

## توظيف البيانات الأولية للآبار الخاصة بمنطقة القصيبة بترهونة في تحديد ومعرفة الميل الهيدروليكي واتجاه تدفق المياه الجوفية

أ. بلقاسم عمران بلقاسم الدبو  
المعهد العالي للتقنيات الزراعية/ الخضراء/ ترهونة  
abwalqasmaldbw@gmail.com

د. عبد العاطي احمد محمد الحداد  
كلية العلوم/ جامعة الزيتونة/ ترهونة  
gumen7@gmail.com

أ. احمد محمد احمد السائح  
كلية التربية/ جامعة الزيتونة/ ترهونة  
ams\_25757@yahoo.com

أ. علي معمر ضو شندولة  
المعهد العالي للتقنيات الزراعية/ الخضراء/ ترهونة  
Alishandola8@gmail.com

### الملخص:

منطقة القصيبة بترهونة منخفضة جيومورفولوجي، تستخدم مياه خزانه الجوفي على نطاق واسع في الزراعات المروية التي زاد انتشارها بالمنطقة خلال العقود الأخيرة، ولذلك أجريت هذه الدراسة كمحاولة لمعرفة وتحديد الميل الهيدروليكي واتجاه تدفق المياه الجوفية بالخران الجوفي عن طريق معالجة وتحليل البيانات الأولية للآبار الخاصة بالمنطقة. أُسْتُخْدِمَتْ في هذه الدراسة حزمة برنامج نظم المعلومات الجغرافية (ArcGis10.8) لإتمام عمليات التحليل ومعالجة البيانات والحصول منها على جداول وخرائط تبين الميل الهيدروليكي واتجاه تدفق المياه الجوفية، وكذلك تحديد العلاقة بين ارتفاع موقع الآبار بالنسبة لمستوى سطح البحر وعمق المياه الجوفية بها من ناحية، وبين عمق الآبار وميلها الهيدروليكي من ناحية أخرى، ولوحظ من النتائج: أنَّ الآبار الأقل عمقاً والتي تقع في الناحية الجنوبية الشرقية للمنطقة لها ضغوط هيدروليكي أعلى قيمة من الآبار الأكثر عمقاً المحفورة في الناحية الشمالية الغربية، وإنَّ أغلب المياه الجوفية تتدفق في الاتجاه الشمالي الشرقي والشمالي الغربي، عدا أجزاء محدودة بالناحية الجنوبية الشرقية بالمنطقة تتدفق مياهاها باتجاه الجنوب. وعليه يمكن الاستفادة من نتائج هذه الدراسة في تحديد أنسب الأماكن في حالة حفر آبار جديدة بالمنطقة.

الكلمات المفتاحية: الميل الهيدروليكي، نظم المعلومات الجغرافية، اتجاه التدفق.

## مقدمة:

تعتمد ليبيا بشكل كبير على موارد المياه الجوفية المتجددة وغير المتجددة في جميع الاستخدامات المائية، وقد أدّى استخدامها غير الرشيد إلى حدوث استنزاف وتدهور نوعيتها في العديد من مناطق الدولة، وترجع الأسباب في ذلك إلى وجود قصور وتحديات كبيرة أسهمت في تدهور أساليب الإدارة السليمة والمتكاملة لهذه الموارد الحيوية، في ظل الضغوطات الكبيرة الناتجة عن تزايد الطلب على موارد المياه الجوفية خاصة في الاستعمال الزراعي (صلاح، وجبريل، 2020).

توجد المياه الجوفية في خزانات جوفية تتكون من بيئات جيولوجية ذات خصائص طبيعية وكيميائية معينة، هذه الخصائص تؤثر على قدرتها من حيث تخزين المياه وظروف تدفقها، وهي توجد في معظم أنواع الصخور - مهما كان نوعها أو عمرها أو منشأها- في فتحات أو مسامات أو فراغات أو تشققات أو تكهفات، وعليه فإنّ أيّ تكوين جيولوجي سواء كان يتكون من طبقة واحدة أو عدة طبقات يحتوي على فراغات مشبعة بالمياه يمكن أن نطلق عليه خزان جوفي أو طبقة مائية، بحيث يمكن الحصول منه على المياه الجوفية عن طريق حفر الآبار أو طبيعياً عن طريق العيون، وبشكل عام يجب أن يتصف الخزان الجوفي بسعة تخزين عالية (تصريف نوعي)، وناقلية للمياه عبر الطبقات الحاوية لها (Smith, 2006).

شهدت منطقة القصيبة بتهونة تغيراً واضحاً في استعمالات الأراضي الزراعية خلال العقدين الأولين من القرن الحادي والعشرين بحيث تحولت الأراضي فيها إلى أراضي مخصصة للزراعات المروية، ممّا أدّى إلى زيادة الضغط على موارد المياه الجوفية بالمنطقة عن طريق زيادة عدد الآبار المحفورة بها، بذلك تحولت - على وتيرة سريعة نسبياً- عبر قرابة 20 عامًا مساحات واسعة من الأراضي إلى أراضي مروية.

هذا التغيير ترتب عليه زيادة في مستوى دخل ممارسي مهنة الزراعة المروية، مما زاد من مستوى طلب المياه الجوفية، لغرض استزراع مساحات جديدة بمحاصيل الخضار ذات الاستهلاك العالي للمياه، والعائد المالي المريح، كل ذلك سيجتنب عنه استنزاف موارد مائية

جوفية إضافية، مما قد يعرض تلك الموارد إذا ما استمر الطلب المتزايد عليها إلى النضوب وهبوط مناسيبها.

في هذا الإطار، ترجع الزيادة في عدد الآبار بمنطقة القصيبة إلى مجموعة من العوامل الطبيعية والبشرية أهمها:

- توفر آلات حفر الآبار بأسعار مناسبة، بالإضافة إلى عدم المطالبة بترخيص من الجهات المختصة قبل البدء في عملية حفر الآبار.

- الإنتاجية العالية للخزان الجوفي ابوشيبة، والتي قد تصل بعض آباره إلى 30 م/ساعة، بالإضافة إلى تواجد هذا الخزان الجوفي على أعماق ليست ببعيدة يتراوح عمقها من (180 - 250) متراً في معظم الآبار (من خلال المقابلات الشخصية مع ملاك الآبار وملاك آلات الحفر بالمنطقة).

- تضاريس المنطقة المنخفضة نسبياً والمغطاة بالرواسب المائية الراحية، جعلت من خصائص التربة مناسبة للزراعة، وذات إنتاجية عالية عند ربيها بالمياه الجوفية ذات النوعية الجيدة التي يحتويها الخزان الجوفي بالمنطقة.

- توفر العمالة الوافدة ذات الخبرة مع مشاركتها في نتاج عملية البيع لمحاصيل الخضر المختلفة مقابل العمل بالأراضي المروية، مما شجع العديد من ملاك الأراضي إلى تسخيرها في هذا المجال، لأجل الحصول على مردود اقتصادي مريح من بيع تلك المنتجات الزراعية.

