ وحققوها في المياه الجوفية في مناطق ملوثة بالنترات والكبريتات، ساعدت الزيوت على نمو أنواع معينة من البكتريا والتي دخلت كمحفزات في تفاعلات نقل الالكترونات وعملت على تقليل كمية هذه الايونات في المياه بشكل كبير. لذا تراكيز (HEM) ترتبط بعلاقة سلبية مع تراكيز المزدوج نترات-كروم كما يوضحه المخطط 7.



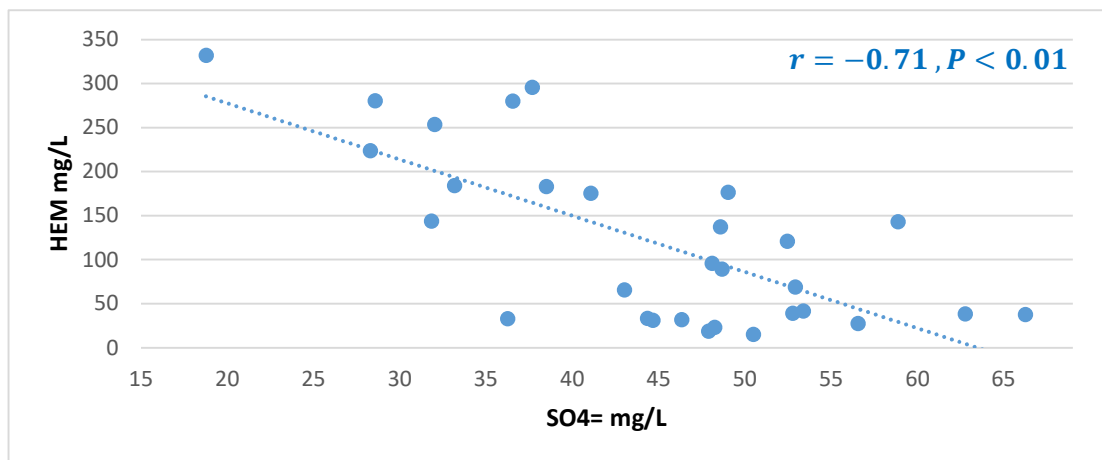
مخطط 7: العلاقة بين تراكيز النترات والكروم مع HEM

Sulfate

تراوحت تراكيز الكبريتات بين 18.76-66.23mg/L بمتوسط (44.58mg/L) ومدى (47.47mg/L) وانحراف معياري بقوة (10.86) وهو مقدار كبير نسبياً يدل على تشتت القيم وعدم تجانسها.

بيّنت النتائج علاقة ارتباط سالبة للكبريتات المواد العضوية الذائبة والمستخلصة بالهكسان بمقدار $(r = -0.71)$ عند مستوى معنوية $(P < 0.01)$. حددت منظمة الصحة العالمية مستويات الكبريتات العليا المسموح بها في مياه الشرب بـ (200mg/L) [42]، وبمقارنة نتائج البحث يتضح ان تراكيز الكبريتات كانت ضمن المديات المسموح بها.

تُختزل الكبريتات في المياه الجوفية بواسطة عدة عوامل، أحدها هي المركبات العضوية الموجودة في الوسط، فخلال هذه العمليات، يتم اختزال الكبريتات وتصبح مهمة جداً للعديد من الأنظمة تحت السطحية. فمثلاً أن اختزال الكبريتات له أهمية كبيرة بالنسبة للنظام الذي يحتوي على مياه غنية بالمعادن في وسط حامضي. تحت هذه الظروف، يمكن أن يؤدي اختزالها إلى ترسيب كبريتيدات المعادن [43]. لذا فالمواد العضوية الدبالية ترتبط بعلاقة سلبية مع تركيز الفوسفات (مخطط 8).

