

تقييم تلوث المياه بالمعادن الثقيلة في مياه العيون بمنطقة القبة وضواحيها، شمال شرق ليبيا

Assessment of Heavy Metal Contamination in Spring Water in the Al Qubah Area and its Surroundings, Northeastern Libya

عبدالقادر محمد صالح بوجديدة

عبدالقادر سعيد محمد اخنيفر

Abdul Qader Mohammed Saleh Bojadeda

Abdelkader Saeed Mohamed Akhneifer

جامعة عمر المختار قسم الهندسة الزراعية البيضاء

الأكاديمية الليبية للدراسات العليا فرع الجبل الأخضر

Abdulqadersaed7@gmail.com

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم جودة مياه العيون والينابيع في منطقة القبة وضواحيها شرق ليبيا، لما لها من أهمية كمصدر أساسي لمياه الشرب والاستخدامات المنزلية والزراعية. شملت الدراسة سبع عيون رئيسية، تم جمع عينات المياه منها خلال موسم الصيف والشتاء لعام 2023-2024. ركزت التحاليل على قياس تراكيز بعض المعادن الثقيلة (الحديد، الزنك، الرصاص، الكاديوم) باستخدام تقنيات التحليل الطيفي، بالإضافة إلى إجراء التحليل الإحصائي للكشف عن الفروقات الموسمية والمكانية.

أظهرت النتائج أن عنصر الحديد تجاوز الحد المسموح به في بعض العينات خلال فصل الصيف، بينما سجل الزنك تراكيز ضمن الحدود المسموح بها ولكنها كانت أعلى في الشتاء. كما لوحظت تجاوزات ملحوظة في تراكيز الرصاص والكاديوم، خاصة خلال فصل الصيف، مما يشير إلى احتمالية وجود مصادر تلوث صناعية أو زراعية. كشفت التحاليل الإحصائية عن وجود فروق معنوية ذات دلالة إحصائية بين الموسمين بالنسبة لبعض العناصر المدروسة.

تؤكد هذه النتائج الحاجة إلى إجراءات رقابية مستمرة، وتحسين ممارسات إدارة المياه في المنطقة، بهدف حماية الصحة العامة وضمان استدامة موارد المياه العذبة.

الكلمات المفتاحية: جودة المياه ؛ العيون والينابيع؛ المعادن الثقيلة؛ الكاديوم (Cd)؛ الرصاص (Pb)؛ الزنك (Zn)؛ الحديد (Fe)؛ التغيرات الموسمية؛ التحليل الإحصائي؛ منطقة القبة – ليبيا؛ المياه الجوفية الكارستية؛ منظمة الصحة العالمية (WHO).

Abstract

This study aims to evaluate the water quality of springs and surface groundwater sources in the Al Qubah region and its surroundings in eastern Libya, given their significance as a primary source of drinking, domestic, and agricultural water. The study covered seven main springs, with water samples collected during the summer and winter seasons of 2023–2024. The analysis focused on measuring the concentrations of selected heavy metals (iron, zinc, lead, cadmium) using spectrometric techniques, alongside statistical analysis to identify seasonal and spatial variations.

The results indicated that iron concentrations exceeded the permissible limit in some samples during the summer season, while zinc remained within acceptable levels but showed higher concentrations in winter. Significant exceedances of lead and cadmium were also observed, particularly in summer, suggesting potential contamination from industrial or agricultural sources. Statistical analysis revealed significant seasonal differences in the concentrations of some studied elements.

These findings underscore the need for continuous monitoring and improved water management practices in the region to protect public health and ensure the sustainability of freshwater resources.

Keywords: Water quality; springs and groundwater; heavy metals; cadmium (Cd); lead (Pb); zinc (Zn); iron (Fe); seasonal variation; statistical analysis; Al Qubah – Libya; karst aquifers; World Health Organization (WHO)

المقدمة:

الماء عنصر أساسي وجوهري في تأسيس المدن والبلديات والقرى والمناطق الزراعية نظراً لارتباطه الوثيق بتقدم الحضاري والتكنولوجيا المرتبطة بالمياه كما نجد ان هناك العديد من مصادر المياه مثل المياه الجوفية والمياه السطحية مثل الأنهار والبحيرات والبحار والمحيطات والينابيع خيري اغويل (2020). يعتمد الوجود البشري بشكل رئيسي على امدادات المياه العذبة التي تقل عن 1% من المياه المتوفرة على وجه الأرض. تعد جودة المياه مهمة



للصحة والتنمية الاقتصادية ويختلف التركيب الكيميائي للمياه باختلاف المواسم والتأثيرات البشرية والعمليات الطبيعية يتم الحصول على مياه الشرب بشكل عام من المياه السطحية مثل البحيرات والانهار، والمياه الجوفية مثل الينابيع ومياه الابار. إذ تُعد الينابيع مخرجات طبيعية لتدفق المياه الجوفية من الصخور أو التربة إلى سطح الأرض أو إلى مجرى مائي. وتعتبر الينابيع اهم مصدر للمياه لسكان منطقة الجبل الأخضر. توجد في كل مكان تقريبا بالقرب من أماكن التي يعيش فيها الناس ويسعون للحصول على أفضل مياه الينابيع عالية الجودة للشرب والاعراض المنزلية الأخرى. في الوقت الحاضر تسمح التقنيات الحديثة ببناء ابار عميقة ومع ذلك تظل الينابيع مصدراً مهماً يمكن الوصول إليه بسهولة، وغالباً ما توفر مياهًا نظيفة وآمنة للشرب، وذلك وفقاً للخصائص الجيولوجية والطبوغرافية لمنطقة التغذية، مثل الغطاء السطحي ونفاذية