### إشكالية الدراسة:

إنَّ معرفة البيانات والمعلومات المتعلقة بالموارد المائية الجوفية، وتحديد خصائصها ومكوناتها يعد ضرورة حتمية لنجاح إدارة المياه الجوفية، وتزداد أهمية ذلك عندما تكون المياه الجوفية هي المورد الوحيد للحصول على الامدادات المائية. في هذا السياق، تُعدُّ منطقة ترهونة من المناطق الداخلية التي تعتمد على المياه الجوفية، لذلك فإنَّ البيانات المتعلقة بخزاناتها الجوفية ذات أهمية كبيرة. بالإضافة إلى ذلك، فإنَّ تحديد ومعرفة الخصائص الجيوهيدرولوجية لأي خزان جوفي توصلنا إلى معرفة قدرات وإمكانات ذلك الخزان الجوفي وتمدنا بالمعلومات الوافية عنه والتي تساعد في تنمية وإدارة الموارد المائية.

في هذا الإطار، تُعدّ البيانات الأولية المتعلقة بالآبار الخاصة التي تم حفرها بمنطقة القصيبة التي تعد من أكبر المناطق المستغلة لزراعة محاصيل الخضروات ببلدية ترهونة، مثل: عمق البئر، مستوى الماء داخل البئر، وارتفاع موقع البئر عن مستوى سطح البحر، مصدراً مهماً للمعلومات الأولية الجيوهيدروولوجية الخاصة بالخزان الجوفي بالمنطقة، والتي يمكن من خلال إدخالها البرامج الحاسوبية الخاصة بالمعالجة والتحليل، الحصول منها على بعض المعلومات الجيوهيدروولوجية للخزان الجوفي المستغل على نطاق واسع بالمنطقة.

لذلك تم اختيار موضوع دراسة خاصيتي الميل الهيدروليكي، واتجاه تدفق المياه الجوفية كأهم الخصائص الجيوهيدروولوجية للخزان الجوفي بمنطقة القصيبة بترهونة، والتي يمكن تحديدها ومعرفتها اعتماداً على بعض المعلومات الأولية التي تم الحصول عليها عن طريق المقابلات الشخصية مع ملاك الآبار بالمنطقة. في هذا السياق، يمكن صياغة إشكالية الدراسة في التساؤلات التالية:

- ما مدى الاستفادة من المعلومات الأولية الخاصة بآبار المياه الجوفية في تحديد بعض الخصائص الجيوهيدروولوجية للخزان الجوفي بمنطقة القصيبة؟
- هل هناك علاقة بين تضاريس المنطقة وعمق الخزان الجوفي بالمنطقة؟
- في أي اتجاه يكون الميل الهيدروليكي الذي يحدد اتجاه تدفق المياه الجوفية بالمنطقة؟

### أهداف الدراسة:

- تعتمد هذه الدراسة بيانات أولية متعلقة بالخزان الجوفي بمنطقة الدراسة لكي تحقق الأهداف الآتية:
- 1- تجميع وجدولة البيانات الجيوهيدروولوجية الخاصة بآبار منطقة القصيبة داخل قاعدة بيانات جيوميكانية حتى يمكن عن طريقها الحصول على المخرجات المختلفة مثل: البيانات الجدولية والتقارير والخرائط التي توضح المعلومات الخاصة بإمكانات الخزان الجوفي بالمنطقة.
  - 2- معرفة وتحديد الميل الهيدروليكي، واتجاه تدفق المياه الجوفية بمنطقة الدراسة، والتي يمكن الحصول عليها من البيانات الأولية للخزان الجوفي. لأجل توظيفها في الإدارة السليمة لموارد المياه الجوفية بالمنطقة، وتحديد أنسب الأماكن التي يمكن حفر آبار بها.

3- توظيف التقنيات والبرامج الحاسوبية المتعلقة بنظم المعلومات المكانية والجيولوجية في فهم خصائص وطبيعة الخزان الجوفي بمنطقة الدراسة.

### أهمية الدراسة:

تتناول هذه الدراسة بيانات خاصة بأهم خزان جوفي يستغل بشكل كامل في الزراعات المروية بمنطقة القصيبة بترهونة، لذلك، فإن أهمية هذه الدراسة تمثل انعكاساً لأهمية الموضوع الذي سوف تتناوله والذي يمكن تلخيصها في النقاط الآتية:

- تتعلق هذه الدراسة بمعرفة وتحديد خصائص جيوهيدرولوجية لأهم خزان جوفي يستغل في الزراعات المروية بمنطقة ترهونة، لذلك تعد هذه الدراسة مصدراً جيداً و مهماً للمعلومات الجيوهيدرولوجية التي يمكن الاستفادة منها.

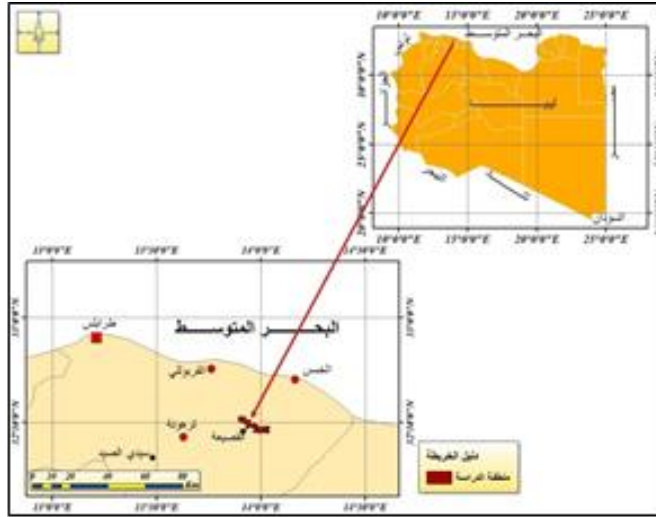
- هذه الدراسة متعلقة بأهم مورد حيوي في ليبيا (المياه الجوفية) والذي بحاجة إلى متابعة مستمرة لمعرفة حجم التغيرات التي يمكن أن تطرأ عليه بفعل الاستخدام غير الرشيد المتمثل في الاستنزاف والهدر.

- الاستفادة من البيانات والمعلومات الرقمية المتعلقة بالخزان الجوفي بمنطقة الدراسة لغرض توظيفها في الإدارة السليمة للموارد المائية بالمنطقة، بالتالي يمكن أن تساعد نتائج هذه الدراسة متخذني وصناع القرار في الوصول إلى القرار السليم المتعلق بإدارة الموارد المائية.

### موقع وحدود منطقة الدراسة:

تقع منطقة القصيبة في الجزء الشرقي من بلدية ترهونة محاذية للحدود الإدارية لبلدية مسلاته، ويحدها من ناحية الشرق منطقة البركات بمسلاته وجنوباً هضبة الداوون الشرقية وغرباً منطقة الداوون، أما شمالاً فتحدها منطقة المعمرين والعوامر بترهونة (شكل 1)، وتقدر مساحتها حوالي 43 كيلومتراً مربعاً. أما حدودها الفلكية فهي تقع ما بين  $32^{\circ}27'6.55''$  و  $32^{\circ}31'21.49''$  شمالاً، و  $13^{\circ}53'36.20''$  و  $14^{\circ}2'22.78''$  شرقاً.

