

# EVALUATION OF SOME QUALITATIVE PROPERTIES LEVELS OF GROUNDWATER IN WELL WATER IN THE WESTERN REGION OF AL-HAWIJA DISTRICT, NORTHERN IRAQ

Hassan Ibrahim Madeed<sup>1</sup>

1, Hawija Education Department, General Directorate of Kirkuk Education

Moafaq Anhab Saleh<sup>2</sup>

2, Department of Biology, College of Education for Pure Sciences, Tikrit University

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

Article history:	Abstract:
<b>Received:</b> 24 <sup>th</sup> April 2023 <b>Accepted:</b> 20 <sup>th</sup> May 2023	A field and laboratory study was conducted to assess the groundwater quality in some villages west of the city of Hawija from November 1, 2022, to April 1, 2024. Water samples were collected from ten randomly selected wells in the study area over the course of one year, starting from January 2023 to December 2023. The study evaluated some physical and chemical properties as well as the properties of the earth elements. The necessary tests were conducted at the laboratories of the Department of Life Sciences/Education College of Pure Sciences/University of Tikrit, the laboratories of the Kirkuk Environment Department, and the laboratories of the Department of Environmental Engineering/Engineering College/University of Tikrit. The results were as follows: Well number four recorded the highest values for electrical conductivity, total hardness, and magnesium ion in January, reaching 3420 micro siemens\ cm, 1200, and 165 milligrams per liter respectively. Meanwhile, well number one achieved the highest sodium ion concentrations in March, reaching 44 milligrams per liter. The highest sodium adsorption ratio reached 3.08 milliequivalents per liter at well number one, and the highest significant percentage of soluble sodium was 12.72% in the water of well number ten, while well number five recorded the highest hazard ratio for magnesium at 39.82%. As a result of the above, there is a need to increase public awareness of the risks of water pollution and its catastrophic effects, as well as to conduct more comprehensive studies targeting other pollutants in addition to assessing the remaining components of the ecosystem such as soil, plants, and others.

**Keywords:** Groundwater, Qualitative Properties, Magnesium Hazard, Sodium Adsorption

## تقييم مستويات بعض الخواص النوعية للمياه الجوفية في مياه الآبار لمنطقة غرب قضاء الحويجة، شمال العراق حسن إبراهيم مديد<sup>1</sup> موفىق انهاب صالح<sup>2</sup>

1، قسم تربية الحويجة، المديرية العامة لتربية كركوك، وزارة التربية، العراق.  
2، قسم علوم الحياة، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة تكريت العراق.

**الخلاصة:** نفذت دراسة حقلية ومختبرية لتقييم نوعية المياه الجوفية في بعض القرى غرب مدينة الحويجة للمدة من 2022/11/1 ولغاية 2024/4/1، إذ جمع عينات المياه من عشرة آبار منتشرة بصورة عشوائية في منطقة الدراسة، ولمدة سنة كاملة، بداية من شهر كانون الثاني 2023 ولغاية شهر كانون الأول 2023. إذ تم تقييم بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية وخواص العناصر الأرضية. أجريت الفحوصات المطلوبة في مختبرات قسم علوم الحياة/ كلية التربية للعلوم الصرفة/ جامعة تكريت ومختبرات دائرة بيئة كركوك ومختبرات قسم هندسة البيئة/ كلية الهندسة/ جامعة تكريت. وكانت النتائج كما يلي: سجل البئر الرابع خلال شهر كانون الثاني أعلى القيم للتوصيلية الكهربائية والعسرة الكلية وأيون المغنيسيوم بلغت 3420 مايكروسمنز/ سم و1200 و165 ملغم/ لتر على التوالي. بينما حقق البئر الأول خلال شهر آذار أعلى التراكم لآيون الصوديوم بلغت 44 ملغم/ لتر. بلغ أعلى معدل لامتزاز الصوديوم بلغ 3.08 ملي مكافئ/ لتر عند البئر الأول، وأعلى نسبة معنوية للصوديوم الذائب 12.72% في مياه البئر العاشر، بينما سجل البئر الخامس أعلى نسبة خطورة للمغنيسيوم بلغت 39.82%. ونتيجة لما سبق، يجب زيادة الوعي المجتمعي بمخاطر تلوث المياه وأضرارها الكارثية، وإجراء دراسات أكثر شمولاً تستهدف ملوثات أخرى الى جانب تقييم بقية مكونات النظام البيئي من التربة والنباتات وغيرها. الكلمات المفتاحية: المياه الجوفية، الخصائص النوعية، خطورة المغنيسيوم، امتزاز الصوديوم.

### 1-المقدمة

تعد المياه الجوفية مصدراً مهماً للمياه للإنسان لتلبية احتياجاته المائية المختلفة، وقد أدت الزيادة المستمرة في عدد السكان إلى زيادة الحاجة إلى هذا المصدر المهم للمياه، إذ أجبرت سنوات الجفاف المتعاقبة وندرة المياه السطحية في معظم الأماكن الناس على الاعتماد على المياه الجوفية كمصدر لإمدادات المياه. ويعتقد أن معايير جودة المياه الجوفية تعتبر أكثر ضرورة مستقبلاً بسبب تزايد عدد السكان ونقص مصادر المياه (Scanlon *et al.*, 2023). تقدر الحاجة المستقبلية للمياه في العراق بحوالي 82 مليار م<sup>3</sup>

سنويا، منها 60 مليار م<sup>3</sup> للري، و6.7 مليار م<sup>3</sup> للشرب، و0.7 مليار م<sup>3</sup> للأغراض الصناعية، و5.6 مليار م<sup>3</sup> للحفاظ على البيئة البيولوجية للنهر، و8.7 مليار م<sup>3</sup> للتبخر السنوي (صالح وآخرون، 2016).

تُعدّ المياه الجوفية المصدر الرئيسي للمياه في المناطق الجافة وشبه الجافة. لكنّ هذا الكنز الثمين يواجه مخاطر متزايدة من مصادر تلوث متعددة، تشمل التسريبات الناتجة عن أعطال شبكات الصرف الصحي، وتلوث الخزانات الجوفية من مياه البحر المتداخلة، ويشكّل تدهور مصادر المياه الجوفية قلقاً متزايداً للمجتمعات المتقدمة، حيث تُعدّ الأنشطة البشرية هي السبب الرئيسي لتلوثها (Ravindiran *et al.*, 2023). وتؤثر هذه الملوثات بشكل مباشر على هذه الموارد الحيوية، مما يهدّد بقاء مختلف أنواع النباتات والكائنات الحية. وبالإضافة إلى ذلك، تُصبح هذه الموارد غير صالحة للشرب وللإستخدامات الأخرى مثل الزراعة والصناعة، لذلك، تُصبح جودة المياه أداة فعالة لتقييم مدى تلوثها، مما يُتيح تنفيذ التدابير المناسبة للحدّ من تلوث مصادر المياه. ويتمّ تحديد جودة المياه من خلال مقارنة العوامل الفيزيائية والكيميائية والبكتيرية لعينات المياه المُجمّعة مع الحدود المسموح بها والمعتمدة من قبل المنظمات العالمية. وتستند هذه الحدود إلى دليل معتمد يحدّد مستويات التلوث المسموح بها علمياً، والتي ترتبط بدرجة السُميّة على صحة الإنسان أو الكائنات الحية (Ismael *et al.*, 2021).

ذكر محمود وحسين (2016) عند دراستهم مدى ملائمة المياه الجوفية لبعض آبار محافظة كركوك للإستهلاك البشري والحيواني والري، إن الخواص الفيزيائية والكيميائية المدروسة كانت ضمن المواصفات المطلوبة، مما يدل على صلاحية المياه للإستخدامات المدنية، إذ كانت العسرة الكلية والعكارة وأيون الكالسيوم والمغنيسيوم والكلوريد ضمن الحدود المسموح بها للمواصفات العراقية، بينما كان الرقم الهيدروجيني يميل إلى القاعدية قليلاً. وأشار Al-Temimi (2016) في دراسته حول تقييم خواص المياه الجوفية في الحد الفاصل بين العراق والسعودية للإستعمالات المختلفة، أن مياه هذه الآبار لا يمكن استعمالها لأغراض الشرب، لكن يمكن استعمالها في ري المحاصيل الزراعية التي تمتاز بمقاومة جيدة للملوحة. كما بين Al-Hadithi (2016) عند دراسته للمياه الجوفية للمنطقة القريبة من الصقلاوية في محافظة الأنبار إن 50% من مياه الآبار في منطقة الدراسة غير صالحة للري بسبب الملوحة العالية.