التربة وانحدار الأرض وهيكل التربة وبالتالي فان مياه الينابيع امنة بشكل عام للاستهلاك البشري طارق عبد العزيز واخرون. (2022). تحتوي الصخور والتربة على نسب متفاوتة من الايونات التي تؤثر على جودة حذاه المياه حمدي مفتاح واخرون. (2024). فأصبحت المياه الموجودة تحت الأرض في فراغات او فجوات في الرواسب ويتم استخراجها للاستهلاك البشري من طبقات المياه الجوفية فالماء ضروري لبقاء جميع الكائنات الحيه بما في ذلك البشر والنباتات والحيوانات والاشياء الصغيرة جدا بحيث لا يمكن رؤيتها والتي يمكن ان تسبب اثارا ضارة حتى عند التركيز المنخفضة من الحديد **Fe**، وما الى ذلك تم تحديد المخلفات الصناعية والزراعية والمنزلية وغيرها من المصادر الطبيعية. يمكن فحص جودة المياه ومدى ملائمتها لأغراض الشرب من خلال مؤشر جودتها **عبدالحسين عبدالكريم واخرون. (2017)**. يعتمد تقييم جودة المياه في الغالب على التحليل الهيدروكيميائي الذي نشرته منظمة الصحة العالمية للمبادئ التوجيهية لمياه الشرب لحماية الصحة العامة. بالإضافة الى ذلك تتأثر جودة المياه بشكل أساسي بالتلوث من مصادر مختلفة مما يؤدي الى تغيير التركيب الكيميائي للمياه في ليبيا **حسن إسماعيل واخرون. (2022)**. قد ينتج الربيع عن الكارست التضاريس حيث تسلت المياه السطحية الى سطح الأرض، فاصبحت جزء من المياه الجوفية في المنطقة التي تنتقل عبر شبكة من الشقوق وفتحات الكهوف الكبيرة. تتقلب مياه الينابيع موسمياً وتعتمد بشكل أساسي على أنماط هطول الامطار في منطقة إعادة الشحن والاختلاف في كمية مياه الامطار القادرة على التسلل الأرض **عادل عبدالعظيم واخرون. (2022)**. تتأثر المناطق الجبلية بشكل خاص بالتغيرات الموسمية في الطلب على المياه وتوافرها. وخاصة فترة الشتاء التي تعتبر بالغة الأهمية من وجهة نظر تشغيلية، حيث تتميز بارتفاع الطلب على المياه بسبب السياحة وانخفاض توافر المياه بسبب التخزين الزمني لهطول الأمطار على شكل ثلوج وجليد. وبالتالي فإن التعريف الواضح لفترتي الصيف والشتاء يشكل شرطاً أساسياً لإدارة موارد المياه في المناطق الجبلية. **Vanham. D. et al. (2008)**. لعبت مياه الينابيع هذه دوراً أساسياً واستراتيجياً في تزويد المدن بمياه الشرب. وحتى يومنا هذا، يستخدم كل من السكان المحليين والسياح المياه الذين يحرصون على جودتها.

تحتوي طبقات المياه الجوفية الكارستية على خزانات كبيرة من المياه الجوفية عالية الجودة وتوفر حوالي 25-30% من المياه المتاحة للاستخدام البشري في جميع أنحاء العالم تعتبر الينابيع نقاط مراقبة تفضيلية لطبقات المياه الجوفية الكارستية والتي يصعب للغاية نمذجتها

وحمايتها من التلوث بسبب التوزيع غير متجانس للنفاذية . وفي كثير من الأحيان يطفو الجزء الأكبر من المياه الجوفية الى السطح من خلال نبع واحد او مجموعة صغيرة من الينابيع . يعد نظام التصريف وجودة المياه وتقلب المعلومات بعد هطول الامطار مؤشرات على حالة طبقة المياه الجوفية الكارستية موقعا مثاليا للقياس والتحليل لدراسة النظام الكارستي بأكمله (Capraro , F et al. (2011).

و بسبب العوامل الطبيعية والبشرية تتعرض الينابيع لتهديد كبير، وفي جميع أنحاء العالم تركت الينابيع في حالة نقص في البيانات ولم تكتسب اهتماما كبيرا نسبيا مقارنة بانظمة أخرى مثل الأتجار والجداول والبحيرات والأراضي الرطبة . فهميم النساء واخرون . (2024) . تعد مياه الينابيع في المناطق المرتفعة المصدر الرئيسي للشرب والاستخدام المنزلي وبالتالي فان مراقبة جودة مياه الينابيع امر حيوي للغاية للإنسان والبيئة، ومن المعتقد على النطاق واسع ان جودة مياه الينابيع تعتبر جيدة ومع ذلك من الأهمية بمكان الاعتراف بالتهديدات البشرية وتغير المناخ والتلوث البيئي في المناطق المرتفعة يمكن ان يكون للافعال البشرية مثل الأنشطة الترفيهية والسياحة في المناطق المرتفعة اثار سلبية على كيمياء مياه الينابيع ويؤدي تغير المناخ مع أنماط هطول الامطار المتغيرة الى تغيير التوازن الهيدرولوجي الذي يدعم هذه الينابيع محسن جلال واخرون . (2024).

من هذا المنطلق، تُبرز الدراسات العلمية الحاجة إلى تقييم شامل ومستمر لمصادر مياه الينابيع، بهدف حماية الصحة العامة وضمان استدامة هذا المورد الحيوي. ويُعدّ هذا التقييم أداة فعالة لرصد المتغيرات البيئية وتوجيه سياسات الإدارة المائية نحو الاستخدام الآمن والمستدام.

