THE STUDY OF GROUNDWATER LEVEL RISE AND ITS RELATIONSHIP WITH FLOW DIRECTION AND SEAWATER INTRUSION IN ZLIT1EN CITY, LIBYA

Alhadi R. Ashmila [1*] , Anwar O. Naji [2] , Ali Atiya Abohamra [3] ,

Mohammed F. Abogamiza [4] , Mostafa A. Benzaghta[5]

[1-2] Geology Department, Faculty of Science, Alasmarya Islamic University, Zliten-Libya
[3] Geography Department, Faculty of Science, Alasmarya Islamic University, Zliten-Libya
[4] Directorate of Environmental Sanitation, Affairs Directorate Alkhoms-Libya
[5] Department, of Environmental Engineering and Sciences, Libyan Academy, Misurata Branch, Libya
** Corresponding author: al.ashmila@asmarya.edu.ly*

ABSTRACT

There has been an increase in the shallow groundwater level in the northern section of Zliten, which is 150 kilometers east of Tripoli, leading to higher levels than the surface of the land. The aim of this study was to characterize this phenomenon, ascertain the elevation of groundwater level relative to sea level, pinpoint the phenomenon's geographical borders, and identify regions vulnerable to its impacts. This was accomplished by gathering data from sixty shallow wells around the study area in order to investigate the geographical distribution of groundwater depth. Every well's location, water level, and ground surface height were noted and translated to sea level. The source of the salinity in the water was identified using the Simpson's ratio and the Jones ratio. The spatial distribution of chemical elements was mapped using ArcMap. The study finds out, groundwater migration is mostly directed northward, the most impacted locations saw a 0.0005 mm decrease in the piezometric surface slope, which added to the rise in water levels. The groundwater level rose to 4.25 meters above sea level, just 1200 meters from the ocean. Therefore, there was no correlation between the rise in water levels and seawater intrusion.

Keywords: level rise, seawater intrusion, Jones and Simpson ratio, shallow water, Zliten

دراسة ارتفاع منسوب الماء الجوفي وعلاقته باتجاه السريان وتداخل مياه البحر بمدينة زليتن – ليبيا

الهادي اشميله[1*]، أنور نجي[2]، علي أبوحمرة [3]، محمد أبوقميزة [4]، مصطفى بن زقطة [5]

[1،2] قسم الجيولوجيا، كلية العلوم، الجامعة الأسمرية الإسلامية، زليتن- ليبيا
[3] قسم الجغرافيا، كلية الآداب، الجامعة الأسمرية الإسلامية ، زليتن- ليبيا
[4] مديرية شؤون الاصحاح البيئي، الوسطى -ليبيا
[5] قسم هندسة وعلوم البيئة، الأكاديمية الليبية للدراسات العليا، مصراته- ليبيا
* للمراسلة: *al.ashmila@asmarya.edu.ly*

المستخلص

تعرضت مدينة زليتن التي تقع على بعد 150 كيلومتر شرق العاصمة طرابلس إلى ارتفاع منسوب الماء الجوفي الضحل بالجزء الشمالي من وسط المدينة، مما تسبب في وصولها إلى مستويات أعلى من منسوب سطح الأرض؛ وقد هدفت الدراسة إلى وصف هذه الظاهرة، والتعرف على ارتفاع مستوى الماء الجوفي إلى مستوى ماء البحر، كذلك التعرف على الحدود المكانية للظاهرة، والمواقع التي في طريقها إلى التعرض لها، وذلك من خلال معرفة التوزيع المكاني لعمق الماء الجوفي، بالإضافة إلى تحديد اتجاه حركة الماء، حيث تم أخذ 60 بئراً سطحياً، موزعة على منطقة الدراسة، وحدد موقعها، ومنسوب سطح الأرض، ومنسوب الماء فيها، محولة جميعها إلى مستوى سطح البحر، وتم استخدام معامل جونز ونسبة سمبسون للتعرف على مصدر الملوحة بالماء، كما تم استخدام (Arc Map) لرسم خرائط التوزيع المكاني للعناصر الكيميائية، وقد توصلت الدراسة إلى العديد من النتائج أهمها: إن اتجاه حركة الماء الأرضي ينحدر غالباً باتجاه الشمالً، وإن ميل المستوى البيزومتري بالمواقع الأكثر تضرراً هبط إلى 0.0005 مما أسهم في ارتفاع الماء، وإن ارتفاع الماء الأرضي بها وصل إلى 4.25 متراً فوق مستوى سطح البحر، وأن هذا الارتفاع على بعد 1200 متر من البحر فقط، ولا علاقه لتداخل مياه البحر بارتفاع المنسوب.

الكلمات المفتاحية: مؤشر جونز، مؤشر سمبسون، منسوب المياه الجوفية، تداخل مياه البحر.

1. مقدمة

تعتبر ليبيا بلداً محدود الموارد المائية غير الجوفية بشكل كبير، إذ تشكل الصحراء القاحلة 90% من مساحتها المقدرة بنحو 1.8 مليون كيلومتر مربع، ووفقا لدراسة تناولت الوضع المائي في ليبيا وُجدَ أن الموارد المائية المتاحة في ليبيا موزعة على النحو التالي: (95% مياه جوفية، 2.3% مياه سطحية، 0.9% مياه مزاله الملوحة، 0.66% مياه صرف)، لهذا فإنه من الضروري العمل على ترشيد استخدام المصادر المائية [1].

ولهذا تعد مراقبة تلوث المياه الجوفية من التدابير المهمة لتحديد مدى صلاحيتها للأغراض الحضرية والزراعية والصناعية، ويعتبر التسرب من شبكات الصرف الصحي، ومكبات القمامة، واستعمال

الأسمدة في الأنشطة الزراعية، وتداخل المياه المالحة التي على اتصال هيدروليكي مع مياه الخزان الجوفي من العوامل المؤثرة على جودة المياه الجوفية [2].

وللأهمية البالغة للمياه الجوفية كمصدر مائي، حرصَ الكثير من الباحثين على دراسة مشاكل تلوث المياه وطرق معالجتها.

