Comprehensive Journal of Science
Volume (9), Issue (36), (Sept 2025)
ISSN: 3014-6266

مجلة العلوم الشاملة
المجلد(9) العدد (36) (سبتمبر 2025)
ردمد: 3014-6266

تقييم مستويات بعض العناصر في عينات مياه جوفية من آبار محلية – دراسة مقارنة بالمعايير الدولية لمياه الشرب

ابوبكر حسين محمد الطالب

عبد الله حسن عبد السلام فضل

قسم الكيمياء –كلية التربية / العجيلات– جامعة الزاوية

تاريخ الاستلام:2025/8/5 –تاريخ المراجعة: 2025/9/7– تاريخ القبول:2025/9/18– تاريخ للنشر : 2025 /9/24

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم جودة المياه الجوفية في مدينة صرمان غرب ليبيا من خلال تحليل تراكيز بعض العناصر الكيميائية المذابة من خلال خمس بارامتر لحساب مؤشر جودة المياه (الكالسيوم، المغنسيوم، الأملاح الذائبة الكلية، الكلوريد، ودرجة الحموضة). تم جمع 12 عينة من ابار مياه جوفية من مناطق مختلفة بأعماق متفاوتة خلال الفترة من ربيع 2025م. تم تحليلها باستخدام تقنيات معملية معتمدة. بينت النتائج أن معظم العينات تحتوي على تركيزات تتجاوز الحدود المسموح بها وفق المواصفات القياسية لمياه الشرب (WQI) والقيم الارشادية لمنظمة الصحة العالمية (WHO)، مما يشير إلى وجود مخاطر صحية محتملة في حال استهلاك المياه بدون معالجة. توصي الدراسة بضرورة مراقبة جودة المياه الجوفية بشكل دوري، وتطبيق تقنيات تنقية مناسبة لضمان سلامة المياه المقدمة للمواطنين.

Title:
Evaluating the levels of some elements in groundwater samples from local wells - a comparative study with international standards for drinking water

Abstract

This study aims to evaluate the quality of groundwater in the city of Sorman, western Libya, by analyzing the concentrations of some dissolved chemical elements through five parameters to calculate the water quality index (calcium, magnesium, total dissolved salts, chloride, and pH). 12 samples were collected from groundwater wells from different areas at varying depths during the period from spring 2025 AD. Analyzed using certified laboratory techniques. The results showed that most of the samples contain concentrations that exceed the permissible limits according to the standard specifications for drinking water (WQI) and the guideline values of the World Health Organization (WHO), which indicates the presence of potential health risks if water is consumed without treatment. The study recommends the necessity of periodically monitoring the quality of groundwater, and applying appropriate purification techniques to ensure the safety of the water provided to citizens.

Keywords: drinking water quality, groundwater, physicochemical parameters, surman ground water, Libyan standards, WHO.

المقدمة

تُعد المياه الجوفية أحد المصادر الأساسية لتوفير مياه الشرب في العديد من المناطق، وخاصة في المدن التي تعاني من محدودية الموارد السطحية، مثل مدينة صرمان الواقعة في الساحل الغربي لليبيا. وبالرغم من الاعتماد الواسع على المياه الجوفية، فإن صلاحيتها للاستهلاك البشري تتوقف على جودتها الكيميائية ومدى مطابقتها للمعايير المعتمدة للمياه الصالحة للشرب. ويُعد تحليل

تراكيز العناصر الكيميائية الذائبة في المياه – مثل الكالسيوم، الماغنيسيوم، الأملاح الذائبة الكلية (TDS)، الكلوريد، ودرجة الحموضة (pH) – خطوة ضرورية لتقييم مدى ملاءمتها للاستخدام البشري والصحي.

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل تراكيز العناصر المذكورة في عدد من عينات المياه الجوفية المأخوذة من مناطق مختلفة بمدينة صرمان، ومقارنتها بالحدود المسموح بها حسب المواصفات القياسية لمياه الشرب مثل المواصفات الليبية والمقاييس العالمية كمنظمة الصحة العالمية (WHO). وقد أظهرت النتائج تفاوتًا ملحوظًا في تراكيز العناصر بين العينات، مما يعكس تأثير العوامل الجيولوجية والهيدروكيميائية والأنشطة البشرية على نوعية المياه الجوفية.

تعتمد هذه الدراسة على تحليل اثني عشر عينة مياه، تم قياس تراكيز الكالسيوم والماغنيسيوم والأملاح الذائبة والكلوريد فيها، بالإضافة إلى درجة الحموضة، بهدف تحديد مدى تجاوزها للحدود المسموح بها، وتقديم تقييم علمي حول صلاحية هذه المياه للاستخدام البشري وتقديم توصيات لتحسين إدارتها.

أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى:

- تحليل تراكيز بعض العناصر الكيميائية المذابة في المياه الجوفية بمدينة صرمان، وهي: الكالسيوم، الماغنسيوم، الأملاح الذائبة الكلية (TDS)، كلور، ودرجة الحموضة (pH).
- مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها بالمعايير المحلية والعالمية لمياه الشرب مثل المواصفات الليبية ومنظمة الصحة العالمية (WHO) (2،1).
- تقييم مدى صلاحية المياه الجوفية في مدينة صرمان للاستهلاك البشري.
- معرفة أسباب ارتفاع تراكيز بعض العناصر واحتمال مشاكل مثل العسر والملوحة وكتلة الماء المجوف.
- تقديم توصيات علمية لتحسين جودة المياه الجوفية وتقليل المخاطر الصحية الناتجة عن استهلاك مياه غير مطابقة للمواصفات.

منهجية الدراسة

تم جمع 12 عينة من المياه الجوفية من آبار مختلفة تقع في مناطق متعددة داخل نطاق مدينة صرمان. وقد أُجري تحليل العناصر الكيميائية التالية في كل عينة:

نسبة الكالسيوم (ppm) باستخدام طريقة المعايرة الكيماوية.

نسبة الماغنيسيوم (ppm) باستخدام التحليل الحجمي. الأملاح الذائبة الكلية TDS (ppm) باستخدام جهاز قياس التوصيلية الكهربية.

تركيز الكلوريد (ppm) باستخدام طريقة نترات الفضة.

درجة الحموضة pH باستخدام جهاز قياس الحموضة الإلكتروني.

تمت مقارنة النتائج بالحدود المسموح بها وفق المواصفات القياسية الليبية ومنظمة الصحة العالمية لمياه الشرب.

الدراسات السابقة

تناولت عدة دراسات موضوع جودة المياه الجوفية في ليبيا ودول مجاورة، حيث ركزت على استخدام مؤشر جودة المياه (WQI) والمعايير الفيزيائية والكيميائية لتحديد مدى صلاحيتها للشرب والاستخدامات الأخرى.

