



تقييم مؤشر جودة المياه ومدى تداخل مياه البحر مع عينات من المياه الجوفية بمنطقة مرباط مصراتة - ليبيا.

Water Quality Index Assessment And Extent Of Sea Water Intrusion With Samples Of Ground Water From Mirbat Area- Misurata City - Libya

أبراهيم محمد عبدالله العساوي
كلية العلوم جامعة مصراتة

عبدالرحمن الصادق البغدادي الضراط
المعهد العالي للعلوم والتقنية مصراتة

عبدالله عمر مختار عقوب
المعهد العالي للعلوم والتقنية مصراتة

أوبكر مفتاح غيث سويب
المعهد العالي للعلوم والتقنية مصراتة

محمود سلامة تكالة
المعهد العالي للعلوم والتقنية مصراتة

المخلص

يكفينا قول الله - سبحانه وتعالى - : (وجعلنا من الماء كل شيء حي) لنستدل على أهمية الماء في الكون. أجريت هذه الدراسة على سنة أبار تم تحديدها عشوائياً بمنطقة مرباط بمدينة مصراتة خلال الفترة من 2021/01/10 إلى 2021/01/28. تم أخذ ثلاثة مكررات من كل بئر، وتم تقدير تركيز بعض الخصائص (parameters) ؛ للتعرف على مدى تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية بالمنطقة ومدى جودة المياه، مثل درجة الحرارة، والرقم الهيدروجيني (pH)، والتوصيل الكهربائي (EC)، والأملاح الذائبة الكلية (TDS)، والعسرة الكلية (TH)، وبعض الأيونات الموجبة، مثل: أيونات الكالسيوم (Ca^{+2})، والماغنيسيوم (Mg^{+2})، والبوتاسيوم (K^{+})، والصوديوم (Na^{+})، وكذلك تركيز بعض الأيونات السالبة، مثل: أيونات الكلوريدات (Cl^{-})، والكربونات (CO_3^{-})، والبيكربونات (HCO_3^{-})، والكبريتات (SO_4^{-}). تم حساب مؤشر جودة المياه (Water Quality Index WOI)، وكذلك حساب بعض المؤشرات الكيميائية لتداخل مياه البحر، مثل: نسبة سيمبسون (Sempson Ratio)، ونسبة جون (Jons Ratio). من خلال نتائج هذه الدراسة لوحظ وجود تراكيز عالية لبعض الخصائص ذات العلاقة بتداخل مياه البحر مع المياه الجوفية، مثل: الأملاح الذائبة الكلية (1303 - 2400 ppm)، التوصيل الكهربائي (2170 - 4150 $\mu S/cm$) و الكلورايد (1212 - 2834 ppm). كما أوضحت نسبة سيمبسون، وكذلك نسبة (جون) على وجود تداخل لمياه البحر. الكلمات الدالة: تداخل مياه البحر، (SWI جودة المياه، WQI)، نسبة سيمبسون (SR)، مرباط - مصراتة..

استلمت الورقة بتاريخ 2022/08/15، وقبلت بتاريخ 2022/9/10، ونشرت بتاريخ 2022/9/14

الكلمات المفتاحية: تداخل مياه البحر (SWI)، جودة المياه (WQI)، نسبة سيمبسون (SR)، مرباط - مصراتة..

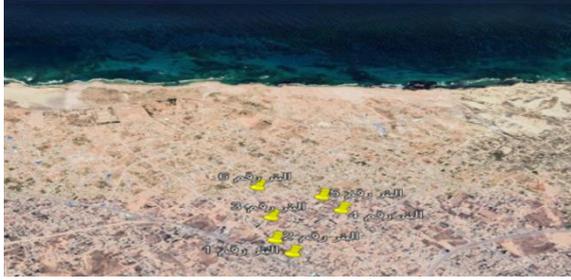
مقدمة

المياه الجوفية بمدينة مصراتة تعتمد على مياه حوض الحمادة الحمراء؛ لأنها تقع في نطاق هذا الحوض. تجدر الإشارة إلى أن المنطقة التي تجرى عليها الدراسة تعتمد على خزان مزدة - تغرنة [2].

تعد ظاهرة تداخل مياه البحر من أهم الآثار البيئية الناجمة عن تدني منسوب للمياه الجوفية، وزيادة معدلات السحب بكميات تفوق كمية التغذية الطبيعية على تسلسل مياه البحر نحو الياض لتعويض الفاقد من المياه الجوفية، خاصة إذا كانت التكوينات الصخرية للشاطئ من صخور نفاذية تسمح من خلالها تسرب المياه المالحة [3]. كما موضحة في الشكل (1). هذا وقد أظهرت العلاقة التي أوجدها غيبان وهرتز

المياه ذات أهمية كبرى بالنسبة لحياة الإنسان، فهي تدخل في كثير من الأغراض والاستخدامات الزراعية، ولغرض الصناعات الغذائية يكفينا قول الله - سبحانه وتعالى - : (وجعلنا من الماء كل شيء حي) لنستدل على أهمية الماء في الكون. لا توجد مياه في الطبيعة درجة نفاذتها (100%) وحتى مياه الأمطار التي تعتبر من أنقى أنواع المياه تتعرض للتلوث في الجو عند سقوطها على الأرض. والمياه عادة تحتوي على عناصر أو مركبات بتراكيز مختلفة، وتختلف هذه المواد وتراكيزها حسب نوعية المياه ومصدرها ودرجة تلوثها [1].

تتراوح بين (1.63- 2.45 كيلو متر) ، وتم تحديد موقع كل بئر على الخارطة بموقع (Google earth) ، كما في شكل (2). ويراعى عند أخذ العينات أن تكون ممثلة للمصدر المأخوذ منه ، وأن تكون كافية لإتمام التحاليل المطلوبة ، وكذلك يجب ترقيم العينات [16،4].