شكل (1): موقع منطقة الدراسة



### البيانات المستخدمة في الدراسة:

اعتمدت الدراسة على مجموعة من مصادر البيانات التي استخدمت في معرفة وتحديد الخصائص الجيولوجية، والتضاريسية، بالإضافة إلى استخلاص شبكة التصريف المائي للمنطقة. في هذا الإطار، تم توظيف لوحة الخمس الجيولوجية الصادرة عن مركز البحوث الصناعية في تحديد المظاهر الجيولوجية المتكشفة على سطح منطقة الدراسة ( El Hinnawy and Cheshitev, 1975)، كذلك، استخدم نموذج الارتفاعات الرقمية بدقة 30 متر والمتحصل عليه من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS (<http://www.usgs.gov>) في معرفة تضاريس المنطقة واستخلاص شبكة المجاري المائية. من جانب آخر، تم إجراء مقابلات شخصية مع ملاك آبار المياه الجوفية الخاصة بمنطقة الدراسة لأجل الحصول على البيانات الأولية للآبار (جدول 1، 2).

جدول (1): مصادر البيانات المستخدمة في الدراسة

ت	نوع البيانات	المصدر	المرجع
1	الخصائص الجيولوجية	لوحة الخمس الجيولوجية	El Hinnawy and Cheshitev, 1975
2	الخصائص التضاريسية	نموذج الارتفاعات الرقمية	<a href="http://www.usgs.gov">http://www.usgs.gov</a>
3	شبكة التصريف المائي	نموذج الارتفاعات الرقمية	<a href="http://www.usgs.gov">http://www.usgs.gov</a>
4	البيانات الأولية للآبار	ملاك الآبار	المقابلات الشخصية

## الأدوات والطريقة المستخدمة في الدراسة:

لتحديد ومعرفة الخصائص الجيولوجية والتضاريسية، وكذلك استخلاص شبكة المجاري المائية، تم استخدام برنامج ArcGis10.8 الذي يُعدّ من أشهر برامج نظم المعلومات الجغرافية التي لها القدرة على معالجة وتحليل البيانات الخطية والمتجهة، بالإضافة إلى إمكانية إجراء عمليات الإسقاط والإرجاع الجغرافي بواسطته (<https://www.esri.com/en-us/home>)، حيث أُدخلت مصادر البيانات الموضحة بالجدول (1) إلى البرنامج وتمت عمليات الإسقاط والإرجاع الجغرافي، القص، والترقيم، ومن ثم، تم الحصول على الخرائط النهائية الموضحة للخصائص الجيولوجية، التضاريسية، وشبكة المجاري المائية (شكل، 5، 6، 7).

وبما أنّ هذه الدراسة تهدف بالدرجة الأولى إلى تحديد ومعرفة بعض الخصائص الجيوهيدروجية لآبار المياه الجوفية، والخزان الجوفي بمنطقة القصيبة من خلال تحليل بعض البيانات المكانية والهيدروجية التي تم جمعها من عدد 23 بئرًا خاصة بمنطقة القصيبة تراوحت أعماقها ما بين 250 مترًا إلى 401 مترًا، حيث اشتملت هذه البيانات على رقم البئر، ارتفاع موقع البئر فوق مستوى سطح البحر، إحدائيات موقع البئر، ومستوى الماء الساكن داخل البئر (جدول 2)، أُدخلت هذه البيانات إلى قاعدة البيانات داخل برنامج الإكسيل بحزمة برامج الأوفيس وذلك لإتمام جدولة وتصنيف البيانات، ومن ثم صُدِّرت إلى برنامج ArcGis10.8 لإنشاء قاعدة بيانات مكانية تمت معالجتها وتحليلها، والحصول منها على المخرجات المختلفة التي تبين بعض الخصائص الجيوهيدروجية للخزان الجوفي بمنطقة الدراسة.

تم التركيز في هذه الدراسة على دراسة وتحليل البيانات المتحصل عليها في تحديد ومعرفة الميل الهيدروليكي، واتجاه التدفق للمياه الجوفية بالخزان الجوفي بمنطقة القصيبة، وذلك من خلال معرفة قيمة الضاغظ الهيدروليكي، وهو مقياس يعبر عن الارتفاع الذي سيصل إليه الماء داخل البئر، وهو يعبر في نفس الوقت عن منسوب المياه الجوفية عند النقطة أو المكان الذي حُفر عنده البئر (Meixner, 2008)، رياضيًا يمكن قياسه أو تحديده بكل بئر عن طريق معرفة أو تحديد ضاغظ المنسوب بالبئر محل القياس (Elevation head) والذي

يرمز له بالرمز  $Z$ ، وتحديد ضاغط الضغط بنفس البئر (Pressure head) والذي يرمز له بالرمز  $hp$ . في هذا الإطار، يدل ضاغط المنسوب  $Z$  على بعد أو مقدار ارتفاع النقطة التي ينتهي عندها عمق البئر عن مستوى سطح البحر ويقاس بالمتر، ويمكن حسابه كما يلي: - ضاغط المنسوب  $Z$  = ارتفاع موقع البئر عن مستوى سطح البحر بالمتر - العمق الكلي للبئر بالمتر.

جدول (2) البيانات الأولية للآبار الخاصة بمنطقة القصيبة.

رقم البئر	x	y	الارتفاع عن مستوى سطح البحر	العمق بالمتر	مستوى الماء داخل البئر
1	405956.162	3592469.54	261	260	190
2	406029.127	3592733.41	272	274	196
3	406814.449	3592864.03	255	255	189
4	407693.556	3592927.13	256	250	190
5	408056.307	3593188	256	250	190
6	408707.669	3593332.48	250	261	220
7	409533.076	3593979.11	255	255	190
8	408736.406	3591937.97	255	260	180
9	407811.595	3590678.66	255	270	211
10	407129.197	3591885.98	258	250	195
11	406988.534	3591901.25	255	270	195
12	407904.102	3591969.63	254	260	195
13	404291.633	3592423.42	270	290	225
14	400773.829	3595548.93	291	312	280
15	400477.099	3595652.26	294	320	280
16	398705.616	3596608.65	308	330	260
17	397838.513	3597716.14	318	342	249
18	397795.864	3597546.23	311	340	245
19	396869.827	3597041.11	325	401	250
20	398854.926	3598265.28	320	360	320
21	402420.793	3595321.33	290	300	260
22	409123.897	3593352.94	260	250	180
23	404806.465	591591.22	261	260	197



المصدر: المقابلات الشخصية واستخدام GPS.

بينما يدل ضاغط الضغط  $h_p$  على الفرق بين عمق البئر الكلي، والمعبر عنه بطول عمود البئر والعمق إلى مستوى سطح الماء الساكن داخل البئر، ويُقاس أيضاً بالمتر، ويمكن حسابه كما يأتي:

ضاغط الضغط  $h_p =$  عمق البئر الكلي - عمق مستوى الماء الساكن بالبئر.