في مدينة صرمان (ليبيا)، أظهرت دراسة أجريت عام 2019 أن المياه الجوفية تتفاوت جودتها بين الآبار، حيث إن بعضها كان صالحًا للشرب فيما تجاوز البعض الآخر الحدود المسموح بها للمعايير الكيميائية [3]. وأكدت دراسة لاحقة في محلة زكري بمدينة صرمان (2024) النتائج السابقة، إذ بيّنت أن بعض العينات صالحة للشرب بينما أظهرت أخرى تجاوزات في بعض العناصر، مما يستدعي المتابعة والمعالجة [4]. كما خلصت دراسة ميدانية في منطقة المطرد إلى أن معظم العينات كانت ضمن الحدود المقبولة

للشرب، مع تسجيل ارتفاعات موضعية لبعض المؤشرات [5]. وفي صبراتة (2017) تم التوصل إلى أن الاستغلال المفرط للمياه أدى إلى تدهور نوعيتها وزيادة الملوحة، الأمر الذي استدعى التوصية بإدارة مستدامة للموارد [6]. كما توصلت دراسة أخرى لتقييم جودة المياه الجوفية في منطقة النواحي الأربعة في ليبيا (2015) الى تفاوت في جودة المياه، حيث كانت بعض العينات ضمن الحدود المسموح بها وفقًا للمواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب، بينما تجاوزت عينات أخرى الحدود المسموح بها. كما أظهر مؤشر جودة المياه (WQI) أن بعض الآبار توفر مياهًا صالحة للشرب، في حين كانت معظم الآبار الأخرى غير مناسبة للاستهلاك البشري دون معالجة [7]. أما في منطقة العجيلات، فقد أظهرت دراسة خلال عام 2017 أن غالبية العينات تجاوزت الحدود المسموح بها للمعايير الكيميائية والفيزيائية، وهو ما تم رصده أيضًا في فترة سابقة من عام (2003–2004) [8].

في شرق ليبيا، تناولت دراسة في منطقة شِبنة ببنغازي (2016) الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه، وأظهرت أن معظمها صالح للشرب مع الحاجة لمعالجة بعض الآبار [9]. بينما أظهرت دراسة أخرى في شمال شرق ليبيا (2006) أن المياه الجوفية عموماً ضمن الحدود المقبولة للاستخدامين البشري والزراعي، مع تسجيل زيادة في الملوحة والمواد الصلبة الكلية في بعض المواقع [10]. كما أشارت دراسة في مدينة المرج (2021) إلى تجاوز بعض المعايير الكيميائية وأوصت بتركيب محطات تنقية ومتابعة دورية [11]. وفي دراسة اخرى لتقييم جودة المياه الجوفية من خلال تحليل المتغيرات الفيزيائية والكيميائية في ست مناطق بشمال شرق ليبيا: المرج، البيضاء، شحات، سوسة، رأس الهلال، ودرنة، خلال الفترة من نوفمبر 2003 إلى مارس 2004. أظهرت النتائج أن المياه في البيضاء وشحات صالحة للشرب مع تلوث طفيف، بينما كانت المياه في المرج، رأس الهلال، ودرنة ملوثة بشكل معتدل. أما المياه في سوسة فكانت ملوثة بشكل مفرط وغير صالحة للاستهلاك البشري. وأوصت الدراسة بضرورة المعالجة والتنقية والمراقبة الدورية للمصادر المائية [12].

أما في جنوب وغرب ليبيا، فقد بيّنت دراسة في وادي الشاطئ (2024) أن معظم العينات تراوحت بين ممتازة ومعتدلة الجودة، بينما كانت بعض العينات غير صالحة للشرب، وهو ما أكدته دراسة أخرى في المنطقة نفسها عام 2022 التي أوضحت ارتفاع نسب الأملاح والعناصر الكيميائية [13،14]. وفي مدينة زلطن (2025)، تبين أن نسبة كبيرة من العينات كانت ضعيفة إلى سيئة الجودة، بل إن بعضها غير صالح للشرب بسبب ارتفاع تركيز الأيونات، وعُزي ذلك إلى عوامل طبيعية وبشرية [15].

على الصعيد الإقليمي، أظهرت دراسة في منطقة قناة الإسماعيلية بمصر (2022) أن معظم المياه الجوفية ضمن الحدود المسموح بها، مع حاجة بعض العينات لمعالجة بسيطة [16]. بينما أوضحت دراسة أخرى في وادي الأسيوطي (2020) أن ارتفاع المواد الصلبة الذائبة والعسر الكلي جعل جزءًا من المياه غير صالح للشرب [17]. أما في المغرب، فقد بيّنت دراسة أجريت في حوض Tinejdad–Touroug (2023) أن المياه تتراوح بين المعتدلة والصالحة للشرب، مع تسجيل تجاوزات محدودة [18]. وأكدت دراسة أخرى في سهل الدوكالا (2021) أن معظم العينات صالحة للشرب والزراعة، باستثناء بعض المواقع التي أظهرت زيادة في الملوحة والعناصر الكيميائية، مما يتطلب مراقبة مستمرة [19].

منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة شمال غرب ليبيا في المنطقة ما بين منطقة الزاوية شرقا ومنطقة صبراتة غربا ويحدها من الشمال البحر المتوسط وجنوبا باطن الجبل، تقع منطقة الدراسة على ارتفاع ما بين 6 –83 م فوق سطح البحر، وبإحداثيات لمواقع الابار ابتدأ بالعينة رقم 1 الى 12 على التوالي:

12°34 ، 12°34 38″E 32 ° 45 ' 56″N ، 12°34 40″E 32 ° 46 ' 27″N ، 12°34 09″E 32 ° 46 ' 47″N ""

12°35 31 ، 12°34 40″E 32 ° 44 ' 31″N ، 12°34 36″E 32 ° 44 ' 59″N ، 53″E 32 ° 45 ' 32″N

12°32 51″ ، 12°33 38″E 32 ° 39 ' 57″N ، 12°34 46″E 32 ° 41 ' 43″N ، ″E 32 ° 43 ' 50″N

. وتتميز منطقة الدراسة "" 12°28 03″E 32 ° 36 ' 13″N ، 12°30 42″E 32 ° 35 ' 55″N ، E 32 ° 38 ' 29″N

جيولوجيا بين الاراضي الطينية والرملية والجبسية. تم اخذ العينات أبتدأ من 1.5 كم حتى امتداد 23 كم من شط البحر بعدا وكما هو مبين من الصورة الجوية لتوزيع مواقع الابار المختبرة بمنطقة الدراسة (صرمان).

