

## التقييم الهيدروكيميائي لمياه بحيرة سد 16 تشرين في حوض الساحل –

### سورية

أ. م. د. كنان جمال راعي \*

#### ملخص

يهدف هذا البحث إلى تقييم الخصائص الهيدروكيميائية لمياه بحيرة سد 16 تشرين الواقعة في حوض الساحل شمال شرق محافظة اللاذقية في الجمهورية العربية السورية، من خلال تحليل 10/ عشر عينات مائية موزعة في كافة أنحاء منطقة البحث بحيث تشمل كافة الأوضاع الجيولوجية المنتشرة في أرجائها، إضافةً لتنوع الأنشطة البشرية (الزراعية، السياحية) فيها. جُمعت العينات المائية خلال فترتين زمنيتين تمثلان حالتَي الرطوبة والجفاف، وأجريت التحاليل الكيميائية لها لتحديد تراكيز الشوارد الرئيسية (البكربونات، السلفات، الكلور، الصوديوم، البوتاسيوم، الكالسيوم، المغنيزيوم) فيها لفهم طبيعتها وتفسير مصادر ورودها، وتصنيف المياه بالاعتماد على برنامج تحليل هيدروكيميائي متخصص / AquaChem / ، إذ أُسقطت النتائج بعد معالجتها على عدّة مخططات /Schoeller ، Stiff ، Piper/ . أظهرت النتائج أنّ المياه تتصف بنمط بيكربونات - كلسي، وأنّ التأثير الجيولوجي للصخور الكربوناتية في المنطقة هو العامل الأهم في تحديد خصائص المياه وتركيبها الكيميائي. كما أشارت النتائج إلى تجانس نوعية المياه، وضرورة مراقبتها دورياً لضمان استدامتها في ظل التحديات الراهنة من تغيرات مناخية ونشاط بشري متزايد.

الكلمات المفتاحية: سد 16 تشرين، هيدروكيمياء، كاتيونات، أنيونات، AquaChem .

### Hydrochemical assessment of lake 16 Tishreen Dam water in the coastal basin - Syria

\* أستاذ مساعد في قسم الجيولوجيا – كلية العلوم – جامعة اللاذقية – اللاذقية – سورية.

Email: [kinanraee@gmail.com](mailto:kinanraee@gmail.com)

**Dr. Kinan Jamal RAEE\***

## ABSTRACT

This study aims to evaluate the hydrochemical characteristics of the water in Lake 16 Tishreen Dam, located in the coastal basin northeast of Latakia Governorate in the Syrian Arab Republic. The analysis was based on ten water samples distributed across the study area to cover the various geological settings and the diversity of human activities (agricultural, touristic) present in the region.

Samples were collected during two different periods representing wet and dry conditions. Chemical analyses were conducted to determine the concentrations of major ions (bicarbonate, sulfate, chloride, sodium, potassium, calcium, and magnesium) to understand the nature of the water and identify the sources of these constituents. The classification of water types was performed using specialized hydrochemical analysis software (AquaChem), with the processed results plotted on several diagrams (Piper, Stiff, Schoeller).

The results showed that the water is characterized by a bicarbonate–calcium type. The geological influence of carbonate rocks in the region was found to be the most significant factor in determining the water properties and its chemical composition. The findings also indicated a homogeneity in water quality, emphasizing the need for regular monitoring to ensure sustainability amid current challenges such as climate change and increasing human activity.

**Keywords:** 16 Tishreen Dam, Hydrochemistry, Cations, Anions, AquaChem.

مقدمة:

تعد دراسة الخصائص الهيدروكيميائية للمياه من المواضيع الحيوية المهمة لفهم ومعرفة نوعية المياه وتحديد ملاءمتها للاستخدامات المختلفة، فهي تشكل القاعدة الأساس لتفسير الظروف

---

\* Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Lattakia University, Lattakia, Syria. Email: [kinanraee@gmail.com](mailto:kinanraee@gmail.com)

الطبيعية لتشكل التركيب الكيميائي لتلك المياه. وتزداد أهمية هذه الدراسات في البيئات التي تتأثر بالعوامل الجيولوجية والهيدرولوجية والنشاطات البشرية.

تمثل بحيرة سد 16 تشرين خزاناً مائياً استراتيجياً يعتمد عليه في تغذية الأغراض الزراعية وبعض الاستخدامات المنزلية والسياحية في المنطقة، مما يجعلها تتأثر بشكل مباشر بالملوثات المختلفة التي يمكن أن ترد إليها وللوسط المحيط. ومن هنا تأتي أهمية تحليل مكوناتها الكيميائية وتفسير مصادرها وتغيراتها الموسمية. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الخصائص الكيميائية الرئيسة لمياه البحيرة من خلال متوسط النتائج لفترتين متباينتين من حيث الظروف المناخية (الرطوبة، الجفاف) لتكوين تصور علمي عن نوعية المياه واتجاهات تطورها.

