



دراسة تداخل مياه البحر إلى الخزان الجوفي الأول بمدينة زليتن

الهادي رجب اشميله¹، *مصطفى علي بن زقطة²، عبدالسلام ابراهيم أبونوار³، ميلاد محمد الجطلاوي⁴،
محمود عياش إمعرف⁵

1- كلية العلوم – الجامعة الأسمرية 2- الأكاديمية الليبية – مصراتة

3- كلية التقنية الهندسية – مسلاتة 4- كلية الآداب والعلوم مسلاتة – جامعة المرقب

5- كلية الزراعة – جامعة سرت

المستخلص

نظراً للحاجة الماسة للمياه الجوفية لأغراض الاستخدام المنزلي والزراعي والصناعي أُجري هذا البحث لدراسة تداخل مياه البحر إلى بعض الآبار التي تضخ من قبل مرافق بلدية زليتن. تم جمع 23 عينة مياه جوفية في يناير 2019 من الآبار الموزعة بمنطقة الدراسة. تم تحليل عينات المياه لقياس تركيز الصوديوم (Na^+) والكلوريد (Cl^-) والكالسيوم (Ca^{+2}) والمغنيسيوم (Mg^{+2}) و مجموع الأملاح الذائبة الكلية (TDS). أيضاً تم حساب مؤشر جونز (Jouns Ratio) لتحديد منطقة تداخل مياه البحر التي من أصل بحري داخل اليابسة. أظهرت نتائج التحاليل الكيميائية لعينات مياه الآبار أن هناك زيادة في تركيز TDS حيث تراوحت بين (1536-7545) ملليجرام/ لتر، وزيادة في تركيز الكلوريد حيث تراوح ما بين (280-3190) ملليجرام/ لتر، وتركيز الصوديوم (45.5 - 1256.08) ملليجرام/ لتر، وتركيز الكالسيوم (128-442) ملليجرام/ لتر تتجاوز الحد المسموح به من قبل منظمة الصحة العالمية (WHO). بينما مؤشر جونز يزداد في أغلب منطقة الدراسة عن 0.84، وبالتالي لأنحد المياه من أصل بحري لأغلب المنطقة. عدا شمال شرق وشمال غرب المنطقة وجزء من وسط المنطقة، وتصل مسافة تداخل المياه المالحة إلى 6 كيلومتر بشرق وغرب منطقة الدراسة. الكلمات الدالة: المياه الجوفية، تداخل مياه البحر، الخزان الجوفي، تركيز الصوديوم والكلوريد.

المقدمة

والصناعية، ويعتبر التسرب من شبكات الصرف الصحي ومكببات القمامة واستعمال الأسمدة في الأنشطة الزراعية وتداخل المياه المالحة التي على اتصال هيدروليكي مع مياه الخزان الجوفي من العوامل المؤثرة على جودة المياه الجوفية (Todd and Mays, 2005). ونظراً للأهمية البالغة للمياه الجوفية كمصدر مائي، حرص كثير من الباحثين على دراسة مشاكل التلوث لهذا المصدر وطرق معالجتها، حيث أن تدفق المياه المستمر باتجاه البحر يحافظ على حالة الاتزان الديناميكي بين المياه العذبة والمالحة، وأن عدم وجود تغذية كافية يؤدي إلى تحرك المياه المالحة نحو الخزان الجوفي (Alfarrah and Walraevens, 2018; Jones, et

تعتبر ليبيا بلداً محدود الموارد المائية غير الجوفية بشكل كبير، إذ تشكل الصحراء القاحلة 90% من مساحتها المقدرة بنحو 1.8 مليون كيلومتر مربع، ووفقاً لدراسة استشرافية تناولت الوضع المائي في ليبيا وُجد أن الموارد المائية المتاحة في ليبيا موزعة كالآتي (95% مياه جوفية، 2.3% مياه سطحية، 0.9% مياه مزالة الملوحة، 0.66% مياه صرف)، ولهذا فإنه من الضروري العمل على ترشيد استخدام المصادر المائية (الهيئة العامة للمياه، 2006).

تُعد مراقبة تلوث المياه الجوفية من التدابير المهمة لتحديد مدى صلاحيتها للأغراض الحضرية والزراعية

* للاتصال: مصطفى بن زقطة، الأكاديمية الليبية - مصراتة - ليبيا.

البريد الإلكتروني: benzaghta@bs.lam.edu.ly

هاتف: +218918432559

أُجيزت بتاريخ: 2021/3/29

استلمت بتاريخ: 2020/12/06

الدراسة، وبينت أن مناطق الكثبان الرملية تتميز بتركيز عالي من الأملاح عكس ما كان متوقعاً، وأن توزيع التداخل متأثر بالخواص الهيدروليكية للخزان الجوفي المتكون من الأحجار الجيرية (ابو نوار، 2009). في دراسة تداخل مياه البحر بمنطقة شمال غرب حوض سهل الجفاره الجوفي لوحظ وجود تركيز عالي لعناصر: (الصوديوم، الكلوريد، الكالسيوم، الماغنسيوم، الكبريتات) في الآبار القريبة من ساحل البحر، وهذا قد يكون مؤشراً قوياً على تداخل مياه البحر في المياه الجوفية بالمنطقة (الشكل، 2017). وبالمثل بمنطقة الزاوية اتضح أن التلوث بالمياه المالحة يمتد حوالي 5-6 كم من البحر وبالمقارنة مع النتائج السابقة وجد أن معدل التلوث زاد عما كان عليه في سنة 1995 (قنفود و أبو رأس، 2018). وبالمثل وجدت دراسة على منطقة البصة الساحلية بسوريا إلى أن النسبة الجيوكيميائية Na^+/Cl^- (مؤشر جونز Jones Ratio) أقل من 0.84 في معظم العينات المائية خلال فصل الصيف، وهذا مؤشر على أن المياه من أصل بحري، بينما تجاوزت هذه النسبة 0.84 في فصل الخريف في معظم العينات (بعلة، البب، وعثمان، 2018). إن تداخل مياه البحر يمكن أن يتسبب في مشاكل بيئية مثل تلوث مياه الشرب، وتناقص المخزون الاستراتيجي من المياه العذبة بشكل عام في المستقبل، والتأثير بشكل سلبي على النشاط الزراعي، حيث يؤدي إلى ضعف الإنتاجية للمحاصيل الزراعية (Al Sadea, et al., 2020; Ekhmaj, et al., 2014; Telahigue, et al., 2018; Vu, et al., 2018).

في منطقة الدراسة تم ملاحظة زيادة الملوحة في بعض الآبار التي تستنزف من الخزائين السطحي والأول، ولقد تم اختيار الخزان السطحي لأنه أكثر الخزانات الجوفية تعرضاً للتداخل مع مياه البحر وذلك لأنه خزان حر، بالإضافة إلى أنه أقرب إلى جبهة الماء المالح، واختيار الخزان الأول معه لأن مياهه قد تختلط مع مياه الخزان السطحي نتيجة لعدم كفاءة عمليات الحفر، بالإضافة

al., 1999; Korrai, et al., 2020; Manivannan and Elango, 2019).

في دراسة قامت بها الهيئة العامة للمياه (1974) هدفت للتعرف على حجم الاستنزاف للخزان السطحي بالمنطقة الغربية، توصلت إلى أن هناك استنزاف كبير في الخزان السطحي للمياه الجوفية بالمنطقة الواقعة بين الزاوية وسوق الخميس وتاجوراء، وهذا يؤدي إلى جفاف الخزان خلال مدة تتراوح من (8-15) سنة. كما أشار Navarro (1975) في دراسته للمنطقة الممتدة من الحدود التونسية غرباً وحتى مدينة مصراته شرقاً إلى أن مدن مصراته، زليتن، الخمس، صبراتة، تعاني من مشكلة تداخل مياه البحر، وأن منطقة مصراته كانت أسوأ المناطق تضرراً، وأوضح أن مشكلة تداخل مياه البحر في مدينة طرابلس أقل حدة، إلا إن الزيادة الملحوظة في معدل استهلاك المياه تسبب في انخفاض مناسيب المياه، مما سيؤثر على سريان المياه الجوفية وانعكاس اتجاهها نحو اليابسة مستقبلاً. في نفس الصدد أشارت دراسة لتقييم جودة المياه الجوفية بمنطقة المطرد غرب مدينة الزاوية أنه يوجد تداخل لمياه البحر إلى الخزان الجوفي الأول في الجزء الشمالي للمنطقة (Floegel, 1976).

