The North African Journal of Scientific Publishing (NAJSP)
مجلة شمال إفريقيا للنشر العلمي (NAJSP)
E-ISSN: 2959-4820
Volume 3, Issue 2, April - June 2025
Page No: 79-91
Website: https://najsp.com/index.php/home/index
SJIFactor 2024: 5.49 معامل التأثير العربي (AIF) 2024: 0.71 ISI 2024: 0.696

جودة مياه الشرب والآبار الجوفية في مدينة ترهونة

تبرة مصباح محمد[1*]، هناء العزومي عبد السلام [2*]، سعاد علي ونيس[3]، أحمد محمد مولود[4]، فادية عمار عبد السلام[5]
[1,3,4,5]قسم الكيمياء، جامعة الزيتونة، ترهونة، ليبيا
[2] قسم الكيمياء، جامعة غريان، الزاوية، ليبيا

The Quality of Drinking Water and Groundwater Wells in Tarhuna City

Tibrah Misbah Mohammed[1*], Hana Alazoumi Abdulsalam[2], Suad Ali Uneis[3], Ahmed Mohammed Mawloud [4], Fadia Amar Abdul Salam[5]
[1,3,4,5] Chemistry Department, Azzaytuna University, Tarhuna, Libya
[2]Chemistry Department, Gharyan University, Alzaawia, libya

*Corresponding author taldrhwby@gmail.com *المؤلف المراسل
تاريخ الاستلام: 2025-02-05 تاريخ القبول: 2025-04-07 تاريخ النشر: 2025-04-21

الملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم جودة مياه التحلية والآبار الجوفية في مدينة ترهونة من خلال مقارنة خصائصها الفيزيائية والكيميائية بالمواصفات الليبية القياسية. حيث تم تحليل عدد من الخواص، بما في ذلك " الأس الهيدروجيني (*pH*)، الأملاح الذائبة الكلية (*TDS*)، الموصلية الكهربية (*EC*)، تركيز بعض الايونات الموجبة مثل الصوديوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم والكالسيوم، والايونات السالبة مثل الكلوريد والنترات والكبريتات والبيكربونات، بالإضافة إلى تقدير تركيز بعض المعادن الثقيلة مثل الرصاص والكادميوم والنحاس والكروم والمنجنيز والحديد " في مياه الآبار الجوفية. أظهرت النتائج المتحصل عليها من الدراسة أن مياه التحلية تحتوي على تركيزات منخفضة جدا من الأملاح الذائبة والموصلية الكهربائية، مما يجعلها أقل من الحد المسموح به وفق المواصفات الليبية، بينما تجاوزت معظم عينات مياه الآبار الجوفية الحدود المسموح بها لهذه الخصائص. وعلى الرغم من أن الأس الهيدروجيني ومعظم المعادن الثقيلة قي مياه الآبار كانت ضمن الحدود المقبولة، إلا أن ارتفاع تركيز الكبريتات والصوديوم والنترات في بعض العينات قد يشكل خطورة على الصحة العامة. بناء على النتائج، توصي الدراسة بتوسيع نطاق جمع العينات، والحد من التلوث البيئي قرب مصادر المياه، وتحسين عمليات مراقبة جودة المياه، لاسيما في محطات التحلية الصغيرة، لضمان توفير مياه شرب آمنة وصحية.

الكلمات المفتاحية: المياه المحلاة، المياه الجوفية، جودة المياه، الخصائص الكيميائية، المعادن الثقيلة، تلوث المياه.

Aabstract

This study aims to evaluate the quality of desalinated and groundwater in Tarhuna city by comparing their physical and chemical properties with Libyan standard specifications. Several parameters were analyzed, including (pH), total dissolved solids (TDS), electrical conductivity (EC), concentrations of major cations (sodium, potassium, calcium, and magnesium), anions (chloride, sulfate, bicarbonate, and

nitrate), and heavy metals (lead, cadmium, copper, chromium, manganese, and iron) in groundwater samples. The results indicate that desalinated water had significantly lower levels of dissolved salts and electrical conductivity compared to the permissible limits, whereas most groundwater samples exceeded the standard thresholds for these properties. While the pH levels and heavy metal concentrations in groundwater samples generally met Libyan regulatory standards, elevated levels of sulfate, sodium, and nitrate in certain samples raise potential health concerns. Based on these findings, the study recommends expanding sampling coverage, reducing pollution near water sources, and improving monitoring processes, particularly in small-scale desalination plants, to ensure safe and healthy drinking water.

Keywords: Desalinated Water, Groundwater, Water Quality, Chemical Properties, Heavy Metals, Water Contamination.

مقدمة

تعد ليبيا من الدول التي تعاني أحادية المصادر المائية، حيث مثلت المياه الجوفية المصدر الوحيد تقريبا لتوفير متطلبات سكانها؛ إذ غطت ما نسبة 98% من إجمالي المياه المستغلة بالبلاد، وتستغل المياه الجوفية بليبيا في ثلاثة أوجه وهي الزراعة، الصناعة، والاستعمال الحضري حيث يستغل الاستعمال الأول أكثر من 85% من إجمالي المياه التي يتم سحبها في حين لا تتجاوز حصة الاستخدامين الثاني والثالث 15% [1-3]. وتعد تحلية المياه من التطبيقات الهندسية التي أسهمت بشكل كبير في توفير الماء الصالح للشرب. غالبا ما يحتوي الماء على كربونات، بيكربونات، كلوريدات، كبريتات، فوسفات، نترات، كالسيوم، ماغنسيوم، صوديوم، بوتاسيوم، حديد، منجنيز، وبعض المعادن، الغازات، ومواد أخرى. تصنف المياه إلى مياه عذبة عندما تحتوي على أملاح ذائبة من صفر إلى 1000ppm وتعتبر المياه من 1000ppm إلى 100000ppm قليلة الملوحة أو الاجاج تحتوي على أملاح كلية ذائبة من تصنيف مياه النهر الصناعي ضمن نطاق المياه العذبة [4-6].

أهداف البحث

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم جودة مياه التحلية والآبار الجوفية داخل مدينة ترهونة من خلال دراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية لعينات من مياه التحلية ومياه الابار الجوفية داخل المدينة وتقدير بعض العناصر الثقيلة في الآبار الجوفية.

