

تقييم هيدروجيوكيميائي للمياه الجوفية لقضاء الحسينية - محافظة كربلاء

آيه خميس علي

أ.د. نجلة عجيل محمد

ayhkhmysl3@uomustansiriyah.edu.iq

najlaajeel@uomustansiriyah.edu.iq

الجامعة المستنصرية ، كلية التربية ، قسم جغرافية

الملخص:

تناولت الدراسة تقييم هيدروجيوكيميائي للمياه الجوفية لقضاء الحسينية - محافظة كربلاء لتسعة عشر بئراً، تبين انه يوجد ثلاثة أصناف حسب العناصر السائدة الصيغة الهيدروكيميائية، الصنف الاول مياه عشرة آبار ضمن صنف $(Mg^{+2} - SO_4^{-2})$ ، وتُشكل نسبة 53%، و نسبة 37% $(Ca^{+2} - SO_4^{-2})$ ، و 10% $(Ca^{+2} - Cl^{-})$ ، وان 37% مُشتركة بين هيمنة التبخر وإذابة الصخور وهطول الأمطار معاً، والبقية ضمن هيمنة التبخر، ذات نوعية $(MgCl_2)$ ، وهي أملاح سريعة الذوبان بمحتوى جيبس ذات تصريف قليل، فضلاً عن انها مشتركة ضمن صنف $(Ca - Mg - Cl)$ ، والرواسب غير الكربونية تتجاوز (50%)، وانها ضمن النطاق المحدد (2 - B)، بمعنى انها قليلة التلوث، و ضمن تبادل الأيونات المُستمر بالتفاعل الكيميائي مع التربة والصخور، كما لا يمكن استخدام جميع مياه الابار للشرب، أما لغرض الري 32% منها فقط مسموح بإستخدامها، وللاستهلاك الحيواني جميعها مسموح به وفق FAO، عدا مياه بئر W2، بينما لغرض البناء والانشاءات مياه آبار 53% مسموح بها.

الكلمات المفتاحية: مياه جوفية، تقييم هيدروجيوكيميائي، كربلاء

Hydro geochemical Assessment of Groundwater in Al-Husseiniya District,
Karbala Governorate

Prof. Dr. Najla Ajeel Mohammed

Aya Khamis Ali

Al-Mustansiriyah University, College of Education , Department of Geography

Abstract

The results identified three hydro chemical facies based on the dominant elements: the first facies $(Mg^{2+} - SO_4^{2-})$ included ten wells, representing 53%; the second facies $(Ca^{2+} - SO_4^{2-})$ accounted for 37%; and the third facies $(Ca^{2+} - Cl^{-})$ made up 10%. The analysis showed that 37% of the samples were influenced by a combination of evaporation, rock dissolution, and precipitation, while the rest were primarily governed by evaporation. Non-carbonate sediments exceeded 50%, and the samples fell within the (2-B) range, indicating low contamination levels, with continuous ion exchange through chemical interactions with soil and rocks. None of the well waters were suitable for drinking, while only 32% were permissible for irrigation. All wells were suitable for livestock consumption according to FAO standards, except for Well W2, and 53% of the well waters were acceptable for construction purposes.

Keywords : Groundwater , Hydro geochemical Assessment ,Karbala.

اولا: المقدمة

يُعد الماء شريان الحياة والاساس في وجود الكائنات الحية على سطح المعمورة فهي تدخل بكل جانب من جوانب الحياة، وفي اماكن وجوده نشأت اقدم الحضارات الانسانية كحضارة وادي الرافدين ووادي النيل ولهذا فان الثروة المائية هي من اعظم الثروات المتاحة، وكما هو معروف ان العراق يتمتع بموارد مائية مهمة مثل نهري دجلة والفرات وشط العرب والعديد من الاهوار والبحيرات اضافة الى مورد مهم اخر وهو المياه الجوفية، ويسعى البحث الى تقييم امكانية استثمار المياه الجوفية مع مراعاة العوامل الهيدرولوجية والمناخية والبيئية والاجتماعية والاقتصادية مما يتطلب تطوير مناطق وجودها واستخدامها بشكل امثل بالاعتماد على اساليب حديثة ومناهج علمية رصينة،

لذا ينبغي استثمار المياه بشكل يتلاءم مع ضروريات الحاجة الفعلية للاستخدامات المختلفة وعلى اثر ذلك جاءت هذه الدراسة لتتناول موضوع المياه الجوفية في قضاء الحسينية - محافظة كربلاء.

ثانياً: مشكلة الدراسة:

- 1- هل هيدروجيو كيميائية المياه الجوفية لأبار منطقة الدراسة متفاوت فيما بينها ؟
- 2- ما مدى صلاحية مياه الابار للاستعمالات المختلفة ومجالات استثمارها ؟

ثالثاً: فرضية الدراسة:

- 1- هيدروجيو كيميائية المياه الجوفية لأبار منطقة الدراسة متفاوت فيما بينها.
- 2- صلاحية مياه الابار للاستعمالات المختلفة متفاوت ويمكن استثماره لبعض الاغراض.

رابعاً: اهداف الدراسة: معرفة الصيغة الهيدروجيو كيميائية لمياه الابار، ومدى صلاحيتها للاستعمالات المختلفة.

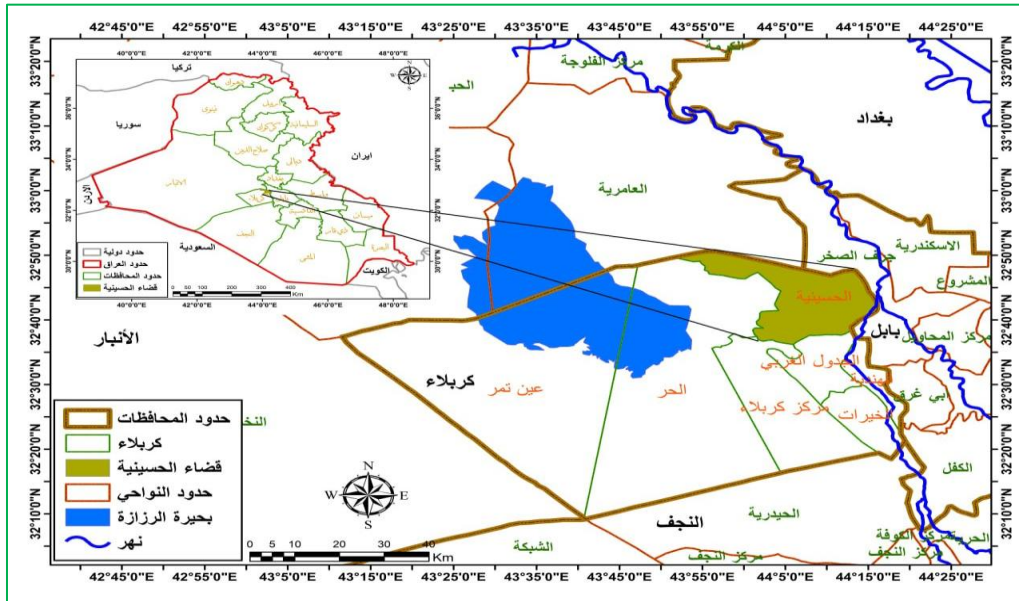
خامساً: موقع منطقة الدراسة :

يُعد قضاء الحسينية من اقدم الأضية الادارية في محافظة كربلاء، يبلغ مساحته 356 كم²، ويبلغ عدد سكان القضاء 169858 نسمة، نسبة الحضر يمثلون 15.92% بعدد 26,374 نسمة، و 84.07% ريف بعدد 139,230 نسمة (وزارة التخطيط، 2023)، ويبعد القضاء مسافة 20 كم عن مدينة كربلاء من جهة الشمال الشرقي يحدها من الشمال محافظة الانبار ومن الشرق مجرى نهر الفرات شط الهندية، في حين يحدها ناحية جرف الصخر ضمن قضاء المسيب من جهة الشمال الشرقي، ومن جهة الغرب يحدها قضاء الحر ومن الجنوب والجنوب الغربي المنطقة الصحراوية، فلكياً يقع القضاء ضمن دائرة عرض (32° 35' - 32° 51') درجة شمالاً وخطي طول (43° 52' - 44° 14') شرقاً، ويمتاز القضاء بوجود مقاطعات وقرى زراعية استفادت من مقوماتها الجغرافية بمختلف الانشطة الزراعية التي يزاولها السكان حتى يومنا هذا ويقع القضاء على جدول الحسينية الذي يعد من القنوات الاروائية الكبيرة في العراق والذي يتفرع من الضفة اليمنى لنهر الفرات عند قضاء المسيب، ويبلغ طوله مع التفرعات 306 كم، وعرضه 5 متر مُبطن كونكريتي، بمعدل جريان حجمي ما بين (20-25) م³/ثا صيفاً، و (5-10) م³/ثا شتاءً، ويُعتبر مُعدل الجريان قليلاً إذا ما قورن بالطاقة الاستيعابية له والبالغة 55 م³/ثا. (العميدي، 2022)، خريطة (1). أما جيولوجية منطقة الدراسة فتغطيها ترسبات حديثة مُختلفة، تُشكل مُعظمها الطبقات الرئيسية الحاملة للمياه فيها، وان مُعدل قيمة النفاذية يتراوح بين (10-165 م²/يوم)، ومستوى الماء الاستقراري بين (0-7 متر) تحت سطح الارض، (الزيدي، 2024)، ومعامل الناقلية 65 م/يوم، (الجبوري، 2022). خريطة (2).

وتُمثل الرواسب السهل الفيضي الجزء الجنوبي من منطقة الدراسة، وتُشكل 51.5% منها، وكذلك رواسب المُنخفضات الضحلة وتُشكل 7.02%، أما الاراضي الجبسية تُشكل 31.96% وتكون شمال منطقة الدراسة. خريطة (3). وتقع منطقة الدراسة بين ارتفاع (12-57) متر فوق مستوى سطح البحر، واعلاها تُشكل الجزء الجنوبي منها، في حين تقع ادناها في الجزء الشمالي منها. خريطة (4).

