Journal of Libyan Academy Bani Walid 2026
مجلة الأكاديمية الليبية بني وليد
e-ISSN: 3104-3860
Volume 2, Issue 3, 2026, Pages: 130-144
Website: https://journals.labjournal.ly/index.php/Jlabw/index

# An Applied Study on the Efficiency of Drinking Water Well Purification Plants in Selected Neighborhoods of Sebha City

**Nabeel Salih Ali Omar** *
Department of General Sciences, Faculty of Natural Resources, Al jufra University, Libya.
*Email: Nabeel49Omar@ju.edu.ly

# دراسة تطبيقية لكفاءة محطات تنقية مياه آبار الشرب لبعض أحياء مدينة سبها

**نبيل صالح علي عمر** *
قسم العلوم العامة، كلية الموارد الطبيعية، جامعة الجفرة، ليبيا

| **Received:** 16-03-2026 | **Accepted:** 10-05-2026 | **Published**: 26-05-2026 |
|---|---|---|
**Copyright:** © 2026 by the authors. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

**Abstract**

his applied study aims to evaluate the efficiency of three groundwater purification stations using reverse osmosis (RO) technology in certain high-density residential areas in the city of Sabha during May 2026. The study involved collecting six samples: the first three from untreated well water, and the other three from the produced water supplied to consumers from the purification stations in the aforementioned areas. Eleven physicochemical parameters were measured (pH, EC, TDS, $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$, $Na^{+}$, $K^{+}$, $Cl^{-}$, $SO_4^{2-}$, $HCO_3^{-}$, $NO_3^{-}$), in addition to microbiological examination. The analysis results of the raw water prior to treatment revealed severe quality degradation, as the Total Dissolved Solids (TDS) in the (Sukrah) district exceeded 3065 mg/L. Furthermore, sodium and chloride concentrations exceeded the permissible limits according to Libyan standard specifications across all study samples. The microbiological examination results also indicated bacterial contamination with total coliforms resulting from sewage water seepage. Conversely, after treatment, the stations achieved superior purification efficiency in salt removal, ranging between 97.20% and 98.33%, and a 100% biological disinfection efficiency. However, this high efficiency in salt removal led to a sharp drop in pH, shifting towards acidity (5.53 – 5.87). It also caused salinity to drop below 100 mg/L, rendering the water deficient in essential minerals required for the human body. Therefore, the study recommended mandating the stations to implement smart blending or remineralization techniques, activating periodic monitoring, and establishing modern, integrated sewage networks.

**Keywords:** Bacterial contamination, Desalination efficiency, Groundwater quality, Reverse Osmosis (RO), Sebha city.

**الملخص**

تهدف هذه الدراسة التطبيقية إلى تقييم كفاءة ثلاث محطات لتنقية مياه الآبار الجوفية باستخدام تقنية التناضح العكسي، في بعض التجمعات ذات الكثافة السكانية العالية بمدينة سبها، وذلك خلال شهر مايو 2026. وقد شملت الدراسة جمع عدد ست عينات، الثلاثة الأولى من مياه الآبار غير المعالجة، والثلاثة الأخرى من المياه المنتجة والمجهزة للمستهلك من محطات التنقية في التجمعات المذكورة، تم قياس أحدى عشر مؤشراً فيزيائياً وكيميائياً (PH، EC، TDS، $Ca^{+2}$، $Mg^{+2}$، $Na^{+}$، $K^{+}$، $Cl^{-}$، $SO_4^{2-}$، $HCO_3^{-}$، $NO_3^{-}$)، بالإضافة إلى الفحص الميكروبيولوجي. أظهرت نتائج تحاليل عينات المياه الخام قبل المعالجة تدهوراً حاداً في الجودة، حيث تجاوزت الأملاح الذائبة الكلية (TDS) في حي سكرة (3065 mg/L) ، كما تجاوزت تراكيز الصوديوم والكلوريد الحدود المسموح بها وفق المواصفات القياسية الليبية في جميع عينات الدراسة، كما أظهرت نتائج الفحص الميكروبيولوجي وجود تلوث بكتيري بالقولونيات الكلية ناتج عن رشح مياه الصرف الصحي، بينما حققت المحطات بعد المعالجة كفاءة تنقية فائقة في إزالة الأملاح تراوحت بين (97.20% - 98.33%)، وكفاءة تطهير بيولوجي بنسبة 100%، إلا أن الكفاءة العالية في تنقية الأملاح أدت إلى هبوط حاد في الأس الهيدروجيني (pH) ليتجه نحو الحامضية (5.53 - 5.87)، كما أدى ذلك الى انخفاض الملوحة الى أقل من (100 mg/L)، مما يجعل المياه فقيرة من العناصر المعدنية اللازمة للجسم، لذا أوصت الدراسة بإلزام المحطات بتطبيق تقنية الخلط الذكي أو إعادة التمعدن، وتفعيل الرقابة الدورية، وإنشاء شبكات صرف صحي حديثة متكاملة.

**الكلمات المفتاحية:** التلوث البكتيري، التناضح العكسي، جودة المياه الجوفية، مدينة سبها، كفاءة التحلية.

**المقدمة**

تُعد المياه الجوفية المصدر الاستراتيجي والوحيد لإمدادات مياه الشرب والاستخدامات المنزلية في جنوب ليبيا، وتحديداً في مدينة سبها الواقعة على الحافة الشمالية لحوض مرزق (زين والشريف، 2020). إلا أن مياه هذا الحوض الجوفي باتت تواجه خلال العقود الأخيرة ضغوطاً متزايدة ونقصاً ناتجاً عن النمو السكاني المتسارع والتوسع العمراني العشوائي خارج المخطط العام لمدينة سبها، وبالتالي استنزاف المياه بشكل مفرط مما أدى الى انخفاض ملحوظ في منسوب المياه الجوفية من جهة، وتلوثها من جهة أخرى لعدة أسباب منها، ، غياب الشبكات المتكاملة لتصريف مياه الصرف الصحي والاعتماد على الآبار السوداء مما انعكس سلباً على جودة المياه الجوفية وتدهور خصائصها الفيزيائية والكيميائية من ناحية، ونضوبها من ناحية أخرى، تشكل هذه الضغوط مجتمعة عوامل تهديد بقاء واستقرار التجمعات السكانية (ناصر وأبو بكر، 2024).

تؤكد الدراسات السابقة أن مياه الآبار غير المعالجة في العديد من مناطق سبها تعاني من ارتفاع حاد في مستويات الأملاح الذائبة الكلية (TDS) والموصلية الكهربائية (EC)، فضلاً عن زيادة تركيزات الأيونات المسببة للعسر الكلي (الكالسيوم والمغنيسيوم) وأيونات الكلوريد والنترات، حيث رصدت بعض الأبحاث البيئية مؤشرات تدل على وجود تلوث ميكروبيولوجي بكتيري في طبقات المياه الجوفية القريبة من السطح، حيث أكدت محمد (2025) أن 85% من الآبار السطحية بالمدينة أظهرت تلوثاً كيميائياً وبكتيرياً دقيقاً، مع ارتفاع مستويات الملوحة والعسر متجاوزة بذلك المعايير الدولية المسموح بها مما يشكل خطراً على الصحة العامة، كما أكد كلا من ناصر وأبو بكر (2024) هذه النتائج بإرجاع التدهور البيولوجي لظاهرة انتشار

الآبار السوداء وتداخل مياه الصرف الصحي مع مياه الآبار. تشكّل هذه المؤشرات في مجملها تهديداً مباشراً على الصحة العامة للمستهلكين، وتستدعي تدخلاً عاجلاً لمعالجة المياه وتنقيتها قبل ضخها في الشبكة العامة. ونتيجة لهذه المشاكل والتحديات البيئية التي حالت دون الحصول على مياه شرب نقية، انتشرت في الآونة الأخيرة في التجمعات السكنية مدينة سبها محطات تنقية وتحلية تعتمد بشكل أساسي على تقنية التناضح العكسي، كحل تطبيقي محلي لتوفير مياه عذبة وآمنة للشرب. ومع ذلك، فإن كفاءة تشغيل هذه المحطات، وقدرتها الاستيعابية لإزالة الشوائب والأملاح والتطهير الميكروبيولوجي بشكل كامل تختلف بناءً على الخصائص النوعية للمياه الخام قبل المعالجة، ومعدلات صيانة أجزاء محطات التنقية.