حيث ينتج عن ارتفاع منسوب الخزان السطحي (الضحل) فوق سطح الأرض زحف هذه المياه إلى داخل المنازل السكنية، وتكون البرك والمستنقعات ما قد يتسبب في انتشار البعوض وغيره من الحشرات الضارة، وانتشار بعض الأمراض. هذه الكارثة البيئية لها أخطار تطال المساكن، والبنية التحتية، والأراضي الزراعية مما ستؤثر مباشرة على حياة السكان ومعيشتهم وتفاقم الأضرار الصحية والمادية والنفسية وتلوث مياه الشرب، أما مشكلة تداخل مياه البحر فتتسبب في تناقص المخزون الاستراتيجي من المياه العذبة بشكل عام في المستقبل، والتأثير بشكل سلبي على النشاط الزراعي، حيث تؤدي إلى ضعف الإنتاجية للمحاصيل الزراعية وتدهور حالة التربة.

هدفت الدراسة إلى التعرف على علاقة ارتفاع المنسوب للماء الجوفي بظاهرة تداخل مياه البحر بوسط مدينة زليتن، وإلى تحديد المواقع التي حدث بها تداخل لمياه البحر في حال وجوده، باستخدام مؤشري سمبسون وجونز، كما هدفت للتعرف على علاقة ارتفاع المنسوب باتجاه سريان المياه الجوفية الضحلة، وتكمن أهمية الدراسة في معرفة مواقع ارتفاع منسوب المياه ومقداره، وحصر المناطق التي تعرضت إلى تداخل المياه المالحة وتلوث مياهها الجوفية.

تناولت دراسة تداخل مياه البحر بشمال غرب ليبيا، خلصت إلى أن منطقة زليتن قد تأثرت بتداخل مياه البحر وأن توزيع التداخل متأثر بالخواص الهيدروليكية للخزان، وأن التداخل قد تجاوز حدود الدراسة جنوباً، كما أن أقصى تركيز للكلوريد وصل 3443 في حين وصل تركيز الصوديوم بنفس البئر إلى 1790 جزء في المليون، وأن أقصى قيمة لمجموع الأملاح الذائبة وصلت إلى 10306 بالبئر k407. ،[3] كما توصلت دراسة إلى وجود تداخل لمياه البحر إلى الخزان الجوفي الأول المستغل من قبل مرافق بلدية زليتن بشرق وغرب منطقة الدراسة بعمق يصل إلى 6 كيلومتر. ويختفي التداخل بوسط منطقة الدراسة [4].

إن المنطقة الممتدة من الحدود التونسية غرباً وحتى مدينة مصراته شرقاً، عانت مدن مصراته، زليتن، الخمس، صبراتة من مشكلة تداخل مياه البحر، وأن منطقة مصراته كانت أكثر المناطق

تضرراً وأن مشكلة تداخل مياه البحر في مدينة طرابلس أقل حدة، [5] وفي دراسة هيدرولوجية لمنطقة سهل جفاره اتضح 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 [6].

وتوصلت دراسة أجريت 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 [7].

كما أنه هناك تداخل لمياه البحر مع الخزان الجوفي الأول بمنطقة الخمس وأن عمق التداخل تعدى حدود منطقة الدراسة،وبيّنت دراسته أن مناطق الكثبان الرملية تتميز بتركيز عالٍ من الأملاح عكس ما كان متوقعاً، وأن توزيع التداخل متأثر بالخواص الهيدروليكية للخزان الجوفي المتكون من الأحجار الجيرية [8].

1-1 الموقع

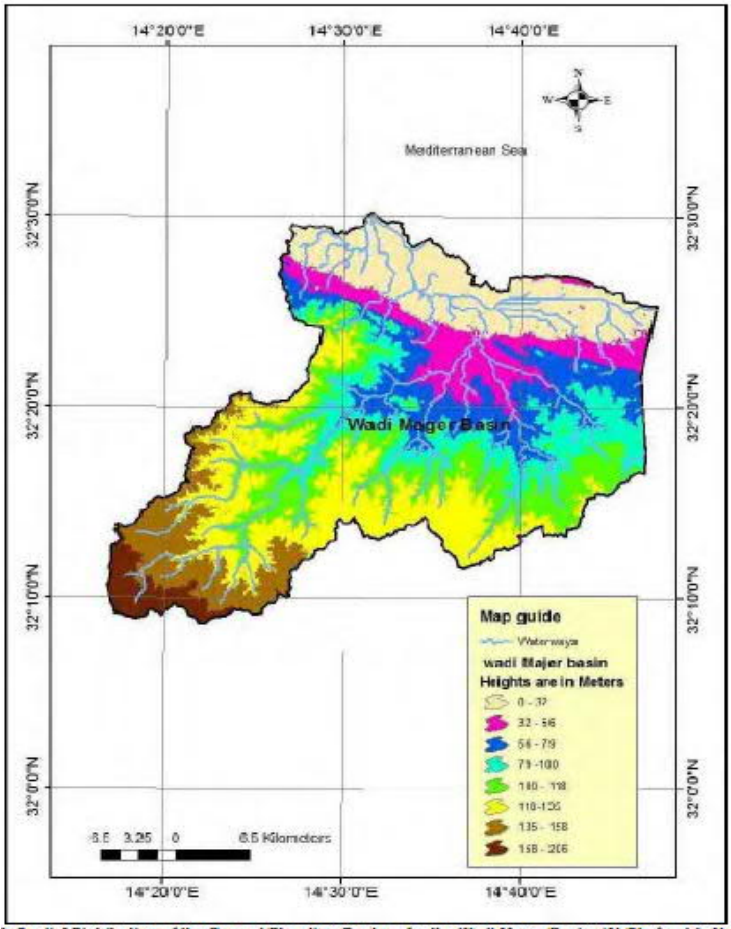
تقع منطقة زليتن في الجزء الشمالي الغربي من ليبيا وتمتد بين خطي طول (10 '14° -50 '14°) شرقاً، و خطي عرض (30 '32° - 55 '31°) شمالاً. وتطل المنطقة على البحر المتوسط من جهة الشمال، ومن الجنوب تجاور مدن بني وليد، ترهونة، مسلاته، أما من جهة الشرق فتحدها مدينة مصراته، ومن جهة الغرب مدينة الخمس، وتبلغ مساحة المنطقة حوالي (2743.25 كم2)، وتقع المنطقة المتضررة شمال غرب مدينة زليتن كما بالشكل (1).

1.