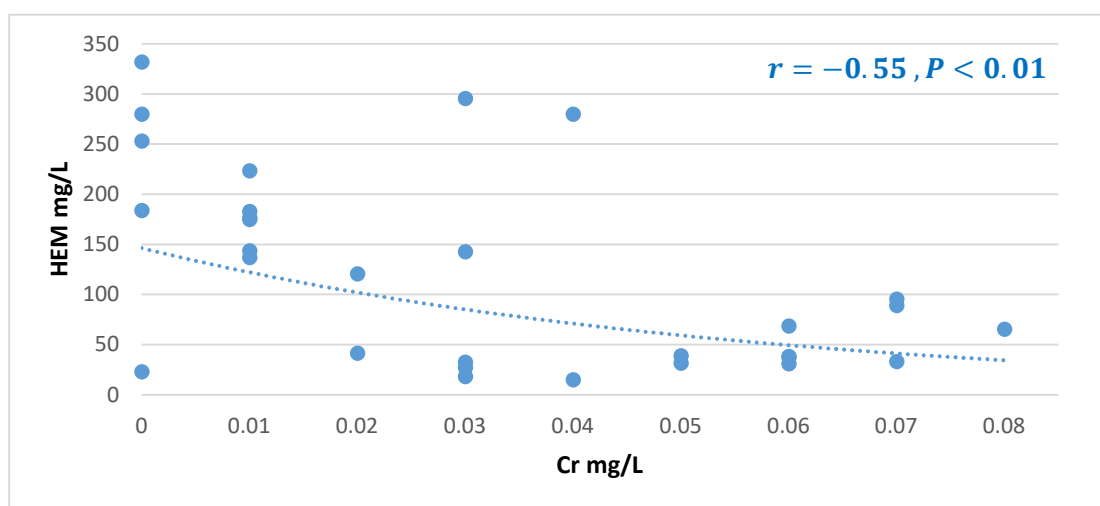


مخطط 8: العلاقة بين تراكيز الكبريتات و HEM

Chromium

تراوحت تراكيز الكروم بين $0.08 - 0$ mg/L، بمدى 0.08 mg/L ومتوسط 0.03 mg/L وانحراف معياري 0.02 (صغير نسبياً يدل على التوزيع الطبيعي للقيم وعدم تشتتها). أظهرت نتائج التحليل الاحصائي علاقة ارتباط سلبية للكروم مع ال (HEM) بقوة $(r = -0.55)$ عند مستوى معنوية $(P < 0.01)$.

حددت منظمة الصحة العالمية (World Health Organization WHO) الحدود العليا لمستويات الكروم المسموح بها في مياه الشرب عند 0.05 mg/L [44]. وبملاحظة مستويات الكروم في مياه الآبار المدروسة؛ يلاحظ ان ثمانية آبار فقط من المجموع الكلي قد عبرت الحدود العليا لـ (WHO)، وأن المستويات العالية تركزت في المناطق القريبة من مركز ناحية الزاب. يعزو الباحث هذا الارتفاع بالتراكيز الى مياه الصرف الصحي والتي قد تكون المصدر الرئيس لتلوث المياه الجوفية بالكروم. احماض الهيوميك العضوية ترتبط بشدة مع الكروم (III)، لذا فوجودها في التربة والمياه الجوفية يعمل على خفض مستوياته ومنع تأكسده الى الشكل (VI) وبالتالي تقلل من سميته بشكل كبير [45]. تتفق نتائج البحث حول طبيعة العلاقة بين المواد العضوية والكروم (مخطط 9).



مخطط 9: العلاقة بين تراكيز الكروم و HEM

Conclusion

تعرضت المياه الجوفية في ناحية الزاب الأسفل-كركوك الى مستويات تلوث عالية من المواد العضوية والتي تم استخلاصها بالهكسان الاعتيادي HEM ويرجع معظمها الى العمليات النفطية في المناطق القريبة المتمثلة بحقول نفط باي حسن والتابعة لشركة نفط الشمال. الأنشطة الزراعية قد يكون لها دور ايضا ارتفاع مستويات الـ HEM. أدت هذه المواد العضوية الذائبة الى تقليل اللزوجة والشد السطحي للمياه الجوفية مما أثر في خصائصها الفيزيائية والكيميائية. مستويات الكلور والنترات والكبريتات كانت ضمن الحدود المسموح بها والمحددة من قبل منظمة الصحة العالمية. تراكيز الكروم لم تتبع التوزيع الطبيعي في عينات المياه المدروسة،

Acknowledgment

تم عمل هذا البحث ميدانياً في ناحية الزاب التابعة لمحافظة كركوك، أجريت القياسات في مختبرات قسم الكيمياء/كلية العلوم/جامعة تكريت وبعض منها أجري في مختبرات مصفى الصمود (بيجي). والشكر موصول لكل من ساهم بإخراج البحث بشكله الحالي.

Conflict of interest

The author has no conflict of interest.

