LJEEST
ISSN 2710-5237
www.srcest.org.ly/jou

المجلة الليبية لعلوم وتكنولوجيا البيئة

Libyan Journal of Ecological & Environmental Sciences and Technology(LJEEST)

تقييم كفاءة محطات تحلية المياه بمنطقة العجيلات ليبيا باستخدام مؤشر جودة المياه (WQI)

محمود سلامة تكاله هناء الهادي كراند حنان مسعود بلق

ARTICLE INFO

Vol. 8 No. 2 August, 2026

Pages (A25- 30)

Article history:
Revised form 17 March 2026
Accepted 22 April 2026

Authors affiliation
Almergib University
E-mail: assger.2018@gmail.com
hakaranda@elmergib.edu.ly

Keywords: Drinking Water, Desalination Plants, Al-Zaramqa, Chemical Properties.

© 2026
Content on this article is an open access licensed under creative commons CC BY-NC 4.0.

الملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم جودة مياه الشرب المنتجة من مصانع التحلية في منطقة العجيلات بليبيا، وذلك من خلال فحص الخواص الفيزيائية، الكيميائية، والمكروبيولوجية وكذلك تطبيق مؤشر جودة المياه (WQI) لعشرة مواقع جغرافية شملت: (الشبيكة، الجديدة، الكويرية، أبوعجيلة، الدورانية، غوط بيوض، عجيلات المدينة، غوط الديس، الزرامقة، والغالمية). وتضمنت الدراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية مثل الموصلية الكهربائية (EC)، والأملاح الذائبة الكلية (TDS)، الأس الهيدروجيني (pH)، والعسر الكلي (TH)، وتركيز الأيونات المعدنية: الأيونات الموجبة (Mg^{+2}، Ca^{+2}، K^{+}، Na^{+})، والأيونات السالبة (HCo_3^- ، No_3^- ، So_4^{-2})، كما تم إجراء الفحوصات البكتريولوجية للكشف عن القولونيات المتمثلة في Total Coliform و E. coli. بعد اجراء التحاليل الإحصائية كالتمثيل البياني والأساليب الإحصائية الوصفية، والانحراف المعياري، أظهرت النتائج ان جميع العينات سجلت قيما للأس الهيدروجيني pH ضمن الحدود المسموح بها، أما نسب الأملاح الذائبة الكلية (TDS) فكانت نتائج جميع العينات أقل بكثير من الحدود المعتمدة حسب المواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب رقم (م ق ل 82) لسنة (2015)، ومنظمة الصحة العالمية (WHO)، كما أوضحت النتائج المتحصل عليها في تقدير تراكيز أيون الكالسيوم و الماغنسيوم ان معظم العينات كانت أقل بكثير من القيم المسموح بها حسب منظمة الصحة العالمية. بينما استقرت النتائج المتحصل عليها لتحديد تراكيز الصوديوم والبوتاسيوم والنترات والعسر الكلي ضمن النطاق المسموح به طبقا للمواصفات المحلية والدولية، في حين أن نتائج تراكيز أيوني الكربونات والكبريتات كانت أقل من الحدود المسموح بها حسب المواصفات الليبية ومواصفات منظمة الصحة العالمية (WHO)، وفي الجانب الميكروبيولوجي أشارت النتائج إلى خلو جميع المواقع تماماً من أي تلوث بكتيري. خلصت الدراسة عبر مؤشر جودة المياه (WQI) إلى أن المياه المنتجة في منطقة الدراسة تصنف ضمن فئة المياه الممتازة.

Efficiency Assessment of Water Desalination Plants in Al-Ajaylat Region, Libya, Using the Water Quality Index (WQI)

Mahmoud Salama Takala , Hana elhadi Krandh, Hanan Masoud Balag

This study aimed to evaluate the quality of drinking water produced by desalination plants in the Al-Ajaylat region of Libya. This was achieved by examining the physical, chemical, and microbiological properties, as well as applying the Water Quality Index (WQI) across ten geographical locations, including: (Al-Shubaika, Al-Jadida, Al-Kuwairiya, Abu-Ajayla, Al-Dawraniya, Ghout Bayoudh, Ajaylat Al-Madina, Ghout Al-Dees, Al-Zaramqa, and Al-Ghalmiya).The study encompassed the analysis of physical and chemical properties, including Electrical Conductivity (EC), Total Dissolved Solids (TDS), (pH), and Total Hardness (TH). Additionally, metal ion concentrations were determined, covering cations Mg^{+2}، Ca^{+2} ،K^{+} ،Na^{+}) and anions (HCo_3^-, No_3^- ، So_4^{-2}) ، Furthermore, bacteriological examinations were conducted to detect coliform bacteria, specifically Total Coliform and E. coli.Following the statistical analysis, including graphical representation, descriptive statistics, and standard deviation, the results showed that all samples recorded pH values within the permissible limits. However, Total Dissolved Solids (TDS) levels in all samples were significantly lower than the maximum allowable limits set by the Libyan Standard Specifications for Drinking Water (No. 82 of 2015) and the World Health Organization (WHO). Similarly, the concentrations of calcium and magnesium ions in most samples were notably below the WHO recommended values. While sodium, potassium, nitrate, and Total Hardness (TH) remained within the permissible range of both local and international standards, the concentrations of carbonate and sulfate ions

were below the prescribed limits. In the microbiological assessment, all sites were found to be entirely free from bacterial contamination. Based on the Water Quality Index (WQI), the study concluded that the water produced in the study area is classified as Excellent.