شكل رقم (1) يوضح المنطقة المتضررة بمدينة زليتن (من عمل الباحث)

2-1 طبوغرافية المنطقة

يتباين الشكل الطبوغرافي لمنطقة زليتن من حيث الارتفاع على مناسيب مختلفة من مظاهر التضاريس، فبعضها له طابع سهلي وهضبي، وبانحدار تدريجي من الجنوب إلى الشمال بدرجة بين 0.04^{o} و 4^{o} كما يمكن تقسيم المنطقة إلى عدة أقسام تضاريسية متباينة وهي: الشريط الساحلي، السهل الفيضي، الهضاب، الأودية، والشكل التالي (2) يبين طبوغرافية المدينة وموضحا عليها الأودية الواقعة بنطاقها، واتجاه انحدارها، ويظهر بها أكبر الأودية وهو وادي ماجر الذي يصل ارتفاع نهايته إلى أكثر من 200 متر فوق مستوى سطح البحر.[9]



1: Spatial Distribution of the Ground Elevation Contour for the Wadi Mager Basin (Al-Ghafoud & Al-di 2021).

شكل (2) يبين فئات الارتفاع لحوض وادي ماجر (الغافود، 2023)

3-1 المناخ

يتأثر مناخ منطقة زليتن بعدد من العوامل منها وقوعها على دائرة عرض ('30 °32 '55 °31 -) 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 على ساحل البحر المتوسط [10].

4-1 جيولوجية المنطقة

يتواجد بالمنطقة تسلسل طبقي يمتد من ترسبات العصر الرباعي إلى صخور العصر الطباشيري السفلي (تكوين الحجر الرملي ككله) والتي تنتهي هنا بمدينة زليتن حيث تتواجد بالجزء الشرقي للمدينة، وتظهر رواسب العصر الرباعي الجيرية بمحاذاة شاطئ البحر، هذه التكوينات تتواجد بكافة امتدادات منطقة زليتن، حيث تميل في تواجدها نحو الأسفل وباتجاه الشرق بمعدل ميول 5 متر لكل واحد كيلومتر ، ويمكن تلخيص التتابع الطبقي لهذه التكوينات كما يلي:

- رواسب العصر الرباعي: وهي عبارة عن خليط بين رمل وطين وحصى أحياناً في مجاري الوديان ورواسب رملية (تكوين قرقارش) بالقرب من المواقع الشاطئية تظهر على السطح بمحاذات البحر.
- تكوين عصر المايوسين: وتتكون هذه الصخور من الحجر الجيري مع وجود تداخلات من الطين والمارل والحجر الجيري المارلي.
- صخور العصر الطباشيري العلوي: - تتكون هذه الصخور من عدة تكوينات هي:

  تكوين مزدة: حجر جيري إلى حجر جيري دولوميتي.

  تكوين تغرنة: حجر جيري إلى حجر جيري دولوميتي.

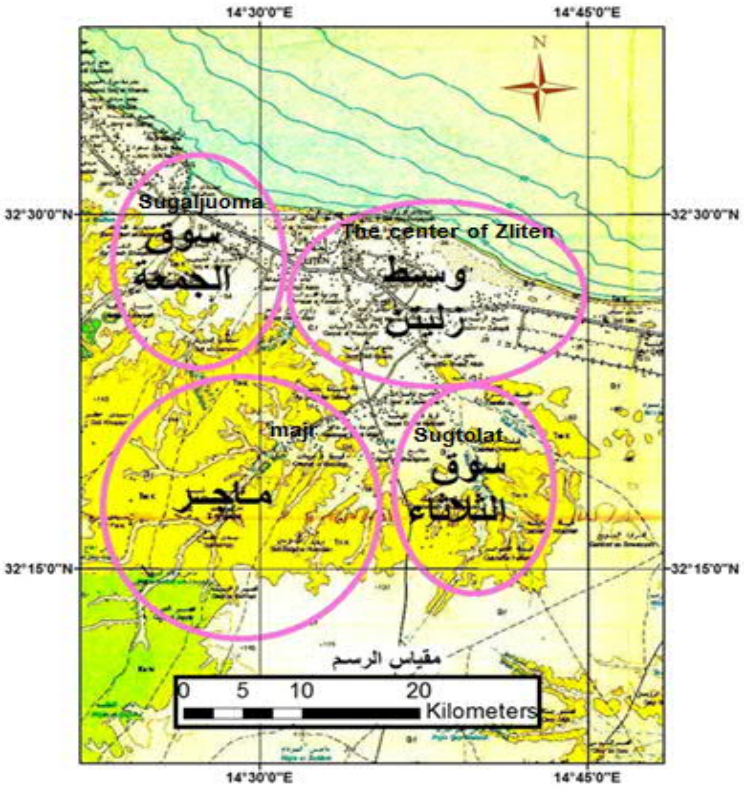
  تكوين غريان(نالوت): حجر جيري إلى حجر جيري دولوميتي.

  تكوين يفرن: مارل.

  تكوين عين طبي: حجر جيري إلى حجر جيري دولوميتي.

- صخور عصر الطباشيري السفلي: - ويتكون من الحجر الرملي الذي ينتهي بمدينة زليتن ويمتد باتجاه الشرق والجنوب (حوض الحمادة الحمراء - سرت).

وتكوينات العصر الطباشيري العلوي في وضعية شبه متصلة مع بعضها البعض في أغلب المناطق، حيث لا توجد طبقات غير منفذة ذات امتداد واسع يمكن أن تفصل هذه الخزانات بعضها عن بعض، كما هو موجود بعين تاورغاء والشكل التالي (3) يبين جيولوجية منطقة زليتن [11].



شكل (3) خارطة جيولوجية لمنطقة زليتن (مركز البحوث الصناعية)

المكون الصخري قيد الدراسة جزء من تكوين الخمس، وجيولوجيا جزء من التتابع الجيولوجي في جبل نفوسه والذي تعرض للكثير من الأحداث الجيولوجية والحركات الأرضية انعكست على الوضع الجيولوجي لمنطقه الخمس وما حولها وما تحويه من تكوينات جيولوجية وفيما يلي تلخيص لأهم التكوينات الصخرية لمنطقه الدراسة.