خريطة (1)

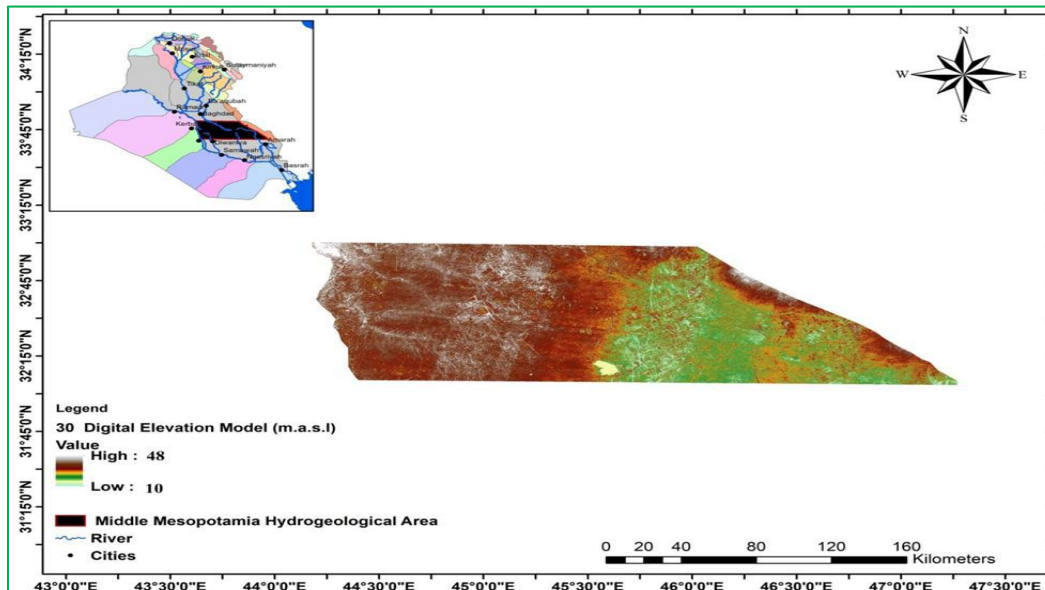
موقع منطقة الدراسة



المصدر : (الموارد المائية، 2019).

خريطة (2)

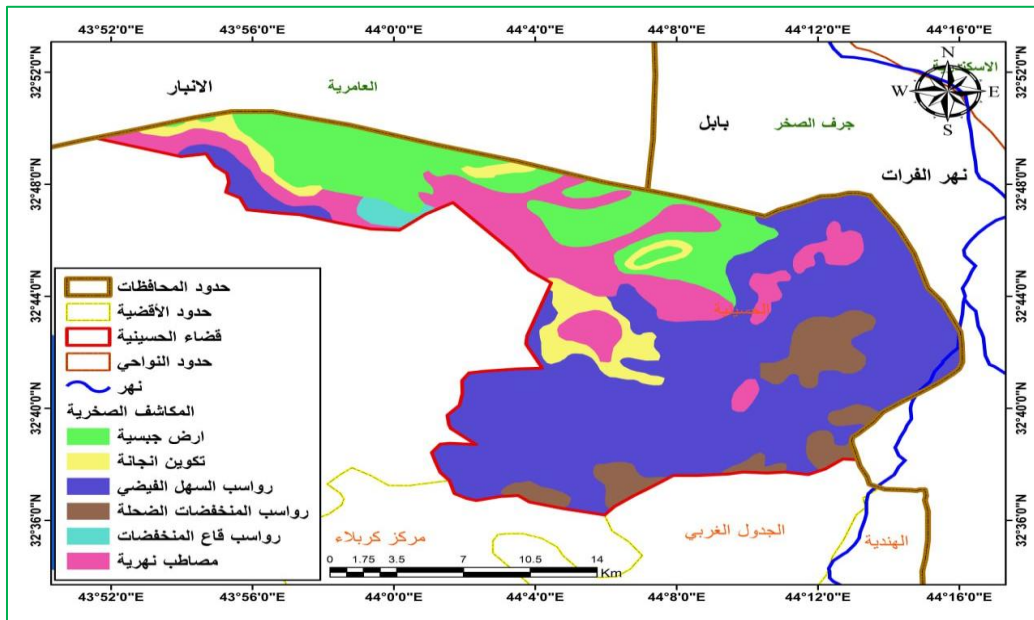
مُستجمعات المياه لوسط العراق



المصدر : (الزبيدي، المياه الجوفية في العراق، 2024).

خريطة (3)

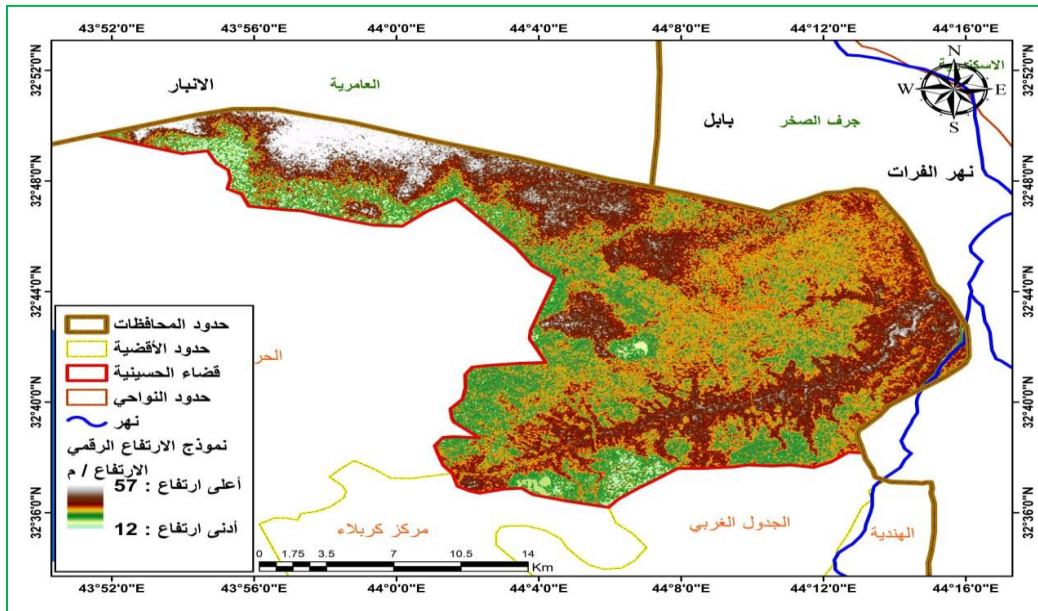
جيولوجية منطقة الدراسة



Anwar M.Barwary , Naseira A. Slewa , geological map of karbala quadrangle sheet ni – 38 – 14 , geosurv , Baghdad , 1995

خريطة (4)

إرتفاع منطقة الدراسة عن مستوى سطح البحر



المصدر : برنامج (Arcgis,10.3) ونموذج الارتفاع الرقمي (DEM) وتصنيف يونك.

سادسا: التوزيع المكاني لأبار منطقة الدراسة :

تم اخذ العينات المياه تسعة عشر بئراً ميدانيا بتاريخ (2024/10/19) بعد تشغيل المضخات الكهربائية الموجودة على الابار لمدة ثلاث دقائق ،بعد ذلك مباشرة تم قياس الخصائص الفيزيائية للعينات من قبل الباحثين عند اخذها لكل من (درجة الحرارة ،الدالة الحامضيةPH، مجموع الاملاح الذائبة TDS، التوصيلة الكهربائيةE.C)، بينما بقيت ايونات العناصر الموجبة والسالبة تم تحليلها وحسابها في مختبرات العتبة العباسية المقدسة / قسم المشاريع الهندسية/ شعبة المختبرات/ مختبر المياه الجوفية بعد وضعها في علب اثيلين مختبرية.

سابعا: الخصائص النوعية للمياه الجوفية:

لدراستها أهمية كأهميتها بوجودها وكمياتها، إن الموارد المائية المتاحة للاستخدام تشهد تناقصاً مستمراً نتيجة لزيادة معدلات الطلب عليها، لذلك أصبح من اللازم التوسع في الدراسات والأبحاث للكشف عن المياه الجوفية واستثمارها، وهذا يحتاج إلى تحريات متنوعة لغرض التعرف على الخزين الجوفي وكيفية تجده وأسلوب استخراجها، للوصول إلى الاستغلال الأمثل للمياه وكيفية استخدامها بشكل علمي مدروس، وتكون متباينة نتيجة تأثيرها بالعوامل الجيولوجية والهيدروجيولوجية المتمثلة بنوعية الصخور وحركة المياه الجوفية وسرعتها واتجاهها (محمد، 2023)، وان قلة سرعة المياه الجوفية لها اثر سلبي في ملوحة التربة، فضلا عن تأثير الجانب المناخي والغطاء النباتي (الكربولي، 2017). (الجدولين (1 ، 2).

جدول (1) الإحداثيات الجغرافية والخصائص الفيزيائية للمياه الجوفية في منطقة الدراسة

الموقع	خط طول N	خط عرض E	سنة الحفر	العمق (متر)	الانتاجية (لتر/ثا)	درجة الحرارة (م °)	الدالة الحامضية PH (بنون وحدات)	التوصيلية الكهربائية E.C مايكرو سيمنز/سم	المواد الصلبة الذائبة الكلية T.D.S (ملغ/لتر)
W1	32° 39' 40.2"	44° 07' 53.1"	1981	11	5	10.3	7.8	3250	1630
W2	32°40' 28.6"	44° 07' 7.44"	1990	18	15	9.9	7.5	5720	2840
W4	32° 42' 36"	44° 13' 47"	1980	8	10	10.1	7.7	1160	590
W5	32° 42' 01.8"	44° 13' 54.5"	2016	10	10	10.3	7.7	2840	1420
W6	32° 41' 57.1"	44° 13' 54.3"	2016	6	5	10.7	7.5	4590	2290
W7	32° 42' 18"	44° 13' 50"	2022	9	5	11.7	7.6	3810	1910
W8	32° 42' 0.31"	44° 13' 49.5"	2000	9	8	10.8	8.1	1150	580
W9	32° 42' 09.5"	44° 13' 58.8"	2000	10	6	11.8	8.1	1154	581
W10	32° 38' 59"	44° 11' 32"	2010	20	10	11.1	7.8	2100	1060
W11	32° 41' 30.2"	44° 14' 16.3"	2004	12	10	11.6	7.4	2970	1500
W12	32° 41' 05"	44° 12' 27"	2014	18	10	11.6	7.7	1160	590
W13	32° 39' 03"	44° 06' 46"	2012	10	8	12.3	7.9	1260	630
W14	32° 40' 04"	44° 50' 32"	2012	12	10	12.4	7.8	1280	650
W15	32° 41' 10"	44° 08' 56"	2013	6	5	10.8	7.7	2380	1120
W16	32° 41' 35"	44° 13' 48"	2010	11	15	12.6	7.8	2500	1260
W17	32° 42' 35"	44° 13' 11"	2007	13	10	11.5	7.6	3890	1950
W18	32° 41' 24"	44° 14' 01"	2023	23	10	11.3	7.7	2550	1280
W19	32° 42' 26"	44° 13' 44"	2017	10	10	14.1	7.9	1120	560
W20	32° 42' 13"	44° 12' 40"	2014	11	10	14.1	7.7	2470	1240
مياه شرب WHO. (2011).							6.5-9	1500	1000
مياه الري FAO 1985						35	6-8.5	3000	2000
لشرب الحيوانات Food and Agriculture 1977								5000	5000

المصدر: الباحثين-الدراسة الميدانية تم إجراء التحليلات انياً بتاريخ (2024/10/19).