يتم توضيح عوامل تشكل التركيب الكيميائي للمياه من خلال وضع سلسلة من الخرائط والمخططات الهيدروكيميائية، واستخدام الطرائق الرياضية والإحصائية على نطاق واسع. وقد جرت حول ذلك العديد من الدراسات والبحوث العلمية تمّ فيها إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه واستخدام مخططات متنوعة بهدف تحديد طبيعة المياه حسب الشاردة المسيطرة ، 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , 9 [1 , 2 , 3].

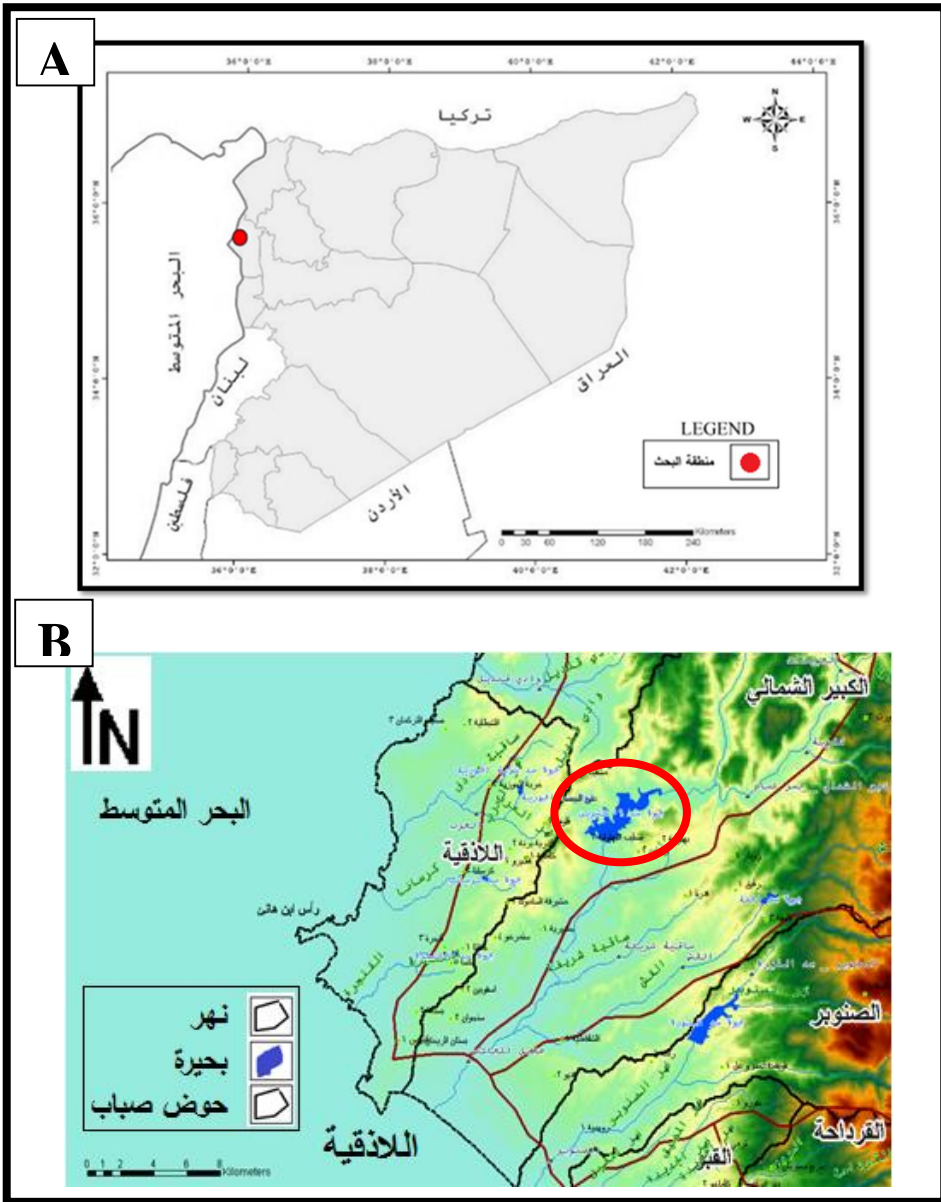
تقع بحيرة سد 16 تشرين ضمن حوض الساحل في الشمال الغربي من سورية، شمال شرق محافظة اللاذقية، ضمن الإحداثيات:

"N: 35° 37' 00" و "N: 35° 41' 00" ، "E: 36° 00' 00" و "E: 35° 54' 00" (الشكل (1)).