Reference

1. G. R. Aiken, D. M. McKnight, R. L. Wershaw, and P. MacCarthy, "Humic substances in soil, sediment, and water. 1985," *Soil Sci.*, vol. 142, no. 5, p. 323, 1986, doi: 10.1097/00010694-198611000-00011.
2. E. M. Thurman, "Amount of organic carbon in natural waters," in *Organic Geochemistry of Natural Waters*, Dordrecht: Springer Netherlands, 1985, pp. 7–65, doi: 10.1007/978-94-009-5095-5_2.
3. S. Tang, J. Tang, D. Yuan, Z. Wang, Y. Zhang, and Y. Rao, "Elimination of humic acid in water: comparison of UV/PDS and UV/PMS," *RSC Adv.*, vol. 10, no. 30, pp. 17627–17634, 2020, doi: 10.1039/d0ra01787f.
4. B. Edokpolo, Q. J. Yu, and D. Connell, "Health risk assessment for exposure to benzene in petroleum refinery environments," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 12, no. 1, pp. 595–610, 2015, doi: 10.3390/ijerph120100595.
5. J. Skála, R. Vácha, and P. Čupr, "Which compounds contribute most to elevated soil pollution and the corresponding health risks in floodplains in the headwater areas of the central European watershed?," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 15, no. 6, p. 1146, 2018, doi: 10.3390/ijerph15061146.
6. O. Borgman, T. Darwent, E. Segre, L. Goehring, and R. Holtzman, "Immiscible fluid displacement in porous media with spatially correlated particle sizes," *Adv. Water Resour.*, vol. 128, pp. 158–167, 2019, doi: 10.1016/j.advwatres.2019.04.015.
7. A. N. Romanov, "Dielectric and radio-emission properties of oil-polluted soils," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 56, no. 3, pp. 1767–1773, 2018, doi: 10.1109/tgrs.2017.2768121.
8. N. N., Brakorenko, and T. Y. Emel'yanova, "Impact of oil products on spectrographic composition and physical-mechanical properties of sand-clay soils (by example of Tomsk)". *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta—Tomsk State University Journal*, vol 342, pp. 197-201, 2011.
9. H. T. T. Nham, J. Greskowiak, K. Nödler, M. A. Rahman, T. S., B. Rusteberg, G. Massmann, M. Sauter, T. Licha, "Modeling the transport behavior of 16 emerging organic contaminants during soil aquifer treatment," *Sci. Total Environ.*, vol. 514, pp. 450–458, 2015, doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.01.096.
10. J. Hornero, M. Manzano, L. Ortega, and E. Custodio, "Integrating soil water and tracer balances, numerical modelling and GIS tools to estimate regional groundwater recharge: Application to the Alcadozo Aquifer System (SE Spain)," *Sci. Total Environ.*, vol. 568, pp. 415–432, 2016, doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.06.011.
11. A. O. Adeniji, O. O. Okoh, and A. I. Okoh, "Petroleum hydrocarbon profiles of water and sediment of Algoa bay, eastern cape, South Africa," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 14, no. 10, p. 1263, 2017, doi: 10.3390/ijerph14101263.
12. A. Meyer, W. Kleiböhmer, and K. Cammann, "SFE of PAHs from soils with a high carbon content and analyte collection via combined liquid/solid trapping," *J. High Resolut. Chrom.*, vol. 16, no. 8, pp. 491–494, 1993, doi: 10.1002/jhrc.1240160810.
13. "Google Earth," [earth.google.com. https://earth.google.com/web/@35.30402807,43.51166521,149.86023419a,35709.51447052d,35y,0h,0t,0r](https://earth.google.com/web/@35.30402807,43.51166521,149.86023419a,35709.51447052d,35y,0h,0t,0r) (accessed Feb. 10, 2023).
14. "Wayback Machine," [web.archive.org. https://web.archive.org/web/20160530154708/http://mmpw.gov.iq/uploads/image/Service%20Indicator/Water/h/kuk.jpg](https://web.archive.org/web/20160530154708/http://mmpw.gov.iq/uploads/image/Service%20Indicator/Water/h/kuk.jpg) (accessed Feb. 10, 2023)