مشكلة البحث:

تُعدّ ظاهرة تلوث مياه العيون والينابيع من القضايا البيئية البارزة التي تواجهها مناطق مدينة القبة وضواحيها، وذلك نتيجة للزيادة السكانية المتسارعة والتوسع العمراني غير المخطط، وما يصاحبه من تنوع واتساع في الأنشطة البشرية. وقد أدى هذا التوسع إلى تنامي الطلب على المياه، وازدياد كميات المياه العادمة الناتجة عن الاستخدامات المنزلية والزراعية والصناعية، والتي غالباً ما تُصرف دون معالجة كافية، مما يسبب تسربها إلى الطبقات الجوفية عبر الشقوق والفوالق الجيولوجية، وبالتالي تدهور نوعية مياه العيون والينابيع المغذية للسكان.

كما أن الاستخدام المفرط للأسمدة الكيميائية، ولا سيما النيتروجينية والفوسفاتية، والمبيدات الزراعية في المناطق المحيطة بمصادر المياه، إلى جانب الاعتماد المكثف على مياه الري، أدى إلى تراكم الملوثات الكيميائية مثل، الكلوريدات، وبعض المعادن الثقيلة في المياه. وتُعدّ هذه الملوثات من أبرز العوامل التي تضعف صلاحية المياه للاستخدامات المنزلية والزراعية، وتهدد الصحة العامة والأنظمة البيئية.

بناءً على ما سبق، تبرز الحاجة الضرورية إلى إجراء دراسة علمية ميدانية متخصصة تهدف إلى تقييم جودة مياه العيون والينابيع في منطقة القبة وضواحيها، وتحديد العوامل المؤثرة في تدهور نوعيتها، مع تقديم توصيات عملية وواقعية للمعالجة وضمان استدامة هذه الموارد المائية الحيوية.

أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم جودة مياه العيون والينابيع في مدينة القبة وضواحيها، وذلك من خلال تحقيق الأهداف الآتية:

1. تحليل الخصائص الكيميائية لمياه العيون والينابيع، وتقييم مدى مطابقتها للمعايير القياسية المعتمدة محلياً (المواصفة الليبية) ودولياً (منظمة الصحة العالمية) لمياه الشرب والاستخدامات الأخرى.
2. رصد وتحديد مؤشرات التلوث في مصادر المياه الجوفية السطحية (العيون والينابيع)، والكشف عن طبيعة ومدى انتشار الملوثات المحتملة، سواء كانت كيميائية .
3. . التحقق من مدى سلامة المياه ومدى ملاءمتها للاستخدامات المختلفة (الشرب، الزراعة، الاستعمال المنزلي)، بناءً على الإرشادات المعتمدة من منظمة الصحة العالمية، وتقديم توصيات علمية تساهم في الإدارة المستدامة لهذه الموارد المائية.

أهمية الدراسة:

تعدّ المياه العيون والينابيع من أهم الموارد الطبيعية التي يعتمد عليها السكان في مدينة القبة وضواحيها، سواء للاستخدامات المنزلية أو الزراعية. ومع تزايد الضغوط البيئية والأنشطة البشرية غير المنظمة حول هذه المصادر، تبرز الحاجة الملحة إلى تقييم دقيق لجودة هذه المياه لضمان صلاحيتها للاستهلاك الآدمي والحفاظ على الصحة العامة.

والمتماثلة في عدة نقاط:

1. سد النقص في الدراسات المحلية:

تساهم هذه الدراسة في إثراء المعرفة العلمية حول جودة مياه العيون والينابيع في منطقة القبة، خاصة في ظل محدودية الدراسات السابقة التي تناولت هذا الموضوع في المنطقة.

2. تقييم شامل لعناصر جودة المياه:

تقدم الدراسة تقييماً علمياً دقيقاً يشمل التحليل الكيميائي خاصة التركيز على المعادن الثقيلة التي قد تمثل مخاطر صحية في حال تجاوزها للحدود المسموح بها.

3. توضيح التأثيرات الموسمية:

تسلط الدراسة الضوء على التغيرات الموسمية التي قد تطرأ على جودة المياه بين فصلي الصيف والشتاء، مما يساهم في فهم ديناميكية هذه المصادر الطبيعية بشكل أفضل.

الدراسات السابقة:

درسى عمر علي الخشمان، (2008) تقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لعينات مياه الينابيع في منطقة الشوبك في جنوب الأردن. تم جمع العينات من شهر أيار 2004 إلى شهر أيار 2005. تم تحليل جميع العينات من حيث المعادن النزرة (Cd^{+2} ، Zn^{+2} ، Pb^{+2} ، Fe^{+2}). اظهرت النتائج الى ان المعادن النزرة في مياه ينابيع منطقة الشوبك لا تشكل أي مشاكل صحية او بيئية. وقد تم استخدام تحليل عوامل المساهمين في جودة المياه أحدهما من الأنشطة البشرية والثاني من العمليات الطبيعية.

اكتشف أحمد النعيم، 2008 تحديد العمليات تركيز المعادن في مياه الينابيع لتقييم مدى ملاءمتها للري وغيرها من الأغراض والنهج: تم جمع اجمالي 10 عينات مياه من عين أم صباح في أوقات مختلفة ومن مواقع مختلفة من حوض النبع تم تحديد المعادن النزرة.. كان

تركيز جميع المعادن الثقيلة المقدرة ضمن الحدود المسموح بها لاستخدامها كماء شرب واغراض أخرى وفقا لمنظمة الصحة العالمية .. فلا يمكن استخدامها لأغراض الشرب دون معالجة مسبقة .