إنّ نهر الكبير الشمالي من الأنهار الدائمة وأكبرها من حيث الغزارة والطول، والبحيرة ناتجة عن تجميع مياه هذا النهر وعدة روافد محلية إضافة للهطول المطرية التي تعد المصدر الرئيس لتغذية البحيرة.

تستخدم مياه البحيرة في الأعمال الزراعية (الري) وبعض الأنشطة السياحية والبشرية (تربية الأسماك).

يسود المنطقة بشكل عام مناخ البحر المتوسط، ويتميز بشتاء معتدل وماطر وصيف حار وجاف، ويؤثر بشكل مباشر على كمية ونوعية المياه في البحيرة.

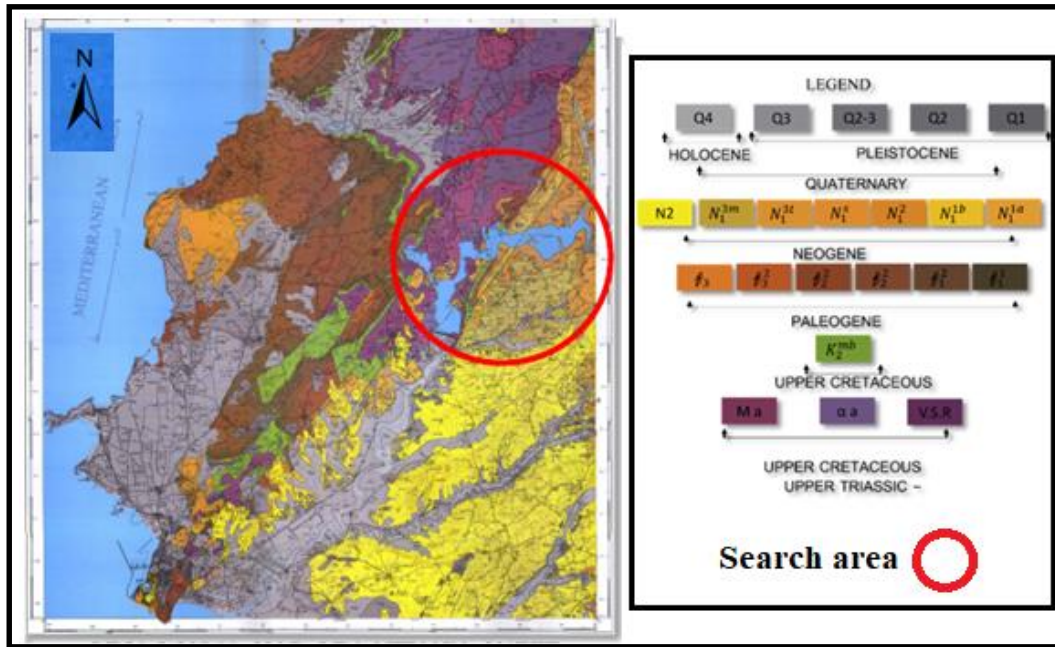


الشكل (1) A : موقع منطقة البحث بالنسبة للجمهورية العربية السورية

B : موقع منطقة البحث بالنسبة لمحافظة اللاذقية

يتميز الموقع ببنية جيولوجية معقدة، الشكل (2)، تؤدي دوراً مهماً في تشكل الجريانين السطحي والجوفي، حيث ينكشف ضمن المنطقة صخور تعود في أعمارها لأدوار جيولوجية متعددة من الترياسي وحتى الرباعي، وهي مؤلفة بشكل رئيس من الصخور الكربوناتية (الأحجار الكلسية، المارل، الدولوميت، الحوار) إضافةً لصخور متنوعة أخرى منها البركانية (الراديولايت، الطف، الصبات البازلتية) ومنها الأساسية (غابرو، دياباز) وفوق الأساسية (سرينتينية)، ومستويات من الكونغلوميرا مما يؤثر على نوعية المياه وتراكيبها الكيميائية [10, 11].

تشكل منطقة البحث منخفضاً بين كتلتين: الكتلة الشرقية لا تلاحظ فيها آثار فالقية، والكتلة الغربية تقطعها مجموعة من الفوالق الرئيسية والثانوية، وتنتشر في المنطقة حوامل مائية متعددة وتتدفق فيها الكثير من الينابيع لكن معظمها ضعيف التصريف [11].