دراسات سابقة

يُعد تغيّر المناخ من القضايا العالمية البارزة ذات التأثيرات الواسعة على النُظم البيئية والزراعة والموارد المائية في مختلف المناطق. يركّز هذا الفصل على العلاقة بين أنماط المناخ وتوازن العرض والطلب على المياه في ليبيا على مدى 60 عامًا، من عام 1961 إلى عام 2020. وتُظهر نتائج البحث وجود اتجاه واضح نحو الاحترار، لا سيما خلال الفترة من يوليو إلى أكتوبر، حيث سُجّلت زيادات ملحوظة في درجات الحرارة في عدة مواقع. كما أن الهطول المطري في ليبيا يتسم بالتذبذب، في حين تُظهر معدلات التبخر والنتح اختلافات إقليمية. وتُعد ندرة المياه مصدر قلق بالغ نظرًا لطبيعة المناخ الجاف ومحدودية مصادر المياه العذبة، في حين أن الزراعة تُعد المستهلك الرئيسي للمياه في البلاد. تُعد ممارسات الإدارة المستدامة للأراضي ضرورية في مواجهة تغيّر المناخ، إذ تسهم إزالة الغابات والتحضر بنحو 23٪ من انبعاثات غازات الدفيئة العالمية [7].

يُعد استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة أحد الموارد المائية غير التقليدية الشائعة، نظرًا لأهمية المياه في الحفاظ على البيئة وصحة الإنسان، وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة. تناولت هذه الدراسة مدى ملاءمة مياه الصرف الصحي المعالجة من حوض ساسو في مدينة مصراتة، ليبيا، لاستخدامها في الري الزراعي. تم رصد الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لمياه الصرف الصحي المعالجة من الحوض على مدار ستة أشهر، بمعدل مرتين في الشهر، ومقارنتها بالمعايير الليبية، ومنظمة الأغذية والزراعة (FAO)، ومنظمة الصحة العالمية (WHO)، ووكالة حماية البيئة الأمريكية (USEPA)،

ومختبر خدمة التربة الأمريكية (USSL). أظهرت مؤشرات الجودة لمياه الصرف الصحي المعالجة قيمًا أعلى من الحدود المقبولة في المعايير الوطنية والدولية، مما يجعل استخدامها في الري الزراعي غير موصى به. وعليه، يجب إعادة تأهيل محطة معالجة مياه الصرف الصحي في السيكت وتقييم أدائها بشكل دوري قبل التفكير في استخدام المياه المعالجة للري. ونقترح اعتماد طرق معالجة ثانوية مثل الأراضي الرطبة الاصطناعية لتحسين جودة المياه المعالجة في محطة السيكت [8].

توفر هذه الدراسة [9] تحليلاً لإمكانات المياه الجوفية في الطبقات الصخرية الصلبة في خمس مناطق دراسية متنوعة في إفريقيا، وهي: حوض بحيرة تانا وحوض بيليس في شمال غرب إثيوبيا، وجبل ميرو في شمال تنزانيا (وتتضمن هذه المناطق خزانات جوفية بركانية)، بالإضافة إلى منطقة ميكيلي في شمال إثيوبيا وسهل الجفارة في ليبيا (اللذان يحتويان على خزانات جوفية رسوبية). وقد شمل التقييم النوعي والكمي للموارد المائية الجوفية دراسة معدلات التغذية الطبيعية، والناقلية، وجودة المياه. تم استخدام عدة طرق لتقدير تغذية المياه الجوفية عبر البيئات الهيدروجيولوجية المختلفة، من بينها: تقلب منسوب المياه الجوفية (WTF)، توازن كتلة الكلوريد (CMB)، النمذجة الفيزيائية الهيدرولوجية (WetSpass)، فصل التصريف القاعدي (BFS)، وتقنيات الاستشعار عن بُعد مثل بيانات الأقمار الصناعية GRACE. وتم تقييم التدفق الجوفي بين الأحواض (IGF) من بحيرة تانا إلى حوض بيليس باستخدام تباين التضاريس، واتجاه الكسور الصخرية، وكثافة الفوالق، والترابطات الهيدرو-طبقية، والتدرج الهيدروليكي، وتوزيع الينابيع عالية التصريف. راعت مواقع الرصد وأخذ العينات واختبارات الضخ التباينات العالية في الخصائص الهيدرومورفولوجية والجيولوجية. وقد اختلفت معدلات التغذية الطبيعية بشكل كبير، حيث بلغت القيم المتوسطة 315 ملم/سنة في حوض بحيرة تانا، و193 ملم/سنة في جبل ميرو، بينما كانت منخفضة تصل إلى 4.3 ملم/سنة في سهل الجفارة.

الخصائص الكيميائية للماء

يتسم الماء بمجموعة من الخصائص الكيميائية جعلته أساس في مختلف مجالات الحياة اليومية فلا يمكن الاستغناء عنه في مجالات كثيرة، ومن هذه الخصائص ما يلي:

جدول 1: أهم الخصائص الكيميائية والفيزيائية للماء [10-13].

الخاصية (1)	التوضيح
الكثافة	▪ تملك المياه العذبة كثافة عظمى بدرجات حرارة تقارب 4c°
درجة الحموضة	▪ متعادل (PH=7)
الإذابة	▪ يعتبر مذيب جيد لكل المواد لا نه مادة قطبية، أي أن له القدرة على تكوين روابط هيدروجينية
التوصيل الحراري	▪ تنقل المياه الحرارة المكتسبة بشكل أسهل من أي وسائل أخرى عدا الزئبق
التحولات الطورية الفيزيائية	▪ الماء المادة الوحيدة على سطح الأرض التي توجد بأشكالها الثلاثة، وتحدث الأطوار الفيزيائية المختلفة للماء من خلال إعادة ترتيب ▪ الجزيئات لنفسها وفق اشكال مختلفة
التوصيل الكهربائي	▪ تمتلك المياه النقية توصيلة كهربائية شديدة الانخفاض ترتفع عند وجود الشوارد فيها، أي كلما زادت كمية الأملاح الكلية المنحلة TDS تؤدي ▪ إلى ارتفاع التوصيلية
الروابط الكيميائية	▪ يتكون جزي الماء من ذرتي هيدروجين وذرة اكسجين بنسبة 1:2
التوتر السطحي	▪ تمتلك المياه توترا سطحيا كبيرا، تميل بنتيجته إلى التكتل على شكل قطرات
الغليان والتجمد	▪ يغلي الماء على درجة حرارة 100c° هو خاص به من دون المركبات الهيدروجينية المشابه له في التركيب، لأنها تغلي على درجة حرارة ▪ 70c°. ويتجمد الماء عند 0c°.

