The Libyan Journal of Science
University of Tripoli Vol. 27, No. 01
https://uot.ed.ly/journals/index.php/ljs

تقييم جودة مياه الينابيع المائية في بلدية جادو، جبل نفوسة (ليبيا)

زكريا محمد أبومنجي [*1]، مريم المزوغي القحماصي [2]، إبتسام أحمد أبوسنينة [3]

1. مهندس جيولوجي بإدارة الدارسات والبحوث المائية بوازرة الموارد المائية، ليبيا
2. مهندسة جيولوجية بإدارة الدارسات والبحوث المائية بوازرة الموارد المائية، ليبيا
3. مهندسة جيولوجية بالهيئة المشتركة لدراسة وتنمية الخزان الحجر الرملي النوبي، ليبيا

Corresponding authors: eng.zakaria.m@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received 13/11/2023

Received in revised form 22/12/2023

Accepted 26/01/2024

المستخلص

قيّمت هذه الدراسة جودة مياه الشرب لمياه الينابيع في بلدية جادو والتي تقع ضمن مدن الواقعة على جبل نفوسة وتبعد عن مدينة طرابلس حوالي 190كلم جنوبا وشملت الدراسة 3 الينابيع مائية وهي عين حمد و عين تموقط و عين الزرقاء و تم قياس 13 عنصر كيميائياً للعينات المياه الينابيع و قيّمت عينات مياه الينابيع بطريقتين الأولى مقارنة العناصر الكيميائية بالمواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب رقم 82 لسنة 2013 وكانت النتيجة أن مياه ينبوع عين حمد و ينبوع عين تموقط تجاوزت الحدود المسموح بها ما عدا مياه عين الزرقاء فكانت من ضمن الحدود المسموح بها للمواصفات وكذلك أجريت مقارنة نتائج تحاليل الكيميائية لمياه الينابيع المستهدفة لسنة 1992 و سنة 2023 و أظهرت أن جودة المياه حاليا في تدهور مقارنة في السابق بينما الطريقة الثانية للتقييم كانت باستخدام مؤشر جودة المياه **(WQI)** باعتماد طريقة المؤشر الحسابي الموزون حيث اعتمدت هذه الطريقة على 11 عنصراً كيميائياً و صنفت جودة المياه بهذه الطريقة على أنّ مياه ينبوع عين حمد ذات جودة رديئة بينما جودة مياه ينبوع عين تموقط و عين الزرقاء جيدة.

الكلمات المفتاحية: مؤشر جودة المياه (WQI)، الينابيع، الأملاح الذائبة الكلية، العناصر الكيميائية، المواصفات القياسية الليبية.

Abstract: This study evaluated the drinking water quality of spring water in the Jadu municipality, which is located within the cities located on the Nafusa Mountain and is about 190 km south of Tripoli. The study included 3 water springs: Ain Hamed, Ain Timoqat, and Ain Zarqa. 13 chemical elements were measured for the spring water samples and the spring water samples were evaluated in two ways: first, by comparing the chemical elements to the Libyan drinking water standard specifications No. 82 of 2013. The results showed that the water of Ain Hamed and Ain Timoqat springs exceeded the permissible limits, except for the water of Ain Zarqa, which was within the permissible limits of the specifications. A comparison of the results of the chemical analyzes of the targeted spring water for the years 1992 and 2023 was also conducted and showed that the current water quality is deteriorating compared to the past. The second method of evaluation was using the Water Quality Index (WQI) by adopting the weighted arithmetic index method, where this method depended on 11 chemical elements and classified the water quality according to this method that the water of Ain Hamed spring is of poor quality, while the water quality of Ain Timoqat and Ain Zarqa springs is good.

Keywords: Water Quality Index (WQI), Springs, Total Dissolved Solids (TDS), Chemical Elements, Libyan Drinking Water Standard Specifications

1. المقدمة

يعتبر الماء قوام الحياة وأساسها الرئيسي الذي لا يمكن الاستغناء عنه كما أنه عماد كل حضارة وتنمية وإذا كان الإنسان قد استطاع في تفاعله مع الطبيعة ليسخر جلها لخدمته ولأغراضه واستطاع أيضا بفضل العلم أن يخترع كل ماهو في حاجة إليه عبر التاريخ، إلا أن حاجته من الماء لا يمكن تلبيتها بتركيب وتصنيع هذه المادة.