15. R. A. Abduljabbar, "Environmental study on Azzab Al-Asfal". Master thesis, University of Sulaymaniyah, p. 45, 1981.
16. U.S. Environmental Protection Agency (EPA), "n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry", Office of Water (4303T) 1200 Pennsylvania Avenue, NW Washington, DC 20460, 2010.
17. L. S. Clesceri, A. E. Greenberg, and A. D. Eaton, "Standard methods for the examination of water and wastewater". 20th ed. eds. American Public Health Association; Washington DC; Method 2320 (Alkalinity) & Method 2310B. pp. 2-29, 1998.
18. H. W. Doughty, "Mohr's method for the determination of silver and halogens in other than neutral solutions" J. of the Am. Chem. So., vol. 46, no. 12, pp. 2707–2709, 1924, doi: 10.1021/ja01677a014.
19. Hach Company. "spectrophotometric Measurement of Nitrate in Water & Wastewater". Hach Company, Loveland, CO, USA. Method 8192, 8039, 2019:
20. APHA, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 14th ed., Method 427A, p 493, 1975.
21. APHA, AWWA, WEF, "Chromium 3500-Cr D- Calorimetric method", Standard methods for the examination of water and wastewater, 17th ed., American Public Health Association, Washington DC, 2005.
22. I. C. Davies, and S. E. Okonkwo, "Analyses of Some Heavy Metal and Nutrients of Water Samples from Ajegunle Creek in Lagos". Inter. J. of Environ. Pol. Res, vol. 9, no. 1, pp. 7-26, 2021.
23. EPA, "Water Quality Standard", Drinking Water MCLs Standard, 822-R-02-038 & WQ Criteria, 822-R-02-047, 2002.
24. J. A. Widegren, A. Laesecke, and J. W. Magee, "The effect of dissolved water on the viscosities of hydrophobic room-temperature ionic liquids," Chemical Communications, no. 12, p. 1610, 2005, doi: 10.1039/b417348a.
25. J. F. Swindells, J. R. Coe, and T. B. Godfrey, "Absolute viscosity of water at 20 C". J. of Research of the National Bureau of Standard, vol. 48, no. 1, pp. 1-31, 1952.
26. Y. M. Qiao and S. Chandra, "Experiments on adding a surfactant to water drops boiling on a hot surface," Proceedings of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, vol. 453, no. 1959, pp. 673–689, 1997, doi: 10.1098/rspa.1997.0038.
27. A. I. Morgan, L. A. Bromley, and C. R. Wilke, "Effect of Surface Tension on Heat Transfer in Boiling," Industrial & Engineering Chemistry, vol. 41, no. 12, pp. 2767–2769, 1949, doi: 10.1021/ie50480a025.
28. A. J. Lowery and J. W. Westwater, "Heat Transfer to Boiling Methanol Effect of Added Agents," Industrial & Engineering Chemistry, vol. 49, no. 9, pp. 1445–1448, 1957, doi: 10.1021/ie50573a052.
29. "The nature and properties of soil". 13th ed. Agr. Syst, vol. 54, no. 3, p. 249, 2002.
30. F. R. Livens, "Chemical reactions of metals with humic material," Environmental Pollution, vol. 70, no. 3, pp. 183–208, 1991, doi: 10.1016/0269-7491(91)90009-L.
31. J. J. Bisogni and S. A. Kishbaugh, "Alkalinity destruction by sediment organic matter dissolution during neutralization of acidified lakes," Water, Air, and Soil Pollution, vol. 38, no. 1–2, pp. 85–95, 1988, doi: 10.1007/bf00279587.
32. A.-K. Meng and I. H. M. Suffet, "Assessing the Quality of Flavor Profile Analysis Data," Journal - American Water Association, vol. 84, no. 6, pp. 89–96, 1992.
33. "The use of reference materials in sensory analysis," Water Science and Technology, vol. 31, no. 11, pp. 265-272, 1995, doi: 10.1016/0273-1223(95)00486-7.
34. J. H. M. Bartels, B. M. Brady, and I. H. M. Suffet, "Training Panelists for the Flavor Profile Analysis Method," Journal - American Water Works Association, vol. 79, no. 1, pp. 26–32, 1987, doi: 10.1002/j.1551-8833.1987.tb02779.x.
35. J. F. Caul, "The profile method of flavor analysis". In Advances in food research. Academic Press, vol. 7, pp. 1-40, 1957, doi: 10.1016/S0065-2628(08)60245-1.
36. K. H. Chan and W. Chu, "Degradation of atrazine by cobalt-mediated activation of peroxymonosulfate: Different cobalt counteranions in homogenous process and cobalt oxide catalysts in photolytic heterogeneous process," Water Research, vol. 43, no. 9, pp. 2513–2521, 2009, doi: 10.1016/j.watres.2009.02.029.
37. R. Yuan, S. N. Ramjaun, Z. Wang, and J. Liu, "Effects of chloride ion on degradation of Acid Orange 7 by sulfate radical-based advanced oxidation process: Implications for formation of chlorinated aromatic compounds," Journal of Hazardous Materials, vol. 196, pp. 173–179, 2011, doi: 10.1016/j.jhazmat.2011.09.007.
38. G.-D. Fang, D. D. Dionysiou, Y. Wang, S. R. Al-Abed, and D.-M. Zhou, "Sulfate radical-based degradation of polychlorinated biphenyls: Effects of chloride ion and reaction kinetics," Journal of Hazardous Materials, vol. 227–228, pp. 394–401, Aug. 2012, doi: 10.1016/j.jhazmat.2012.05.074.
39. U.S. EPA, "Drinking Water Regulations and Health Advisories"; Office of Water: Washington, DC, p. 23, 1995.
40. P. Wanner, K. M. Scow, M. O. Rivett, J. Kim, C. Holliger, M. Farhadian, C. Dorer, M. Christophersen, T. H. Christensen, T. E. Cerling, M. Caschetto, A. Basu, C. Aelion, B. Anneser, "Assessing toluene biodegradation under temporally varying redox conditions in a fractured bedrock aquifer using stable isotope methods," Water Research, vol. 165, p. 114986, 2019, doi: 10.1016/j.watres.2019.114986.