وفي دراسة هيدرولوجية لمنطقة سهل جفاره قامت بها الهيئة العامة للمياه (1977) اتضح من خلالها أن معدل الاستهلاك من مياه الخزان السطحي لسنة 1975 قد بلغ (735 مليون متر مكعب سنوياً) وأن ما يتجدد منها يتراوح ما بين (175-300 مليون متر مكعب سنوياً) وهذا بدوره يؤدي إلى هبوط في مناسيب المياه الجوفية. إن الاستغلال المفرط للمياه الجوفية الذي تعدى التغذية الطبيعية للخزانات الجوفية ببعض المناطق بليبيا أدى لحدوث اختلال للميزان المائي بهذه المناطق سبب في حدوث ظاهرتين على مستوى كبير من الخطورة هما الهبوط الحاد في مناسيب المياه الجوفية، وزحف المياه المالحة (الباروني، 1997). أشارت دراسة عن وجود تداخل لمياه البحر مع الخزان الجوفي الأول بمنطقة الخمس وأن عمق التداخل تعدى حدود منطقة

القارية، ويحد من شدة تطرفه وقوع جزء من المنطقة على ساحل البحر المتوسط (Sharaf, 1995).

مصادر المياه بمنطقة الدراسة:

هناك ثلاثة مصادر رئيسية تعتمد عليها منطقة زليتن في الحصول على حاجاتها اليومية من المياه:

1. مياه مزالة الملوحة: توجد محطة تحلية المياه في

الشمال الغربي من المنطقة، أنشئت عام (1986)

مستفيدة من موقعها الساحلي، وكان الهدف منها

هو سد حاجة السكان من المياه النقية الصالحة

للشرب، تبلغ طاقتها الإنتاجية الحالية (18000)

متر مكعب من المياه يومياً، وتضم أربع وحدات

إنتاجية، قدرة الوحدة الواحدة (4500) متر

مكعب في اليوم. كما توجد محطة ثانية بدأ عملها

التجريبي سنة (1991) وكان من أسباب إنشائها

ازدياد عدد السكان، وتبلغ طاقتها الإنتاجية

(30000) متر مكعب يومياً (الهيئة العامة للمياه،

2009).

2. المياه الجوفية: منها ما هو متجدد عن طريق

تغذية خزاناتها بمياه الأمطار عبر طبقات الأرض إلى

الصخور الحاوية للمياه، تتعرض هذه المياه

لتداخل مياه البحر في الجهات القريبة من البحر،

كما تتعرض لانخفاض منسوبها باستمرار، نتيجة

ل سحب كميات كبيرة تفوق كمية تغذيتها، ومنها ما

هو غير متجدد، وهو المخزون في الطبقات

الصخرية منذ آلاف السنين، والتي تجمعت نتيجة

لسقوط الأمطار الغزيرة أثناء العصر المطير.

تحتوي منطقة الدراسة على ثلاث طبقات حاملة للمياه

وهي:

الطبقة الأولى- وهي الطبقة المغذية للآبار الضحلة أو ما

يسمى بخزان المايوسين، يتراوح سمكها من (1-100) متر

وتتراوح إنتاجية البئر بمعدل (5-10) لتر/ثانية لمدة ضخ

تتراوح من (10-12) ساعة/اليوم، وتصل درجة ملوحتها

إلى (3000) جزء في المليون.

إلى أنه مستغل من قبل مرافق بلدية زليتن إلى جانب الخزان السطحي.

تم اختيار هذه المدينة لوقوعها على ساحل البحر،

وكذلك لزيادة التعداد السكاني فيها، وبسبب التقدم

الحضري الذي تشهده هذه المدينة، بالإضافة إلى

التوسع في استصلاح الأراضي الزراعية أدى إلى زيادة

استنزاف المياه الجوفية من الخزائين السطحي والأول،

وبالتالي تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على المناطق

التي تتداخل فيها مياه البحر إلى المياه الجوفية، وكذلك

تحديد عمق هذا التداخل في اليابسة، وذلك من خلال

إجراء اختبارات وتحاليل كيميائية لعينات من الآبار

المستغلة من قبل المرافق لتغذية الشبكة العامة

بالمدينة.

منطقة الدراسة:

تقع منطقة زليتن في الجزء الشمالي الغربي من ليبيا

وتمتد بين خطي طول (14° 10' - 14° 50') شرقاً، و

خطي عرض (31° 55' - 32° 30') شمالاً. وتبعد حوالي

150 كيلو متر إلى الغرب من طرابلس عاصمة البلاد كما

بالشكل (1). تطل المنطقة على البحر المتوسط من جهة

الشمال، ومن الجنوب تجاور مدن بني وليد، ترهونة،

مسلاته، أما من جهة الشرق فتحدها مدينة مصراته،

ومن جهة الغرب مدينة الخمس، وتبلغ مساحة المنطقة

حوالي (2743.25 كم²) (Sharaf, 1995). كما إن الشكل

الطوبوغرافي لمنطقة زليتن يتباين في الارتفاع على

مناسيب مختلفة من المظاهر التضاريسية، والتي تحمل

الطابع السهلي والهضبي، وبانحدار تدريجي من الجنوب

إلى الشمال درجته ما بين 0.04° و 4°. يمكن تقسيم

المنطقة إلى عدة أقسام تضاريسية متباينة وهي:

الشريط الساحلي، السهل الفيضي، الهضاب، الأودية

(Sharaf, 1995). أما مناخ منطقة زليتن يتأثر بعدة

عوامل منها وقوعها على دائرة عرض (31° 55' - 32°

30') شمالاً ومحاذاتها لساحل البحر، إضافة إلى

الامتداد الواسع للأراضي اليابسة جنوباً، يغلب على

المنطقة مناخ شبه صحراوي نتيجة تأثير المؤثرات

القارية، ويحد من شدة تطرفه وقوع جزء من المنطقة

هيدرولوجية منطقة الدراسة:

تشابه هيدرولوجية منطقة الدراسة مع المنطقة الممتدة من زليتن إلى تاورغاء وهذا ملخص للخزانات الجوفية بها:

1. الخزان السطحي (الميوسين):

يتراوح عمقه ما بين 50-150 متراً، ومستوى الماء الساكن له من 20-80 متراً، ومجموع الأملاح الذائبة من (100-1700) جزء في المليون، وقد تم حفر 47 بئراً تستمد مياهها من هذا الخزان على هيئة حقول في كل من السكت والفلاحة لغرض تزويد مدينة مصراته بالمياه، إلا أن أغلب هذه الآبار قد جفت نهائياً، ويرجع ذلك لعدم حماية هذه الحقول من الحفر العشوائي من قبل المواطنين، مما أدى إلى نضوب مياه هذا الخزان (الهيئة العامة للمياه، 2006).

كما تم حفر 23 بئراً بحقل مياه طمينه والتي تستغل نفس الخزان، إلا أن أغلب هذه الآبار قد قلت إنتاجيتها وزادت نسبة الملوحة فيها بسبب تلوث الخزان السطحي نتيجة الحفر العشوائي بالمنطقة (الهيئة العامة للمياه، 2009).

2. خزان مزدة تغرنة

يتراوح عمقه بين 300-500 متر وتتفاوت نوعية المياه في هذا الخزان حيث يكون مجموع الأملاح الذائبة بين (1.8-2.5) جم/لتر في تاورغاء والكراريم، وتزداد الملوحة في اتجاه مدينة مصراته حتى تصبح من (3-4.5) جم/لتر، وتم حفر عدد قليل من الآبار تخترق هذا الخزان يتم استغلالها في مناطق تاورغاء والكراريم، أما في مصراته فإن نوعية المياه غير مشجعة للاستغلال (الهيئة العامة للمياه، 2006).