تلوث المياه

هو عبارة عن حدوث تلف أو فساد لنوعية المياه على نحو يؤدي إلى حدوث خلل في نظامها بصورة أو أخرى مما يقلل من قدرتها على أداء دورها الطبيعي، ويجعلها تفقد الكثير من قيمتها الاقتصادية وتسبب

في أضرار صحية وبيئية كثيرة عند استعمالها. من أخطر أنواع التلوث هو تلوث الماء بالعناصر الثقيلة فهي تسبب العديد من المشكلات الصحية عند وجودها بتراكيز أعلى من المسموح بها بالإضافة لتسببها في مشكلات صناعية مثل تآكل الغلايات وخطوط التبريد. وتوجد العناصر الثقيلة في البيئة المائية أما في المياه أو في الحمولة العالقة أو الرواسب القاعدية [14-16].

تلوث المياه بالمعادن الثقيلة:

هناك أنواع مختلفة من مصادر الملوثات حيث تأتي الملوثات من مصادر واحدة يمكن تحديدها، والنوع من مصادر الملوثات هي مصادر غير محددة حيث تأتي الملوثات من مصادر مشتتة غالبا ما يصعب تحديدها، لا يوجد سوى أمثلة قليلة من التلوث المعدني الموضعي، مثل التجوية الطبيعة للأجسام الخام والجزيئات المعدنية الصغيرة القادمة من محطات توليد الطاقة التي تعمل بحرق الفحم ويصل التلوث عن طريق المداخن إلى الهواء والماء والتربة حول المصنع وأكثر الملوثات من المعادن الثقيلة شيوعا هي الزرنيخ، والكادميوم، والكروم، والنحاس، والنيكل، والرصاص، والزئبق [17-19]. التلوث المعدني أكثر شيوعا في المياه العذبة يأتي من شركات التعدين وعادة ما يستخدمون نظام صرف المنجم بالحامض لإطلاق المعادن الثقيلة من الخامات لأن المعادن قابلة للذوبان للغاية في محلول حامضي بعد عملية الصرف، يقومون بتفريغ المحلول الحامضي في المياه الجوفية ويحتوي على مستويات عالية من المعادن. التلوث بالمعادن يسبب أضراراً بيئية لأن المعادن غير قابلة للتحلل، على عكس بعض المبيدات العضوية لا يمكن تقسيم المعادن إلى مكونات أقل ضررا في البيئة.

طرق تقدير الامتصاص الذري:

يوجد أكثر من طريقة technique لتقدير الامتصاص الذري للعناصر، وهي تختلف على حسب نوع، وتركيز العنصر المراد تقديره في العينة.

أولا: الامتصاص الذري للعناصر بطرية اللهب Flame Atomic Absorption (Direct Aspiration method))

وهنا يتم تحويل العنصر الى الحالة الذرية عن طريق اللهب حيث يتم تسليط حزمة ضوئية من لمبة كاثود- مصنوعة من نفس العنصر المراد تقديره- خلال اللهب الى موحد الموجات ثم الى كشاف لقياس كمية الضوء الممتص بواسطة اللهب، ويعتمد الامتصاص على وجود ذرات حرة في حالتها المستقرة في اللهب، ويتم تقدير العناصر بهذه الطريقة في حدود تركيزات من العنصر بالجزء في المليونppm .

ثانيا: الامتصاص الذري للعناصر بطرق أخرى غير اللهب Flameless :Atomic Absorption

وهنا يتم تحويل العنصر الى الحالة الذرية بطرق أخرى غير اللهب، مثل:- استخدام الافران الكهربية، او الاعتماد على بعض التفاعلات الكيماوية مثل توليد هيدريدات الغازات المتطايرة volatile hydrides gaseous لبعض العناصر مثل الزرنيخ، السيلينيوم، الأنتيمون، والقصدير عن طريق اضافة مادة مختزلة، أو على بعض الخصائص الكيميائية مثل ظاهرة التسامي لتقدير بعض العناصر مثل الزئبق والتي يتحول فيها العنصر الى بخار بدون تسخين سواء باللهب أو بالأفران الكهربية.

الشكل 4: DR 3900TM SPESTROPHOTOMETER

الجانب العملي

طريقة جمع العينات

جمعت 18 عينة من مياه الشرب 9 من مياه الابارة الجوفية 9 من مياه التحلية من مناطق مختلفة من بلدية ترهونة، واستعملت عبوات بلاستيكية نظيفة لجمع عينات المياه، وغسلت بالماء المقطر، وبعد ذلك غسلت العبوة البلاستكية بمياه العينة ثلاث مرات قبل تعبئتها، وأغلقت بإحكام ونقلت للمعمل لإجراء القياس، وتم أخذ تلات عينات من منطقه الدراسة لمياه التحلية والابار الجوفية.

- تقدير الاس الهيدروجيني PH باستخدام جهازMultimeter hq40 hach.
- تقدير الموصلية الكهربائية E.C والاملاح الذائبة الكليةTDC باستخدام جهازhq40 hach multimeter .
- تقدير بعض الايونات الموجبة(الصوديوم – البوتاسيوم- الماغنسيوم – الكالسيوم) وبعض الايونات السالبة (الكلور- الكبريتات- البيكربونات –النترات) .
- تقدير بعض العناصر الثقيلة (الرصاص – الكادميوم- الحديد – النحاس – المنجنيز - الكروم) .

جدول 2: عينات مياه التحلية ومياه الابار الجوفية.

اسم منطقة العينة	الرقم
القصيعة	1
الداوون	2
الخضراء	3
سوق الجمعة	4
سيدي الصيد	5
ترهونه المركز	6
سوق الاحد	7
فم ملغة	8
ابيار مجي	9

جدول 3: الحدود المسموح بها للخصائص الفيزيائية والكيميائية والمعادن الثقيلة حسب المواصفات القياسية الليبية.