بينت زروقي (2020) عند تقييمها للمياه الجوفية في منطقة سد بادوش في محافظة نينوى، وبعد جمع عينات مياه الآبار من منطقة الدراسة وأجراء عليها بعض الفحوصات عليها، اشارت نتائج الدراسة إلى أن قيم التوصيلية الكهربائية تراوحت بين 960-4390 مايكروسيمنز/سم، أما قيم الرقم الهيدروجيني تراوحت بين 1-6، وتراوحت تراكيز المواد الصلبة الذائبة الكلية بين 757-3155 ملغم/لتر. ووضح كل من الجوارى وخضر (2021) عند تقييمهم صلاحية مياه الآبار في ناحية ربيعة التابعة لمحافظة نينوى، أن جميع عينات مياه الآبار المدروسة كانت غير ملائمة لأغراض الشرب إذ تراوحت تراكيز كل من ايونات البوتاسيوم بين 25-227 ملغم/ لتر، أما تراكيز أيونات الصوديوم فقد تراوحت بين 60-2185 ملغم/ لتر.

وبين كل من جاسم وعبد الستار (2021) عند دراستهما لبعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في ناحية اليوسفية، أن معدل تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية بلغ 1079.4 ملغم/ لتر، وكانت قيمة معدل التوصيلية الكهربائية 1453.3 مايكروسيمنز/سم، وقد توصلوا إلى أن نسبة الملوحة للعينات المائية في منطقة الدراسة عالية وبذلك تكون غير صالحة للإستعمالات البشرية والزراعية والصناعية وكذلك للبناء. كما أوضحت دراسة المسعودي (2021) حول التباين النوعي والكمي للمياه الجوفية في ناحية النجيلي في محافظة واسط وبعد إجراء بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لعشرة آبار من منطقة الدراسة، تبين أن تراكيز كل من الاملاح الذائبة الكلية ونسبة المغنيسيوم والكلوريد تراوحت بين 998-1691 و54-99 و90-262 ملغم/ لتر على التوالي، أما قيم التوصيلية الكهربائية فقد تراوحت بين 1071-7274 مايكروسيمنز/سم، في حين تراوحت قيم امتزاز الصوديوم بين 3.33-103 ملي مكافئ/ لتر، وأكدت النتائج ان معظم عينات المياه الجوفية في منطقة الدراسة صالحة للري.

تهدف الدراسة الحالية الى تقييم بعض المتغيرات المحددة لإستخدام المياه الجوفية في ري المحاصيل الزراعية لبعض الآبار في منطقة غرب قضاء الحويجة، في العراق

## 2-المواد وطرائق العمل

**1-2-منطقة الدراسة:** شملت منطقة الدراسة قرى غرب مدينة الحويجة إحدى مدن محافظة كركوك/ شمال العراق، والتي تقع بين خطي الطول (E43.748-43.794) وخطي العرض (N35.341-35.313)، ويبلغ ارتفاعها عن مستوي سطح البحر 190 م تقريباً، وتبعد عن مركز المحافظة 65 كم باتجاه الجنوب الغربي منها الشكل (1). إذ تضمنت الدراسة عشرة آبار تستخدم مياهها في ري الحقول الزراعية والحيوانات وبعض الاستخدامات المنزلية، ويبين الشكل (1) والجدول (1) مواقع وإحداثيات هذه الآبار.

**2-2-جمع عينات المياه:** جمعت عينات المياه من الآبار العشرة المنتشرة بصورة عشوائية في منطقة الدراسة، بواقع عينة واحدة لكل موقع شهرياً، ولمدة سنة كاملة، بداية من شهر كانون الثاني 2023 ولغاية شهر كانون الأول 2023، أخذت عينات المياه لأجراء الفحوصات المطلوبة بعد تشغيل مضخة مياه البئر لعدة دقائق، ثم حفظت العينات في حاوية مبردة بعيدة عن أشعة الشمس لحين الوصول الى المختبر، وأجريت عليها الفحوصات المخبرية المطلوبة.



الشكل (1): منطقة الدراسة.  
الجدول (1): الآبار المدروسة مع احداثياتها.

الاحداثيات (°)		الموقع (القربة)	البئر
E	N		
43.751839	35.336476	العزيبية	الأول
43.749369	35.363459	سليمان الغرب	الثاني
43.731279	35.343079	الدودج	الثالث
43.716961	35.329571	تل حسين	الرابع
43.758741	35.327820	نافلة	الخامس
43.727046	35.358928	القاسمية	السادس
43.713923	35.219909	الامينية الثانية	السابع
43.732917	35.373595	الامينية الأولى	الثامن
43.704707	35.390718	الشلالة	التاسع
43.693926	35.384355	لزاكة	العاشر

**2-3-3 الخصائص المدروسة:** أجريت الفحوصات المطلوبة في مختبرات قسم علوم الحياة/ كلية التربية للعلوم الصرفة/ جامعة تكريت ومختبرات دائرة بيئة كركوك ومختبرات قسم هندسة البيئة/ كلية الهندسة/ جامعة تكريت، وتضمنت.

**2-3-3-1 التوصيلية الكهربائية (EC) Electrical Conductivity:** قيست التوصيلية الكهربائية باستعمال جهاز Conductivity TDS meter C° meter موديل TDS meter (hold)، معبراً عنها بوحدة (مايكروسيمنز/ سم). وعدلت القيم عند درجة حرارة 25 °م على اعتبار هذه الدرجة القياسية للتوصيلية الكهربائية.

**2-3-3-2 القاعدية الكلية (T.A) Total Alkalinity:** قيست القاعدية الكلية بأخذ حجم معلوم من العينة وبالاستعانة بالدليل المثل البرتقالي، وبعد إضافة القطرات من المثل البرتقالي أصبح لون العينة المائية برتقالي شاحب، ثم سحجت العينات ضد محلول حامض الكبريتيك ذي العيارية 0.02 N حتى تغير اللون إلى البرتقالي المحمر، دلالة على انتهاء نقطة التفاعل، ثم حسبت القاعدية الكلية من المعادلة الآتية:

$$\text{Total Alkalinity (mg/L)} = \frac{V \cdot \text{Neq. wt} + 1000}{\text{mL of Sample}}$$

V = حجم حامض الكبريتيك، N = عيارية حامض الكبريتيك، eq.wt = الوزن المكافئ لكاربونات الكالسيوم CaCO<sub>3</sub>.

**2-3-3-3 العسرة الكلية (TH) Total Hardness:** قدرت حسب طريقة Na<sub>2</sub>EDTA Titration، إذ سُحب حجم معلوم من العينة، وأضيف إليه كمية مناسبة من محلول الأمونيا المنظم لجعل قيمة الرقم الهيدروجيني للعينة تساوي (10) والقليل من دليل Erichrom Black-T حتى يصبح لون العينة ارجوانياً، ثم سحجت العينة ضد محلول Na<sub>2</sub>EDTA (0.02 N) القياسي إلى أن يتغير إلى اللون الأزرق، وحُسب تركيز العسرة الكلية بوحدة (ملغم/ لتر) بدلالة كاربونات الكالسيوم من المعادلة الآتية:

$$\text{T. H. as CaCO}_3(\text{mg/L}) = \frac{V \times N \times \text{eq. wt} \times 1000}{\text{mL of Sample}}$$

V = حجم محلول NaEDTA القياسي المسحج، N = عيارية محلول NazEDTA القياسي، eq.wt = الوزن المكافئ لكاربونات الكالسيوم (CaCO<sub>3</sub>).