العديد من البلدان تواجه نُدرة خطيرة في المياه وضعف جودة المياه وبالتالي فإن المعلومات المتعلقة بموارد المياه ومدى ملاءمتها للاستخدام إلزامية للتخطيط المكاني والتنمية المستدامة. هذا له أهمية خاصة في المناطق القاحلة والشبه قاحلة، حيث تكون موارد المياه محدودة ومتوسط هطول الأمطار على المدى الطويل. [1-2]

تشمل المصادر الرئيسية للمياه للأنشطة البشرية؛ المياه الجوفية والأنهار والسدود والبرك والآبار والينابيع، حيث تختلف نوعية وكمية مصادر المياه هذه اعتمادًا على الموقع الجغرافي والعوامل البيئية، مثل التركيب الكيميائي للصخور الأساسية، ومدخلات هطول الأمطار، وتكوين التربة [3]

في دولة قاحلة إلى حد كبير مثل ليبيا، يُعَدُّ الماء العذب النظيف ذو قيمة أكبر في تلبية الاحتياجات البشرية والاستخدام الزراعي. وبالنظر إلى الموارد المائية السطحية المتاحة في ليبيا، والتي تشمل مياه الينابيع ومياه البحيرات ومياه الأمطار التي يتم تجميعها من خلال السدود المقامة، يُلاحَظ أن الموارد المائية السطحية تساهم بنسبة أقل من 1% من إجمالي الموارد المتاحة في ليبيا. [4]

2. أهمية الدراسة

نظراً لكون الينابيع المائية من أحد الموارد المائية السطحية المتجددة وتعتبر من المصادر الأساسية لتأمين مياه الشرب للمناطق المجاورة لها ولسقي المواشي في المنطقة الجبلية وكذلك نظراً للارتفاع الباهظ لتكاليف حفر آبار المياه الجوفية بالمنطقة لإمدادها بمصادر المياه الصالحة للشرب والاستعمال الحضري وكذلك بازدياد الطلب عليها يوماً بعد يوم نتيجة لتغير المناخي، ولذلك كان من الضروري دراسة وتقييم مياه الينابيع بالمنطقة. مما يساهم في المساعدة في التقييم الأمثل للحاضر والمحافظة على مياه الينابيع.

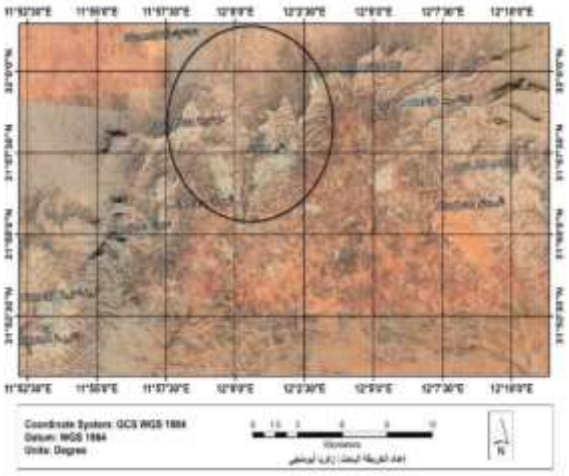
3. الهدف من الدراسة

يهدف هذا البحث إلى تقييم جودة المياه لبعض الينابيع المائية المنتشرة بمدينة جادو الواقعة في نطاق جبل نفوسة ووضع سياسة مائية رشيدة لإدارة هذا المورد والمحافظة عليها واستدامتها لتحقيق متطلبات التنمية في المنطقة إذ لا تنمية بدون مياه سواء كانت تنمية اقتصادية، زراعية، صناعية.

4. منطقة البحث

1.4 الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة

تقع مدينة جادو جغرافياً في جنوب سهل الجفارة تقع على سفوح جبل نفوسة، وأقرب المدن لها من ناحية الجنوب الغربي مدينة الرحيبات ومن ناحية الجنوب الشرقي مدينة الرجبان وتبعد عن مدينة طرابلس 190 كيلومتر جنوباً وتقع جغرافيا في الشمال الغربي من الأراضي الليبية عند تقاطع خط طول 12° 1′ 14.60″ شرقاً وخط العرض 31° 57′ 27.81″ شمالاً الشكل.1.



