OPEN ACCESS
Received: 11/08/2023
Accepted: 20/10/2023

مجلة الآداب

Impact of Rainwater Harve sting and Seasonal Floods' Bonds Technique on Groundwater Wells Development Maytam Valley, Ibb Governorate

Dr. Adel Hamoud Latif Naji *
joodtabark2021@gmail.com

Ali Mohammed Ahmed Ghalab**
a123glib@gmail.com

Abdulsalam Abdulghani Al-Shami
alshamybdalslam680@gmail.com

Abstract:

The study aims to identify the most prominent hydrological implications and indicators of groundwater wells, emphasizing the importance of artificial recharge through the technique of water caravans in Maytam Valley (2 & 1), and finding out the most important indicators of artificial recharge. The study consisted of five sections dealing with variations in groundwater wells depth, characteristics of water caravans, measurements of artificial recharge, analysis of hydrological characteristics of groundwater wells, and finally, the most important challenges faced by artificial recharge projects. The descriptive and analytical methods were used, utilizing the modern technology of Surfer 16.6 software. The study key findings showed that there was a significant decrease in the wells water level prior to the establishment of artificial recharge projects during the period of 2019 and 2020. It was also revealed that the annual average low water level ranged between 200-100 meters and 136-82 meters, respectively. After artificial recharge projects execution, the annual average water level increased to 58-34 meters in 2021 and 52-34 meters in 2022, indicating a significant improvement in water level values after the establishment of artificial recharge projects.

Keywords: Wells, Groundwater, Groundwater recharge, Production capacity, Surfer 16.6 technology.

* Assistant Professor of Geology - Department of Geography and Geographic Information Systems - College of Arts - University of Ibb - Republic of Yemen.

** Local Water and Sanitation Authority - Ibb Governorate - Republic of Yemen.

*** Master's Student - Department of Geography and Geographic Information Systems - College of Arts - University of Ibb - Republic of Yemen.

Cite this article as: Naji, Adel Hamoud Latif, Ghalab, Ali Mohammed Ahmed, Al-Shami, Abdulsalam Abdulghani, Impact of Rainwater Harve sting and Seasonal Floods' Bonds Technique on Groundwater Wells Development Maytam Valley, Ibb Governorate, Journal of Arts, *12*, (1), 2024: 148 -190.

© This material is published under the license of Attribution 4.0 International (CC BY 4.0), which allows the user to copy and redistribute the material in any medium or format. It also allows adapting, transforming or adding to the material for any purpose, even commercially, as long as such modifications are highlighted and the material is credited to its author.

OPEN ACCESS
تاريخ الاستلام: 11/ 08/ 2023
تاريخ القبول: 20/ 10/ 2023

مجلة الآداب

أثر تقنية كرف حصاد مياه الأمطار والسيول الموسمية في تنمية مياه آبار وادي ميتم في مدينة إب

د. عادل حمود لطف ناجي *
joodtabark2021@gmail.com

علي محمد أحمد غلاب**
a123glib@gmail.com

عبدالسلام عبدالغني الشامي ***
alshamybdalslam680@gmail.com

الملخص:

يهدف البحث إلى استخلاص كل من: أبرز المدلولات والمؤشرات الهيدرولوجية لآبار المياه الجوفية، التي تؤكد أهمية التغذية الاصطناعية عبر تقنية الكرفانات المائية في وادي ميتم رقم (1 & 2)، فضلًا عن استخلاص أهم مؤشرات التغذية الاصطناعية، وتم تقسيم البحث إلى: تباين أعماق آبار المياه الجوفية، خصائص الكرفانات المائية، قياسات التغذية الاصطناعية، تحليل الخصائص الهيدرولوجية لآبار المياه الجوفية، وأخيرًا أهم الإشكاليات التي تُعاني منها مشاريع التغذية الاصطناعية، مستعملًا المنهج الوصفي، والمنهج التحليلي، وبالاستفادة من التقنية الحديثة لبرنامج (Surfer 16.6)؛ إذ تم التوصل إلى عدد من النتائج أهمها: انخفاض منسوب المياه المتحرك في الآبار قبل إنشاء مشاريع التغذية الاصطناعية خلال العامين (2019م، 2020م)؛ إذ تراوح المتوسط السنوي المنخفض لمنسوب المياه ما بين (100-200) مترًا، (82-136) مترًا على التوالي، وبعد إنشاء مشاريع التغذية ارتفع المتوسط السنوي لمنسوب المياه إلى (34-58) مترًا عام 2021م، وإلى (34-52) مترًا عام 2022م؛ وهو ما يشير إلى حدوث تحسن كبير في قيم مناسيب المياه بعد إنشاء مشاريع التغذية الاصطناعية.

الكلمات المفتاحية: الآبار، المياه الجوفية، التغذية الجوفية، الطاقة الإنتاجية، تقنية (Surfer 16.6).

* أستاذ الجيولوجيا المساعد - قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية- كلية الآداب - جامعة إب- الجمهورية اليمنية.
** المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي - محافظة إب - الجمهورية اليمنية.
***طالب ماجستير - قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية - كلية الآداب - جامعة إب- الجمهورية اليمنية.

للاقتباس: ناجي، عادل حمود لطف، وغلاب، علي محمد أحمد، والشامي، عبدالسلام عبدالغني، أثر تقنية كرف حصاد مياه الأمطار والسيول الموسمية في تنمية مياه آبار وادي ميتم في مدينة إب ، *مجلة الآداب*، *12* (1)، 2024: 148-190.

© نُشر هذا البحث وفقًا لشروط الرخصة Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)، التي تسمح بنسخ البحث وتوزيعه ونقله بأي شكل من الأشكال، كما تسمح بتكييف البحث أو تحويله أو الإضافة إليه لأي غرض كان، بما في ذلك الأغراض التجارية، شريطة نسبة العمل إلى صاحبه مع بيان أي تعديلات أُجريت عليه.

(EISSN):2708-5783 ISSN:2707-5508
https://doi.org/10.35696/arts.v12i1.1838

المقدمة:

تُعد دراسة الخصائص الهيدرولوجية لآبار المياه الجوفية المستفيدة من مشاريع التغذية الاصطناعية جزءًا أساسيًا من دراسات المياه الجوفية، ومرتكزًا جوهريًا للتنبؤ بسلوك الخزان الجوفي؛ من حيث تحسن مناسيب المياه الجوفية ومن حيث تدهورها. ومعرفة مدى طاقتها الإنتاجية؛ وذلك من خلال البيانات الرقمية المرصودة في سجلات مناسيب آبار المياه الجوفية وطاقتها الإنتاجية؛ وذلك عبر توثيقها قبل التغذية الاصطناعية وبعدها.

وهدف البحث الحالي إلى تحليل وتفسير البيانات الرقمية المرصودة لمناسيب آبار المياه الجوفية وطاقتها الإنتاجية قبل وبعد إنشاء مشاريع التغذية الاصطناعية بتقنية الكرفانات المائية في وادي سائلة مَيْتَم رقم (1 & 2)، في الجزء الجنوبي الشرقي لمدينة (إب) العاصمة الإدارية لمحافظة (إب)، التي تقع في الجزء الأوسط لليمن؛ لبيان مدى اختلاف مناسب مياه الآبار، وطاقتها الإنتاجية خلال شهور السنة في المدة ما بين (2019-2022م)، فضلًا عن معرفة مدى تأثير التغذية الاصطناعية على الخصائص الهيدرولوجية للآبار المدروسة.

وفي مدينة إب بشكل عام ومنطقة البحث بشكل خاص هناك حاجة ماسة تتمثل في المحافظة على مياه الأمطار؛ كونها المصدر الوحيد للمياه؛ إذ يهطل على مدينة إب كميات كبيرة من الأمطار خلال موسم التساقط المطري (صيفًا)، تؤدي إلى زيادة الجريان السطحي لمياه الأمطار، عبر المجاري المائية الموسمية (الوديان) غير المستغلة حتى الآن بشكل جيد في المدينة، الأمر الذي يجعل أكثر كمية من المياه تصب في البحر، وهذه المجاري المائية (تعرف بالسائلة) وتمر داخل مدينة (إب).

ونظرًا للتزايد الديمغرافي، والتوسع العمراني في مدينة (إب)؛ فإن الطلب على المياه الجوفية في تزايد مستمر، خاصة في السنوات الأخيرة، كما أن الكميات المستخرجة من آبار المياه الجوفية في مدينة إب (الآبار الحكومية) أصبحت لا تغطي الطلب المتزايد على المياه سواء للشرب أم للأغراض الزراعية والصناعية، فضلًا عن أن المياه الجوفية في الحوض المائي الرئيس في مدينة إب تحيط بها العديد من المحددات، والمتمثلة في ضعف التغذية الجوفية، وانعدامها في بعض الأحيان؛ نتيجة لضعف تساقط الأمطار، ونقص مساحة التغذية؛ وهذا ناجم عن التوسع العمراني المتزايد، فضلًا عن طبيعة المكونات الجيولوجية للخزانات الجوفية البركانية التي تشكل حاجزًا للتسرب العميق للمياه، فضلًا عن الطبيعة المعقدة في التضاريس وافتقار المدينة للسهول الواسعة.