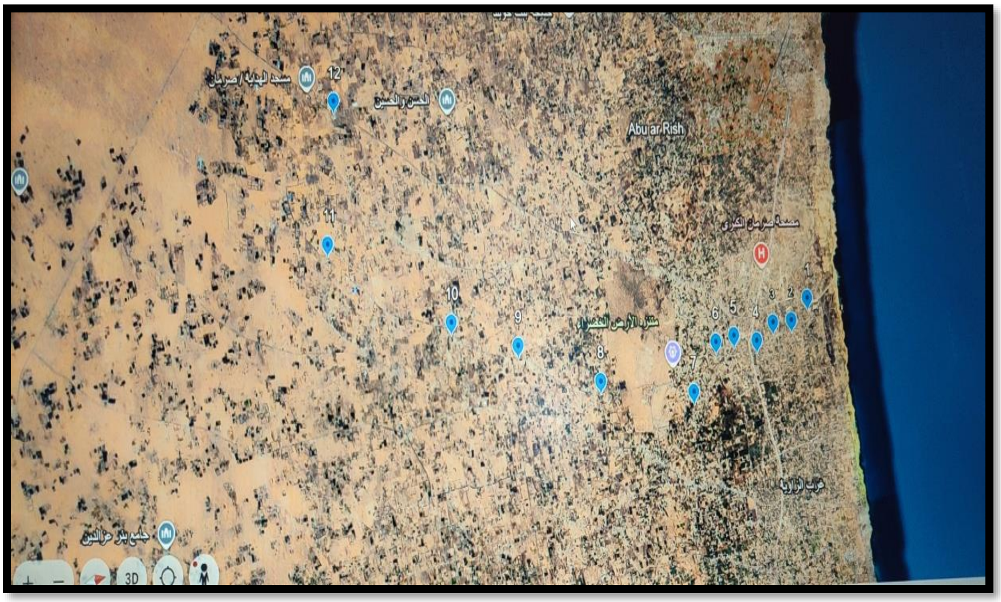
المواد والطرق

تم جمع عينات مياه أبار جوفية من 12 موقع بمدينة صرمان شمال غرب ليبيا وعلى أعماق مختلفة وبامتداد خطي تقريبا من قرب شط البحر حتى عمق 23 كيلومتر بتجاه باطن الجبل، وخلال شهر مارس لسنة 2025.

تم نقل العينات الى المختبر وأجريت لها التحاليل التي اشتملت على الموصلية الكهربائية (EC)، قياس درجة الحامضية (PH) والمعايرة الحجمية.

*التحليل الكيميائي لحساب الاملاح الكلية الذائبة (TDS) بالموصلية الكهربائية. *تقدير الكالسيوم والمغنسيوم في العينة عن طريق المعايرة مع (EDTA) بوجود حبة الكالسيوم ككاشف، هيدروكسيد الصوديوم 10% ومحلول منظم. *تقدير الكلور في العينة بالمعايرة بواسطة نترات الفضة (0.02 N) مع وجود حمض الكبريتيك (0.02 N)، كاشف فينول فيثالين وكرومات البوتاسيوم 10%.

صورة جوية لمواقع الابار المختبرة



جدول (1) مواصفات جودة المياه حسب معايير منظمة الصحة العالمية (WHO – 2022) والمعايير الليبية الوطنية حسب مواصفة (LS82:2013) والاوزان النسبية الازمة لحساب WQI. [1، 2]

Parameters (mg/l)	Drinking standards (WHO–2022)	Libya Standard (LS82:2013)	Assigned Weight (wi)	Relative Weight (wi)
Ca+2	75 – 200 mg/l	≤ 200 mg/l	3	0.083
Mg+2	30 –150 mg/l	≤ 150 mg/l	3	0.083
TDS	500 –1000 mg/l	≤ 1000 mg/l	5	0.138
CL–	200 – 250 mg/l	≤ 250 mg/l	5	0.138
PH	6.5 – 8.5	≤ 85	2	0.055

جمع العينات:

تم جمع عينات من عدة ابار تمتد من المنطقة القريبة من شط البحر شمالا وبتجاه الجنوب، بهدف إجراء تحاليل مخبرية دقيقة لتحديد خصائص المياه وجودتها. تأتي هذه الخطوة ضمن إطار دراسة علمية تهدف إلى تقييم التغيرات المحتملة في نوعية المياه

على امتداد هذا المسار الجغرافي، مما يساهم في فهم التأثيرات البيئية او الجيولوجية التي قد تؤثر على مصادر المياه الجوفية في المنطقة.

النتائج:

في هذه الدراسة تم تحليل مجموعة من العينات المأخوذة من آبار جوفية موزعة على عدة مواقع جغرافية بمدينة صرمان. وقد ركّز التحليل الكيميائي على عدد من العناصر الأساسية، أهمها الكالسيوم (PH,Cl,TDS,Mg,Ca) ، نظرًا لدورها المحوري في تحديد جودة المياه وصلاحيتها للاستخدام البشري.

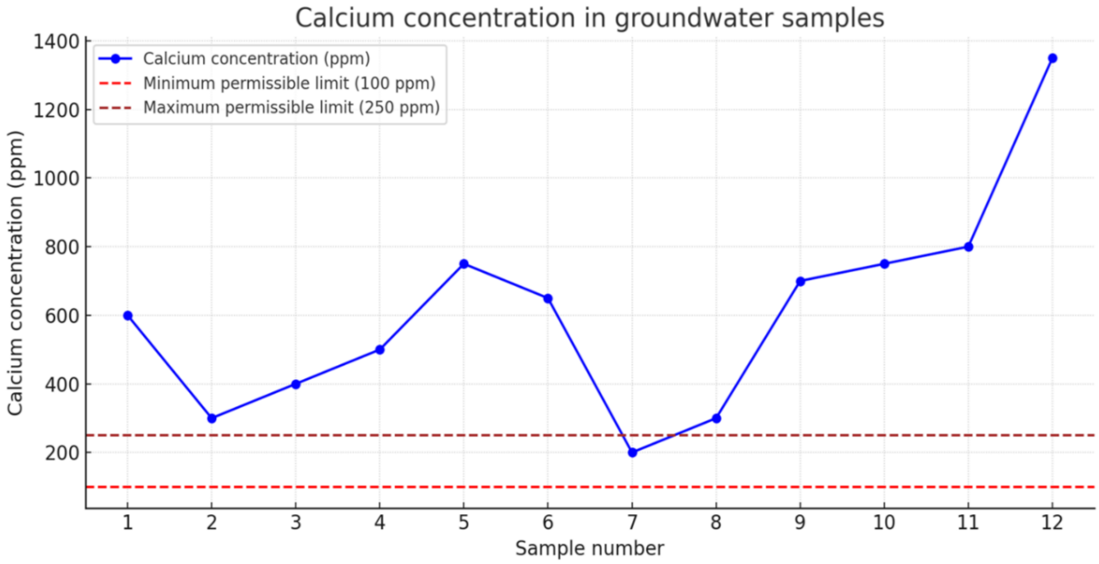
الجدول (2) التالي يوضح نتائج تحليل 12 عينة لمياه جوفية والحد المسموح به (بوحدة ملغ/لتر):

رقم العينة	البعد من شط البحر / كم	نسبة الكالسيوم ppm	نسبة المغنسيوم ppm	نسبة الاملاح الذائبة ppm	نسبة الكلور ppm	درجة الحموضة PH
1	1.637	588	1268	3100	2132	6.5
2	2.551	302	998	2530	1620	6.2
3	3.336	424	556	1930	770	6.2
4	4.191	492	404	1560	695	5.7
5	5.257	752	604	2120	1120	6.0
6	6.133	652	532	1820	900	5.8
7	7.315	224	208	780	355	6.6
8	11.400	365	275	1100	540	6.3
9	15.150	725	490	1560	500	6.3
10	18.230	770	540	1940	905	6.1
11	24.00	805	465	1530	490	6.1
12	23.930	1330	965	2470	540	6.2
الحد المسموح به لمياه الشرب حسب المواصفة الليبية		200-100	150-30	1500-500	250	8.5-6.5
الحد المسموح به لمياه الابار الجوفية الصالحة للشرب		250-100	150-30	1500-500	250-200	8.5-6.5

تحليل النتائج ومناقشتها:

الكالسيوم:

المخطط (1) التالي يُظهر تركيز الكالسيوم في كل عينة من عينات مياه الآبار، مع توضيح الحد الأعلى المسموح به (250 ملغم/لتر).