المقدمة:

تعد المياه موردا حيويا لا غنى عنه لاستدامة الحياة والأنظمة البيئية والأنشطة البشرية، وتعتبر المياه الجوفية أحد مصادر المياه، وتساهم بشكل رئيسي في اجمالي الاستهلاك، وإن تلوث مصدر المياه سيؤدي إلى تغير في نوعية المياه من الناحية الكيميائية والفيزيائية والجرثومية، وتصبح غير صالحة للشرب وكافة الاستعمالات المختلفة، والبيئة والاقتصاد (ابوجليدة، 2015). إن مياه الشرب من حاجات الإنسان الضرورية التي يحتاجها الإنسان، لذلك يجب أن تكون هذه المياه صالحة للشرب وفق معايير جودة المياه من حيث الطعم واللون، بالإضافة إلى المواصفات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، لذلك زاد الاقبال على المياه المنتجة من مصانع التحلية، لكن دون الأخذ بنظر الاعتبار إن مياه الشبكات العامة تتغير جودتها مع تغير جودة المصدر، بالإضافة إلى احتمالية تلوثها أثناء النقل خلال شبكات الأنابيب والخزانات (أثير، 2004). إن أهم مصدر مائي تعتمد عليه منطقة الدراسة هو المياه الجوفية التي تنتج من التسرب المباشر لمياه الأمطار في التربة، والتسرب المباشر لمياه الأودية من السلسلة الجبلية إلى المنطقة الشمالية، وتكاثف الرطوبة الجوية في صورة ندى أثناء الليل وترشحها عبر التربة، وتتوفر المياه الجوفية في طبقات سطحية تتعرض للتناقص الحاد في متوسطها، مما دفع إلى الاتجاه إلى طبقات ذات أعماق أبعد لضخ المياه (أبولقمة، 1968).

مشكلة البحث تتمثل مشكلة الدراسة في مجموعة من التحديات المرتبطة بجودة مياه الشرب المنتجة من مصانع التحلية في منطقة العجيلات، ويمكن تلخيصها في النقاط الآتية:

– الانتشار المكثف لمصانع التحلية داخل منطقة العجيلات، حيث تقع بعضها في بيئات غير ملائمة مثل مجاورتها لمصانع الصابون، والأسواق التجارية، ومحطات غسل السيارات، مما قد يسهم في ارتفاع احتمالية تعرض المياه للملوثات وبالتالي عدم مطابقتها للمواصفات القياسية الليبية ومعايير منظمة الصحة العالمية.

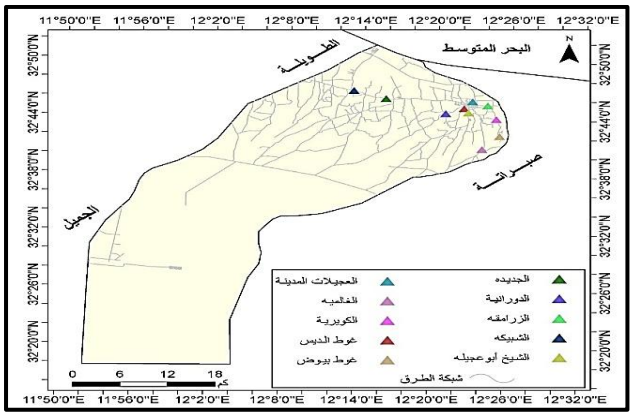
– استخدام بعض مصانع التحلية لمعدات تجارية منخفضة الكفاءة، قد تؤدي إلى إزالة مفرطة للأملاح المعدنية الضرورية لصحة الإنسان، الأمر الذي ينعكس سلباً على الخصائص المعدنية الطبيعية للمياه.

– احتمال ارتفاع مستويات الملوثات الكيميائية والميكروبية في بعض منتجات مصانع التحلية، مما يجعلها عرضة لعدم المطابقة للمعايير الصحية الوطنية والدولية لجودة مياه الشرب.

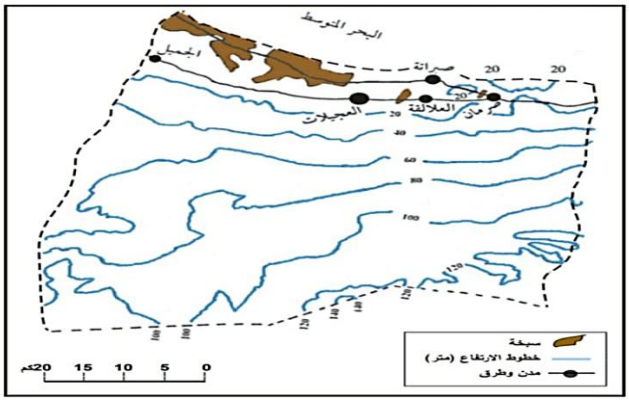
يهدف هذا البحث إلى تطبيق مؤشر جودة المياه (WQI) بمنطقة العجيلات، والتعرف على جودة الخواص الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية لمياه الشرب المحلاة من مصانع التحلية بمنطقة العجيلات ، والمتضمنة الرقم الهيدروجيني (pH) والاملاح الذائبة الكلية (TDS) ، والموصلية الكهربائية (EC)، العسرة الكلية (TH)، وتركيز الأيونات المعدنية الأيونات الموجبة (Mg^{+2}، Ca^{+2} ، K^{+} ، Na^{+})، والأيونات السالبة (HCo_3^- ، No_3^- ، So_4^{-2})، بالاضافة إلى مقارنة النتائج بالمواصفات القياسية الليبية ومواصفات منظمة الصحة العالمية.