بناءً على ما سبق، يكون الضاغط الهيدروليكي (المائي)  $H$  بكل بئر عبارة عن حاصل جمع ضاغط المنسوب  $Z$  وضاغط الضغط  $h_p$ .

الضاغط الهيدروليكي = ضاغط المنسوب + ضاغط الضغط.

$$H = Z + h_p$$

لذلك تعبر القيمة التي يتم الحصول عليها عن طريق حساب الفرق بين أي ضغط هيدروليكي في أي بئر، وضغط هيدروليكي في بئر آخر والذي يعبر عنه بالرمز  $\frac{dh}{L}$ ، مقسومة على المسافة بين البئرين  $L$  عن الميل الهيدروليكي Hydraulic gradient بين البئرين والذي يرمز له بالرمز  $H_g$ .

$$H_g = \frac{dh(m)}{L(m)} \quad (\text{Pao, \& Ka, 2006})$$

ثم لتقدير الميل الهيدروليكي الذي يعبر عن اتجاه تدفق أو انسياب المياه الجوفية بين ثلاثة آبار أحدها له الضاغط الهيدروليكي الأعلى والآخر له الضاغط الهيدروليكي الأقل بينما الثالث له الضاغط الهيدروليكي الأوسط تتبع الخطوات الآتية:

1- نقوم بتوصيل خط بين نقاط الآبار الثلاثة لرسم مثلث، ثم نقيس المسافة بين البئر الأعلى ضاغط هيدروليكي والبئر الأقل ضاغط هيدروليكي، التي يعبر عنها طول ضلع المثلث الرابط بين البئرين.

2- نحسب قيمة الميل الهيدروليكي للبئرين المعبر عنها بالمعادلة:

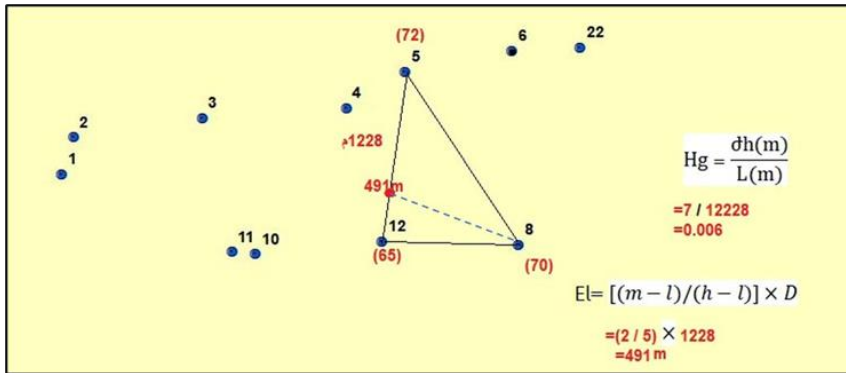
$$H_g = \frac{dh(m)}{L(m)}$$

3- يتم تحديد خط تساوي الجهد المائي (Equipotential line) والذي يرمز له بالرمز El، وهو خط يمكن عن طريقه معرفة اتجاه تدفق المياه الجوفية ما بين الآبار الثلاثة، والذي يتم تحديده عن طريق المعادلة الآتية:

$$El = [(m - l)/(h - l)] \times D \quad (\text{Heath, 1983})$$

حيث: El تعبر عن خط تساوي الجهد المائي (الكنكتور المائي)،  $m$  تعبر عن قيم الضاغظ الهيدروليكي الاوسط،  $l$  تعبر عن قيم الضاغظ الهيدروليكي الأقل،  $h$  تعبر عن قيمة الضاغظ الهيدروليكي الأعلى، و  $D$  المسافة بين البئر ذي القيمة الأعلى للضاغظ الهيدروليكي والبئر ذي القيمة الأقل للضاغظ الهيدروليكي.

شكل (2) قياس الميل الهيدروليكي واتجاه تدفق المياه الجوفية بين 3 آبار بمنطقة الدراسة.



المصدر: من عمل الباحثون اعتمادا على (Heath, 1983)

4- بناءً على المعادلة أعلاه، تكون القيمة الناتجة معبّرة عن المسافة بالمتر من نقطة البئر ذي القيمة الأقل للضاغظ الهيدروليكي على الخط الواصل بينه وبين البئر ذي القيمة الأعلى للضاغظ الهيدروليكي، حيث يتم توصيل النقطة التي تنتهي عندها المسافة الناتجة بنقطة البئر ذي قيمة الضاغظ الهيدروليكي الأوسط، لكي يتم رسم خط تساوي الجهد المائي بين كل ثلاثة آبار، ومنها يتم الحصول على شبكة التدفق المائي التي تتشكل من مجموعة من خطوط تساوي الجهد المائي (خطوط الكنتور المائية) والتي تنتج نتيجة وجود اختلاف في قيمة الضاغظ الهيدروليكي ما بين الآبار.

5- أستخدم في تحديد اتجاه تدفق المياه الجوفية أدوات مجانية من شبكة الإنترنت، في شكل نموذج مجداول (3PE EXEL Sheet) (cfpub.epa.gov) خاص بحساب وتحديد اتجاه تدفق المياه الجوفية بمعلومية الضاغط الهيدروليكي، والمسافة بين كل 3 آبار (شكل 4)، والمبينة طريقة استخدامه حسب الملف المرفق (Beljin et al., 2014)، حيث تم ادخال البيانات الخاصة بالضاغط الهيدروليكي لكل 3 آبار والمسافة بين كل بئر وآخر، ليقوم النموذج بإجراء العمليات الحسابية الموضحة في المعادلات السابقة لحساب قيم الميل الهيدروليكي واتجاه تدفق المياه الجوفية بمنطقة الدراسة.

شكل (4) نموذج اكسيل 3EP المستخدم في حساب اتجاه تدفق المياه الجوفية.

The screenshot displays the 3PE EXCEL spreadsheet interface. It includes a 'Vector Inspector' window showing a red arrow representing the hydraulic gradient vector. The spreadsheet contains the following data:

Well Name	X Coordinate (L)	Y Coordinate (L)	Vector Inspector Row of Interest
1	40596.1634	3592469.537	1
2	40629.1268	3592733.406	1
3	40624.449	3592864.034	1

Head (L)	1	2	3
Maximum =	4,335.24	4,331.00	4,332.82
Minimum =	4,319.42	4,318.91	4,313.36
Average =	4,327.90	4,325.14	4,323.34
Range =	15.82	12.09	19.46

Hyd. Grad. (L/L)	Velocity (L/T)
Maximum =	0.019063
Minimum =	0.007434
Average =	0.013025

Hydraulic Head (L)	Hydraulic Gradient	Groundwater Velocity	Angle Between Vectors					
Date/Time	1	2	3	Magnitude (L/L)	Direction (deg)	Magnitude (L/T)	Direction (deg)	(deg)
1/1/21 15:00	4334.98	4330.55	4332.38	0.019063	343.61	0.953128	343.61	0.00
2/14/21 15:00	4335.24	4330.99	4332.82	0.018315	343.33	0.915726	343.33	0.00
2/7/21 15:00	4335.14	4331.00	4332.65	0.027816	343.88	0.880777	343.88	0.00

6- بعد الحصول على قيم الميل الهيدروليكي من الخطوة السابقة، تم تصديرها إلى برنامج ArcGIS 10.8 لإجراء عمليات المعالجة والتحليل، والحصول على خريطة تبين اتجاه تدفق المياه الجوفية (شكل 8).