**2-3-3-4 أيون المغنيسيوم Magnesium ion:** حسبت رياضياً بإيجاد الفرق بين العسرة الكلية وتركيز أيون الكالسيوم كما مبين في المعادلة الآتية:

$$\text{Mg as CaCO}_3(\text{mg/L}) = [\text{T. H as CaCO}_3 - (\text{Ca} \times 2.5)] \times 0.244$$

**2-3-3-5 تركيز أيون الصوديوم Sodium Ions Concentration:** قيست تراكيز كل من أيونات الصوديوم والبوتاسيوم لعينات المياه المرشحة باستعمال جهاز طيف اللهب الانبعاثي Flame Photometer من نوع pFp7، وحسب تركيز أيوني الصوديوم والبوتاسيوم بوحدة (ملغم/ لتر).

**2-3-3-6 نسبة امتزاز الصوديوم Sodium Adsorption Ratio (SAR):** احتسبت وفق المعادلة الآتية وبوحدة ملي مكافئ/ لتر:

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}}{2}}}$$

**2-3-3-7 النسبة المئوية للصوديوم الذائب Soluble Sodium Percentage (SSP):** احتسبت وفق المعادلة الآتية كنسبة مئوية:

$$\text{Na} (\%) = \frac{\text{Na}^+}{[\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{Na}^+ + \text{K}^+]} \times 100$$

**2-3-3-8 خطورة المغنيسيوم:** احتسبت كنسبة مئوية وفق المعادلة الآتية (Paliwal, 1972):

$$\text{Mg} (\%) = \frac{\text{Mg}^{+2}}{\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}} \times 100$$

**2-4-2 التحليل الإحصائي Statistical Analysis:** بعد جمع البيانات أدخلت الى الحاسوب وبوبت باستخدام البرنامج الاكسيل Microsoft Office Excel، ثم أجريت العمليات الإحصائية باستخدام برنامج التحليل الاحصائي الجاهز Statistical Analysis System (SAS)، إذ تمت المقارنة بين معدلات الآبار وأشهر الدراسة لجميع المتغيرات المدروسة حسب طريقة دنكن المتعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05 (الزبيدي والجبوري، 2022).

### 3- النتائج والمناقشة

**3-1-3 التوصيلية الكهربائية:** - أظهرت نتائج الجدول (2) وجود اختلافات معنوية بين معدلات تراكيز التوصيلية الكهربائية ضمن معدلات الآبار وأشهر الدراسة، إذ يلاحظ من معدلات أشهر الدراسة أن أعلى تركيز معنوي للتوصيلية الكهربائية بلغ 2470 مايكروسمنز/ سم في معدل شهر تشرين الثاني 2023، فيما بلغ أدنى تركيز 2267 مايكروسمنز/ سم في معدل شهر أيلول. وفي معدلات الآبار بلغ أعلى تركيز معنوي التوصيلية الكهربائية 3201 مايكروسمنز/ سم عند معدل البئر الأول، فيما سجل معدل البئر العاشر أدنى تركيز بقيمة 1676 مايكروسمنز/ سم. أما متوسطات التداخلات بين الآبار وأشهر الدراسة فقد حقق فيها البئر الرابع خلال شهر كانون الثاني

2023 أعلى التراكمات للتوصيلية الكهربائية بلغت 3420 مايكروسمنز/ سم، فيما بلغ أدنى تركيز 1600 مايكروسمنز/ سم عند البئر العاشر خلال شهر أيلول. إذ تشير هذه النتائج الى تجاوز قيم التوصيلية الكهربائية للمحددات القياسية لمياه الشرب والتي تبلغ 400 مايكروسمنز/ سم، ولكنها قد تكون مقبولة لري المزروعات، لكون المعايير العراقية والعالمية حدد قيمة التوصيلية الكهربائية بقيمة 2250 مايكروسمنز/ سم لمياه الري لأغلب المزروعات.

إن التغيرات الحاصل في قيم التوصيلية الكهربائية من بئر لآخر قد يرجع إلى العديد من العمليات الجيوكيميائية مثل عمليات التبادل العكسي والتفاعلات التي تحدث بين المياه والصخور فضلاً عن حدوث عملية التخر، وكذلك الأنشطة البشرية في المنطقة التي تتواجد فيها هذه الآبار مما يؤدي إلى حدوث زيادة في تركيز الاملاح الكلية الذائبة وبالتالي ترفع قيم التوصيلية الكهربائية (Salman and Elnazer, 2015). كما قد يعزى ارتفاع قيم التوصيلية الكهربائية في مياه الآبار المدروسة الى عمليات الغسل بمياه الامطار للأراضي المجاورة، وقد تعود الفروقات الموجودة في قيم التوصيلية الكهربائية إلى اختلاف طبيعة التكوين الجيولوجي للمنطقة والتي ربما تكون حاوية على صخور الجبس والانهايدريت التي تزيد من قيم التوصيل الكهربائي للمياه التي تمر من خلالها (داود، 2022). ومن نتائج الدراسات السابقة بينت رزوقي (2020) أن المياه الجوفية في منطقة سد بادوش سجلت قيماً للتوصيلية الكهربائية تراوحت بين 960-4390 مايكروسمنز/ سم، حصل المسعودي (2021) على قيم للتوصيلية الكهربائية تراوحت بين 1071-7274 مايكروسمنز، فيما ذكر جاسم وعبد الستار (2021) أن معدل التوصيلية الكهربائية للمياه الجوفية في منطقة اليوسفية بلغ 1453.3 مايكروسمنز/ سم.

الجدول (2): متوسطات التوصيلية الكهربائية (ملغم/ لتر) للآبار العشرة خلال مدة الدراسة ومعدلاتها.

معدل الأشهر	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	المواقع الأشهر
2371 e	1701	2280	1845	1994	2150	2710	2160	3190	2360	3320	كانون الثاني
2347 h	1623	2150	1838	1986	2200	2560	3130	2360	2330	3290	شباط
2343 i	1616	2210	2130	1961	2130	2570	3020	2210	2300	3280	آذار
2336 j	1671	2140	2000	1880	2180	2600	3100	2310	2250	3230	نيسان
2352 g	1619	2150	1928	1987	2370	2750	3000	2370	2160	3190	أيار
2371 d	1636	2110	2007	2300	2250	2700	3001	2360	2110	3240	حزيران
2410 b	1708	2301	2029	2340	2310	2698	2998	2410	2148	3160	تموز
2384 c	1720	2140	2028	2340	2286	2679	3030	2244	2110	3260	أب
2267 i	1600	2130	1746	2004	2150	2800	2880	2200	2003	3160	أيلول
2322 k	1692	2100	1833	2005	2320	2730	2870	2300	2360	3006	تشرين الأول
2470 a	1697	2240	2180	2130	2620	2790	3280	2320	2370	3070	تشرين الثاني
2368 f	1830	1869	1751	1908	2470	2790	3420	2420	2010	3210	كانون الأول
	1676 j	2152 g	1943 i	2070 h	2286 e	2698 c	2991 b	2391 d	2209 f	3201 a	معدل الآبار

القيم المتبوعة بنفس الحرف لا تختلف عن بعضها معنوياً.

**2-3- القاعدية الكلية:** بينت نتائج الجدول (3) وجود اختلافات معنوية بين معدلات تراكيز القاعدية الكلية ضمن معدلات الآبار وأشهر الدراسة، إذ يلاحظ من معدلات أشهر الدراسة أن أعلى تركيز معنوي للقاعدية الكلية بلغ 220.0 ملغم/ لتر في معدل شهر تموز 2023، فيما بلغ أدنى تركيز 200.6 ملغم/ لتر في معدل شهر أيلول. وفي معدلات الآبار بلغ أعلى تركيز معنوي للقاعدية الكلية 237.7 ملغم/ لتر عند معدل البئر الخامس، فيما سجل معدل البئر العاشر أدنى تركيز بقيمة 186.1 ملغم/ لتر. أما متوسطات التداخلات بين الآبار وأشهر الدراسة فقد حقق فيها البئر الخامس خلال شهر نيسان 2023 أعلى تركيز للقاعدية الكلية بلغ 252 ملغم/ لتر، فيما بلغ أدنى تركيز 171 ملغم/ لتر عند البئر التاسع خلال شهر تشرين الأول.