جدول (2)

خصائص كيميائية للمياه الجوفية (ملغم/لتر) لآبار منطقة الدراسة

Caco ₃	ملوحة %	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺²	Ca ⁺²	الموقع
1240	2.035	448	949	550	10	199	217	345	W1
2480	3.59	928	2247	680	74	271	451	625	W2
400	0.72	140	266	190	8	116	68	120	W4
1160	1.777	420	767	430	13	190	204	321	W5
1768	2.879	612	1876	670	24	267	295	545	W6
1380	2.388	466	1471	630	37	240	226	449	W7
400	0.714	140	241	200	7	115	68	120	W8
460	0.719	162	246	170	5	113	79	136	W9
780	1.312	298	613	300	7	171	145	184	W10
1220	1.859	418	1097	350	17	206	203	384	W11
460	0.72	170	279	180	8	115	82	120	W12
440	0.783	164	316	190	6	129	80	112	W13
500	0.796	190	297	190	7	131	92	120	W14
840	1.488	316	651	360	19	191	154	208	W15
1020	1.563	370	709	370	15	178	180	280	W16
1660	2.438	554	1389	500	6	232	269	553	W17
1200	1.595	408	763	350	5	161	198	385	W18
440	0.695	152	251	200	8	111	74	136	W19
180	1.545	287	743	360	13	161	190	297	W20
			400	250	10		50	200	مياه شرب (WHO., 2011)
	0.05-3%		960	1065			150	400	مياه الري (FAO1985)
				2000		1500	350	700	لشرب الحيوانات (FAO, 1977)
		350	1460	2187		1160	271	437	البناء والإشاعات (M.E A. , 1962)

المصدر : الباحثين بتحليل العينات في (مُختبر العتبة العباسية المقدسة، قسم المشاريع الهندسية. ، (2024/10/19) .

ثامنا: تصنيف المياه حسب تراكيز الأيونات الرئيسية:

يعتمد تصنيف نوعية المياه الجوفية على نسبة تراكيز الأيونات الرئيسية فيها، إذ يتم تحويل كل تراكيز الأيونات من ملغم/لتر الى ملي مكافئ/لتر، من خلال هذه الصيغة الرياضية للتحويل (وفيق، 1979). جدول (3).

$$\frac{\text{تركيز العنصر}}{\text{الوزن المكافئ}} = \text{ملي مكافئ} / \text{لتر}$$

$$\frac{\text{الوزن الجزيئي}}{\text{عدد الشحنات}} = \text{الوزن المكافئ}$$

جدول (3)

الخصائص الكيميائية لعينات المياه السطحية والجوفية بوحدة ملي مكافئ /لتر لمنطقة الدراسة

HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	الموقع
7.35	19.74	15.51	0.26	8.66	17.84	17.22	W1
15.22	46.74	19.18	1.89	11.79	37.07	31.19	W2
2.30	5.53	5.36	0.20	5.05	5.59	5.99	W4
6.89	15.95	12.13	0.33	8.27	16.77	16.02	W5
10.04	39.02	18.89	0.61	11.61	24.25	27.20	W6
7.64	30.60	17.77	0.95	10.44	18.58	22.41	W7
2.30	5.01	5.64	0.18	5.00	5.59	5.99	W8
2.66	5.12	4.79	0.13	4.92	6.49	6.79	W9
4.89	12.75	8.46	0.18	7.44	11.92	9.18	W10
6.86	22.82	9.87	0.44	8.96	16.69	19.16	W11
2.79	5.80	5.08	0.20	5.00	6.74	5.99	W12
2.69	6.57	5.36	0.15	5.61	6.58	5.59	W13
3.12	6.18	5.36	0.18	5.70	7.56	5.99	W14
5.18	13.54	10.15	0.49	8.31	12.66	10.38	W15
6.07	14.75	10.43	0.38	7.74	14.80	13.97	W16
9.09	28.89	14.10	0.15	10.09	22.11	27.59	W17
6.69	15.87	9.87	0.13	7.00	16.28	19.21	W18
2.49	5.22	5.64	0.20	4.83	6.08	6.79	W19
4.71	15.45	10.15	0.33	7.00	15.62	14.82	W20

المصدر: بيانات جدول (2) ومعادلتي التحويل.

لمعرفة نسبة تأثير كل أيون في خصائص المياه يتم تحويل ملي مكافئ/لتر الى النسبة المئوية للمكافئات الجزيئية (ملي مكافئ %) أي (epm%) (Equivalent per Million%). أي نسبة مساهمة كل أيون في مجموع المكافئات الجزيئية، وتُشكل النسبة المئوية للمادة القلوية أو الحامضية أو المتعادلة للمياه عند حساب توازن الأيونات فيها . (عجيل، 2023). جدول (4).

جدول (4)

الخصائص الكيميائية لعينات المياه السطحية والجوفية بوحدة epm% لمنطقة الدراسة

HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	الموقع
17.25	46.34	36.41	0.58	19.69	40.57	39.16	W1
18.76	57.61	23.64	2.31	14.39	45.24	38.06	W2
17.41	41.96	40.63	1.22	29.99	33.22	35.58	W4
19.70	45.62	34.68	0.80	19.97	40.52	38.71	W5
14.77	57.42	27.81	0.96	18.24	38.08	42.71	W6
13.65	54.63	31.72	1.81	19.94	35.47	42.78	W7
17.73	38.71	43.56	1.07	29.85	33.35	35.73	W8
21.14	40.71	38.15	0.70	26.83	35.44	37.04	W9
18.73	48.86	32.42	0.62	25.90	41.50	31.97	W10
17.34	57.70	24.96	0.96	19.81	36.88	42.35	W11
20.40	42.46	37.14	1.14	27.89	37.58	33.39	W12
18.40	44.96	36.65	0.86	31.30	36.68	31.17	W13

21.27	42.16	36.57	0.92	29.33	38.93	30.82	W14
17.95	46.89	35.16	1.53	26.10	39.77	32.61	W15
19.42	47.19	33.39	1.04	20.99	40.10	37.87	W16
17.45	55.48	27.08	0.26	16.83	36.88	46.03	W17
20.63	48.93	30.43	0.30	16.43	38.19	45.08	W18
18.67	39.10	42.24	1.14	26.97	33.98	37.91	W19
15.53	50.98	33.49	0.88	18.54	41.35	39.23	W20

المصدر : بيانات جدول (3).

تاسعا: الصيغة الهيدروكيميائية للعناصر السائدة - معادلة كورولوف *Kurolov Formula*

يعتمد تصنيف نوعية المياه الجوفية وفقا لمعادلة كورولوف (*Kurolov Formula*) على نسبة تراكيز الأيونات الرئيسية فيها، تعد قيم الأيونات الموجبة والسالبة التي تزيد تراكيزها عن (15%) من وحدة (*epm%*) أساساً في تصنيف المياه الجوفية من ذات الاستجابة المتشابهة من تلك غير المتشابهة، أما الصيغة الهيدروكيميائية فإنها تمثل النسبة الوزنية المكافئة لكل الأيونات الرئيسية الموجبة والسالبة مرتبطة بانتظام بحسب تركيز كل منها في المياه، كذلك مقدار الملوحة (*T.D.S*)، و(الاسس الهيدروجيني (*PH*) وحسب المعادلة (Ivanov, 1968). جدول (5).

$$Kurolov - Formula = T.D.S(mg / L) \cdot \frac{SO_4(epm\%).Cl(epm\%).HCO_3(epm\%)}{Ca(epm\%).Na(epm\%).Mg(epm\%).K(epm\%)} (PH)$$

جدول (5)

اصناف المياه حسب العناصر السائدة الصيغة الهيدروكيميائية لمنطقة الدراسة

نوعية المياه	الصيغة الهيدروكيميائية	النتر
Mg ⁺² - SO ₄ ⁻²	$T.D.S(1630) \cdot \frac{SO_4(46.43).Cl(36.41).HCO_3(17.45)}{Ca(39.16).Na(19.96).Mg(40.57).K(0.58)} \cdot PH(7.8)$	W1
Mg ⁺² - SO ₄ ⁻²	$T.D.S(2840) \cdot \frac{SO_4(57.61).Cl(23.64).HCO_3(18.76)}{Ca(38.06).Na(14.39).Mg(44.24).K(2.31)} \cdot PH(7.5)$	W2
Ca ⁺² - SO ₄ ⁻²	$T.D.S(590) \cdot \frac{SO_4(41.96).Cl(40.63).HCO_3(17.41)}{Ca(35.58).Na(29.99).Mg(33.22).K(1.22)} \cdot PH(7.7)$	W4
Mg ⁺² - SO ₄ ⁻²	$T.D.S(1420) \cdot \frac{SO_4(45.62).Cl(34.68).HCO_3(19.70)}{Ca(38.71).Na(19.97).Mg(40.52).K(0.80)} \cdot PH(7.7)$	W5
Ca ⁺² - SO ₄ ⁻²	$T.D.S(2290) \cdot \frac{SO_4(57.42).Cl(27.81).HCO_3(14.77)}{Ca(42.71).Na(18.24).Mg(38.08).K(0.96)} \cdot PH(7.5)$	W6
Ca ⁺² - SO ₄ ⁻²	$T.D.S(1910) \cdot \frac{SO_4(54.63).Cl(31.72).HCO_3(13.65)}{Ca(42.78).Na(19.94).Mg(35.47).K(1.81)} \cdot PH(7.6)$	W7
Ca ⁺² - Cl ⁻	$T.D.S(580) \cdot \frac{SO_4(38.71).Cl(43.56).HCO_3(17.73)}{Ca(35.73).Na(29.85).Mg(33.35).K(1.07)} \cdot PH(8.1)$	W8
Ca ⁺² - SO ₄ ⁻²	$T.D.S(581) \cdot \frac{SO_4(40.71).Cl(38.15).HCO_3(21.14)}{Ca(37.04).Na(26.83).Mg(35.44).K(0.70)} \cdot PH(8.1)$	W9