الشكل رقم (2): يوضح موقع الأبار على الخريطة

قيست الرائحة عن طريق حاسة الشم ، والطعم بحاسة الذوق. تم قياس كلا من الرقم الهيدروجيني ، والتوصيل الكهربائي ، والأملاح الكلية الذائبة بواسطة جهاز (PH& Conductivity meter 3540 JENWAY) ، وكذلك تم تقدير الكربونات ، والبيكربونات ، والعسرة الكلية ، والبوتاسيوم ، والكالسيوم والماغنسيوم ، والكبريتات في شركة شيماء للصناعات الغذائية المحدودة بمدينة مصراتة باستخدام جهاز 8000 Spectrophotometer palintest). تم تقدير أيون الصوديوم في العينات في معمل شركة دلنا العلمية باستخدام جهاز (Flame photometer) نوع (BWB) تم حساب مؤشر جودة المياه (WQI) بواسطة برنامج (Excel 2007) [1].

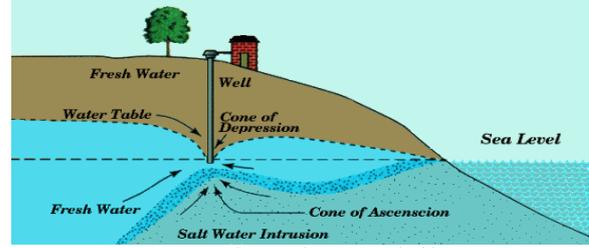
تمثل نسبة سيمبسون (SR) (Sempson Ratio) تركيز أيون الكلوريد (Cl⁻) الذائب بالمليجرام/لتر مقسوم على مجموع تركيز أيونات البيكربونات ، والكربونات الذائبة بالمليجرام/لتر وتم حسابها وفقاً للمعادلة الآتية [7]: $SR = Cl^- / (HCO_3^- + CO_3^{2-})$ كما تم حساب نسبة جونز (JR) وتعتبر هذه النسبة من أهم المؤشرات الكيميائية المستخدمة للدلالة على تداخل مياه البحر، وتم حسابها من خلال نسبة (تركيز الصوديوم / تركيز الكلورايد) بواسطة برنامج Excel 2007 حيث التراكيز معبراً عنها (مول/لتر) وفق المعادلة الآتية: $JR = [Na^+] / [Cl^-]$

الجدول (1) يوضح الحد الأقصى لبعض التراكيز وفقاً للمواصفات الليبية لسنة 2015 م والمواصفات العالمية WHO لسنة 2011 م [7].

الجدول رقم (1) يوضح المواصفات القياسية الليبية ومواصفات منظمة الصحة العالمية (WHO)

الخاصية أو العنصر	الوحدات المستعملة	المواصفات القياسية الليبية	منظمة الصحة العالمية WHO
PH	-	8.5	-
E.C	μs/cm	2000	-
T.D.S	Ppm	1000	-
Na ⁺	Ppm	200	-
Ca ⁺	Ppm	-	200
Mg ⁺	Ppm	-	150
K ⁺	Ppm	40	-
Cl ⁻	Ppm	250	-
SO ₄ ²⁻	Ppm	-	400
HCO ₃ ⁻	Ppm	-	150
العسر الكلي	Ppm	500	-

ببرج (حدوث اتزان طبيعي بين المياه العذبة والمياه المالحة بالمناطق الساحلية، نتيجة لاختلاف كثافة الوسطين، وقد حددت هذه العلاقة حالة الاتزان، بأن كل متر ارتفاع من المياه العذبة



الشكل (1) تداخل مياه البحر [1]

فوق سطح البحر يعادله عمق (40 متراً) من هذه المياه تحت هذا المستوى [4]، ويعني ذلك أن السطح الفاصل بين المياه المالحة والمياه العذبة ينشأ على عمق يعادل (40) مرة ارتفاع مستوى المياه العذبة فوق مستوى سطح البحر، ومن هذه العلاقة يمكن استنتاج أنه في حالة حدوث انخفاض قدره متراً واحداً في مستوى المياه الجوفية في أي منطقة، ترتفع من خلاله المياه المالحة إلى أعلى مسافة (40 متراً)؛ وذلك لاسترجاع حالة الاتزان الطبيعي بينهما، وبالتالي فإن انخفاض مستوى المياه إلى عمق مستوى سطح البحر يؤدي بالضرورة إلى تسلل المياه المالحة، ولكي نعيد المياه العذبة إلى وضعها الطبيعي يحتاج كل (1) متراً مكعباً من المياه المالحة المتسللة (40) متراً مكعباً من المياه العذبة، وهذا الأمر يصعب تحقيقه خاصة في المناطق التي تعاني من ندرة المياه العذبة [1].

مؤشر جودة المياه (WQI) من أهم الأدوات المعبرة على جودة المياه ، ويمكن استخدامه كعامل مهم في تقييم جودة المياه وإدارة مصادر المياه معطياً فكرة جيدة عن جودة المياه وتطورها خلال فترة من الزمن [5] وأحد أكثر الأساليب فعالية لإيصال المعلومات حول جودة أي مياه إلى صانعي القرار. إنه يعزز فهم قضايا جودة المياه من خلال دمج البيانات المعقدة وإنشاء درجة تصف حالة جودة المياه [3]. الهدف الرئيسي من حساب مؤشر جودة المياه (WQI) هو تحويل بيانات جودة المياه المعقدة إلى معلومات يسهل فهمها واستخدامها.

بالإضافة إلى التراكيز العالية للكلوريد، والتوصيل الكهربائي، والأملاح الكلية الذائبة، والصوديوم. هناك عدة مؤشرات كيميائية تدل على احتمالية تداخل مياه البحر منها: نسبة سيمبسون (SR): تعتبر هذه النسبة من أهم المؤشرات الكيميائية المستخدمة للدلالة على تداخل مياه البحر، ويمكن حسابها من خلال نسبة الكلوريد على مجموع الكربونات والبيكربونات. [6] النسبة مقسمة إلى خمس فئات: الأولى هي نوعية جيدة (>0.5)، الثانية تلوث قليل جداً بمياه البحر (0.5 - 1.3)، الثالثة ملوثة قليلاً (1.3 - 2.8)، الرابعة معتدل التلوث (2.8 - 6.6)، والخامسة شديد التلوث (6.6 - 15.5). نسبة جونز (JR): يتم حساب هذه النسبة للتمييز بين نوعية المياه سواء كانت مياه بحر أو غيرها من مصادر المياه، حيث تشير القيم المنخفضة منها على أن المياه المالحة أصلها مياه البحر، بحيث تكون هذه النسبة أقل من (0.86) نسبة مولارية، أما إذا كانت القيمة أعلى من (1) فهي تدل على أن مصدر الأملاح إما التكوين الجيولوجي، أو غيرها من المصادر الأخرى [7]. نظراً للأهمية البالغة للمياه الجوفية كمصدراً مائياً حرص الكثير من الباحثين على المستوى الدولي، والإقليمي، والمحلي على دراسة مشاكل التلوث لهذا المصدر وطرق معالجتها على سبيل المثال للحصر انظر المراجع [8-15].