اشارو (2024). *Driss Hammoumi et al* الى دراسة تحاليل الاختلافات الموسمية في جودة المياه السطحية لقناة الناظور في المغرب، باستخدام مؤشر جودة المياه وتحليل المكونات الرئيسية . تم تحليل عينات المياه السطحية من 22 موقعا على طول القناة للكشف عن المعايير المعادن الثقيلة . كشف النتائج عن اختلافات موسمية كبيرة، مع انخفاض جودة المياه في اشهر الصيف . بينما تحسنت جودتها في الشتاء بشكل عام . كان نوع المياه السائد في الصيف كلوريد الصوديوم بينما كان النوع المختلط في الشتاء هو بيكربونات الكالسيوم والصوديوم. مما يصنف المياه على انها غير صالحة للشرب ولكنها مناسبة للري على مدار السنة . كما أظهرت نتائج تحليل المكونات الرئيسية وجود اختلافات موسمية كبيرة في جودة المياه، في كل من الصيف والشتاء حيث في فصل الشتاء تصبح المعادن النزرة والمغذيات التي تشير الى تلوث الناتج عن جريان السطحي الصناعي والزراعي . بشكل خاص تتأثر هذه الاختلافات بأمطار الامطار والجريان السطحي الزراعي مما يؤكد على حاجة ممارسات مكثفة لإدارة المياه للحفاظ على صحة المحاصيل والتربة .

اكتشف محمد بلال واخرون، (2013) عن المعادن الثقيلة هي معادن سامة لها كثافة أكبر بخمس مرات من كثافة الماء. اذ انها سامة لجميع الكائنات الحية. تدخل المعادن الثقيلة الى جسم الانسان من خلال طرق مختلفة مثل الابتلاع والامتصاص وما الى ذلك تصح ضارة عندما يكون تراكمها اكبر من معدل افرازها تتراكم المعادن الثقيلة تدريجيا في الجسم على مدى فترة طويلة وتكون سامة يعد تلوث المعادن الثقيلة مشكلة رئيسية في البيئة والمن المتوسطة الحجم بسبب الأنشطة البشرية تحتوي مياه الصرف على معادن ثقيلة وعندما يتم تطبيقها على المحاصيل يمكن ان تسبب تهديدا للتربة والنباتات التي تنمو فيها التربة. ولهذا المعادن الثقيلة تأثيرات شديدة على النباتات والحيوانات والبشر وفي النهاية على البيئة.

كما وجدو في السورية حسن جبرين واخرون، (2015) تحديد الخصائص الهيدروكيميائية لمياه الينابيع في حوض سوريك لتحديد الملوثات في الينابيع كانت تركيزات الايونات ضمن حدود منظمة الصحة العالمية المسموح بها باستثناء نبعين يقعان في وسط المناطق المأهولة بالسكان معظم مياه الينابيع ملوثة بالبكتيريا القولونية البرازية والكلية. تظهر الينابيع في منطقة الدراسة تركيزات اعلى من المعادن الثقيلة (الزنك - الكاديوم - الرصاص - الحديد) تتجاوز المعايير المسموح بها من قبل منظمة الصحة العالمية 2007. وتصنف بان المياه قلووية مع انتشار البيكربونات والكلوريد في كلا الموسمين . لذلك تعتبر جودة مياه الينابيع غير صالحة لأغراض الشرب.

(2019). *Mahipal Singh Sankhla et al.* اكتشفو مستويات تلوث الزنك في العديد من المصادر المياه الجوفية ومياه الأنهار والصنبور والبحيرات وما الى ذلك . من المحتمل ان يكون الزنك ساما وينتقل الى البيئة القريبة عبر مسارات مختلفة من بين أنشطة التعدين . تعد ملوثات مكبات النفايات واحدة من أكثر المجموعات خطورة نظرا لطبيعتها المحددة وميلها وسميتها للتجمع الكائنات الحية وزيادة السلسلة الغذائية والاهم من ذلك انها غير قابلة لتحلل . تركيزات الزنك الموجودة في الماء اعلى من الحد المسموح به وفقا للمواصفات المنظمة الصحة العالمية مما يعطي مؤشرا على المخاطر الخطيرة على صحة الانسان .

(2023). *Weigang Liang et al.* درسى تركيزات الرصاص للمياه السطحية في 13 حوضا رئيسيا و31 للنهر . في منطقة إدارية في الصين . تم اشتقاق جودة المياه طويلة الاجل للرصاص في جودة المياه السطحية في الصين باستخدام طريقة توزيع حساسية الأنواع والتي كانت $mg/12.1$. أظهرت النتائج وجود خطر واضح لتلوث الرصاص في حوض نهر اللؤلؤ وانهار تشجيانغ - فوجيان . وكانت المقاطعات الساحلية الجنوبية عند مستوى خطر غير مقبول .