$Mg^{+2} - SO_4^{-2}$	$T.D.S(1060) \cdot \frac{SO_4(48.86).Cl(32.42).HCO_3(18.73)}{Ca(31.97).Na(25.90).Mg(41.50).K(0.62)} \cdot PH(7.80)$	W10
$Ca^{+2} - SO_4^{-2}$	$T.D.S(1500) \cdot \frac{SO_4(57.70).Cl(24.96).HCO_3(17.43)}{Ca(42.35).Na(19.81).Mg(36.88).K(0.96)} \cdot PH(7.40)$	W11
$Mg^{+2} - SO_4^{-2}$	$T.D.S(590) \cdot \frac{SO_4(42.46).Cl(37.14).HCO_3(20.40)}{Ca(33.39).Na(27.89).Mg(37.58).K(1.14)} \cdot PH(7.7)$	W12
$Mg^{+2} - SO_4^{-2}$	$T.D.S(630) \cdot \frac{SO_4(44.96).Cl(36.65).HCO_3(18.40)}{Ca(31.17).Na(31.30).Mg(36.68).K(0.86)} \cdot PH(7.9)$	W13
$Mg^{+2} - SO_4^{-2}$	$T.D.S(650) \cdot \frac{SO_4(42.16).Cl(36.57).HCO_3(21.27)}{Ca(30.82).Na(29.33).Mg(38.93).K(0.92)} \cdot PH(7.8)$	W14
$Mg^{+2} - SO_4^{-2}$	$T.D.S(1120) \cdot \frac{SO_4(46.89).Cl(35.16).HCO_3(17.95)}{Ca(32.61).Na(26.10).Mg(39.77).K(1.53)} \cdot PH(7.7)$	W15
$Mg^{+2} - SO_4^{-2}$	$T.D.S(1260) \cdot \frac{SO_4(47.19).Cl(33.39).HCO_3(19.42)}{Ca(37.87).Na(20.99).Mg(40.10).K(1.04)} \cdot PH(7.8)$	W16
$Ca^{+2} - SO_4^{-2}$	$T.D.S(1950) \cdot \frac{SO_4(55.48).Cl(27.08).HCO_3(17.45)}{Ca(46.03).Na(16.83).Mg(36.88).K(0.265)} \cdot PH(7.6)$	W17
$Ca^{+2} - SO_4^{-2}$	$T.D.S(1280) \cdot \frac{SO_4(48.93).Cl(30.43).HCO_3(20.63)}{Ca(45.08).Na(16.43).Mg(38.19).K(0.30)} \cdot PH(7.7)$	W18
$Ca^{+2} - Cl^-$	$T.D.S(560) \cdot \frac{SO_4(39.10).Cl(42.24).HCO_3(18.67)}{Ca(37.91).Na(26.97).Mg(33.98).K(1.14)} \cdot PH(7.9)$	W19
$Mg^{+2} - SO_4^{-2}$	$T.D.S(1240) \cdot \frac{SO_4(50.98).Cl(33.94).HCO_3(15.53)}{Ca(39.29).Na(18.54).Mg(41.35).K(0.88)} \cdot PH(7.7)$	W20

المصدر: بيانات الجدولين (2،1) وبتطبيق المعادلة.

يوجد ثلاثة أصناف حسب العناصر السائدة الصيغة الهيدروكيميائية لمياه آبار منطقة الدراسة.

الصنف الأول: مياه عشرة آبار (W1، W2، W5، W10، W12، W13، W14، W15، W16، W20) ضمن صنف

كبريتاتية ماغنيسية ($Mg^{+2} - SO_4^{-2}$)، وتُشكل نسبة 53% من مجموع مياه آبار منطقة الدراسة. وتُشير إلى:

• تأثير الصخور الرسوبية الغنية بالجبس ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) أو الدولوميت ($CaMg(CO_3)_2$)، وذلك من خلال إذابة الجبس والانهيدرايت ومكونات التربة الجبسية.

• تعرض المياه الجوفية لتفاعل مع معادن كبريتاتية مثل البيريت (FeS_2) أو أنهيدريت ($CaSO_4$). إذ أن معظم مركبات الكبريتات لها قابلية على الذوبان في مياه الأمطار والسقي وزيادة تلك المياه تعمل على غسل التربة مما يعمل على زيادة المواد المذابة وبمرور الزمن يزداد تأثير العملية ويؤثر على المياه الجوفية. ووفق السياق الجيولوجي فإن هذه المياه توجد في المناطق الجافة وشبه الجافة. وترتبط بالأحواض الرسوبية حيث تذوب الأملاح بفعل العمليات الهيدروجيولوجية.

• الصنف الثاني: مياه سبعة آبار (W4، W6، W7، W9، W11، W17، W18)، ضمن صنف مياه كبريتاتية كالسيومية ($Ca^{+2} - SO_4^{-2}$)، وتُشكل نسبة 37% من مجموع مياه آبار منطقة الدراسة. وهي بذلك تحت التأثير المباشر للصخور الكبريتاتية نتيجة ذوبان معادن مثل الجبس ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)، و أنهيدريت ($CaSO_4$)، و كذلك الحجر الجيري أو الكلس ($CaCO_3$) في ظروف غنية بالكبريتات.

الصنف الثالث : مياه بئر (W8، W19)، ضمن صنف مياه كلوريدية كالسيومية (Ca⁺² - Cl⁻)، وتُشكل نسبة 10% من مجموع مياه آبار منطقة الدراسة. لتفاعلها مع الصخور الرسوبية، إذ تذوب معادن مثل الهاليت (NaCl) والجبس (CaSO₄·2H₂O) في المياه الجوفية، مما يؤدي إلى زيادة تركيز الكلوريد والكالسيوم. فضلاً عن تبخر المياه الجوفية في المناطق الجافة، تزداد نسبة الأملاح بسبب التبخر، مما يؤدي إلى تركيز أيونات الكالسيوم والكلوريد.

عاشراً: مخطط كيبس *Gibb's Ratio* :

يستخدم مخطط كيبس لتفسير تأثير العمليات الجيوكيميائية مثل هطول الامطار وآلية التفاعل بين الصخور والمياه والتبخر على جيوكيمياء المياه الجوفية، ان التفاعل بين المياه الجوفية له دور كبير في جودة المياه الجوفية، يتم حساب قيمة كيبس باستخدام المعادلتين ادناه (Gibbis, 2013) :

$$1 - \text{Gibb's Ratio} - 1 = \frac{CL}{(CL + HCO_3)} \text{ for anions}$$

$$2 - \text{Gibb's Ratio} - 11 = \frac{Na + K}{Na + K + Ca} \text{ for cations}$$

إذ يُعبر عن الأيونات كافة بـ (ملي مكافئ/لتر). جدول (6).

جدول (6)

قيمة *Gibb's Ratio I* للمياه الجوفية لمنطقة الدراسة

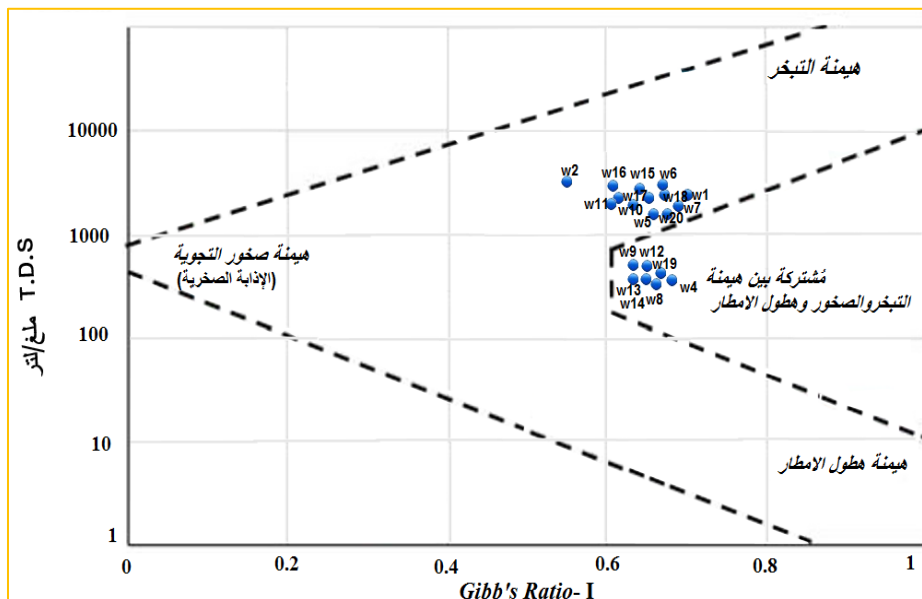
Gibb's Ratio I	الموقع	Gibb's Ratio I	الموقع	Gibb's Ratio I	الموقع
0.60	W18	0.63	W10	0.68	W1
0.69	W19	0.59	W11	0.56	W2
0.68	W20	0.65	W12	0.70	W4
--	--	0.67	W13	0.64	W5
--	--	0.63	W14	0.65	W6
--	--	0.66	W15	0.70	W7
--	--	0.63	W16	0.71	W8
--	--	0.61	W17	0.64	W9

المصدر : بيانات جدول (3). ويتطبيق مُعادلتَي قيمة *Gibb's Ratio*

ان اعلى قيمة *Gibb's Ratio I* سجلت في بئر (W8) بقيمة (0.71)، وقل قيمة سجلت في بئر (W2) بقيمة (0.56). بالنسبة للأيونات السالبة (الكلوريدات والبيكاربونات) نلاحظ ان مياه الآبار (W4، W8، W9، W12، W13، W14، W19) مُشتركة بين هيمنة التبخر وإذابة الصخور وهطول الأمطار معاً، وتُشكل نسبة 37% من مجموع مياه آبار منطقة الدراسة. في حين بقية مياه الآبار ضمن هيمنة التبخر، وتُشكل نسبة 63%. مخطط (1).