3. خزان نالوت

يتراوح عمقه بين 600-800 متر وهو غير مستغل نظراً لأن نوعية المياه غير جيدة، حيث يبلغ مجموع الأملاح الذائبة من (4000-6000) جزء في المليون (الهيئة العامة للمياه، 2006).

الطبقة الثانية- تقع في الأجزاء الغربية من المنطقة ويتراوح سمكها بين (100) متر في الغرب إلى (400) متر في الشرق، ويطلق على هذا الخزان بخزان نالوت وتاقرنة وعين طبي، وهي خزانات على اتصال هيدروليكي مع بعضها البعض، وتنبثق منها عين كعام في زليتن وعين تاورغاء بتاورغاء. كما أنه يتم استغلالها عن طريق الآبار الارتوازية وتبلغ إنتاجية البئر حوالي (20) لتر/ثانية. تزيد درجة ملوحة هذه الآبار عن (3000) جزء في المليون.

الطبقة الثالثة- تقع في الأجزاء الوسطى من منطقة زليتن تتميز بكميات مياهها الغزيرة التي تجمعت أثناء العصر المطير ويتراوح سمكها بين (600-1100) متر وتصل إنتاجية البئر إلى (50) لتر/ثانية، أما نسبة ملوحتها لا تزيد عن (1000) جزء في المليون. (الهيئة العامة للمياه، 2006)

3. مياه الأمطار: تعتبر فترة سقوط الأمطار فترة وجيزة، إذ أن موسم سقوطها هو فصل الشتاء، علاوة على ارتفاع درجة الحرارة في فصل الصيف، وهذا يؤدي إلى زيادة معدلات التبخر السنوي. يصل معدل سقوط الأمطار السنوي إلى (240) ملم، ويستفيد سكان المنطقة من مياه الأمطار عن طريق تجميعها بواسطة المساحات المسقوفة للمباني، يتم تخزينها في خزان ارضي (صهريج) ويتم استخدام المياه المتجمعة داخل هذه الصهاريج في أغراض الشرب وبعض الاستخدامات المنزلية.

والجدير بالذكر أنه يوجد بعض الأودية التي تجري بها المياه في موسم سقوط الأمطار، أهمها وادي كعام والذي يقع على الأطراف الغربية لمنطقة الدراسة، وقد تم إقامة سد ترابي عليه والذي تبلغ قدرته التخزينية (111) مليون متر مكعب تقريباً، ويصل متوسط تخزينه السنوي حوالي (13) مليون متر مكعب سنوياً، ويستفاد من مياهه في عملية الري، وتوجد في نهاية مجرى الوادي عين كعام، التي تبعد عن البحر مسافة (900) متر ويبلغ معدل تصريفها السنوي (10) مليون متر مكعب سنوياً، يستفاد منها أيضاً في عملية الري.

4. خزان عين طيبي

يتراوح عمقه من 800-1000 متر ويعتبر هذا الخزان في وضع ارتوازي في منطقة تاورغاء وما حولها، إلا أن مجموع الأملاح الذائبة فيه تتعدى (3500) جزء في المليون (الهيئة العامة للمياه، 2009).

5. الخزان الرملي العميق

جدول 1. الوصف الصخري للتكوين الجيولوجي للخزانات الجوفية بمنطقة الدراسة.

الوصف الصخري	العمق (m)	التكوين
تداخلات من الحجر الجيري والحجر الجيري المارلي	150-50	الخزان السطحي (المبوسين)
حجر جيرى مارلي، حجر جيرى دولوميتي، مارل	500-300	خزان مزدة تغرته
حجر جيرى دولوميتي، حجر جيرى	800-600	خزان نالوت
حجر جيرى، حجر جيرى دولوميتي، حجر رملي	1000-800	خزان عين طيبي
حجر رملي	1600-1460	الخزان الرملي العميق

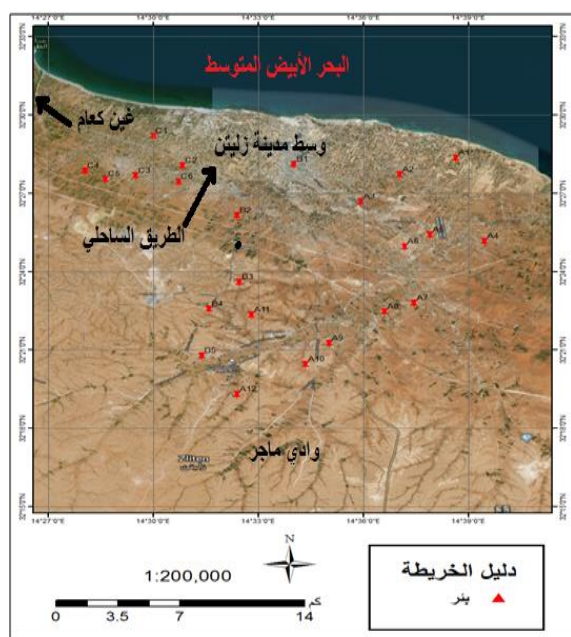
المواد وطرائق البحث

المقطع الأول (شرق منطقة الدراسة): يحتوي هذا المقطع على اثني عشر بئراً ابتداءً من البئر (AW1) الواقع بمحاذاة البحر في منطقة أزدو وانتهاءً بالبئر رقم (AW12) في منطقة ماجر والجدول رقم (2) يبين البيانات الحقلية لهذه الآبار.

تحتوي المياه الجوفية على العديد من الأملاح الذائبة وإذا زادت تركيزاتها عن الحد المسموح به تصبح المياه ملوثة، التركيز العالي للأملاح الكلية الذائبة في المياه الجوفية التي مصدرها مياه البحر ترجع إلى زيادة تركيز الكلوريد والصوديوم والمغنسيوم. كما إن زيادة تركيز عنصري الكلوريد والصوديوم عن الحد المسموح يعطي مؤشراً لتداخل مياه البحر (Todd and Mays, 2005). قسمت طريقة العمل لتحقيق هدف الدراسة إلى قسمين: (الدراسة الحقلية، الدراسة المعملية).

1. الدراسة الحقلية

تم اختيار الآبار المستعملة من قبل مرافق بلدية زليتن والتي تُضخ مياهها على الشبكة العامة لتغذية المنطقة بمياه الاستعمال المنزلي، تم اختيار (23) بئراً وتم تحديد مواقعها بواسطة جهاز تحديد المواقع Global Positioning System (GPS) كما موضح بالشكل (1). تم أخذ عينات المياه من الآبار لغرض إجراء التحاليل الكيميائية اللازمة، وقُسمت منطقة الدراسة إلى ثلاثة مقاطع على النحو التالي:



شكل 1. خارطة لموقع منطقة الدراسة وتوزيع الآبار

المقطع الثاني (وسط منطقة الدراسة): يحتوي هذا المقطع على خمسة آبار ابتداء بالبر BW1 الواقع بمنطقة الشيخ وانتهاء بالبر رقم BW5 في منطقة (تطبت) ماجر والجدول رقم (3) يبين البيانات الحقلية لهذه الآبار.

المقطع الثالث (غرب منطقة الدراسة): يحتوي هذا المقطع على ستة آبار ابتداء بالبر رقم CW1 الواقع بمنطقة القزاحية وانتهاء بالبر رقم CW6 في منطقة الغويلات الجنوبية والجدول (4) يبين البيانات الحقلية لهذه الآبار.