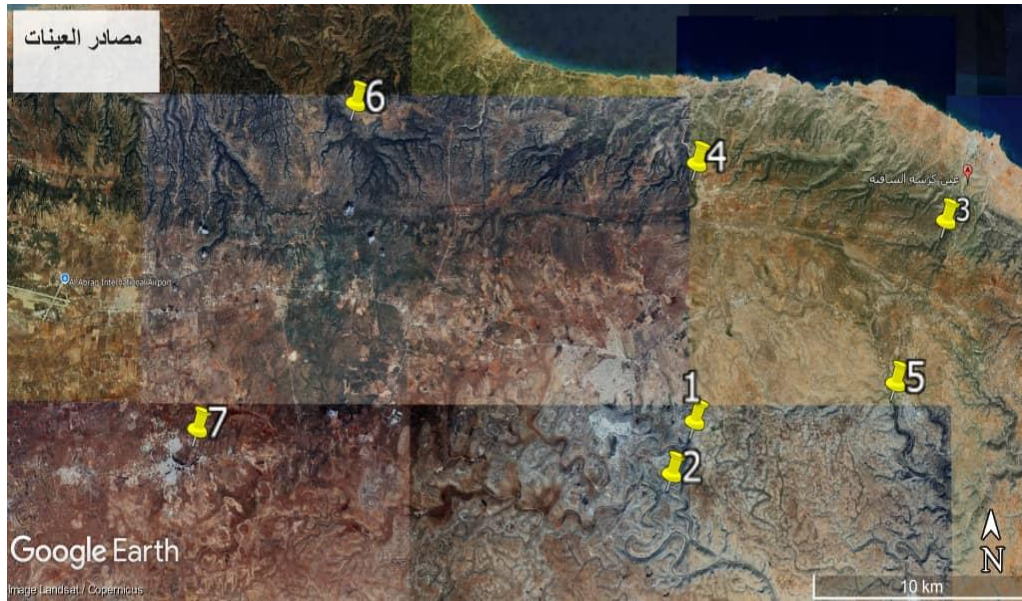
المواد والطريقة

3-1 منطقة الدراسة

اجريت هذه الدراسة في مدينة القبة وضواحيها تحت نطاق الجبل الأخضر شرق ليبيا. حيث اشتملت منطقة الدراسة على مجموعة من العيون والينابيع الطبيعية التي تُعدّ مصدراً هاماً لمياه الشرب والاستخدامات المنزلية والزراعية في تلك المناطق المدروسة المتماثلة في سبعة عيون وهي (عين طيبة لاسم، عين مقه، عين كرسة عين الدبوسية، عين شعيب، عين استوة، عين القيقب) . تمت عملية جمع العينات خلال الموسمين: الصيف (يوليو - أغسطس) والشتاء (يناير - فبراير) من العام 2023-2024، وذلك لتحديد التغيرات الموسمية في بعض خصائص الكيمائية. والشكل رقم (1) يبين مواقع مصادر العيون.

جدول رقم (1) احداثيات كل العيون باستخدام نظام مستعرض ماركنتور العالمي

الإحداثيات (نظام مستعرض ماركنتور العالمي) UTM		المصدر	ر.ت
شمالاً	شرقاً		
3622763.00	619861.00	عين طيبة الأسم	1
3620566.00	618820.00	عين مقبة	2
3631303.00	631491.00	عين كرسة	3
3633549.00	619864.00	عين الدوسية	4
3624471.00	629164.00	عين شعيب	5
3635868.00	603913.00	عين أستوة	6
3622115.00	596832.00	عين القيقب	7



الشكل (1) مواقع العيون والينابيع

3-2 جمع العينات

تم جمع عينات مياه من 7 العيون والينابيع المختارة باستخدام زجاجات بلاستيكية نظيفة سعتها 1.5 لتر بعد شطفها ثلاث مرات بمياه المصدر نفسه لضمان دقة النتائج. وتم جمع عينتين من كل موقع خلال كل موسم ليصبح العدد الإجمالي (28 عينة). وتسجيل درجة الحرارة في المواقع باستخدام مقياس حرارة ميداني . كما تم ترقيم العينات (1,2,3,4,5,6,7) وتسجيل إحداثيات كل موقع مباشرة . نقلت العينات إلى المختبر في

3-5-3 . اختبار الفروق بين العيون: تم استخدام تحليل التباين الأحادي (One-Way ANOVA) لدراسة الفروقات بين نتائج العيون والينابيع المختلفة وتحديد ما إذا كانت هناك اختلافات معنوية في الخصائص الكيميائية والفيزيائية للمياه بين المواقع المختلفة.

3-5-4 اختبار الارتباط (Pearson Correlation): تم استخدام تحليل معامل الارتباط بيرسون (Pearson's Correlation) لتحديد العلاقة بين المتغيرات المدروسة مثل العلاقة بين درجة التوصيل الكهربائي (EC) والمواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)، والعلاقة بين الصلابة الكلية وتركيز الكالسيوم والمغنيسيوم.

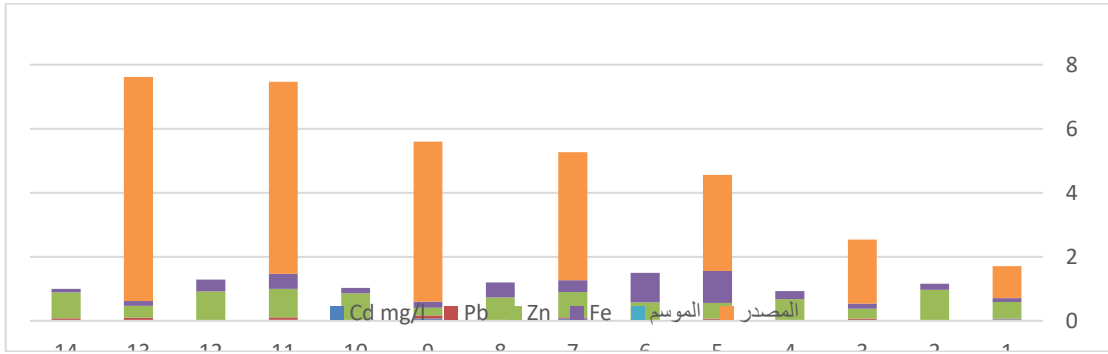
3-5-5 مستوى الدلالة: تم اعتماد مستوى دلالة ($P \leq 0.05$) كمستوى للقبول أو الرفض في جميع الاختبارات الإحصائية المستخدمة.