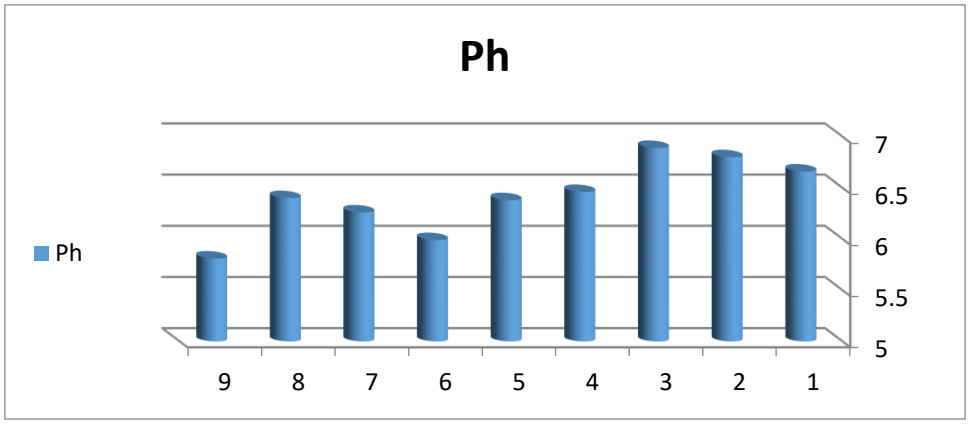
الخصائص الفيزيائية والكيميائية	المواصفات القياسية المعتمدة
الاس الهيدروجيني Ph	8.5- 6.5
الأملاح الذائبة الكلية TDS	1000 - 500 mg/l
الموصلية EC	1500 - 450 µS/cm
الصوديوم $Na+$	100 mg/l
البوتاسيوم $K+$	12mg/l
الكالسيوم Ca+2	75mg/l
الماغنسيوم $Mg+2$	30mg/l
البيكربونات $HCO3-$	150mg/l
الكلوريد $CL-$	250mg/l
الكبريتاتSO4−2	250mg/l
النترات−NO3	45mg/l
الرصاص Pb	0.01mg/l
الكاديوم Cd	0.003mg/l
الحديد Fe	0.3mg/l
النحاس Cu	1mg/l
المنجنيز Mn	0.1mg/l
الكروم Cr	0.05mg/l

النتائج والمناقشة

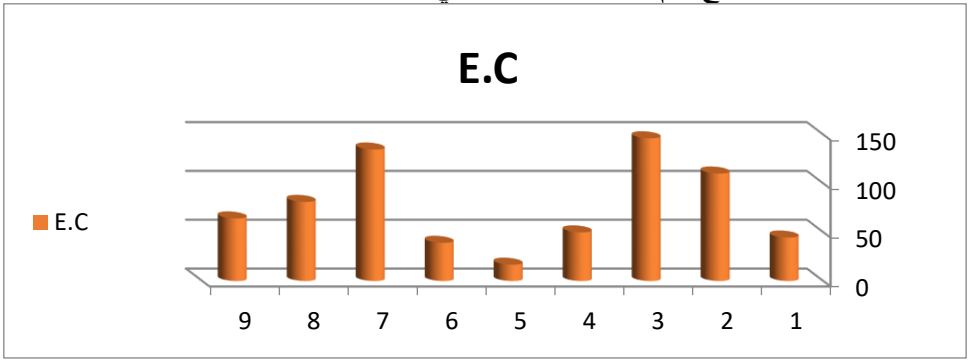
يوضح الجدول رقم (4) نتائج التحليل الفيزيائي لتسع عينات من مياه التحلية، حيث تم قياس تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)، والتوصيلية الكهربائية (E.C)، والرقم الهيدروجيني (pH). أظهرت القيم أن تركيز TDS تراوح بين 10.92 و95.60 ملغم/لتر، وهي ضمن الحدود المسموح بها لمياه الشرب حسب المعايير الدولية (أقل من 500 ملغم/لتر)، مما يدل على فعالية عملية التحلية. كما تراوحت التوصيلية الكهربائية بين 16.70 و146.20 ميكروسمنز/سم، وهي كذلك في النطاق المقبول، وتعكس علاقة مباشرة مع قيم TDS. أما بالنسبة للرقم الهيدروجيني، فقد تراوحت القيم بين 5.81 و6.89، حيث أن أربع عينات كانت أقل من الحد الأدنى الموصى به (6.5)، مما يشير إلى وجود ميل طفيف نحو الحموضة في بعض العينات، وقد يتطلب ذلك تعديل كيميائي لتحقيق التوازن المناسب. وبشكل عام، تُظهر النتائج جودة عالية في إزالة الأملاح، مع ضرورة متابعة قيمة pH لضمان مطابقتها لمعايير مياه الشرب.

جدول 4: النتائج المعملية للخواص الفيزيائية لعينات مياه التحلية

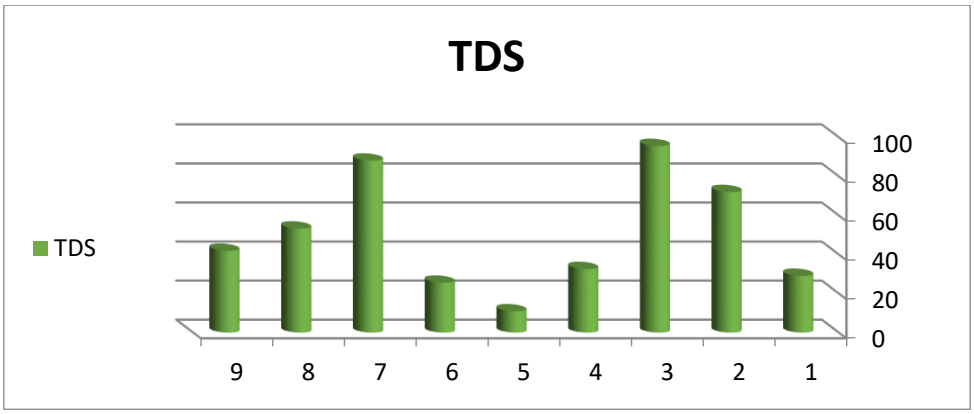
العينة	PH	E.C (µS/cm)	TDS (mg/l)
1	6.66	44.50	29.10
2	6.80	110.10	72.00
3	6.89	146.20	95.60
4	6.46	49.80	32.57
5	6.38	16.70	10.92
6	5.99	39.10	25.57
7	6.26	134.70	88.08
8	6.40	81.050	53.30
9	5.81	64.10	41.92



الشكل 5: توزيع قيم الأس الهيدروجيني لعينات مياه التحلية المدروسة.



الشكل 6: قيم الموصلية الكهربية للعينات المدروسة لمياه التحلية.