مخطط (1)

قيمة $Gibb's Ratio I$ للمياه الجوفية لمنطقة الدراسة



المصدر: بيانات الجدولين (1-3) وباستخدام برنامج (Aquachem v.4).

جدول (7)

قيمة $Gibb's Ratio II$ للمياه الجوفية لمنطقة الدراسة

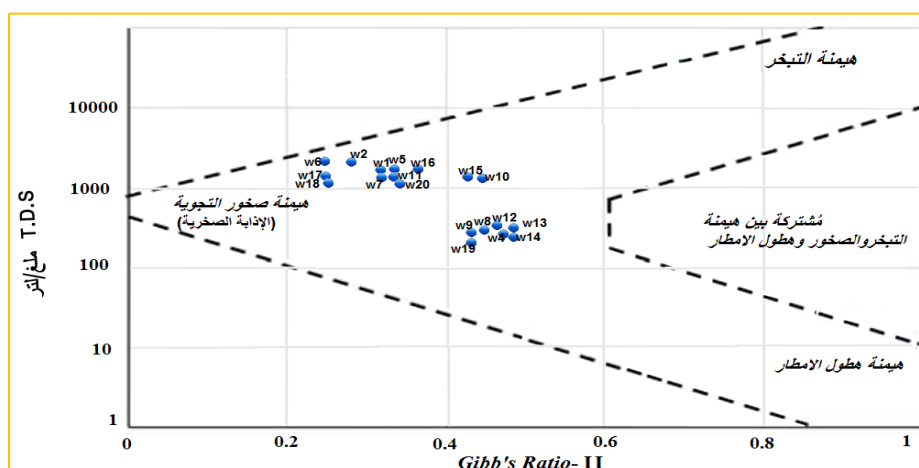
Gibb's Ratio II	الموقع	Gibb's Ratio II	الموقع	Gibb's Ratio II	الموقع
0.27	W18	0.45	W10	0.34	W1
0.43	W19	0.33	W11	0.30	W2
0.33	W20	0.47	W12	0.47	W4
--	--	0.51	W13	0.35	W5
--	--	0.50	W14	0.31	W6
--	--	0.46	W15	0.34	W7
--	--	0.37	W16	0.46	W8
--	--	0.27	W17	0.43	W9

المصدر : بيانات جدول (3). وبتطبيق مُعادلتَي قيمة $Gibb's Ratio$

ان اعلى $Gibb's Ratio II$ قيمة سجلت في بئر (W13) بقيمة (0.51)، واقل قيمة سجلت في البئرين (W18 ، W17) بقيمة (0.27). أما بالنسبة للأيونات الموجبة (صوديوم، كالسيوم، بوتاسيوم) نلاحظ ان نسبة 89% من مجموع مياه الآبار تقع ضمن هيمنة صخور التجوية (الإذابة الصخرية)، عدا مياه العينتين (W14 ، W13) فهي مُشتركة بين هيمنة التبخر و الإذابة الصخرية معاً، وذلك لان قيمتهما (0.5 ، 0.51) على الترتيب. مخطط (2).

مخطط (2)

قيمة $Gibb's Ratio II$ للمياه الجوفية لمنطقة الدراسة



المصدر: بيانات الجدولين (1-3) وباستخدام برنامج (Aquachem v.4).

أحد عشر: أصل المياه الجوفية:

يُستخدم التحليل الجيوكيميائي لدراسة تركيبة الأيونات والمعادن في المياه، و يمكن تحديد المصدر الرئيسي للمياه الجوفية مثل مياه الأمطار، مياه الأنهار التي تسربت، أو المياه ضمن العصور الجيولوجية القديمة (Zhang, 2023)، ولمعرفة ذلك تم استخدام طريقة سولن *Sulins Method*. والتي تستخدم معادلتين لإيجاد التحليل الجيوكيميائي للمياه (Sulin, 1946).

$$\frac{(r Cl - r (Na+k))}{(r Mg)}$$

$$\frac{(r(Na+K) - r Cl)}{(rSO_4)}$$

• r يعني $epm\%$ و يتم استبعاد القيم الأقل من 15%. جدول (8).

وتختلف الخصائص البيئية ونوعية المياه بناءً على مخطط سولن، مخطط (3).

جدول (8)

التحليل الجيوكيميائي للخصائص البيئية ونوعية المياه بناءً على مخطط سولن

الخصائص البيئية	نوعية المياه	المعامل	النسبة
مياه قلووية، وتحت عملية اختزال الأكسدة، في الغالب رواسب بحرية في بيئة مياه عذبة رطبة، علامة جيدة على وجود النفط والغاز، درجة الحموضة PH أكبر من 8.	$NaHCO_3$	$r((Na+K) - r Cl) / (rSO_4)$ أكبر من واحد	$(Na+k)/Cl$ أكبر من واحد
مياه سطحية، بيئة قارية، غير مواتية لتراكم وحفظ النفط والغاز، وضمن الخزانات الحرة (الغير مقيدة).	Na_2SO_4	$r((Na+K) - r Cl) / (rSO_4)$ أقل من واحد	$(Na+k)/Cl$ أقل من واحد
ضمن لخزانات المقيدة (الارتوازية)، بيئة جيولوجية عميقة مغلقة تماماً، علامة جيدة على وجود النفط والغاز، معزولة بالكامل عن المياه الجوفية والسطحية.	$CaCl_2$	$r(Cl - (Na+K))/rMg$ أكبر من واحد	$(Na+k)/Cl$ أقل من واحد
ضمن الأكسدة والاختزال، بيئة بحرية، لا يوجد اتصال بين النفط والأرض، وضمن الخزانات المانبة المحصورة (<i>confined Aquifers</i>) توجد في معظم الحالات داخل حقول النفط والغاز.	$MgCl_2$	$r(Cl - (Na+K))/rMg$ أقل من واحد	$(Na+k)/Cl$ أقل من واحد

المصدر: (Awadh, 2019).

بتطبيق المعادلة $r(Na+k)/Cl$ لإيجاد النسبة نجد انها أقل من واحد، وان المعامل لها بعد تطبيق المعادلة

$r(Cl - (Na+K))/rMg$ أيضاً أقل من واحد، جدول (9). مخطط (3).

جدول (9)

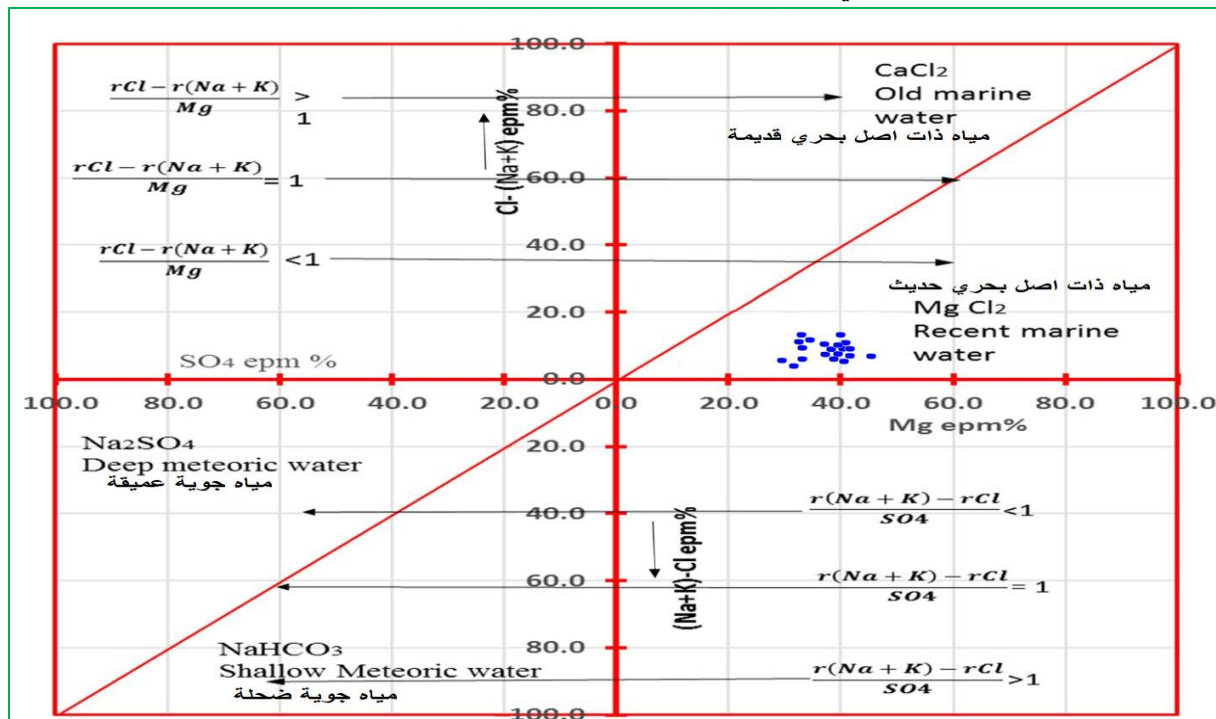
التحليل الجيوكيميائي النسبة والمعامل لمخطط سولن

الموقع	النسبة $(Na+k)/Cl$	المعامل $r(Cl-(Na+K))/rMg$	المحور السيني ${}^2Mg+$	المحور الصادي $r(Cl-(Na+K))$
W1	0.56	0.40	40.57	16.14
W2	0.71	0.15	45.24	6.94
W4	0.77	0.28	33.22	9.43
W5	0.60	0.34	40.52	13.90
W6	0.69	0.23	38.08	8.60
W7	0.69	0.28	35.47	9.98
W8	0.71	0.38	33.35	12.64
W9	0.72	0.30	35.44	10.62
W10	0.82	0.14	41.50	5.89
W11	0.83	0.11	36.88	4.19
W12	0.78	0.22	37.58	8.11
W13	0.88	0.12	36.68	4.49
W14	0.83	0.16	38.93	6.32
W15	0.79	0.19	39.77	7.53
W16	0.66	0.28	40.10	11.36
W17	0.63	0.27	36.88	9.99
W18	0.55	0.36	38.19	13.70
W19	0.67	0.42	33.98	14.12
W20	0.58	0.34	41.35	14.07

المصدر: بيانات الجدول (8).