**الهدف من الدراسة:**

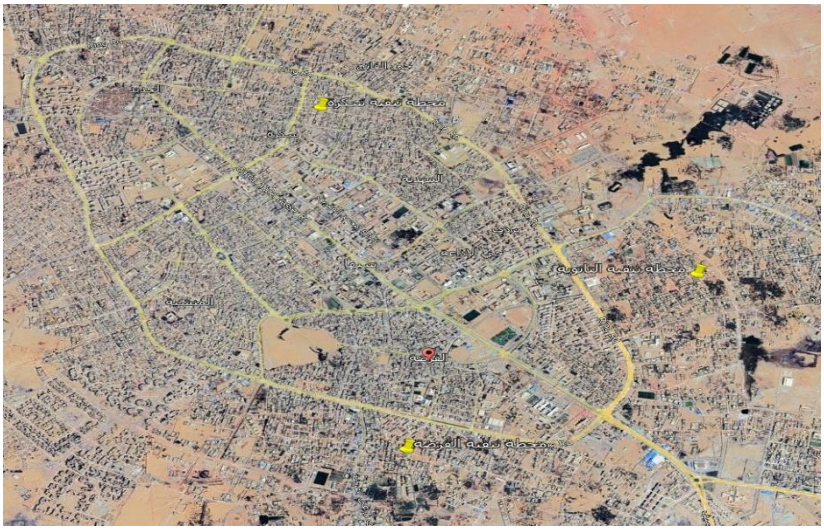
تهدف هذه الدراسة التطبيقية إلى تقييم كفاءة أداء ثلاث محطات لتنقية مياه الآبار الجوفية في التجمعات السكنية الأكثر كثافة بمدينة سبها، وهي (سكرة، القرضة، الثانوية)، وذلك من خلال دراسة الخصائص الفيزوكيميائية للمياه الخام (قبل المعالجة)، ثم مقارنتها بالمواصفات القياسية الليبية لتحديد حجم التلوث الكيميائي والميكروبي في المنطقة، ومن ثم حساب (كفاءة الإزالة%) بعد المعالجة للمؤشرات الفيزيائية والكيميائية المدروسة (الأملاح الذائبة الكلية، والموصلية الكهربائية، والأس الهيدروجيني، والأيونات الموجبة والسالبة كالكالسيوم، والمغنيسيوم، والصوديوم، والبوتاسيوم، والنترات، والبيكربونات، والكلوريد، والكبريتات)، بالإضافة الى تقييم جودة التطهير الميكروبيولوجي (البكتيريا القولونية الكلية).

**أهمية الدراسة:**

تكمن أهمية الدراسة في تقييم الخصائص الفيزوكيميائية والميكروبيولوجية لمياه الشرب المحلاة بواسطة تقنية التناضح العكسي، وتحديد أثر هذه المعالجة الحيوية على جودة المياه المنتجة والمجهزة للاستهلاك البشري، وتكتسب الدراسة أهميتها في حماية الصحة العامة لسكان المدينة، من خلال الكشف المبكر عن أي تلوث كيميائي أو ميكروبيولوجي في آبار المنطقة، كما ستسهم هذه الدراسة في توفير قاعدة بيانات لجهات الاختصاص لتفعيل آليات الرقابة الدورية على محطات التحلية التجارية المنتشرة بمدينة سبها واتخاذ الإجراءات اللازمة لضمان سلامة وصحة المستهلكين.

**منطقة الدراسة:**

تقع منطقة الدراسة في حوض فزان جنوب غرب ليبيا، وهي عاصمة فزان، والتي تتمركز جغرافياً عند "20 ′02 °27 شمالاً، "35 ′25 °14 شرقاً. وتتميز بارتفاع يصل إلى حوالي 420 متراً فوق مستوى سطح البحر، و يقدر أن عدد سكان المدينة قد تجاوز 200,000 نسمة بحلول سنة 2020م، في حين تبلغ مساحتها الحضرية حوالي 8048 هكتارا، منها داخل المخطط حوالي 3440 هكتارا، يضاف إليها امتداد عمراني خارج المخطط يقدر بقرابة 4608 هكتار (ناصر وأبو بكر، 2024) ، التجمعات السكنية بمنطقة الدراسة والموضحة في الصورة (1) تتداخل عمرانياً في قلب المدينة، فحي القرضة يُعد من أقدم الأحياء التاريخية والشعبية، بينما يمتد حي الثانوية (القرضة الشرقية سابقاً) في منطقة منبسطة ذات كثافة سكانية متوسطة، في حين يمثل حي سكرة أحد الأحياء ذات الكثافة السكانية العالية بالمدينة. تتميز المنطقة بالمناخ الصحراوي الجاف الشديد الحرارة صيفاً والبارد شتاءاً وتندر بها الأمطار ويرتفع معدل التبخر بشكل حاد.



**صورة (1)** توضح منطقة الدراسة ومواقع محطات التنقية لمياه الشرب.

**المواد وطرق العمل:**

**1- جمع العينات:**

أُجريت عملية جمع العينات باتباع الطرق القياسية المعتمدة، ثم نقلت فوراً الى المختبر المختص بتحاليل المياه، وذلك لأجراء مجموعة من التحاليل الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية اللازمة، حيث تم جمع عينات الدراسة في قناني بلاستيكية سعة لتر ونصف، وذلك خلال شهر مايو للعام 2026. شملت عملية الجمع ست عينات ممثلة بواقع عيّنتين من كل محطة تنقية، العينة الأولى تُمثل المياه الجوفية الخام قبل دخولها لوحدة التنقية والمعالجة، وجُمعت مباشرة من صنبور التغذية الرئيسي، والعينة الثانية تُمثل مياه الشرب المنتجة والمجهزة للاستهلاك بعد التنقية والمعالجة النهائية وجُمعت من نقطة التعبئة المخصصة للمستهلكين. جُمعت العينات من ثلاثة أحياء سكنية بمدينة سبها وهي (سكرة، القرضة، الثانوية).

**2- التحاليل الفيزيائية والكيميائية:**

تم إجراء التحاليل المعملية لعينات الدراسة بمختبر شركة السديم لتنقية وتحليل المياه بمدينة طرابلس – جنزور، وفقاً للطرق القياسية المعتمدة والواردة في دليل تحليل المياه (Hach Company, 2012) ، حيث تم قياس مؤشرات الأس الهيدروجيني (pH) بجهاز PH Meter نوع Hach HQ 30d، والموصلية الكهربائية (EC)، والاملاح الكلية الذائبة (TDS) باستخدام جهاز Conductivity Meter، كما تم قياس ايونات الكالسيوم $Ca^{+2}$ والمغنسيوم $Mg^{+2}$ بطريقة المعايرة العكسية المعقدة بواسطة EDTA (Titrimetric Method)، وايونات الصوديوم $Na^{+}$ والبوتاسيوم $K^{+}$ بجهاز BWB XP Flam photometer، أما الكلورايد $Cl^{-}$ فقد تم قياسه بطريقة المعايرة بمحلول نترات الفضة القياسي في وجود كرومات البوتاسيوم، كما تم قياس الكبريتات $SO_4^{-2}$ و النترات $NO_3^{-}$ باستخدام جهاز المطياف الضوئي (UV-Visible Spectrophotometer) عند أطوال موجية محددة لكل عنصر، كما تم تقدير البيكربونات $HCO_3^{-}$ بطريقة المعايرة بحمض الكبريتيك.

**3- التحليل الميكروبيولوجي:**

للكشف عن التلوث الميكروبيولوجي، تم فحص البكتيريا القولونية الكلية (Total Coliform) باستخدام تقنية الترشيح الغشائي (Membrane Filtration Technique) والواردة في (Hach Water Analysis Handbook).