جدول 2. المعلومات الحقلية للمقطع A

رقم البر	الموقع اسم المحطة	الإحداثيات		العمق (م)	البعد عن البحر (م)
		شرق	شمال		
AW1	أزدو الشمالية	14.6442	32.4718	20	325
AW2	أزدو الجنوبية الشهيد حمزة	14.6175	32.4612	270	3200
AW3	سيدي سليم	14.5989	32.4442	176	5580
AW4	مدرسة القاعة	14.6578	32.4189	26	7260
AW5	مدرسة حطين القاعة	14.6318	32.4228	250	7300
AW6	سوق الثلاثاء	14.6197	32.4155	40	8140
AW7	رأس تواتي الظهيرة	14.6244	32.3794	30	11200
AW8	مستشفى أداوا	14.6103	32.3738	300	12500
AW9	شهداء ماجر	14.5838	32.3535	346	16500
AW10	المالحة أم السلاق	14.5726	32.3403	192	17190
AW11	دغدوغ ماجر	14.5471	32.3718	200	17600
AW12	الفتح الإسلامي ماجر	14.5400	32.3211	200	17790

جدول 3. المعلومات الحقلية للمقطع B

رقم البر	الموقع	الإحداثيات		العمق (م)	البعد عن البحر (م)
		شرق	شمال		
BW1	محلة الشيخ	14.5670	32.4675	25	4000
BW2	الحسن والحسين أبو جريدة	14.5402	32.4352	170	8170
BW3	بئر الصحابة	14.5411	32.3927	245	13400
BW4	مدورة - بن سلى	14.5267	32.3756	160	18100
BW5	ماجر - تطبت	14.5232	32.3459	190	24700

جدول 4. المعلومات الحقلية للمقطع C

رقم البئر	الموقع	الإحداثيات		العمق (م)	البعد عن البحر (م)
		شمال	شرق		
CW1	القزاحية	32.4859	14.5002	180	4400
CW2	موسى الغويلات	32.4670	14.5141	130	4750
CW3	الرقط 2 الجمعة	32.4606	14.4919	140	5560
CW4	العباسي الجمعة	32.4635	14.4677	120	3600
CW5	الحرشاء	32.4586	14.4775	164	5870
CW6	الغويلات الجنوبية	32.4567	14.5122	142	5900

1. الدراسة المعملية

أجريت هذه الدراسة خلال شهر يناير 2019 حيث تم جمع 23 عينة من المياه الجوفية لأبار منطقة الدراسة التي تم وصفها (جدول 2 - جدول 4)، كما تم إعادة تحليل الصوديوم لجميع الآبار التي تحمل رمز المقطع B مع بداية شهر مارس 2021م. استخدمت عبوات بولي ايثيلين سعة 0.5 لتر لجمع عينات المياه من الآبار بمنطقة الدراسة بعد غسلها ومجانستها بماء البئر. تم إجراء الاختبارات المعملية في مختبر شركة المياه والصرف الصحي ببلدية مصراتة. وبمعمل التحاليل بتاجوراء، التابع للهيئة القومية للبحث العلمي، تم قياس الأملاح الكلية الذائبة (TDS)، درجة التوصيل الكهربائي (EC) وتحديد تركيز كل من الكلوريد (Cl^-)، الصوديوم (Na^+)، الماغنيسيوم (Mg^{+2})، و الكالسيوم (Ca^{+2}) حسب الطرق القياسية (APHA, 2017).

يتطلب فهم عملية تداخل مياه البحر إلى المياه الجوفية القريبة من شاطئ البحر بيانات عن الخصائص الجيولوجية لمنطقة الدراسة والخصائص الكيميائية لمياه الآبار. توجد عدة طرق يتم بها تحديد نطاق تداخل المياه المالحة، منها الطريقة الجيوكيميائية بقياس تركيز بعض العناصر، وطريقة حساب النسبة الجيوكيميائية

أو ما يعرف بمؤشر جونز (Jones Ratio, Werner, (1999; Bear, *et al.*, 2010).

يتم حساب مؤشر جونز للتعرف على مصدر ملوحة المياه، سواء كانت مياه بحر أو غيرها من مصادر المياه، حيث تشير القيم المنخفضة منها إلى أن مصدر الملوحة من مياه البحر، وذلك عندما تكون هذه النسبة أقل من 0.84 نسبة مولاريه، أما إذا كانت النسبة أعلى من 0.84 فالملوحة ليست من أصل بحري، ويمكن حساب مؤشر جونز (JR) باستخدام المعادلة التالية (Jones *et al.*, 1999):

$$JR = \frac{Na^+}{Cl^-} \quad 1$$

حيث Na^+ و Cl^- تركيزات بالمللي مكافئ/لتر.

النتائج والمناقشة

لقد تم إجراء بعض القياسات المعملية على مياه الآبار بمنطقة الدراسة والتي اشتملت على قياس TDS، EC، تركيز الصوديوم، الكلوريد، الماغنيسيوم، الكالسيوم وأعطت النتائج الموضحة بالجدول رقم (5).

جدول 5. نتائج التحاليل الكيميائية لعينات مياه الآبار المدروسة

No	EC (μS/cm)	TDS (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Mg ⁺² (mg/l)	Ca ⁺² (mg/l)	*Na ⁺ /Cl ⁻	*Mg ⁺² /Ca ⁺²
AW1	8256	5283	1256.08	3190.14	353.81	393.00	0.61	1.48
AW2	9430	6034	1222.08	2765.12	373.80	424.00	0.68	1.45
AW3	3940	2522	419.03	780.035	122.93	240.00	0.83	0.84
AW4	4260	2726	450.73	992.044	145.92	212.00	0.70	1.14
AW5	2490	1594	256.12	425.019	77.96	240.00	0.93	0.54
AW6	5350	3425	795.05	1276.06	30.98	147.00	0.96	0.35
AW7	3540	2265	370.22	397.018	46.97	135.00	1.44	0.57
AW8	2400	1536	257.32	312.014	55.97	172.00	1.27	0.54
AW9	2480	1587	269.32	354.016	14.99	144.00	1.17	0.17
AW10	2530	1619	281.72	326.015	21.99	144.00	1.33	0.25
AW11	2530	1619	283.02	368.016	21.99	139.00	1.19	0.26
AW12	2500	1600	195.31	340.015	79.96	189.00	0.89	0.70
BW1	1160	742	291.1	298.013	111.94	280.00	1.506	0.66
BW2	3940	2510	45.5	284.013	16.99	128.00	0.2471	0.22
BW3	2540	1625	334.1	326.015	40.98	184.00	1.5796	0.37
BW4	2520	1612	355.6	354.016	46.97	144.00	1.549	0.54
BW5	2510	1606	330.1	368.016	74.96	160.00	1.383	0.77
CW1	4540	2906	454.43	779.035	198.89	293.00	0.90	1.12
CW2	3560	2278	333.52	638.028	138.92	241.00	0.81	0.95
CW3	3050	1962	350.62	709.032	119.94	234.00	0.76	0.85
CW4	4720	3021	505.83	851.038	186.90	293.00	0.92	1.05
CW5	6340	4058	624.04	1347.06	269.85	321.00	0.71	1.39
CW6	3020	1933	344.82	496.022	150.92	232.00	1.07	1.07

* ملليمكاف/لتر

باستخدام بيانات الجدول (5) للتحاليل الكيميائية لعينات مياه الآبار بمنطقة الدراسة تم رسم خرائط كنتورية تبين التوزيع المكاني للأملاح الكلية الذائبة، تركيز الكلوريد والصوديوم بالإضافة إلى نسبة الصوديوم إلى الكلوريد ونسبة الماغنيسيوم إلى الكالسيوم باستخدام برنامج Arc GIS وذلك على النحو التالي:

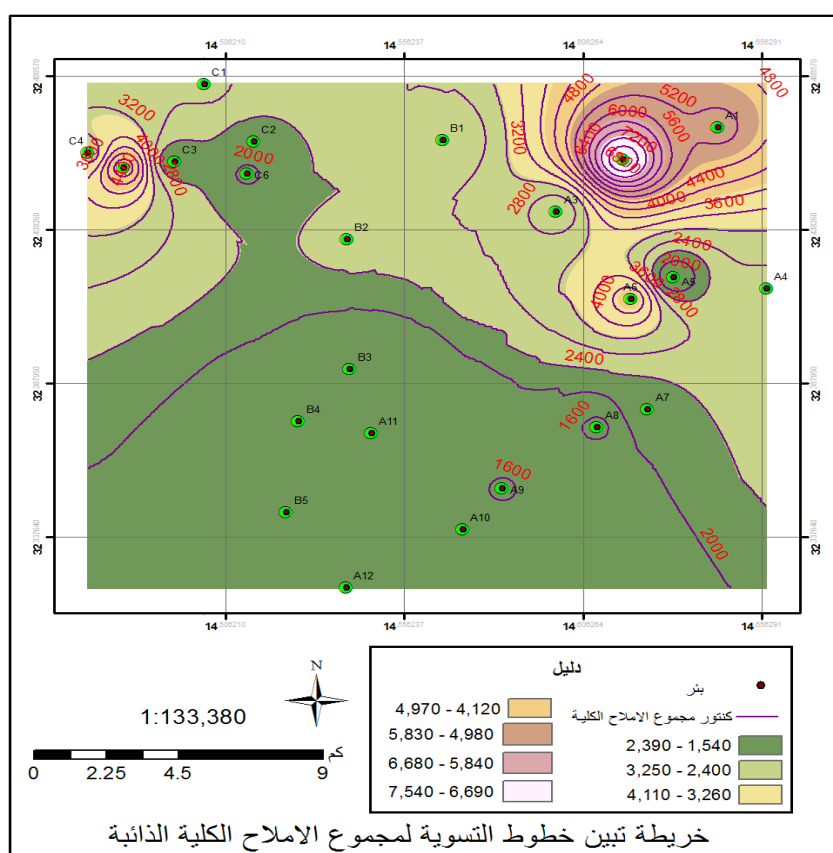
1 - دراسة مجموع الأملاح الكلية الذائبة (TDS)

تعتبر زيادة الأملاح الكلية الذائبة عن الحد المسموح به مؤشراً على تلوث المياه، ومن خلال نتائج التحليل الكيميائي لعينات مياه الآبار بمنطقة الدراسة تبين أن

مجموع الأملاح الكلية الذائبة تتراوح ما بين (742- 6034 ملجم/لتر) وبذلك تقع مياه منطقة الدراسة حسب افتراض (Hem, 1970) في نطاق المياه الشبه مالحة، وهذا يتوافق مع دراسة عن وجود تداخل لمياه البحر مع الخزان الجوفي الأول بمنطقة الخمس، التي بينت أن مناطق الكثبان الرملية تتميز بتركيز عالي من الأملاح عكس ما كان متوقعاً، وأن توزيع الأملاح متأثر بالخواص الهيدروليكية للخزان الجوفي المتكون من الأحجار الجيرية (أبو نوار، 2009)، ولمعرفة التوزيع الأفقي للأملاح الذائبة الكلية فقد تم إعداد الخريطة الكنتورية التي تبين التوزيع المكاني للأملاح الكلية كما

هطول الأمطار خلال الثلاثين سنة الأخيرة على منطقة الدراسة، ولزيادة الطلب على المياه، نتج عن كل ذلك زحف المياه المالحة باتجاه اليابسة، وهذا يتوافق مع دراسة قامت بها الهيئة العامة للمياه (1974) هدفت للتعرف على حجم الاستنزاف للخزان السطحي بالمنطقة الغربية الواقعة بين الزاوية وسوق الخميس وتاجوراء. ومع دراسة أخرى توصلت إلى أن الاستغلال المفرط للمياه الجوفية الذي تعدى التغذية الطبيعية للخرانات الجوفية ببعض المناطق بليبيا أدى لحدوث اختلال للميزان المائي بهذه المناطق، سبب في حدوث ظاهرتين على مستوى كبير من الخطورة، هما الهبوط الحاد في مناسيب المياه الجوفية، وزحف المياه المالحة (الباروني، 1997).

بالشكل (2)، ومن خلال هذه الخريطة يتبين أن نوعية المياه المخزونة تختلف من نقطة إلى أخرى، حيث يلاحظ ارتفاع للملوحة في البئر (AW2) عن البئر (AW1) رغم قربه من البحر، أرجعت هذه الزيادة للدور الذي يلعبه عمق البئر بالإضافة إلى معدل وتيرة الضخ الذي ساهم في ارتفاع الملوحة. مع ملاحظة تدرج شبه انسيابي لتركيز الأملاح من شاطئ البحر نحو الجنوب، رافق ذلك انخفاضاً لتدرج الملوحة عند البئر (AW3 و AW5) وارتفاعاً مفاجئاً للملوحة في البئر (AW6)، وأرجع ذلك لقلة وتيرة الضخ من الطبقة الجوفية عند (AW3 و AW5) وزيادتها في البئر (AW6)، وبصفة عامة فإن الملوحة تزداد في شرق منطقة الدراسة عن غرب ووسط المنطقة، كما أن تركيزها في غرب منطقة الدراسة يزداد عن وسط منطقة الدراسة، كذلك نلاحظ تزامن خطوط التسوية للأملاح الكلية في مناطق الشمال الشرقي ثم في الشمال الغربي، مما يدل على التباين والتغير السريع الحاصل في الملوحة، وذلك نظراً لنقص

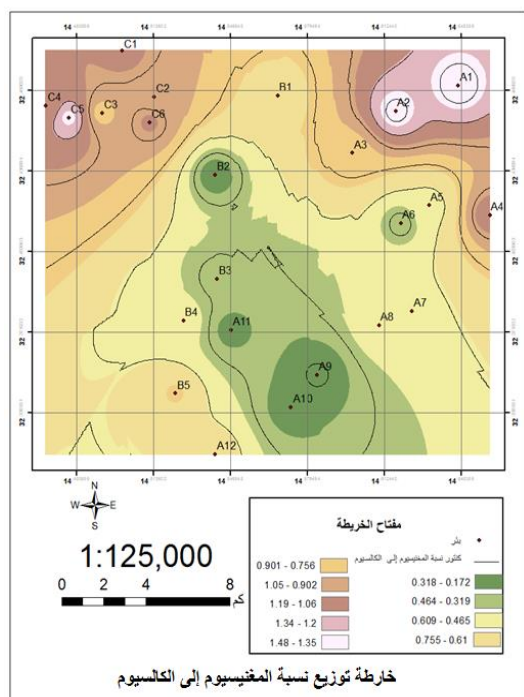


شكل 2. التوزيع المكاني للأملاح الكلية الذائبة (TDS).

من الشكل السابق الذي يوضح توزيع عنصر الصوديوم بمنطقة الدراسة يلاحظ أن نمطه يشابه نمط توزيع TDS بمنطقة الدراسة؛ حيث أعلى تركيز لعنصر الصوديوم يتواجد بشمال شرق منطقة الدراسة؛ حيث سجل (1256.08 ملجم/لتر) بالبئر A₁ الذي يبعد مسافة 325 متراً عن البحر فقط، مما يشير إلى وجود تلوث بمياه البحر وحدوث التداخل هنا، وينخفض تركيز الصوديوم في اتجاه جنوب ووسط منطقة الدراسة، كذلك يكون مرتفعاً بشمال غرب المنطقة وينخفض في اتجاه الجنوب.

3- نسبة تركيز الماغنيسيوم Mg^{+2} إلى تركيز الكالسيوم Ca^{+2}

من المعروف أن تركيز الماغنيسيوم يزداد مع زيادة تداخل ماء البحر نحو اليابسة بعكس الكالسيوم الذي يتواجد بالتكوينات الجيولوجية المختلفة، وبالتالي كلما زاد تركيز الماغنيسيوم إلى الكالسيوم كلما دل ذلك على وجود تداخل مياه البحر، ومن خلال نتائج التحاليل الشكل رقم (4).