المواد والطرق:

– منطقة الدراسة تقع مدينة العجيلات في الجزء الشمالي الغربي من سهل الجفارة، ويحدها شرقاً الزرامقة وصبراتة، وغرباً الأفران وجنان عطية، ومن الجنوب مركز الاستحمام الطبيعي (الحمام السياحي) أما من الشمال فيحدها طريق السكة الحديدية (بلق، 2007) والشكل رقم 1 يوضح توزيع مناطق الدراسة، تُعدّ منطقة الدراسة جزءاً مكمّلاً لسهل الجفارة من الناحية الجيولوجية، إذ تتشارك معه في معظم التكوينات الجيولوجية التي تعود في أصلها إلى العصرين الثالث والرابع. وعلى الرغم من هذا الارتباط، تُظهر تكوينات الجفارة الساحلية بعض الاختلافات البسيطة في العمر الجيولوجي مقارنة بالمناطق الداخلية، حيث تُعدّ التكوينات في الإقليم الجنوبي من السهل أقدم نسبياً. ويُعزى ذلك إلى الانحسار التدريجي للبحر عبر العصور الجيولوجية القديمة، بدءاً من الأجزاء الجنوبية ثم الوسطى، بينما بقيت المنطقة الساحلية خاضعة لتراكمات أحدث عمراً، وتُظهر البيانات المستقاة من الخريطة في الشكل رقم 2 وجود تنوّع كبير في التكوينات الجيولوجية ضمن منطقة الدراسة. حيث تنتشر تكوينات الهولوسين المتمثلة في الرواسب الريحية التي يتراوح ارتفاعها بين 5 و10 أمتار، وتظهر على هيئة غطاءات من الكثبان الرملية المنخفضة والمتحركة، متكوّنة من رمال متجانسة ورمال طفالية متعددة الألوان. كما تتواجد الرمال الشاطئية في الجزء الشمالي، وهي عبارة عن فتات القواقع البحرية وحبيبات الجير والسيليكات. بالإضافة إلى ذلك، تنتشر في شمال وشمال غرب المنطقة ترسبات سبخية تتكوّن من قشور ملحية مختلطة برمال وطين جبسي ناتجة عن تبخر المياه خلال فترات الجفاف كما تتواجد في المنطقة تكوينات تعود إلى عصر البليستوسين، أبرزها تكوين الجفارة الذي يتكوّن من طفل رملي ورواسب حصوية في بعض المواضع، ويبلغ سمكه ما بين 20 و90 متراً في الأجزاء الشمالية. ويظهر أيضاً تكوين قارقارش الذي يتألف من رمال شاطئية متماسكة بمواد صلصالية، تحتوي على طبقات من القواقع البحرية وأحجار رملية خالية منها، ويمتد هذا التكوين على شكل شريط موازٍ للساحل بعرض يقارب 2 كيلومتر. أما تكوينات البليوسين، فتتمثل في تكوين العسّة الذي ينتشر في أقصى الجنوب الغربي من المنطقة. ويتكوّن هذا التكوين من رمال متفاوتة الحبيبات مختلطة بحصى ورواسب رملية متنوعة ومتماسكة جزئياً، إضافة إلى وجود الجبس المعاد التبلور، ورمال طفالية، وخليط من الجبس والصلصال (بلق، 2007).



شكل رقم (1): توزيع مناطق الدراسة



شكل رقم (2): خطوط الارتفاع المتساوية في منطقة الدراسة

– جمع العينات جمعت العينات باستخدام قناني البويل ايثيلين النظيفة لعدد 10 مصانع لتحلية المياه موزعة على مناطق مختلفة بمدينة العجيلات وهي (غوط الديس، الكويرية، الجديدة ، الزرامقة، الشبيكة، أبوعجيلة، عجيلات المدينة، الغالمية ، الدورانية، غوط بيوض)، مع إتباع الطريقة العلمية لجمع العينات لإجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية وقياس مستويات

العناصر والأملاح المعدنية الموجبة والسالبة ، وتمت طريقة جمع العينات وفقاً للطرق المتبعة، حيث يراعى عند أخذ العينات أن تكون ممثلة للمصدر المأخوذة منه، وأن تكون كافية لإتمام التحاليل المطلوبة، ويجب ترقيم العينات (2005، American Public Health Association 1979)

حيث تم قياس: الر قم الهيدروجيني، الموصلية الكهربائية والأملاح الكلية الذائبة بواسطة جهاز pH & Conductivity meter 3540 JENWAY، العسرة الكلية، النترات، الكبريتات، والبيكربونات تمت قياسهم بواسطة palintest 8000 Spectrophotometer، وتركيز الصوديوم والبوتاسيوم بواسطة جهار Flam Photometr ، بينما الكالسيوم والمغنسيوم بواسطة المعايرة بمحلول EDTA معلوم العيارية، وأما الكربونات تمت قياسها عن طريق المعايرة باستخدام محلول حمض الكبريتيك وكواشف ملونة مثل الفينول فثالين والميثيل البرتقالي. وتم ذلك بمراقبة تغير لون المحلول لتحديد نقطة النهاية.

تم أيضا استخدام مؤشر جودة المياه WQI لتقييم عينات مياه الشرب في المناطق المشار لها بواسطة برنامج Excel (Asit *et al* 2015). إن من أهم الأساليب الإحصائية التي تم استخدامها، باستخدام البرنامج الإحصائي Spss إصدار (22)، هي الأساليب الإحصائية الوصفية، كالمتوسطات والأخطاء المعيارية.