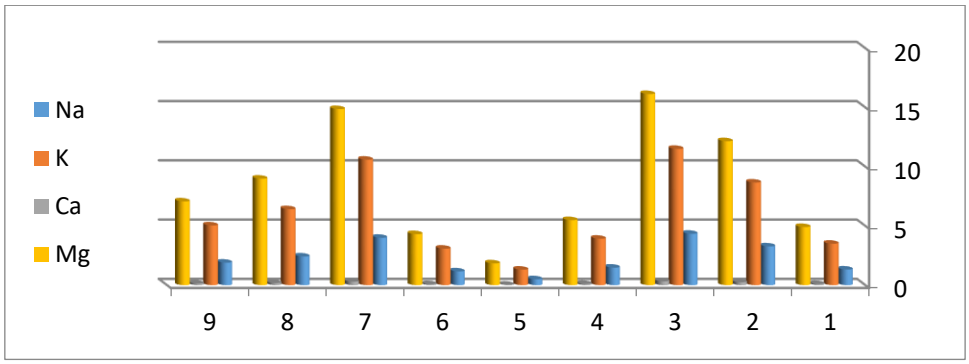
الشكل7: قيم الأملاح الذائبة لعينات مياه التحلية المدروسة.

من خلال الجدول السابق يتضح ان:
قيم الموصلية والاملاح الدائبة الكلية اقل بكثير من الحدود المسموح بها وكدلك كانت قيم الاس الهيدروجيني اقل من القيم المسموح بها عدا العينات (1) و(2) و(3) ضمن الحدود المسموح بها.

الخواص الكيميائية:

جدول 5: النتائج المعملية للأيونات الموجبة لعينات مياه التحلية.

العينة	الصوديوم (mg/l)	البوتاسيوم (mg/l)	الكالسيوم (mg/l)	الماغنسيوم (mg/l)
1	4.91	0.10	3.50	1.32
2	12.15	0.25	8.66	3.27
3	16.13	0.33	11.50	4.34
4	5.49	0.11	3.92	1.48
5	1.84	0.04	1.31	0.50
6	4.31	0.09	3.08	1.16
7	14.86	0.30	10.59	4.00
8	8.99	0.18	6.41	2.42
9	7.07	0.14	5.04	1.90

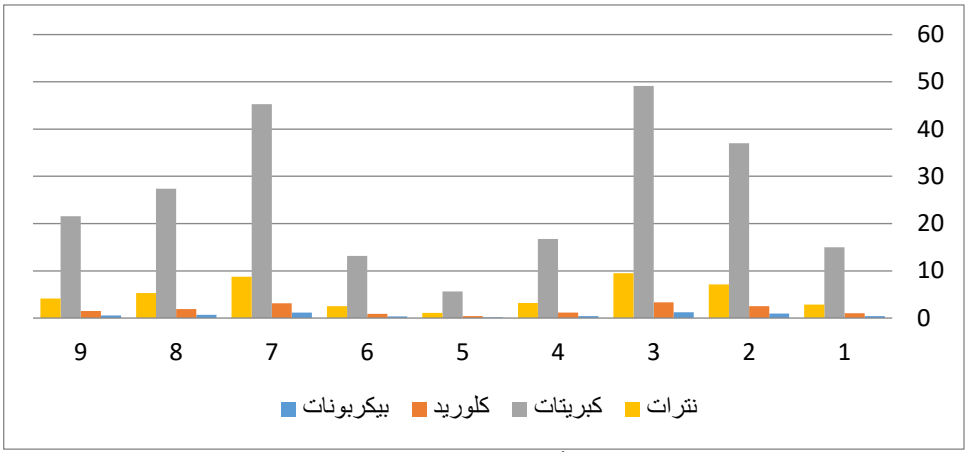


الشكل 8: قيم لتراكيز بعض الأيونات الموجبة لعينات مياه التحلية المدروسة.

من خلال الجدول السابق يتضح أن:
قيم تراكيز ايونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والماغنسيوم اقل بكثير من الحدود المسموح بها، مما يشير ‘إلى الحاجة إلى تعزيز عمليات إعادة التمعدن لضمان توازن المعادن الضرورية للصحة.

جدول 6: النتائج المعملية للأيونات السالبة لعينات مياه الآبار الجوفية

العينة	البيكربونات (mg/l)	الكلوريد (mg/l)	الكبريتات (mg/l)	النترات (mg/l)
1	2.88	14.96	1.02	0.38
2	7.13	37.01	2.52	0.94
3	9.46	49.15	3.35	1.25
4	3.22	16.74	1.14	0.43
5	1.08	5.61	0.38	0.14
6	2.53	13.14	0.90	0.33
7	8.72	45.28	3.09	1.15
8	5.27	27.40	1.87	0.70
9	4.15	21.55	1.47	0.55



الشكل 9: قيم تراكيز بعض الأيونات السالبة لعينات مياه التحلية المدروسة.

من خلال الجدول السابق أتضح أن:

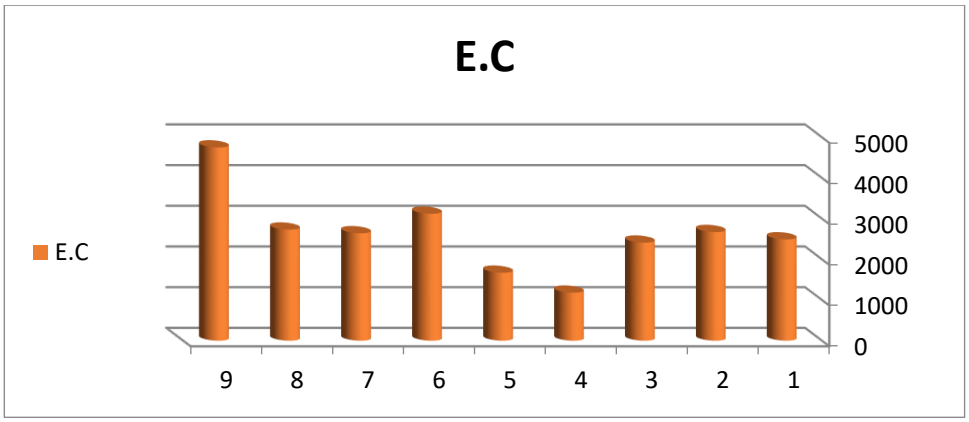
قيم تراكيز ايونات البيكربونات والكبريتات والنثرات والكلوريد جميعها اقل بكثير من الحدود المسموح بها.