الجزء العملي

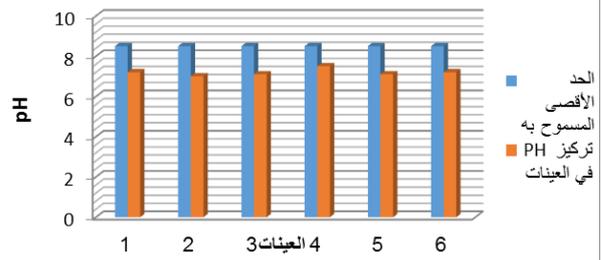
اختيرت ستة أبار حسب الطرق القياسية يتراوح عمقها من (18- 20m) ، بحيث تكون على مسافات مختلفة من شاطئ البحر

النتائج والمناقشة

جدول رقم (2) يوضح متوسط تركيز الخصائص المدروسة عليها

رقم العينة	رقم البئر	pH	TDS	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	TH	SO ₄ ²⁻	EC
1	7.2	1303	346	10	55	24	1212	-	369	318	115	2170	
2	7.0	1920	470	25	73	18	1550	-	445	112	841	3200	
3	7.1	1950	445	20	16	21	2289	-	238	371	087	3250	
4	7.5	2490	545	10	29	25	2532	-	242	349	171	4150	
5	7.1	2394	478	43	103	40	2692	-	353	361	081	3990	
6	7.2	2196	560	19	78	81	2834	-	312	164	151	3660	
الحد الأقصى	8.5	1000	200	40	200	150	250	-	150	500	400	2500	

يبين الجدول (2) أن جميع الأبار تراوحت قيم الرقم الهيدروجيني لها (من 7.0) في البئر الثاني إلى (7.5) في البئر الرابع أي أن جميع القيم تقع في الحد المسموح به حسب المواصفات القياسية للبيئة لسنة (2015م). قيم ال (pH) التي تم الحصول عليها في هذا البحث كانت متوافقة مع النتائج التي تحصل عليها عبدالزارق مصباح وآخرين ، والتي تراوحت من (7.00-7.73) [7]، وكذلك متفقة مع النتائج التي تحصل عليها الفقي وآخرين ، حيث تراوحت من (7.00-8.20) [17].



الشكل (3): يوضح قيم الرقم الهيدروجيني (pH) للعينات المأخوذة من الأبار مقارنة مع الحد الأقصى المسموح به

القلوية هي قدرة المحلول لمعادلة المحلول إلى (pH 4.5) ويعود سببها إلى وجود أيونات من (CO₃²⁻ و HCO₃⁻)، والتي تعتمد على كل من درجة الحرارة وقيمة (pH) والتركيز ببقية المواد الذائبة [18]. يمكن القول بأن المياه التي لها قيمة (PH) أكثر من (4.6) تحتوي على قاعدية البيكربونات ، والتي لها قيمة (pH) أكثر من (9.5) تحتوي على قاعدية الهيدروكسيد. يوضح الجدول (3) أنواع القاعدية واحتمال وجودها ضمن حدود ال (pH) في المياه، حيث توجد القاعدية في معظم المياه بثلاث حالات رئيسية ، وهي قاعدية الكربونات ، وقاعدية البيكربونات ، وقاعدية الهيدروكسيد ، وأن لهذه الأنواع الثلاثة علاقة توازن مع ثاني أكسيد الكربون الذائب في الماء ، وأن أي تغيير في

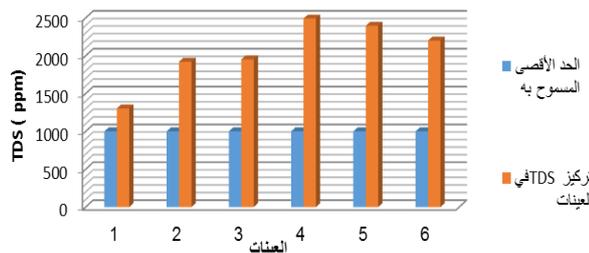
تركيز أحدهم يؤدي إلى تغيير التوازن ، وينتج عنه تغيير في قيمة ال (pH) [18].

الجدول (3) أنواع القاعدية واحتمال وجودها ضمن حدود قيم ال pH

القاعدية	pH
قاعدية الهيدروكسيد قاعدية الكربونات	9.4
قاعدية الكربونات قاعدية البيكربونات	8.2
قاعدية البيكربونات ثاني أكسيد الكربون	4.6
حامضية المياه الطبيعية	4.6 أقل من

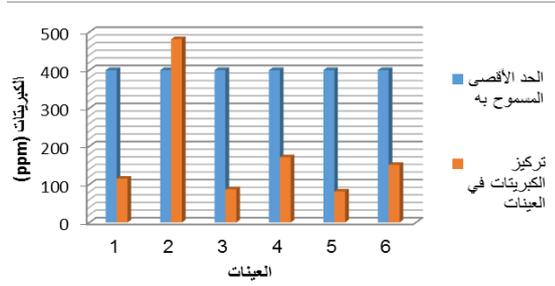
مجموع المواد الصلبة الذائبة في الماء يشمل الأملاح اللاعضوية ، ومقادير صغيرة من المواد العضوية، والأيونات الرئيسية التي تسهم في مجموع المواد الصلبة الذائبة هي الكربونات ، والبيكربونات ، والكلوريد ، والكبريتات ، والنترات ، والصوديوم ، والبوتاسيوم ، والكالسيوم ، والمغنيسيوم ، ومجموع المواد الصلبة الذائبة يؤثر على الصفات الأخرى لمياه الشرب ، مثل: الطعم ، والعسرة ، والميل إلى تكوين القشور [19].