تكوين سيدي الصيد (Cretaceous: Cenomanian Upper) -Sidi as Sid Formation):
يتكون من صخور بحرية تتبع الكريتاسي العلوي ، هذا التكوين متكشف على منحدر جبل نفوسة ، ويزداد في السمك من 65 متر في الغرب إلى 380متر في الشرق، ويعلو تكوين أبو شيبة ويفصل بينهما سطح عدم توافق، ويظم هذا التكوين عضوين رئيسين العضو السفلي(lower Member) يتميز بوجود حجر جيري دولوميتي"Dolomitic Limestone" مع طبقات رقيقة من المارل، ويطلق عليه عضو عين طبي "Ein Topi Member"، ويتراوح سمكه من 60 إلى 80 متر، العضو العلوي (Upper Member) يتميز بوجود تتابع من الطين والمارل وصخور المبخرات ويسمي بعضو يفرن"Uefrin Member".

تكوين نالوت :- "Turonian Upper Cretaceous Cenomanian - Naiut Formation"-
يتميز هذا التكوين بوجود الأحجار الجيرية الدولوميتية المتبلورة والدولوميت ، والتي تتميز بأنها أحجار شديدة الصلابة ذات لون رمادي يميل إلى الأبيض، كما تتميز أيضا بوجود تداخلات من أحجار الصوان، والملامح التشكيلية لهذا التكوين تكون واضحة على طول منحدر جبل نفوسة، أما سمك هذا التكوين يتراوح من 40 متر في الغرب إلى 200متر في الشرق.

تكوين الخمس Miocne - Middle" Al khums Formation ": يوجد القطاع النمطي لهذه الرواسب في الجزء الشمالي الشرقي من جبل مسلاته بجوار مدينة الخمس، وقد دلت رواسب الحفريات الدقيقة على ان هذا التكوين يتبع المايوسين الأوسط Miocene التابع للحين الثلاثي Tertiary ، كما أمكن التعرف على فجوة أستراتجرافية تفصل هذه الرواسب عن صخور الطباشيري العلوي المتمثلة في تكوين سيدي الصيد، وهذا التكوين يفصله عن تكوين سيدي الصيد سطح عدم توافق، أثرت في هذا التكوين الحركات التكتونية وعوامل التجوية الأمر الذي شكله على هيئة مرتفعات ومنخفضات وكذلك جعله غير ظاهر بشكل كامل في منطقة واحدة ، وقد اقترح تقسيم تكوين الخمس إلى عضوين، السفلي المعروف باسم النقازة و العلوي الذى يعرف باسم رأس المنوبية [12].

المحتوى الصخري لتكوين الخمس بصفة عامة يحتوي على حجر جيري مارلي ومارل إضافة إلى أطيان وحجر جيري عضوي يكون في بعض الأحيان نقي وفى بعض الآخر عضوي بأصداف ومواد عضوية.

وتمثل رواسب هذه الصخور التي تنتشر في منطقة الدراسة مرحلة تقدم البحر حيث تتكون من أحجار جيرية وأحجار جيرية دولومايتية مع تداخلات من الطين والمارل، تتميز بألوان رمادية داكنة إلى ألوان بيضاء وردية فاتحة مع وجود درنات من الصوان في الأجزاء السفلية حسب ما تظهره بعض الأحافير.

5-1 هيدروجيولوجية المنطقة

تتواجد بمنطقة الدراسة عدد من التشكيلات الجيولوجية التي تحمل في طياتها كميات كبيرة من المياه وتتمثل هذه الخزانات المائية الجوفية وفقاً لتقرير فرع المنطقة الوسطى للمياه التابع لوزارة الموارد المائية (2024) يمكن تقسيمها على النحو التالي:

1-5-1 الخزان الضحل

وهو عبارة عن حجر جيري (ترسبات العصر الرباعي وتكوين قرقاش) ويغطي المناطق الساحلية وبعمق 3-5 كم في اتجاه الجنوب، عمقه (15 - 40 متر)، مستوى الماء الساكن (- 10 إلى - 20 متر)، الإنتاجية (2 - 5 م^3 /ساعة)، مجموع الأملاح الكلية (5 - 10 جم/لتر)، هذا الخزان تأثر بتداخل مياه البحر ويرجع السبب في ذلك إلى كثرة الحفر به مما أدى إلى استنزاف هذا الخزان وانخفاض منسوب المياه ،وذلك للتغذية المحدودة التي تتمثل في مياه الأمطار ومردود مياه الري وهو في العموم غير قابل للاستغلال في توفير مياه الشرب.

2-5-1 الخزان السطحي (الميوسين)

وهو عبارة عن حجر جيري مع وجود تداخلات من المارل والحجر الجيري المارلي والطين، عمقه 120(80 – متر ± 20%)، مستوى الماء الساكن (- 40 إلى - 80 متر)، الإنتاجية (20 م^3 /ساعة)، مجموع الأملاح الكلية (2 - 3 جم/لتر)، الخزان مُستغل من قبل المواطنين في الزراعة بكثافة الأمر الذي أدى إلى نضوب مياهه بمنطقة الدافنية، مع ملاحظة وجود شريحة مالحة بهذا الخزان في مناطق ماجر وسوق الثلاثاء.

3-5-1 خزان مزدة – تغرنة (الطباشيري العلوي)

وهو عبارة عن حجر جيري هش إلى حجر جيري دولوميتي. يستغل هذا الخزان في المناطق الشرقية والجنوب شرقية (نعيمة -ماجر)، عمقه: 350 متر ± 20% (نعيمة وما حولها)، و 200 متر

± 20% (ماجر وما حولها)، مستوى الماء الساكن له (- 40 إلى - 120 متر)، أما انتاجيته (30 - 50 م^3 /ساعة، و مجموع الأملاح الكلية (2.5 - 3.5 جم/لتر).

4-5-1 خزان غريان (الطباشيري العلوي)

وهو عبارة عن حجر جيري إلى حجر جيري دولوميتي، عمقه (500 متر ± 20%) بنعيمة وما حولها، عمقه (350 متر ± 20%) بماجر وما حولها، مستوى الماء الساكن (- 40إلى - 120متر)، الإنتاجية (40 - 60م^3 /ساعة)، ومجموع الأملاح الكلية (2.5 - 3.5 جم/لتر).