النتائج والمناقشة:

بعد إجراء التحاليل المشار إليها في الجزء العملي تم التوصل إلى نتائج تم تمثيلها في الجداول رقم (2)، ومقارنة نتائج الدراسة مع دراسات مختلفة ذات علاقة بموضوع البحث.

– التحليل البكتريولوجي: بناء على نتائج الفحوصات التي أجريت على مواقع الدراسة اتضح الخلو التام من التلوث البكتيري والعضوي (TotalColiform و E. coli) لجميع العينات المدروس أي لم تتعرض لأي اختلاط لما ذكر سابقا في مشكلة الدراسة، وبالتالي فإن هذه النتائج تضع كافة العينات في النطاق الآمن، فهي مطابقة تماماً للمعايير الليبية والمعايير الدولية لمنظمة الصحة العالمية (WHO)، والتي تشترط 0 مستعمرة /100 مل من مياه الشرب. ومن خلال استقراء النتائج فإنها توافقت مع النتائج التي سجلها (اليعقوبي، واخرون، 2014) لدراسة مشابهة بعنوان، تقييم التلوث الكيميائي والبيولوجي للمياه الجوفية بمياه الصرف الصحي الدافنية – زليتن.

– تقدير الأس الهيدروجيني (pH): تفيد النتائج الواردة في الجدول رقم (2) أن قياسات الرقم الهيدروجيني (pH) في عينات مختلفة من مصانع التحلية تراوحت بين 0.0 ± 6.5، 0.77± 7.9 وبالتالي فإن جميع العينات كانت ضمن الحدود المسموح بها حسب المواصفات القياسية الليبية والعالمية وهي (6.5-8.5). شهدت نتائجنا تطابق لأغلب العينات مع دراسة قام بها (المغيربي، وآخرون، 2025) بعنوان تقييم الخصائص الكيميائية والفيزيائية للمياه المنتجة بمعامل التنقية بمدينة ترهونة.

– قياس الأملاح الذائبة الكلية (TDS) من خلال استقراء النتائج في الجدول رقم (2) لتراكيز الأملاح الذائبة الكلية في الماء، اتضح أن القيم تراوحت بين أدني قيمة بمنطقة الزرامقة ±22.88 (mg/l) 24.9 وأعلى قيمة بمنطقة الكويرية 16.07 ± (mg/l) 80 وجميعها أقل من الحدود المسموح بها في حسب المواصفات الليبية رقم (م ق ل 82) لسنة 2015 ومواصفات منظمة الصحة العالمية (WHO). وهذا الانخفاض الملحوظ يعد أمر طبيعي لأن من أهداف مراكز التحلية هو تخفيف نسبة الأملاح الذائبة الكلية (Najah et al., 2010)، وبمقارنة نتائجنا بنتائج (العصاري، واخرون، 2007) لدراسة بعنوان تقدير المواد الصلبة المذابة في بعض العينات من مياه الشرب (المعبأة محليا) بمصراته–ليبيا فإنه وجد توافق في معظم العينات حيث ذكر الباحث أن نسبة TDS تراوحت بين mg/l 45 – 305.

– الموصلية الكهربائية (EC): أوضحت النتائج المتحصل عليها لخاصية التوصيل الكهربي والمبينة في الجدول رقم (2) أن جميع العينات كانت أقل من الحد المسموح به حسب ما جاءت به المواصفات المحلية والدولية بل إن البعض منها يقع في نطاق المياه المقطرة تقريبا، حيث سجلت أعلي قيمه في منطقة الكويرية 0.0± µS/cm 134وأقل قيمة في منطقة الزرامقة 0.494± µS/cm 52 وهذه النتائج تتوافق نسبيا مع نتائج الأملاح الذائبة الكلية لما لهم من ارتباط بينهما. ومن خلال النتائج التي أشار لها (المسماري، وآخرون 2023) في دراستهم المعنونة بـ دراسة مقارنة وتقييم جودة بعض مصانع تعبئة ومعالجة المياه بالمنطقة الشرقية لليبيا فإن نتائجنا كانت مطابقة لنتائج الباحث والبعض منها أقل.

– تقدير العسر الكلي (T.H) يعتبر عسر الماء الكلي من أهم المواصفات التي تحدد مدى صلاحية الماء للاستخدامات المختلفة، وقد اشارت النتائج في منطقة الدراسة أن تراكيز العسرة الكلية المشار إليها في الجدول رقم (2) قد تراوحت بين 1.16 ± (mg/l) 46.7 و0.30 ± (mg/l) 112 في منطقتي الغالمية والجديدة على التوالي، وبالتالي فأن تراكيز العسرة الكلية تقع في الحدود المسموح بها حسب منظمة الصحة العالمية (WHO) والمواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب رقم (م ق ل 82) لسنة 2015. شهدت نتائجنا ارتفاعا بالمقارنة مع النتائج التي تحصل عليها (المسماري، وآخرون 2023) حول دراسة مقارنة وتقييم جودة بعض مصانع تعبئة ومعالجة المياه بالمنطقة الشرقية لليبيا.