مخطط (3)

التحليل الجيوكيميائي لمياه آبار منطقة الدراسة وفق مخطط سولن Sulin Diagram



المصدر: بيانات جدول (4) واستخدام المعادلتين.

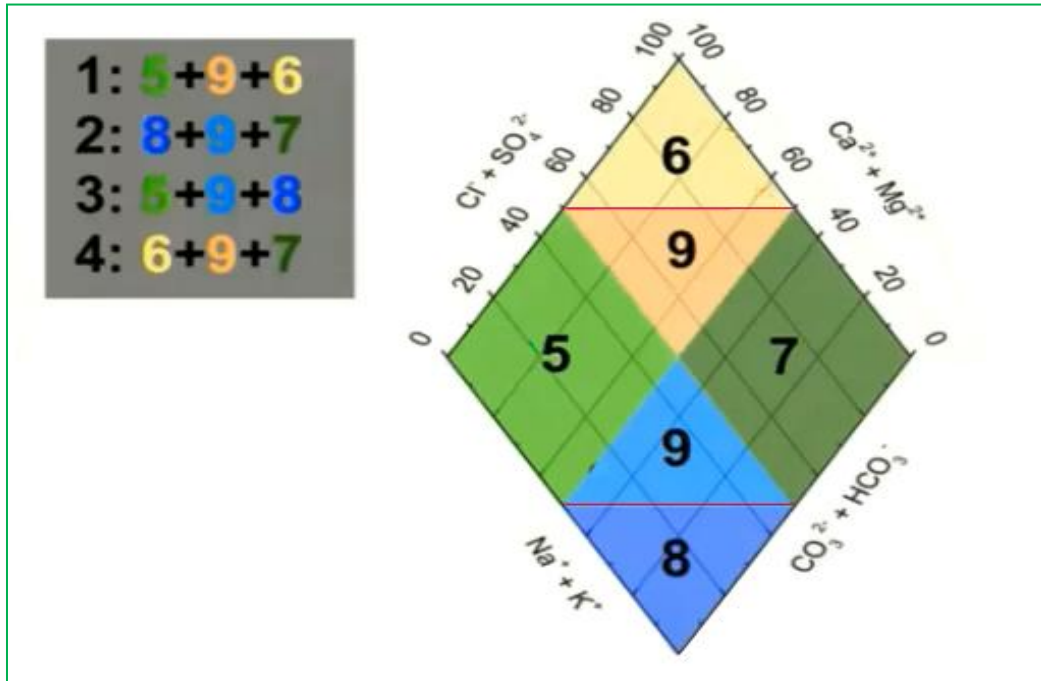
تبين أن جميع عينات مياه الآبار ذات أصل بحري حديث، وهي مياه محصورة منذ التكوين الجيولوجي الأولي للصخور الرسوبية، وذات نوعية كلوريد المغنيسيوم ($MgCl_2$)، وهي أملاح سريعة الذوبان، وهي المسؤولة في الطبيعة عن ملوحة وقلوية التربة وضمن الأكسدة والاختزال للمياه، بيئة بحرية، لا يوجد اتصال بين النفط والأرض، توجد في معظم الحالات داخل حقول النفط والغاز. وضمن الخزانات المائية المحصورة (*confined Aquifers*)، حيث تكون هذه الخزانات محاطة من الأعلى والأسفل بطبقتين غير نفاذتين ولا مساميتين ولا تسمح بحركة الماء إلى الأعلى أو الأسفل، والمياه هنا تحت ضغط أعلى من الضغط الجوي بسبب ضغط الصخور التي تغطي الخزان فضلاً عن الضغط الهايدروستاتيكي الناتج من المياه الموجودة داخل الخزان، وتتوزع هذه الخزانات بالمياه من الأجزاء المغطاة بطبقة نفاذية تسمح بمرور المياه المترشحة خلالها إلى طبقات الخزن وتسمى بمناطق التشرب (*Catchments areas*) وعند حفر الآبار لاستخراج المياه من هذه الخزانات في المناطق التي يقع أقل ارتفاعها عن منطقة التشرب فإن مستوى المياه في البئر المحفور يرتفع حتى يتعادل الضغط الهايدروستاتيكي في الخزانات مع الضغط الجوي (Bouwer, 2022).

أثنا عشر: مخطط بايبر (*Piper's diagram*) :

يُعد من أكثر التمثيلات البيانية فائدة الذي يستخدم لمعرفة اصل ومصدر الاملاح المذابة ولتحديد العمليات الهيدروكيميائية المسؤولة عن تغير نوعية المياه الجوفية وللمساعدة في تصنيف انواع المياه المختلفة، ويتألف المخطط من ثلاثة رسومات، مثلثان في الأسفل الأول يقع في الجانب الأيسر ويضم العناصر الموجبة الرئيسة والثاني في الجانب الأيمن ويضم العناصر السالبة، والثالث معين متساوي الاضلاع ويستخدم لتمثيل التركيب الأيوني للعينة، والعناصر الداخلة في المخطط بوحدة $epm\%$ (Piper, 1953). حيث يتم رسم قيم العناصر السالبة والموجبة على المثلثين في الاسفل ومن ثم رسم خط مستقيم باتجاه شكل المعين، ومن ثم تقاطع هذين المستقيمين يمثل قيمة تصنيف التركيب الأيوني لمياه الآبار ضمن مخطط بايبر، ولبيان وفهم المخطط للمعين الأعلى ضمن المخطط. شكل (1). جدول (10).

شكل (1)

تصنيف التركيب الأيوني لمياه الآبار ضمن مخطط بايبر



المصدر: (Shimadar, 2023)

جدول (10)

وصف التركيب الأيوني لمياه الآبار ضمن مخطط بايبر

رقم الشكل ضمن المعين	نوعية المياه	الوصف
5	(كالمسيوم- بيكاربونات) (Ca- Hco ₃)	تتجاوز الرواسب الكربونية فيه (50%)، وتسودها الاتربة القلوية والاحماض الضعيفة
6	(كالمسيوم – كلوريد)، (Ca – Cl).	الرواسب غير الكربونية تتجاوز (50%)
7	(صوديوم – كلوريد)، (Na – Cl)	تتجاوز القلويات غير الكربونية فيه (50%) وتسودها القلويات والاحماض القوية
8	(صوديوم – بيكاربونات)، (Na- Hco ₃)	تتجاوز القلويات الكربونية (50%)
المثلث العلوي رقم 9	مشتركة، ضمن صنف (مشتركة كالمسيوم – مغنيسيوم –كلوريد)، (Ca –Mg – ،Cl)	الانايون والكاتيون لا تتجاوز (50%).
المثلث السفلي رقم 9	مشتركة، ضمن صنف (مشتركة كالمسيوم – مغنيسيوم – كاربونات)، (Ca –Mg – HCO ₃)	الانايون والكاتيون لا تتجاوز (50%).
مجموع كل من 6+9+5	-	تركيز الاتربة القلوية فيه اكثر من القلويات.
مجموع كل من 9+8+7	-	يكون تركيز القلويات فيه اكثر من الاتربة القلوية.
مجموع كل من 8+9+5	-	يكون الأحماض الضعيفة أكثر من الأحماض القوية .
مجموع كل من 7+9+6	-	يكون الأحماض القوية أكثر من الأحماض الضعيفة .

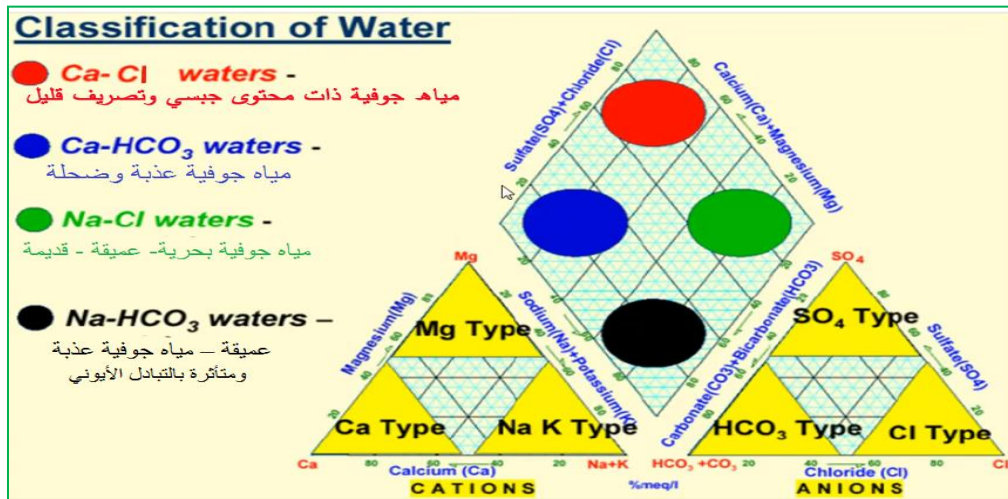
المصدر: (Shimadar, 2023)

كذلك يوجد تصنيف لأربعة مناطق ضمن مخطط بايبر لبيان نوعية المياه الجوفية وكما يلي (Gargini, 2020):

- الجزء العلوي من المعين (اللون الاحمر)، تمثل مياه جوفية ذات محتوى جبسي وتصريف قليل.
- الجزء الأيمن من المعين (اللون الاخضر)، تمثل مياه جوفية عذبة وضحلة.
- الجزء الاسفل من المعين (اللون الاسود)، تمثل مياه جوفية عذبة عميقة ومتأثرة بالتبادل الايوني .
- الجزء الأيسر من المعين (اللون الازرق)، تمثل مياه جوفية بحرية وضحلة، شكل (2).