لوحظ من الشكل (4) أن قيم مجموع الأملاح الذائبة (TDS) كانت جميعها أعلى من الحد المسموح به حسب المواصفات القياسية للبيئة لسنة 2015م (1000 ppm) إذ تراوحت التراكيز بين (1303 ppm في البئر الأول و (2400 ppm) في البئر الرابع ، وهذا مؤشر على احتمالية تداخل مياه البحر . وكانت النتائج المتحصل عليها أقل من النتائج التي تحصلت عليها زهراء الشاوش وآخرين التي كانت (2225 - 4750 ppm) [20]؛ وكذلك كانت أقل قيمة متحصل عليها أعلى من نتائج عبدالزارق مصباح [7]، وأعلى قيمة متحصل عليها كانت أقل من نتائج الفقي وآخرين التي كانت نتائجهم (1056 - 8320) [17].



الشكل (4): يوضح قيم مجموع الأملاح الذائبة (TDS) للعينات المأخوذة من الأبار مقارنة بالحد المسموح به

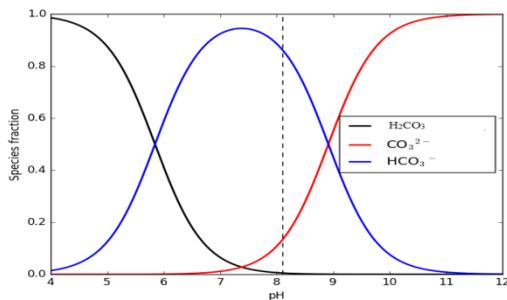
بين الشكل (5) أن قيم التوصيل الكهربائي (EC) كانت جميعها أعلى من الحد المسموح به للمواصفات القياسية للبيئة لسنة (2015م) ، ويمكن أن تعزى هذه الزيادة في التوصيل الكهربائي إلى زيادة المواد الكلية الذائبة ، حيث نلاحظ إن العينات التي لها توصيل كهربائي في المدى المسموح به ، موادها الكلية الذائبة Total dissolved solids (أقل من (1000 ppm) ، والعينات التي توصيلها الكهربائي من (2000 - 3000 µS/cm) ، فإن موادها الكلية الذائبة من (1350 - 1820 ppm) ، والتي توصيلها الكهربائي أكبر من (3000 µS/cm) فإن موادها الكلية تتراوح من (1900-4783 ppm).



الشكل (7): يوضح تركيز الكبريتات (SO_4^{2-}) للعينات المأخوذة من الآبار مقارنة مع الحد الأقصى المسموح به.

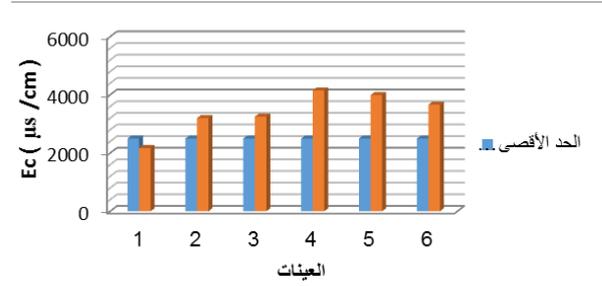
تراكيز (SO_4^{2-}) المتحصل عليها كما مبين في الشكل (7) كانت أقل من الحد المسموح به طبقاً لمنظمة الصحة العالمية (WHO) ، وهو (400 ppm) ، باستثناء البئر الثاني الذي لوحظ أنه أعلى بقليل من الحد المسموح به، والنتائج المتحصل عليها كانت أقل ما عدا البئر الثاني من نتائج التي تحصلت عليها زهراء الشاوش التي كانت (400 - 500 ppm) [20]. وأقل من نتائج عبدالرازق مصباح ونتائجه كانت (88 - 1954 ppm) [7]. الكبريتات موجودة بشكل واسع في الطبيعة وتراكمها يمكن أن تتراوح من القليل إلى الآلاف المقطرة بالمجم/ لتر ، والكبريتات من أكثر الأشكال التي يتواجد بها الكبريت في المياه الطبيعية متحداً مع الأيونات الموجبة الموجودة في تلك المياه ، وتعتبر الكبريتات أحد المكونات الهامة في المياه من ناحية الملوحة والعسرة ، وخاصة عند وجودها على شكل كبريتات الكالسيوم ، أو الماغنسيوم ، ويزداد تركيز الكبريتات في المياه الجوفية عنها في المياه السطحية باستثناء المناطق الغنية بها ويكون مصدرها في المياه الجوفية ناتج من إذابة ماء المطر لأكاسيد الكبريت ، أو من إذابة المياه لمركبات الكبريت الموجودة في القشرة الأرضية [18].

أيون البيكربونات من أهم الأيونات السالبة المسببة للقلوية في المياه ومصدره كما في حالة أيون الكربونات من ثاني أكسيد الكربون الجوي، ونشاط الكائنات الحية في التربة، وتتحد الكربونات مع الكالسيوم وتترسب على شكل كربونات كالسيوم في المياه. [22] الشكل (8) يوضح تفكك (H_2CO_3) عند رقم هيدروجيني معين ، حيث يتضح أنه عند (pH) أقل من (6) النوع المسيطر - الموجود بكمية أكثر - هو (H_2CO_3) مع مقدار بسيط من أيون (HCO_3^-) ، وعند مدى (pH) بين (6) إلى (9) تكون أيونات (HCO_3^-) هي المسيطرة مع مقدار بسيط من (H_2CO_3) ، و (CO_3^{2-}) ، وبارتفاع الـ (pH) إلى أكثر من (9) ، الأيون المسيطر هو (CO_3^{2-}) [18]. وهذا ربما يفسر لماذا تركيز الكربونات يقترب من الصفر عن الرقم الهيدروجيني للعينات المدروسة في هذا البحث؟ حيث كانت أعلى قيمة للرقم الهيدروجيني للعينات (7.2) ، حيث نلاحظ إن تركيز الكربونات يقترب من الصفر ، كما هو موضح بالشكل (8)



الشكل (8): يوضح تفكك H_2CO_3 عند رقم هيدروجيني معين.