### النتائج وتفسيرها:

#### جيولوجية منطقة الدراسة:

تم تحديد ومعرفة الخصائص الجيولوجية لمنطقة الدراسة من خلال لوحة الخمس الجيولوجية (El Hinnawy and Cheshitev, 1975) بعد إدخالها إلى بيئة برامج نظم المعلومات الجغرافية، وتم الحصول منها على خريطة تظهر عليها التكوينات والمظاهر الجيولوجية بمنطقة الدراسة والمتمثلة في الآتي:

## 1. تكوين سيدي الصيد:

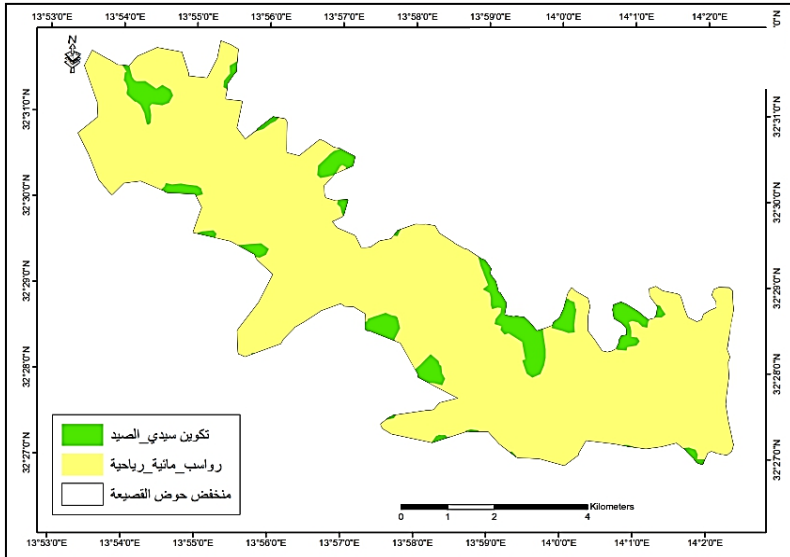
تُعدُّ صخور العصر الطباشيري الأعلى التي ترجع إلى حقبة الحياة المتوسطة والتي يمثلها تكوين سيدي الصيد من أقدم الصخور أو التكوينات الجيولوجية المتكشفة في منطقة الدراسة.

يظهر هذا التكوين الجيولوجي في أجزاء محدودة من منطقة الدراسة خاصة على الأطراف الحدودية حيث لا تتعدى مساحته 3.5 كم من المساحة الإجمالية لمنطقة الدراسة (شكل 5).

## 2. الرواسب المائية الريحية:

وهي من رواسب العصر الرباعي التي تموضعت على الرواسب الأقدم منها عمراً وقد سُميت بهذا الاسم من قبل ديزيو وآخرون 1963م، وهي أيضاً من الرواسب التي تكونت بالدلتاوات الجافة وقد يمتد وجودها حتى مصبات الأودية الجافة، والتي تكونت نتيجة إعادة ترسيب نواتج التعرية المختلفة بواسطة عاملي الرياح والمياه (البركي، 2015). في هذا السياق، نجد أنّ الرواسب المائية الريحية تغطي معظم أرجاء منطقة الدراسة (شكل 5)، وهي المكون الرئيس لتربة الأراضي الزراعية بالمنطقة.

شكل (5): جيولوجية منطقة القصيبة.



المصادر: من عمل الباحثين اعتماداً على لوحة الخمس الجيولوجية. (El Hinnawy and Cheshitev, 1975)

### الخصائص التضاريسية:

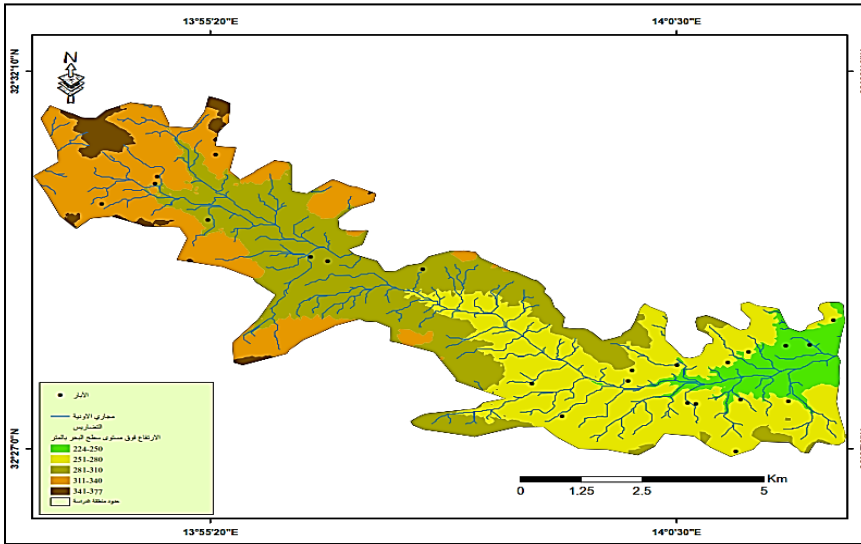
من النتائج المتحصل عليها عن طريق معالجة وتحليل نموذج الارتفاعات الرقمية DEM لمنطقة الدراسة الحصول على خريطة تبين أن منطقة الدراسة منطقة غير متباينة التضاريس، حيث تظهر كأراضي منبسطة يشقها وادي القصيبة وروافده مثل وادي أودي المي، وتحيط بها هضاب جانبية تقع على أطرافها الخارجية.

كذلك أظهرت النتائج أن وادي القصيبة تشكل كحوض رسوبي منخفض نسبياً (شكل، 5)، حيث لا تتعدى إرسابات المجاري المائية حمولتها فترات الزمن الرابع، الذي تميّز بوجود فترات مطيرة أسهمت في زيادة نشاط التعرية المائية على سطوح المرتفعات والحافات الجبلية المحيطة بوادي القصيبة، مما أدى إلى ترسيب الحمولات الغرينية بالمنطقة فوق الرواسب الجيرية الأقدم منها عمراً (El Hinawy, and Cheshitev, 1975).

وتبين أيضاً من خلال الخريطة المتحصل عليها من نموذج الارتفاعات الرقمية DEM (شكل، 6)، إن المنطقة المنبسطة في القصيبة تخترقها العديد من المسيلات والأودية الفرعية التي تصب في وادي القصيبة ذي الأخاديد العميقة والضيقة نسبياً، الذي تتحرك مياهه في الاتجاه الجنوبي والجنوبي الشرقي، ويُعدُّ وادي القصيبة بروافده المختلفة أحد الروافد المهمة والرئيسة لوادي ترغلات كعام، بينما تحيط بجوانبها هضبة يصل ارتفاعها إلى 345 متراً فوق مستوى سطح البحر تتخللها المجاري المائية المنحدرة (Ahmed, 2017).