– قياس الماغنسيوم (Mg^{+2}) تفيد النتائج الواردة في الجدول رقم (2) أن تراكيز الماغنسيوم تتراوح بين 4.26± (mg/l) 2.1 في منطقة الكويرية وهي أقل قيمة متحصل عليها و3.44 ± (mg/l) 13 كأعلى قيمة متحصل عليها بمنطقة الجديدة وبحسب منظمة الصحة العالمية (WHO) فإن جميع القيم تراكيز الماغنسيوم كانت أدني من الحد المسموح بينما لم تأت المواصفة الليبية على ذكر الحد الأقصى المسموح به لتركيز الماغنسيوم. ومن خلال الاطلاع على نتائج (المغيربي، وآخرون، 2025) في دراسته سالفة الذكر فإن نتائجنا كانت أعلي بقليل من نتائج الباحث التي تراوحت بين mg/l 2.4 – 0.9.

الجدول 2: نتائج تركيزات خصائص العينات بمنطقة الدراسة

NO	Zone	pH	TDS	TH	Ca^{+2}		Mg^{+2}	Na^{+}		K^{+}	SO_4^{-2}	NO_3^{-}	HCO_3^{-}	EC
			mg/l											µS/cm
1	الشبيكة	7.2	37	61.6	8		10	18		2	10	0.21	9	71
2	الجديدة	7	79	112	12		13	13		1.8	12	0.33	11	122
3	الكويرية	6.8	80	82	2.3		2.1	23		2.1	8	0.28	10.3	134
4	ابوعجيلة	6.5	68	71.1	11		10	15		3	6.9	1.2	9.5	108
5	الدورانية	6.9	78	68.4	14		9	17		1.9	5.9	1.9	11	112
6	غوط بويض	6.7	58	52.2	6.7		8.9	9		1.6	12	2.1	8.8	103
7	عجيلات المدينة	6.8	39	46.7	4.2		2.8	7		5	5	4.3	5.9	75

8	غوط الديس	6.7	46	90.6	6.7		9.2	11		2	5.9	3.2	6.9	82
9	الزرامقة	7.5	24.9	54.8	18		6.7	20		5	6.3	3.1	7.9	52
10	الغالمية	7.9	62.7	46.7	23		9.5	18		7	6.5	0.98	1.3	98
الحدود المسموح بها		**8.5**	**1000**	**500**	**200**		**150**	**200**		**20**	**250**	**45**	**200**	**1500**

– قياس الكالسيوم (Ca^{+2}) يبين الجدول رقم (2) أن النتائج المتحصل عليها من عينات مصانع التحلية أن تراكيز الكالسيوم في العينات تراوحت بين5.86 ± 2.3 (mg/l) كأقل قيمة و8.77 ± 23 (mg/l) كأعلى قيمة، فمعظم العينات كانت أقل بكثير من القيم المسموح بها حسب منظمة الصحة العالمية وبعضها اقترب من الحد المسموح به دوليا، بينما لم تأت المواصفة الليبية على ذكر الحد المسموح به لتركيز الكالسيوم، حيث أن احتواء مياه الشرب على الكالسيوم في الحدود المسموح بها يقلل من خطورة تكوين الحصى الكلورية ويساعد على تنظيم دقات القلب (الهلوب، 2014). بالمقارنة مع النتائج التي أوردها (خليفة، واخرون 2021) في دراستهم، حيث شهدت نتائجنا توافقا في معظم العينات وجميعها حققت المواصفات القياسية المطلوبة.

– قياس الصوديوم (Na^{+}) وجد في النتائج الواردة في الجدول رقم (2) أن قيم الصوديوم المتحصل عليها من التحاليل الكيميائية للعينات، كانت بين 5.72 ± 7 (mg/l) و5.58 ± 23 (mg/l) وحسب المواصفات المطلوبة نجد أن العينات كانت ضمن الحدود المسموح بها حسب المواصفات الليبية وكذلك منظمة الصحة العالمية. يعمل الصوديوم على المحافظة على توازن الحموضة والقاعدية في الجسم، وكذلك ي على المساعدة في انقباض العضلات، نتائجنا لم تتجاوز23 mg/l حيث كانت أغلبها متماثلة بمقارنتها بدراسة (المسماري، وآخرون 2023)، التي هي مطابقة تمام للمواصفات المطلوبة.

– قياس البوتاسيوم (K^{+}): تبين من الجدول رقم (2) أن التحاليل الكيميائية للبوتاسيوم في العينات تتراوح بين أقل قيمة وهي 1.08± 1.6 (mg/l) بمنطقة غوط بيوض و2.29 ± 7 (mg/l) كحد أقصى بمنطقة الغالمية فبالتالي يمكن القول بأن جميع العينات تقع في الحدود المسموح بها لمياه الشرب، حسب المواصفات الليبية (40 mg/l) وكذلك منظمة الصحة العالمية (20 mg/l). من خلال استقراء نتائج دراسة (خليفة، واخرون 2021) المعنونة بتقييم جودة مياه الشرب المحلاة من حيث الخواص الفيزيائية والكيميائية مدينة العجيلات، معظمها مرتفعة بنسب ضئيلة أمام نتائج الباحث والتي تراوحت بين2.52 – 0.21 mg/l.

– قياس الكبريتات (So_4^{-2}) لوحظ من خلال نتائج تركيز الكبريتات في الجدول رقم (2) أنها كانت تقع بين 2.01± 5 (mg/l) بمنطقة عجيلات المدينة و2.93 ± 12 (mg/l) بمنطقتي الجديدة وغوط بيوض وجميع عينات الدراسة أقل من الحدود المسموح بها في المواصفات القياسية الليبية رقم (م ق ل 82) لسنة 2015 ومواصفات منظمة الصحة العالمية وهي (mg/l 250) كحد أقصي، وشهدت نتائجنا انخفاضا كبيرا بمقارنتها مع النتائج التي سجلها (المحبس، واخرون، 2006) لدراسة بعنوان تقييم عملية معالجة المياه الصناعية المعادة بالمجمع الصناعي بتمنهنت – جنوب ليبيا.