شكل (2)

تصنيف نوعية المياه الجوفية ضمن مخطط بايير

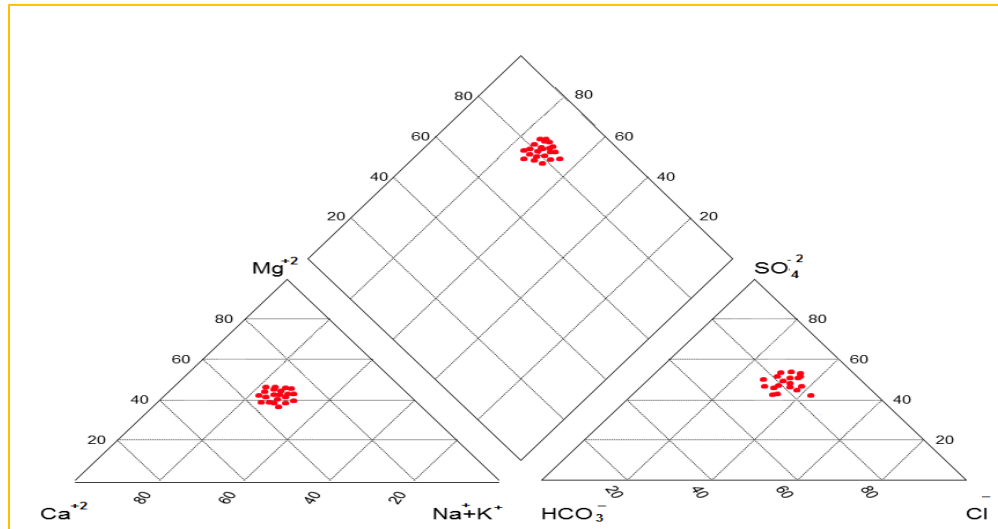


المصدر: (Gargini, Ecohydrogeology: The interdisciplinary convergence needed to improve the study and ecosystem, 2020) 'biota, stewardship of springs and other groundwater-dependent habitats

تم تسقيط عينات مياه آبار منطقة الدراسة على مخطط بايير، شكل (2). تبين انها نوعية المياه ذات محتوى جبسي ذات تصريف قليل، فضلاً عن انها مشتركة ضمن صنف (كالسيوم -مغنيسيوم -كلوريد)، (Ca -Mg -Cl)، والرواسب غير الكربونية تتجاوز (50%)، فضلاً عن الانايون والكاتيون لا تتجاوز (50%).

شكل (3)

مخطط بايير لتصنيف المياه الجوفية



المصدر: بيانات جدول (4) وباستخدام برنامج (Aquachem v.4).

ثلاثة عشر: مخطط دوروف Durov plot :

رسم بياني مركب يتكون من مخططين ثلاثيين حيث تم رسم النسب المئوية للملي مكافئ للكاتيونات مقابل النسب المئوية للانيونات وتشكل الجوانب رسماً بيانياً مستطيلاً مركزياً ثنائياً لتركيزات الكاتيون الكلية مقابل تركيزات النيون الكلية، يكشف كلا الرسمين عن أوجه

التشابه والاختلاف بين عينات المياه ، من خلال تجميع العينات ذات التركيب الكيميائي المتشابه (Singh, 2021). مكونات مخطط دوروف:

يتألف مخطط دوروف عادةً من ثلاث أجزاء رئيسية:

1. مثلثان متجاوران:-مثلث يمثل الأنيونات (الكاتيونات) مثل: $(Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+})$. ومثلث آخر يمثل الأنيونات مثل: $(HCO_3^-, SO_4^{2-}, Cl^-)$.
2. مستطيل مركزي: يتم إنشاؤه عبر إسقاط البيانات من مثلثي الأنيونات والكاتيونات على محورين أفقي ورأسي، لدمج البيانات وعرض النمط العام للمياه (Al-Manmi, 2007). مخطط (4). جدول (11).

جدول (11)

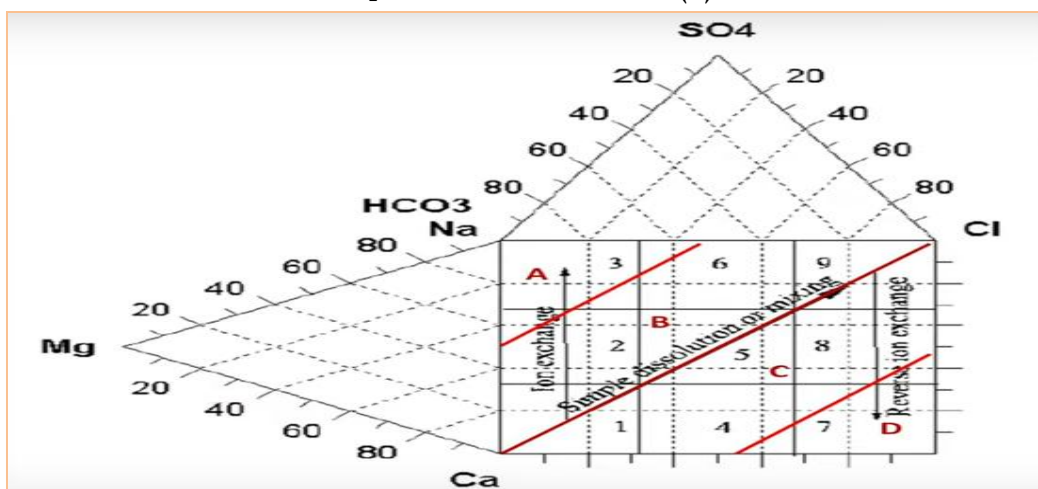
وصف الاسقاطات مخطط دوروف Durov plot

النطاق المحدد ضمن الشكل المربع	الصيغة الهيدروكيميائية للمياه	مياه نقية
A	<i>pure water</i>	مياه نقية
B	<i>no contamination</i>	قليلة التلوث
C	<i>moderate quality</i>	جودة متوسطة
D	<i>High concentration of Na & Cl</i>	تركيز عالي من اينيوني الصوديوم والكلوريد
1 - 2 -3	<i>ion exchange</i>	تبادل الأيونات
4 -5 -6	<i>simple dissolution or mixing</i>	ذوبان بسيط أو خلط
7 -8 -9	<i>reverse ion exchange</i>	تبادل أيوني عكسي

المصدر: (Ravikumar, 2015).

ان مياه العينات تقع ضمن النطاق المحدد (B - 2)، بمعنى انها قليلة التلوث، و انها ضمن تبادل الأيونات المستمر بالتفاعل الكيميائي مع التربة والصخور، التي تؤدي دوراً رئيسياً في تغيير الخصائص الكيميائية والفيزيائية لكل من الماء والصخور المحيطة. مخطط (5).

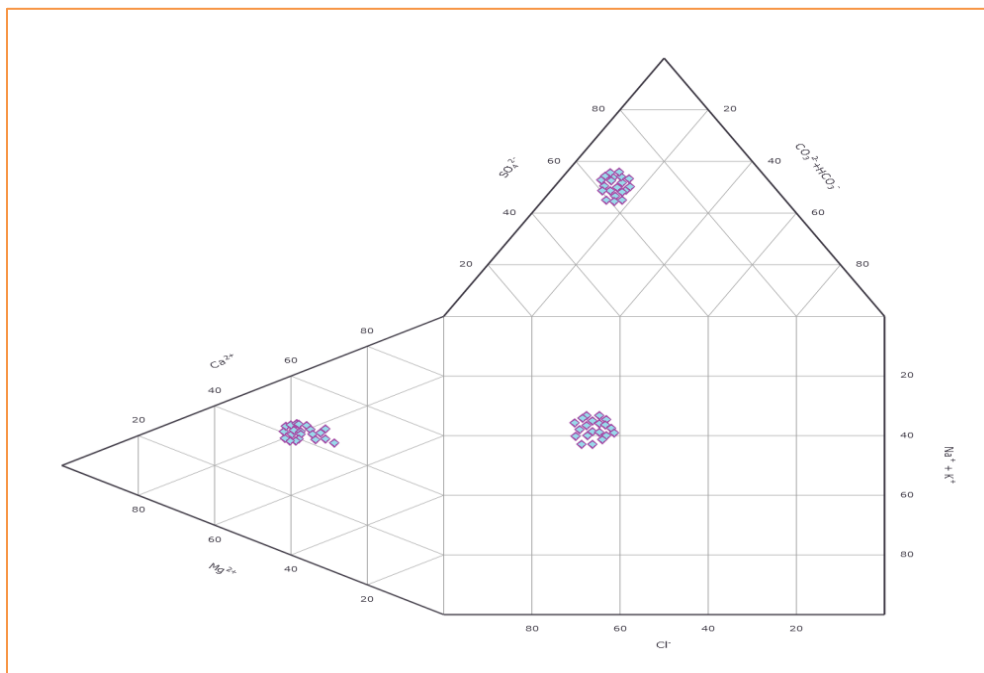
مخطط (4) الاسقاطات مخطط دوروف Durov plot



المصدر: (Ravikumar, 2015).

مخطط (5)

مخطط دوروف *Durov plot* لمياه آبار منطقة الدراسة



المصدر: بيانات الجدولين (4 ، 11) واستخدام برنامج AquaChem 13.0

أربعة عشر: امكانية استخدام المياه للأغراض المختلفة :

لا يمكن استخدام جميع مياه الابار للشرب وذلك لتجاوز قيمة أيون المغنيسيوم المحددات المسموح باستخدامها، أما لغرض الري 32% منها فقط مسموح باستخدامها وهي (W4 ، W8 ، W9 ، W10 ، W12 ، W19). وللاستهلاك الحيواني جميعها مسموح به وفق FAO، عدا مياه بئر W2، بينما لغرض البناء والانشاءات مياه آبار 53% مسموح بها وهي (W4 ، W8 ، W9 ، W10 ، W12 ، W13 ، W14 ، W15 ، W19 ، W20).