يعد المصدر الرئيسي لحدوث القاعدية في مياه الآبار هو عملية التجوية للصخور والتي تنتج عند وجود ايونات الهيدروكسيد والكربونات البيكربونات (APHA, 2017)، وتشير نتائج الدراسة الحالية الى أن السبب الرئيسي لحدوث القاعدية في مياه الآبار المدروسة هو أيون البيكربونات لكون قيم الرقم الهيدروجيني لم تتجاوز 8.3 (شهاب، 2021). لقد تجاوزت نتائج الدراسة الحالية المحددات القياسية العراقية لسنة 2009، والتي أقرت القيمة القصوى للقاعدية الكلية في مياه الشرب 170 ملغم/ لتر، وقد يعزى سبب ارتفاع القاعدية في مياه الآبار المدروسة إلى ارتفاع معدلات الحمل في المواد العضوية والذي يعمل على زيادة تحرر غاز ثاني أكسيد الكربون نتيجة لنشاط البكتريا مما يؤدي إلى ازدياد تركيز HCO<sub>3</sub> وبالنتيجة النهائية يرفع من معدلات القاعدية الكلية (داود، 2022). ومن الدراسات السابقة حصلت دلس (2017) على تراكيز للقاعدية الكلية تراوحت بين 100-660 ملغم/ لتر في قضاء العلم. وحصلت داود (2022) على تراكيز تراوحت بين 60-505 ملغم/ لتر في الدور. فيما حصل السلطان (2022) على تراكيز تراوحت بين 148-652 ملغم/ لتر في الموصل.

الجدول (3): متوسطات القاعدية الكلية (ملغم/ لتر) للآبار العشرة خلال مدة الدراسة ومعدلاتها.

معدل الأشهر	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	المواقع الأشهر
214.8 g	198	200	214	200	210	220	230	190	240	246	كانون الثاني

218.5 f	188	194	210	220	208	240	236	214	235	240	شباط
218.9 e	192	198	224	221	210	238	220	220	232	234	آذار
219 d	190	198	213	209	203	252	240	210	237	238	نيسان
220 b	187	195	218	222	221	250	230	212	226	239	أيار
219.6 c	188	192	216	240	218	248	230	214	216	234	حزيران
220.5 a	190	196	215	245	220	247	224	214	224	230	تموز
213.1 h	186	174	210	240	208	245	220	204	220	224	آب
200.6 i	182	176	194	210	200	236	198	210	196	204	أيلول
203.8 k	174	171	197	216	212	240	200	206	214	208	تشرين الأول
211.4 i	172	183	211	220	232	220	244	210	210	212	تشرين الثاني
208.8 j	186	174	205	214	228	216	245	212	188	220	كانون الأول
	186.1 j	187.6 i	210.6 g	221.4 d	214.2 f	237.7 a	226.4 c	209.7 h	219.8 e	227.4 b	معدل الآبار

- القيم المتنوعة بنفس الحرف لا تختلف عن بعضها معنوياً.

**3-3-العسرة الكلية:** أظهرت نتائج الجدول (4) وجود اختلافات معنوية بين معدلات تراكيز العسرة الكلية ضمن معدلات الآبار وأشهر الدراسة، إذ يلاحظ من معدلات أشهر الدراسة أن أعلى تركيز معنوي للعسرة الكلية بلغ 814.1 ملغم/ لتر في معدل شهر آذار 2023، فيما بلغ أدنى تركيز 625.7 ملغم/ لتر في معدل شهر أيلول. وفي معدلات الآبار بلغ أعلى تركيز معنوي للعسرة الكلية 1003 ملغم/ لتر عند معدل البئر الرابع، فيما سجل معدل البئر العاشر أدنى تركيز بلغ 482 ملغم/ لتر. أما متوسطات التداخلات بين الآبار وأشهر الدراسة فقد سجل فيها البئر الرابع خلال شهر كانون الثاني 2023 أعلى تركيز للعسرة الكلية بلغ 1200 ملغم/ لتر، فيما بلغ أدنى تركيز 430 ملغم/ لتر عند البئر العاشر خلال شهر أيلول. إن نتائج الدراسة الحالية تشير إلى تجاوز تراكيز العسرة الكلية في مياه الآبار المدروسة لمحددات منظمة الصحة العالمية (WHO, 2011) والمواصفات القياسية العراقية لسنة (2009) لمياه الشرب وبالبالغة 500 ملغم/ لتر، باستثناء البئر العاشر الذي أعطى معدلاً ضمن الحدود القياسية الآمنة.

إن سبب ارتفاع تركيز العسرة الكلية في مياه الآبار المدروسة قد يعزى إلى أنواع وطبيعة الصخور الموجودة في التكوينات الجيولوجية لمناطق هذه الآبار (Zhou et al., 2020). كما أكدت دراسة داود (2022) أن التباين في تركيز العسرة الكلية بين الآبار المدروسة ربما يرجع إلى تأثير هذه التراكيز بفعل عمليات السحب للمياه الجوفية، فضلاً عن تأثير التركيب الجيولوجي للمنطقة التي تكون فيها هذه الآبار، والتي قد تكون غنية بحجر الكلس وكبريتات الكالسيوم والتي تعد من المصادر المهمة للعسرة.

كانت نتائج الدراسة الحالية أقل من نتائج دراسة Al-Dulaimi and Al-Shammaa (2019) على المياه الجوفية في عامرية الفلوجة والتي تراوحت بين 1999.5-3272.7 ملغم/ لتر. وأقل مما حصل عليه البرزنجي (2020) الذي بين أن معدل تركيز العسرة الكلية للمياه الجوفية في منطقة الرشيدية شمال الموصل بلغ 3380 ملغم/ لتر. وكانت مقارنة لنتائج دراسة داود (2022) إلى أن قيم العسرة الكلية في آبار منطقة الدور تراوحت بين 200-564 ملغم/ لتر.

الجدول (4): متوسطات العسرة الكلية (ملغم/ لتر) للآبار العسرة خلال مدة الدراسة ومعدلاتها.

المواقع الأشهر	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	معدل الأشهر
كانون الثاني	1156	1143	665	1200	816	676	706	509	711	456	803.8 b
شباط	1086	1010	710	1148	810	464	710	620	680	592	783 c
آذار	1046	1116	760	1100	806	715	714	640	720	524	814.1 a
نيسان	1062	1104	670	1100	840	660	652	614	664	490	785.6 c
أيار	1024	986	714	1080	844	615	688	646	664	459	772 d
حزيران	1066	980	720	1086	842	610	669	651	640	462	772.6 d
تموز	1004	989	764	1064	842	618	670	658	669	478	775.6 d
آب	960	848	716	929	836	564	574	580	536	448	699.1 e
أيلول	744	760	684	766	780	550	513	510	520	430	625.7 h
تشرين الأول	810	822	608	814	816	568	522	516	524	436	643.6 g
تشرين الثاني	800	796	705	868	794	578	530	524	526	431	655.2 f
كانون الأول	810	722	700	884	780	570	510	515	518	576	658.5 f
معدل الآبار	964 b	940 c	701 e	1003 a	817 d	599 h	622 f	582 i	614 g	482 j	

- القيم المتنوعة بنفس الحرف لا تختلف عن بعضها معنوياً.