قياس النترات (NO_3^{-}): أشارت نتائج تحليل العينات لقياس تراكيز النترات في الجدول رقم (2) والشكل رقم (10) إلى أنها تراوحت بين أدني قيمة بموقع الشبيكة 1.09 ± 0.2 (mg/l) وأقصى قيمة بموقع عجيلات المدينة 1.79 ± 4.3 (mg/l) وهي قيم منخفضة مقارنة بالمواصفات القياسية الليبية رقم (م ق ل 82) لسنة 2015 وكذلك المواصفات العالمية وهي (45 mg/l). التراكيز العالية للنترات في مياه الشرب تعمل على تسمم من يشربها مع مرور الوقت خاصة لدي الأطفال وذلك لسهولة اختزال النترات إلى نيتريت المسبب لمرض الميتوجلوبين في دم الأطفال بالإضافة إلى أنه مادة مسرطنة (الرابطي، 1995)، ومن خلال المقارنة فكانت نتائجنا أقل من نتائج (إسماعيل، 2018) لدراسة بعنوان تقدير بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية في عينات مياه الشرب البلدية في مدينة زليتن والتي فاقت السموح به بالنسبة للباحث.

– قياس البيكربونات (HCO_3^{-}): لوحظ من الجدول رقم (2) والشكل رقم (11) أن تركيز البيكربونات تراوح بين 0.87 ± 1.3 (mg/l) بموقع الغالمية كأدني قيمة و1.37 ± 11 (mg/l) بموقعي الجديدة والدورانية كأعلى قيمة وعليه فإن النتائج كانت أقل من الحد المسموح به حسب المعايير القياسية الليبية رقم (م ق ل 82) لسنة 2015 ومنظمة الصحة العالمية التي تتراوح بين (mg/l 200–250 mg/l). وبالمقارنة مع نتائج (عبد الرسول، 2000)، لدراسة بعنوان تقييم مدى تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية للخزان الرباعي في الشريط الساحلي الممتد من قصر الأخيار حتى مصراتة، فقد كانت نتائجنا أقل بكثير من نتائج الباحث التي لم تحقق المواصفات المعتمدة.

مؤشر جودة المياه: Water Quality Index (WQI): يمكن استخدام هذا المؤشر كعامل مهم في التعرف على جودة المياه وإدارة مصادرها معطياً فكره جيدة عن جودة المياه وتطورها خلال فترة من الزمن. تم تطبيق مؤشر جودة المياه WQI لتقييم عينات المياه في المناطق المشار لها بواسطة برنامج. Excel (Asit et al ., 2015)، ويتم توضيح كيفية حساب WQI كما في الخطوات التالية:

– الخطوة 1: تحديد الوزن لمعايير المياه المختارة على سبيل المثال لا الحصر (pH، TDS، EC، NO_3^-، K^+، .....إلخ) وفقا لأهميتها النسبية في الجودة للجودة الشاملة للمياه المستمدة لأغراض الشرب قد يكون الوزن من 1 – 5.

– الخطوة 2: حساب الوزن النسبي (Wi) للمعامل الكيميائية باستخدام المعادلة التالية:

$$Wi = wi/\sum wi \qquad i = (1 \text{ إلى } n)$$

حيث Wiهو الوزن النسبي، وwi هو وزن كل خاصية، وn هو عدد الخصائص.

– الخطوة 3: تعيين مقياس تقييم الجودة quality rating scale (qi) لكل بارامتر، على النحو التالي: $qi = (Ci/Si) \times 100$

حيث، qi هو تصنيف الجودة، وCi هو تركيز كل خاصية مكون كيميائي في كل عينة ماء، وSi هو الحد المسموح حسب المواصفات المحلية والعالمية. يتم حساب WQI من المعادلة الأتية: $WQI = \sum Wi \times qi$ ، حيث Wi هو الوزن النسبي لكل خاصية، qi quality rating scale . الجدول رقم 4 يمثل مصنع الشبيكة باعتباره نموذجا لحساب WQI في العينات المدروسة،(Abdulaziz et al., 2019) Asit et al ., 2015) ,)، وكذلك التصنيف الموضح في الجدول رقم (3) يمكن من خلاله معرفة جودة المياه المحسوبة.

جدول 3: تصنيف مدى مؤشر جودة المياهWQI (Asit et al., 2015)

Range	Type of water
Less than 50	Excellent
50 – 100	Good water
100 -200	Poor water
200 – 300	Very poor water
More than 300	Water unsuitable

تعتمد قيمة مؤشر جودة المياه (WQI) على تجميع التأثيرات المختلفة للمعايير الفيزيائية والكيميائية مثل (الرقم الهيدروجيني، والأملاح الذائبة، والعسر الكلي، والكالسيوم، وغيرها) في رقم واحد يعكس صلاحية المياه، فنلاحظ أن أقل قيمة سجلت في عجيلات المدينة بمقدار

12.41، وأعلى قيمة في الغالمية بمقدار 26.08، وهذا المدى الضيق يشير إلى تجانس التكوين الجيولوجي للخزانات الجوفية (مصدر المياه) أو تشابه في عمليات المعالجة والتوزيع في المنطقة، وبالتالي وفقاً لتصنيف WQI في الجدول رقم (3) فإن جميع العينات المدرجة تقع ضمن فئة مياه ممتازة (Excellent Water). مما يعني أن المياه بعيدة تماماً عن حدود التلوث الكيميائي.