**4- حساب كفاءة الإزالة:**

حُسبت (كفاءة الإزالة%) لمحطات تنقية ومعالجة مياه الشرب لجميع العينات المدروسة بعد عملية المعالجة

النهائية وفقاً للمعادلة الرياضية القياسية (Cheremisinoff, 2002):

$$\text{كفاءة الإزالة \%} = \frac{\text{التركيز قبل المعالجة} - \text{التركيز بعد المعالجة}}{\text{التركيز قبل المعالجة}} \times 100$$

**النتائج والمناقشة:**

**1- نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية:**

أظهرت نتائج التحاليل المعملية لعينات الدراسة تبايناً حاداً في جودة مياه آبار الشرب قبل المعالجة، مقارنة بالمياه المنتجة بعد المعالجة في محطات التنقية الثلاث (سكرة، القرضة، الثانوية)، كما هو موضح في الجدول (1).

**جدول (1)** نتائج تحاليل عينات الدراسة لمحطات المعالجة الثلاثة ومقارنتها بالمواصفات القياسية الليبية.

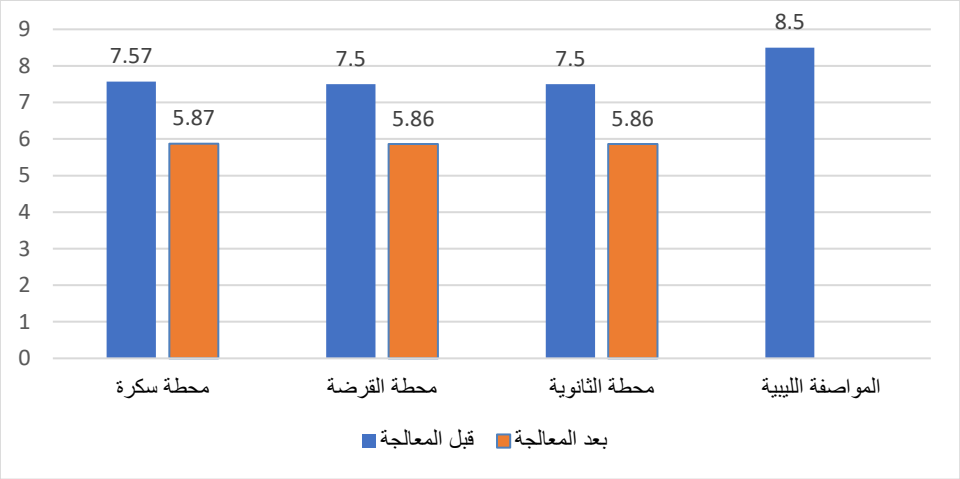
| المواصفات الليبية | محطة الثانوية | | | محطة القرضة | | | محطة سكرة | | | الاختبارات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | كفاءة الإزالة % | بعد المعالجة | قبل المعالجة | كفاءة الإزالة % | بعد المعالجة | قبل المعالجة | كفاءة الإزالة % | بعد المعالجة | قبل المعالجة | |
| 6.5 – 8.5 | - | 5.53 | 7.13 | - | 5.86 | 7.50 | - | 5.87 | 7.57 | **PH** |
| 1500 µS/cm | 98.25 % | 33.27 | 1898.00 | 97.20 % | 55.40 | 1975.94 | 98.33 % | 80.00 | 4790.19 | **EC (µS/cm)** |
| 1000 mg/L | 98.25 % | 21.29 | 1214.72 | 97.20 % | 35.46 | 1264.60 | 98.33 % | 51.20 | 3065.72 | **TDS (mg/L)** |
| 200 mg/L | 98.75 % | 1.60 | 128.24 | 99.09 % | 1.18 | 129.85 | 99.63 % | 1.18 | 320.61 | **$Ca^{+2}$(mg/L)** |
| 150 mg/L | 96.84 % | 0.92 | 29.16 | 98.60 % | 0.49 | 34.99 | 99.73 % | 0.49 | 183.24 | **$Mg^{+2}$(mg/L)** |
| 200 mg/L | 98.36 % | 3.70 | 225.62 | 96.23 % | 8.91 | 236.12 | 97.12 % | 13.81 | 480.21 | **$Na^{+}$(mg/L)** |
| mg/L 40 | 96.77 % | 0.81 | 25.07 | 94.41 % | 1.41 | 25.22 | 98.08 % | 1.69 | 88.09 | **$K^{+}$(mg/L)** |
| 250 mg/L | 98.37 % | 6.54 | 401.37 | 97.78 % | 10.07 | 453.51 | 98.82 % | 15.21 | 1283.78 | **$Cl^{-}$ (mg/L)** |
| 250 mg/L | 99.12 % | 2.07 | 235.44 | 99.12 % | 1.89 | 214.54 | 99.52 % | 2.45 | 510.78 | **$SO_4^{-2}$(mg/L)** |
| - | 97.26 % | 4.45 | 162.21 | 95.65 % | 6.67 | 153.33 | 92.81 % | 13.11 | 182.21 | **$HCO_3^{-}$ (mg/L)** |
| 45 mg/L | 84.23 % | 1.20 | 7.61 | 76.41 % | 4.02 | 17.04 | 85.71 % | 2.40 | 16.80 | **$NO_3^{-}$ (mg/L)** |

**2- مناقشة المؤشرات الفيزيائية والكيميائية وكفاءة الإزالة:**

**1- الأُس الهيدروجيني (pH)**

أظهرت النتائج تبايناً واضحاً في قيم الأُس الهيدروجيني بين المياه الخام قبل المعالجة، والمياه المنتجة بعد المعالجة في المحطات الثلاث، حيث تراوحت القيم بين التفاعل المتعادل في المياه قبل المعالجة، حيث سجلت العينات (سكرة، القرضة، الثانوية) قيمًا بلغت (7.57، 7.50، 7.13) على التوالي والمدونة بالجدول (1)،الشكل (1)، وهي تقع تماماً ضمن الحدود المسموح بها في المواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب (6.5 - 8.5). يعود هذا التوازن القلوي الطبيعي في مياه آبار سبها إلى طبيعة الخزان الجوفي الغني

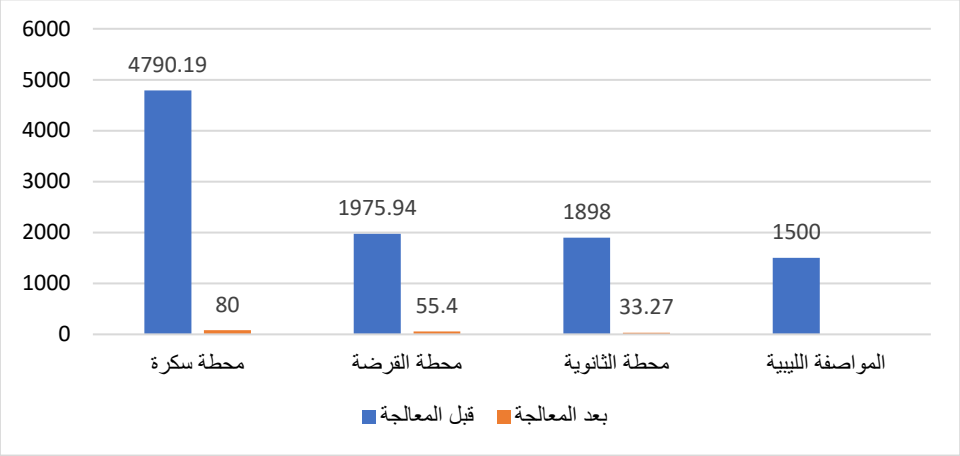
بكربونات الكالسيوم (الشريف، وامريمي، 2025)، بينما أظهرت النتائج انخفاضاً ملحوظاً في قيم الأس الهيدروجيني(pH) بعد المعالجة لتصل إلى قيم حامضية (5.87، 5.86، 5.53) للمحطات الثلاث، وهي أقل من الحد الأدنى للمواصفات القياسية الليبية. وقد يكون سبب التغيير نحو الاتجاه الحمضي هو كفاءة الأغشية العالية في إزالة أيونات البيكربونات المنظم الطبيعي لقلوية الماء، إضافة الى ذوبان غاز ثنائي أكسيد الكربون الجوي في الماء منزوع الأملاح مكوناً حمض الكربونيك الضعيف ( Greenlee et al., 2009). تتوافق هذه النتائج مع ما رصده (الشريف وامريمي، 2025) في تقييمهم لمحطات التناضح العكسي بمدينة سبها، حيث انخفضت قيم (pH) من (7.3) قبل المعالجة الى (5.2) بعد المعالجة.