وفي ضوء ما سبق ذكره؛ أدى الوضع إلى انخفاض مستوى المياه الجوفية في الخزان المائي الرئيس في مدينة إب؛ ومن ثم ظهرت أزمة للمياه في المدينة؛ ورفع تكاليف الضخ، وتوقفت بعض الآبار عن العمل؛ جراء انخفاض المنسوب فيها، فأصبحت هذه الوضعية تشكل خطرًا حقيقيًا على السكان وعلى النشاط الزراعي والصناعي؛ وهو ما يتطلب القيام بمشاريع متنوعة للحصاد المائي وفقًا لطرق علمية ضرورة حيوية، وإدراكًا لأهمية استخدام تقانات حصاد المياه في دعم الموارد المائية في مدينة (إب) خاصة مشروع استخدام تقانات حصاد المياه لتغذية المياه الجوفية اصطناعيًا.

لذلك فقد قامت المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي في مدينة إب بتنفيذ العديد من مشاريع التغذية الاصطناعية عبر استخدام تقانات الكرفانات المائية (البرك المائية)، وهي عبارة عن حفر متوسطة الحجم تم حفرها داخل الأرض القريبة من الوديان الموسمية؛ لحجز مياه الأمطار والسيول فيها؛ من أجل تسريب هذه المياه إلى جوف الأرض بغرض تغذية مياه الحوض المائي لمدينة إب.

إلا أن هنالك العديد من الإشكالات بخصوص التغذية الاصطناعية باستخدام تقانات الكرفانات المائية خاصة في الكرفانات المائية في سائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) في حدود الدراسة أبرزها: الموقع الجغرافي لآبار المياه الجوفية الحكومية وبُعدها عن مشاريع التغذية الاصطناعية (الكرفانات المائية)، فضلًا عن تلوث مياه الكرفانات المائية أما بسبب مياه الصرف الصحي أو الصناعي أو الأنشطة السياحية، أو لأسباب طبيعية ممثلة بالسقوط المطري والجريان السطحي والرياح؛ التي تحمل الملوثات، فضلًا عن ترسب الكثير من المواد التي تحملها السيول الداخلة للكرفانات المائية في سائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) في حدود البحث.

مشكلة البحث:

تُعاني مدينة إب من توسع عمراني كبير، وكثافة سكانية كبيرة مقارنة بمساحتها غير الملائمة للتوسع العمراني؛ فقد ازداد استهلاك المياه، على الرغم من صغر مساحة المدينة، التي تسمح بنفاذ المياه إلى الطبقات الحاملة للمياه، فضلًا عما تعانيه المدينة، من أزمة في مياه الشرب؛ نتيجة لانخفاض منسوب المياه الجوفية، في الآبار التي تغذي المدينة بمياه الشرب، ولا سيما آبار المياه الجوفية التابعة لمؤسسة المياه والصرف الصحي فرع إب.

وبناء على ذلك فإن الموارد المائية الجوفية المتاحة في مدينة إب تعاني من مشكلة متمثلة في: ضعف تجدد المياه الجوفية؛ على الرغم من تلقي مدينة إب كميات كبيرة من الأمطار، خلال موسم التساقط المطري (صيفًا)، تؤدي إلى زيادة الجريان السطحي لمياه الأمطار، عبر المجاري المائية الموسمية غير المستغلة -حتى الآن- بشكل جيد في المدينة، في الوقت الذي ما زالت تعاني فيه مدينة إب من أزمة متمثلة بعدم توفير مياه الشرب للسكان؛ إذ يمكن الاستفادة من مياه الأمطار والسيول من خلال تجميعها، وإعادة شحنها لتغذية خزانات المياه الجوفية.

لذلك اهتمت السلطة المحلية في محافظة إب بشكل عام، والمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي-إب، بشكل خاص بإقامة مشاريع للتغذية الاصطناعية وإنشائها عبر تقنية البرك المائية (الكرفانات المائية)؛ لتعويض النقص الحاد في المياه الجوفية، وتغذية الخزان الجوفي لمدينة إب.

وبناءً على ما سبق ذكره؛ أصبح من الضروري القيام بدراسة تفصيلية لتقييم عملية التغذية الاصطناعية بتقنيات الكرفانات المائية في منطقة البحث، ويمكن صياغة مشكلة البحث الحالي بالتساؤلات الآتية:

1)ما خصائص المشاريع التي تم تنفيذها وإقامتها لتغذية الخزان الجوفي اصطناعيًا بتقنية الكرفانات المائية في مدينة إب؟

وما هي القياسات الخاصة بعملية التغذية الاصطناعية، أي: قياس كمية المياه الداخلة للكرفانات المائية وكمية المياه المتسربة إلى داخل الخزان الجوفي بمنطقة البحث خلال عامي (2021م، 2022م)، التي قامت بها المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمدينة إب؟.

2)ما مدى اختلاف مناسيب مياه الجوفية والطاقة الإنتاجية لآبار منطقة البحث، القريبة من الكرفانات المائية في سائلة مَيْتَم خلال أشهر السنة في المدة ما بين (2019-2022م)؟

وما مدى التغاير في التغذية الاصطناعية لآبار المياه الجوفية المتواجدة بالقرب من الكرفانات المائية في سائلة مَيْتَم خلال الأربع سنوات السابقة؟.

3)ما مدى تأثر التغذية الاصطناعية بتقنية الكرفانات المائية على الخصائص الهيدرولوجية لآبار المياه الجوفية في منطقة البحث؟.

أهمية البحث:

تنبع أهمية هذا البحث من استخدامها للتقنيات الحديثة، والمتمثلة ببرنامج (Surfer 16.6)؛ لاستخلاص الخصائص لمناسيب مياه الآبار وطاقتها الإنتاجية وقياسها، وإنتاج خرائطها الرقمية؛ من أجل الاستفادة من نتائجها لتقييم مشاريع التغذية الجوفية عبر استخدام تقنية الكرفانات المائية.

أهداف البحث:

يهدف هذا البحث إلى تحقيق ما يأتي:

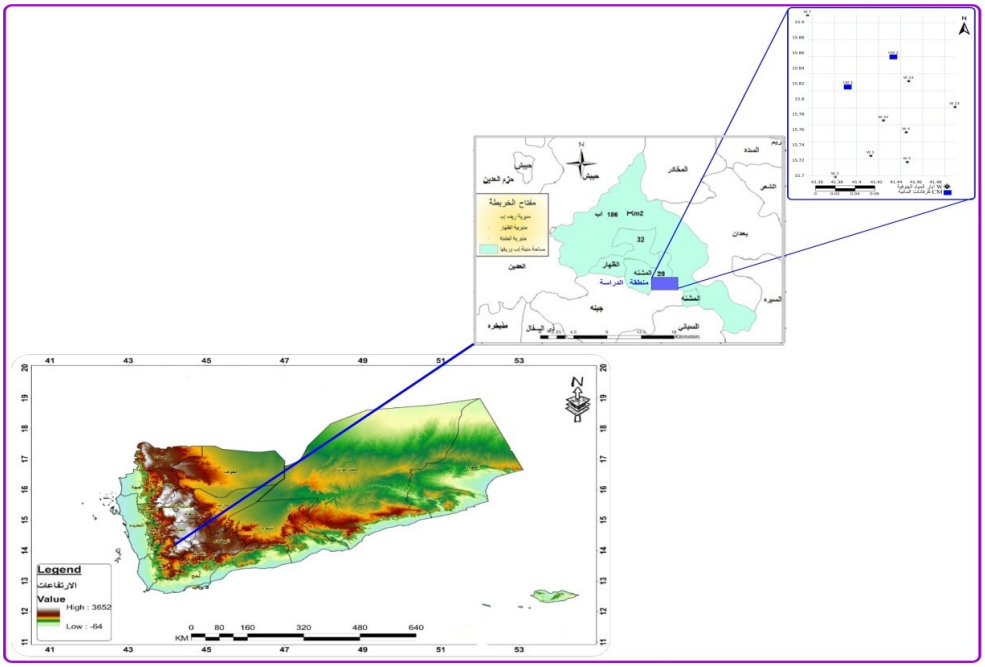
1) تحديد خصائص المشاريع التي تم تنفيذها وإقامتها لتغذية الخزان الجوفي اصطناعيًا عبر تقنية الكرفانات المائية في مدينة إب، فضلًا عن التعرف على القياسات الخاصة بعملية التغذية الاصطناعية بمنطقة البحث خلال عامي (2021م، 2022م)، التي قامت بها المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي في مدينة إب.

2) رسم الخرائط الرقمية عبر استخدام برنامج (Surfer 16.6) لمناسيب المياه الجوفية والطاقة الإنتاجية لآبار منطقة البحث التي تستفيد من مشاريع التغذية الاصطناعية (الكرفانات المائية في سائلة مَيْتَم)، وما جاورها؛ لاستخلاص أبرز المدلولات وأهمها والمؤشرات الهيدرولوجية، التي تؤكد أهمية التغذية الاصطناعية بتقنية الكرفانات المائية.

3) معرفة مقدار التغاير في التغذية الاصطناعية لآبار المياه الجوفية لمدة أربع سنوات من العام 2019م إلى 2022م بتقنية الكرفانات المائية، ومدى تأثيرها على الخصائص الهيدرولوجية لآبار المياه الجوفية لمنطقة البحث واستخلاص أهم مؤشرات التغذية الاصطناعية.

منطقة البحث:

تقع منطقة البحث في الحوض المائي الرئيس في مدينة إب مركز محافظة إب في الوسط الجنوبي الغربي لليمن، وتتركز منطقة البحث بالتحديد في منطقة سائلة وادي مَيْتَم في الجزء الجنوبي الشرقي لمدينة إب؛ حيث تمتد منطقة البحث بين دائرتي عرض (″00 ′67 °15)، (″00 ′96 °15) شمالًا، وبين خطي طول (″00 ′03 °41)، (″00 ′66 °41) شرقًا الشكل (1)، وتبلغ مساحة منطقة البحث حوالي (20) كم^2، يحدها من الشمال وادي السحول، ومن الشرق جبل بعدان، ومن الجنوب الشرقي وادي سائلة مَيْتَم، ويحدها من الغرب منطقة السبل - قحزة.