**4-3-أيون المغنيسيوم:** أظهرت نتائج الجدول (5) وجود اختلافات معنوية بين معدلات تراكيز أيون المغنيسيوم ضمن معدلات الآبار وأشهر الدراسة، إذ يلاحظ من معدلات أشهر الدراسة أن أعلى تركيز معنوي لأيون المغنيسيوم بلغ 109.8 ملغم/ لتر في معدل شهر كانون الثاني 2023، فيما بلغ أدنى تركيز 60.3 ملغم/ لتر في معدل شهر أيلول. وفي معدلات الآبار بلغ أعلى تركيز معنوي لأيون

المغنيسيوم 122.6 ملغم/ لتر عند معدل البئر الرابع، فيما سجل معدل البئر العاشر أدنى تركيز بقيمة 35.1 ملغم/ لتر. أما متوسطات التداخلات بين الآبار وأشهر الدراسة فقد حقق فيها البئر الرابع خلال شهر كانون الثاني 2023 أعلى تركيز لأيون المغنيسيوم بلغ 165 ملغم/ لتر، فيما بلغ أدنى تركيز 22 ملغم/ لتر عند البئر العاشر خلال شهر أيلول. بمقارنة نتائج الدراسة الحالية مع المحددات القياسية العراقية (2009) ومحددات منظمة الصحة العالمية (2011) لتراكيز المغنيسيوم في مياه الشرب والبالغة 100 ملغم/ لتر، نلاحظ أن أربعة من الآبار المدروسة تجاوزت تراكيز المغنيسيوم في مياهها هذه المحددات، وهي البئر الأول والثاني والرابع والخامس، فيما كانت بقية الآبار ضمن الحدود الآمنة.

قد يرجع الارتفاع في تراكيز المغنيسيوم إلى زيادة ذوبان صخور الجبس أو الحجر الجيري الحاوي على  $CaMg(CO_3)$  في منطقة الدراسة (داود، 2022). كما بين (Al-Saffawi and Al-Sardar (2018) أن هذا الارتفاع بالقيم يعود إلى طبيعة التكوينات الجيولوجية للمنطقة، إذ إن ارتفاع تركيز المغنيسيوم يعطي الطعم المر للماء ويقلل الرغبة للمنظفات، كما يتسبب على أسطح الأحواض والأنابيب والمغاسل ويؤثر في الملابس، فضلاً عن حدوث حالات الاسهال بسبب ارتفاع تركيز كبريتات المغنيسيوم، ومن جهة أخرى بين عبد الكريم (2021) أن زيادة تركيز المغنيسيوم له أهمية لدوره في الوقاية من الأمراض القلبية مثل المرض التاجي والسكتة القلبية، إذ حصل في دراسته لتقييم نوعية مياه الآبار لبعض مناطق محافظة نينوى على تراكيز للمغنيسيوم تراوحت بين 140-980 ملغم/ لتر. أما داود (2022) فقد بينت أن تركيز المغنيسيوم في آبار قضاء الدور تراوح بين 8-220 ملغم/ لتر.

الجدول (5): متوسطات أيون المغنيسيوم (ملغم/ لتر) للآبار العشرة خلال مدة الدراسة ومعدلاتها.

المواقع الاشهر	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	معدل الأشهر
كانون الثاني	160	150	87	165	108	88	114	71	93	62	109.8 a
شباط	140	118	67	149	109	80	93	76	81	50	96.3 c
آذار	127	138	84	137	111	86	90	73	82	49	97.7 b
نيسان	137	137	60	142	114	81	79	76	81	45	95.2 d
أيار	127	123	56	129	109	60	79	73	76	30	86.2 f
حزيران	136	120	60	130	109	60	74	74	70	33	86.6 e
تموز	124	121	69	127	109	62	73	73	69	29	85.6 g
آب	119	95	71	115	109	51	52	56	45	23	73.6 h
أيلول	81	83	74	89	84	47	40	41	42	22	60.3 i
تشرين الأول	94	93	71	88	96	51	42	41	43	23	64.2 j
تشرين الثاني	90	88	71	99	94	52	41	43	44	23	64.5 i
كانون الأول	91	73	70	101	90	51	38	43	43	32	63.2 k
معدل الآبار	118.8 b	111.6 c	70 e	122.6 a	103.5 d	64.1 g	67.9 f	61.7 h	64.1 g	35.1 i	

- القيم المتبوعة بنفس الحرف لا تختلف عن بعضها معنوياً.

**3-5-أيون الصوديوم:** أظهرت نتائج الجدول (6) وجود اختلافات معنوية بين معدلات تراكيز أيون الصوديوم ضمن معدلات الآبار وأشهر الدراسة، إذ يلاحظ من معدلات أشهر الدراسة أن أعلى تركيز معنوي لأيون الصوديوم بلغ 27.9 ملغم/ لتر في معدل شهر آذار 2023، فيما بلغ أدنى تركيز 21.1 ملغم/ لتر في معدل شهر أيلول. وفي معدلات الآبار بلغ أعلى تركيز معنوي لأيون الصوديوم 38.33 ملغم/ لتر عند معدل البئر الأول، فيما سجل معدل البئر السادس أدنى تركيز بقيمة 20 ملغم/ لتر. أما متوسطات التداخلات بين الآبار وأشهر الدراسة فقد حقق فيها البئر الأول خلال شهري آذار وأيار أعلى التراكيز لأيون الصوديوم بلغت 44 ملغم/ لتر لكل منهما، فيما بلغ أدنى التراكيز 14 ملغم/ لتر عند البئر السادس خلال شهر أيلول. وتعد هذه النتائج بمجملها ضمن محددات منظمة الصحة العالمية (2011) لتركيز أيون الصوديوم في مياه الشرب والبالغة 200 ملغم/ لتر. كما تعد هذه النتائج أقل من النتائج التي حصل عليها عبد الكريم (2021) والتي تراوحت بين 85-151 ملغم/ لتر، وكذلك السلطان (2022) في آبار مدينة الموصل والتي تراوحت بين 13-1020 ملغم/ لتر.

إن التفاوت في تراكيز هذا أيون الصوديوم قد يرجع إلى التركيب الجيولوجي لمناطق الآبار المدروسة، والتي تمر منها المياه إلى هذه الآبار، إذ عند وصول المياه الجوفية إلى الطبقات الغنية بالمعادن مثل معدن Albite وبوجود حامض الكربونيك والماء سيؤدي ذلك إلى تكوين وانطلاق أيون الصوديوم (Khan et al, 2020). أو قد يعزى إلى حدوث عملية التبادل الأيوني مع غيره من الأيونات الموجبة مثل الكالسيوم والمغنيسيوم، لذلك عندما تكون تراكيز هذين الأيونين عالية ينخفض بذلك تركيز أيون الصوديوم (Egbueri et al, 2019). وهذا موافق لما تم الحصول عليه في الدراسة الحالية.

الجدول (6): متوسطات أيون الصوديوم (ملغم/ لتر) للآبار العشرة خلال مدة الدراسة ومعدلاتها.

المواقع الاشهر	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	معدل الأشهر
كانون الثاني	36	24	16	30	24	23	24	20	30	18	24.5 g
شباط	40	26	28	32	28	20	20	24	26	29	27.3 d
آذار	44	29	26	30	30	22	20	26	24	28	27.9 a
نيسان	34	27	30	36	24	23	24	23	24	27	27.2 e
أيار	44	24	28	30	27	24	22	28	25	25	27.7 b
حزيران	38	25	26	28	28	22	24	29	26	26	27.2 e
تموز	36	26	28	24	27	22	26	30	28	28	27.5 c
آب	39	22	26	22	23	20	22	26	22	24	24.6 f
أيلول	36	19	16	19	20	14	22	24	20	21	21.1 k
تشرين الأول	37	22	24	20	21	16	20	24	23	20	22.7 j