ثانيا - نتائج ومناقشة مياه الآبار الجوفية:

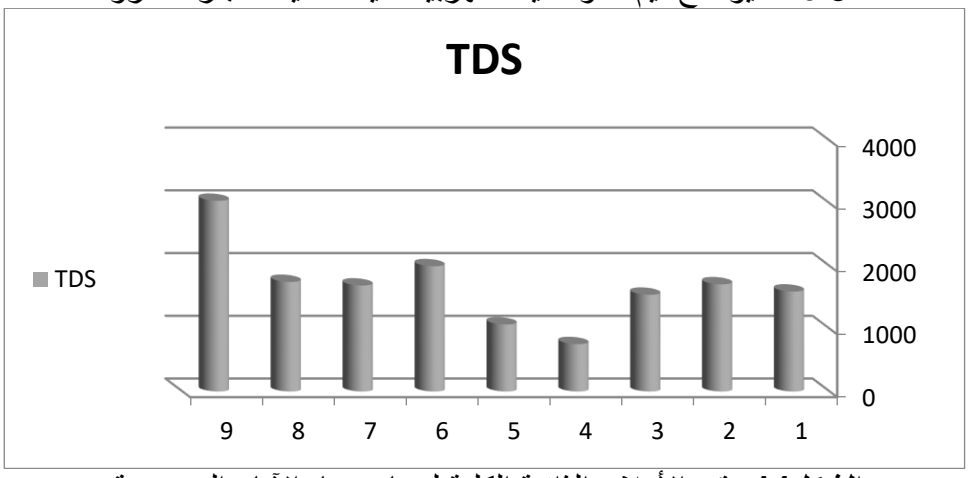
الخواص الفيزيائية:

جدول (7): للخواص الفيزيائية لعينات مياه الآبار الجوفية

العينة	PH	E.C (µS/cm)	TDS (mg/l)
1	7.46	2490.00	1593.6
2	7.31	2670.00	1708.80
3	7.59	2410.00	1542.40
4	7.55	1180.00	755.20
5	7.98	1670.00	1068.80
6	7.73	3120.00	1996.80
7	7.63	2640.00	1689.60
8	7.37	2730.00	1747.20
9	7.73	4750.00	3040.00



الشكل 10: يوضح قيم الموصلية الكهربية لعينات مياه الآبار المدروسة.



الشكل11: قيم الأملاح الذائبة الكلية لعينات مياه الآبار المدروسة.

من خلال الجدول السابق يتضح أن:

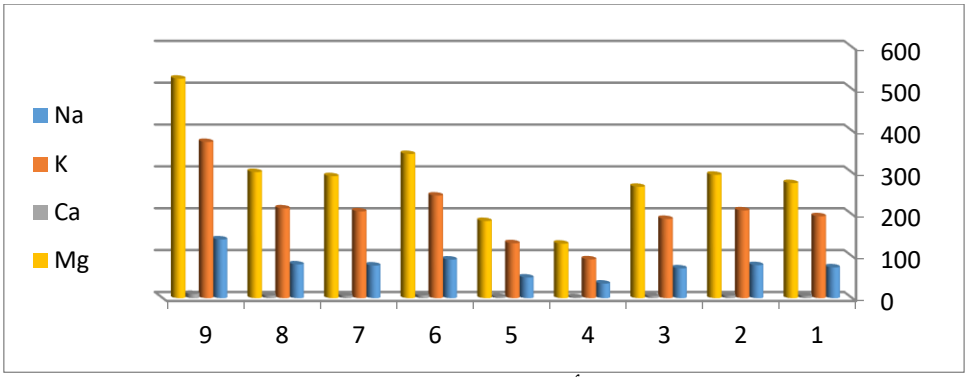
قيم الموصلية الكهربائية والاملاح الذائبة الكلية كانت أعلى بكثير من القيم المسموح بها وهذا يشير إلى احتمال تعرض المياه لتلوث بمركبات مذابة توثر على نوعيتها، باستثناء بعض العينات التي تقع ضمن الحدود المقبولة.

2-الخواص الكيميائية:

جدول 8 يوضح النتائج المعملية للأيونات الموجبة لعينات مياه الآبار الجوفية.

جدول 8: النتائج المعملية للأيونات الموجبة لعينات مياه الآبار الجوفية.

العينة	الصوديوم (mg/l)	البوتاسيوم (mg/l)	الكالسيوم (mg/l)	الماغنسيوم (mg/l)
1	274.97	5.35	195.69	73.63
2	294.85	5.73	209.83	78.95
3	266.13	5.17	189.40	71.27
4	130.31	2.53	92.73	34.89
5	184.42	3.59	131.24	49.38
6	344.54	6.70	245.20	92.26
7	291.53	5.67	207.47	78.07
8	301.47	5.86	214.55	80.73
9	524.54	10.20	373.30	140.46



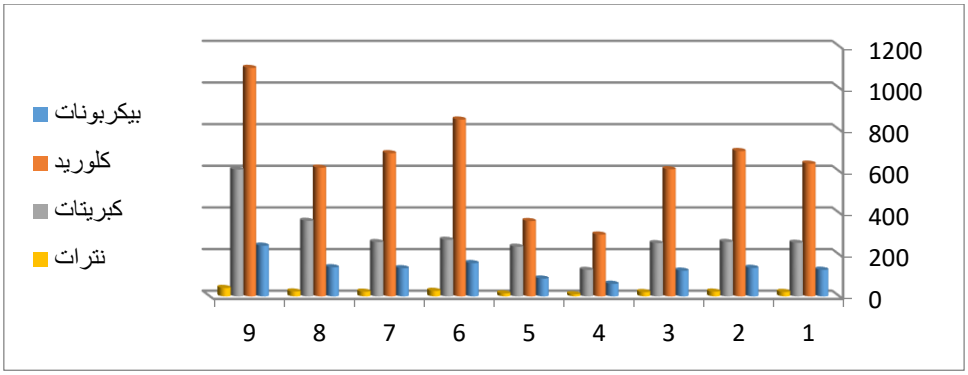
الشكل 12: تراكيز بعض الأيونات الموجبة بعينات مياه الآبار المدروسة.

من خلال الجدول السابق نلاحظ أن:

تركيز ايونات البوتاسيوم كانت ضمن المعدل المسموح به بينما كان تركيز ايونات الصوديوم والكالسيوم والماغنيسيوم اعلى من الحدود المسموح بها.