الشكل (2) خارطة جيولوجية لرقعة اللاذقية بمقياس 1/50000، متضمنةً منطقة البحث [12]

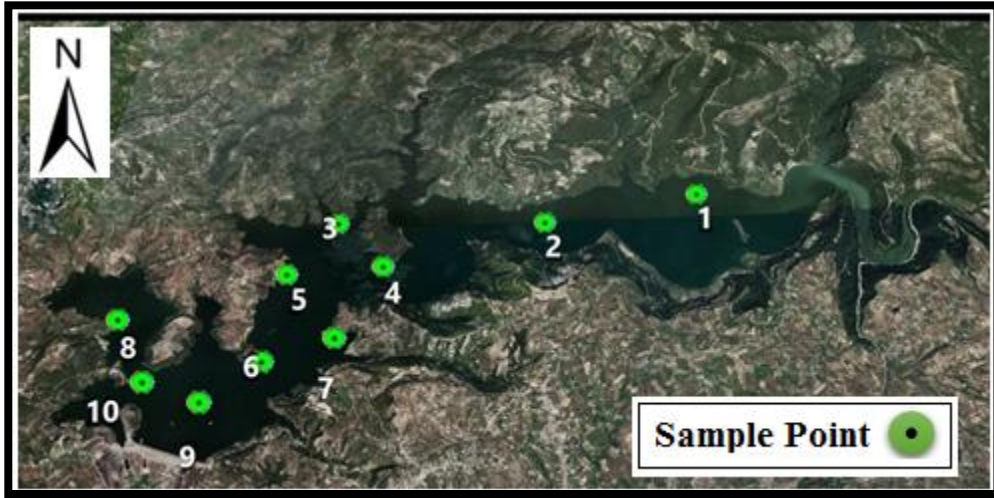
أهمية البحث وأهدافه:

تتجلى أهمية البحث في كونه يسלט الضوء على الخصائص الهيدروكيميائية لبحيرة سد 16 تشرين والتي تعد مصدر مائي مهم للمنطقة الساحلية في سورية، وهي تؤدي دوراً أساسياً في دعم النشاطات الزراعية والسياحية. عدا عن أن التحولات المناخية والضغط البشري المتزايد على الموارد المائية في المنطقة يتطلب دراسات دقيقة لمراقبة التغيرات في نوعية المياه. يهدف البحث إلى تحديد الشوارد الرئيسة في مياه البحيرة، وتصنيف المياه اعتماداً على مخططات متنوعة (Schoeller ، Stiff ، Piper) باستخدام برنامج (AquaChem)، وتفسير التغيرات الهيدروكيميائية وربطها بالأوضاع الجيولوجية والمناخية والبشرية في المنطقة، وتقديم توصيات لإدارة مستدامة لمياه البحيرة.

#### مواد وطرائق البحث:

تمّ جمع 10 عينات مائية من بحيرة سد 16 تشرين من مواقع مختلفة تتميز بتباينها في الخصائص الجيولوجية، وتنوع النشاطات البشرية المحيطة بها، الشكل (3). وذلك خلال فترتين زمنيتين مميزتين من العام /2022/ الأولى: بتاريخ 26 شباط (فترة الرطوبة) والثانية بتاريخ 3 آب (فترة الجفاف).

وقد أجريت التحاليل الكيميائية للعينات في مخابر مديرية الموارد المائية في اللاذقية، ومخابر كلية العلوم بجامعة دمشق، مع الالتزام بأفضل الشروط المخبرية الممكنة. تمّ تحديد تراكيز الشوارد الرئيسة (الكاتيونات والأنيونات) والتي تشمل: (البيرونات، السلفات، الكلور، الصوديوم، البوتاسيوم، الكالسيوم، المغنيزيوم). ولغايات التصنيف الهيدروكيميائي للمياه وفهم طبيعتها، استُخدم برنامج /AquaChem/ لتحليل النتائج وتفسيرها.



الشكل (3) مواقع العينات المائية في منطقة البحث

#### النتائج ومناقشتها:

ندرج جدولاً يبين النتائج المتوسطة التي تمّ الحصول عليها من تحليل العينات العشر خلال فترتي الرطوبة والجفاف، تمّ فيه إعادة حساب تلك النتائج من الشكل الوزني الأيوني (ppm) إلى الشكل المكافئ (epm)، والمكافئ النسبي (epm%)، الجدول (1):