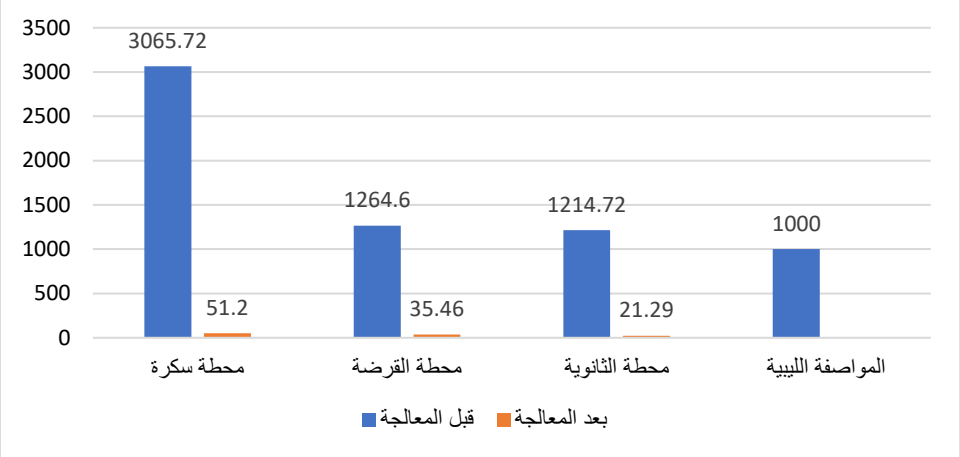

**شكل(1)** يبين قيم الأس الهيدروجيني **(pH)** لعينات الدراسة

**2- الموصلية الكهربائية (EC) والأملاح الذائبة الكلية (TDS):**

ترتبط الموصلية الكهربائية ارتباطاً وثيقاً بتركيز الأملاح الذائبة الكلية نتيجة التناسب الطردي بين الأيونات الحرة الناقلة للتيار وكمية الأملاح (Eaton et al., 2005)، أظهرت نتائج تحاليل المياه الخام قبل المعالجة مستويات ملوحة عالية جداً، خاصة في (سكرة) حيث بلغت الملوحة (3065.72 mg/L) والموصلية (4790.19 µS/cm)، تليها (القرضة) بتركيز (1264.60 mg/L)، وموصلية (1975.94 µS/cm) ثم (الثانوية) بتركيز (1214.72 mg/L)، وموصلية (1898.00 µS/cm).كما هو موضح بالجدول (1)، الشكل (2،3). نلاحظ أن هذه القيم تتجاوز الحد الأقصى المسموح به في المواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب (1000 mg/L). لوحظ تغيير في هذه القيم بعد المعالجة، حيث حققت المحطات الثلاث كفاءة تنقية فائقة للأملاح الذائبة الكلية والموصلية الكهربائية، حيث انخفضت كلا من الملوحة في العينات الثلاث إلى (51.20 mg/L، 35.46 mg/L، 21.29 mg/L)، والموصلية الى (80 µS/cm، 55.40 µS/cm، 33.27 µS/cm)، وبكفاءة إزالة (98.33%، 97.20%، 98.24%) على التوالي. يتضح أن هذه القيم تقع ضمن الحدود المسموح بها وفق المواصفات القياسية الليبية، كما تتوافق هذه النتائج مع (العربي وآخرون، 2026) حيث سُجل تركيز الاملاح الذائبة الكلية في بعض محطات التحلية بتراغن بين (88.3 mg/L - 19.38).



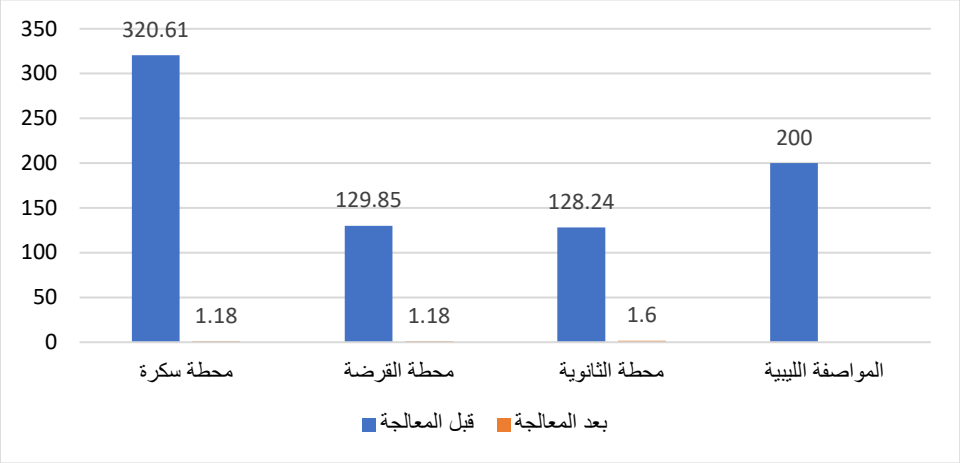

**شكل(2)** يبين قيم الموصلية الكهربائية لعينات الدراسة




**شكل(3)** يبين تراكيز الأملاح الذائبة الكلية لعينات الدراسة.

**3- الكالسيوم:**

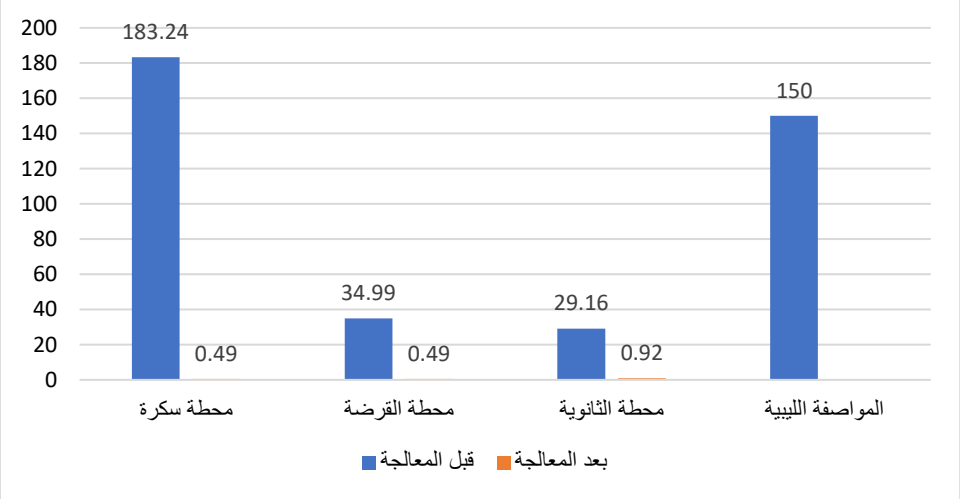
أظهرت نتائج تحاليل المياه قبل المعالجة والمبينة في الجدول (1)، الشكل (4) مستويات مرتفعة من الكالسيوم في عينة (سكرة) حيث بلغت (320.61 mg/L)، وهو ما يتجاوز الحدود المسموح بها وفق المواصفات القياسية الليبية (200 mg/L)، بينما لم تتجاوز عينتا القرضة والثانوية تلك الحدود، حيث سُجلت (129.85 mg/L، و128.24 mg/L) على التوالي. ويعود الارتفاع الحاد في عينة (سكرة) إلى عمليات التفاعل بين الماء والصخور في طبقات الخزان الجوفي السطحي المغذي لمدينة سبها، والتي تحتوي على جيوب رسوبية مكثفة من معادن الكربونات، الجبس، والأنهيدريت سهلة التجوية والذوبان كيميائياً (Salem et al., 2022). ثم انخفضت التركيزات بشكل واضح في العينات الثلاث بعد المعالجة لتصل إلى (1.18 mg/L، 1.18 mg/L، 1.60 mg/L) محققة كفاءة إزالة فائقة تصل إلى (99.63%). تُصنف هذه المياه، وفقاً للمقاييس الطبية البيئية، كمياه شبه مقطرة تفتقر للعناصر المعدنية الحيوية لصحة الإنسان (Mdpi, 2024)، تتوافق هذه النتائج مع (المغيربي وعلي، 2025)، حيث تراوح تركيز الكالسيوم في المياه المنتجة بمعامل التنقية بترهونة بين (0.6 – 1.4 mg/L).




