



جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة الموصل  
كلية العلوم

# جيوكيميائية مياه الينابيع المعدنية في محافظة نينوى/شمال العراق وأهميتها التطبيقية

سرى أحمد عبدالله العكدي

رسالة ماجستير

كلية العلوم / قسم علوم الأرض

بإشراف

أ.م. د. عاهد يونس الملاح

## المستخلص

تضمنت الدراسة الصفات الجيوكيميائية لمياه ينابيع مختارة و بواقع (23) نموذجاً موزعه على (17) موقع ضمن محافظة نينوى وعلى مدار موسمين من 24 ايلول 2021 الى 25 اب 2022 ، حللت النماذج لتحديد تراكيز الكاتيونات والانيونات السائدة (  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$  ) فضلاً عن الخواص الفيزيوكيميائية والمتمثلة بالرقم الهيدروجيني (pH)، والتوصيلية الكهربائية (EC) والمواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS) والعسرة الكلية (TH) ودرجة الحرارة (T) . أظهرت نتائج التحليل أنَّ قيم الاس الهيدروجيني (pH) ليناابيع منطقة الدراسة للموسمين بأنها على العموم حامضية ( $pH < 7$ ) ما عدا النماذج ( SW5, SW12 ) كانت مقارنة نوعاً ما للماء النقي ( $pH = 7$ ) والنماذج ( SW16, SS4, SS5, SS11 ) كانت قلوية ( $pH > 7$ ). كما اظهر تصنيف باير (Piper) وستيف (Stiff) أنَّ نوعية المياه في جميع نماذج الدراسة للموسمين هي من نوع المياه القلوية الأرضية الاعتيادية مع سيادة الكبريتات والكلوريدات بنسبة (83%) من النماذج الكلية ما عدا النموذج (SW5) فهو من نوع المياه القلوية الأرضية مع زيادة القلويات وسيادة البيكربونات والنموذج (SW17) فهو من نوع المياه القلوية الأرضية الاعتيادية، مع سيادة البيكربونات، والنموذج (SS13) كان من نوع المياه القلوية الأرضية الاعتيادية مع سيادة البيكربونات والكبريتات أو كلوريدات، والنموذج (SS4) هو من النوع المياه القلوية الأرضية مع زيادة القلويات، وسيادة الكبريتات والكلوريدات وتشكل هذه النماذج (17%) من النماذج الكلية. أظهرت نتائج التحليل سيادة أيون الكالسيوم على بقية الكاتيونات يليه  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$  وسيادة  $SO_4^{2-}$  على بقية الانيونات يليها  $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ، وتبين أنَّ هنالك خمسة سحنات هيدروكيميائية مختلفة للمياه تم تمييزها، وكانت السحنة السائدة هي من نوع كبريتات الكالسيوم والمغنيسيوم وتشكل نسبة (83%) من النماذج الكلية . اشار دليل جودة المياه (WQI) أنَّ جميع النماذج للموسمين كانت غير ملائمة للشرب عدا النموذجين (SW4, SW7) كان من النوع الفقير جداً (Very poor) و (SW5) الفقيرة (poor) و (SW17) من النوع الجيد (Good). أظهرت نتائج عدة تصانيف مستخدمة لأغراض الري أنَّ مياه ينابيع منطقة الدراسة تقع ضمن المياه الممتازة للري بنسبة مئوية للصوديوم ،  $Na\% < 2$  ونسبة أمتزاز الصوديوم  $SAR < 10$  ، وكاربونات الصوديوم المتبقية  $RSC = 1.25$

عدا النموذج (SW5) فإنه كان جيد للري. كما بينت النتائج أن ينابيع منطقة الدراسة لا تصلح لأغلب الصناعات المختلفة عدا النموذج (SW17) يصلح لصناعة المشروبات، والتعليب وصناعة الجلود والأسمنت كمت أتضح أيضا بأن جميع ينابيع منطقة الدراسة صالحة لزراعة المحاصيل بأنواعها عند مقارنة المعدل العام للإيصالية الكهربائية (EC) مع حدود المواصفات المطلوبة حسب (Todd, 1980). بينت نتائج تحاليل جهاز الامتصاص الذري ليناابيع منطقة الدراسة أن معامل التلوث (Cf) لجميع نماذج الموسمين كان آمن ما عدا النماذج في الموسم الشتوي (SW3, SW4, SW5, SW6, SW7) فإنها تقع ضمن حقل مرتفعة التلوث بعنصر الكاديوم، اما النماذج (SW4, SW5, SW7) فإنها تقع ضمن حقل مرتفعة التلوث بعنصر الحديد، و تقع النماذج (SW12, SS11, SS13) ضمن المرتفعة التلوث بعنصر الرصاص، والنماذج (SW4, SS5) تقع ضمن حقل المرتفعة التلوث بعنصر المنغنيز، والنماذج (SS5, SS10, SS11, SS13) تقع ضمن المرتفعة التلوث جداً بعنصر الكاديوم ، والنموذجان (SS9, SS10) واقعان ضمن حقل المرتفعة جدا بعنصر المنغنيز. اما بالنسبة لمؤشر درجة التلوث (Cd) للموسمين فإنها واقعة ضمن حقل المعتدلة التلوث ما عدا النموذج (SW17) فإنه واقع ضمن حقل منخفض التلوث، والنماذج (SS5, SS9, SS11, SS13) تكون واقعة ضمن حقل المرتفعة التلوث ، والنموذج (SS10) واقع ضمن حقل المرتفعة التلوث جداً. وما يتعلق للأهمية الاستشفائية لمياه الينابيع فقد بينت النتائج أن المحتوى العالي للكبريت يساعد على معالجة الأمراض الجلدية ، وكمضاد جراثيم وصُنِفَت مياه هذه الينابيع أيضاً حسب درجات حرارتها، وأظهرت أن الينابيع المناسبة للعلاج هي (SW2, SW3, SW5, SW8, SS5, ) (SS9, SS10, SS11, SS13) وواقعة ضمن الينابيع الفاترة، والمناسبة لعلاج أمراض العظام. ولكن تعد مياه جميع ينابيع منطقة الدراسة غير مناسبة للعلاج حسب الرقم الهيدروجيني (pH) ما عدا الينابيع (SS4, SS5, SW11, SW16) فهي آمنة فأنها ذات قيم (pH) محصور بين (7.2\_7.6) فإذا زاد أو قلَّ عن هذا الحد يؤدي إلى تسبب في تهيج العين والجلد.