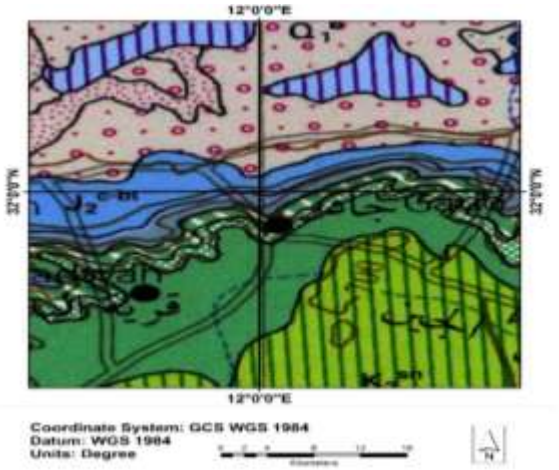
شكل. 1. منطقة الدراسة "مدينة جادو"

2.4. وصف الجيولوجي لمنطقة الدراسة

تقع مدينة جادو في منتصف أهم المظاهر الجيولوجية وهي جبل نفوسة في شمال غرب ليبيا حيث يمتد على شكل قوس من مدينة قابس في دولة تونس غرباً إلى مدينة الخمس في ليبيا شرقاً ليصل طوله إلى 500 كلم ويتراوح ارتفاعه ما بين 200-900م حيث أن جبل نفوسه يظهر عليه عدة تكشفات وتتابعات صخرية كما هو موضح بالشكل 2. وفيما يلي جدول 1. يلخص التتابعات الصخرية السطحية بمنطقة الدراسة.

جدول .1. التتابع الطبقي للوحدات الصخرية السطحية بمنطقة الدراسة [5]

العصر الجيولوجي	الوحدات الصخرية		الوصف الصخري
عصر الهولوسين	الرواسب المائية والرياحية		الغرين و الرمال
عصر البليستوسين	تكوين قصر الحاج		حصى الغرين و الرمال
الحقب الكريتاوي المتأخر	عضو معزوزة الجيري		حجر جيري متبلورمع تداخلات من الحجر الجيري الطباشيري و مارلي
	تكوين قصر تغرنة		حجرجيري وجبس و مارل
	تكوين نالوت		دولومايت و حجر جيري متدلمت
	تكوين سيدي الصيد		حجر الجيري و مارل
الحقب الكريتاوي المبكر الى الحقب الجوراوي الأوسط	عضو الرجبان الرملي	تكوين كابو	حجر رملي
	عضو الشكشوك الجيري		حجر جيري رملي
	عضو خشيم الزرزور		حجر رملي مع تداخلات من الطين



شكل .2. جيولوجية منطقة الدراسة "مدينة جادو"

2. المواد والطرق

لغرض اجراء الدراسة تم إجراء زيارة ميدانية للينابيع بمنطقة الدراسة ومن ثم اخذ عينات مائية من ثلاثة ينابيع مائية داخل بلدية جادو (عين حمد وعين تموقط وعين الزرقاء) بواسطة قنينات معقمة سعة 0.5 لتر لكل قنينة ودوّنت على كل عينة احداثيات كل ينبوع التي أخذت عن طريق جهاز تحديد المواقع جي بي اس وكذلك كتابه اسم الينبوع.

أخذت هذه العينات في نهاية منتصف شهر فبراير سنه 2023 ميلادي وخلال 72 ساعة بعد جمع العينات تم ارسال عينات المياه إلى مكتب المدينة للاستشارات والتحاليل الكيميائية وذلك لغرض تحليلها كيميائيا وتحديد تركيز العناصر الكيميائية للعينات والتي شملت على 13 عنصر كما هو في الجدول 1 المرفق في الملحق أ. لغرض تقييم مدى جوده مياه الينابيع فيما يخص استعمالها لأغراض الشرب.