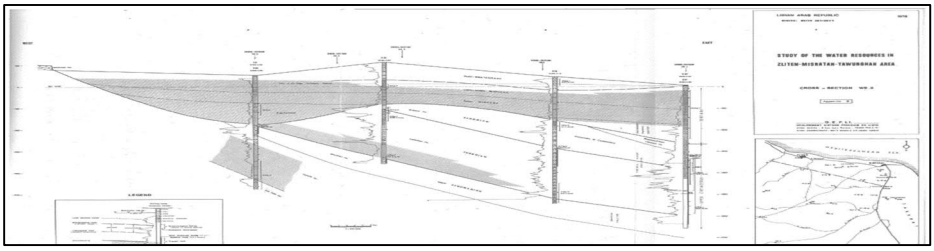
5-5-1 خزان عين طبي (الطباشيري العلوي)

وهو عبارة عن حجر جيري إلى حجر جيري دولوميتي، عمقه (700 متر ± 20%) بنعيمة وما حولها، لعمقه (600 متر ± 20%) بماجر وما حولها، مستوى الماء الساكن (- 40إلى - 120متر)، الإنتاجية (40 - 60 م^3 /ساعة)، مجموع الأملاح الكلية (2.5 - 3 جم/لتر)، وهو غير مستغل حيث أن إمكانياته مشابهة لخزان غريان الجوفي والذي هو أقل منه عمقاً.

6-5-1 خزان الحجر الرملي (الطباشيري السفلي)

وهو عبارة عن حجر رملي إلى حجر رملي طيني ناعم إلى متوسط الحبيبات، العمق (1000 متر ± 20%) بنعيمة وما حولها، وعمقه (800 متر ± 20%) بماجر وما حولها، مستوى الماء الساكن (- 40 إلى - 120 متر)، الإنتاجية (30 - 50 م^3 /ساعة)، ومجموع الأملاح الكلية : 2.5 - 3.5 جم/لتر، ولم يتم استثمار مياه هذا الخزان حتى الآن لعمقه الكبير ووجود خزانات جوفية قريبه لخصائصه المائية[13].

والشكل التالي يوضح هيدروجيولوجية منطقة زليتن وحتى تاورغاء [14].



شكل (5) مقطع هيدروجيولوجي زليتن- مصراته – تاورغاء (جفلي 1978)

2. طرق وأليات البحث

تم جمع 23 عينة مياه من 23 بئرا موزعة بمنطقة الدراسة بتاريخ 2023/12/5م وتم عمل التحاليل المطلوبة لاستخدام معاملي جونز وسمبسون، ولرسم خارطة لمنسوب ماء الخزان الضحل محولة إلى مستوى سطح البحر، وذلك من خلال البيانات التالية:

جدول رقم (1) يبين نتائج التحاليل الكيميائية المطلوبة

Cl/ Hco3+co3	Na/Cl	Cl mqe	Na mqe	Hco3 mg/ l	Cl mg/ l	Na mg /l	TDS mg /l	منسوب الماء إلى البحر	رقم البئر
2.92	0.53	9.86	5.26	120	350	121	1343	3.46	**W1**
9.2	0.5	51.83	26.3	200	1840	609	5140	4.73	**W3**
5.13	0.45	33.24	15	230	1180	345	3020	5.42	**W9**
4.433	0.7	37.46	26.09	300	1330	600	3970	5.45	**W12**
2.84	1.05	20	21	250	710	483	2730	3.52	**W15**
12.43	0.51	52.54	27.04	150	1865	622	4570	3.97	**W19**
2.65	0.76	17.18	26.52	230	610	301	1994	6.11	**W20**
14.75	0.81	8.31	6.7	20	295	154	2018	4.2	**W23**
2.29	0.5	10.99	5.52	170	390	127	1374	5.27	**W24**
8.52	0.69	55.21	38.1	230	1960	876	5560	4.36	**W30**
2.26	0.93	21.69	20.09	340	770	462	2830	5.32	**W32**
19.17	1.66	9.72	16.09	18	345	370	1961	3.43	**W33**
6.68	0.69	47.04	32.43	250	1670	746	5130	4.48	**W35**
10.62	0.48	50.85	24.35	170	1805	560	4720	4.48	**W36**
5.83	1.61	3.94	6.38	240	1400	146	4040	2.19	**W39**
1.96	0.79	15.49	12.26	280	550	282	1897	5.17	**W42**
3.12	0.82	11.41	9.39	130	405	216	1399	6.27	**W44**
4.7	0.62	9.3	5.74	70	330	132	1500	5.54	**W45**
5.19	0.65	40.99	26.65	280	1455	613	4630	5.81	**W48**
3.5	0.68	32.54	22	330	1155	506	3350	8.06	**W49**
3.34	0.53	31.97	17.18	340	1135	610	3520	5.53	**W50**
3.75	0.66	21.13	14.04	200	750	323	2230	1.03	**W51**
5.56	0.57	25.07	14.26	160	890	328	3020	0.98	**W52**

1-2 نسبة سمبسون

بالنسبة لمؤشر سمبسون (SR) يبين النسبة بين الكلوريد ومجموع الكربونات والبيكربونات، فكلما زادت هذه النسبة أشارت إلى حدوث تسرب لمياه البحر المالحة إلى خزانات المياه الجوفية، وتحسب وفق المعادلة التالية:

$$SR = \frac{C\bar{l}}{HCO_3 + C_{03}}$$

جدول (2) يبين نوعية المياه من خلال معرفة نسبة الكلور على مجموع الكربونات والبيكربونات (REVELLE.1941)

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

2-2 معامل جونز

نسبة جونز (JR) فهي تُعد مؤشراً على تسرب مياه البحر واختلاطها بالمياه الجوفية إذا كانت النسبة أقل من 0.86، بينما إذا كانت النسبة أكبر من ذلك، فإنها تعني أن مصدر الأملاح يرجع إلى التكوين الجيولوجي أو سماوي ويمكن حسابه وفق المعادلة:

$$JR = \frac{Na+}{Cl-}$$

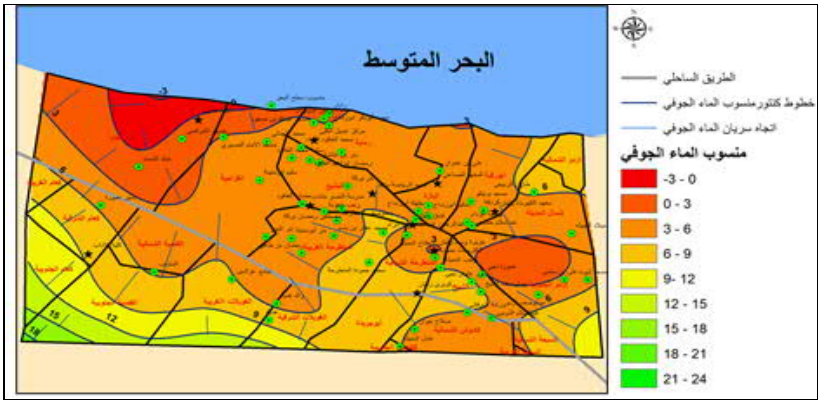
3-2 اتجاه حركة المياه الجوفية

من خلال رسم خطوط الجهد أو الضغط التي تبين مناسيب المياه بالخزان الجوفي، ومن خلال رسم خطوط سريان المياه الجوفية والتي تكون عمودية على خطوط الجهد نتحصل على اتجاه السريان والتي تنتقل من خطوط الضغط الأعلى الى خطوط الضغط الأقل.