ويحيط بوادي القصيبة مجموعة من التلال خاصة من الاطراف الغربية والجنوبية والشرقية، التي تأثر سطحها بفعل عوامل التعرية، والتجوية بأنواعها المعروفة في مناطق المناخ شبه الجاف، ويتجلى ذلك في وجود العديد من المسيلات والأودية الصغيرة التي تعد كظواهرات جيومرفولوجية لم يكتمل نضجها بعد (البركي، 2015).

## شكل (6) تضاريس منطقة القصيبة.



المصدر: من عمل الباحثين اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمية.

## الميل الهيدروليكي واتجاه تدفق المياه الجوفية:

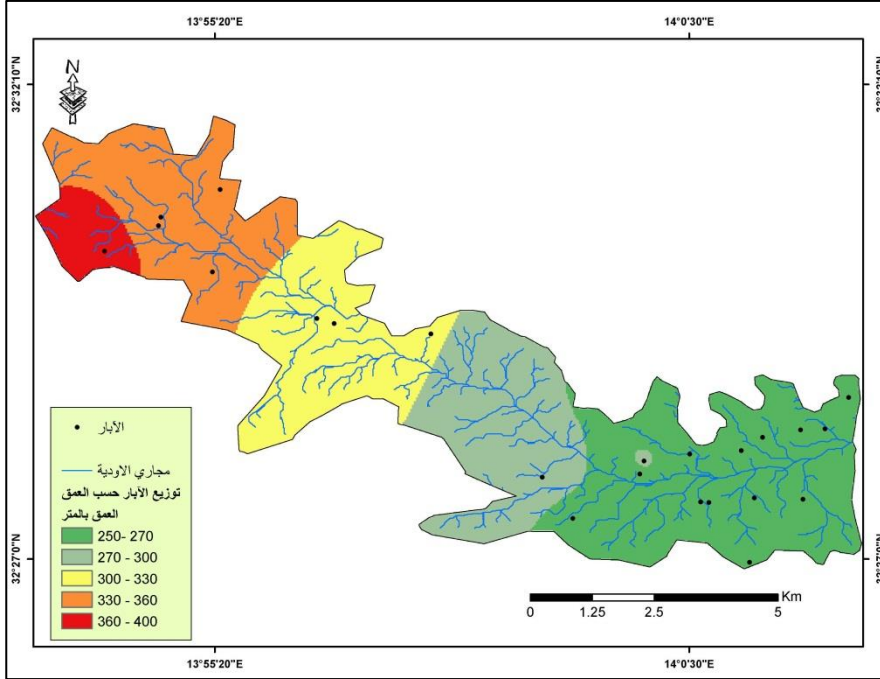
من خلال عمليات المعالجة والتحليل التي أُجريت داخل قاعدة البيانات الجيومكانية للبيانات الأولية لأبار منطقة الدراسة، والتي تم إنشاؤها داخل بيئة برامج نظم المعلومات المكانية والبرامج المرتبطة بها، توصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج كما يلي:

1- توزعت الآبار على معظم منطقة الدراسة، وتراوح عمقها ما بين 250 - 401 متراً، فمن خلال الخريطة (شكل 7)، يتبين أنّ عمق المياه الجوفية يتزايد كلما اتجهنا ناحية الشمال الغربي، حيث نلاحظ أنّ الآبار المتواجدة شمال غرب وغرب المنطقة هي الأعمق مقارنة مع الآبار المحفورة بشرق وجنوب شرق المنطقة. من ناحية أخرى، نلاحظ من البيانات الأولية المبينة في الجدول (2)، إنّ هناك علاقة طردية واضحة بين ارتفاع موقع البئر عن مستوى سطح البحر والعمق، فكلما كان موقع البئر على نقطة ذات ارتفاع أعلى زاد عمق البئر (شكل 6، 7).

2- تراوح عمق الماء الساكن داخل الآبار قياساً من مستوى سطح الأرض ما بين 180 - 320 متر، وهو ما يعبر عنه بمستوى الماء داخل البئر في حالة عدم الضخ، الذي له

دور مهم في تحديد قيمة الضاغط الهيدروليكي (Hydraulic Gradient) بكل بئر، في هذا السياق، أوضحت النتائج المبينة بالخريطة (8) أنّ الآبار التي تقع في الأطراف الشرقية للمنطقة، يكون فيها مستوى الماء الساكن أقل عمقاً مما هو بالآبار التي تقع في شمال وشمال غرب المنطقة.

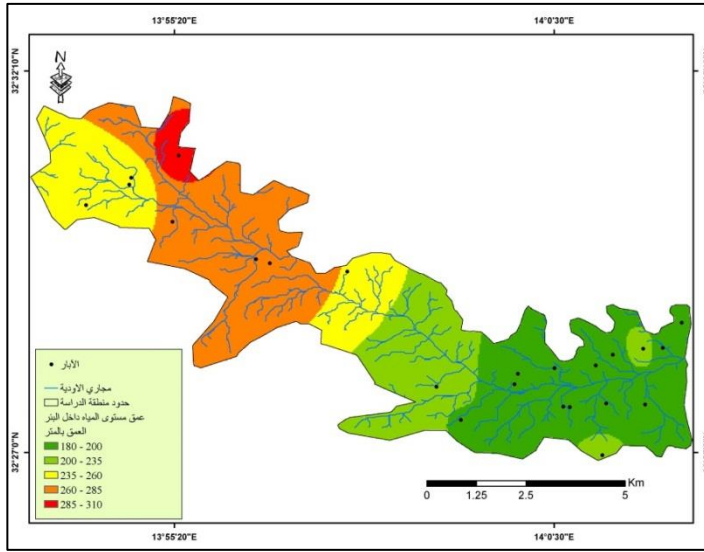
شكل (7) توزيع الآبار حسب عمقها.



المصدر: من عمل الباحثين اعتماداً على الجدول (2).

وقد يرجع تفسير ذلك من الناحية الجيوهيدرولوجية إلى قلة عمق الطبقة الحاملة للمياه (الخزان الجوفي) في الناحية الشرقية للمنطقة، غير أنّ تأكيد ذلك يحتاج إلى دراسات معمقة بالمنطقة، تعتمد بالأساس على دراسة التتابع الطبقي لطبقات التربة والصخور بالمنطقة، لتحديد العمق الذي يتواجد به الخزان الجوفي، ومعرفة خصائصه الجيوهيدرولوجية المتعلقة بنوعية الخزان من حيث أنّه خزان جوفي غير مقيد (Unconfined Aquifer) أم مقيد (Confined) أم شبه مقيد (Semi confined).