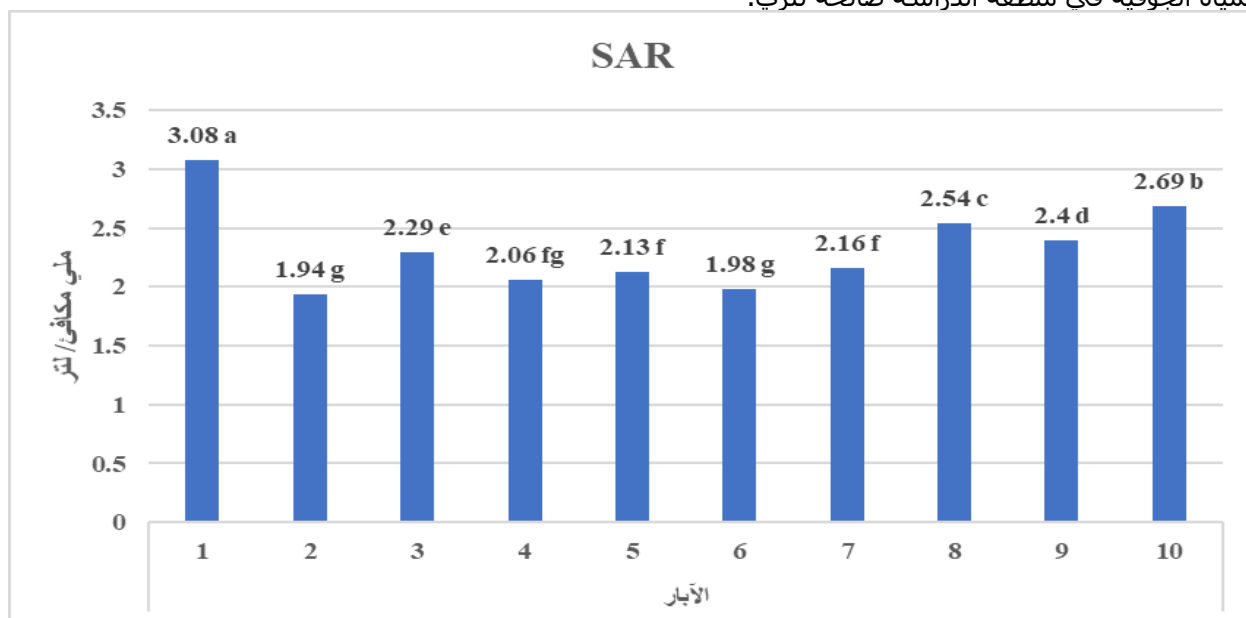
23.6 h	21	23	25	21	18	20	24	25	23	36	تشيرين الثاني
23 i	26	20	21	20	16	19	21	27	20	40	كانون الأول
	24.42 d	24.25 e	25 c	22.08 g	20 h	24.25 e	26.33 b	25 c	23.92 f	38.33 a	معدل الآبار

- القيم المتبوعة بنفس الحرف لا تختلف عن بعضها معنوياً.

**3-6- نسبة امتزاز الصوديوم وتأثيرها في صلاحية المياه (SAR) Sodium Adsorption Ratio:** يبين الشكل (2) معدلات امتزاز الصوديوم للآبار المدروسة كمعدل لفترة الدراسة (اثنا عشر شهراً)، ويظهر فيها أن أعلى معدل امتزاز بلغ 3.08 ملي مكافئ/ لتر عند البئر الأول، وبفارق معنوي عن معدلات الآبار الأخرى حسب اختبار دنكن المتعدد الحدود، فيما سجل البئر الثاني أدنى معدل لامتزاز الصوديوم بلغ 1.94 ملي مكافئ/ لتر بدون فارق معنوي عن البئر السادس الذي سجل 1.98 ملي مكافئ/ لتر. إذ تشير هذه النتائج إلى أن مياه الآبار المدروسة تقع جميعها ضمن الصنف قليل الصوديوم بحسب تصنيف مختبر الملوحة الأمريكي US Salinity laboratory (1954, USSL) والموضح في الجدول (7)، والذي اعتبر أن المياه التي تكون نسبة امتزاز الصوديوم لها أقل من 18 ملي مكافئ/ لتر تعتبر مياه آمنة للاستخدامات الإروائية.

تعتبر نسبة امتزاز الصوديوم عن تركيز أيون الصوديوم بالنسبة إلى تركيز أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم، وتمثل الضرر الناشئ عن أيون الصوديوم (Chegbeleh *et al.*, 2020). إذ أن هناك علاقة عكسية بين أيون الصوديوم وأيون الكالسيوم والمغنيسيوم مع درجة انحراف مياه الري في تفاعلات التبادل الكاتيوني في التربة، والتي تعد إحدى خصائص الصوديوم المضرة والهادمة لبناء التربة والمخفضة لنفاذيتها، لذلك تعد نسبة امتزاز الصوديوم من محددات استخدام المياه لأغراض الري (Asadi *et al.*, 2020).

تعد نتائج الدراسة الحالية لنسبة امتزاز الصوديوم مقارنة لتلك التي حصل عليها (عبد الكريم، 2021) في الموصل والتي تراوحت بين 1.02-2.2 ملي مكافئ/ لتر. فيما تعد واطنة مقارنة بنتائج دراسة المسعودي (2021) حول التباين النوعي والكمي للمياه الجوفية في ناحية النجيلي في محافظة واسط، إذ تراوحت قيم امتزاز الصوديوم بين 3.33-103 ملي مكافئ/ لتر، وأكدت النتائج أن معظم عينات المياه الجوفية في منطقة الدراسة صالحة للري.



الشكل (2): معدلات نسبة امتزاز الصوديوم في مياه الآبار المدروسة.

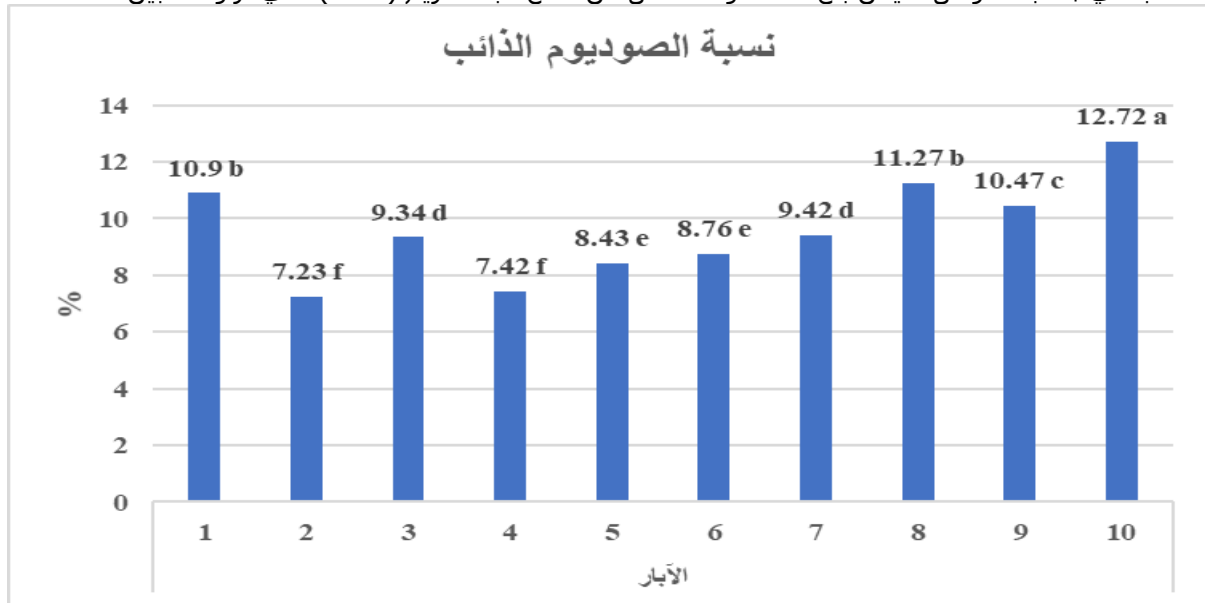
الجدول (7): تصنيف المياه اعتماداً على نسبة امتزاز الصوديوم SAR (USSL, 1954).