أجري تحليل تركيز عنصر الكالسيوم (Ca^{2+}) في عدد من عينات المياه الجوفية باستخدام وحدة (mg/L)، وبلغت النتائج كما يلي: 588، 302، 424، 492، 752، 652، 224، 365، 725، 770، 805، 1330mg/L

في حين أن المجال الموصى به لمياه الشرب وفقًا لمنظمة الصحة العالمية (WHO) يتراوح بين 100إلى 250 ملغم/ل.

التحليل الإحصائي للعينات (Statistical Summary)

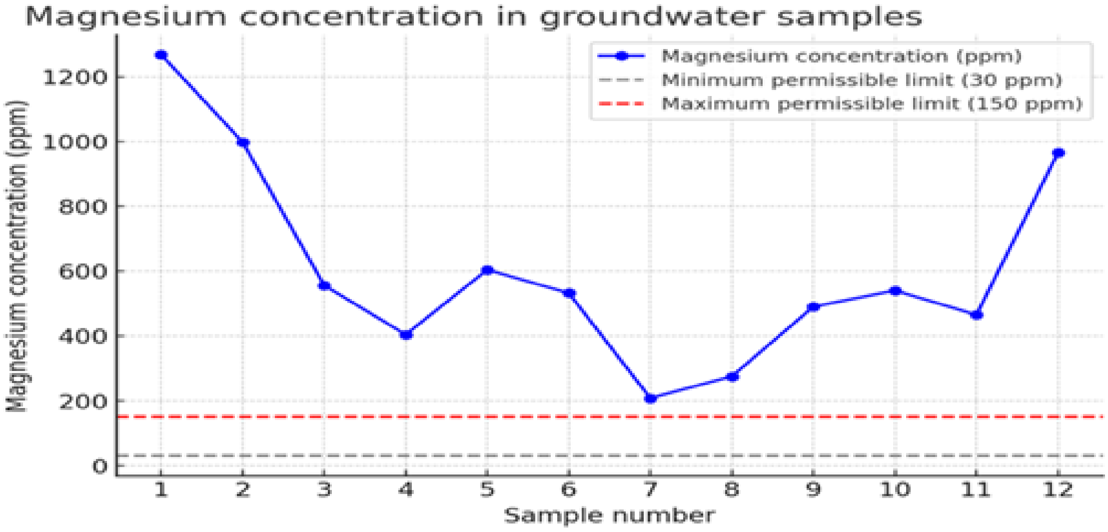
الإحصائية / Statistic	القيمة / Value
عدد العينات / Number of Samples	12
الحد الأدنى / Minimum	224 mg/L
الحد الأقصى / Maximum	1330 mg/L
المتوسط الحسابي/ Mean	≈ 610.4 mg/L
الوسيط / Median	540 mg/L
نسبة العينات المتجاوزة/ % Exceeding Limit	91.7%

أظهرت نتائج التحاليل ارتفاعًا ملحوظًا في تركيز الكالسيوم في معظم عينات المياه، حيث تجاوزت 91.7% من العينات الحد الأعلى الموصى به لمياه الشرب من قبل الهيئات الصحية. وقد سُجلت أعلى قيمة بواقع 1330ملغ/لتر، أي بما يزيد عن خمسة أضعاف الحد المسموح به، مما يشير إلى وجود مصدر جيولوجي غني بالكالسيوم يؤثر بوضوح في نوعية هذه المياه. في المقابل، شكّلت العينة رقم (7) استثناءً، إذ بلغت قيمتها 224ملغ/لتر ضمن المدى المسموح به، مما يجعلها صالحة للشرب. ويرتبط هذا الارتفاع بالطبيعة الجيولوجية الغنية بالصخور الكلسية والرسوبية في منطقة الدراسة، والتي تسهم في ذوبان كميات كبيرة من كربونات الكالسيوم في المياه الجوفية، إضافةً إلى محدودية تجدد المخزون الجوفي وتراكم العناصر الذائبة، وكذلك تفاعلات التبادل الأيوني التي قد تعزز من ذوبانية الكالسيوم. ويؤدي هذا الارتفاع إلى زيادة واضحة في صلابة المياه(Hardness) ، ما يشكل تحديًا لاستخدامها في أغراض الشرب دون معالجات مسبقة.

وتترتب على المستويات العالية من الكالسيوم آثار صحية وبيئية وصناعية متعددة؛ فمن الناحية الصحية، ورغم أهمية الكالسيوم بكميات معتدلة في بناء العظام والأسنان وتنظيم وظائف القلب والجهاز العصبي، فإن ارتفاعه إلى هذه المستويات قد يسهم في تكوّن حصى الكلى لدى بعض الأفراد، إضافةً إلى إعطاء طعم غير مستساغ للمياه. أما على المستوى البيئي والصناعي، فإن صلابة المياه الناتجة عن الكالسيوم المرتفع تسبب ترسبات كلسية في شبكات التوزيع والأجهزة المنزلية، وتؤثر سلبًا على كفاءة أنظمة التسخين والغلايات، كما قد تعيق عمليات الري الزراعي نتيجة تراكم الأملاح في التربة.

المغنيسيوم

المخطط (2) التالي يُظهر تركيز المغنيسيوم في كل عينة من عينات مياه الآبار، مع توضيح الحد الأدنى والأعلى المسموح به بوحدة ملغم/لتر.



أجري تحليل تركيز عنصر المغنيسيوم (Mg^{2+}) في عدد من عينات المياه الجوفية باستخدام وحدة (mg/L)، وبلغت النتائج كما يلي: 1268 ، 998 ، 556 ، 404 ، 604 ، 532 ، 208 ، 275 ، 490 ، 540 ، 465 ، 965 mg/l

في حين أن المجال الموصي به لمياه الشرب وفقًا لمنظمة الصحة العالمية (WHO) يتراوح بين 30 إلى 150 ملغم/ل .

التحليل الإحصائي للعينات (Statistical Summary)

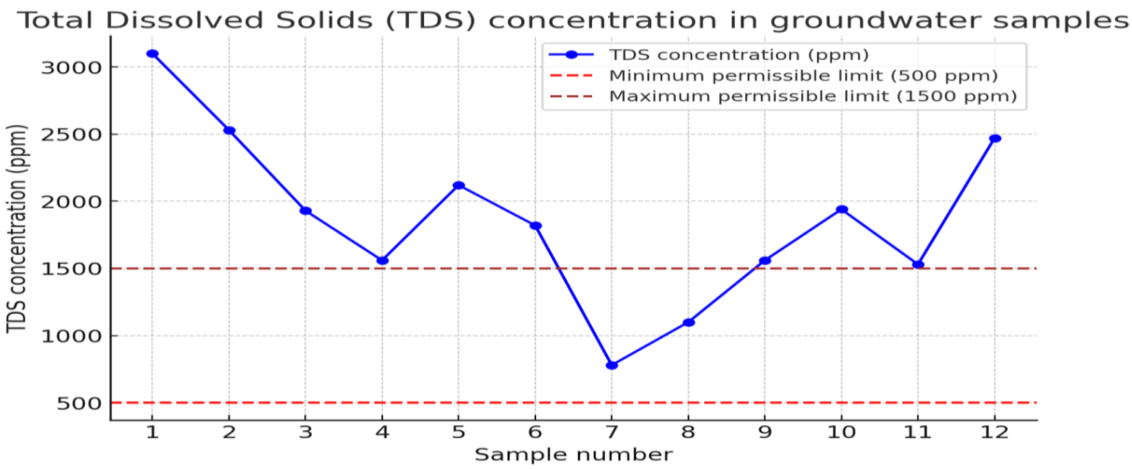
الإحصائية / Statistic	القيمة / Value
عدد العينات / Number of Samples	12
الحد الأدنى / Minimum	208 mg/L
الحد الأقصى / Maximum	1268 mg/L
المتوسط الحسابي/ Mean	≈ 602 mg/L
الوسيط / Median	636 mg/L
نسبة العينات المتجاوزة/ % Exceeding Limit	100%