**شكل (4)** يبين تراكيز الكالسيوم لعينات الدراسة.

**4- المغنسيوم:**

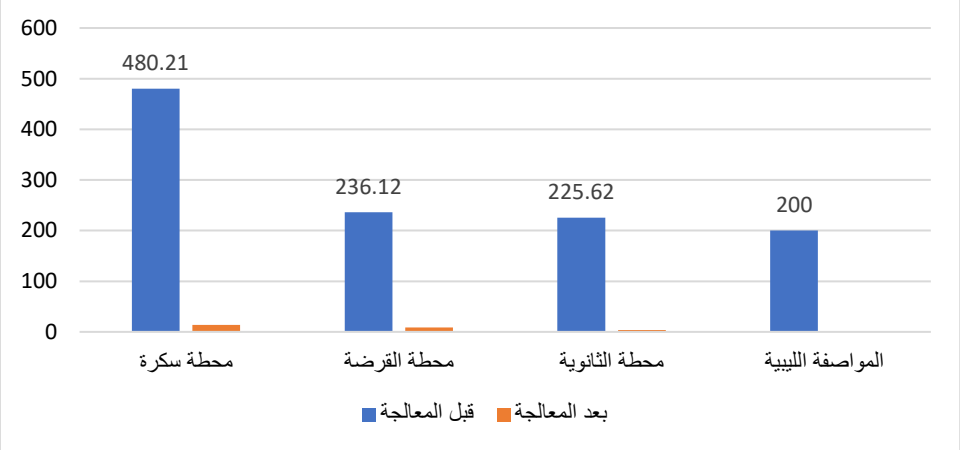
تباينت نتائج تركيز المغنيسيوم في العينات الثلاث قبل المعالجة، حيث سُجل أعلى تركيز في عينة (سكرة) (183.24 mg/L)، متجاوزة بذلك الحدود القصوى المسموح بها وفق المواصفات القياسية الليبية والمحددة بـتركيز (150 mg/L). ، بينما لم تتجاوز عينتا (القرضة والثانوية) الحدود الآمنة، حيث سُجلت (34.99 mg/L ، و29.16 mg/L) على التوالي، وقد علل(Salem et al., 2022)، الارتفاع الملحوظ لتركيز المغنيسيوم في عينة (سكرة) إلى مرور المياه الجوفية عبر طبقات صخرية رسوبية غنية بمعادن الكربونات المزدوجة مثل الدولوميت، وصخور المتبخرات الناتجة عن الطبيعة الجيولوجية الجافة لحوض مرزق. بعد المعالجة انخفضت التركيزات بشكل كبير في العينات الثلاث لتصل تراكيز المغنيسيوم الى (0.49 mg/L، 0.49 mg/L، 0.92 mg/L)، كما هو موضح في الجدول (1)، الشكل(5)، محققة كفاءة إزالة عالية جداً تجاوزت 96.84% ووصلت إلى 99.73%. ، تتوافق نتائج تركيز المغنسيوم مع دراسة (عبد الله وبن يوسف، 2015)، حيث سُجل تركيز المغنسيوم في محطة النبع ببراك الشاطئ (0.5 mg/L)، وبكفاءة إزالة 96.3%.




**شكل (5)** يبين تراكيز المغنسيوم لعينات الدراسة.

**5- الصوديوم:**

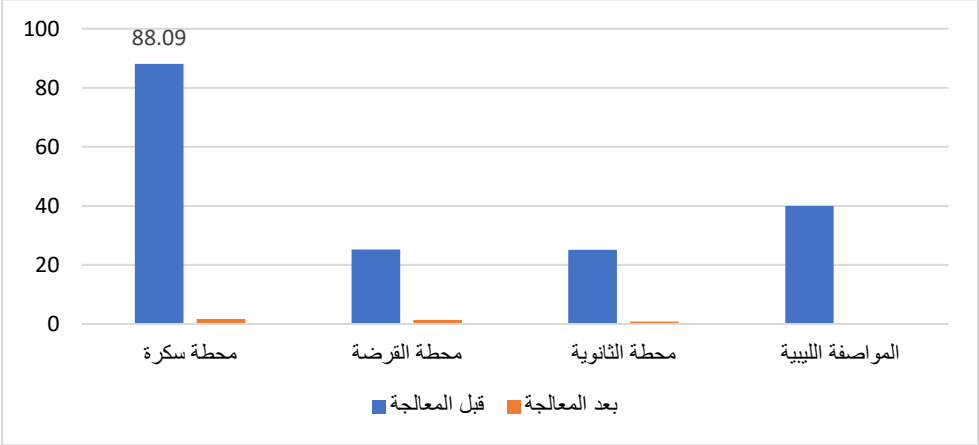
أظهرت النتائج المبينة في الجدول (1)، الشكل (6)، تركيزات صوديوم مرتفعة جداً في العينات الثلاث قبل المعالجة، حيث سُجلت (480.21 mg/L، 236.12 mg/L، 225.62mg/L) في (سكرة، القرضة، والثانوية) على التوالي، متجاوزة الحد الأقصى المسموح به وفق المواصفات القياسية الليبية والمحددة بـتركيز (200 mg/L). وتمنح هذه التراكيز العالية مياه الشرب طعماً مالحاً غير مستساغ للمستهلكين، هذا الارتفاع الحاد يعود جيولوجياً إلى عمليات إذابة الصخور الرسوبية الغنية بأملاح الهاليت والتكوينات الطينية المتبادلة في حوض مرزق الجوفي، والتي تطلق أيونات الصوديوم بكثافة عند احتكاك المياه بها لفترات طويلة (Salem et al., 2022). ثم انخفضت قيم الصوديوم بعد المعالجة في العينات الثلاث لتصل إلى (13.81 mg/L، 8.91 mg/L، 3.70 mg/L) على التوالي، وبكفاءة إزالة ممتازة تراوحت بين (97.12% - 98.36%). تقترب هذه النتائج مما توصل إليه (غربي وآخرون، 2024) عند تقييمهم لمحطات المعالجة التجارية بمدينة الكفرة، حيث انخفض تركيز الصوديوم من(87.36 mg/L الى 6.15 mg/L)، كما حققت المنظومة كفاءة إزالة عالية بلغت 92.96%.