نقطة الاعتي ان	Unit	الشوارد الموجبة (الكاتيونات)				الشوارد السالبة (الأنيونات)		
		$Na^+$	$K^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$HCO_3^-$	$SO_4^{2-}$	$Cl^-$
p1	ppm	14.0 0	2.5 6	29.30	15.24	236.37	59.50	34.0 5
	epm	0.60	0.0 6	1.46	1.25	3.87	1.23	0.95
	epm %	<b>17.9 3</b>	<b>1.9 3</b>	<b>43.16</b>	<b>36.96</b>	<b>63.79</b>	<b>20.40</b>	<b>15.7 9</b>
p2	ppm	16.0 3	3.0 3	37.16	16.10	259.25	57.50	35.5 2
	epm	0.69	0.0 7	1.85	1.32	4.25	1.19	1.00
	epm %	<b>17.6 1</b>	<b>1.9 6</b>	<b>46.93</b>	<b>33.48</b>	<b>65.90</b>	<b>18.57</b>	<b>15.5 1</b>
p3	ppm	17.1 6	3.0 8	47.80	14.83	202.06	54.00	35.3 1
	epm	0.74	0.0 7	2.39	1.22	3.31	1.12	0.99
	epm %	<b>16.8 2</b>	<b>1.7 8</b>	<b>53.87</b>	<b>27.50</b>	<b>60.97</b>	<b>20.71</b>	<b>18.3 1</b>
p4	ppm	10.6 8	2.3 6	31.60	14.87	228.75	59.50	33.0 0
	epm	0.46	0.0 6	1.58	1.20	3.75	1.23	0.92
	epm %	<b>13.9 5</b>	<b>1.8 2</b>	<b>47.46</b>	<b>36.76</b>	<b>63.35</b>	<b>20.94</b>	<b>15.7 0</b>
p5	ppm	19.1 1	4.0 6	58.40	15.09	228.75	59.50	36.4 1
	epm	0.83	0.1 0	2.92	1.24	3.75	1.23	1.02
	epm %	<b>16.3 0</b>	<b>2.0 4</b>	<b>57.28</b>	<b>24.36</b>	<b>62.34</b>	<b>20.60</b>	<b>17.0 5</b>
p6	ppm	6.32	1.3 5	57.40	16.25	183.00	58.50	30.8 5

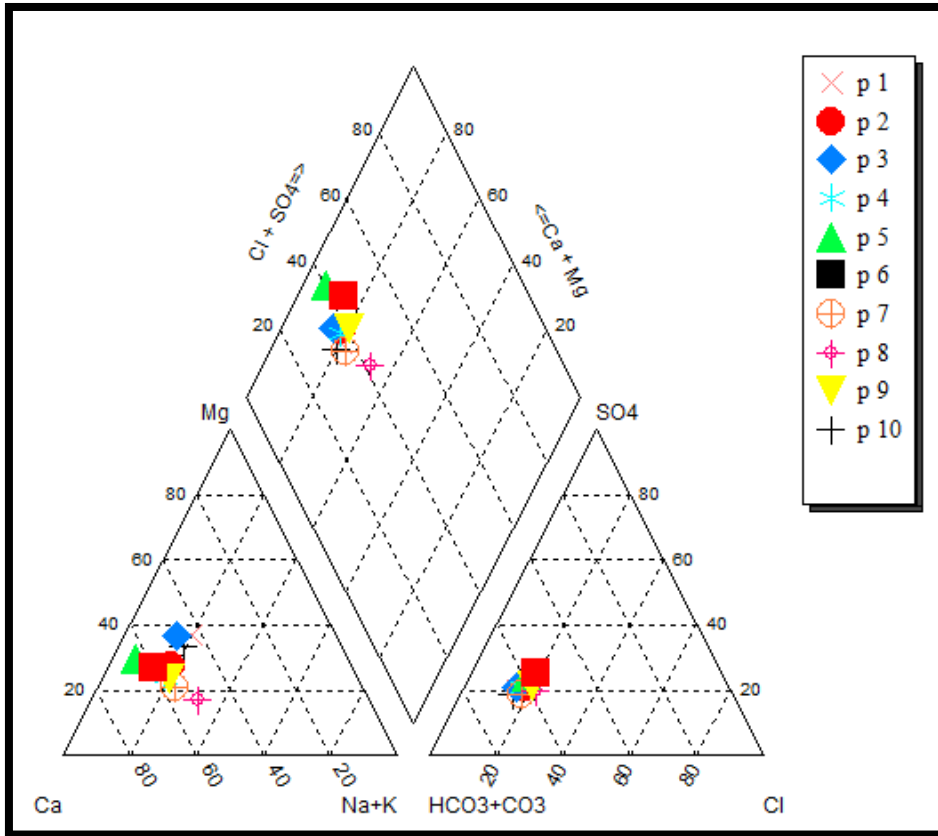
	ePM	0.27	0.0 3	2.87	1.33	3.00	1.21	0.86
	ePM %	<b>6.08</b>	<b>0.7 6</b>	<b>63.53</b>	<b>29.60</b>	<b>58.96</b>	<b>23.95</b>	<b>17.0 8</b>
<b>p7</b>	ppm	11.2 8	3.3 9	49.80	13.71	167.75	60.00	33.5 3
	ePM	0.49	0.0 8	2.49	1.12	2.75	1.25	0.94
	ePM %	<b>11.6 8</b>	<b>2.0 7</b>	<b>59.34</b>	<b>26.89</b>	<b>55.61</b>	<b>25.28</b>	<b>19.1 0</b>
<b>p8</b>	ppm	28.3 5	4.3 9	66.00	14.95	244.00	56.50	41.1 3
	ePM	1.23	0.1 1	3.30	1.23	4.00	1.17	1.15
	ePM %	<b>20.9 7</b>	<b>1.9 1</b>	<b>56.16</b>	<b>20.94</b>	<b>63.13</b>	<b>18.57</b>	<b>18.2 8</b>
<b>p9</b>	ppm	37.9 8	4.6 8	56.20	11.30	205.87	54.50	45.2 5
	ePM	1.65	0.1 2	2.81	0.93	3.37	1.13	1.27
	ePM %	<b>29.9 6</b>	<b>2.1 7</b>	<b>50.98</b>	<b>16.87</b>	<b>58.33</b>	<b>19.62</b>	<b>22.0 3</b>
<b>p10</b>	ppm	22.0 2	3.3 2	57.40	14.46	190.62	55.00	37.9 8
	ePM	0.95	0.0 8	2.87	1.19	3.12	1.14	1.06
	ePM %	<b>18.7 6</b>	<b>1.6 6</b>	<b>56.24</b>	<b>23.32</b>	<b>58.51</b>	<b>21.45</b>	<b>20.0 3</b>