أظهرت نتائج التحاليل أن جميع العينات المدروسة تجاوزت الحد الأقصى الموصي به لتركيزات المغنيسيوم في مياه الشرب، والذي يتراوح بين 30–150ملغ/ل وفقًا لإرشادات منظمة الصحة العالمية (WHO) والمعايير الخليجية/الوطنية (1،2،20). وقد سجّلت العينات القريبة من شط البحر، خصوصًا العينة رقم (1) بتركيز بلغ حوالي 1268ملغ/ل والعينة رقم (2) بتركيز 998ملغ/ل، أعلى القيم المرصودة متجاوزةً الحدود الإرشادية بعدة أضعاف. كما أظهرت العينة رقم (12)، رغم كونها الأبعد عن الساحل، تركيزًا مرتفعًا بلغ 965ملغ/ل .**أما** بقية العينات فقد تجاوزت الحد الإرشادي أيضًا ولكن بدرجات أقل حدّة. ويمكن تفسير هذا الارتفاع بوجود تكوينات جيولوجية غنية بالمغنيسيوم مثل الدولوميت أو الماغنيزيت، أو نتيجة لاستخدام الأسمدة الزراعية المحتوية على المغنيسيوم، بالإضافة إلى ضعف التهوية أو تدني معدلات تجدد المياه الجوفية مما يسمح بتراكم المعادن. وتترتب على المستويات المرتفعة للمغنيسيوم آثار صحية متعددة، إذ أن تناوله بكميات تفوق الحد الطبيعي قد يؤدي إلى الإسهال، ضعف العضلات، انخفاض ضغط الدم، وتفاقم المشكلات الصحية لدى مرضى الكلى. كما تشير منظمة الصحة العالمية إلى أن المياه التي تحتوي على تركيزات تفوق 125ملغ/ل قد تصبح غير مستساغة الطعم. علاوة على ذلك، يؤدي الارتفاع المشترك للمغنيسيوم والكالسيوم إلى زيادة عسر المياه، مما ينعكس سلبًا على كفاءة الأجهزة المنزلية ويسهم في ترسيب الأملاح داخل الأنابيب والغلايات. ومن الناحية الاقتصادية،

فإن هذه النتائج تبرز الحاجة إلى معالجة المياه قبل استخدامها لأغراض الشرب أو الزراعة، عبر تقنيات متقدمة مثل الترشيح بالتبادل الأيوني أو التناضح العكسي(RO) ، وذلك لضمان جودتها وحماية الصحة العامة.

الاملاح الذائبة

المخطط (3) التالي يُظهر تركيز الأملاح الذائبة (TDS) في كل عينة من عينات مياه الآبار، مع توضيح الحد الأعلى المسموح به للشرب (1500 ملغم/لتر).



تم تحليل 12 عينة من مياه الآبار، وأظهرت النتائج القيم التالية (بوحدة ملغ/ل):

3100، 2530، 1930، 1560، 2120، 1820، 780، 1100، 1560، 1940، 1530، 2470

في حين أن المجال الموصي به لمياه الابار الصالحة للشرب وفقًا لمنظمة الصحة العالمية (WHO) يتراوح بين 500 إلى 1500 ملغم/ل .

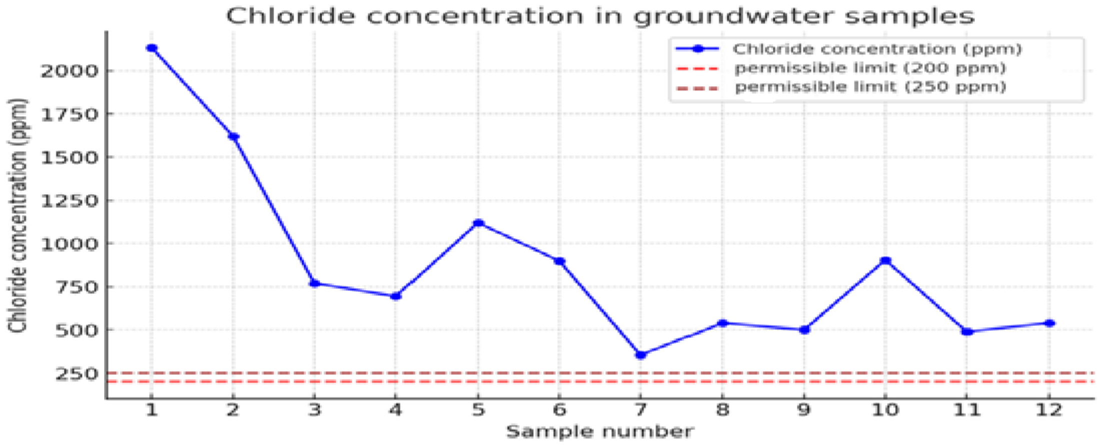
التحليل الإحصائي للعينات (Statistical Summary)

الإحصائية / Statistic	القيمة / Value
عدد العينات / Number of Samples	12
الحد الأدنى / Minimum	780 mg/L
الحد الأقصى / Maximum	3100 mg/L
المتوسط الحسابي/ Mean	≈ 1856 mg/L
الوسيط / Median	1780mg/L
نسبة العينات المتجاوزة/ % Exceeding Limit	75%

أظهرت نتائج التحاليل أن معظم العينات المدروسة سجّلت تركيزات مرتفعة من الأملاح الذائبة الكلية (TDS) تجاوزت الحد الأقصى الموصي به لمياه الشرب (1000 ملغم/لتر) وفقًا للمعايير العالمية، حيث سُجلت أعلى القيم في العينات رقم (1) و(2) القريبتين من شط البحر، وكذلك في العينة رقم (12) الأبعد نسبيًا عن الساحل، بينما اقتصرت العينتان رقم (7) و(8) على قيم ضمن الحدود المقبولة. وتشير هذه النتائج إلى الحاجة الملحة لتقييم هذا المصدر المائي من منظور حماية الصحة العامة، إذ يمكن أن تعود الزيادة في TDS إلى عدة عوامل محتملة، منها تسرب مياه البحر أو المياه المالحة من الطبقات الجوفية العميقة (ظاهرة التداخل المالح)، أو الاستخدام المكثف للأسمدة في الأراضي الزراعية المحيطة، بالإضافة إلى وجود تراكيز مرتفعة من بعض الأيونات مثل الكالسيوم، الصوديوم، الكبريتات، والكلوريد. وترتبط المستويات العالية من TDS بعدد من الآثار السلبية، حيث قد تمنح المياه طعمًا مالحًا أو مرًا غير مقبول للشرب، كما أن ارتفاع بعض مكوناته الفردية (مثل النترات أو المعادن الثقيلة) قد يشكل خطرًا صحيًا عند تجاوز الحدود المسموح بها. إضافة إلى ذلك، فإن المياه ذات TDS مرتفع تُسهم في ترسيب الأملاح داخل الأنابيب والأجهزة المنزلية، مما يقلل من كفاءتها التشغيلية ويقصر من عمرها الافتراضي.