الشكل (1): خريطة موقع منطقة البحث بالنسبة لمدينة إب ومديريات محافظة إب.

المصدر: الباحثون باستخدام برنامج (Surfer 16.6).

منهجية البحث:

اقتضت طبيعة الموضوع وأهدافه استخدام المنهجين:

- الوصفي لوصف خصائص تقنية الكرفانات المائية المتوافرة في منطقة البحث، علاوةً على وصف مواقع وأعماق آبار المياه الجوفية التابعة للمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي-إب المتواجدة بالقرب من مشاريع التغذية الاصطناعية (الكرفانات المائية) التي تتوافر فيها سجلات (قراءات) مناسيب المياه الجوفية، والطاقة الإنتاجية للآبار قبل وبعد تنفيذ عملية التغذية الاصطناعية بتقنية الكرفانات المائية.

- المنهج التحليلي؛ لتحليل كل من: القياسات الخاصة بعملية التغذية الاصطناعية وتفسيرها، وقياس كمية المياه الداخلة للكرفانات المائية وكمية المياه المتسربة إلى داخل الخزان الجوفي بمنطقة البحث خلال عامي (2021م، 2022م)، التي قامت بها المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمدينة إب، وتحليل سجلات آبار المياه الجوفية وتفسيرها (المناسيب، والطاقة الإنتاجية) القريبة من مشاريع التغذية الاصطناعية.

وذلك بالاستفادة من التقنيات الحديثة وتوظيفها في أطار متكامل لتحقيق الهدف الرئيس من هذا البحث؛ إذ تم استخدام برنامج (Excel)؛ لرسم المخططات البيانية لسجلات آبار المياه الجوفية، فضلًا عن استخدام برنامج (Surfer 16.6)؛ لرسم الخرائط الرقمية لمناسيب المياه الجوفية، والطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية قيد البحث، التي تستفيد من مشاريع التغذية الاصطناعية (الكرفانات المائية لوادي سائلة مَيْتَم)، والقريبة منها؛ لمعرفة مدى التغاير في التغذية الاصطناعية لآبار المياه الجوفية لمدة أربع سنوات من العام 2019م إلى 2022م؛ إذ لم تقم المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمدينة إب بتنفيذ أي مشروع للتغذية الاصطناعية بتقنية الكرفانات المائية في منطقة البحث خلال عامي 2019-2020م، وتم إنشاء مشاريع التغذية الاصطناعية خلال 2021م.

آبار المياه الجوفية المستفيدة من مشروع كرف سائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) (عينة البحث الميدانية):

تم اختيار عدد (8) من آبار المياه الجوفية التي تزود مدينة إب بمياه الشرب، والقريبة من موقع كرف سائلة مَيْتَم رقم (1 & 2)، والمستفيدة بشكل كبير من مشاريع التغذية الاصطناعية التي تم تنفيذها من قبل المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمدينة إب.

وكما هو موضح في الجدول (1) فهذه الآبار هي: بئر رقم (1)، بئر رقم (2)، بئر رقم (3)، بئر رقم (4)، بئر شعب عماق رقم (7)، بئر مزرعة البحوث رقم (13)،بئر مَيْتَم ذي الشط رقم (23)، وأخيرًا بئر المحافظ رقم (32)؛ وذلك لبيان مدى اختلاف مناسيب المياه الجوفية في تلك الآبار خلال أشهر السنة (موسم الجفاف، وموسم التساقط المطري) في المدة ما بين (2019-2022م)؛ أي: قبل وبعد إنشاء مشاريع التغذية الاصطناعية (الكرفانات المائية لسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2)) في الجزء الجنوبي الشرقي لمدينة إب.

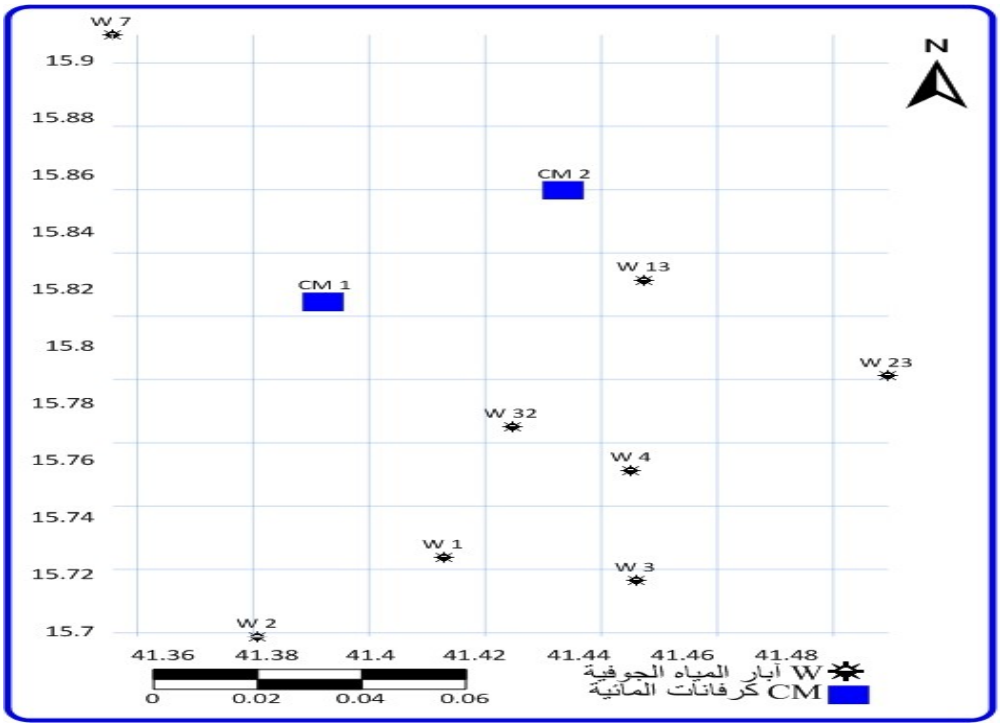
الجدول (1):

إحداثيات مواقع آبار المياه الجوفية القريبة من مشاريع التغذية الاصطناعية بتقنية الكرفانات المائية (كرف سائلة مَيْتَم رقم (1 & 2)) وأعماق الآبار في منطقة البحث.

م	اسم البئرورمزه	خط الطول X	خط الطول Y	العمق (م)
1	بئر رقم 1 (W 1)	41°24'50	15°41'153	304
2	بئر رقم 2 (W 2)	41°22'41	15°41'053	230

3	(W 3) بئر رقم 3	41°26'63	15°41'124	203
4	(W 4) بئر رقم 4	41°27'00	15°41'263	193
5	(W 7) بئر شعب عماق رقم 7	41°21'00	15°41'812	200
6	(W 13) بئر مزرعة البحوث رقم 13	41°27'09	15°41'503	353
7	(W 23) بئر مَيْتَم ذي الشط رقم 23	41°29'57	15°41'382	275
8	(W 32) بئر المحافظ رقم 32	41°24'97	15°41'318	304

المصدر: الباحثون، اعتمادًا على (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي، 2022، ص 2).



الشكل (2): خريطة لتباين توزيع آبار المياه الجوفية ومشاريع التغذية الاصطناعية باستخدام تقنيات الكرفانات المائية (كرف سائلة مَيْتَم رقم (1 & 2)) في منطقة البحث.

المصدر: الباحثون اعتمادًا على الجدول (1)، وباستخدام برنامج (Surfer 16.6).

8.تباين أعماق آبار المياه الجوفية القريبة من مشاريع التغذية الجوفية الاصطناعية في منطقة البحث:

تباينت الآبار المدروسة والتابعة للمؤسسة العامة للمياه والصرف الصحي فرع إب من حيث العمق-كما هو مبين في الجدول (1)؛ إذ يتضح أن عمق هذه الآبار يتراوح ما بين (193-353) مترًا عن سطح الأرض، وبمتوسط عمق (275.8) متر؛ ولدراسة التحليل المكاني لأعماق آبار المياه الجوفية في منطقة البحث؛ لا بد من التعرف على الحقائق العلمية، ومن أبرزها:

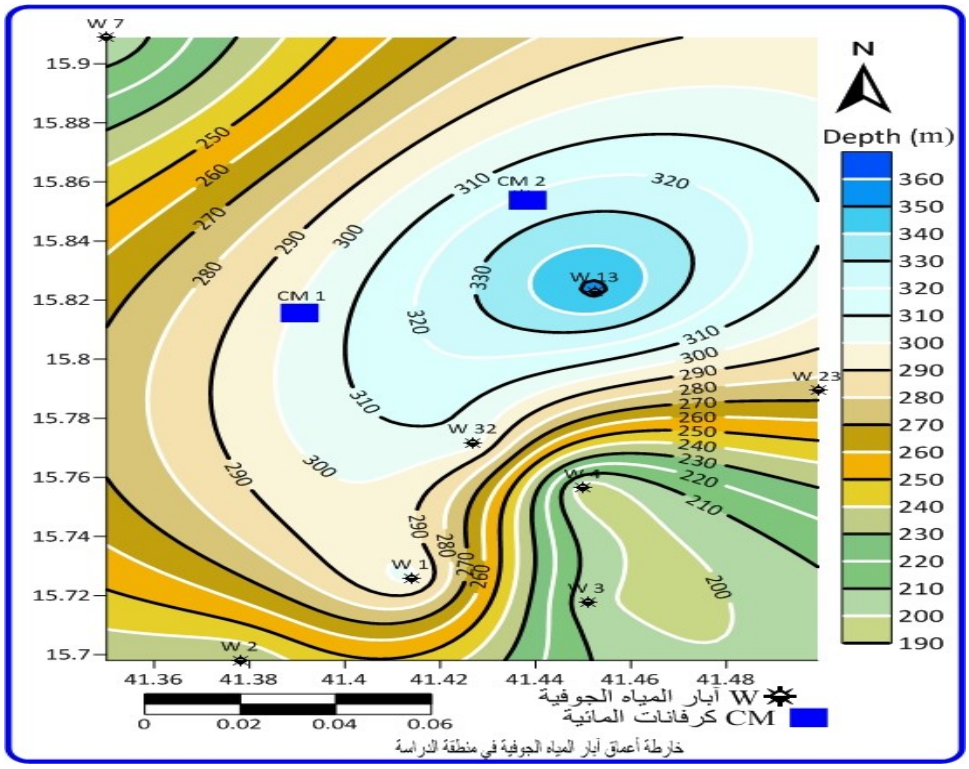
أن عمق المياه الجوفية يعتمد بشكل أساس على جيولوجية، وتركيبية، وطوبوغرافية المنطقة، وقد انعكس ذلك على تباين آبار المياه الجوفية في منطقة البحث في أعماقها لتباينها المكاني، تبعًا لتباين تضاريس المنطقة.

وجاءت أعماق المياه الجوفية في منطقة البحث على مستويات متعددة؛ اعتمادًا على قرب أو بعد مناسيب المياه الجوفية في آبار المياه في المكامن الجوفية من مستوى سطح الأرض، فضلًا عن سمك تكوينات السطح؛ فكلما زاد السمك زاد عمق الآبار الجوفية؛ ومن ثم الحصول على إنتاجية عالية، وتغذية مستمرة من المناطق المرتفعة؛ لكون حركة المياه الجوفية تتماشى مع طبيعة الانحدار؛ إذ تراوحت أعماق آبار المياه الجوفية التابعة للمؤسسة العامة للمياه والصرف الصحي-إب في منطقة البحث ما بين (193-203) مترًا عن مستوى سطح الأرض في عدد (3) آبار؛ هي: بئر رقم (3)، بئر رقم (4)، بئر شعب عماق رقم (7).

وتراوحت أعماق بعض آبار منطقة البحث ما بين (204-275) مترًا في عدد (2) من الآبار؛ هي: بئر رقم (2)، بئر مَيْتَم ذي الشط رقم (23)، بينما بعض الآبار تراوحت أعماقها ما بين (300-353) مترًا عن مستوى سطح الأرض في عدد (3) من الآبار: بئر رقم (1)، بئر مركز البحوث الزراعية رقم (13)، بئر المحافظ رقم (32)، ويتضح من الجدول (1)، والشكل (2)، أن أعماق الآبار تتباين بين آبار ضحلة وأخرى عميقة، وهذا ما ينم عن مدى الحاجة الكبيرة إلى مياه الشرب في مدينة إب؛ بسبب الزيادة الكبيرة في تركز السكان، والخدمات والاستثمارات الزراعية فيها.

وبناءً على ما سبق ذكره: فإن الارتفاع عن سطح البحر في منطقة البحث له تأثير كبير على زيادة أعماق آبار المياه الجوفية بقصد الوصول إلى المياه التي لا يوجد فيها نوع من التلوث جراء

الاختلاط بمياه المجاري، وأيضًا من أجل الوصول إلى تحت الضغط (الهيدروليكي) للخزان الراكد في المنطقة (الورافي، 2023، ص 127).



الشكل (3): خريطة تباين أعماق آبار المياه الجوفية في منطقة البحث.

المصدر: الباحثون اعتمادًا على الجدول (1)، وباستخدام برنامج (Surfer 16.6).

خصائص مشروع التغذية الاصطناعية للكرف المائي بسائلة مَيْتَم رقم (1)، وقياسات كمية التغذية الاصطناعية:

تتناول هذا البحث أهم خصائص مشروعات حصاد مياه الأمطار والسيول، خاصةً مشاريع التغذية الاصطناعية الجوفية، المتمثلة بتقنية الكرفانات المائية، التي تم إنشاؤها في منطقة البحث عام 2021م، من حيث دراسة خصائصها المكانية وتحليلها، والهيدرولوجية، والهيدروجيولوجية؛ إذ تُعد أساسًا جوهريًا للتنبؤ بسلوك الخزان الجوفي في منطقة البحث، وذلك من أجل بيان مدى إمكانية ومساهمة تلك الكرفانات المائية في التغذية الاصطناعية لمياه الخزان الجوفي بمنطقة البحث.

يقع مشروع التغذية الجوفية الرئيس رقم (1)، المتمثل بتقنية الكرف المائي في وادي سائلة مَيْتَم في الجزء الجنوبي الشرقي لمدينة إب، كما هو موضح في اللوحة (1)؛ إذ تم الانتهاء من تجهيز مشروع الكرف المائي بسائلة مَيْتَم رقم (1) التجريبي في العام 2021م من قبل مكتب المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي-إب بسعة إجمالية بلغت حوالي (100,000) م^3، كما هو مبين في الجدول (2)، كان الهدف الرئيس منه تغذية الخزان الجوفي ورفع مناسيب المياه الجوفية في آبار المياه الجوفية المتواجدة ضمن هذا الخزان الجوفي.

فقد قامت المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بأخذ القياسات الدورية لمعدل الهبوط في منسوب المياه في الكرفانات المائية، وأخذت القياسات يوميًا طوال أيام تساقط الأمطار ابتداءً من أول يوم لسقوط المطر في منطقة البحث.

في حين بلغت كمية المياه المترشحة من الكرف المائي بسائلة مَيْتَم رقم (1) إلى باطن الأرض في عام 2021م حوالي (684,372.62) م^3، بينما بلغت كمية مياه الأمطار والسيول المتجمعة داخل الكرف المائي بسائلة مَيْتَم رقم (1) عام 2022م حوالي (328,856.62) م^3، وكذلك بلغت كمية المياه المتسربة من ذلك الكرف المائي إلى داخل الخزان المائي الجوفي عام 2022م حوالي (318,811) م^3 أي: بنسبة (88%) من إجمالي كمية المياه المتسربة إلى الخزان المائي الجوفي بمنطقة البحث، والبالغة (362356.5) م^3، وبلغ الفارق بين كمية المياه الداخلة لكرف سائلة مَيْتَم رقم (1) وكمية المياه المتسربة منه إلى باطن الأرض عام 2022م حوالي (10045.5) م^3، أي ما نسبته (82.2%) من إجمالي الفارق بين كمية المياه الداخلة وكمية المياه المتسربة من كرف سائلة مَيْتَم رقم (1) خلال عام 2022م، كما هو مبين في الجدول (3).

الجدول (2):

خصائص وإحداثيات مواقع مشاريع التغذية الاصطناعية بتقنية الكرفانات المائية في منطقة البحث

م	اسم مشروع التغذية الاصطناعية بتقنية الكرف المائي	عام الإنشاء	الموقع	خط الطول X	خط الطول Y	الارتفاع عن سطح	العمق م	المساحة م^2	السعة م^3
1	مشروع كرف سائلة مَيْتَم رقم (1)	2021م	وادي مَيْتَم	41°23'28	15°41'480	1870	10.81	9250	100,000

2	مشروع كرف سائلة مَيْتَم رقم (2)	2021م	وادي مَيْتَم	41°26'1 4	15°41'6 20	1876	6.9	2187	15,000

المصدر: الباحثون، اعتمادًا على الدراسة الميدانية بتاريخ 10/ 2022/8م، وعلى (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي، 2022، ص 2)

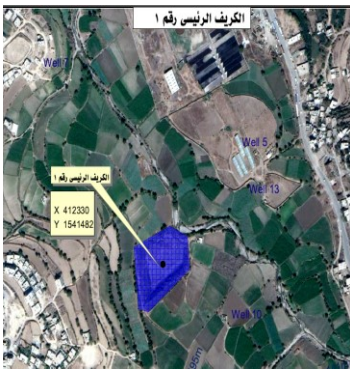
الجدول (3):

قياسات التغذية الاصطناعية لكمية المياه الداخلة للكرفانات المائية، ولكمية المياه المتسربة منها إلى داخل الخزان الجوفي لمنطقة البحث خلال عامي (2021م، 2022م)

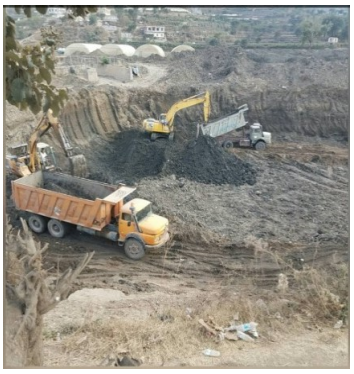
اسم الكرف المائي	كمية المياه الداخلة للكرف عام 2021م ($م^3$)	كمية المياه المتسربة من الكرف إلى داخل الخزان الجوفي عام 2021م ($م^3$)	كمية المياه الداخلة للكرف عام 2022م ($م^3$)	كمية المياه المتسربة من الكرف إلى داخل الخزان الجوفي عام 2022م ($م^3$)	النسبة% لكمية المياه المتسربة للخزان المائي عام	الفارق بين كمية المياه الداخلة للكرف وكمية المياه المتسربة	نسبة% الفارق عام 2022م
كرف سائلة مَيْتَم رقم 1	*	684372.62	328856.5	318811	%88	10045.5	%82.2
كرف سائلة مَيْتَم رقم 2	*	90719.25	45723.7	43545.5	%12	2178.2	%17.8
الإجمالي	*	775091.87	374580.2	3623565	%100	12223.7	%100

المصدر: الباحثون، اعتمادًا على (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي، 2022، ص 2-4).