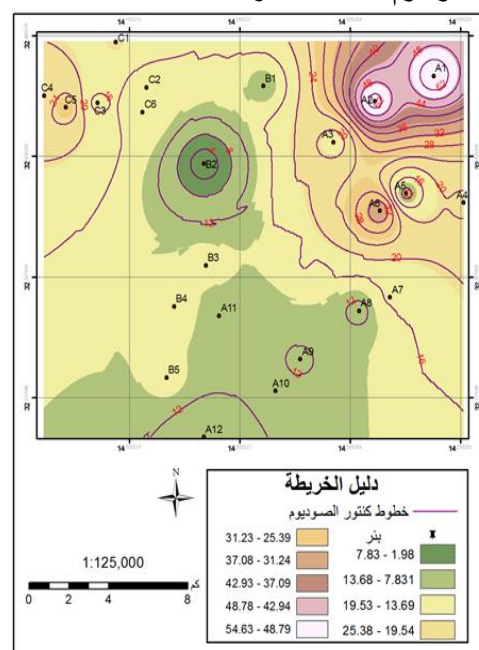
شكل 4. التوزيع المكاني لنسبة الماغنيسيوم إلى الكالسيوم.

يلاحظ من خلال الشكل السابق إن مؤشر الماغنيسيوم إلى الكالسيوم يتدرج تركيزه من شاطئ البحر وينخفض

يلاحظ من خلال الشكل السابق أن مؤشر مجموع الأملاح الكلية الذائبة يتدرج تركيزه من شاطئ البحر ويتناقص في الاتجاه جنوباً (خط كنتور 1600)، ويزداد تركيزه بشرق منطقة الدراسة عن غرب ووسط منطقة الدراسة، كما أن تركيزه في غرب منطقة الدراسة يزداد عن وسطها، وبالنظر إلى المعدل الذي تكون عنده المياه الجوفية عذبة والذي يقدر بحوالي (1000 ملجم/لتر) وفقاً للمواصفات القياسية الليبية ومقارنته بالنتائج المتحصل عليها تبين أن مجموع الأملاح الكلية الذائبة في جميع الآبار تزيد عن هذا المعدل ما عدا البئر رقم (BW1)، وتبين أن أعلى نسبة لـ TDS سجلت في البئر رقم AW2 (6034 ملجم/لتر) والذي يبعد عن البحر حوالي 3200 متر، وأقل قيمة سجلت في البئر رقم AW8 (1536 ملجم/لتر) والذي يبعد عن البحر حوالي 12500 متر، وبالتالي فهي تعد مياه شبه مالحة لأنها لم تتجاوز (10000 ملجم/لتر)، وبذلك يتضح زيادة تركيز الأملاح الكلية الذائبة إلى عمق 12 كيلو متر بوسط وغرب منطقة الدراسة وإلى أكثر من 20 كيلومتر بشرق منطقة الدراسة.

1- تركيز الصوديوم (Na^{+})

من خلال نتائج التحاليل الشكل (3) يوضح توزيع الصوديوم بمنطقة الدراسة.

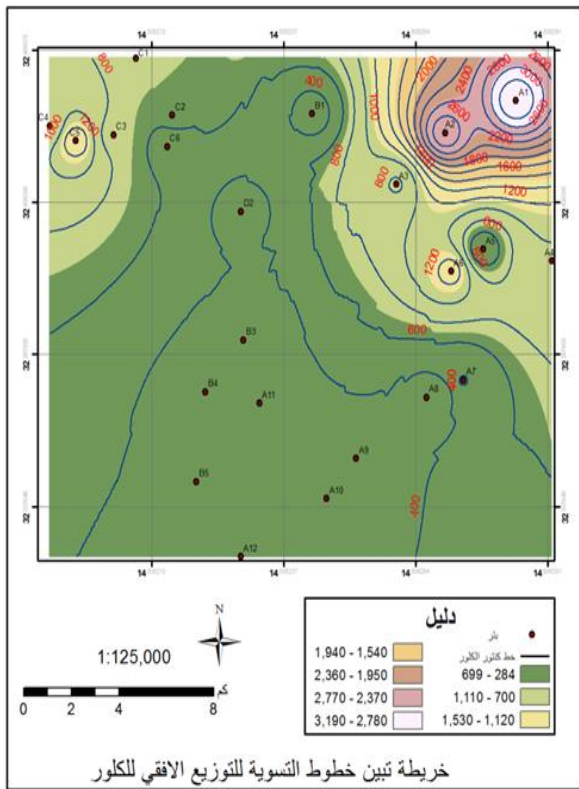


شكل 3. التوزيع المكاني لتركيز الصوديوم (Na^{+})

AW4) التي تقع بشمال شرق منطقة الدراسة، وكذلك بعض الآبار بشمال غرب المنطقة، حيث سجلت أعلى نسبة للمغنيسيوم Mg^{+2} في البئر AW2 (373.8 ملجم/لتر) والذي يبعد عن البحر بحوالي 3200 متر، وكان التركيز ضمن الحدود المسموح بها في البئر AW9 (15 ملجم/لتر) الذي يبعد عن البحر بحوالي 16500 متر والبئر BW2 الذي يبعد 8170 متراً عن شاطئ البحر.

5 - تركيز الكلوريد Cl^-

يتواجد الكلوريد بنسب عالية جداً بمياه البحر والتي تقدر بحوالي 18000 ملجم/لتر كما تم ذكره سابقاً، وبذلك يفوق تركيز أيون الصوديوم الذي بحدود 11000 ملجم/لتر، من خلال نتائج التحاليل التي تم التوصل إليها الشكل (5).



شكل 5. التوزيع المكاني للكلوريد

يلاحظ من خلال الشكل السابق أن مؤشر الكلوريد يتدرج تركيزه من شاطئ البحر وينخفض كلما اتجهنا جنوباً، ويزداد تركيزه بشرق منطقة الدراسة عن غرب

جنوباً، ويزداد تركيزه بشرق منطقة الدراسة عن غرب ووسط منطقة الدراسة، كما أن تركيزه في غرب منطقة الدراسة يزداد عن وسط منطقة الدراسة، وهذا يلاحظ وجود تشابه واضح مع خارطة توزيع TDS وكذلك خارطة توزيع الصوديوم. يلاحظ في الآبار (A1, A2) ارتفاع نسبة الماغنيسيوم إلى نسبة الكالسيوم مما يدل على وجود تداخل مياه البحر. هذا يتوافق مع ما أشارت إليه دراسة لتقييم جودة المياه الجوفية بمنطقة المطرد غرب مدينة الزاوية أنه يوجد تداخل لمياه البحر إلى الخزان الجوفي الأول في الجزء الشمالي للمنطقة (Floegel, 1976). وبالعكس وسط وجنوب المنطقة حيث يلاحظ عدم وجود تداخل لمياه البحر بالآبار (B2, A9, A10, A11) ويتدرج التداخل في اتجاه الشمال الشرقي ثم الشمال الغربي. هذا يوافق ما تم تبينه بخارطتي توزيع الصوديوم (Na^+) والأملاح الكلية الذائبة (TDS).

وبالنظر للمعدل الذي أوصت به منظمة الصحة العالمية (WHO, 2008) لتركيز الكالسيوم في المياه الجوفية الصالحة للشرب والتي تتراوح ما بين (10-100) ملجم/لتر، وقد تصل في بعض الأحيان بين (500-1000) ملجم/لتر، ومقارنة بالنتائج المتحصل عليها تبين أن تركيز الكالسيوم في جميع الآبار يتراوح ما بين (128-424) ملجم/لتر، حيث سجلت أعلى نسبة لـ Ca^{+2} في البئر AW2 (424 ملجم/لتر) والذي يبعد عن شاطئ البحر بحوالي 3200 متر، وسجلت أقل نسبة في البئر BW2 (128 ملجم/لتر) والذي يبعد عن البحر بحوالي 8170 متراً.