الكلوريدات:

المخطط (4) التالي يُظهر تركيز الكلور في كل عينة من عينات مياه الآبار، مع توضيح الحد الأعلى المسموح به للشرب (250 ملغم/لتر).



أجري تحليل تركيز عنصر الكلور في عدد من عينات المياه الجوفية باستخدام وحدة (mg/L)، وبلغت النتائج كما يلي:

2132 ، 1620 ، 770 ، 695 ، 1120 ، 900 ، 355 ، 540 ، 500 ، 905 ، 490 ، 540

في حين أن المجال الموصي به لمياه الشرب وفقًا لمنظمة الصحة العالمية (WHO) يتراوح بين 200 إلى 250 ملغم/ل.

التحليل الإحصائي للعينات (Statistical Summary)

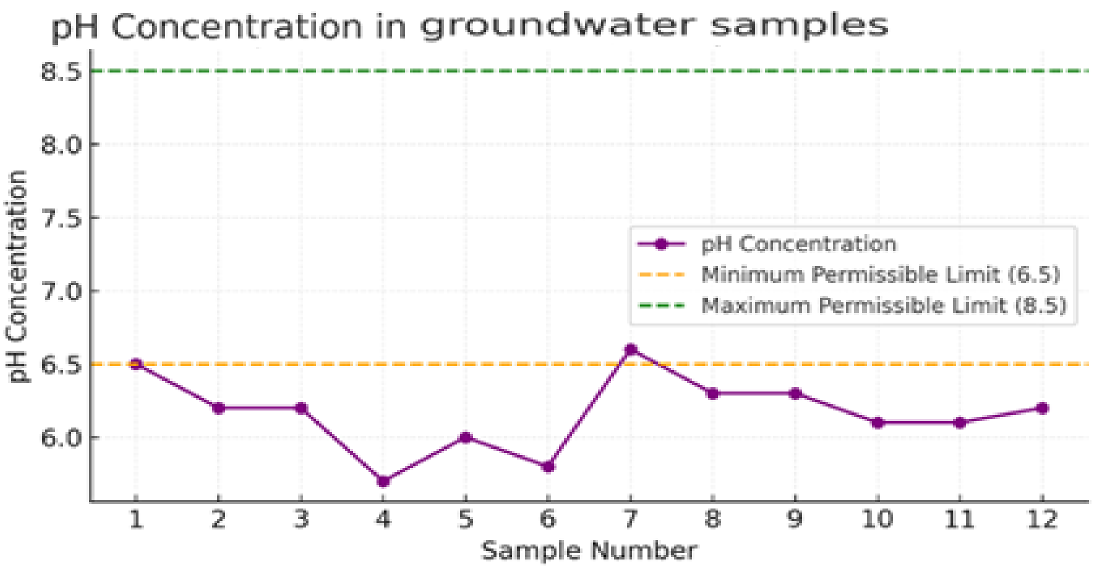
الإحصائية / Statistic	القيمة / Value
عدد العينات / Number of Samples	12
الحد الأدنى / Minimum	355 mg/L
الحد الأقصى / Maximum	2132 mg/L
المتوسط الحسابي/ Mean	≈ 880.85mg/L
الوسيط / Median	732.5 mg/L
نسبة العينات المتجاوزة/ % Exceeding Limit	100%

أظهرت نتائج التحاليل الكيميائية أن جميع عينات المياه الجوفية المدروسة (12/12) تجاوزت الحد الأقصى الموصي به لمياه الشرب وفقًا لإرشادات منظمة الصحة العالمية(WHO) ، والبالغ 250ملغم/لتر. وقد تميزت العينات الواقعة بالقرب من الساحل، لاسيما العينة رقم (1) و(2)، بأعلى التراكيز مقارنةً ببقية العينات، مما يشير إلى احتمالية تأثرها المباشر بالتداخل مع مياه البحر أو بمصادر أخرى للملوحة. وقد تراوحت القيم المقاسة بين 355ملغم/لتر كحد أدنى، أي بزيادة قدرها نحو 42% عن المعيار المسموح، و 2132 ملغم/لتر كحد أقصى، بما يعادل 8.5 ضعف الحد المقرر، الأمر الذي يؤكد عدم صلاحية هذه المياه للاستهلاك البشري المباشر دون معالجات مناسبة.

وتعزى المستويات المرتفعة من الكلوريد إلى عدة عوامل محتملة، تشمل التداخل مع مياه البحر في المناطق الساحلية، أو التلوث الناتج عن مياه الصرف الزراعي والصناعي، إضافةً إلى الطبيعة الجيولوجية للتكوينات الصخرية الغنية بأملاح الكلوريد، فضلاً عن احتمالية تسرب الملوحة بسبب قدم بعض الآبار أو ضعف في إحكامها. وتنعكس هذه الزيادة في التراكيز سلبًا من خلال إضفاء طعم مالح غير مرغوب، والتأثير على صحة الفئات الحساسة عبر زيادة احتمالية ارتفاع ضغط الدم، بالإضافة إلى التسبب في تآكل الأنابيب وشبكات التوزيع والأجهزة المنزلية. كما يمكن اعتبار هذه المؤشرات دليلاً على احتمالية وجود ملوثات أخرى مرتبطة بارتفاع الأملاح، مثل عنصر الصوديوم، مما يستدعي تكثيف برامج الرصد والدراسة الشاملة لجودة المياه الجوفية في المنطقة.

الاس الهيدروجيني (PH)

المخطط (5) التالي يُظهر تركيز الاس الهيدروجيني في كل عينة من عينات مياه الآبار، مع توضيح المسموح به الذي يتراوح بين (8.5 – 6.5).



تم تحليل 12 عينة من مياه الآبار الجوفية وكانت النتائج كما يلي:

6.5، 6.2، 6.2، 5.7، 6.0، 5.8، 6.6، 6.3، 6.3، 6.1، 6.1، 6.2 في حين أن المجال الموصي به لمياه الشرب وفقًا لمنظمة الصحة العالمية (WHO) يتراوح بين 6.6 – 8.5.