***قياسات غير متو افرة من المصدر.**



صورة لموقع كرف سائلة ميتم رقم (1).



صورة لأعمال إنشاء كرف سائلة ميتم رقم (1).

صورة لعملية تعبئة كرف سائلة ميتم رقم (1)، و رقم (2).

لوحة (1): صور مختلفة للكرف المائي بسائلة مَيْتَم رقم (1).

المصدر: الباحثون اعتمادًا على (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي، 2022، ص 5، 6).

خصائص مشروع التغذية الاصطناعية للكرف المائي بسائلة مَيْتَم رقم (2)، وقياسات كمية التغذية الاصطناعية:

بدأ العمل في تنفيذ مشروع الكرف المائي بسائلة مَيْتَم رقم (2)، المعروف بكرف البحوث الزراعية في العام 2021م من قبل مكتب المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي-إب، في منطقة وادي مَيْتَم في الجنوب الشرقي لمدينة إب في منطقة البحوث الزراعية، كما هو موضح في اللوحة (2)، وكان الهدف الرئيس منه تغذية الخزان الجوفي، الذي تتواجد فيه آبار المياه الجوفية التابعة للمؤسسة.

وتبلغ السعة الإجمالية للكرف المائي بسائلة مَيْتَم رقم (2) حوالي (15,000) م^3، وبلغت كمية المياه المتسربة إلى داخل الخزان الجوفي في عام 2021م حوالي (90719.25) م^3، بينما بلغت كمية مياه الأمطار والسيول الداخلة إلى داخل الكرف المائي بسائلة مَيْتَم رقم (2) عام 2022م حوالي (45723.7) م^3، في حين بلغت كمية المياه المتسربة من ذلك الكرف المائي إلى داخل الخزان المائي الجوفي حوالي (43545.45) م^3؛ أي ما نسبته (12%) من إجمالي كمية المياه المتسربة إلى الخزان المائي الجوفي بمنطقة البحث.

بينما بلغ الفارق بين كمية المياه الداخلة للكرف المائي بسائلة مَيْتَم رقم (2)، وكمية المياه المتسربة منه إلى باطن الأرض حوالي (2178.2) م^3 بنسبة (17.8%)، من إجمالي الفارق بين كمية المياه الداخلة وكمية المياه المتسربة من كرف سائلة مَيْتَم رقم (2) عام 2022م، كما هو مبين في الجدول السابق (3).

توجد في مدينة إب رسوبيات الوديان الرباعية الحديثة؛ مكونة من: الترسبات غير المتماسكة (الطين، الحصى، الرمل)، والترسبات الطينية المتماسكة، وهذه الترسبات تغطي الوديان الرئيسة (المجاري المائية الموسمية)، ويصل سمكها إلى (57) مترًا في بئر المعشار رقم (11) في وادي سائلة مَيْتَم في الجنوب الشرقي لمدينة إب، بينما تظهر الترسبات الطينية (الترسبات المتماسكة) في وسط مدينة إب (صَلَبَة السيدة أروى)، وفي المناطق الجنوبية الشرقية(وادي سائلة مَيْتَم)، بينما تنعدم الترسبات الطينية في المناطق الشرقية والشرقية الشمالية الغربية لمدينة إب.

ومن أهم الخصائص الهيدرولوجية لطبقة الترسبات غير المتماسكة (الحصى، الرمل، الطين) أنها تُعد كطبقة احتواء وكطبقة إنتاج في نفس الوقت؛ نظرًا لنفاذيتها ومساميتها العاليتين، ولها معامل توصيل هيدروليكي كبير؛ وعلى أساس ذلك تُعد طبقة الترسبات غير المتماسكة (الحصى، الرمل، الطين) الخزان المائي الجوفي الرسوبي السطحي لمدينة إب بما فيها منطقة البحث.

ونظرًا لقرب الخزان المائي الرسوبي من السطح؛ فإن هذا الخزان يتغذى مباشرةً من جريان مياه الأمطار والسيول، ويشغل هذا الخزان الرسوبي حيزًا كبيرًا وواسعًا ضمن منطقة البحث؛ الأمر الذي جعل أغلب نطاق حفر آبار المياه الجوفية لمدينة إب يقع ضمن هذا الخزان الرسوبي؛ إذ يتراوح سمك الخزان الجوفي الرسوبي (خزان الترسبات غير المتماسكة) ما بين (12-48) مترًا في منطقة الدراسة، تبعًا لطبوغرافية المنطقة، ومناطق الترسيب في الأودية.

صورة لموقع كرف سائلة ميتم رقم (2).

صورة لمراحل إنشاء كرف سائلة ميتم رقم (1).

صورة تعبئة مشروع كرف سائلة ميتم رقم (2).

لوحة (2): صورة مختلفة للكرف المائي بسائلة مَيْتَم رقم (2).

المصدر: الباحثون اعتمادًا على (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي، 2022، ص 5، 6).

تحليل الخصائص الهيدرولوجية لآبار المياه الجوفية المستفيدة من مشاريع التغذية الاصطناعية بتقنية الكرفانات المائية في منطقة البحث:

من خلال الدراسة والتحليل لكل من: سجلات قياس مستوى أعماق المياه الجوفية في آبار المياه الجوفية التابعة للمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي-إب المتواجدة في منطقة البحث، وسجلات قياس مناسيب المياه الجوفية في الآبار، فضلًا عن سجلات قياس الطاقة الإنتاجية لتلك الآبار، وأخيرًا سجلات استخراج المياه الجوفية من الآبار، التي تبين تطور استخراج المياه الجوفية؛ من أجل إمداد مياه الشرب في منطقة البحث، قبل وبعد إقامة مشاريع التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية بتقنيات الكرفانات المائية في منطقة البحث؛ يمكن استخلاص أهم المؤشرات والمدلولات الهيدرولوجية لتلك السجلات؛ ومنها استخلاص مدى تأثر آبار المياه الجوفية القريبة من مشاريع

التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية (الكرفانات المائية) في منطقة البحث، فضلًا عن مدى تسرب المياه من مشاريع التغذية الاصطناعية؛ ومن ثم التنبؤ بمدى استجابة الخزان الجوفي.

وفيما يأتي سيتم تناول سجلات مناسيب المياه والطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية قيد البحث قبل تواجد مشاريع التغذية الاصطناعية وبعد إقامة تلك المشاريع وتنفيذها في منطقة البحث:

إن مستوى الماء الجوفي (Underground Water Table)، هو السطح العلوي لمنطقة التشبع الدائم (يتبع الخزانات المحصورة)، ويعبر عنه بخط متعرج يتبع الشكل الطبوغرافي لسطح الأرض، ويمكن تعيين هذا المنسوب بقياس سطح الماء في الآبار المختلفة (الخزانات الجوفية المحصورة وغير المحصورة)، ثم يتمثل على هيئة خرائط كنتورية؛ تسمى: كنتورات المستوى المائي.

وفي مدينة إب تتباين أعماق مستويات الماء الجوفي بين أجزاء المدينة في آبار المياه الجوفية التابعة للمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي-إب؛ إذ تتراوح ما بين (80) مترًا في الجنوب الشرقي للمدينة (في بئر منزل الراعية رقم (24))، وإلى أكثر من (456) مترًا في الشمال الغربي (في بئر السبل رقم (25)) (الورافي، 2023: 137).

ويُعرّف منسوب الماء الجوفي المتحرك: بأنه المستوى الذي تستقر عنده المياه الجوفية في البئر بعد السحب للمياه لمدة من الزمن؛ أي أنه تعبير عن مناسيب سطح الماء في الآبار في أثناء عملية الضخ للماء؛ إذ ترتبط أعماق المناسيب المتحركة في الآبار بمقدار السحب المائي من الخزان المائي الجوفي، وبمقدار التغذية الواردة للمياه الجوفية (الورافي، 2023: 137).

وفي البحث الحالي تم تسليط الضوء على تباين قيم المناسيب المتحركة لآبار المياه الجوفية التي تقع بالقرب من مواقع الكرفانات المائية (مشاريع التغذية الاصطناعية) في منطقة البحث؛ وذلك وفقًا لبيانات الرصد الرقمية (سجلات الآبار) لمناسيب المياه الجوفية، التي رصدتها المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي-إب خلال أشهر السنة في المدة ما بين (2019-2022م)؛ أي: قبل وبعد إنشاء مشاريع الكرفانات المائية، كما هي مبينة في الجداول الآتية لاحقًا.

ولغرض التنبؤ بأهمية استخدام التغذية الاصطناعية بتقنية الكرفانات المائية بملاحظة أي تحسن ملموس في قيم مناسيب المياه الجوفية وتقييمها، وتلافي تدهور الخزان الجوفي لمنطقة البحث من الناحية الكمية؛ تمت المقارنة بين قيم مناسيب المياه الجوفية المتحركة لآبار المياه الجوفية التابعة للمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي-إب من العام 2019م إلى العام 2022م؛ وهذا عائد إلى عدم وجود أي مشروع خاص بالتغذية الجوفية الاصطناعية خلال عامي 2019, 2020م،

وتم إنشاء مشاريع التغذية الاصطناعية للخزانات الجوفية في مدينة إب خلال العام 2021م من قبل السلطة المحلية لمحافظة إب، ممثلة بالمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب.