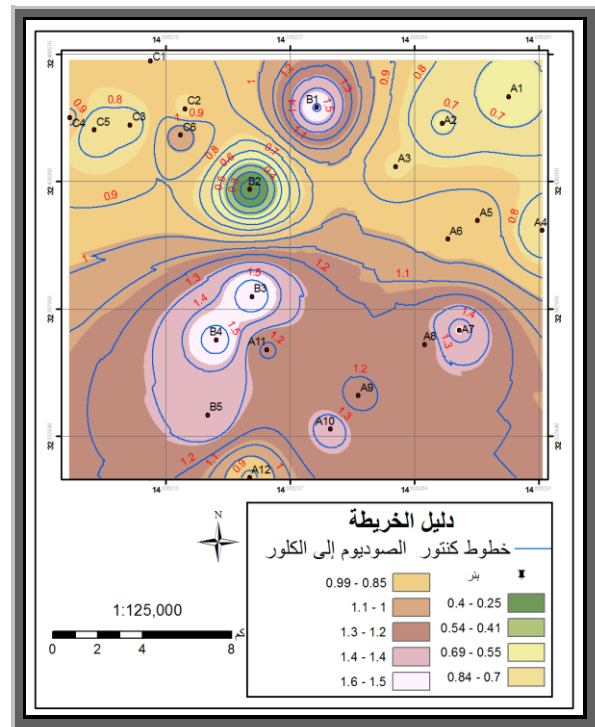
4- تركيز الماغنيسيوم Mg^{+2}

بالنظر للمعدل الذي أوصت به منظمة الصحة العالمية لتركيز الماغنيسيوم في المياه الجوفية الصالحة للشرب والتي تتراوح ما بين (10-100) ملجم/لتر، وتعتبر المياه الجوفية التي تزيد فيها نسبة الماغنيسيوم عن (125) ملجم/لتر غير صالحة للشرب، ومقارنة بالنتائج المتحصل عليها تبين أن تركيز الماغنيسيوم في بعض الآبار يزيد عن هذا المعدل كما في الآبار (AW1, AW2,

ووسط منطقة الدراسة، كما أن تركيزه في غرب منطقة الدراسة يزداد عن وسطها. وبالنظر للمعدل الذي أوصت به منظمة الصحة العالمية لتركيز الكلوريد في المياه الجوفية الصالحة للشرب والذي يقدر بحوالي (250) ملليجرام/لتر ومقارنتها بالنتائج المتحصل عليها تبين أن تركيز الكلور في جميع الآبار يزيد عن هذا المعدل، حيث سجلت أعلى نسبة للكلورايد Cl^- في البئر AW1 (3190 ملجم/لتر) والذي يبعد عن البحر بحوالي 325 متراً، وسجلت أقل نسبة في البئر BW2 (284 ملجم/لتر) والذي يبعد عن البحر بحوالي 8170 متر، وعليه فإنه يلاحظ أن نمط توزيع الكلوريد بمنطقة الدراسة يشابه إلى حد كبير نمط توزيع الصوديوم ونمط توزيع الأملاح الكلية الذائبة.

6- مؤشر نسبة الصوديوم إلى الكلوريد (Na^+/Cl^-):

وهذا ما يعرف بمؤشر جونز (Jones Ratio) من خلال نتائج التحاليل التي تم التوصل إليها تم حساب نسبة (Na^+/Cl^-) كما موضح بالشكل (6).



شكل 6. التوزيع المكاني لنسبة الصوديوم إلى الكلوريد.

يمثل تركيز أيون الصوديوم Na^+ إلى تركيز الكلوريد Cl^- مؤشر معامل جونز (Jones Factor)، ووفقاً لهذا المؤشر فإن النسبة الجيوكيميائية تشير إلى قيم متفاوتة، يلاحظ أن شمال شرق منطقة الدراسة ينخفض هذا المؤشر قليلاً عن 0.84 لتبسط إلى 0.61 عند البئر AW1 مما يدل على أن نسبة الكلوريد تزيد عن نسبة الصوديوم بقليل وأن المياه من أصل بحري حتى بعد 6 كيلومتر تقريباً عن شاطئ البحر. وهذا يتوافق مع دراسة بمنطقة الزاوية اتضح من خلالها أن التلوث بالمياه المالحة يمتد حوالي 5-6 كم من شاطئ البحر (قنفود و أبو راس، 2018). كما أن نسبة الصوديوم إلى الكلوريد تزداد جنوباً من البئر AW5 وحتى AW12 هذا بشرق منطقة الدراسة، وبالتالي فإن المياه هنا من أصل جوي. أما في غرب منطقة الدراسة فإن مؤشر جونز أعطى قراءة 0.8 في الشمال الغربي حتى مسافة 6 كيلومتر عن شاطئ البحر تقريباً. كما أن مؤشر جونز أخذ في الارتفاع جنوباً، بمعنى أن نسبة الكلوريد تنخفض مع الاتجاه جنوباً، مما يدل على أن المياه ليست من أصل بحري جنوب منطقة الدراسة ويرجع أن يرجع ذلك إلى تأثير وادي ماجر بالجنوب، بالإضافة لوجود عين كعام بشمال غرب منطقة الدراسة، وعدم وجود تداخل بالقرب من عين كعام راجع لوجود ائزان ديناميكي ناتج من تغذية عين كعام، التي تعد مخرج طبيعي للمياه الجوفية الواردة من خزان غريان الجوفي والتي تتواجد في حوض مجرى وادي كعام، وهذا يتوافق مع ما جاء في الدراسات السابقة حيث أن تدفق المياه المستمر باتجاه البحر يحافظ على حالة الاتزان الديناميكي بين المياه العذبة والمالحة، وأن عدم وجود تغذية كافية يؤدي إلى تحرك المياه المالحة نحو الخزان الجوفي (Alfarrah and Whgalraevens, 2018; Jones, et al, 1999; Korrai, et al, 2020; Manivannan and Elango, 2019). أما في وسط منطقة الدراسة يقل مؤشر جونز ليقترّب من 0.4 كما ببئر الحسن والحسين WB3 بسبب انخفاض نسبة الصوديوم وارتفاع نسبة الكلوريد وهنا الملوحة من أصل بحري بناءً على مؤشر

جونز. ومن خلال الوصف الصخري للخران المخترق لهذا البئر فإن تكوينه عبارة عن حجر رملي متوسط الحجم.

الاستنتاج

من خلال دراسة نتائج التحاليل الكيميائية التي أجريت على عينات آبار منطقة الدراسة اتضح أن جميع الآبار غير صالحة للاستعمال كمياه للشرب بحسب مواصفات WHO، واتضح ارتفاع تركيز الأملاح الذائبة الكلية عن الحد المسموح به في مياه الشرب، حيث تراوحت (1536-7545) ملليجرام/ لتر. كما تبين أن هناك زيادة في نسبة تركيز الكلوريد، حيث تتراوح بين (280-3190) ملليجرام/لتر، وارتفاع في نسبة الصوديوم كذلك، وبالتالي فإن المياه تعتبر غير صالحة للشرب. هذا يتوافق مع دراسة Abdulaziz and Abdussalam (2020)، حيث وجدوا أن جميع الآبار في منطقة الدراسة الممتدة من ساحل البحر بمدينة صبراتة إلى منطقة عقار غير صالحة للشرب. كما لوحظ في المقطع (A) شرق منطقة الدراسة قيمة لـ TDS تكون أعلى في الآبار القريبة من البحر وتقل مع الابتعاد عن البحر، وأن المياه بالقرب من الشاطئ من أصل بحري. وبالمثل في المقطع (B) و المقطع (C) تكون أعلى قيمة لـ TDS في الآبار القريبة من البحر وتقل مع الابتعاد عن البحر. هذا كما جاء في دراسة تداخل مياه البحر بمنطقة شمال غرب حوض سهل الجفارة الجوفي لوحظ وجود تركيز عالي لعناصر: (الصوديوم، الكلوريد، الكالسيوم، الماغنسيوم، الكبريتات) في الآبار القريبة من ساحل البحر (الشكل، 2017).