جدول 4: يمثل مصنع الشبيكة كا أنموذجا لحساب WQI في العينات المدروسة

Parameters	Concentration Of parameters	wi weight	Wi Relative weight	Si Libyan Standard	Qi quality rating scale	Wi*Q
pH	7.2	5	0.15	7.5	96	14.4
EC	37	5	0.15	1000	3.7	0.56
TDS	108	5	0.15	1500	7.2	1.08
TH	61.6	4	0.11	500	12.3	1.35
Ca_2^+	8	4	0.11	200	4	0.44
Mg^{+2}	10	4	0.11	50	20	2.2
Na^+	18	3	0.08	200	9	0.72
K^+	2	3	0.08	20	10	0.8
SO_4^{-2}	10	2	0.05	250	4	0.2
NO_3^-	0.21	2	0.05	45	0.47	0.023
HCO_3^-	9	2	0.05	200	4.5	0.23
		34	1			21.98

جدول 5: يوضح مدى مؤشر جودة مياه الشرب في منطقة الدراسة

Sample	WQI	Type of Water
الشبيكة	21.98	Excellent Water
الجديدة	24.39	Excellent Water
الكويرية	21.01	Excellent Water
ابوعجيلة	21.78	Excellent Water
الدورانية	13.8	Excellent Water
غوط بيويض	15.4	Excellent Water
عجيلات المدينة	12.41	Excellent Water
غوط الديس	16.96	Excellent Water
الزرامقة	23.17	Excellent Water
الغالمية	26.08	Excellent Water

الخلاصة والتوصيات: من خلال هذه الدراسة التي تهدف إلي تقيم جودة المياه بمنطقة العجيلات تم التركيز على أهم الخصائص ذات العلاقة بتقييم مياه الشرب الناتجة عن بعض مصانع التحلية لدى عشر مواقع جغرافية مختلفة بمنطقة العجيلات. وكذلك تقيمها باستخدام مؤشر جودة المياه WQI، حيث بينت النتائج من الناحية البكتريولوجية خلو العينات تماما من TotalColiform و E.coli مما دل على كفاءة التعقيم المتبعة في هذه المصانع، ويجعل المياه آمنة تماماً للاستهلاك البشري من المنظور الميكروبيولوجي، أما من الناحية الفزيائية والكيميائية، فإن قيمpH لجميع العينات قد حققت المواصفات الليبية المطلوبة رقم 82 لسنة 2015 ومواصفات منظمة الصحة العالمية (WHO) ، بينما أشارت نتائج تحاليل الاملاح الذائبة الكلية TDS ، و الموصلية الكهربائية EC بأنها أقل بكثير من الحد المسموح به محليا ودوليا وهو استنتاج فني يشير إلى أن أغشية التناضح العكسي (RO) تعمل بكفاءة عالية جداً كما أثبتت الدراسة أيضا وجود ارتباط طردي وثيق بين (EC) و (TDS)، مما يعزز دقة القياسات الحقلية والمختبرية التي تم إجراؤها، أما تراكيز (Ca^{+2} ، Mg^{+2}) فمعظمها أقل بكثير من الحد المسموح به مقارنة بمواصفات منظمة الصحة العالمية (WHO) والبعض الأخر يقع ضمن الحد المسموح به، في حين أن تراكيز كل من (Na^+، NO_3^- ، TH ، K^+) فهي ضمن المدي المسموح به لجميع العينات حسب المواصفات الليبية رقم (م ق ل 82) لسنة 2015 ومواصفات منظمة الصحة العالمية (WHO) بينما كانت نتائج تراكيز أيوني(HCO_3^- ،SO_4^{-2}) أقل من الحد المسموح به حسب المواصفات العالمية. أثبتت الحسابات الرياضية لمؤشر جودة المياه Water Quality Index (WQI)أن قيم الجودة تتراوح بين (12.41 إلى 26.08)، مما يُصنف مياه منطقة الدراسة كمياه ممتازة (Excellent Water)، وهذا الاستقرار يشير إلى جودة المصدر المائي الخام وتوحيد كفاءة عمليات المعالجة بمواقع الدراسة. وأن نتائج دراستنا الحالية تؤكد استمرارية جودة مياه الشرب في منطقة العجيلات، وبقائها ضمن المعايير القياسية، وذلك بالبناء على ما توصلت إليه دراسة (خليفة، والمصراتي، 2021) التي ركزت على الجوانب الفيزيائية والكيميائية، ولضمان استدامة هذه الجودة نوصي بمراقبة الرقم الهيدروجيني بدقة لتجنب عدوانية المياه التي قد تؤدي إلى تآكل شبكات التوزيع والمواسير المعدنية. وكذلك رفع مستويات الكالسيوم والماغنسيوم قليلاً، لما لها من فوائد صحية مؤكدة في الوقاية من أمراض القلب والعظام، وعلى الجهات الرقابية أيضا البدء في إنشاء قاعدة بيانات رقمية لنتائج هذه المحطات بشكل دوري واستخدام برمجيات النمذجة للتنبؤ بأي تغير في جودة مياه المصدر. تدريب العاملين بمصانع تحلية مياه الشرب بأهمية معالجة المياه، وإيجاد حلول جذرية لتعويض نقص الأملاح في مياه الشرب.