3. الموارد المائية في منطقة الدراسة

بصفة عامة تعتبر الموارد المائية محدودة في ليبيا حيث تعتمد بشكل كلي على الموارد المائية الجوفية غير المتجددة وذلك نظرا لوقوعها في مناطق الأقاليم المناخية من شبه جاف إلى جاف ويمكن تصنيف الموارد المائية في منطقة الدراسة كما يلي:

1.6 . المياه السطحية

إن المياه السطحية المتمثلة في مياه الأمطار في منطقة الدراسة لا تساهم بشكل كبير في تلبية الاحتياجات المائية للمنطقة إلا بنسبة بسيطة جداً، ويرجع السبب في ذلك لقلة سقوط الأمطار وتذبذبها، حيث يقوم أهالي المنطقة بإنشاء الخزانات الأرضية خاصة بالمساكن التي تتجمع فيها مياه أسطح المنازل أثناء سقوط الأمطار، حيث تستعمل للشرب من قبل السكان. أما السدود فلا توجد أي سدود في منطقة الدراسة.

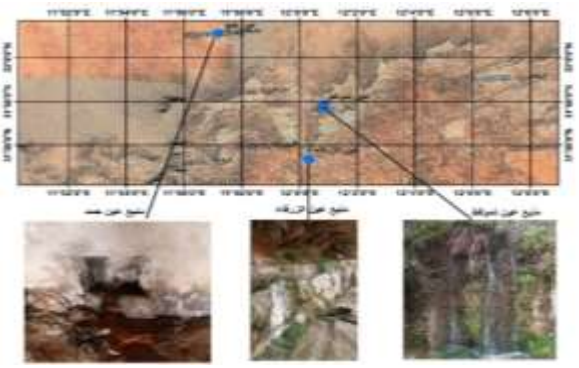
2.6. المياه الجوفية

1.2.6. مياه العيون

تنتشر عدة عيون في منطقة جبل نفوسة حيث كانت مصدرا هاما لسكان في امدادت المياه في السنوات الماضية إلا أن بسبب التغييرات المناخية وقلة التغذية للخزانات المائية الجوفية وازدياد معدل السحب من الآبار الجوفية المحفورة أدى اختفاء بعض العيون المائية وكذلك إلى انخفاض انتاجية العيون المائية وتتمثل العيون التي تم اخذ العينات منها في منطقة الدراسة في الآتي عين حمد وعين التموقط وعين الزرقاء كما هي موضحه بالشكل 3.

2.2.6. مياه الآبار

كانت منطقة الدراسة تتغذى من المياه الجوفية عن طريق آبار جوفية تم حفرها في المناطق ظهر الجبل ومن ثم يتم توصيلها ورفعها بواسطة مضخات إلى المدينة وذلك نظرا لموقع المدينة حيث تقع في المنقلب المائي بين حوضي سهل جفارة وحوض غدامس ولارتفاع التكاليف المالية لحفر آبار المياه في المنطقة وصيانتها إلا أن الدولة قد وضعت خطط مستقبلية لإيصال المياه في هذه المدينة بربطها بمياه النهر الصناعي الذي يتغذى من حوض غدامس.



شكل.3. مواقع الينابيع المائية بمنطقة الدراسة "مدينة جادو"

4. مؤشر جوده الى مياه الينابيع

يعتبر مؤشر جوده المياه هو الأداة الاكثر فاعليه لنقل معلومات نوعيه المياه بصوره مبسطه الى فئه من المستخدمين او المستهلكين حيث يقوم WQI بتحويل المعلومات الكبيرة والمعقدة من معاملات جودة المياه الى بيانات مبسطه ومنطقيه من فئات مختلفة من جوده المياه التي تعكس الحالة الكلية في جوده المياه للشرب حيث يتم حساب مؤشر جوده المياه اعتمادا على تحديد WQI معايير جوده مياه الشرب الليبية الموصي بها حيث تم اجراء حساب WQI باتباع طريقة المؤشر الحسابي الموزون[6] باستخدام المعادلة رقم (1) و الجدول 2. يوضح حالة جودة المياه WQI(WQS)وفقا

$$WQI = \frac{\sum Q_n W_n}{\sum W_n} \quad \text{.....(1)}$$

حيث يعبر:

Q_n معدل الجودة (Quality Rating)

W_n الوزن النسبي للمتغيرات

ويتم احتساب معدل الجودة Q_n باستخدام المعادلة رقم (2)

$$Q_n = 100\left[\frac{(V_n - V_i)}{(V_s - V_i)}\right] \quad \text{..... (2)}$$

حيث يعبر:

V_n القيمة الفعلية لتركيز العنصر المقاسة.