جدول 9: النتائج المعملية للأيونات السالبة لعينات مياه الآبار الجوفية

العينة	النترات (mg/l)	الكبريتات (mg/l)	الكلوريد (mg/l)	البيكربونات (mg/l)
1	21.23	257.13	637.28	127.56
2	22.77	261.26	697.81	136.78
3	20.55	255.30	610.38	123.46
4	10.06	127.07	296.78	60.45
5	14.24	238.32	361.55	85.55
6	26.61	271.59	849.12	159.83
7	22.51	260.57	687.72	135.24
8	23.28	362.64	617.98	139.85
9	40.51	608.99	1097.22	243.33



الشكل 13: يوضح تراكيز بعض الأيونات السالبة لعينات مياه الآبار المدروسة.

من خلال الجدول السابق نلاحظ أن:

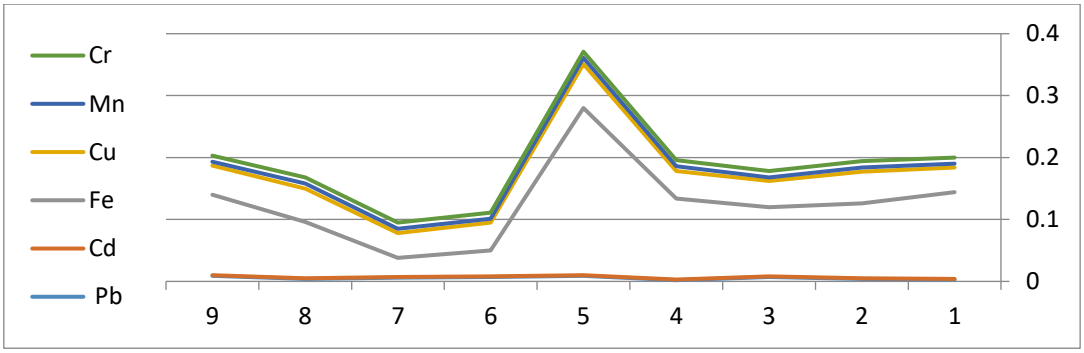
تركيز ايونات الكلوريد كانت اعلى من الحدود المسموح بها بينما كان تركيز ايونات النترات والبيكربونات ضمن الحدود المسموح بها ماعدا العينات رقم (6) و(9) للبيكربونات كانت اعلى من المعدل وكدلك كان تركيز ايونات الكبريتات اعلى من الحد المسموح به ماعدا العينات رقم (4) و(5) فهي ضمن الحدود المسموح بها.

ثالثا: المعادن الثقيلة:

جدول 10 يوضح تركيز المعادن الثقيلة لعينات مياه الآبار الجوفية.

جدول 10: تركيز المعادن الثقيلة لعينات مياه الآبار الجوفية.

العينة	الرصاص	الكادميوم	الحديد	النحاس	المنجنيز	الكروم
1	0.003	<0.001	0.140	0.040	0.006	<0.010
2	0.004	<0.001	0.121	0.051	0.007	<0.010
3	0.007	<0.001	0.112	0.042	0.006	<0.010
4	0.002	<0.001	0.131	0.044	0.008	<0.010
5	0.009	<0.001	0.270	0.071	0.010	<0.010
6	0.007	<0.001	0.042	0.045	0.006	<0.010
7	0.006	<0.001	0.031	0.040	0.007	<0.010
8	0.004	<0.001	0.091	0.054	0.008	<0.010
9	0.009	<0.001	0.130	0.047	0.006	<0.010



الشكل 14: يوضح قيم تراكيز بعض العناصر الثقيلة لعينات مياه الآبار المدروسة.

من خلال الجدول السابق نلاحظ ان:

قيم تركيز الرصاص والكادميوم والحديد والنحاس والمنجنيز والكروم كانت جميعا ضمن الحدود المسموح بها للمواصفات القياسية الليبية. مما يشير إلى عدم وجود خطر تلوث معدني كبير، ولكن يجب مراقبة دورية لضمان عدم ارتفاع المستويات مع مرور الوقت.

مناقشة النتائج

تظهر نتائج الدراسة تباينات واضحة بين مياه التحلية ومياه الآبار الجوفية عند مقارنتها بالمواصفات القياسية الليبية، مما يبرز الحاجة إلى مراجعة دقيقة لجودة المياه المستخدمة لاستهلاك البشري.

- عند تحليل الفروقات بين مياه التحلية ومياه الآبار تشير البيانات إلى أن مياه التحلية تحتوي على تركيزات منخفضة جداً من الأملاح الذائبة والموصلية الكهربائية مقارنة بالحدود المسموح بها، بينما كانت معظم عينات الآبار الجوفية تتجاوز هذه الحدود.
- ويمكن تفسير ذلك بأن عمليات التحلية تزيل الأملاح والشوائب بكفاءة؛ ولكنها قد تؤدي أيضا إلى نقص عض المعادن الأساسية، مما قد يسبب تأثيرات صحية مثل الجفاف أو اضطرابات جلدية عند استخدامها لفترات طويلة دون معالجة إضافية لتعويض العناصر الناقصة.

- التأثيرات الصحية والبيئية للعناصر الكيميائية والمعادن الثقيلة، من حيث تأثيرات العناصر الكيميائية، أظهرت مياه الآبار الجوفية ارتفاعا في تركيز الكالسيوم والصوديوم والمغنيسيوم، مما قد يؤدي إلى مشاكل صحية مثل ارتفاع ضغط الدم، إضرابات الكلى، أو مشاكل في الجهاز العصبي. كذلك يمكن أن تؤدي المستويات المرتفعة من الكبريتات إلى اضطرابات معوية خاصة للأطفال، في حين أن النترات المرتفعة قد تكون مرتبطة بمتلازمة الميتهيموغلوبينيا عند الرضع، مما يقلل من قدرة الدم على حمل الأكسجين.

أما بالنسبة للمعادن الثقيلة، فقد كانت جميع التركيزات ضمن الحدود المسموح بها وفقا للمواصفات الليبية، مما يشير إلى عدم وجود مخاطر صحية كبيرة من التلوث المعدني في العينات التي تم تحليلها، ومع ذلك يجب الاستمرار في مراقبة هذه العناصر، خاصة أن تراكمها في الجسم قد يؤدي الى تأثيرات سلبية طويلة المدى، مثل إضرابات عصبية أو تلف الأعضاء الداخلية.

1. التركيز على أهمية التوصيات والتطبيق العملي.