### Abstract

The study covered the geochemical characteristics of selected springs, including a total of 23 sampling points distributed across 17 sites within the Ninawa Governorate. The investigation spanned two seasons, from September 24, 2021, to August 25, 2022. The samples were analysed to determine the concentrations of prevailing cations and anions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), as well as the physicochemical properties represented by the hydrogen ion concentration (pH), electrical conductivity (EC), and total dissolved solids (TDS), total hardness (TH), and temperature (T).

The analysis results revealed that the pH values of the springs in the study area for both seasons were generally acidic ( $\text{pH} < 7$ ), except for samples SW5 and SW12, which exhibited somewhat neutral characteristics ( $\text{pH} = 7$ ). Samples SS4, SS5, SS11, SW16, and SW17 were found to be alkaline ( $\text{pH} > 7$ ). The Piper and Stiff classifications indicated that the water quality in all study models for both seasons belonged to the category of normal alkaline groundwaters, with a prevalence of sulfates and chlorides, constituting 83% of the total samples, excluding sample SW5, which fell into the category of alkaline groundwaters with increased alkalinity and dominance of bicarbonates. Sample SW17 belonged to the category of normal alkaline groundwaters, with a prevalence of bicarbonates, while sample SS13 was classified as alkaline groundwaters with a prevalence of bicarbonates, sulfates, or chlorides. Sample SS4 fell into the category of alkaline groundwaters with increased alkalinity and dominance of sulfates and chlorides, constituting 17% of the total samples.

The results of the analysis indicated the dominance of calcium ions over other cations, followed by  $Mg^{2+}$ ,  $K^{+}$ , and  $Na^{+}$ . In terms of anions,  $SO_4^{2-}$  was found to dominate over other ions, followed by  $Cl^{-}$ ,  $HCO_3^{-}$ , and  $NO_3^{-}$ . Five distinct hydrochemical facies of water were identified. The prevalent facies were identified as calcium sulfate and magnesium, constituting 83% of the total samples.

The Water Quality Index (WQI) indicated that all samples for both seasons were unsuitable for drinking, except for samples SW4 and SW7, which were classified as very poor, sample SW5 as poor, and sample SW17 as good. Results from various classifications used for irrigation purposes indicated that the springs' water in the study area falls within the excellent category for irrigation, with sodium percentage ( $Na\%$ )  $< 2$ , sodium adsorption ratio (SAR)  $< 10$ , and residual sodium carbonate (RSC) = 1.25, except for sample SW5, which was considered good for irrigation.

The results indicated that the springs in the study area are unsuitable for most industries, except for sample SW17, which is suitable for the beverage, packaging, leather, and cement industries. Additionally, all springs in the study area were found to be suitable for various types of crop cultivation when comparing the overall electrical conductivity (EC) with the required specifications, according to Todd (1980). Atomic Absorption Spectrophotometry analysis results for the study area's springs showed that the contamination factor (Cf) for all samples for both seasons was safe, except for samples in the winter season (SW3, SW4, SW5, SW6, SW7), which fell within a field of high contamination for cadmium. Samples SW4, SW5, and SW7 fell within a field of high contamination for iron. Samples SW12, SS11, and SS13 fell within a field of high contamination for lead. Samples SW4 and SS5 fell within a

field of high contamination for manganese. Samples SS5, SS10, SS11, and SS13 fell within a field of very high contamination for cadmium. Samples SS9 and SS10 fell within a field of very high contamination for manganese.

The cadmium pollution index (Cd) for both seasons fell within a field of moderate contamination except for sample SW17, which fell within a field of low contamination. Samples SS5, SS9, SS11, and SS13 fell within a field of high contamination, while sample SS10 fell within a field of very high contamination. In terms of the therapeutic importance of spring water, the results showed that the high sulfur content helps treat skin diseases and acts as an antimicrobial agent. The springs were also classified based on their temperatures, and those suitable for treatment were found to be (SW2, SW3, SW5, SW8, SS5, SS9, SS10, SS11, SS13), falling within warm springs suitable for treating bone diseases. However, all springs in the study area are not suitable for treatment based on pH, except for springs (SS4, SS5, SW11, SW16), which are safe with pH values ranging between (7.2-7.6). Deviation from this range can cause irritation to the eyes and skin.

**The Republic of Iraq**  
**Ministry of Higher Education**  
**and Scientific Research**  
**Mosul University**  
**College of Science**



# **Geochemistry of Mineral Spring Water in Ninevah Governorate /Northern Iraq and Their Significant Application**

**Sura Ahmed Abdullah Al-Aikedi**

**Master Thesis**

**College of Science / Department of Geology**

**Supervised by**

**ASSist.Prof .**

**Dr. Aahed Younis Al-Mallah**