الشكل (9) يوضح أن تراكيز البيكربونات لجميع العينات أعلى من الحد المسموح به حسب المواصفات العالمية (WHO) حيث تتراوح من (238 ppm) في البئر الثالث إلى (445 ppm) في البئر الثاني. وكانت أقل بالمقارنة مع النتائج التي تحصلت عليها زهراء الشاوش التي

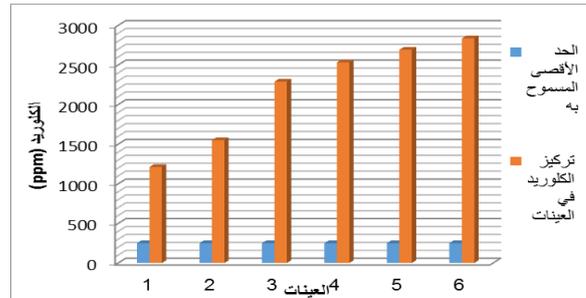


الشكل (5): يوضح قيم التوصيل الكهربائي (EC) للعينات المأخوذة من الآبار مقارنة بالحد المسموح به

تراوحت القيم المتحصل عليها بين (2170 microsiemens/cm) في البئر الأول إلى (4150 microsiemens/cm) في البئر الرابع، والنتائج المتحصل عليها أقل من النتائج التي تحصلت عليها زهراء الشاوش التي كانت (3670 - 7950 microsiemens/cm) [13]؛ وأعلى من نتائج الضراط التي كانت (1705 - 2890 microsiemens/cm) [2]. وهذا الارتفاع في التراكيز يزيد أيضاً من احتمالية تداخل مياه البحر مع هذه الآبار [9].

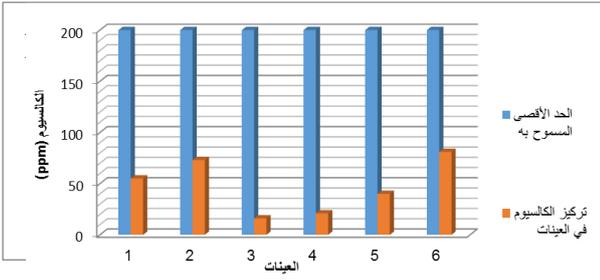
لوحظ من الجدول (2) والشكل (6) أن تركيز الكلورايد يتراوح من (1212 ppm) (في البئر الأول إلى (2834 ppm) في البئر السادس. والنتائج المتحصل عليها أقل من النتائج التي تحصلت عليها زهراء الشاوش كانت (1401.5 - 3604 ppm) [13]. وأعلى من نتائج الفقي وآخرين التي كانت (355 - 24850 ppm) [17]. كما لوحظ أن تراكيز جميع العينات أعلى من الحد المسموح به حسب المواصفات الليبية لسنة (2015) ، والمواصفات العالمية (WHO) ، وعدد (2) عينات أي ما يمثل (33.3%) أقل من (2000 ppm) ، وأكثر من (1000 ppm) ، أما أربع عينات أي ما يمثل (66.6%) تركيز الكلورايد فيها أكثر من (2000 ppm) ، وأقل من (2500 ppm) ، وهذا يعطي مؤشراً على احتمال كبير لتداخل مياه البحر.

الكلوريد في صيغته (Cl^-) أيون يكون واحداً من أهم الأيونات غير العضوية الموجودة في الماء ومياه الصرف الصحي. في مياه الشرب اختبار الملوحة الذي يتم عن طريق تقدير تركيز الكلوريد يكون متغيراً ويعتمد على التركيب الكيميائي للماء ، بعض المياه التي يكون تركيز الكلوريد فيها (250 ppm) اختبار الملوحة يكون فيها ذا معنى إذا كان الكاتيون المسيطر هو الصوديوم ، ومن جهة أخرى اختبار الملوحة يكون غير ذي معنى للمياه التي تركيز الكلوريد فيها أكثر من (1000 ppm) إذا كانت الكاتيونات المسيطرة هي كاتيون الكالسيوم والماغنسيوم ، ويعزى وجود الكلوريد في المياه الطبيعية إلى انحلال رواسب الأملاح وتسرب مياه البحر في المناطق الساحلية [16، 21].



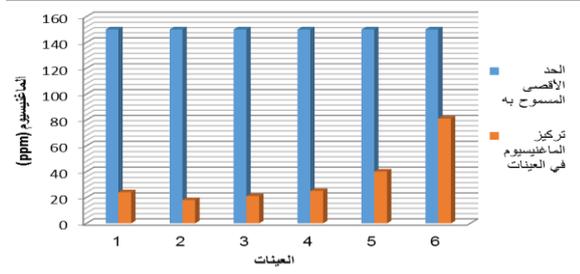
الشكل (6): يوضح تركيز الكلوريد (Cl^-) للعينات المأخوذة من الآبار مقارنة مع الحد الأقصى المسموح به.

يعد الكالسيوم من الأيونات ذات الوفرة العالية في المياه الجوفية. يعد وجود أيون الكالسيوم في الماء المسبب الرئيسي لعسرتة، حيث إنه يكون أملاحاً قليلة الذوبان [24]. بينما أيون المغنيسيوم يساهم بشكل جزئي في عسر الماء؛ لأن مركباته ذات ذوبانية عالية [25].



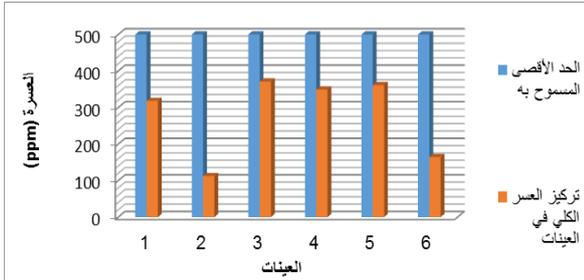
الشكل (12): يوضح تركيز الكالسيوم (Ca^{+2}) للعينات المأخوذة من الآبار مقارنة مع الحد الأقصى المسموح به.

يبين الشكل (12) أن جميع تراكيز الكالسيوم في الآبار تقع ضمن الحد المسموح به طبقاً لمنظمة الصحة العالمية (WHO) لسنة (2011 م)، والنتائج المتحصل عليها كانت أقل من النتائج التي تحصلت عليها زهراء الشاوش التي كانت (133-189 ppm) [20].