النتائج والمناقشة:

تبين لنا من خلال فحص واجراء تحليل نتائج باستخدام برنامج التحليل الاحصائي للمعادن الثقيلة للعيون السبعة الواقعة في تلك المنطقة وهذا الجدول يبين لنا التفاصيل

جدول رقم (3) التباين الموسمي في تراكيز المعادن الثقيلة في مياه الينابيع خلال فصلي الصيف والشتاء

المصدر	الموسم	Fe	Zn	Pb	Cd
		mg/l			
1	الصيف	0.128	0.512	0.022	0.051
	الشتاء	0.190	0.942	0.021	0.001
2	الصيف	0.156	0.318	0.054	0.010
	الشتاء	0.249	0.663	0.016	0.001
3	الصيف	0.998	0.484	0.045	0.027
	الشتاء	0.921	0.571	0.0020	0.001
4	الصيف	0.372	0.787	0.042	0.069
	الشتاء	0.461	0.722	0.010	0.001
5	الصيف	0.188	0.240	0.102	0.068
	الشتاء	0.166	0.842	0.015	0.001
6	الصيف	0.471	0.893	0.073	0.033
	الشتاء	0.375	0.894	0.020	0.001
7	الصيف	0.146	0.373	0.076	0.0223
	الشتاء	0.112	0.810	0.08	0.001
المواصفات العالمية لمياه الشرب		0.3	3.0	0.01	0.003
Pv		**	**	*	*



شكل (2) التباين الموسمي في تراكيز المعادن الثقيلة في مياه الينابيع خلال فصلي الصيف والشتاء

عنصر الحديد Fe^{+2} ():

وفقاً لتوصيات منظمة الصحة العالمية (WHO)، فإن الحد المسموح به لتركيز الحديد في مياه الشرب هو **0.3 mg/l**، وتجاوزه قد يؤدي إلى تأثيرات صحية ضارة. أظهرت نتائج التحليل في الجدول رقم (3) أن تراكيز الحديد تراوحت بين **0.112** و **0.998 mg/l**، حيث سُجل أعلى تركيز في فصل الصيف بالمصدر رقم (4)، وأدنى تركيز في فصل الشتاء بالمصدر رقم (7). يعود ارتفاع تركيز الحديد في الصيف إلى زيادة معدلات التجوية الطبيعية للصخور وتآكل أنابيب المياه، وهو ما يتوافق مع ما توصل إليه **علي وآخرون (2019)**، الذين أشاروا إلى أن تراكم أكاسيد الحديد في التربة ساهم في تجاوز الحدود المسموح بها في مياه الآبار في المناطق الريفية في باكستان. كما أظهر التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي بين الموسمين .

عنصر الزنك Zn^{+2} ():

يُعد الزنك عنصراً ضرورياً للكائنات الحية، إلا أن تراكيزه العالية قد تكون ضارة بالصحة. أظهرت النتائج في الجدول رقم (3) أن تراكيز الزنك تراوحت بين **0.24** و **0.942 mg/l**، حيث سُجل أعلى تركيز في فصل الشتاء بالمصدر رقم (6) وأدنى تركيز في الصيف بالمصدر رقم (5). يمكن تفسير ارتفاع الزنك بمساهمة مخلفات الأنايب والمصادر المنزلية والصناعية، وهو ما يتفق مع **Chen et al. (2017)** الذين أوضحوا أن ارتفاع مستويات الزنك في المياه الجوفية كان مرتبطاً باستخدام أنابيب الزنك والتخلص غير السليم من النفايات الصناعية. وبالرغم من ارتفاع بعض التراكيز، إلا أنها بقيت ضمن الحدود المسموح بها وفق المواصفات العالمية (**3.0 mg/l**). كما بينت النتائج وجود فرق معنوي .

عنصر الرصاص Pb^{+2} ():

يُعد الرصاص من العناصر شديدة السمية التي تؤثر بشكل خاص على الجهاز العصبي للأطفال. الحد الأقصى المسموح به وفقاً لـ **WHO** هو **0.01 mg/l**. وقد تراوحت تراكيز الرصاص في الجدول رقم (3) بين **0.002** و **0.102 mg/l**، حيث سُجل أعلى تركيز في فصل الصيف بالمصدر رقم (5) وأدنى تركيز في فصل الشتاء

بالمصدر رقم (4). يرجع ارتفاع التراكيز إلى التلوث الصناعي وتآكل أنابيب المياه القديمة المصنوعة من الرصاص، وهو ما أكدته *Khan et al. (2020)* الذين أشاروا إلى أن تراكم الرصاص في مياه الآبار بالمناطق الحضرية يعود إلى أنابيب المياه القديمة والنفايات الصناعية. كما أظهر التحليل الإحصائي وجود فرق معنوي بين الموسمين.
عنصر الكاديوم (Cd^{+2}):

الكاديوم عنصر شديد السمية يمكن أن يسبب أمراضًا خطيرة مثل الفشل الكلوي وتلف العظام. الحد المسموح به وفقًا لمواصفات WHO هو 0.003 mg/l . وقد أظهرت نتائج التحليل أن تراكيز الكاديوم من خلال الجدول رقم (3) تراوحت بين 0.001 و 0.069 mg/l ، حيث تجاوزت بعض القيم الحد المسموح به. يعود مصدر الكاديوم إلى التربة الملوثة والنفايات الصناعية والأسمدة الفوسفاتية، وهو ما يتفق مع *Rahman et al. (2015)* الذين وجدوا أن ارتفاع تركيز الكاديوم في مياه الشرب مرتبط باستخدام المكثف للأسمدة الفوسفاتية. كما أظهر التحليل الإحصائي أن هناك فرقًا معنويًا.