الجدول (1) متوسطات نتائج التحاليل الكيميائية لعينات المياه المأخوذة في منطقة البحث

بهدف تصنيف المياه في منطقة البحث، تمّ تمثيل نتائج التحاليل الكيميائية للعينات المائية المأخوذة

على مخططات (Schoeller ، Stiff ، Piper ) باستخدام برنامج (AquaChem).

مخطط " Piper " : يُمثّل التركيب الكيميائي للعينة المحلّلة بنقطتين تقع كل منهما في مثلث، وهي تشير إلى التراكيز النسبية لمختلف المكونات المنحلة في المياه، كما يمكن تمثيل التركيب الكيميائي بنقطة واحدة تقع في المعين تنتج عن تقاطع النقطتين السابقتين بإنشاء خطوط متوازية من نقطتي الكاتيونات، والأنيونات حيث يشير موقعها ضمن المعين إلى الخصائص الكيميائية العامة للمياه، وقد أسقطنا نتائج التحاليل لعينات المياه المأخوذة في منطقة البحث على المخطط، الشكل (4).



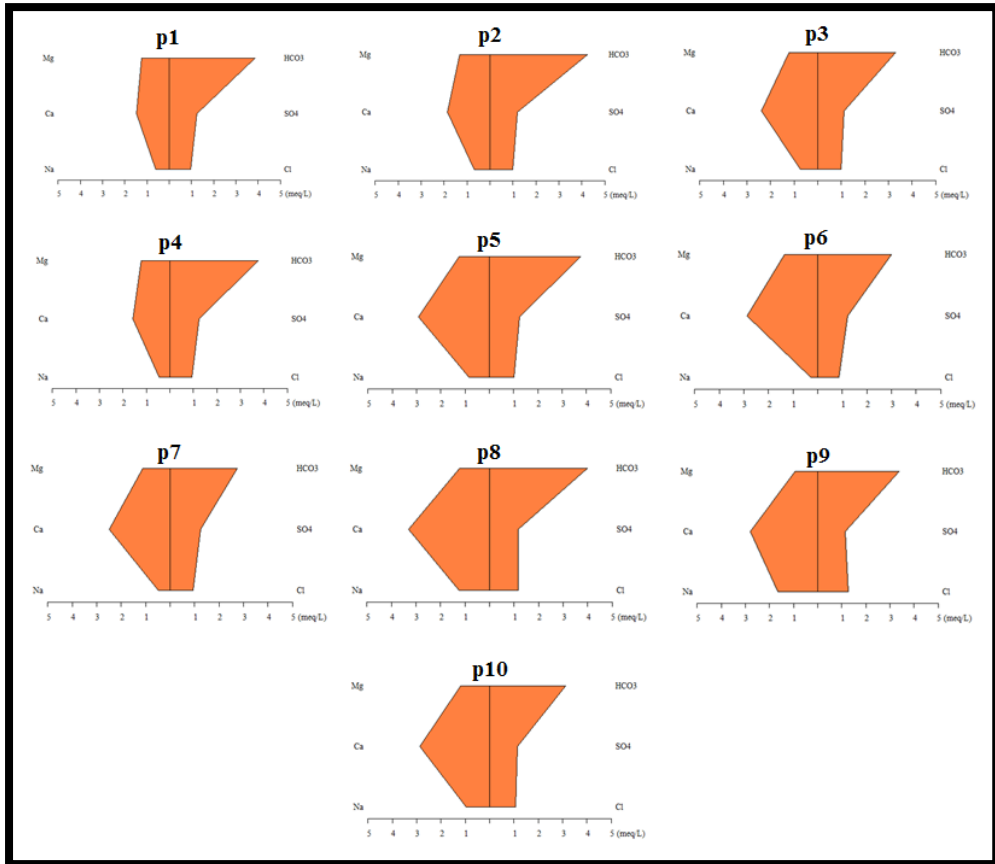
الشكل (4) توزيع الشوارد الرئيسية لعينات المياه المحللة في منطقة البحث حسب مخطط "