3. النتائج والتوصيات

من خلال نتائج التحاليل الكيميائية تم الحصول على التوزيع المكاني للعناصر الكيميائية وذلك على النحو التالي:

شكل رقم (6) يوضح منسوب الماء الجوفي إلى مستوى سطح البحر حيث يظهر من الشكل ارتفاع منسوب الخزان الضحل بوسط مدينة زليتن إلى 4.25 متر بأكثر المناطق تضرراً (النشيع)، والتي تتواجد على بعد 1200 متر عن البحر، وهذا الموقع حدث به طفحُ للماء فوق سطح الأرض، كما بالشكل التالي:



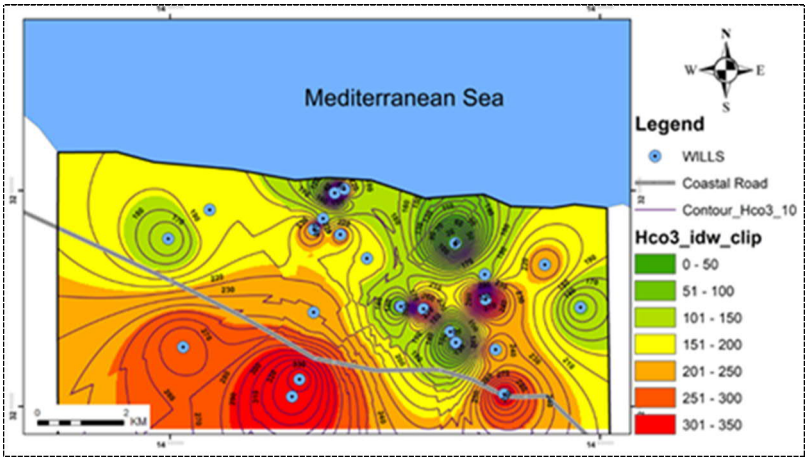
شكل رقم (6) يوضح منسوب مستوى الماء الجوفي إلى مستوى ماء البحر. (من عمل الباحث)

3-1 اتجاه الحركة

تم وضع أعمدة على خطوط الجهد تمثل خطوط السريان، نلاحظ من الشكل أن سريان المياه الجوفية من الجنوب إلى الشمال بشكل عام، وأحياناً إلى الشمال الشرقي.

3-2 التوزيع المكاني للبيكربونات

كما أنه تم رسم التوزيع المكاني للبيكربونات كما بالشكل (7)، حيث يفيد ارتفاع تركيزها على أن الملوحة ذات مصدر التكوينات الجيولوجية لأن البيكربونات يقل تواجدها بمياه البحر.

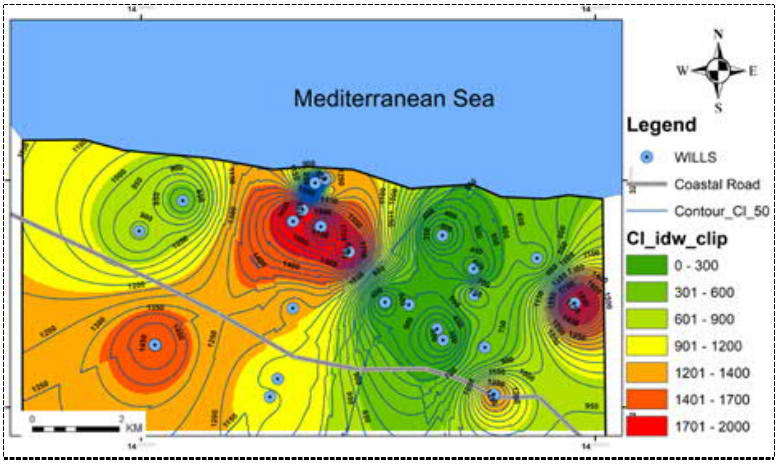


الشكل التالي (7) يبين التوزيع المكاني البيكربونات (من عمل الباحث)

يلاحظ من الشكل السابق أن تركيز البيكربونات ينخفض مع القرب من شاطئ البحر ويزداد كلما اتجهنا جنوباً، وذلك لأن البيكربونات تتواجد بالصخور والتربة أكثر من تواجدها بمياه البحر.

3-3 التوزيع المكاني للكلور

الشكل التالي (8) يبين التوزيع المكاني للكلور:

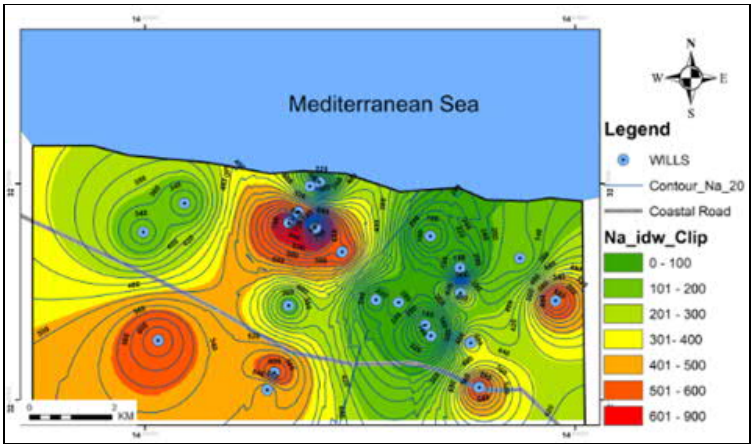


الشكل التالي (8) يبين التوزيع المكاني للكلور (من عمل الباحث)

يُلاحظ من الشكل السابق أن أقصى تركيز للكلور 2000 جزء بالمليون يقع بالمنطقة المتضررة ويمتد جنوباً باتجاه جنوب غرب، وينخفض تركيزه بشكل كبير أقل من 150 جزء بالمليون بوسط المدينة وهذا راجع إلى تسرب مياه الامداد المائي التي تعتمد على مياه النهر وسيتم استخدام نسبة جونز ورسم التوزيع المكاني لها للتعرف على مصدر الملوحة.