الشكل (13): يوضح تركيز المغنيسيوم (Mg^{+2}) للعينات المأخوذة من الآبار مقارنة مع الحد الأقصى المسموح به.

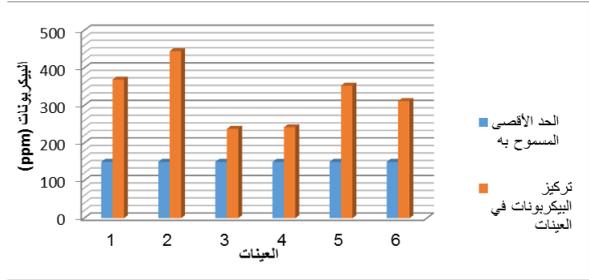
يبين الشكل (13) أن جميع الأبار تراوح تراكيز المغنيسيوم من (18 ppm) في البئر الثاني، و (81 ppm) في البئر الخامس، أي أن جميع التراكيز تقع في الحد المسموح به طبقاً لمنظمة الصحة العالمية (WHO) لسنة (2011). والنتائج المتحصل عليها كانت أقل من النتائج التي تحصلت عليها زهراء الشاوش التي كانت (105 - 140 ppm) [13]، وكذلك كانت قريبة في أغلب النتائج، وأقل من أعلى قيمة تحصلت عليها عبدالرازق مصباح، والتي كانت (34 - 369 ppm) [7].



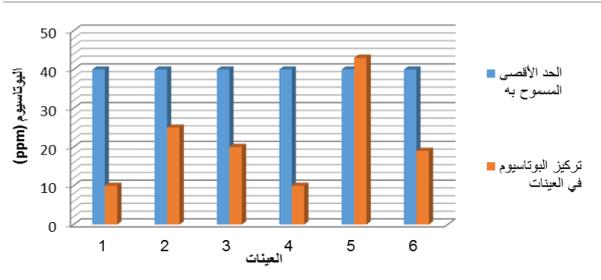
الشكل (14): يوضح تركيز العسر الكلي للعينات المأخوذة من الآبار مقارنة مع الحد الأقصى المسموح به.

على الرغم من أن المياه أحياناً ما تيسر (Softened) في وحدات معالجة المياه إلا أن عسرة الماء الخام عموماً تشبه العسرة الموجودة في مياه الشرب المنقولة بالمواسير إلى المنازل. يمكن أن تتراوح العسرة من أقل من (10 ppm) إلى ما يزيد عن (500 ppm)، يمكن أن تبلغ عسرة مصادر المياه إلى أقل من (50 ppm)، أما القيم التي تزيد على (500 ppm) فهي غير شائعة نسبياً في معظم البلدان [19].

كانت (314.3 - 619.3 ppm) [20]. وأعلى من نتائج عبدالرازق مصباح التي كانت (47 - 180 ppm) [7].



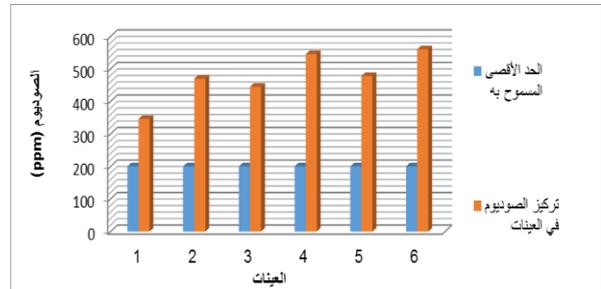
الشكل (9): يوضح تركيز البيكربونات HCO_3^- للعينات المأخوذة من الآبار مقارنة مع الحد الأقصى المسموح به.



الشكل (10): يوضح تركيز البوتاسيوم (K^+) للعينات المأخوذة من الآبار مقارنة مع الحد الأقصى المسموح به.

في حالة وجود الصوديوم والبوتاسيوم بتراكيز قليلة فإن نسبة الصوديوم تكون عادة أكثر من البوتاسيوم بنسب قليلة ويزيادة المحتوى الكلي لهذين الأيونين فإن تركيز الصوديوم سوف يفوق بمقدار كبير تركيز البوتاسيوم [23].

نلاحظ من الشكل (10) أن تركيز البوتاسيوم في جميع الآبار يقع ضمن الحد المسموح به حسب المواصفات الليبية باستثناء البئر الخامس الذي لوحظ أنه أعلى بقليل من الحد المسموح به. والنتائج المتحصل عليها أعلى من النتائج التي تحصلت عليها زهراء الشاوش التي كانت (9.4 - 16.3 ppm) [20].



الشكل (11): يوضح تركيز الصوديوم (Na^+) للعينات المأخوذة من الآبار مقارنة مع الحد الأقصى المسموح به.

بين الشكل (11) أن تراكيز الصوديوم كانت جميعها أعلى من الحد المسموح به حسب المواصفات القياسية الليبية لسنة (2015 م)، إذ تراوحت التراكيز بين (346 ppm) في البئر الأول، و (560 ppm) في البئر السادس والنتائج المتحصل عليها كانت أقل من النتائج التي تحصلت عليها زهراء الشاوش التي كانت (665.03 - 1449.4 ppm) [20]. وهذا الارتفاع في التراكيز قد يعزى إلى تداخل مياه البحر مع هذه الآبار وخاصة أن تراكيز الكلوريد المتحصل عليها في العينات كانت أعلى من الحد المسموح به، وهذا ربما يعزز احتمالية تداخل مياه البحر.