التوصيات بناء عن النتائج:

- تحسين عمليات مراقبة جودة المياه بشكل دوري من خلال إنشاء برنامج رصد منتظم لتحليل عينات المياه من مختلف المصادر بحيث يتم قياس الموصلية الكهربائية، وتركيز الأيونات، والمعادن الثقيلة والنترات لضمان توافقها مع المواصفات الليبية. واعتماد تقنيات تحليل متقدمة مثل الامتصاص الذري والكروماتوغرافيا الأيونية للحصول على دقة أعلى في قياس الملوثات الكيميائية.
- تحسين جودة مياه التحلية، وذلك من خلال مراجعة عمليات التحلية لضمان إعادة التمعدن بطريقة متوازنة لتعويض نقص المعادن الضرورية مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم مما يساهم في تحسين الجودة الصحية للمياه. وكذلك يجب إجراءات الصيانة للفلاتر والمعدات في محطات التحلية المصغرة، بحيث يتم تغيير الفلاتر بشكل دوري للحفاظ على كفاءة المعالجة.
- الإجراءات الوقائية للحد من تلوث المياه الجوفية وذلك من خلال فرض رقابة صارمة على التخلص من المخلفات الزراعية والصناعية بالقرب من مصادر المياه، وتنظيم حملات توعية مجتمعية توضح آثار استخدام مياه غير معالجة أو ملوثة. وأيضا من خلال استخدام التقنيات الحديثة لتنقية المياه الجوفية، مثل التبادل الأيوني والأغشية فائقة الترشيح (**UF**) لمعالجة المياه قبل استخدامها.
- الحد من تأثير العناصر الكيميائية والمعادن الثقيلة، عن طريق إنشاء محطات معالجة محلية لمياه الآبار الجوفية التي تتجاوز الحدود المسموح بها بحيث يتم معالجة العناصر الثقيلة بشكل فعال قبل استخدامها للشرب أو الري. وكذلك اعتماد تقنيات التناضح العكسي (**Reverse Osmosis**) لمعالجة المياه التي تحتوي على مستويات مرتفعة من الأملاح الذائبة، مما يحسن جودتها ويجعلها أكثر أمانًا للاستهلاك البشري.

المراجع

[1] S. Hamad and R. Fensham, “Groundwater: An important resource of urban water supply in Libya,” in *Springer Water*, Cham: Springer Nature Switzerland, 2025, pp. 41–66.

[2] K. A. Mourad, A. R. I. Al-Ghafoud, and M. A. Husayn, “The Zliten groundwater crisis: A threat to community wellbeing and sustainable solutions: Assessing natural and socioeconomic factors driving the groundwater crisis in Zliten, Libya,” JoS, vol. 1, no. 1, 2025.

[3] H. Hasan, “Estimate the contents and types of water well salts by the Palmer Roger model affecting the corrosion of Al-Bayda city (Libya) network pipes,” Alq J Med App Sci, pp. 744–753, 2025.

[4] H. A. Zurqani, “Introduction to the ‘water resources of Libya: Challenges and management,’” in Springer Water, Cham: Springer Nature Switzerland, 2025, pp. 1–16.

[5] A. A. Shaki and H. A. Zurqani, “Irrigation water resources in Libya: Challenges and potentials,” in Springer Water, Cham: Springer Nature Switzerland, 2025, pp. 121–142.
[6] H. A. Zurqani, M. E. M. Alkhboli, S. Hamed, A. Al-Bukhari, and A. S. Fadil, “Rainwater harvesting in Libya: Sustainable solutions for water scarcity,” in Springer Water, Cham: Springer Nature Switzerland, 2025, pp. 67–81.
[7] I. Ageena, N. Froja, and S. Hamad, “Future of water supply and demand in Libya under climate and land-use change,” in Springer Water, Cham: Springer Nature Switzerland, 2025, pp. 163–195.
[8] M. A. Benzaghta, S. A. Kreba, M. A. Ali, and I. S. Zaghinin, “Treated municipal wastewater for irrigation: a case study from Misurata City, Libya,” Int. J. Environ. Technol. Manage., vol. 28, no. 1/2/3, pp. 190–212, 2025.
[9] K. Walraevens et al., “Assessing the potential of volcanic and sedimentary rock aquifers in Africa: Emphasizing transmissivity, water quality, and recharge as key evaluation metrics,” Water (Basel), vol. 17, no. 1, p. 109, 2025.
[10] V. V. Novikov, “Effect of vibrational iterations of magnetized water on the physico-chemical properties of intact water,” Russ. Phys. J., 2025.
[11] S.-N. Ma and Z.-Q. Quentin Yue, “Refined evaluation approach for geometrical, physical and chemical properties of completely decomposed tuff soil particles,” J. Asian Earth Sci., vol. 277, no. 106388, p. 106388, 2025.
[12] M. A. Rahman, M. Ndiaye, and B. Weclawski, “Palmyra palm shell (Borassus flabellifer) properties part 1: Insights into its physical and chemical properties,” Eng. Rep., vol. 7, no. 4, 2025.
[13] B. Zhao et al., “Experimental study of influence of coal dust physical–chemical properties on indirect dust suppression effect,” Chem. Eng. Sci., vol. 302, no. 120799, p. 120799, 2025.
[14] H. Wei, H. Qiu, J. Liu, W. Li, C. Zhao, and H. Xu, “Evaluation and source identification of water pollution,” Ecotoxicol. Environ. Saf., vol. 289, no. 117499, p. 117499, 2025.
[15] A. Monaco et al., “Measuring water pollution effects on antimicrobial resistance through explainable artificial intelligence,” Environ. Pollut., vol. 367, no. 125620, p. 125620, 2025.
[16] A. Das, “Surface water potential zones delineation and spatiotemporal variation characteristics of water pollution and the cause of pollution formation in Brahmani River Basin, Odisha,” HydroResearch, vol. 8, pp. 99–112, 2025.
[17] W. Mandal, S. Fajal, A. V. Desai, and S. K. Ghosh, “Metal-organic frameworks (MOFs) and related other advanced porous materials for sequestration of heavy metal-based toxic oxo-pollutants from water,” Coord. Chem. Rev., vol. 524, no. 216326, p. 216326, 2025.
[18] K. H. H. Aziz, F. S. Mustafa, R. F. Hamarawf, and K. M. Omer, “Adsorptive removal of toxic heavy metals from aquatic environment by metal organic framework (MOF): A review,” J. Water Proc.engineering, vol. 70, no. 106867, p. 106867, 2025.
[19] A. Botle, S. Salgaonkar, R. Tiwari, and G. Barabde, “Heavy metal pollution in river ulhas, Maharashtra, India: Unraveling contamination dynamics through pollution indices, multivariate analysis, and health risk assessment,” Int. J. Environ. Res., vol. 19, no. 3, 2025.