التحليل الإحصائي للعينات (Statistical Summary)

الإحصائية / Statistic	القيمة / Value
عدد العينات / Number of Samples	12
الحد الأدنى / Minimum	5.7
الحد الأقصى / Maximum	6.6
المتوسط الحسابي/ Mean	≈ 6.15
الوسيط / Median	732.5 mg/L
نسبة العينات المتجاوزة/ % Exceeding Limit	83.3%

تشير نتائج التحاليل إلى أن غالبية العينات المدروسة (83.3%) سجّلت قيمًا لدرجة الحموضة (pH) أقل من الحد الأدنى الموصي به لمياه الشرب (6.5) وفقًا للمعايير العالمية، مما يدل على ميل واضح نحو الحموضة. وتُعد هذه النتيجة مثيرة للقلق نظرًا لما قد تعكسه من مؤشرات على وجود معادن ثقيلة أو حدوث تفاعلات كيميائية في التربة، إضافةً إلى ما قد تسببه من تآكل للأنابيب المعدنية المستخدمة في شبكات التوزيع، الأمر الذي يرفع من احتمالية تسرب عناصر سامة مثل الرصاص والنحاس إلى المياه. ويُعزى انخفاض pH في المياه الجوفية إلى مجموعة من العوامل، من أبرزها الطبيعة الجيولوجية للتربة الفقيرة بالمعادن الكربونية (مثل الكالسيت) مما يحد من قدرتها على معادلة الحموضة، إضافةً إلى تأثير الأمطار الحمضية الناتجة عن الانبعاثات الصناعية وغازات المركبات (SO_2 وNO_x) والتي تسهم في خفض pH عند تسربها إلى الطبقات الجوفية، فضلاً عن التحلل العضوي للمواد في التربة الذي يطلق ثاني أكسيد الكربون (CO_2) مكونًا حمض الكربونيك الذي يزيد من درجة الحموضة. وتترتب على انخفاض pHآثار بيئية وصحية متعددة، أبرزها زيادة ذوبانية المعادن الثقيلة كالحديد والمنغنيز والرصاص والزنك، وما لذلك من انعكاسات على تلوث المياه وتراكم هذه المعادن في جسم الإنسان عند استهلاكها، بالإضافة إلى تآكل البنية التحتية لشبكات التوزيع المعدنية،

مما قد يؤدي إلى زيادة مستويات المعادن في المياه. كما أن استهلاك المياه الحامضية لفترات طويلة يرتبط بمشكلات صحية تشمل اضطرابات في الجهاز الهضمي، تهيج الجلد، وزيادة احتمالية الإصابة بأمراض ناتجة عن تراكم المعادن الثقيلة.

الاستنتاج (Conclusion)

1. تشير نتائج تحليل تركيز عنصر الكالسيوم (Ca^{2+}) في مياه الآبار الجوفية إلى تجاوزٍ واضح للحدود الموصي بها من قبل منظمة الصحة العالمية، والتي تتراوح ما بين 100 إلى 250 ملغم/لتر. حيث أظهرت البيانات أن 91.7% من العينات المدروسة سجلت تركيزات تفوق هذا النطاق، بمتوسط عام بلغ حوالي 610 ملغم/لتر، ووصولًا إلى قيمة قصوى مقدارها 1330 ملغم/لتر.

يُعزى هذا الارتفاع إلى الطبيعة الجيولوجية الغنية بالصخور الكلسية والرسوبية في منطقة الدراسة، مما يؤدي إلى ذوبان كميات كبيرة من كربونات الكالسيوم في المياه الجوفية. هذا التركيز المرتفع يعكس مستوى عالٍ من صلابة المياه (Hardness) ويشكل تحديًا لاستخدام المياه لأغراض الشرب دون معالجة.

2. تشير نتائج إلى أن تراكيز عنصر المغنيسيوم تتجاوز بشكل كبير القيم القياسية الموصي بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO) والمحددة بين 30 إلى 150 ملغم/لتر. حيث تراوحت القيم المقاسة بين 208 و1268 ملغم/لتر، مع تسجيل أعلى قيمة عند 1268 ملغم/لتر وأدنى قيمة عند 208 ملغم/لتر، وجميع القراءات (12 عينة) تجاوزت الحد الأعلى الموصي به.

هذه النتائج تدل على أن المياه الجوفية في المنطقة المدروسة تحتوي على تراكيز مرتفعة من المغنيسيوم، مما قد يعكس تأثر المياه بالتركيب الجيولوجي للصخور الحاملة للمغنيسيوم أو الذوبانية العالية للمعادن المغنيسية في الطبقات المائية. كما أن الاستهلاك المستمر لهذه المياه قد يؤدي إلى آثار صحية سلبية محتملة، خصوصًا على مرضى الكلى أو من يعانون من مشاكل في امتصاص الأملاح، بالإضافة إلى التأثير السلبي على طعم المياه وصلاحيتها للاستخدام المنزلي أو الزراعي.

3. تركيز الأملاح الذائبة الكلية (TDS) يتجاوز في معظمها القيم القياسية الموصي بها من قبل منظمة الصحة العالمية (WHO)، والتي تتراوح بين 500 إلى 1500 ملغم/لتر. حيث تراوحت القيم المقاسة بين 780 ملغم/لتر إلى 3100. تشير هذه القيم المرتفعة إلى أن المياه الجوفية في المنطقة المدروسة تعاني من ملوحة مرتفعة نسبيًا، ما قد يؤثر سلبًا على جودة المياه للشرب، وصحة الإنسان، وكفاءة استخدام المياه في الزراعة، خاصة للمحاصيل الحساسة للملوحة.

4. تركيز الكلوريدات يتجاوز في معظمها القيم القياسية الموصي بها من قبل منظمة الصحة العالمية (WHO) والتي تتراوح بين 200–250 ملغم/لتر.

ارتفاع تركيز الكلوريد غالباً ما يكون نتيجة لتداخل مياه البحر (في المناطق الساحلية) أو بسبب التلوث البشري (مثل استخدام مياه الصرف أو الأسمدة).

5. تشير نتائج تحليل درجة الحموضة إلى أن 83.3% من العينات تقع تحت الحد الأدنى الموصي به (6.5) حسب المواصفات القياسية لمنظمة الصحة العالمية (WHO) مما يدل على ميل المياه نحو الحموضة. هذا الانخفاض في pH قد يؤثر سلبًا على جودة المياه وصلاحيتها للاستهلاك البشري.

الخاتمة

خلصت هذه الدراسة إلى أن المياه الجوفية في بعض مناطق مدينة صرمان تحتوي على تراكيز مرتفعة من الكالسيوم، الماغنسيوم، الأملاح الذائبة الكلية، والكلوريد، إلى جانب انخفاض في قيم pH في بعض العينات. تُعد هذه النتائج مؤشرًا مهمًا على وجود تحديات تتعلق بجودة المياه الجوفية في المدينة، مما يستدعي تدخلات عاجلة على مستوى الرصد، التحليل، والمعالجة. وبناءً على المقارنة مع المواصفات القياسية لمياه الشرب، فإن عددًا من العينات غير صالحة للاستهلاك البشري المباشر دون معالجة. باستثناء العينة رقم (7) والتي كانت من أفضل العينات المدروسة من حيث تطابق معظم تراكيز العناصر مع المواصفات القياسية لمياه الشرب، حيث جاءت ضمن الحدود المسموح بها لكل من الكالسيوم، الأملاح الذائبة، ودرجة الحموضة، في حين لوحظ ارتفاع طفيف في تركيزي المغنسيوم والكلوريد، إلا أنهما أقل مقارنة ببقية العينات الأخرى."