جدول رقم (4) متوسط تراكيز العناصر الكيميائية التي أظهرت فروقًا معنوية في عينات المياه خلال الموسمين الصيف

والشتاء

الموسم	Zn	Pb	Cd
الصيف	0.5153	0.0591	0.04004
الشتاء	0.7777	0.02343	0.001000
Pv	*	*	**

كما أوضحت النتائج في الجدول رقم (4) أن العناصر الواردة: (الزنك، الرصاص، والكاديوم) وجود فروقًا معنوية ذات دلالة إحصائية، مما يعكس تأثير العوامل الموسمية على هذه العناصر.

1 - الزنك (Zn^{+2}):

سجلت الدراسة الحالية متوسط تركيز للزنك في الجدول رقم (4) بلغت 0.5153 mg/l في الصيف و 0.2177 mg/l في الشتاء، مع وجود فرق معنوي. هذه القيم تعتبر مرتفعة نسبيًا مقارنة بما أشار إليه *Fares et al. (2012)* في لبنان ($0.3-0.4 \text{ mg/l}$) لكنها لا تزال أقل

من الحد المسموح به حسب منظمة الصحة العالمية (3 mg/l). قد يشير انخفاض تركيز الزنك في الشتاء إلى تأثير التخفيف وزيادة المياه المتدفقة.

2- الرصاص (Pb^{+2}):

أظهرت نتائج في الجدول رقم (4) تركيز الرصاص 0.0591 mg/l في الصيف، وانخفض إلى 0.00446 mg/l في الشتاء مع وجود فرق معنوي. تعتبر هذه القيم في الصيف أعلى من الحد الأقصى المسموح به في مياه

الشرب حسب منظمة الصحة العالمية (0.01 mg/l)، مما يشير إلى احتمال وجود مصادر تلوث مثل الأنابيب المعدنية القديمة أو المخلفات الصناعية. تدعم هذه الملاحظة دراسة *Abdelrahman et al. (2018)* التي أوضحت أن تراكيز الرصاص في مياه الآبار المصرية عادةً ما تكون أقل من 0.02 mg/l .

3- الكاديوم (Cd^{+2}):

سجلت نتائج في الجدول رقم (4) ان تركيز الكاديوم 0.04004 mg/l في الصيف، وانخفض بشكل ملحوظ إلى 0.001 mg/l في الشتاء. يتجاوز التركيز الصيفي الحد الأقصى المسموح به حسب منظمة الصحة العالمية (0.003 mg/l)، مما يشير إلى وجود تلوث محتمل من مصادر صناعية أو زراعية. تتوافق هذه النتائج مع دراسة *El-Ghawi et al. (2014)* في شمال ليبيا التي سجلت تراكيز الكاديوم بين $0.001 - 0.02 \text{ mg/l}$.

الاستنتاجات والتوصيات

أولاً: الاستنتاجات

لوحظ تجاوز تركيز الحديد في بعض العينات، خصوصاً خلال فصل الصيف، ما يعكس إما تأثير التجوية الطبيعية أو تآكل الأنابيب، وفق ما أشار إليه علي وآخرون . (2019). بينما تراكيز الزنك كانت مقبولة لكنها أعلى شتاءً، وقد تعود لمصادر مثل مياه الصرف أو الأنابيب المعدنية *Chen et al. (2017)*. أما الرصاص والكاديوم، فقد تجاوزا الحد المسموح به في بعض العينات، مما يشير إلى احتمالية وجود

تلوث صناعي أو تأثير شبكات توزيع المياه القديمة *Rahman et al. (2015)* *Khan et al. (2020)*. بينت التحاليل الإحصائية وجود فروق معنوية بين موسمي الصيف والشتاء في تراكيز بعض العناصر مثل: الزنك، الرصاص، والكاديوم .

ثانياً: التوصيات

1. عين طيبة لاسم

- يُنصح بإجراء معالجة أولية مثل الغلي أو الفلترية عند الاستخدام المباشر للشرب.
- ضرورة حماية منطقة العين من الممارسات البشرية العشوائية القريبة مثل رمي النفايات.

2. عين مقّة

- إجراء تحاليل إضافية للمعادن الثقيلة في المواسم القادمة لضمان عدم تطورها لمستويات ضارة.

3. عين الدبوسية

- التوصية بتركيب لافتات تحذيرية لمنع الاستعمال المباشر أو الاستحمام داخل العين لتفادي مصادر التلوث البشري.

4. عين شعيب

- يُنصح بمعالجة المياه قبل الاستخدام المباشر خاصة خلال فصل الصيف.

- ضرورة فرض رقابة مشددة على النشاط الزراعي المحيط بالعين لتفادي تسرب الملوثات الكيميائية.

5. عين كرسية

- يُوصى بتحليل دوري للخصائص الكيميائية ومراقبة مستمرة خاصة في فصل الصيف بناءً على فروقات معنوية أكدها اختبار ANOVA.

- يُفضل إنشاء سياج حماية حول العين لتقليل التأثيرات البشرية المباشرة.

6. عين القيقب

- توعية السكان باستخدامات المياه الآمنة وحثهم على حماية العين من مصادر التلوث.

7. عين استوه

- الاستمرار في مراقبة خصائص المياه الكيميائية لضمان مطابقتها للمواصفات الصحية.
- يُوصى بتطوير نظام إدارة محلي لحماية مصادر المياه في المنطقة.