4-3 التوزيع المكاني للصوديوم

تم رسم التوزيع المكاني لعنصر الصوديوم كما بالشكل (9) التالي:

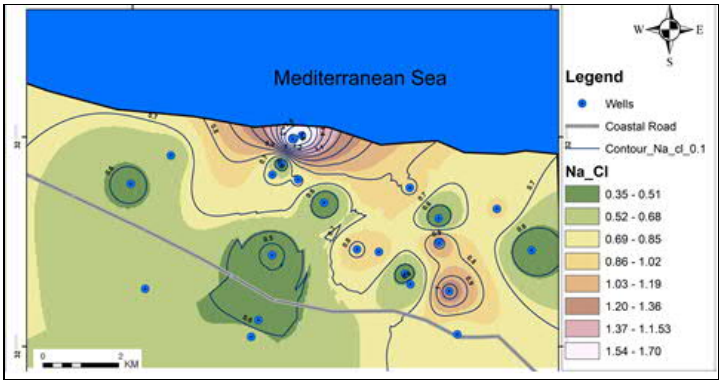


الشكل التالي (9) يبين التوزيع المكاني للصوديوم (من عمل الباحث)

يتضح من الشكل السابق أن عنصر الصوديوم يشابه توزيعه المكاني توزيع عنصر الكلوريد، وتركيزه يرتفع إلى 600 جزء في المليون بالمناطق المتضررة وينخفض إلى أقل من 150 جزء في المليون بوسط مدينة زليتن وسنستخدم معامل جونز للتعرف على مصدر الملوحة.

5-3 مؤشر جونز

من خلال رسم تركيز الصوديوم إلى تركيز الكلور بوحدات mqe/l (ملي كويفنت لكل لتر) فقد تم الحصول على الشكل التالي (10) الذي يوضح توزيع معامل جونز بمنطقة الدراسة.

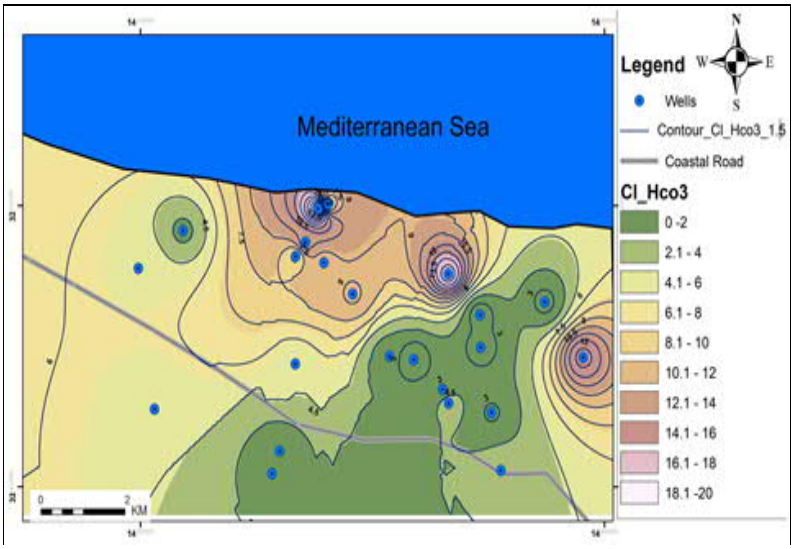


الشكل التالي (10) يبين التوزيع المكاني لنسبة جونز (من عمل الباحث)

نظراً لأن الكلوريد يتواجد بتركيزات عالية 18000 جزء في المليون وهو أكثر العناصر تواجداً بمياه البحر يليه الصوديوم11000 جزء في المليون، فإنه كلما زاد تركيز الكلوريد عن تركيز الصوديوم فإن مصدر المياه يكون بحري ويُعد هذا مؤشراً لتداخل مياه البحر، و يُلاحظ من الشكل أن نسبة جونز بموقع المناطق المتضررة ارتفعت إلى 1.54 ما يعني أن مصدر الملوحة ليست مياه البحر، ما ينفي وجود التداخل هنا وبالتالي لا علاقة للتداخل بارتفاع منسوب الماء الجوفي، ويلاحظ ارتفاع النسبة بشرق منطقة الدراسة كما في محلة (ازدو) وكذلك بجنوب محلة المنطرحة وشمال محلة الغويلات وتمتد غرباً، ما يعني أن مصدر الملوحة بهذه المواقع هو مياه البحر، ونعتقد أن مصدر الارتفاع هو زيادة السحب بهذه المواقع بسبب النشاط الزراعي بها.

6-3 نسبة سمبسون

من خلال رسم تركيز الكلوريد إلى تركيز مجموع الكربونات والبيكربونات بوحدات مللي جرام/لتر تم الحصول على الشكل رقم (11) التالي:



الشكل التالي (11) يبين التوزيع المكاني لمعامل سمبسون (من عمل الباحث)

يُلاحظ من الشكل انخفاض النسبة الجيوكيميائية للكلوريد على البيكربونات والكربونات بوسط مدينة زليتن إلى أقل من 6.60 ما يعني أن مياه هذه المنطقة مياه جوفية عادية إلى مياه قلية التلوث إلى معتدلة التلوث، إلا أنه بشمال منطقة الدراسة تزداد هذه النسبة عن 6.6 لتصل تدريجياً إلى 18، ما يعني أن المياه توصف بأنها ملوثة بدرجة عالية بأغلب المواقع بشرق وغرب منطقة الدراسة.

وبالرجوع إلى دراسة الصادق، الرشراش [3] التي جاء فيها وجود تداخل لمياه البحر بمدينة زليتن إلا أن هذا التداخل انخفض عما كان عليه سابقاً، لوجود انخفاض في تركيزات الكلور التي كانت ببعض المواقع 3443 جزء في المليون، والان أقصى قيمة سجلت 1960 جزء في المليون، وتركيزات الصوديوم التي كانت 1790، والان أقصى قيمة سجلت 876 جزء في المليون. كما أن مجموع الأملاح الكلية الذائبة سجل سابقاً 10306 وحالياً أقصى قيمه لها 5570 جزء في المليون.