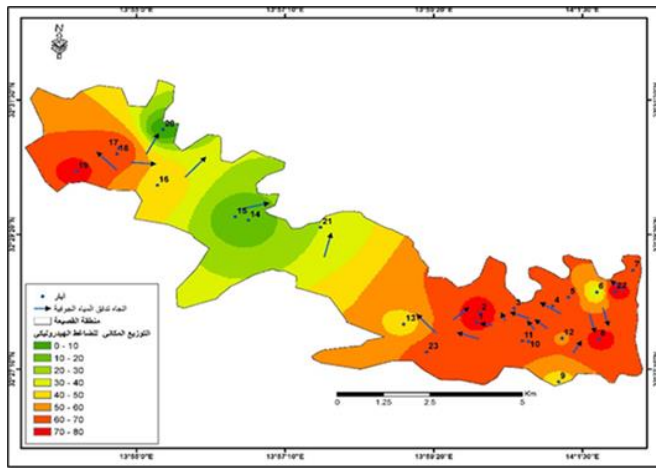
شكل (8) عمق الماء داخل الآبار (مستوى الماء الساكن).



المصدر: من عمل الباحثين اعتماداً على جدول (2).

3- أظهرت نتائج عملية حساب قيمة الضاغظ الهيدروليكي بكل بئر (جدول 3)، أنّ قيم الضاغظ الهيدروليكي بآبار منطقة القصيبة تدرجت ما بين 0 - 80، أما من حيث توزيعها المكاني نلاحظ أنّ الآبار الواقعة شرق منطقة الدراسة تميزت بقيمة أعلى للضاغظ الهيدروليكي (شكل 9).

شكل (9) التوزيع المكاني للضاغظ الهيدروليكي.



المصدر: من عمل الباحثين اعتماداً على جدول (3).



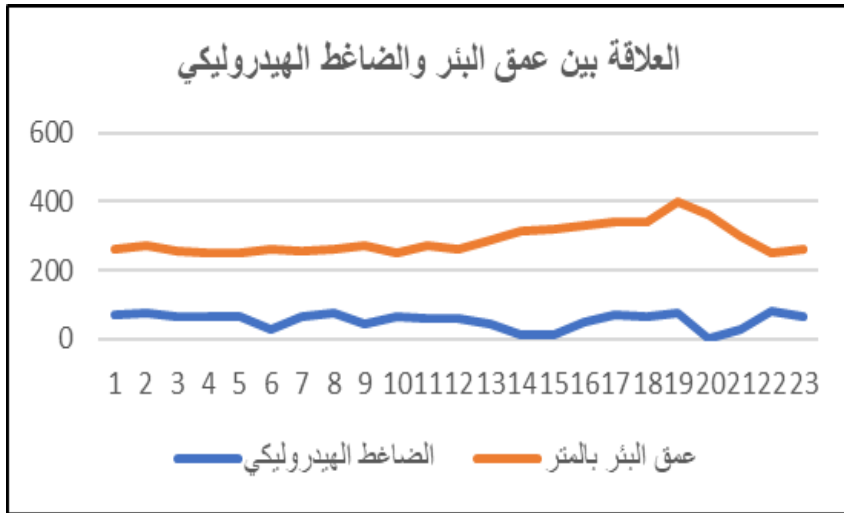
جدول (3) الضاغط الهيدروليكي بالآبار.

الضاغط الهيدروليكي	ضاغط الارتفاع	ضاغط الضغط	عمق مستوى الماء الساكن بالمتر	عمق البئر بالمتر	الارتفاع فوق مستوى سطح البحر بالمتر	y	x	رقم البئر
71	1	70	190	260	261	3592469.54	405956.162	1
76	-2	78	196	274	272	3592733.41	406029.127	2
67	0	67	188	255	255	3592864.03	406814.449	3
66	6	60	190	250	256	3592927.13	407693.556	4
66	6	60	190	250	256	3593188.00	408056.307	5
30	-11	41	220	261	250	3593332.48	408707.669	6
65	0	65	190	255	255	3593979.11	409533.076	7
75	-5	80	180	260	255	3591937.97	408736.406	8
44	-15	59	211	270	255	3590678.66	407811.595	9
63	8	55	195	250	258	3591885.98	407129.197	10
60	-15	75	195	270	255	3591901.25	406988.534	11
59	-6	65	195	260	254	3591969.63	407904.102	12
45	-20	65	225	290	270	3592423.42	404291.633	13
11	-21	32	280	312	291	3595548.93	400773.829	14
14	-26	40	280	320	294	3595652.26	400477.099	15
48	-22	70	260	330	308	3596608.65	398705.616	16
69	-24	93	249	342	318	3597716.14	397838.513	17
66	-29	95	245	340	311	3597546.23	397795.864	18
75	-76	151	250	401	325	3597041.11	396869.827	19
0	-40	40	320	360	320	3598265.28	398854.926	20
30	-10	40	260	300	290	3595321.33	402420.793	21
80	10	70	180	250	260	3593352.94	409123.897	22
64	1	63	197	260	261	591591.22	404806.465	23

المصدر: جدول (2) ونتائج تحليل البيانات الأولية.

من جانب آخر أظهرت النتائج أنّ هناك علاقة طردية قوية ما بين عمق البئر وقيمة الضاغظ الهيدروليكي له، فكلما زاد عمق البئر كلما قلت قيمة ضغطه الهيدروليكي (شكل 10).

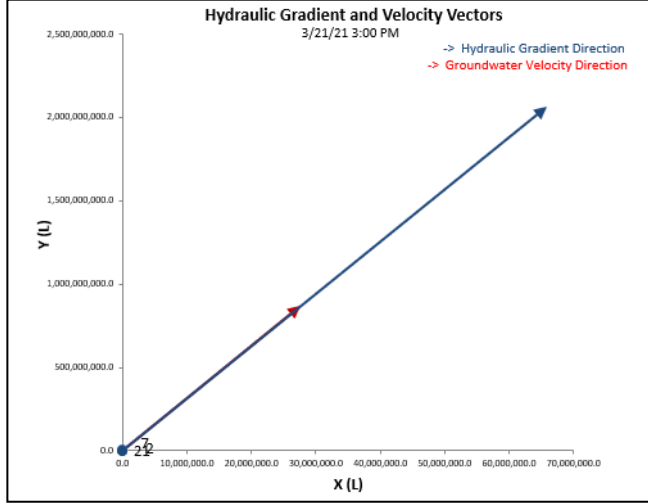
شكل (10) العلاقة بين عمق البئر والضاغظ الهيدروليكي.



المصدر: جدول (3).

4- بإدخال بيانات الضاغظ الهيدروليكي المبينة بالجدول (3) إلى النموذج الخاص بتقدير وتحديد اتجاه تدفق المياه الجوفية (3PE EXEL Sheet) (شكل 5)، وبمعلومية الضاغظ الهيدروليكي لثلاثة آبار وقياس المسافة بينها داخل النموذج بمعلومية الاحداثيات (X, Y)، تم الحصول على رسم بياني (Vector Plot) يوضح اتجاه تدفق المياه الجوفية بين كل 3 آبار (شكل 11).

(شكل 11) اتجاه تدفق المياه الجوفية اعتمادا على قيم الضاغظ الهيدروليكي  
 لثلاثة آبار مختارة من الجدول (3)، حيث يشير السهم إلى اتجاه الشمال الشرقي.