### " Piper

يوضح مخطط " Piper " أنّ جميع النقاط الممثلة للعينات وقعت متقاربة بجانب بعضها البعض مما يدل على تجانس نوعية المياه إلى حدٍ كبير في منطقة البحث. حيث أنّ جميع العينات المحللة تقع في المثلث العلوي من المعين، وهي تتمتع بخواص ثانوية تسيطر فيها شوارد الكلوريد والسلفات، على شوارد الصوديوم والبوتاسيوم.

بالنسبة لتصنيف العينات المُختبرة وفقاً لتوزع نسب الأنيونات فيها، يمكن القول بأنَّ جميعها بيكربوناتية، أما وفقاً لتوزع نسب الكاتيونات فهي تحتوي نسبة عالية من الكالسيوم ومن ثمَّ يمكن تصنيف العينات بأنها **كلسية**. وهذا يشير إلى مياه ذات منشأ طبيعي ناتج عن انحلال الصخور الكربوناتية المنتشرة في المنطقة.

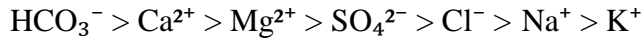
مخطط " Stiff " : يتكون هذا المخطط من مقياس لتحديد تراكيز كل من الكاتيونات والأنيونات [13]. وتسمى بالمخططات السداسية، الشكل (5).



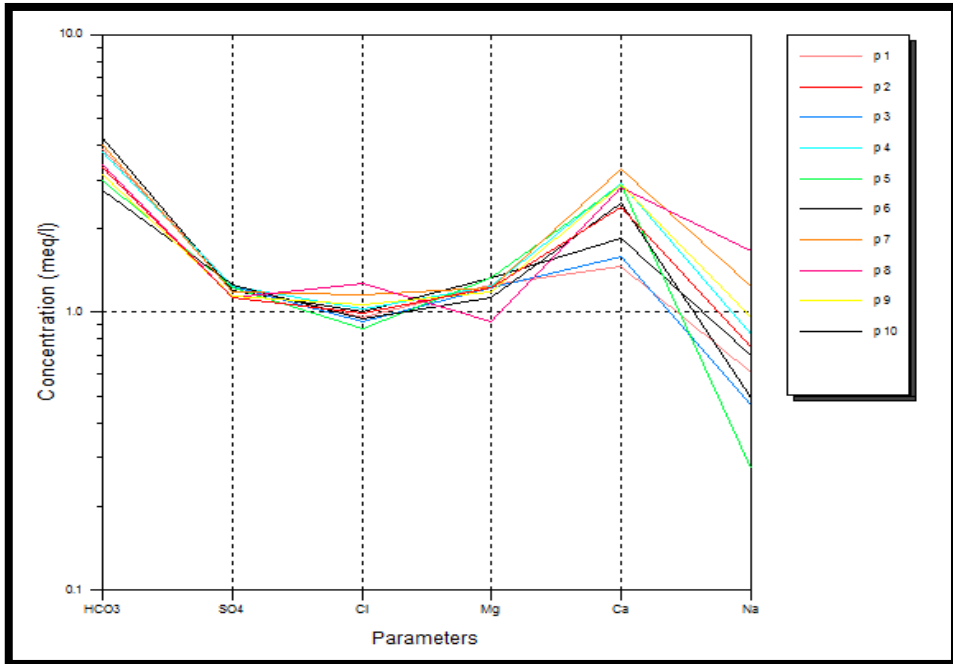
الشكل (5) مخطط " Stiff " لعينات المياه المُحلَّلة المختارة ضمن منطقة البحث

تظهر مخططات " Stiff " شكلاً متماثلاً إلى حد كبير يعبر عن سيادة شوارد البيكربونات في الأنيونات وشوارد الكالسيوم في الكاتيونات في جميع العينات، وهذا جاء متوافقاً مع نتائج مخطط " Piper " ، كما يلاحظ زيادة في عرض الجزء الخاص بالكاتيونات، ما يدل على تأثير مباشر للوسط الجيولوجي في منطقة البحث ومحيطها، والمتمثل بالصخور الكربوناتيّة (الكالسيت، الدولوميت، المارل، الجص).