تؤكد هذه النتائج الحاجة إلى تعزيز إدارة الموارد المائية الجوفية في صرمان من خلال اعتماد حلول علمية وتقنية، إلى جانب دور التوعية المجتمعية. كما توصي الدراسة بإجراء أبحاث إضافية تغطي عناصر أخرى قد تؤثر في جودة المياه وصحة الإنسان.

التوصيات: (Recommendations)

1. عدم صلاحية المياه للشرب المباشر:
   - تُعتبر جميع العينات غير صالحة للاستهلاك البشري دون معالجة، بسبب تجاوزها لنسب العناصر الذائبة)كالسيوم، مغنيسيوم، كلور، TDS).
2. ضرورة المعالجة الكيميائية:
   - يوصى باستخدام تقنيات إزالة العسر (Softening) للمياه، خاصة لإزالة الكالسيوم والمغنيسيوم.
   - استخدام تقنيات التناضح العكسي (RO) أو التبادل الأيوني يمكن أن يكون مناسبًا لتحسين جودة المياه.
3. تحسين درجة الحموضة:
   - يجب تعديل درجة الحموضة لتصبح ضمن النطاق الطبيعي (6.5 – 8.5) باستخدام محاليل قاعدية مناسبة مثل كربونات الصوديوم أو الجير Calcium) hydroxide)
4. التحقق من مصدر التلوث:
   - يُنصح بإجراء دراسة أعمق للمناطق الجغرافية للكشف عن مصادر التلوث بالكلور، مثل التلوث الصناعي أو التسرب من أنظمة الصرف الصحي أو الاستخدام المفرط للأسمدة.
5. إجراء تحليل دوري:
   - ينصح بإنشاء برنامج رصد دوري لمياه الآبار، خاصة في المناطق التي تجاوزت الحدود المسموح بها، وذلك لضمان مراقبة التغيرات ومراقبة كفاءة المعالجة إن وُجدت.
6. التوعية المجتمعية:
   - نشر التوعية بين السكان في تلك المناطق حول مخاطر استهلاك المياه غير المعالجة، والتشجيع على استخدام المياه المعالجة أو المعبأة.
7. النظر في استخدام المياه لأغراض أخرى غير الشرب في حال عدم التمكن من معالجتها، مثل الاستخدام الصناعي أو الزراعي بشروط.

Reference

(1) المواصفات القياسية الليبية رقم (82) لمياه الشرب (2013). المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية (LNCS).

2) World Health Organization (WHO). (2022). *Guidelines for Drinking-water Quality*, 4th edition incorporating the 1st addendum. Geneva: WHO. https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064

(3)عبد الرزاق مصباح الصادق, خيري محمد العماري, علي خير صاير " تقييم جودة المياه الجوفية لأغراض الشرب باستخدام مؤشر جودة المياه في مدينة صرمان –ليبيا " المجلة الليبية لعلوم وتكنولوجيا البيئة. Vol. 1 No.2 Dec 2019

(4) Aldeeb, W., Aggiag, A., Alamin, T., & Algeidi, O. (2024). Assessment of Ground Water Quality for Drinking Purpose through WQI in Surman (Zakry Locality), Libya. *International Science and Technology Journal (ISTJ)*, 43(2), 1–12

(5)Wafa Edeeb1*, Omar Algeidi2. "Assessment of Ground Water Quality through WQI in Mitrid, Libya" Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Sabratha University, Libya.

(6) Ali, A. A., & El-Sayed, M. A. (2017). *Degradation of groundwater quality in coastal aquifer of Sabratah area, NW Libya*. Environmental Earth Sciences, 76, 522. Retrieved from https://www.springerprofessional.de/en/degradation-of-groundwater-quality-in-coastal-aquifer-of-sabrata/15128382

(7) خيري محمد العماري,عبدالرزاق مصباح الصادق "استخدام مؤشر جودة المياه لتقييم نوعية المياه الجوفية بمنطقة النواحي الأربعة في ليبيا" مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية : مجلد 4 عدد 2 (2018)

_(8) Fathi, M. E. (2017). Evaluation of Ground Water Quality and Suitability for Drinking Purposes in Alagilat Area, Libya. ***American Journal of Engineering Research (AJER)***, 6(6), 16–23.

(9) Nagwa H. S. Ahmidaa* Majdi Buaishaa and Mohamed H. S. Ahmidab "Assessment of Groundwater Quality in Shebna Region, Benghazi-Libya and Its Suitability for Drinking and Domestic Purposes. Scholars Research Library, , 2016, 8 (7):4-11. (http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html)

(10) G. Achuthan Nair2, Jalal Ahmed Bohjuari1, Muftah A. Al-Mariami1, Fathi Ali Attia1 and Fatma F. El-Toumi1. " Groundwater quality of north-east Libya" Journal of Environmental Biology. October, 27(4) 695-700 (2006).

(11) amad, J.R.J.; Yaacob, W.Z.; Omran, A. *Quality Assessment of Groundwater Resources in the City of Al-Marj, Libya*. *Processes*. 2021; 9(1):154. mdpi.com

(12) Abdelkader, H. A. (2006). *Groundwater quality of north-east Libya*. ResearchGate. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/51386744_Groundwater_quality_of_north-east_Libya

(13) mohamed Ali Elssaidi, Ramadan Mohamed Aishah, Qurban Ali Panhwar, *Water quality indices for the evaluation of the groundwater quality in southwestern Libya*, *Water Practice & Technology*, volum e 19(7), يوليو 2024 . iwaponline.com

_(14) Ahmad, O. A., Gazzaz, N. M., & Khair Alshebani, A. (2022). *Ground water quality in Wadi Shati (Libya): Physicochemical analysis and environmental implications*. Journal of Water and Land Development, 53, 128-137. jwld.p

(15) Muftah, B., Elsarat, M., & Salloum, F. (2025). Assessment of Groundwater Quality in Zelten City, Al Jifara Plain, NW Libya. *Iraqi National Journal of Earth Sciences*,19(1), 1-11.

(16) https://doi.org/10.33899/earth.2024.152084.1324

* Hend Samir Atta1* , Maha Abdel-Salam Omar1 and Ahmed Mohamed Tawfik2. "Water quality index for assessment of drinking groundwater purpose case study: area surrounding Ismailia Canal, Egypt"Journal of Engineering and Applied Science (2022) 69:83. https://doi.org/10.1186/s44147-022-00138-9

_(17) Megahed, H. A. (2020). GIS-based assessment of groundwater quality and suitability for drinking in Wadi El-Assiuti, Egypt. *Bulletin of the National Research Centre*, 44, 28.

(18) Ait Said, B., Mili, E.M, El Faleh, E. M, Mehdaoui, R. Abderrahmane, M. Ezzahra, H. F., Tlemcani, J., & El Fakir, R. (2023). Hydrochemical evolution and groundwater quality assessment of the Tinejdad-Touroug quaternary aquifer, South-East Morocco. Frontiers in Ecology and Evolution, 11, 1201748. https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1201748 (19) Doubi, M., Nimour, A., Dermaj, A., Aboulouafa, M., Touir, R., & Erramli, H. (2021). *Physicochemical Analysis of Ground Water Quality, Hydrochemical Characterization of the Doukkala Plain, Morocco*. *Oriental Journal of Chemistry*, **37**(2), 354-361. (20) Saudi Arabian Standards Organization (SASO) for Drinking Water Quality.