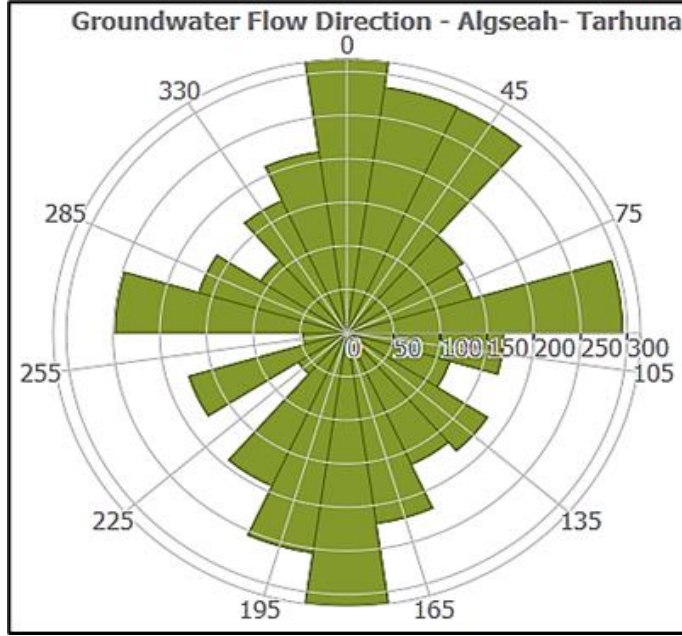


جدول (4) قيم اتجاه التدفق الناتجة من قيم الضاغظ الهيدروليكي لكل 3 آبار.

الميل الهيدروليكي (اتجاه التدفق)									
اتجاه التدفق بالدرجة	أرقام مثلث الآبار			ت	اتجاه التدفق بالدرجة	أرقام مثلث الآبار			ت
313	23	13	1	12	314	22	7	6	1
255	21	14	13	13	285	22	8	6	2
193	21	16	15	14	284	8	6	5	3
62	20	17	1	15	148	12	5	4	4
176	18	17	16	16	140	12	10	4	5
47	20	16	15	17	295	11	10	4	6
248	21	13	2	18	168	11	4	3	7
165	23	11	5	19	115	11	3	2	8
110	22	8	7	20	179	11	2	1	9

167	23	12	9	21	166	23	11	1	10
					221	13	2	1	11

شكل (12) وردة اتجاه تدفق المياه الجوفية.



المصدر: جدول (4).

5- من عملية ادخال بيانات النتائج المتحصل عليها من نموذج (EXEL Sheet 3PE) إلى قاعدة البيانات الجيومكانية، تم الحصول على خريطة تظهر اتجاه تدفق المياه الجوفية (شكل 9)، والتي يتضح منها ومن خلال الشكل (12) أن معظم المياه الجوفية بمنطقة الدراسة تتحرك خلال الخزان الجوفي في اتجاهي الشمال والشمال الغربي، عدا الناحية الجنوبية الشرقية التي يلاحظ فيها تغير اتجاه تدفق المياه الجوفية بها ناحيتي الجنوب، وقد يعزى ذلك إلى وجود صدع بالمنطقة أدى إلى إحداث تغيرات في ميل الطبقة الحاملة للمياه، أو إنَّ البئر رقم 8 قد تعرض منسوب مياهه إلى هبوط حاد مما أدى إلى زيادة في مساحة قمع الانخفاض واتساع دائرته حول البئر وبالتالي أدى إلى

تدفق المياه الجوفية ناحية ذلك البئر عكس الاتجاه السائد لحركة تدفقها (شكل 9)،  
(12).

6- من نتائج هذه الدراسة التي أظهرت الميل الهيدروليكي واتجاه تدفق المياه الجوفية بمنطقة القصيبة بترهونة، يمكن تحديد الأماكن المناسبة لحفر آبار مياه جوفية جديدة تتصف بإنتاجيتها العالية، حيث يمكن حفرها في المناطق التي يتجه إليها تدفق المياه الجوفية لضمان الحصول على أعلى إنتاجية يمكن استثمارها اقتصادياً في الزراعات المروية بالمنطقة.

### التوصيات:

- 1- زيادة الاهتمام بالدراسات الجيوهيدرولوجية بمنطقة ترهونة عموماً ومنطقة القصيبة خصوصاً، ودعمه من الأطراف ذات العلاقة لأجل التعرف على إمكانات الخزان الجوفي المستغل بشكل كبير في الزراعات المروية، وذلك بحفر آبار استكشافية بالمنطقة يمكن عن طريقها تحديد ومعرفة حجم المخزون المائي وسمك الطبقة الحاملة للمياه، وكذلك معرفة الخصائص الجيوهيدرولوجية للخزان الجوفي.
- 2- إنشاء قاعدة بيانات جيوهيدرولوجية متكاملة يتم عن طريقها تحقيق الإدارة السليمة للموارد المائية الجوفية.
- 3- توعية سكان المنطقة بشأن ضرورة الحد من استنزاف المياه الجوفية مع ضرورة اتباع الأساليب الحديثة في الري.

## المصادر والمراجع

- حمد، صلاح، و جبريل خليفة، 2020، إدارة المياه الجوفية في ظل الإدارة المتكاملة للموارد المائية، كتاب منشور على:  
<https://www.researchgate.net/publication/341163939>. May 2020
- البركي، عصام، (2015)، موارد المياه في ترهونة. دراسة هيدروجيومورفولوجية، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة المنصورة، المنصورة، مصر.
- هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS (<http://www.usgs.gov>)
- Ahmed, A. A. M. (2017). Geomorphological and Hydrogeological Characteristics of a deep Aquifer and its Impact by Environmental Factors, using GIS and RS Techniques. Alexandria University.
- Beljin, M., R. Ross, AND S. Acree. 3PE: A Tool for Estimating Groundwater Flow Vectors. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-14/273, 2014. [www.epa.gov/ada](http://www.epa.gov/ada)
- El Hinnawy, M., and Cheshitev, G. (1975). Geologic map of Libya. Explanatory booklet, sheet Tarabuls NI33-13. Tripoly: IRC Tripoli. Libya.
- Heath, R. C. (1983). Basic Ground-Water Hydrology. In U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2220. [https://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_file\\_download.cfm?p\\_download\\_id=520905&Lab=NRMRL](https://cfpub.epa.gov/si/si_public_file_download.cfm?p_download_id=520905&Lab=NRMRL)
- Meixner, T. (2008). The Handbook of Groundwater Engineering. Vadose Zone Journal, Vol. 7, p. 1314. <https://doi.org/10.2136/vzj2008.0079br>
- Pao, W. K. S., & Ka, Q. (2006). Principles of Groundwater Flow. October, (October), 1–29. <https://doi.org/10.1023/A:1019155918070>
- Smith, K. (2006). Hydrology. *Applied Geology, February*, 296–303. [https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F0-387-30842-3\\_35](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F0-387-30842-3_35)
- <https://www.esri.com/en-us/home>