**شكل (6)** يبين تراكيز الصوديوم لعينات الدراسة

**6-البوتاسيوم:**

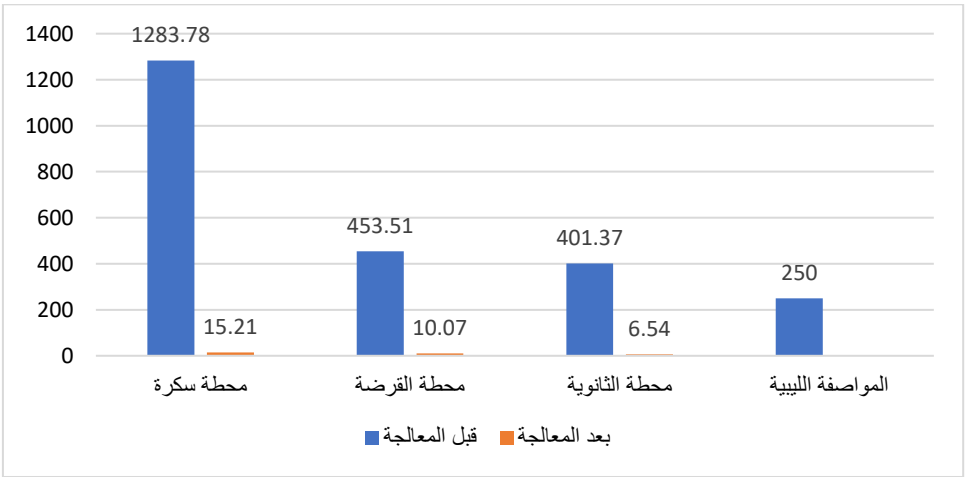
أظهرت نتائج تركيز البوتاسيوم لعينات المياه غير المعالجة المبينة في الجدول (1)، الشكل (7) ارتفاعاً حاداً في عينة (سكرة) حيث بلغ (88.09 mg/L)، في حين تبين التقارب الواضح في عينات (القرضة والثانوية) بقيم بلغت (25.00 mg/L). ويرتبط هذا الارتفاع الملحوظ في عينة سكرة ارتباطاً طردياً وثيقاً بالارتفاع الشديد لقيم الموصلية الكهربائية (EC) والأملاح الذائبة الكلية (TDS) المسجلة في نفس العينة. وبما أن المواصفات القياسية الليبية رقم (82) لسنة (2015) وضعت دليلاً استرشادياً بحد أقصى (40 mg/L) لتركيز البوتاسيوم للحفاظ على جودة الطعم والخصائص الحسية للمياه، فإن تراكيز البوتاسيوم بعد المعالجة كانت أقل بكثير من ذلك الحد في المحطات الثلاث والتي تراوحت بين (1.69 - 0.81 mg/L)، كما حققت المحطات الثلاث كفاءة إزالة عالية جداً لأيونات البوتاسيوم تراوحت بين (94.41% إلى 98.08%). تتوافق نتائج تركيز البوتاسيوم تماماً مع دراسة كلا من (المرغني و بالنور، 2026) لجودة مياه الشرب بوحدات التنقية في المحلات التجارية ببلدية العزيزية، حيث تراوح تركيز البوتاسيوم بعد المعالجة بين (1.6 – 0.8 mg/L).




**شكل (7)** يبين تراكيز البوتاسيوم لعينات الدراسة

**7- الكلوريد:**

أظهرت النتائج المبينة في الجدول(1)، لعينات المياه قبل المعالجة تركيزات كلورايد مرتفعة جداً تجاوزت الحد الأقصى المسموح به وفق المواصفات القياسية الليبية (250 mg/L)، لجميع العينات (سكرة، القرضة، والثانوية) ، حيث سُجلت (1283.78 mg/L، 453.51 mg/L ، 401.37mg/L)، كما هو مبين في الشكل (8) على التوالي، تعطي هذه التراكيز الحرجة المياه طعماً مالحاً وخصائص تآكلية واضحة قد تؤثر سلباً على البنية التحتية وشبكات الأنابيب المعدنية (Eaton et al., 2005)، ثم انخفضت قيم الكلوريد بعد المعالجة في العينات الثلاث لتصل إلى (15.21 mg/L ، 10.07 mg/L و6.54 mg/L) على التوالي، محققة كفاءة إزالة ممتازة تراوحت بين (97.78% - 98.82%). يساهم هذا الانخفاض لتركيز الكلوريد من مستويات حرجة (تتجاوز 1280 mg/L) إلى قيم تراكيز آمنة يساهم في إزالة الطعم المالح تماماً وجعل المياه عذبة، تتوافق نتائج الدراسة مع (عبد الله وبن يوسف، 2015)، حيث سُجل تركيز الكلوريد في محطة النيل ببراك الشاطئ بعد المعالجة (16.8 mg/L).

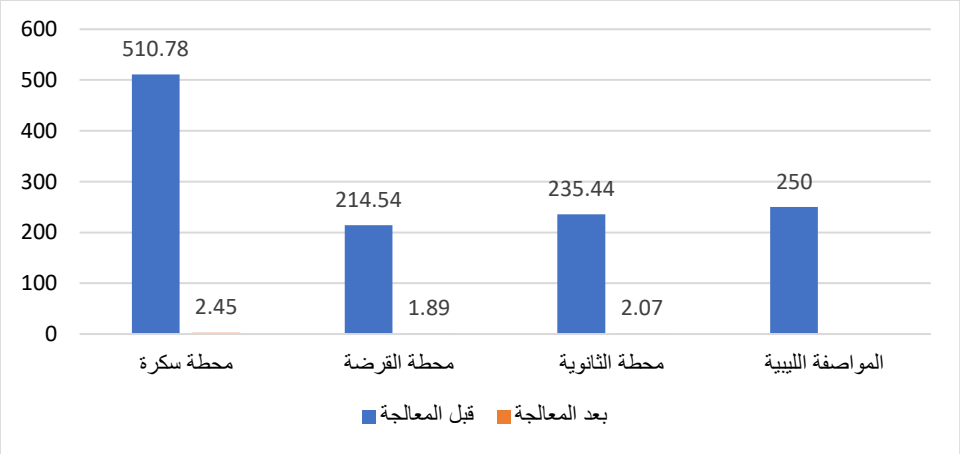



**شكل (8)** يبين تراكيز الكلوريد لعينات الدراسة.

**8- الكبريتات:**

أظهرت النتائج تبايناً ملحوظاً في تراكيز أيونات الكبريتات بين الآبار الثلاثة المدروسة بمدينة سبها. حيث سَجلت عينة (سكرة) تركيزاً مرتفعاً جداً بلغ (510.78 mg/L)، متجاوزة للحدود المسموح بها وفقاً

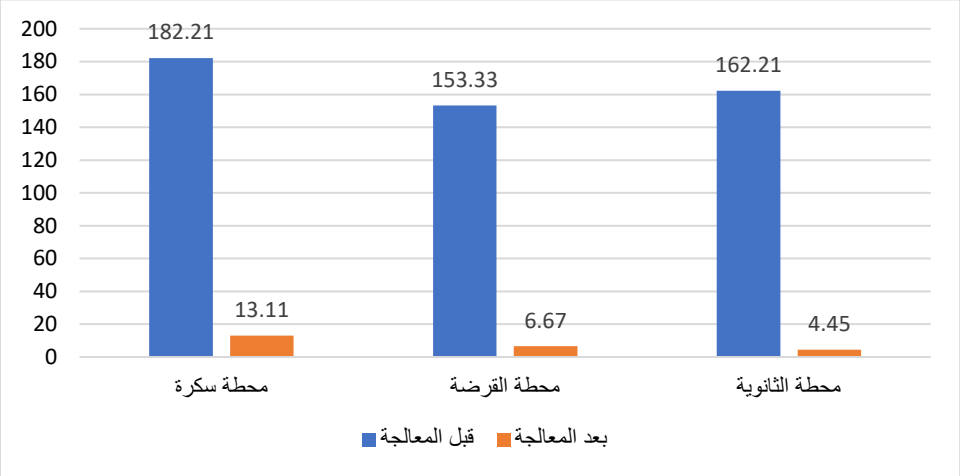
للمواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب رقم (82) لسنة 2015، بحد أقصى (250 mg/L). بينما لوحظ أن تراكيز الكبريتات في عينات (القرضة والثانوية) تقع ضمن الحدود المسموح بها وفقاً للمواصفات القياسية الليبية، حيث سُجلت (214.54 mg/L) و(235.44 mg/L) على التوالي، كما هو موضح بالجدول (1)، الشكل (9)، وقد أشارت دراسة (Hamdan & Iessa, 2024) إلى أن التجوية الكيميائية وإذابة المعادن الصخرية هما السببان الرئيسيان لتحرر أيونات الكبريتات في آبار مدينة سبها. في المقابل أظهرت النتائج بعد المعالجة انخفاضاً حاداً في تراكيز أيونات الكبريتات في المحطات الثلاث (سكرة، القرضة، الثانوية)، حيث تراجعت إلى مستويات شبه منعدمة مسجلة قيمًا بلغت (2.45 mg/L، 1.89 mg/L، 2.07 mg/L) على التوالي، كما تراوحت نسب الإزالة للأملاح بين (99.12% - 99.52%).