المراجع:

ابوجليدة، انتصار؛ العكروتي، محمد؛ زريمق، احمد، 2015، دراسة بعض الخصائص الفيزيوكيميائية للمياه المعبأة المنتجة محلياً والمستوردة بالسوق الليبي، المعهد العالي لتقنيات شؤون المياه، ص2.

أثير، الغزاوي؛ الطائي، وميض؛ الجوهري، حلا، 2004، دراسة بعض الملوثات الميكروبية لبعض المياه المعبأة العراقية والعالمية، مجلة جامعة بابل، لعلوم الصرف والتطبيقية، المجلد (19) العدد (1).

أبولقمة، الهادئ، 1968، دراسات ليبية، ط1، مكتبة قورينا للنشر، بنغازي، ص 80، ص96.

بلق، المهدي عمارة، (2007)، النمو السكاني بمدينة العجيلات وفق التحويلات الاقتصادية والاجتماعية والظروف المكانية المصاحبة للفترة من 1970-2000، رسالة ماجستير، قسم الجغرافيا، ص8-28ص، استناداً لبيانات محطة زوارة للبيانات المناخية.

اليعقوبي، فتحي خليفة، وادم، حسين نوري 2014، تقييم التلوث الكيميائي والبيولوجي للمياه الجوفية بمياه الصرف الصحي الدافنية – زليتن، كلية الهندسة، وكلية التقنية الطبية، مجلة الأستاذ، الجزء الثاني، جامعة طرابلس.

المغيربي، انتصار جمعه، على مفتاح على، 2025، بعنوان تقييم الخصائص الكيميائية والفيزيائية للمياه المنتجة بمعامل التنقية بمدينة ترهونة. مجلة شمال أفريقيا للنشر العلمي، المجلد 3 العدد 1، ص 45- 52.

العصاوي، إبراهيم محمد والضراط، فاطمة الصادق، 2007، تقدير المواد الصلبة المذابة في بعض العينات من مياه الشرب (المعبأة، المحلية) بليبيا. قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة 7 أكتوبر، مصراته، ليبيا.

المسماري، مجدي، والعيساوى، علي، المزغني، صلاح، واغنيوة محمد، 2023 حول دراسة مقارنة وتقييم جودة بعض مصانع تعبئة ومعالجة المياه بالمنطقة الشرقية لليبيا. مجلة السلفيوم للعلوم والتقنية، العدد 4 ص49 – 63.

الهلوب، رمضان نصر، 2014، تقدير العسرة الكلية وبعض العناصر الأساسية في عينات من مياه الشرب المعبأة في مدينة مصراته، رسالة ماجستير، الأكاديمية الليبية، مصراته، ليبيا، ص54-ص64.

خليفة، فوزي التومي، المصراتي، انور حسن، 2021، تقييم جودة مياه الشرب المحلاة من حيث الخواص الفيزيائية والكيميائية مدينة العجيلات، مجلة التقنيات، العدد 18، المجلد 1، ص 47 – 32.

المحبس، محمد الطاهر، السلمان، إبراهيم مهدي، الكرتيحي، علي عيسى، 2006، تقييم عملية معالجة المياه الصناعية المعادة بالمجمع الصناعي بتمنهنت – جنوب ليبيا مجلة جامعة سبها (العلوم البحتة والتطبيقية) المجلد5، العدد2، سبها.

الرابطي، عبد القادر؛ الغويل، محمد، 1995، تطور استخدام تقنية المياه في الجماهيرية: تحديات الحضارة وآفاق المستقبل، منشورات جامعة طرابلس، ليبيا، المجلد (2)، العدد (1)، ص34- ص35.

إسماعيل، ابتسام محمد 2018، تقدير بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية في عينات مياه الشرب البلدية في مدينة زليتن رسالة ماجستير، قسم الكيمياء، كلية العلوم – جامعة مصراتة.

عبد الرسول، علي حسين، 2000، تقييم مدى تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية للخزان الرباعي في الشريط الساحلي الممتد من قصر الأخيار حتى مصراتة"، مجلة اتحاد الجامعات العربية للعلوم التطبيقية، المجلد2، العدد5، ص 91 – 106.

American Public Health Association. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association 14st ed. (1975) Washington, D.C. https://doi.org/10.2105/ajph.65.5.468

Abdulaziz, A.; Alamari, K.; and Saber, A. (2019), Evaluation of Groundwater for Drinking Purpose in Sorman City-Libya Using Water Quality Index. International Journal of Environmental & Water. vol.8, Issue 2, (2019), pp.106-119. https://doi.org/10.63359/kzkd0h75

Heinrich. (2004). Sodium in Drinking Water. Public Health. www.Publichealthmdc.Com. https://doi.org/10.1002/047147844x.mw2203

Zaid. Najah, Badria. Salem, Najat. Aburas, 2010, Analysis of Some Bottle Drinking Water Sambals Available in Alkoms City Journal of Academic Research, Vol. 17. https://doi.org/10.18860/elha.v7i1.7244

World Health Organization. (2009). Calcium and Magnesium in Drinking-Water. Geneva, Switzerland.

American Public Health Association. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association 21st ed. (2005) Washington, D.C. https://doi.org/10.1037/e401522005-040

Asit, Kumar, B.; Surajit, C. (2015) Hydrogeochemistry and Water Quality Index in the Assessment of Groundwater Quality for Drinking Uses. Water environment Research. 87 (7), July (2015), pp,607-617. https://doi.org/10.2175/106143015x14212658613956