إلا أن مؤشر جونز هنا يسلك سلوكاً آخر بحيث أن وسط منطقة الدراسة يقل مؤشر جونز بالوسط عند البئر WB3، ويرجع ذلك إلى كثافة سحب المياه من هذا الخزان بنفس الموقع، حيث يوجد على بعد كيلومتر واحد من جهة الشرق بئر خزان العجيل التابع لآبار المرافق، كذلك وجود بئر خزان ضخ رحيم جنوب WB3 على بعد أقل من كيلومتر، أيضاً مؤشر جونز يشير إلى

وجود مياه من أصل بحري في شمال شرق المنطقة حتى مسافة 6 كم عن البحر، وبالتالي لا تُعد المياه من أصل بحري في معظم المنطقة، ويرجع ذلك إلى ارتفاع نسبة الصوديوم إلى الكلوريد، وفي غرب منطقة الدراسة مؤشر جونز أعطى قراءة 0.8 في الشمال الغربي حتى مسافة 6 كيلومتر عن البحر تقريباً. وهذا يتوافق مع ما أشار إليه Navarro (1975) في دراسته للمنطقة الممتدة من الحدود التونسية غرباً وحتى مدينة مصراتة شرقاً؛ حيث أشار إلى أن مدن مصراتة، زليتن، الخمس، صبراتة تعاني من مشكلة تداخل مياه البحر، أما جنوب شرق منطقة الدراسة لا وجود لتداخل مياه البحر بها؛ لأن معامل جونز يزيد عن 0.84 بل يصل إلى 1.4، وبالتالي المياه ليست من أصل بحري.

المراجع

- أبو نوار، عبد السلام إبراهيم. 2009. تداخل مياه البحر في الخزان الجوفي الأول الرباعي بمنطقة الخمس. كلية الزراعة-جامعة طرابلس- ليبيا (رسالة ماجستير غير منشورة).
- الباروني، سليمان صالح. 1997. تأثير الاستغلال المفرط للمياه الجوفية في ليبيا مجلة الهندسي (36-37): 32-38.
- الشكل، الهادي أحمد. 2017. دراسة ظاهرة تداخل مياه البحر في المياه الجوفية بمنطقة شمال غرب حوض سهل الجفارة الجوفي- بليبيا. المجلة الدولية للعلوم والتقنية (12): 1-22.
- الهيئة العامة للمياه. 1974. تقرير عن حجم الاستنفاس من الخزان السطحي بالمنطقة الغربية - ليبيا.
- الهيئة العامة للمياه. 1977. تقرير عن هيدرولوجية منطقة سهل جفارة.
- الهيئة العامة للمياه. 2006. تقرير عن الوضع المائي في ليبيا. طرابلس - ليبيا، 75 صفحة.
- الهيئة العامة للمياه. 2009. تقرير عن مياه الشرب بمنطقة مصراتة. فرع المنطقة الوسطى للهيئة العامة للمياه.

- Government Printing Office: Water-Supply Paper, 1473: 363 pp.
- Jones, B. F.; Vengosh, A.; Rosenthal, E. and Yechieli, Y. 1999. "Geochemical investigations, ", In Bear, Jacob, and others, eds., Seawater intrusion in coastal aquifers Concepts, methods and practices, Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 1999, p p. 51-71. (Vol. 14): Springer Science & Business Media.
- Ekhmaj, A.; Ezlit, Y. and Elaalem, M. 2014. The situation of seawater intrusion in Tripoli, Libya. In: International conference on biological, chemical and environmental sciences (BCES - 2014). Penang, Malaysia .
- Korrai, S.; Gangu, K. K.; Rao, P. P. and Jonnalagadda, S. B. 2020. A study on assessment of vulnerability of seawater intrusion to groundwater in coastal areas of Visakhapatnam, India. Environment, Development and Sustainability, 1-19 .
- Manivannan, V. and Elango, L. 2019. Seawater intrusion and submarine groundwater discharge along the Indian coast. Environmental Science and Pollution Research, 1-17 .
- Navarro, A. 1975. Study of seawater intrusion problems, Report on Mission to Libya, United Nation, Sep. 1975.
- Sharaf, A. T. 1995. Geography of Libya. 3rd - ed. Publisher Alexandria Book Center- Egypt .
- Telahigue, F.; Agoubi, B.; Souid, F. and Kharroubi, A. 2018. Assessment of seawater intrusion in an arid coastal aquifer, south-eastern Tunisia, using multivariate statistical
- بعلة، محمد؛ البب، سامي؛ و عثمان، هبة. 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. 40(6): 79-92.
- قنفود، أحمد أبو العيد و أبو رأس، غسان محمد. 2018. تلوث المياه الجوفية بمياه البحر بمنطقة الزاوية. المجلة الليبية للعلوم الزراعية. 23(2-1): 17-29.
- Abdulaziz, A. M. and Abdussalam, N. M. 2020. Evaluation of Water Status in the Area between Mediterranean Coast and Agar-Sabrat City, Libya. *Alex. J. Agric. Sci.*, 65 (1): 15-27 .
- Al Sadea, Y. B.; Attya, R. M. and Benzaghta, M. A. 2020. Study of Irrigation Water Quality of Agricultural Projects in Misurata Area, Misurata. Libya. Journal of Misurata University for Agricultural Sciences. 1 (2): 465 - 478 .
- Alfarrah, N. and Walraevens, K. 2018. Groundwater overexploitation and seawater intrusion in coastal areas of arid and semi-arid regions. *Water*, 10 (2): 143 .
- APHA. 2017. Standard methods for the examination of water and wastewater: American Public Health Association Washington, DC.
- Bear, J.; Cheng, A. H.D.; Sorek, S.; Ouazar, D. and Herrera, I. 1999. Seawater intrusion in coastal aquifers: concepts, methods and practices. (Vol. 14): Springer Science and Business Media.
- Floegel, H. 1976. Report on the Groundwater Salinity in the Mutrad area, GWA.
- Hem, J. D. 1970. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. US

- Mekong Delta, Vietnam. Water Science and Technology, 77(6): 1632-1639 .
- Werner, A. D. 2010. A review of seawater intrusion and its management in Australia. Hydrogeology journal, 18(1): 281-285 .
- WHO. 2008. Guidelines for drinking-water quality. World Health Organization, Geneva, Switzerland. 564p.: World Health Organization.
- analysis and chloride mass balance. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 10 ,6: 37 – 46.
- Todd, D. K. and Mays, L. W. 2005. Groundwater Hydrology, : 3rd - ed.; John Wiley and Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA.,
- Vu, D.; Yamada, T. and Ishidaira, H. 2018. Assessing the impact of sea level rise due to climate change on seawater intrusion in

Study of Seawater Intrusion to the First aquifer of Zliten Area, Libya

Alhadi R. Ashmila¹, * Mostafa A. Benzaghta², Abdulsalam I. Abunouwer³,

Milad M. Eljetlawi⁴, Mahmoud A. Amaref⁵

1- Faculty of Science - Al-Asmarya Islamic University 2- The Libyan Academy - Misurata

3- Faculty of Technical Engineering – Mesallata 4- Faculty of Art and Science - Almergib University

5- Faculty of Agriculture – Sirte University

ABSTRACT

Due to the importance of groundwater for domestic, agricultural and industrial uses, this research was conducted to study the seawater intrusion into some boreholes used to pump water by the municipality of Zliten. In this study, 23 groundwater samples were collected in January 2019 from boreholes distributed throughout study area. The water samples were analyzed for concentration of sodium (Na^+), chloride (Cl^-), calcium (Ca^{+2}), magnesium (Mg^{+2}), the total dissolved salts (TDS). Also, Jouns" ratio (Na^+/Cl^-) was used to determine the seawater intruded area along coastal zone. The analytical results showed that the concentration ranges of TDS are (1536-7545 mg/l), Cl^- are (280-3190 mg/l), Na^+ are (45.5-1256.08 mg/l), Ca^{+2} (128-442 mg/l) exceed the permissible limits stipulated by (WHO). According to Jones' ratio, the center of the study area is less than 0.84, therefore, up to a distance of 6 km from the shoreline is affected by seawater intrusion.

Keywords: groundwater, seawater intrusion, sodium and chloride concentration, Jones Ratio.

*Corresponding Author: Mostafa A. Benzaghta, The Libyan Academy - Misurata - Libya

Phone: + 218918432559

E-mail: benzaghta@bs.lam.edu.ly

Received: 06/12/2020

Accepted: 29 /3/ 2021