وفي هذا البحث تم تحليل سجلات بيانات مناسيب آبار المياه الجوفية بمنطقة البحث خلال مرحلتين وفقًا، لتاريخ إقامة وإنشاء الكرفانات المائية (التغذية الاصطناعية) في منطقة البحث، المرحلة الأولى تخص سجلات آبار المياه الجوفية لما قبل إنشاء مشاريع الكرفانات المائية، بينما المرحلة الثانية تتناول بيانات آبار المياه الجوفية وسجلاتها، بعد إنشاء مشاريع الكرفانات المائية في منطقة البحث؛ بهدف المقارنة بين مناسيب آبار المياه الجوفية للمرحلتين، ولبيان مدى الاستفادة من مشاريع التغذية الاصطناعية بتقنية الكرفانات المائية بسائلة وادي مَيْتَم رقم (1 & 2) برفع المناسيب، وتحسن الخزان الجوفي لمنطقة البحث من الناحية الكمية.

تحليل تباين قيم المناسيب المتحركة لآبار المياه الجوفية قبل وبعد تنفيذ مشاريع الكرفانات بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2)، خلال الفترة ما بين (2019-2022م):

المرحلة الأولى (قبل إنشاء الكرفانات المائية) (2019-2020م):

أولًا: 2019م: من خلال بيانات مناسيب المياه الجوفية في الآبار المتواجدة بالقرب من موقع الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1)، ورقم (2) والموضحة في الجدول (4)؛ لوحظ أن بيانات وسجلات معظم آبار المياه الجوفية التابعة للمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي-إب خلال العام 2019م غير مسجلة؛ أي أن قراءاتها غير متوافرة من المصدر؛ فقد يُعزى السبب في ذلك إلى توقف العمل في تلك الآبار خلال العام 2019م؛ وذلك لانخفاض مناسيب مياه الآبار بشكل كبير، أو لعدم رصد مناسيب مياه الآبار عندما توقفت تلك الآبار عن العمل، وقد يكون هذا التوقف ناتجا عن خلل فني في مضخات المياه.

الجدول (4):

تباين قيم مناسيب المياه الجوفية المتحركة لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) قبل التغذية الاصطناعية 2019م.

اسم البئر	شهر1	شهر2	شهر3	فارق المنسوب	شهر4	شهر5	شهر6	فارق المنسوب	شهر7	شهر8	شهر9	فارق المنسوب	شهر10	شهر11	شهر12	فارق المنسوب
	موسم الجفاف				موسم سقوط الأمطار				موسم سقوط الأمطار				موسم الجفاف			
بئر رقم 1	60	54	-	+6	-	85	-	0	-	-	-	-	73	-	76	-3

اسم البئر	شهر1	شهر2	شهر3	فارق المنسوب	شهر4	شهر5	شهر6	فارق المنسوب	شهر7	شهر8	شهر9	فارق المنسوب	شهر10	شهر11	شهر12	فارق المنسوب
بئررقم 2	65	58	-	+7	-	96	-	0	-	-	-	-	65	-	-	0
بئررقم 3	-	80	-	0	-	100	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
بئررقم 4	-	105	-	0	-	180	-	0	-	-	-	-	-	-	101	0
بئر شعب عماق رقم 7	-	-	-	-	-	105	-	0	-	-	-	-	-	-	96	0
بئر مزرعة البحوث رقم 13	-	99	-	0	-	119	-	0	-	130	-	0	98	-	94	+4
بئر مَيْتَم ذي الشط رقم 23	140	260	-	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	174	0
بئر المحافظ رقم 32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(-) قراءات غير متوافرة من المصدر.

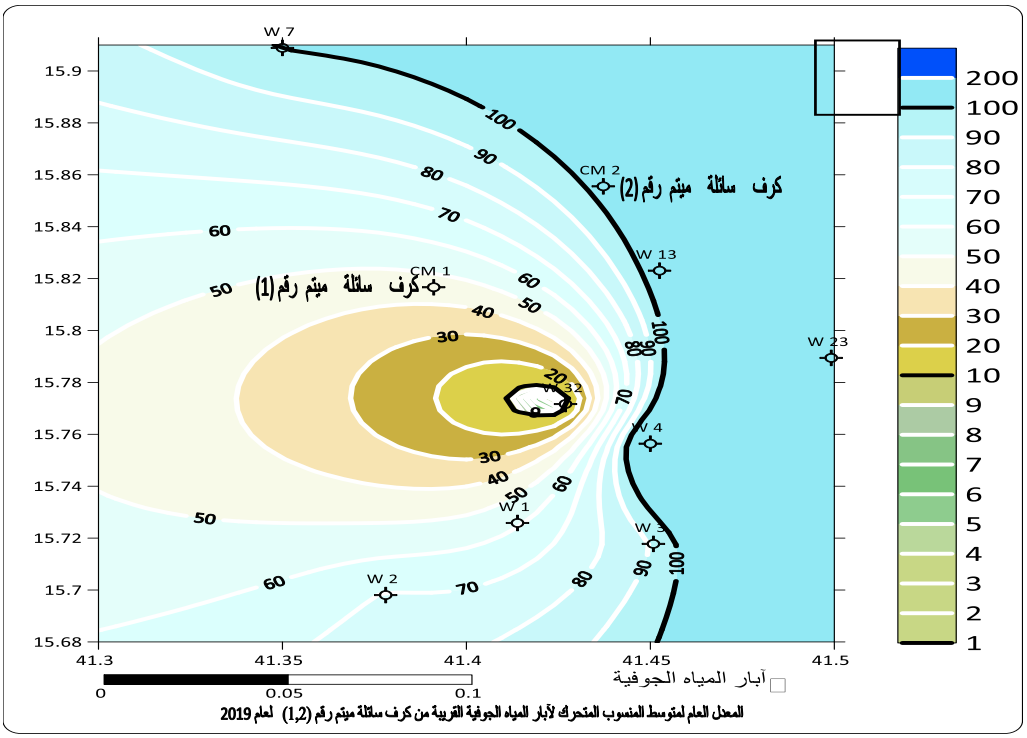
توقف عن الخدمة بسبب انخفاض منسوب المياه الجوفية خاصة في بئر مَيْتَم ذي الشط رقم (23)

ارتفاع قليل جدًا في منسوب المياه الجوفية خاصة في بئر مزرعة البحوث رقم (13)

المصدر: الباحثون اعتمادا على (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي 2019، ص 3،4).

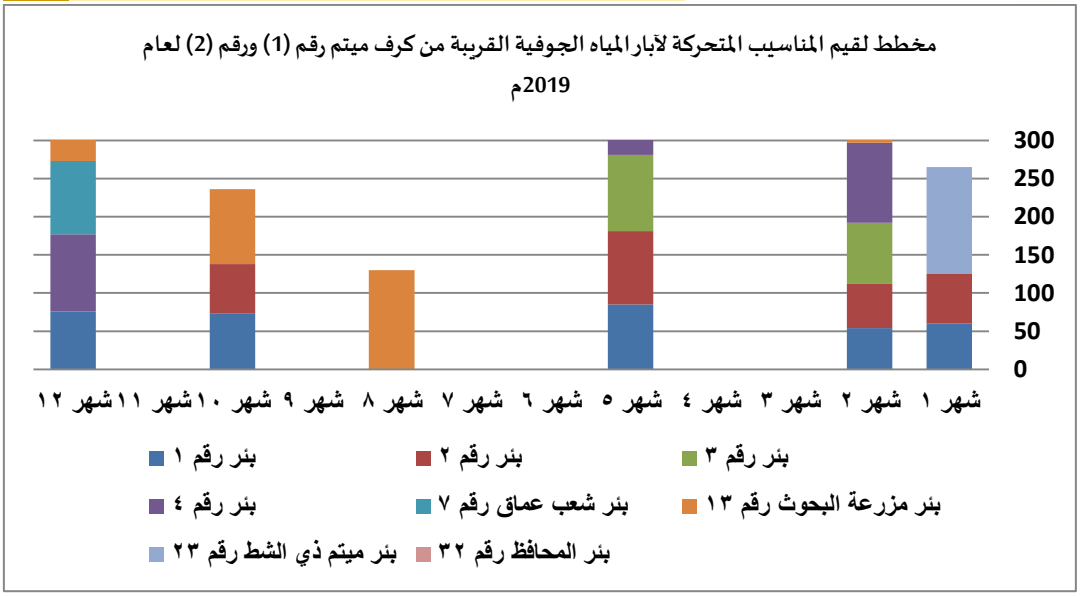
يلاحظ من خلال قيم مناسيب المياه المبينة في الجدول (4) مدى انخفاض نسبة منسوب المياه المتحرك بشكل عام في أغلب آبار المياه الجوفية الواقعة بمنطقة سائلة مَيْتَم في الجزء الجنوبي الشرقي لمدينة إب خلال العام 2019م؛ إذ يلاحظ ارتفاع في منسوب المياه الجوفية في بئر مزرعة البحوث رقم (W 13)، بينما لم ترصد أي قيم لمناسيب المياه في بئر مَيْتَم ذي الشط رقم (W 23)؛ لتوقفه عن العمل.