V_i القيمة المثالية للعنصر حيث تساوي صفر ماعدا قيمة pH تساوي 7.

V_s القيمة القياسية المسموح بها للعنصر طبقا للمواصفات جودة المياه.

و يتم حساب وزن الوحدة (W_n) باستخدام المعادلة رقم (3)

$$W_n = {}^{k}/_{V_s} \quad \text{..... (3)}$$

جدول.2. يبين نطاق مؤشر جودة المياه ووصف جودة المياه [6]

مؤشر جودة المياه	وصف جودة المياه
0-25	ممتازه
26-50	جيدة
51-75	رديئة
76-100	رديئة جدا
>100	غير صالحه للشرب

5. النتائج والمناقشة

1.8. نتائج التحليل الكيميائي

من نتائج التحاليل الكيميائية الحديثة لسنة 2023 ومقارناتها بالنتائج التحاليل السابقة من قبل الهيئة العامة للمياه لسنة 1972 و 1992 و [7] للعينات الينابيع المائية الثلاثة نجد أنّ هناك تباين واختلاف بين النتائج واضحاً وجليًّا وهذا التباين راجع إلى تدهور جودة المياه بهذه الينابيع المائية كما هو موضحه في الأشكال 4 و5.

شكل.4. نتائج مقارنة تحليل الكيميائي للعنصر الماغنسيوم Mg

شكل.5. نتائج مقارنة تحليل الكيميائي للتوصيل الكهربائي Ec

وبمقارنة نتائج تحليل العينات الحديثة لسنة 2023 بالمواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب رقم 82 في سنه 2013 وكما هي موضحة بالجدول 2 في ملحق أ. نجد ان نتائج التحليل لمياه الينابيع عين حمد وعين تموقط لا تندرج ضمن مواصفات مياه الشرب طبقاً للمواصفات القياسية بينما نتيجة تحليل مياه ينبوع العين الزرقاء تعتبر من المياه ضمن مقاييس المواصفات الليبية.

2.8. نتائج مؤشر جوده المياه

بعد تطبيق مؤشر جودة المياه بطريقه المؤشر الحسابي الموزون وبالاعتماد على 11 عنصراً كيميائي ة للمياه لتحديد نوعيتها ومدى صلاحيتها للشرب وطبقا لنتائج التحاليل الكيميائية مع المواصفات القياسية الليبية الموصي بها كانت العينات المأخوذة من الينابيع المائية تقع ضمن نطاق المياه الجيدة للشرب لمؤشر جوده المياه ماعدا مياه ينبوع عين حمد فهي تعتبر مياه رديئة للشرب كما هو موضح في جدول رقم 3 والشكل.6.

جدول .3. تصنيف مدى مؤشر جودة مياه الشرب في منطقة الدراسة

اسم الينبوع	عين الزرقاء	عين تموقط	عين حمد
مؤشر جودة المياه	30.9148	45.2091	71.84049
وصف جودة المياه	جيدة	جيدة	رديئة

شكل .7. تصنيف مياه الينابيع اعتمادا على مؤشر جودة المياه

6. تنمية الينابيع المائية

من خلال الزيارة الميدانية للينابيع في منطقة الدراسة تم لوحظ إن غالبية مياه هذه الينابيع تذهب هدرًا من دون إيجاد طريقة لتجميعها والاستفادة منها في ذروة الصيف حيث يقل منسوب تدفق هذه الينابيع التي تهدر ونراها واضحة للعيان حيث تضيع مياهها بين الحصى والحجارة في حين توجد بعض المناطق قريبه منها دون ماء وكذلك تعاني هذه الينابيع من الإهمال في نظافة احواض تجميع المياه كما هي موضحه في الشكل 7.