جدول (7) يوضح نسبة التلوث بمياه البحر وفق نسبة سمبسون (Sempson Ratio)

ت	البيسر	نسبة التلوث بمياه البحر حسب Sempson Ratio	مدى التلوث بمياه البحر
1	البيسر الأول	3.284	مياه جوفية معتدلة التلوث Moderately
2	البيسر الثاني	3.483	مياه جوفية معتدلة التلوث Moderatel
3	البيسر الثالث	9.617	مياه جوفية معتدلة التلوث Moderatel
4	البيسر الرابع	10.462	مياه جوفية ملوثة بدرجة عالية ously
5	البيسر الخامس	7.626	مياه جوفية ملوثة بدرجة عالية
6	البيسر السادس	9.083	مياه جوفية ملوثة بدرجة عالية

جدول (6) يوضح نوعية المياه الجوفية وفق نسبة سمبسون (SR) ، حيث يبين الجدول إنه عندما تكون (SR) في المدى من (0 إلى 1.3) تكون المياه الجوفية غير ملوثة بمياه البحر، وكلما زادت هذه النسبة يزداد التلوث ، كما هو موضح بالجدول رقم (6). نلاحظ من الجدول (7) وحسب معادلة سمبسون (Sempson Ratio) أن مياه البئر الأول والبئر الثاني تعتبر مياه جوفية معتدلة التلوث بمياه البحر، في حين أن مياه الآبار الثالث، الرابع، الخامس والسادس تعتبر مياه جوفية ملوثة بدرجة عالية بمياه البحر.

نسبة جونز (JR): تستخدم هذه النسبة للتمييز بين تداخل مياه البحر وغيرها من مصادر المياه المالحة، وذلك من خلال معرفة قيمتها فإذا كانت القيمة أقل من (0.86) فإن هذا يدل على أن أصل الأملاح الموجودة في مياه الآبار المدروسة هي مياه بحر، وإن كانت أكثر من ذلك دل على أن مصدر الأملاح إما التكوين الجيولوجي أو غيرها من المصادر الأخرى. بالرجوع للجدول رقم (8) وجد أن القيم تتراوح ما بين (0.18 – 0.30) من خلال النتائج يتضح أن جميع العينات من منطقة الدراسة أي ما نسبته (100%) ملوثة بتداخل لمياه البحر مع المياه الجوفية حسب نسبة جونز.

ويمكن التعرف على الماء العسر بعدم ذوبان الصابون فيه ، وذلك لتفاعل هذه الأملاح مع الصوديوم في الصابون مكونة صابونا معدنيا لا يذوب في الماء ؛ وهذا سبب عدم تكون الرغوة المطلوبة في المياه العسرة [18].

نلاحظ من الشكل (14) أن جميع الآبار تتراوح تراكيز العسرة من (ppm112) في البئر الثاني ، و (ppm371) في البئر الثالث أي أن جميع التراكيز تقع في الحد المسموح به حسب المواصفات القياسية الليبية لسنة (2015 م) ، والنتائج المتحصل عليها كانت أعلى من نتائج العصاوي وآخرين التي كانت (ppm117.29 – 13.91) [26].

جدول رقم (4) يوضح تصنيف مدى مؤشر جودة المياه [4]

Range	Type of Water
>50	Excellent Water
100- 50	good Water
200 - 100	Poor Water
300 - 200	Very poor Water
<300	Water unsuitable

جدول رقم (4) يوضح التصنيف النموذجي لمؤشر جودة المياه (WQI). أظهرت نتائج تصنيف المياه الجوفية للسنة آبار التي تم دراستها أن حساب ال (WQI) يظهر أن ما نسبته (50%) مياه رديئة (Poor Water) وأن ما نسبته (50%) مياه رديئة جداً (Very poor Water) كما في الجدول (5) .

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

Sample	WQI	Type of Water
1	136.37	Poor Water
2	189.14	Poor Water
3	202.07	Poor Water
4	232.09	Very poor Water
5	241.91	Very poor Water
6	244.71	Very poor Water

جدول (6): يوضح نوعية المياه الجوفية وفق نسبة سمبسون (Sempson Ratio) ، [20,3]

مدى تحديد نوعية المياه	نوعية المياه الجوفية	رقم
0 – 1.3	مياه جوفية عادية	1
1.3 - 2.8	مياه جوفية قليلة التلوث بمياه البحر	2
2.8 – 6.6	مياه جوفية معتدلة التلوث بمياه البحر	3
6.6 – 15.5	مياه جوفية ملوثة بدرجة عالية بمياه البحر	4
15.5 – 200	مياه جوفية شديدة التلوث بمياه البحر	5
أكثر من 200	مياه البحر	6

من خلال الجدول رقم (9) فيمكن القول أن جودة المياه (WQI) لجميع العينات التي تمت دراستها غير جيدة وتقع بين (Poor Water) ، و (Very poor Water) ، والأبار الثلاثة الأولى (poor Water) تعتبر أفضل من باقي الأبار. (Very poor Water).

فيما يخص المؤشرات الكيميائية التي تم درستها ولها علاقة بتداخل مياه البحر ، نلاحظ من خلال الجدول أن التراكيز والقيم المتحصل عليها لهذه المؤشرات مرتفعة لجميع الأبار، وهذا يعطي احتمالية كبيرة جدا على وجود تداخل لمياه البحر في منطقة الدراسة.

التوصيات

- للمحافظة على الأبار الجوفية نوصي بإقامة محطات لتحلية مياه البحر لتخفيف العبء عن المياه الجوفية واستغلالها للاحتياجات المائية المنزلية ، وللشرب ، وللاستعمالها في الأنشطة المختلفة الزراعية والصناعية ، ولتعويض الفاقد نتيجة لسحب المياه الجوفية لسنوات طويلة.
- سن القوانين وتطبيقها لحماية المياه الجوفية ، وذلك بعدم السماح بحفر آبار عشوائية دون دراسة وبالمخالفة وتوعية المواطنين بترشيد استهلاك المياه والمحافظة عليها في جميع وسائل الإعلام
- إجراء المزيد من الأبحاث في هذا المجال ، وذلك لمحاولة الحد من تفاقم هذه الظاهرة.