**شكل (9)** يبين تراكيز الكبريتات لعينات الدراسة.

**9- البيكربونات:**

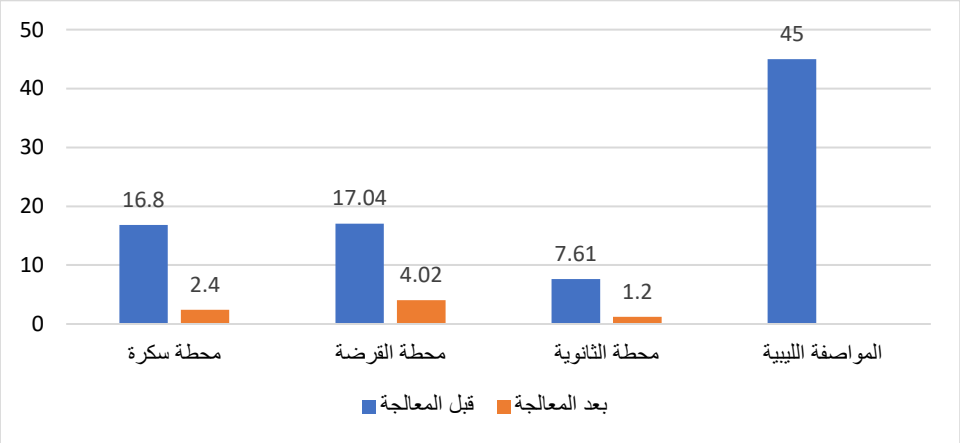
أظهرت نتائج تحاليل عينات المياه الخام قبل المعالجة للمحطات الثلاث (سكرة، القرضة، الثانوية) تراكيز متقاربة لأيون البيكربونات، حيث سُجلت (mg/L182.21، mg/L153.33، mg/L162.21 ). كما هو موضح بالجدول (1)، الشكل (10) ويُلاحظ من نتائج التحليل الكيميائي لعينات المياه عدم وجود حد رقمي مسموح به لتركيز أيونات البيكربونات وفق المواصفة القياسية الليبية الخاصة بمياه الشرب. وذلك بسبب تصنيف البيكربونات كمكون طبيعي يخلو من التأثيرات الضارة المباشرة على الصحة العامة (WHO,2011)، على الجانب الآخر بعد المعالجة انخفضت تراكيز البيكربونات إلى (13.11 mg/L ، 6.67 mg/L ، 4.45 mg/L) على التوالي، وبكفاءة إزالة قوية للبيكربونات تراوحت بين(92.80% - 97.26%).يُعزى هذا الانخفاض الحاد في تراكيز البيكربونات إلى الكفاءة العالية لأغشية التناضح العكسي (RO) في احتجاز الأيونات المسببة للقلوية، وهو ما يفسر علمياً بفقدان المياه لقدرتها التنظيمية، حيث يؤدي غياب البيكربونات إلى تحرر غاز ثاني أكسيد الكربون وتحوله إلى حمض كربونيك ضعيف، مما يسبب هبوطاً حاداً في قيم (pH) نحو الوسط الحامضي (APHA, 2017). تتوافق النتائج مع (المرغني و بالنور، 2026) حيث تراوح تركيز البيكربونات بعد المعالجة بين (6.1 mg/L – 24.4).




**شكل (10)** يبين تراكيز البيكربونات لعينات الدراسة.

**10- النترات:**

أظهرت النتائج قبل المعالجة للعينات الثلاثة مستويات آمنة للنترات وتحت الحد الأقصى للمواصفة القياسية الليبية والمحدد بتركيز (45 mg/L) ، حيث سجلت عينات (سكرة، القرضة، الثانوية) تركيزات بلغت (16.80 mg/L، 17.04 mg/L، 7.61 mg/L) على التوالي. ثم انخفضت النترات بعد المعالجة لتصل إلى (2.40 mg/L، 4.02 mg/L، 1.20 mg/L). على التوالي، ومن الملاحظ أن كفاءة إزالة النترات كانت هي الأدنى بين جميع العناصر الكيميائية المدروسة، حيث تراوحت بين 76.41% بمحطة (القرضة) و85.7% بمحطة (سكرة). كما هو موضح بالجدول (1)، الشكل (11)، ويعود هذا السلوك الهيدروكيميائي علمياً إلى الخصائص الفيزيائية لأيون النترات، حيث يتميز بصغر حجم نصف قطره الأيوني وضعف شحنته الكهربائية (أحادية الشحنة) مقارنة بالأيونات ثنائية التكافؤ كالكالسيوم والمغنيسيوم والكبريتات. هذه الخصائص تمنح النترات قدرة أعلى على النفاذ والمرور عبر المسام المجهرية والدقيقة لأغشية التناضح العكسي وهو ما يتوافق تماماً مع التفسيرات الفيزيوكيميائية التي ذكرها Greenlee et al. (2009). تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (محمد وآخرون، 2024) في دراستهم لجودة مياه شرب وحدات التنقية المنزلية في منطقة الكويرية بالعجيلات، حيث سُجلت تراكيز النترات بين (1 – 4 mg/L).




**شكل (11)** يبين تراكيز النترات لعينات الدراسة.

**3- مناقشة نتائج التحليل الميكروبيولوجي:**

تعتبر الفحوصات المكروبيولوجية من أهم المعايير لتقييم مدى صلاحية المياه للشرب نظراً لارتباطها المباشر بالصحة العامة، وتعتمد في الأساس على مؤشري البكتيريا القولونية الكلية (Total Coliform) وبكتيريا الإيشيرشيا القولونية (E. coli) كمؤشرات حيوية رئيسية على التلوث البرازي وصلاحية مياه الشبكات والآبار للاستهلاك البشري. (WHO, 2022).

**جدول (2)** نتائج التحليل الميكروبيولوجي (البكتيريا القولونية الكلية) بمحطات الدراسة الثلاث.

| المحطة (الحي السكني) | المياه قبل المعالجة (CFU/100 ml) | المياه بعد المعالجة (CFU/100 ml) | كفاءة التطهير (%) | الحد المسموح به المواصفة الليبية |
|---|---|---|---|---|
| محطة (1) سكرة | 14 | N.D* | 100% | صفر (خالية تماماً) |
| محطة (2) القرضة | 5 | N.D* | 100% | صفر (خالية تماماً) |
| محطة (3) الثانوية | 13 | N.D* | 100% | صفر (خالية تماماً) |

أظهرت نتائج عينات المياه الخام قبل المعالجة تلوثاً بكتيرياً واضحاً بالقولونيات الكلية (Total Coliform) في العينات الثلاث (سكرة، القرضة، الثانوية)، حيث سُجلت (14 CFU/100ml، 5، 13) على التوالي، كما هو موضح في الجدول (2). يشير هذا التلوث بشكل قطعي إلى تسرب سطحي للملوثات العضوية أو تداخل مياه الصرف الصحي مع مياه الخزان الجوفي المغذي للمحطة نتيجة لتهالك البنية التحتية، مما يشكل خطراً بيئياً وصحياً بمحيط آبار مياه الشرب المدروسة، وفي المقابل، سُجلت النتائج (صفر مستعمرة / 100 مل) في جميع المحطات بعد المعالجة، وتعكس كفاءة الإزالة بنسبة 100% نجاح منظومة التعقيم الملحقة بالمحطات.

**4-الاستنتاجات:**

1- تبين من نتائج الدراسة أن مياه آبار الشرب غير المعالجة في المنطقة تعاني من تدهور حاد في جودتها، حيث تجاوزت مستويات الأملاح الذائبة الكلية (TDS) والموصلية الكهربائية (EC) الحدود الآمنة للمواصفات القياسية الليبية خاصاً في عينة (سكرة) بنسبة ملوحة تجاوزت (3000 mg/L)، كما تبين وجود تلوث ميكروبيولوجي بكتيري بالقولونيات الكلية في جميع آبار الدراسة ناتج عن ترشح مياه الصرف الصحي.