فيجب على البلديات والجهات المعنية بذلك أن تستغل مياه هذه الينابيع في بناء خزانات تجميع تلك المياه الضائعة ولتكون في خدمة ابناء تلك المناطق وغالبية هذه القرى تفتقر إلى تمديدات المياه التابعة للدولة.

شكل .7. تلوث منابع الينابيع بالنفايات وعدم الاهتمام بها

7. الاستنتاجات

أجريت الدراسة الحالية لتقييم جودة مياه الينابيع بناءً على العديد من المعايير الفيزيائية والكيميائية بناءً على المعاملات الفردية، وجد أن عينات مياه الينابيع غير مناسبة لأغراض الشرب اعتمادا على المواصفات القياسية الليبية رقم 82 لسنة 1992، باستثناء عينات مياه عين الزرقاء حيث كانت ضمن الحدود المسموح بها للمواصفات الليبية والتي تشير إلى أن المياه صالحة للشرب دون مزيد من المعالجة.

تشير نتائج المقارنة بين عناصر التحاليل الكيميائية للينابيع الثلاثة في سنة 1992 وسنة 2023إلى زيادة قيم بعض العناصر الكيميائية مما أدى إلى زيادة في قيم التوصيل الكهربائي.

كما أظهرت نتائج مؤشر جودة المياه WQIأنه من خلال تضمين جميع المتغيرات الفيزيائية والكيميائية، تم تصنيف عينات مياه الينابيع عين تموقط وعين الزرقاء على أنها "جيدة" بينما عينات عين حمد صنفت على أنها "رديئة".

8. التوصيات

نوصي بإجراء معالجة بيولوجية للمياه الينابيع المتجمعة وذلك بسبب الملوثات من البيئة المحيطة المتسخة وغير النظيفة. وهذا يدل على أن الماء غير صالح للشرب من الناحية البيولوجية. لذلك توصي الورقة بتوفير المعالجة البيولوجية أو البكتريولوجية للينابيع الثلاثة قبل الاستهلاك.

يجب الحفاظ على البيئة المحيطة نظيفة لتجنب التلوث من الأوساخ حول الينابيع.

يجب توفير مراقبة مستمرة لتحديد أي تغيير في مستوى التلوث في المصادر.

نوصي بتفعيل عمل المؤسسات ذات العلاقة بالمياه والبلديات في معالجة مشاكل هذه الينابيع أينما وجدت ومهما كانت طبيعة تدفقها من خلال بناء خزانات والاهتمام بها للاستفادة من مياهها في فترات شح المياه.

9. المراجع

[1] H. A. Ameen ،"Spring water quality assessment using water quality index in villages of Barwari Bala, Duhok, Kurdistan Region, Iraq "،*Applied Water Science* ،p. 8 .2019 ،

[2] A. K. Mishra و V. P. Singh ،"A review of drought concepts. Journal of hydrology "،*Journal of hydrology* ،pp. 202-216 .2010 ،

[3] J. Faniran ،F. Ngceba ،R. BhatC. Oche ،"An assessment of the water quality of the Isinuka springs in the Transkei region of the Eastern Cape "،*Republic of South Africa. Water SA* ،pp. 241-250 .2001 ،

[4] الهيئة العامة للمياه، "الوضع المائي في ليبيا،" طرابلس، 2006.

[5] مركز البحوث الصناعية، كتيب التفسيري لخريطة ليبيا الجيولوجية لوحة مزدة 1:250000، ليبيا - طرابلس، 1977.

[6] R. BROWN ،N. MCCLELLAN ،R. DEININGER وR. TOZER ،"A water quality index—do we dare "،؟*Water Sew Works* ،117 رقم ،pp. 339-343 ، .1972

[7] رشيد الفطيسي، عبدالله سالم و عياد السائح، "العيون و الينابيع بمنطقة جبل الغربي،" أرشيف الهيئة العامة للمياه، طرابلس، 1992.

[8] المركز الوطني للمواصفات و المعايير القياسية، مواصفات القياسية رقم 82، طرابلس ليبيا: المركز الوطني للمواصفات، 2013.