الاستنتاجات:

- 1- تبين انه يوجد ثلاثة أصناف حسب العناصر السائدة الصيغة الهيدروكيميائية لمياه آبار منطقة الدراسة، الصنف الاول مياه عشرة آبار (W1، W2 ، W5 ، W10 ، W12 ، W13 ، W14 ، W15 ، W16 ، W20) ضمن صنف كبريتاتية ماغنيسية ($Mg^{+2} - SO_4^{-2}$)، وتُشكل نسبة 53% من مجموع مياه آبار منطقة الدراسة. بينما الصنف الثاني مياه سبعة آبار (W4 ، W6 ، W7 ، W9 ، W11 ، W17 ، W18)، ضمن صنف مياه كبريتاتية كالسيومية ($Ca^{+2} - SO_4^{-2}$)، وتُشكل نسبة 37%. أما الصنف الثالث مياه بئرين فقط (W8 ، W19)، ضمن صنف مياه كلوريدية كالسيومية ($Ca^{+2} - Cl^{-}$)، وتُشكل نسبة 10% .
- 3- توصلت الدراسة ان مياه الابار مشتركة بين هيمنة التبخر وإذابة الصخور وهطول الأمطار معاً
- 3- تبين أن جميع عينات مياه الآبار ذات أصل بحري حديث، وهي مياه محصورة منذ التكوين الجيولوجي الأولي للصخور الرسوبية، وذات نوعية كلوريد المغنيسيوم ($MgCl_2$)، وهي أملاح سريعة الذوبان.
- 4- تبين انها نوعية المياه ذات محتوى جبس ذات تصريف قليل، فضلاً عن انها مشتركة ضمن صنف (كالسيوم -مغنيسيوم -كلوريد)، ($Ca -Mg -Cl$)، والرواسب غير الكربونية تتجاوز (50%)، فضلاً عن الانايون والكاتيون لا تتجاوز (50%).

5- توصلت الدراسة انه مياه العينات تقع ضمن النطاق المحدد (2 - B)، بمعنى انها قليلة التلوث، و انها ضمن تبادل الأيونات المستمر بالتفاعل الكيميائي مع التربة والصخور.
6- تبين انه لا يمكن استخدام جميع مياه الابار للشرب وذلك لتجاوز قيمة أيون المغنيسيوم المُحددات المسموح باستخدامها، أما لغرض الري 32% منها فقط مسموح باستخدامها وللاستهلاك الحيواني جميعها مسموح به وفق FAO ، عدا مياه بئر W2، بينما لغرض البناء والانشاءات مياه آبار 53% مسموح بها.

المقترحات:

- 1- حث المزارعين على تحسين كفاءة الري و استخدام أسمدة زراعية تعتمد على مبادئ الزراعة المستدامة، مثل الاسمدة العضوية، والاسمدة الحيوية، مما يقلل تسرب النيتروجين والفوسفور إلى المياه الجوفية والأنهار.
- 2- الاستغلال الأمثل للمياه الجوفية من خلال ترشيد استعمال المياه والمحافظة عليها من خلال مراقبة كمية المياه المسحوبة مع معدل التغذية للبئر .
- 3- الاستمرار في اجراء الفحوصات المخبرية لمعرفة التغيرات التي ستحدث من ناحية نسبة المكونات الكيميائية والاملاح المذابة فيها تقاديا لعدم حدوث تدهور في صلاحية المياه الجوفية ونوعيتها.
- 4- نمذجة المياه الجوفية باستخدام برامج حاسوبية متقدمة لتوقع التغيرات في مستويات المياه واتخاذ إجراءات وقائية.

المراجع

- الشركة العامة للمسح الجيولوجي جمهورية العراق، وزارة الصناعة والمعادن والتعدين. (2006). ، خارطة كربلاء الهيدروجيولوجية، مقياس 1/25000.
- احمد سرداح كاظم الزبيدي. (2024). المياه الجوفية في العراق. دار آراء للطباعة والنشر، بغداد، ص 102.
- جمهورية العراق ، وزارة الموارد المائية. (2019). المديرية العامة للمساحة ، قسم أنتاج الخرائط ، الخريطة الإدارية لمحافظة كربلاء".
- حاتم خضير صالح الجبوري. (2022). هيدروجيولوجية وهيدروكيميائية منطقة لوجة كربلاء، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، ص 11.
- ديفيد كييف تود، ، ترجمة رياض حامد الدباغ، حميد رشيد وفيق. (1979). هيدروجيولوجيا المياه ،. مطبعة جامعة الموصل، ط1، ص 199.
- رزاق حسين هاشم العميدي. (2022). الموارد المائية في محافظة كربلاء. مجلة الباحث، العدد 28، ص 262.
- علي سليمان إريزيك عباس الكربولي. (2017). تقييم الخصائص النوعية للمياه الجوفية وأثره في الاستخدامات البشرية في قضاء كركوك. أطروحة دكتوراه، كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة الأنبار، ص 9.
- محمد نجله عجيل. (2023). تقييم خصائص المياه الجوفية للإرواء الزراعي لمنطقة سبع قصور شمال شرق بغداد. المؤتمر العلمي السادس والعشرين للعلوم الإنسانية والتربوية/ كلية التربية/ الجامعة المستنصرية 4-5 أيار. ص 646.
- مختبر العتبة العباسية المقدسة، قسم المشاريع الهندسية. (2024/10/19).
- نجله عجيل محمد. (2023). تقييم خصائص المياه الجوفية لمنطقة سبع قصور شمال شرق بغداد باستخدام مؤشر جودة المياه الكندي (CCME WQI)،. المؤتمر العلمي السادس والعشرين للعلوم الإنسانية والتربوية/ كلية التربية/ الجامعة المستنصرية 4-5 أيار ص 585.
- وزارة التخطيط. (2023). الجهاز المركزي للإحصاء، دائرة التخطيط والمتابعة، قسم المدلولات السكانية.

References

- Ajeel, M. N. (2023). Evaluation of groundwater quality characteristics for agricultural irrigation in the Seba' Qusur area, northeast Baghdad. *26th Scientific Conference on Humanities and Educational Sciences*, College of Education, Al-Mustansiriyah University, May 4–5, p. 646.
- Al-Jubouri, H. K. S. (2022). Hydrogeology and hydrochemistry of the Karbala Plateau. *General Company for Geological Survey and Mining*, p. 11.
- Al-Karbouli, A. S. E. A. (2017). Assessment of groundwater quality characteristics and their impact on human uses in Kirkuk District. *Ph.D. thesis*, College of Education for Humanities, Al-Anbar University, p. 9.
- Al-Manmi, D. A. (2007). Groundwater quality evaluation in Kalar Town-Sulaimani/NE-Iraq. *Iraqi Journal of Earth Sciences*, 7(2), 31–52.
- Al-Mustansiriyah University. (2023). *Evaluation of groundwater quality characteristics for agricultural irrigation in Seba' Qusur area, northeast Baghdad, using the Canadian Water Quality Index (CCME WQI)*. *26th Scientific Conference on Humanities and Educational Sciences*, College of Education, Al-Mustansiriyah University, May 4–5, p. 585.
- Al-Omari, R. H. H. (2022). Water resources in Karbala Governorate. *Al-Bahith Journal*, 28, 262.
- Al-Zubaidi, A. S. K. (2024). *Groundwater in Iraq*. Dar Arae for Printing and Publishing, Baghdad, p. 102.
- Asakura, Y., & Shimadar, S. (2023). The characteristics and distribution of deep groundwater in Djibouti. *International Journal of GEOMATE*, 24(102), 93-100. <https://doi.org/10.21660/2023.102.s8555>
- Bouwer, H. (2022). Artificial recharge of groundwater: Hydrogeology and engineering. *IAH Hydrogeology Journal*, 10, 121–142.
- Gargini, S. (2020). Ecohydrogeology: The interdisciplinary convergence needed to improve the study and stewardship of springs and other groundwater-dependent habitats, biota, and ecosystems. *Ecological Indicators*, 110, 105803. <https://doi.org/10.1016/j.ecol>
- Gargini, S. (2020). Ecohydrogeology: The interdisciplinary convergence needed to improve the study and stewardship of springs and other groundwater-dependent habitats, biota, and ecosystems. *Ecological Indicators*, 110, 105803. <https://doi.org/10.1016/j.ecol>
- General Company for Geological Survey, Republic of Iraq, Ministry of Industry and Minerals. (2006). *Karbalah Hydrogeological Map* (Scale 1:25,000).
- Gibbs, J. (2013). Mechanisms controlling world water chemistry. *Science*, 170, 1081–1090. IDFC Foundation India Rural Development Report, Orient Black Swan, New Delhi, 25.
- Ivanov, V. V. (1968). The main genetic types of the Earth's crust mineral water and their distribution in the USSR. *Inter. Geol. Cong. of 23rd Sessions*, Czechoslovakia, V. 12, p. 33.
- Ivanov, V. V., Barbanov, L. N., & Plotnikova, G. N. (1968). The main genetic types of the Earth's crust mineral water and their distribution in the USSR. *Inter. Geol. Cong. of 23rd Sessions*, Czechoslovakia, V. 12, p. 33.
- Ministry of Planning. (2023). *Central Statistical Organization, Planning and Follow-up Department, Population Indicators Section*.
- Piper, A. M. (1953). A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. *U.S. Geol. Survey Groundwater Note*, 12.
- Ravikumar, K. (2015). A comparative study on usage of Durov and Piper diagrams to interpret hydrochemical processes in groundwater from the SRLIS river basin, Karnataka, India. *Elixir Earth Sciences*, 80, 31073–31085.
- Republic of Iraq, Ministry of Water Resources. (2019). *General Directorate of Survey, Map Production Department, Administrative Map of Karbala Governorate*.
- Salih, M. A. (2019). Hydrochemistry as a tool for interpreting brine origin and chemical equilibrium in oilfields: Zubair reservoir southern Iraq case study. *Applied Water Science*, 9(6), 65. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-0944-6>
- Shimadar, S. (2023). The characteristics and distribution of deep groundwater in Djibouti. *International Journal of GEOMATE*, 24(102), 93-100. <https://doi.org/10.21660/2023.102.s8555>

- Singh, R. (2021). Study on the usage of Piper and Durov diagrams to interpret hydrochemical processes in groundwater of Bichhiya, Mandla District, Madhya Pradesh, India. *International Journal of Research in Engineering and Science*, 887.
- Todh, D. K., translated by H. R. Al-Dabbagh, H. R. Wafiq. (1979). *Hydrology of water*. Mosul University Press, 1st ed., p. 199.
- Zhang, Q. (2023). Evolution of hydrogeochemistry in the Haolebaojinao Watershed of the Ordos Basin, China. *Sustainability*, 15, 5091. <https://doi.org/10.3390/u15065091>