وبمقارنة هذه النتائج مع نتائج الدراسات السابقة يُلاحظ انخفاض تركيز عناصر الكلوريد والصوديوم عما كانت عليه بدراسة الصادق، الرشراش [3]، وفي نفس الوقت اتفقت نتائجها مع دراسة اشميله وآخرون [4] من حيث انخفاض نسبة سمبسون ومعامل جونز بوسط مدينة زليتن عن شرق وغرب المدينة. ويرجع هذ إلى تزامن الدراسة الأخيرة وقربها من الدراسة الحالية، وبسبب انخفاض السحب

من الخزان الضحل لتوفر مصدر للمياه ذو نوعية ممتازة ألا وهي مياه النهر الصناعي، بالإضافة إلى انخفاض الاستهلاك الزراعي بهذه المناطق عما كانت عليه سابقاً.

4. الخلاصة

- اتجاه حركة المياه الجوفية في الغالب الأعم من الجنوب إلى الشمال وأحياناً باتجاه الشمال الشرقي، وعليه فإن حركة المياه الجوفية الضحلة نحو المنطرحة ومن ثم النشيع ساهم في ارتفاع منسوب الماء الأرضي فوق السطح بها.
- يزداد تركيز الكلور بشرق ووسط منطقة الدراسة وينخفض بمحلة النشيع عما جاورها.
- يحدو الصوديوم حدو عنصر الكلور حيث يزداد بوسط المنطقة وكذلك شرقها ويقل ببقية المواقع.
- تقل نسبة جونز Na/Cl في شرق المنطقة عن غربها مما يفيد ان المياه من أصل بحري بشرق المنطقة، كما تزداد النسبة عن 0.86 بمنطقة النشيع وما حولها لتصل إلى 1.63 ما يفيد بأن الملوحة من أصل جوي وعدم وجود تداخل.
- تزداد نسبة البيكربونات بجنوب منطقة الدراسة وتنخفض بشمالها.
- تقل نسبة سمبسون Cl/Hco3 بوسط المدينة وتزداد بشرق المنطقة وغربهاً، ما يفيد انخفاض التداخل بوسط المدينة، وتصنف المياه وفقا لمعامل سمبسون من مياه جوفية عادية إلى قليلة التلوث بوسط المدينة، وإلى مياه من معتدلة التلوث إلى ملوثة إلى حد ما بشرق وشمال المنطقة.
- انخفاض تداخل مياه البحر بالمناطق المتضررة عما كانت عليه سنة 2002م ووجود تحسن كبير بنوعية المياه من خلال مقارنتها مع دراسة الصادق والرشراش، 2002.
- توافقت هذه الدراسة مع دراسة إشميله وآخرون،2021.
- لا علاقة لتداخل مياه البحر بارتفاع المنسوب بمدينة زليتن.

5. التوصيات

✓ تفعيل عمل الشبكة البيزومترية لأخذ المناسيب وعينات المياه.

- ✓ رصد أهم المتغيرات الهيدروكيميائية المتمثلة في الكاتيونات والأنيونات وخصوصاً (Ca, TDS,HCO_3, CO_3 ,Mg, Na, CL)، والخصائص الفيزيائية، بصفة دورية بأخذ عينات ربع سنوية من قبل الجهة المشرفة وهي شركة المياه والصرف الصحي وقسم الدراسات بالهيئة العامة للمياه فرع المنطقة الوسطى واجراء التحاليل المطلوبة.
- ✓ ضرورة عمل مصارف أفقية لنقل المياه باتجاه البحر أو إعادة استخدامها بعد عمل التنقية اللازمة.

المراجع

[1] أ. بلق، ب. مفتاح، و م. السراط، " تحديد مدى جودة الآبار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة العجيلات - ليبيا " المجلة الدولية للعلوم والتقنية، العدد 2021,30.

[2] D. K. Todd and L. W. Mays, *Groundwater hydrology*, 3rd ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2004.

[3] ص. الصادق، س. الرشراش ، و ا. الشاوي، " دراسة تداخل مياه البحر بمنطقة شمال غرب ليبيا. مكتب البحوث والاستشارات الهندسية، كلية الهندسة، جامعة الفاتح، طرابلس. 2002.

[4] ا. ر. اشميلة، م. ع. بن زقطة، ع. ا. ا. نوار، م. م. الجطلاوي، و م. ع .امعرف، "دراسة تداخل مياه البحر إلى الخزان الجوفي الأول بمدينة زليتن،" المجلة الليبية للعلوم الزراعية، المجلد 26 العدد 1، ص1-16، 2021.

[5] A. Navarro, " study of seawater intrusion problems, Report on Mission to Libya, United Nation, ," Sep 1975.

[6] الهيئة العامة للمياه، " تقرير عن هيدروجيولوجية منطقة سهل جفارة.،" 1986.

[7] م. ي. بعلة، س. م. ، البب و ع. ،هبة، " تقييم تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية في منطقة البصّة الساحلية لعام 2014 باستخدام الرصد الكيميائي " مجلة جامعة تشرين للبحوث و الدراسات العلمية، المجلد 40، العدد 6، ص72-92، 2018.

[8] ع. ،ابونوار، " تداخل مياه البحر فيي الخزان الجوفي الرباعي بمنطقة الخمس،" رسالة ماجستير، كلية الزراعة-جامعة طرابلس, 2009.

[9] ع. ،الغافود، " الخصائص المورفومترية لحوض وادي الفيض وماجر(دراسة مقارنة باستخدام التقنيات الحديثة)،" أطروحة دكتوراه، كلية الأداب- قسم الجغرافية -جامعة طرابلس, 2023.

[10] A. T. Sharaf, *Geography of Libya*, 3rd ed. Egypt: Alexandria Book Center, 1995.

[12] مركز البحوث الصناعية، " خارطة جيولوجية لمنطقة زليتن،" 1978.

[13] M. J. Salem and I. T. Busrewi, "The geology of Libya," vol. 2, no. 2, 1981.

[14] المنطقة المائية الوسطى لوزارة الموارد المائية، " تقرير عن مصادر المياه بمدينة زليتن،" 2024.

[15] شركة جفلي، " دراسة الموارد المائية بمنطقة زليتن – مصراته – تاورغاء." 1978.