مدى ملائمة المياه	SAR	أصناف المياه
يلائم ري معظم المحاصيل ولأغلب أنواع الترب، باستثناء المحاصيل الحساسة جداً للصوديوم	10-0	قليل الصوديوم S1
يلائم الترب ذات النسجة الخشنة جيدة النفاذية، ولا يلائم الترب الناعمة، خصوصاً عند عدم كفاية الغسل مع وجود القليل من الجبس في التربة	18-10	متوسط الصوديوم S2
ضار لأغلب الترب ويتطلب بزل وغسل جيد بوجود الجبس	26-18	عالي الصوديوم S3
غير صالح لأغراض الري	أكثر من 26	عالي الصوديوم جداً S4

**3-7- نسبة الصوديوم الذائب:** يلاحظ من الشكل (3) وجود اختلافات معنوية في النسبة المئوية للصوديوم الذائب في مياه الآبار المدروسة حسب اختبار دنكن عند مستوى احتمال 0.05، إذ بلغت أعلى نسبة معنوياً للصوديوم الذائب 12.72% في مياه البئر العاشر، فيما سجلت مياه البئر الثاني أدنى نسبة للصوديوم الذائب بلغت 7.23% بدون فارق معنوي عن البئر الرابع الذي سجل 7.42%. وبناءً على هذه النتائج تعد مياه الآبار قيد الدراسة جميعها من الصنف الممتاز بحسب تصنيف مختبر الملوحة الأمريكي (1954, USSL) والموضح في الجدول (8).

تعد النسبة المئوية للصوديوم أحد معايير تحديد صلاحية مياه الري، إذ تعبر عن تأثير أيونات الصوديوم مقارنةً بالأيونات الموجبة على نفاذية التربة والنباتات النامية ونوعية الإنتاج النباتي، وبالاعتماد على نتائج تقدير النسبة المئوية للصوديوم الذائب تعد مياه الآبار المدروسة جميعها جيدة للري، فهي لا تسبب مشاكل لنفاذية التربة، إن الانخفاض في قيم النسبة المئوية للصوديوم الذائب في مياه الآبار المدروسة قد يعزى إلى انخفاض تراكيز أيونات الصوديوم مقارنةً بأيونات المغنيسيوم والكالسيوم التي كانت مرتفعة (Al-).

(Assaf *et al.*, 2020). وكانت نتائج الدراسة الحالية مقارنة لنتائج دراسة (الحمداني، 2020) الذي بين أن معدل النسبة المئوية للصوديوم الذائب في جانب الموصل الأيمن بلغ 13%، وكانت أقل من نتائج عبد الكريم (2021) التي تراوحت بين 10.5-28.4%.

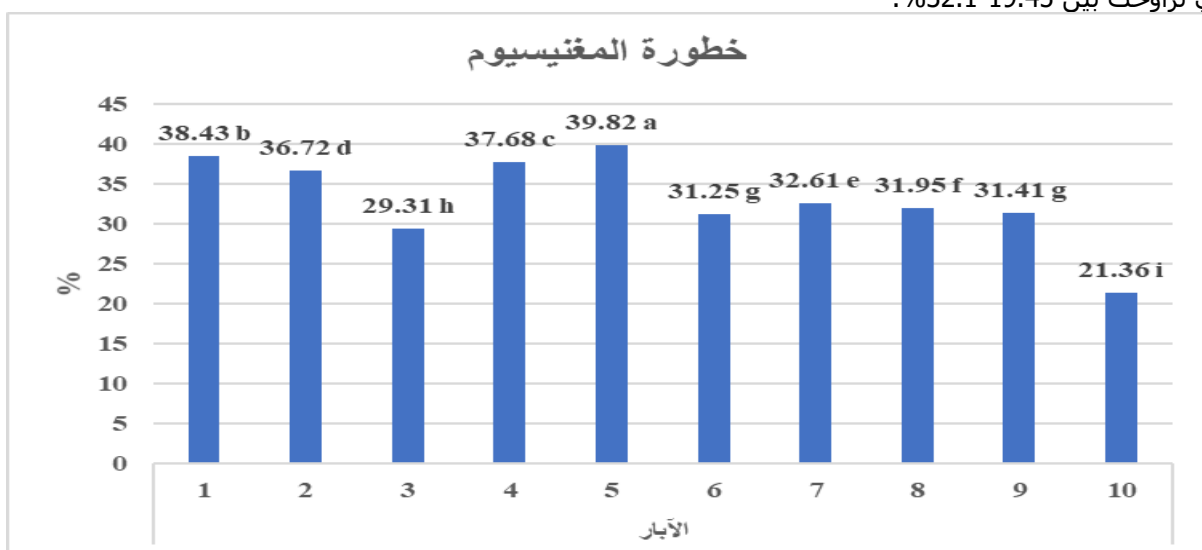


الشكل (3): معدلات نسبة الصوديوم الذائب في مياه الآبار المدروسة. الجدول (8): تصنيف المياه اعتماداً على النسبة المئوية للصوديوم الذائب SSP (USSL, 1954).

النسبة المئوية للصوديوم الذائب	ملائمة المياه للري
20>	ممتاز
40-20	جيد
60-40	مسموح
80-60	مشكوك فيه
>80	غير ملائم

**8-3-خطورة المغنيسيوم:** أظهرت نتائج الشكل (4) وجود اختلافات معنوية بين معدلات النسبة المئوية لخطورة المغنيسيوم في مياه الآبار المدروسة، إذ يلاحظ أن البئر الخامس سجل أعلى نسبة خطورة بلغت 39.82% بفارق معنوي عن معدلات الآبار الأخرى، فيما حقق البئر العاشر أدنى نسبة خطورة معنوياً بلغت 21.36%. إذ تعد هذه النتائج ضمن الحدود الآمنة لمياه الري والبالغة 50% بحسب (Ayers and Westcot (1994).

إن ارتفاع تركيز أيونات المغنيسيوم بالمقارنة مع تركيز أيونات الكالسيوم له أضرار سلبية على التربة والنبات، بالرغم من الدور الحيوي لأيونات المغنيسيوم في نمو الجذور والأجزاء الخضرية والزيادة في حجم الثمار، والدور المحوري في انقسام الخلايا وعملية البناء الضوئي (المشهداني، 2019). إذ إن تجاوز النسبة المئوية لخطورة المغنيسيوم حاجز 50% يزيد من ضررها ويؤدي إلى ارتفاع ملوحة التربة. وقد جاءت النتائج الحالية واطئة مقارنة بنتائج دراسة البرزنجي (2020) التي تراوحت بين 39.51-50.87%، ونتائج دراسة عبد الكريم (2021) التي بينت أن قيم خطورة المغنيسيوم تراوحت بين 42.74-55.96%. فيما كانت مقارنة لنتائج دراسة السلطان (2022) التي تراوحت بين 19.45-32.1%.



الشكل (4): معدلات خطورة المغنيسيوم في مياه الآبار المدروسة.

**استنتاج:** بينت نتائج الدراسة الحالية تجاوز معدلات بعض المتغيرات المدروسة للمحددات العراقية والعالمية لمياه الشرب مثل التوصيلية الكهربائية. سجل البئر الرابع خلال شهر كانون الثاني أعلى القيم للتوصيلية الكهربائية والعسرة الكلية وأيون المغنيسيوم، بينما سجل البئر الأول خلال شهر آذار أعلى التراكيز لأيون الصوديوم. ونتيجة لما سبق، يجب زيادة الوعي المجتمعي بمخاطر تلوث المياه وأضرارها الكارثية. استخدام التقنيات والأساليب العلمية المتطورة لتقييم نوعية المياه وتحديد ملاءمتها للاستعمالات المختلفة. إجراء دراسات أكثر شمولاً تستهدف ملوثات أخرى إلى جانب تقييم بغيمة مكونات النظام البيئي من الترب والنباتات وغيرها.