ومن خلال الشكل رقم (4) المتضمن خريطة قيم المعدل السنوي لمتوسط منسوب المياه الجوفية المتحرك خلال عام 2019م، وأيضًا الشكل رقم (5) المتضمن مخططا لقيم المناسيب المتحركة للمياه الجوفية؛ لوحظ بشكل عام انخفاض منسوب المياه المتحرك في آبار المياه الجوفية؛ إذ تراوح المتوسط السنوي المنخفض لمنسوب المياه المتحرك ما بين (100-200) متر في كل من الآبار الواقعة في الجزء الشرقي من الخريطة: بئر مَيْتَم ذي الشط رقم (W 23)، وبئر رقم (W 4)، وبئر شعب عماق رقم (W 7)، وبئر مركز البحوث رقم (W 13)، بينما تراوح متوسط ارتفاع المنسوب المتحرك للمياه ما بين (0-90) مترًا في كل من الآبار الواقعة في الجزء الجنوبي لمنطقة الدراسة؛ أي: في بئر المحافظ رقم (W 32)، وبئر رقم (W 1)، وبئر رقم (W 2)، وبئر رقم (W 3).



الشكل (4): خريطة قيم المعدل السنوي لمتوسط المنسوب المتحرك لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) لعام 2019م.

المصدر: الباحثون اعتمادًا على بيانات الجدول (4) باستخدام برنامج (Surfer 16.6).



الشكل (5): مخطط لقيم المناسيب المتحركة لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) لعام 2019م.

المصدر: الباحثون اعتمادًا على بيانات الجدول (4) باستخدام برنامج (Excel).

ثانيًا: 2020م: هناك تحسن في بيانات المناسيب لآبار المياه الجوفية خلال العام 2020م، كما هو مبين في الجدول (5)؛ إذ حصل انخفاض في الفارق ما بين مناسيب مياه الآبار خلال النصف الأول من العام 2020م، (فصل الشتاء، موسم الجفاف في اليمن)؛ إذ تراوحت القيمة المنخفضة (السالبة) لفارق مناسيب المياه الجوفية خلال الأشهر الثلاثة الأولى لموسم الجفاف: (شهر يناير، وشهر فبراير، وشهر مارس)، ما بين (8-54) مترًا عن سطح الأرض.

كما يلاحظ ارتفاع في الفارق لمناسيب آبار المياه الجوفية خلال النصف الثاني من العام 2020م (فصل الصيف، موسم سقوط الأمطار في منطقة الدراسة) خاصة خلال موسم تساقط الأمطار في شهر (يوليو)، وشهر (أغسطس)، وشهر (سبتمبر) في العام 2020م؛ إذ تراوحت القيمة المرتفعة (القيمة الموجبة) لفارق ارتفاع مناسيب المياه الجوفية خلال تلك الشهور ما بين (5-90) مترا؛ إذ سجل أعلى فارق في منسوب المياه الجوفية المتحرك في بئر رقم (4) بحوالي ارتفاع في منسوب المياه المتحرك مقداره (90) مترًا عن سطح الأرض، بينما كان منسوب المياه في شهر يوليو حوالي (153) مترًا؛ إذ بلغ مقدار الارتفاع في المنسوب حوالي (63) مترًا؛ وهو ما يُشير إلى ارتفاع منسوب المياه في البئر نتيجة تغذية الخزان الجوفي في تلك المنطقة، وعند ملاحظة فارق مناسيب الآبار في بداية موسم

الجفاف (شهر أكتوبر، وشهر نوفمبر، وشهر ديسمبر 2020م) تبين أن فارق المناسيب يظل مرتفعًا بنسب أقل مما هو عليه في أشهر تساقط الأمطار.

الجدول (5):

تباين قيم مناسيب المياه الجوفية المتحركة لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) قبل التغذية الاصطناعية 2020م

اسم البئر	شهر 1	شهر 2	شهر 3	فارق المنسوب	شهر 4	شهر 5	شهر 6	فارق المنسوب	شهر 7	شهر 8	شهر 9	فارق المنسوب	شهر 10	شهر 11	شهر 12	فارق المنسوب
	موسم الجفاف				موسم سقوط الأمطار				موسم سقوط الأمطار				موسم الجفاف			
بئررقم 1	87	93	100	-13	130	138	141	-11	95	54	45	+50	40.7	37	36	+4.7
بئررقم 2	150	155	160	-10	164	172	156	+8	79	53.5	42	+37	33.5	28	28	+5.5
بئررقم 3	114	114	114	0	114	114	114	0	105	100	-	+5	76.5	74	73.3	+3.2
بئررقم 4	150	156	150	0	153	153	154	-1	153	87.5	63	+90	38.7	33.8	32	+6.7
بئرشعب عماق رقم 7	112	113	120	-8	125	132	130	-5	117	96	70	+47	69	62	60	+9
بئرمزرعة البحوث رقم 13	110	120	129	-19	135	149	149	-14	128	94	63	+65	54.3	47	45	+9.3
بئرمَيْتَم ذي الشط رقم 23	240	250	294	-54	294	294	294	0	294	-	-	0	-	-	-	-
بئر المحافظ رقم 32	-	-	-	-	-	163	168	-5	146	130	105	+41	96.2	89.4	89.5	+6.7

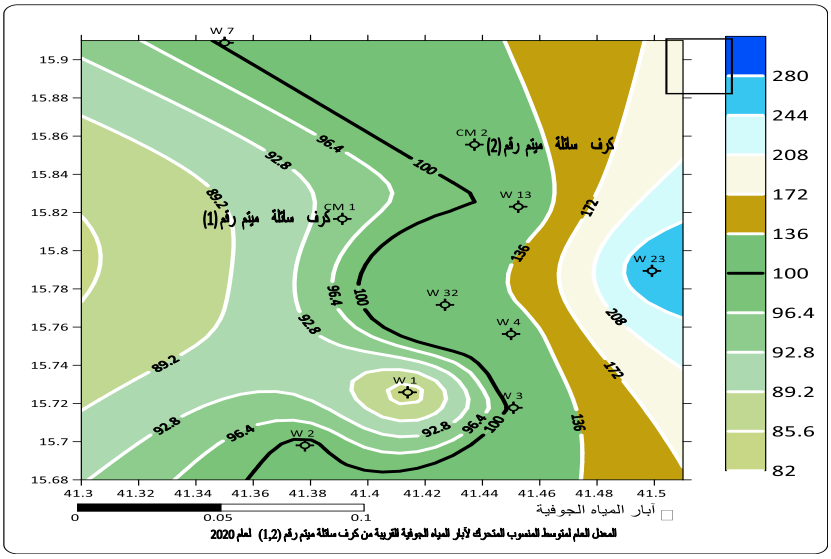
(-) قراءات غير متوافرة من المصدر.

انخفاض في منسوب المياه الجوفية خلال النصف الأول من العام 2020م

ارتفاع في منسوب المياه الجوفية خلال النصف الثاني من العام 2020م

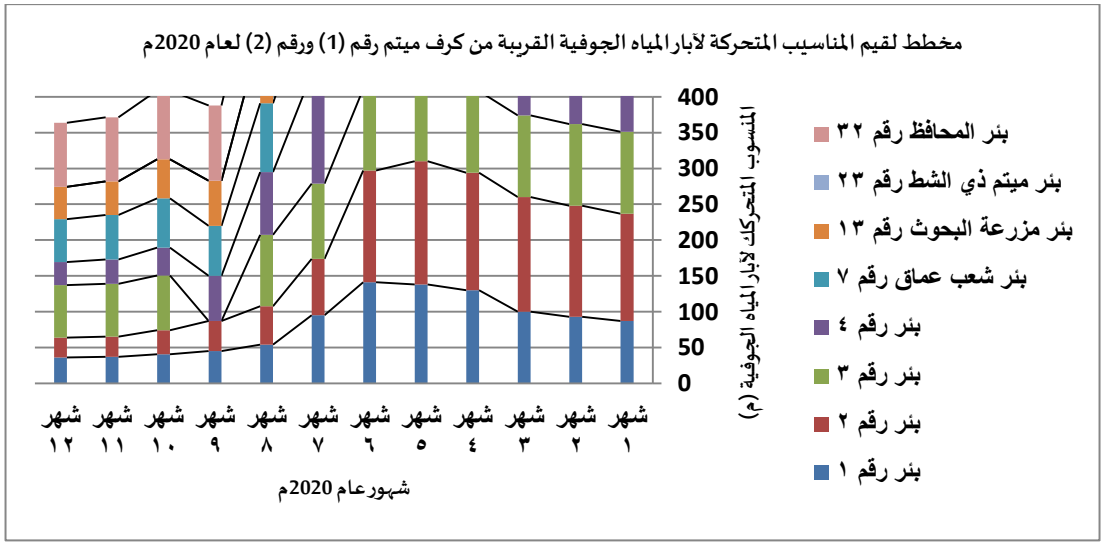
المصدر: الباحثون اعتمادا على (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي، 2020م، ص 4).

الشكل رقم (6) يمثل خارطة لقيم المعدل السنوي لمتوسط منسوب المياه الجوفية المتحرك خلال عام 2020م، بينما الشكل (7) يمثل مخططًا لقيم المناسيب المتحركة للمياه الجوفية، ومن خلالهما لوحظ بشكل عام ارتفاع منسوب المياه المتحرك في آبار المياه الجوفية بمنطقة البحث؛ إذ تراوح المتوسط السنوي المرتفع لمنسوب المياه المتحرك ما بين (82-136) مترًا في أغلب الآبار الواقعة بالقرب من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم، ويستثنى بئر مَيْتَم ذي الشط رقم (W 23) الواقع في الجزء الشرقي من منطقة البحث؛ حيث تراوح متوسط انخفاض المنسوب المتحرك للمياه (244) مترًا.