41. H. Kim, A.-S. Høyer, R. Jakobsen, L. Thorling, J. Aamand, P. K. Maurya, A. V. Christiansen, and B. Hansen, “3D characterization of the subsurface redox architecture in complex geological settings,” *Science of The Total Environment*, vol. 693, p. 133583, 2019. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.133583.
42. Q. Yuan, D. D. Snow, and S. L. Bartelt-Hunt, “Potential water quality impacts originating from land burial of cattle carcasses,” *Science of The Total Environment*, vol. 456–457, pp. 246–253, 2013, doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.03.083.
43. M. K. Sharma and M. Kumar, “Sulphate contamination in groundwater and its remediation: an overview,” *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 192, no. 2, pp. 1–10, 2020, doi: 10.1007/s10661-019-8051-6.
44. WHO, “Guidelines for drinking-water quality (Vol. 1)”. world health organization. Vol. 1, p. 28, 2004.
45. S. E. Fendorf, “Surface reactions of chromium in soils and waters,” *Geoderma*, vol. 67, no. 1–2, pp. 55–71, 1995, doi: 10.1016/0016-7061(94)00062-f.

تأثير الملوثات العضوية على بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في ناحية الزاب الأسفل-كركوك

محمد حسن احمد*¹، علي ابراهيم خليل²

^{1,2} قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة تكريت، تكريت، العراق

الخلاصة

دُرس في هذا البحث تأثير الملوثات العضوية الذائبة في الماء والتي استُخلصت بالهكسان الاعتيادي (HEM) على الخصائص الفيزيائية للمياه الجوفية في ناحية الزاب الأسفل-كركوك المتمثلة باللزوجة والشد السطحي والخواص الكيميائية المتضمنة الرقم الهيدروجيني، والقاعدية، والحامضية، والكلوريدات، والمغذيات (النترات والكبريتات)، والكروم. أظهرت النتائج ان الملوثات العضوية مصدرها الآبار النفطية في منطقة (باي حسن) التابعة لشركة نفط الشمال، تؤدي الانسكابات النفطية وعمليات معالجة النفط الخام الى تلوث المياه الجوفية في المناطق القريبة بالمواد العضوية التي لها تأثير مباشر على خصائص تلك المياه الفيزيائية والكيميائية. إذ انخفضت اللزوجة والشد السطحي نتيجة ذوبان بعض المواد العضوية في المياه الجوفية، عملت هذه المذابات كمواد خافضة للشد السطحي واللزوجة. الصفات الكيميائية الأخرى تأثرت أيضاً بالنشاطات البشرية، والقاعدية والحامضية ازدادت بشكل ملحوظ مع بقاء الرقم الهيدروجيني ضمن الحدود المتوسطة. تراكيز الكلوريدات والكروم والمغذيات المتمثلة بالنترات والكبريتات تأثرت أيضاً فارتفعت مستوياتها متجاوزة القيم الطبيعية. عولجت البيانات احصائياً باستعمال برنامج (SPSS) واستُخدم معامل ارتباط بيرسون كدالة لمعرفة علاقات الارتباط وحجمها بين HEM والمتغيرات الأخرى.