المراجع

1. العساوي إبراهيم محمد. (1999). دراسة تحليلية لبعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الشرب متعددة المصادر بمدينة مصراتة. رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة ناصر، مصراتة - ليبيا.
2. عبد الرحمن الصادق الصراط - خليل محمد الدنفور- عيد العظيم سالم مريويص- أحمد محمد القايد- أبو بكر عمران أبوختالة- يوليو (2020) تقدير الأملاح الكلية الذائبة والنوصيل الكهربائي والكلورايد في عينات من بعض الأبار الجوفية القريبة من مصنع الحديد والصلب مصراتة. مجلة البحوث الأكاديمية العلوم التطبيقية العدد 16.
3. Reza, R.; Singh, G. 2010. Assessment of Ground water Quality Status by Using Water Quality Index Method in Orissa, India. World Appl. Sci. J., 9 (12), 1392–1397.
4. American Public Health Association. 2005. Standard Methods for Examination of Water and Waste water, 21st ed. American Public Health Association: Washington, D.C.
5. Stambuk, G. N.1999. Water Quality Evaluation by Index in Dalmatia. Water Res., 33 (16), 3423–3440.
6. Ahmed Ekhmaj, Younes Ezlit, and Mukhtar Elaalem.2014. The situation of sea water Intrusion in Tripoli, Libya. International Conference on Biological, Chemical and Environmental sciences [BCES - 2014] June 14-15.Penang (Malaysia).
7. Abdulaziz, A.M and Abdussalam, N.M.2020. Evaluation of Water Status in the Area between Mediterranean Coast and Agar-Sabrata City, Libya. Alex. J. Agric. Sci, Vol. 65, No.1,pp.15–27

جدول (8): يوضح حساب نسبة جونز JR

Na mg/l	g/l	Na mol/l	Cl mg/l	g/l	Cl mol/l	JR= [Na]/[Cl]
346	0.346	0.0150	1212	1.212	0.0341	0.29
470	0.47	0.0204	1550	1.55	0.0437	0.30
445	0.445	0.0193	2289	2.289	0.0645	0.19
545	0.545	0.0237	2532	2.532	0.0713	0.22
478	0.478	0.0208	2692	2.692	0.0758	0.18
560	0.56	0.0243	2834	2.834	0.0798	0.20

جدول (9): يوضح علاقة بعض المؤشرات التي لها علاقة بتداخل مياه البحر

رقم البئر	TDS mg/l	Na ⁺ mg/l	Cl mg/l	EC µS/cm	SR	JR	Type of Water
1	1303	346	1212	2170	3.284	0.29	Poor Water
2	1920	470	1550	3200	3.483	0.30	Poor Water
3	1950	445	2289	3250	9.617	0.19	Poor Water
4	2490	545	2532	4150	10.462	0.22	Very poor Water
5	2394	478	2692	3990	7.626	0.18	Very poor Water
6	2196	560	2834	3660	9.083	0.20	Very poor Water
الحد المسموح	1000	200	250	2500	0 - 1.3	(0.86) >	good Water

- Thomina areas, Misurata, Libya : correlation with some physical parameters. Catrina, The International Journal of Environmental Sciences, 8, 5-9.
22. -نوارة فرحات الشبيخي. (2008). تقييم جودة المياه المعبأة في المحلات القائمة علي تحليه مياه الشرب بمدينة بنغازي. رسالة ماجستير، أكاديمية الدراسات العليا، بنغازي، ليبيا .
23. الحميم فريال حميم. (1986). علم المياه العذبة. منشورات وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة البصرة، دارالكتب للطباعة والنشر .
24. الجديد حسن محمد. (1998). أسس الهيدرولوجيا العامة، دراسة في الجغرافيا الطبية. منشورات جامعة الفاتح .
25. السلاوي محمود. (1986). المياه الجوفية بين النظرية والتطبيق. الدار الجماهيرية للنشر والطباعة والإعلان.
26. العصاوي إبراهيم محمد ، الضراط فاطمة الصادق ، الحراري غيث محمد (2015). تقييم مياه الآبار الجوفية القريبة من مكبات المجاري في مدينة بني وليد. الجامعة الأسمرية، المؤتمر الثاني لعلوم البيئة، زيتن - ليبيا.
8. الهادي أحمد عبد الله الشكل. ديسمبر (2007). دراسة ظاهرة تداخل مياه البحر في المياه الجوفية بمنطقة شمال غرب حوض سهل الجفارة الجوفي. المجلة الدولية للعلوم والتقنية، العدد 12.
9. غسان محمد أبوراس. (2007). دراسة تداخل مياه البحر في الخزان الجوفي بمنطقة الزاوية باستخدام الطرق الكيمائية والرياضية. رسالة ماجستير غير منشورة، الأكاديمية الليبية، جنزور - ليبيا.
10. Rober D.; pirro L.2013. Evaluation of water quality index for drinking water. Pol. J. Environ. Stud.vol,22,No. 4, pp 1045-1051.
11. محمد بطة ، سامر البي، هبة عثمان. (2018). تقييم تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية في منطقة البصة الساحلية لعام 2014 باستخدام الرصد الكيميائي. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية - سلسلة العلوم الأساسية المجلد 40 العدد 6.
12. Dinelli, et al. 2012. Comparative study between bottled mineral and tap water in Italy. Journal of Geochemical Exploration, 112, pp 368 – 389.
13. El moujabber, M.; Bousamra B.; Darwish, T; and Atallah, T. 2006. Comparison of Different Indicators for Groundwater Contamination by Seawater Intrusion on the Lebanese Coast. Water Resources Management Springer 161–180.
14. Zenhom, S.; Osman, O. 2017. Use of major ions to evaluate the hydrogeochemistry of ground water influenced by reclamation and seawater intrusion, West Nile Delta, Egypt. Environ Sci Pollut Res. 24:3675–3704.
15. 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, pp,607-617.
16. APHA. 1975. Standard methods for the examination of water and waste water. American Health Association , 14th ed. Washington DC.
17. -يوسف محمد الفقي- فتحي علي صويد - ديسمبر (2016) - مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية المجلد 2 العدد 2.
18. سعد عباوي، محمد سليمان حسن. (1990). الهندسة العملية للبيئة (فحوصات الماء). جامعة الموصل
19. منظمة الصحة العالمية. (1989). دلائل جودة مياه الشرب (الجزء الثاني) المعايير الصحية ومعلومات المساعدة. الطبعة العربية عن المكتب الإقليمي لشرق البحر المتوسط ، الإسكندرية ، مصر .
20. الشاوش زهراء. (2021). تقييم مدى تداخل مياه الآبار الجوفية مع مياه البحر في بعض مناطق مدينة المرقب (سيلين - سوق الخميس - كعام). رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة مصراتة، مصراتة - ليبيا.
21. Alassawi et al.2013. Monitoring of chloride concentration in ground water of Sekket