مخطط " schoeller " : يوضح مخطط " Schoeller " الشكل (6)، الانحدار المتقارب للمنحنيات في معظم العينات، مع ترتيب مميز لتراكيز الشوارد على النحو الآتي:



وهذا النمط ينسجم مع الطبيعة الكربوناتيّة للمصادر الجيولوجية في منطقة البحث ومحيطها، كما يشير إلى قلة التأثيرات الصناعية أو البشرية الواضحة.



الشكل (6) مخطط " schoeller " لعينات المياه المُحلَّلة المختارة ضمن منطقة البحث

### الاستنتاجات والتوصيات:

تتصف مياه بحيرة سد 16 تشرين عموماً بتركيب كيميائي طبيعي يعكس التفاعل مع الصخور الكربوناتيّة المحلية، وأنّ التغيرات الموسميّة في كيمياء المياه محدودة، ويمكننا من خلال تحليل النتائج استخلاص الآتي:

1. يسود المياه في جميع العينات نمط بيكربوناتى - كلسى.
2. تتأثر الخصائص الكيميائيّة للمياه بالعوامل الجيولوجية (التركيب الليتولوجي للصخور).
3. أظهرت المخططات الهيدروكيميائيّة المستخدمة فاعلية كبيرة في تصنيف المياه وفهم طبيعتها. ومنها نوصي بالآتي:

1. ضرورة إجراء مراقبة دورية لنوعية مياه البحيرة، خاصةً خلال فترة الجفاف.
2. تبني خطة إدارة مستدامة لحوض البحيرة تراعى فيها التغيرات الموسميّة والنشاط البشرى.
3. تعزيز الدراسات الهيدروجيولوجية المرتبطة بالتغذية الجوفية في محيط البحيرة.

### References

1. ELKAMMAR M, MOHAMED A, 2003 - Hydrogeochemical studies of some selected groundwater wells from the northwestern part of the Aleppo Basin, Syria, Egyptian Journal of Geology, Vol. 47/1, P. 475-489.
2. ATWIA M, ABU-HELEIKA M, EL-HORANY M, 2013 - Hydrogeochemical and vertical electrical soundings for groundwater investigations, Burg El-Arab area, Northwestern Coast of Egypt. Journal of African Earth Sciences, Vol. 80, P. 8-20.
3. KAMATCHUENG B, and 11 authors, 2014 - Assessment of shallow groundwater in Lake Nyos catchment (Cameroon, Central-Africa): implication for hydrogeochemical controls and uses. Environmental Earth Sciences, Vol. 72, P. 3663-3678.
4. ALSANJARI A, ALQATTAN A, 2015 - Water Quality Assessment, and Suitability for Irrigation Purposes of Lesser Zab River, Northern Iraq. Iraq Journal of Sciences, Vol. 56, No. 3, P. 2187-2199.

5. DALELA Z, BOUDAOKHA A, ABDERRAHMANE B, LAHCEN B, 2017 - water quality Assessment for drinking and irrigation using major ions chemistry in the semiarid region: case of Djacer spring, Algeria. Asian Journal of Geosciences. Vol. 10, No. 1, P. 9-21.
6. ABD EL-GAWAD A, HELALY A, ABD EL-LATIF M, 2018 - Application of geoelectrical measurements for detecting the ground-water seepage in clay quarry at Helwan, southeastern Cairo, Egypt. NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics, Vol. 7, P. 377-389.
7. AWADH S, AL-AUWEIDY M, AL-YASERI A, 2019 - Hydrochemistry as a tool for interpreting brine origin and chemical equilibrium in oilfields: Zubair reservoir southern Iraq case study. Applied Water Science, Vol. 9, No. 3, P. 12.
8. RAEE K, 2022 - Determining the originating conditions for the formation of the geochemical pattern of groundwater in Lattakia Governorate basin. Tishreen University Journal of Research and Scientific Studies, Vol. 44, No. 3, P. 31-49.
9. SALLOUM S, RAEE K, M.MOHAMMEDM A, 2022 - Formation properties of the chemical composition of groundwater in Qandil Valley basin. Tishreen University Journal of Research and Scientific Studies, Vol. 44, No. 6.
10. PONIKAROV V, 1966 - The geology of Syria. Explanatory Notes on the Geological Map of Syria, scale 1:200 000. Ministry of Industry, Syrian Arab Republic.
11. ADJEMIAN J, KHATOUN A, 1999 - The Geological Map of Syria **Scale 1:50000** of **Latakia sheets** NI 36 - XVI - E – b. Ministry of Petroleum and Mineral Resources.
12. MAJD A, RAEE K, DARIN B, 2024 - Hydrochemical study of 16 Tishreen Lake area in Lattakia Governorate. Master's Thesis, Department of Geology, Faculty of Sciences, Tishreen University.

13. TAHAL T, 1999 - Hydraulics “Major ions in water”. Hydrology Project Training Module, new Delhi, India, P. 1-8.