2- أظهرت محطات التنقية الثلاث كفاءة تشغيلية فائقة في استبعاد وإزالة الشوائب والأملاح الذائبة، حيث تراوحت كفاءة إزالة الملوحة بين (97.20% - 98.33%)، مع تحقيق كفاءة تطهير بيولوجي بنسبة 100%، مما أدى لإنتاج مياه خالية تماماً من الملوثات الميكروبية وصالحة للاستهلاك الآدمي من الناحية الصحية البيولوجية.

3- أظهرت أغشية التناضح العكسي (RO) قدرة استبعاد انتقائية ممتازة للأيونات ثنائية التكافؤ كالكالسيوم والمغنيسيوم تجاوزت 96.8%، بينما سجلت أيونات النترات أدنى نسب إزالة تراوحت بين (76.41% - 85.71%) مقارنة ببقية العناصر المدروسة.

4- تبين أن الإفراط في إزالة الأملاح والبيكربونات يؤدي إلى حدوث هبوط حاد نحو الحامضية (5.53 -

5.87) للمياه المنتجة، وهو غير مطابق للمواصفة القياسية الليبية، مع انخفاض الأملاح الذائبة الكلية الى أقل من (100 mg/L)، مما أدى الى فقدان العناصر المعدنية الضرورية لصحة الإنسان.

**5- التوصيات:**

1- ضرورة العمل على توجيه محطات التنقية في مدينة سبها لتطبيق تقنية الخلط الذكي للمياه الخام بعد عملية الفلترة الكربونية مع المياه المنتجة، أو دمج وحدات إعادة التمعدن برفع مستويات الملوحة والـ(pH) إلى الحدود المطابقة للمواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب.

2- تفعيل الرقابة الشهرية والتحاليل الدورية من قبل الجهات المختصة بالجوانب البيئية والصحية على نقاط التعبئة لضمان عدم تلف أو انسداد أغشية التناضح العكسي بمرور الزمن نتيجة الأحمال الملحية العالية للمياه غير المعالجة.

3- العمل بشكل عاجل على إنشاء شبكات صرف صحي متكاملة لمدينة سبها للحد من استمرار رشح وتدفق ملوثات الآبار السوداء العشوائية إلى الخزان الجوفي السطحي.

**المراجع:**

**المراجع العربية**


زين، المهدي، والشريف، أريج. (2020). تقييم جودة مياه الآبار بمناطق مختارة في مدينة سبها. *مجلة جامعة سبها للعلوم البحتة والتطبيقية، 19*(2)، 45.52–

الشريف، عمر أحمد، وامريمي، علي محمد. (2025). تقييم جودة مياه الشرب المعالجة بأجهزة التناضح العكسي المنزلية RO في مدينتي سبها ووادي الشاطئ – جنوب ليبيا. *المجلة الليبية لعلوم وتكنولوجيا البيئة (LJEEST)، 4*(2)، 112.125–

عبد الله، عبد الله محمد، وبن يوسف، خالد علي. (2015). التقييم الكيموحيوي لمحلات تنقية مياه الشرب بمنطقة براك الشاطئ. في *المؤتمر العلمي الثاني لعلوم البيئة* (ص. 676–686).

العربي، فاطمة إسماعيل، عبد القادر، ختام، فرحات، مسعودة، الشامي، نجوى حسن، ويوسف، حميدة فرج. (2026). تقدير الخصائص الفيزيائية والمحتوى الكيميائي في بعض مياه الآبار (مياه الشرب) ومحطات التحلية بمنطقة تراغن ومقارنتها بالمواصفات الليبية والعالمية. *مجلة جامعة فزان العلمية، 5*(1)، 97.109–

عمار، عاصم رمضان محمد، الثابت، نجاح علي أحمد، والعريفي، حامد أحمد مفتاح. (2024). التقييم الكيميائي والبيولوجي لجودة مياه شرب وحدات التنقية المنزلية في منطقة الكويرية بالعجيلات. *مجلة شمال إفريقيا للنشر العلمي (NAJSP)*، 176.187–

غربي، خليفة حامد سليمان، بوحليمة، علي عبد الرحيم عمر، وآدم، حيدر محمد سليمان. (2024). تقييم جودة مياه الشرب لمحطات التحلية التجارية في مدينة الكفرة، ليبيا. *مجلة العلوم الإنسانية العربية، مجلة المجمع العلمي للبحوث والدراسات (MEJSP)*.

محمد، مبروكة محمد ضو. (2025). أزمة المياه الجوفية في مدينة سبها: دراسة تحليلية لاستنزاف المخزون وتدهور النوعية. *المجلة الإفريقية للدراسات المتقدمة في العلوم الإنسانية والاجتماعية*، 432–454.

المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية. (2015). *المواصفة القياسية الليبية رقم 82 الخاصة بمياه الشرب*. طرابلس، ليبيا.

المرغني، الهادي مفتاح عبد السلام، بالنور، ماجدة محمد عيسى، وكريم، عبد الستار صالح مولود. (2026). التقييم الكيميائي والفيزيائي لجودة مياه الشرب بوحدات التنقية في المحلات التجارية: دراسة حالة بلدية العزيزية – ليبيا. *مجلة العلوم الشاملة، 10*(39)، 878.891–

المغيربي، انتصار جمعة، وعلي، مفتاح علي محمد. (2025). تقييم الخصائص الكيميائية والفيزيائية للمياه المنتجة بمعامل التنقية بمدينة ترهونة. *مجلة شمال إفريقيا للنشر العلمي (NAJSP)*، 45–52.
ناصر، شوقي شحدة أحمد، وأبو بكر، نافع حسن ميدون. (2024). التحليل المكاني لخصائص مياه بعض الآبار الجوفية في مدينة سبها للمدة 2013م–2022م باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية. *مجلة جامعة فزان العلمية، 3*(2)، 366–383.
مشري، احمادي أحمد يحيي. (2025). تقييم جودة مياه الشرب المعبأة في منطقة أوباري الليبية: تركيز العناصر الثقيلة ومدى مطابقتها للمواصفات القياسية. *Journal of Libyan Academy Bani Walid, 1*(3), 71–76. https://doi.org/10.61952/jlabw.v1i3.79

**المراجع الأجنبية**

American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23rd ed.). American Public Health Association.
Cheremisinoff, N. P. (2002). *Handbook of water and wastewater treatment technologies*. Butterworth-Heinemann.
Eaton, A. D., Franson, M. A. H., & American Public Health Association. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (21st ed.). American Public Health Association.
Greenlee, L. F., Lawler, D. F., Freeman, B. D., Marrot, B., & Moulin, P. (2009). Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges. *Water Research, 43*(9), 2317–2348.
Hach Company. (2012). *Water analysis handbook* (7th ed.). Hach Company.
Hamdan, M., & Iessa, K. R. (2024). Assessment of the groundwater quality in Sebha, Libya, for drinking purposes. *JATAED: Journal of Appropriate Technology for Agriculture, Environment, and Development, 2*(1), 1–9.
MDPI Water Process Engineering. (2024). Optimization of calcium and mineral balance in drinking water desalination processes. *MDPI, 25*(7), 3960.
Salem, M. A., Sharif, O. A., Alshofeir, A. A., & Assad, M. E. (2022). An evaluation of drinking water quality in five wells in Sebha City, Libya, using a water quality index and multivariate analysis. *Arabian Journal of Geosciences, 15*(18), 1519.
World Health Organization. (2011). *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed.). World Health Organization.
World Health Organization. (2022). *Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda*. World Health Organization.
*The impact of commercial desalination processes on the physical and chemical properties of drinking water in the Al-Asaba'a Municipality*. (2026). *Albahit Journal of Applied Sciences, 5*(1), 01–09. https://doi.org/10.65419/albahit.v5i1.88
*Evaluation of groundwater quality in the western part of Al Jabal Al Akhdar Region following Hurricane Daniel*. (2025). *Albahit Journal of Applied Sciences, 4*(1), 53–62. https://albahitjas.com.ly/index.php/albahit/article/view/46

**Compliance with ethical standards**

*Disclosure of conflict of interest*

The authors declare that they have no conflict of interest.

**Disclaimer/Publisher's Note:** The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of **JLABW** and/or the editor(s). **JLABW** and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.