## 4-المصادر

1. البرزنجي، احمد جعفر احمد. (2020). تطبيق الموديلات الرياضية (WQI) لتقييم نوعية مياه آبار منطقة الرشيدية شمال مدينة الموصل للشرب والري وسقي المواشي والدواجن. رسالة ماجستير، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة الموصل، العراق.
2. جاسم، قادسية حسين وعبد الستار، احمد. (2021). التحليل المكاني لخصائص المياه الجوفية في جنوب شرق ناحية اليوسفية، مجلة المستنصرية للدراسات العربية والدولية، 18(74): 134-152.
3. الجواري، وائل حازم وخضر، صهيب حسن. (2021). تقييم نوعية المياه الجوفية للاستعمالات المختلفة في ناحية ربيعة. مجلة اداب الرافدين، 51(86): 473-502.
4. الحمداني، نور احمد سعدون. (2020). تطبيق مؤشرات جودة المياه لتقييم نوعية مياه عدد من الآبار في الساحل الايسر لمدينة الموصل/ العراق. رسالة ماجستير، كلية علوم البيئة وتقاناتها، جامعة الموصل، العراق.
5. داود، إيلاف محمد حازم. (2022). دراسة نوعية المياه الجوفية في قضاء الدور. رسالة ماجستير، قسم علوم الحياة، كلية العلوم، جامعة تكريت.
6. دلس، اسراء سلمان. (2017). دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لبعض ابار قرية سمرة- ناحية العلم في محافظة صلاح الدين، مجلة تكريت لمعلوم الزراعية، المجلد 17، العدد 2.
7. رزوقي، رنا فاروق. (2020). هيدروجيومورفولوجيا منطقة سد بادوش. مجلة لاراك للفلسفة واللسانيات والعلوم الاجتماعية، 2(37): 407-424.
8. السلطان، قصي ثائر محمد داؤد. (2022). دراسة نوعية للمياه الجوفية في مدينة الموصل/ العراق ومدى صلاحيتها للأغراض المختلفة باستخدام الموديل الكندي CWQI. رسالة ماجستير، قسم علوم الحياة، كلية العلوم، جامعة الموصل.
9. شهاب، هبة احمد فارس. (2021). دراسة عدد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية والإحيائية لمياه نهر دجلة ضمن مدينة الموصل-العراق. رسالة ماجستير، قسم علوم الحياة، كلية العلوم، جامعة الموصل، العراق.
10. صالح، روضان عبد الله وعيدان إبراهيم غضبان وعبد الرزاق خضر عبد الواحد ومحمد علي فارس. (2016). تقييم صلاحية مياه الآبار للاستخدامات المختلفة للمنطقة المحصورة بين نهري دجلة والزاب الأسفل. مجلة تكريت للعلوم الهندسية، 23(4): 109-121.
11. عبد الكريم، أسامة زهير. (2021). دراسة نوعية مياه آبار بعض مناطق محافظة نينوى باستخدام الموديلات الرياضية. رسالة ماجستير، قسم علوم الحياة، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة الموصل.
12. محمود، ساهرة احمد وألاء عماد حسين. (2016). دراسة مدى ملائمة المياه الجوفية لبعض آبار محافظة كركوك للأستهلاك البشري والحيواني والري، مجلة ديالى للعلوم الهندسية، 9(2): 38-48.
13. المسعودي، استبرق كاظم شيبوط. (2021). التباين الكمي والنوعي لخصائص المياه الجوفية في ناحية الدجيلي. مجلة كلية التربية جامعة واسط، 1(42): 144-166.
14. المشهداني، محمد حازم صبري. (2019). دراسة الواقع البيئي لمياه نهر الخوصر وتطبيق بعض الموديلات الرياضية. أطروحة دكتوراه، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة الموصل، العراق.
15. Al-Assaf, A. Y.; Talat, R. A. and Al-Saffawi, A. Y. T. (2020). Suitability of water for irrigation and livestock watering purpose using IWQI Model: The case study, groundwater quality of some quarters of Mosul city, Iraq. Plant Archives. 20(1): 1797-1802.
16. Al-Dulaimi, A. M. O. and Al-Shammaa, A. M. (2019). Assessment of surface water and ground water using water quality index in, Ameriyat AL-Fallujah area, of center Iraq. Iraqi Journal Agriculture Research. 24 (1): 230-239.
17. Al-Hadithi, Mufid S. (2016). Application of Wilcox and United State Salinity laboratory diagrams to assess groundwater quality for irrigation purposes around Saqlawiyah area, Al-anbar, Iraq, Iraqi Bulletin of Geology and Mining. 12(2): 29-37.
18. Al-Saffawi, A.Y.T. and Al-Sardar, N.M. (2018). Assessment of groundwater quality status by using water quality index in Abu-Jarboaa and Al-Darrawesh Villages, Basiqa subdistrict, Iraq. Int. J. Enhanced Res. In Sci., Tech. & Engineering, 7(6), 6-12.
19. Al-Temimi, Yahya K(2016). Evaluation of Groundwater properties in borderline between Iraq and Kingdom of Saudi Arabia for different uses, Al-qadisiyah Journal for Engineering Sciences, Vol. 9 No.1 2016.
20. APHA, AWWA and WCDE (2017), "Standard Methods for The Examination of Water and Waste Water". 23rd. Ed. Washington DC. USA. 1-55.
21. Asadi, E. Isazadeh, M. Samadianfard, S. Ramli, M. F. Mosavi, A. Nabipour, N. and Chau, K. W. (2020). Groundwater Quality Assessment for Sustainable Drinking and Irrigation. Sustainability., 12(1): 177-190. doi:10.3390/su12010177
22. Ayers, R.S. and Westcot, D.W. (1994). Water Quality for Agriculture Irrigation and Drainage. Paper No. 29Rev.1. FAO, Rome.
23. Chegbeleh, L. P., Akurugu, B. A., and Yidana, S. M. (2020). Assessment of groundwater quality in the Talensi District, Northern Ghana. The Scientific World Journal. 2020 (8450860): 1-24.
24. Egbueri, J. C.; Mgbenu, C. N. and Chukwu, C. N. (2019). Investigating the hydrogeochemical processes and quality of water resources in Ojoto and environs using integrated classical methods. Modeling Earth Systems and Environment. 5(4): 1443-1461.
25. IQS. (2009). Iraqi standards of drinking water (417), 2<sup>nd</sup> modification.

26. Ismael, M., Mokhtar, A., Farooq, M., & Lü, X. (2021). Assessing drinking water quality based on physical, chemical and microbial parameters in the Red Sea State, Sudan using a combination of water quality index and artificial neural network model. *Groundwater for Sustainable Development*, 14, 100612.
27. Khan, A. F.; Srinivasamoorthy, K. and Rabina, C. (2020). Hydrochemical characteristics and quality assessment of groundwater along the coastal tracts of Tamil Nadu and Puducherry, India. *Applied Water Science*. 10(2): 1-21.
28. Ravindiran, G., Rajamanickam, S., Sivarethinamohan, S., Karupaiya Sathaiah, B., Ravindran, G., Muniasamy, S. K., & Hayder, G. (2023). A Review of the Status, Effects, Prevention, and Remediation of Groundwater Contamination for Sustainable Environment. *Water*, 15(20), 3662.
29. Salman ,A.S. and Elnazer ,A.A .(2015). Evaluation of groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural uses in SW Qena Governorate ,Egypt. *Adv. Nat. Appl. Sci.* 9(5): (2015) 16- 26.
30. Scanlon, B. R., Fakhreddine, S., Rateb, A., de Graaf, I., Famiglietti, J., Gleeson, T. and Zheng, C. (2023). Global water resources and the role of groundwater in a resilient water future. *Nature Reviews Earth & Environment*, 4(2): 87-101.
31. USSS, US Salinity Laboratory. (1954). *Diagnosis and Improvement of saline and alkaline soils*. Department of Agriculture, Hand book No. 60, 160 pp.
32. WHO, World Health Organization. (2011). *Guidelines for drinking-water quality- 4<sup>th</sup> ed.* chronicle, 38, 104-108.
33. Zhou, Y.; Li, P.; Xue, L.; Dong, Z. and Li, D. (2020). Solute geochemistry and groundwater quality for drinking and irrigation purposes: a case study in Xinle City, North China. *Geochemistry*. 8125609 :(4)0الم.