المراجع

- Abbas, A. H. A., Dawood, A. S., & Al-Hasan, Z. M. (2017).** Evaluation of groundwater quality for drinking purpose in basrahgovernorate by using application of water quality index. *Kufa Journal of Engineering*, 8(1), 65-78.
- Abdelrahman, M. A., El-Bagoury, A. H., & El-Mohandes, M. A. (2018).** Assessment of heavy metals in groundwater of some areas in Egypt. *Egyptian Journal of Chemistry*, 61(6), 1013-1024
- Ali, M., Khan, M. F., & Qureshi, M. I. (2019).** Iron contamination in groundwater and its associated health risk in rural areas of Pakistan. *Environmental Earth Sciences*, 78(6), 1-10
- Al-Khashman, O. A. (2008).** Assessment of the spring water quality in The Shoubak area, Jordan. *The Environmentalist*, 28(3), 203-215.
- Al-Khashman, O. A., Alnawafleh, H. M., Jrai, A. M. A., & Al-Muhtaseb, A. A. H. (2017).** Monitoring and assessing of spring water quality in Southwestern Basin of Jordan. *Open Journal of Modern Hydrology*, 7(4), 331-349
- Al-Naeem, A. A. (2008).** Hydrochemical processes and metal composition of Ain Umm-Sabah natural spring in Al-Hassa Oasis Eastern Province, Saudi Arabia. *Pak J Biol Sci*, 11, 244-249

- American Public Health Association. 1992.** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th. American Public Health Association, Washington, DC.
- Capraro, F., Bizzotto, A., Masiol, M., & Pavoni, B. (2011).** Chemical analyses of spring waters and factor analysis to monitor the functioning of a karstic system. The role of precipitations regimen and anthropic pressures. *Journal of Environmental Monitoring*, 13(9), 2543–2549
- Chen, Y., Zhou, D., Zhu, H., & Wang, C. (2017).** Heavy metal contamination and health risk assessment in groundwater in the vicinity of industrial sites in China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 137, 130–142
- El-Ghawi, U. M., El-Amin, R. A., & El-Ghazzawi, A. M. (2014).** Assessment of heavy metal contamination in groundwater in Al-Marj plain, Northeast Libya. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5(4), 1137–1144
- Elmanfe, G. M., Tyeb, T. A., Abdelghani, K. A., Abdulathim, A. A., Asbeeh, J. A., Muftah, H. S., & Ali, A. F. (2022).** Assessment of Groundwater Wells Pollution by Some Heavy Metals in El-Beida City-Libya. *Journal of Pure & Applied Sciences*, 21(4), 270–275
- Fares, A., Awad, A., & Younes, A. (2012).** Assessment of heavy metals pollution in water sources used for drinking in Lebanon. *Lebanese Science Journal*, 13(1), 87–97
- Hammoumi, D., Al-Aizari, H. S., Alaraidh, I. A., Okla, M. K., Assal, M. E., Al-Aizari, A. R., ... & Bejjaji, Z. (2024).** Seasonal variations and assessment of surface water quality using water quality index (WQI) and principal component analysis (PCA): a case study. *Sustainability*, 16(13), 5644
- Ighwela, K. (2020).** Relationships between Physiochemical Properties in Water of Ain Kaam and Wadi Kaam in Zliten Libya. *AlQalam Journal of Medical and Applied Sciences*, 3(2), 26–31.
- Jalali, M., Shademani, M., Paripour, M., & Jalali, M. (2024).** Assessment of water quality for mountainous high-elevated spring waters using self-organized maps. *Groundwater for Sustainable Development*, 24, 101082

- Jebreen, H., & Ghanem, M. (2015).** Spring water qualitative assessment in mountainous areas, case study: Soreq Catchment/Ramallah/West Bank. *Journal of Water Resource and Protection*, 7(11), 851–859
- Khan, M. S., Ahmad, I., & Shahid, M. (2020).** Elevated levels of lead in drinking water sources and associated health risk in urban areas. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(25), 31031–31042
- Liang, W., Wang, X., Zhang, X., Niu, L., Wang, J., Wang, X., & Zhao, X. (2023).** Water quality criteria and ecological risk assessment of lead (Pb) in China considering the total hardness of surface water: A national-scale study. *Science of The Total Environment*, 858, 159554.
- Nisa, F. U., & Umar, R. (2024).** Spring water system classifications and their methods of study: An overview of the current status and future perspectives. *Journal of Earth System Science*, 133(1), 10
- Rahman, M. A., Hasegawa, H., Rahman, M. M., Rahman, M. A., & Miah, M. A. M. (2015).** Accumulation of cadmium and its translocation from soil to leafy vegetables in Bangladesh. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 112, 116–120
- Saibi, H., Bahri, F., & Semar, A. (2013).** Hydrochemistry and bacteriology of western and Saharan spring waters of Algeria. *Arabian Journal of Geosciences*, 6, 665–677
- Sankhla, M. S., Kumar, R., & Prasad, L. (2019).** Zinc impurity in drinking water and its toxic effect on human health. *Indian Congress of Forensic Medicine & Toxicology*
- Sankhla, M. S., Kumar, R., & Prasad, L. (2019).** Zinc impurity in drinking water and its toxic effect on human health. *Indian Congress of Forensic Medicine & Toxicology*
- Tyeb, T. A., Abdulathim, A. A., Abdelghani, K. A., Elmanfe, G. M., Muftah, H. S., Asbeeh, J. A., & Hammad, S. A.** Physico-Chemical Properties of Drinking Water Available in Some Springs of Al-Jabal Al-Khader Region, Libya.
- Vanham, D., Fleischacker, E., & Rauch, W. (2008).** Seasonality in alpine water resources management—a regional assessment. *Hydrology and Earth System Sciences*, 12(1)