الشكل (6): خريطة قيم المعدل السنوي لمتوسط المنسوب المتحرك لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) لعام 2020م.

المصدر: الباحثون اعتمادًا على بيانات الجدول (5)، باستخدام برنامج (Surfer 16.6).



الشكل (7): مخطط لقيم المناسيب المتحركة لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1) ورقم (2) لعام 2020م.

المصدر: الباحثون اعتمادًا على بيانات الجدول (5) باستخدام برنامج (Excel).

المرحلة الثانية (بعد إنشاء الكرفانات المائية) (2021-2022م):

أولًا: 2021م: من خلال دراسة بيانات المناسيب لآبار المياه الجوفية وتحليلها بمنطقة البحث خلال العام 2021م؛ أي بعد تنفيذ مشاريع التغذية الاصطناعية وإنشائها بتقانات الكرفانات المائية الموضحة في الجدول (6) القريبة من مواقع كرف سائلة مَيْتَم رقم (1)، وكرف سائلة مَيْتَم رقم (2)؛ لوحظ انخفاض في قيمة فارق مناسيب المياه الجوفية المتحركة خلال النصف الأول من العام 2020م (موسم الجفاف).

حيث تراوحت القيمة المنخفضة (السالبة) لفارق المناسيب المتحركة ما بين (1-6.7) أمتار، مع وجود ارتفاع في فارق منسوب المياه المتحرك خلال الأشهر الأولى من موسم الجفاف: (شهر يناير، شهر فبراير، شهر مارس) في كل من: بئر شعب عماق رقم (7)، وفي بئر المحافظ رقم(32)؛ نتيجة تحسن معدل التغذية للخزان الجوفي المتحقق خلال العام السابق 2020م الذي تمت الإشارة إليه سابقًا في الجدول (5).

بينما لوحظ ارتفاع في قيم فوارق مناسيب آبار المياه الجوفية خلال النصف الثاني من العام 2020م، خاصة خلال أشهر موسم تساقط الأمطار؛ إذ تراوحت القيمة المرتفعة (الموجبة) لفوارق مناسيب المياه الجوفية ما بين (2.3-13) مترا عن سطح الأرض، وعند ملاحظة فارق مناسيب الآبار في بداية موسم الجفاف (شهر أكتوبر، وشهر نوفمبر، وشهر ديسمبر من عام 2021م)؛ تبين أن فارق المناسيب يظل مرتفعًا بنسب أقل عما هو عليه في أشهر تساقط الأمطار، على الرغم من كون الفارق المرتفع حصل خلال شهور الجفاف؛ وهذا يدل على تحسن الخزان الجوفي بفعل التغذية الاصطناعية للكرفانات المائية لسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2)، التي حققت دورًا كبيرًا في تغذية الخزان الجوفي لمنطقة البحث.

الجدول (6):

تباين قيم مناسيب المياه الجوفية المتحركة لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) بعد التغذية الاصطناعية 2021م

اسم البئر	شهر1	شهر2	شهر3	فارق المنسوب	شهر4	شهر5	شهر6	فارق المنسوب	شهر7	شهر8	شهر9	فارق المنسوب	شهر10	شهر11	شهر12	فارق المنسوب
	موسم الجفاف				موسم سقوط الأمطار				موسم سقوط الأمطار				موسم الجفاف			
بئررقم 1	36.3	38	39.5	-3.2	43	45.7	49.5	-6.5	52	49	45	+7	36	28	28	+8
بئررقم 2	30.4	33	36	-5.6	38.5	42	46.5	-8	48	48	43.4	+4.6	29	21	22.28	+6.72
بئررقم 3	64	63	65	-1	64.5	65.4	69.7	-5.2	73.4	72	70.7	+2.3	65	55	47	+18
بئررقم 4	31.8	35	38.5	-6.7	-	-	-	-	38	-	43	-5	-	22	22	0
بئر شعب عماق رقم 7	65	59	61.7	+3.3	-	65.7	74.7	-9	78.6	79	69.5	+9.1	60	51	49.5	+10.5
بئر مزرعة البحوث رقم 13	42.5	44	46	-3.5	49.5	53.7	64.9	-15.4	71.5	71	58	+13.5	42	30	29	+13
بئر مَيْتَم ذي الشط رقم 23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	81	0	72	58	57	+15
بئر المحافظ رقم 32	88	78	79	+9	75.2	75.2	91.1	-15.9	98	-	98	0	-	72	-	0

(-) قراءات غير متوافرة من المصدر.

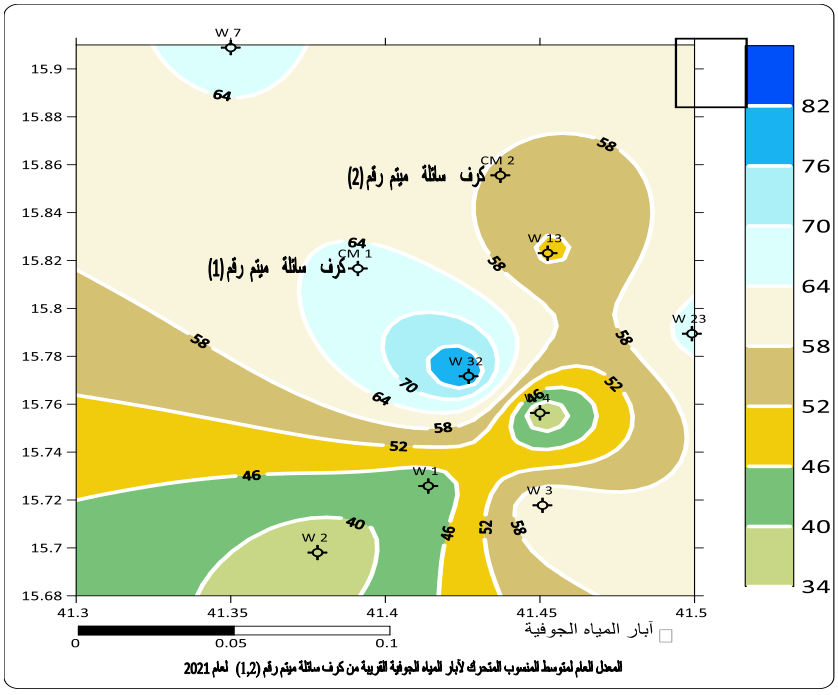
انخفاض في منسوب المياه الجوفية خلال النصف الأول من العام 2021م

ارتفاع في منسوب المياه الجوفية خلال النصف الثاني من العام 2021م

المصدر: الباحثون اعتمادا على (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي، 2021، ص 3،4).

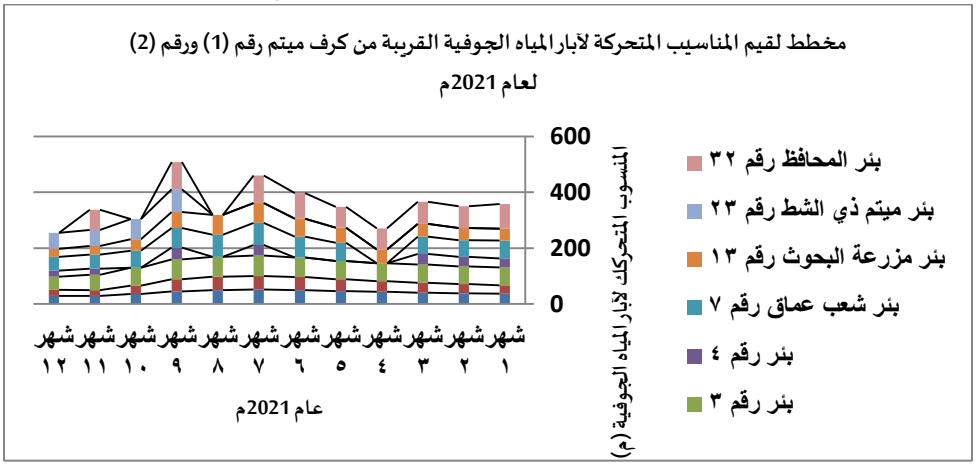
ومن تحليل وتفسير كل من: الشكلين (8 & 9)، الخاصين بقيم المعدل السنوي لمتوسط منسوب المياه الجوفية المتحرك خلال عام (2021م)، وبقيم المناسيب المتحركة للمياه الجوفية، لوحظ ارتفاع منسوب المياه المتحرك في آبار المياه الجوفية القريبة من مواقع كرف سائلة مَيْتَم رقم (1 & 2)، خاصةً في بئر البحوث الزراعية رقم (W 13)، والبئر رقم (W 4)؛ إذ تراوح المتوسط السنوي المرتفع لمنسوب المياه المتحرك فيها ما بين (34-58) مترًا.

وهو ما يشير إلى تحسن كبير في مناسيب المياه بعد إنشاء مشاريع التغذية الاصطناعية، بينما تراوح متوسط انخفاض المنسوب المتحرك للمياه ما بين (64-82) مترًا في كل من: بئر شعب عماق رقم (W 7)، وبئر مَيْتَم ذي الشط رقم (W 23)، وبئر المحافظ رقم (W 32)؛ وهو ما يشير إلى تحسن كبير في ارتفاع المناسيب بشكل أفضل مما كان عليه خلال العام السابق 2020م.



الشكل (8): خريطة قيم المعدل العام لمتوسط المنسوب المتحرك لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) لعام (2021م).

المصدر: الباحثون اعتمادًا على بيانات الجدول (6) باستخدام برنامج (Surfer 16.6).



الشكل (9): مخطط لقيم المناسيب المتحركة لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1) ورقم (2) لعام (2021م).

المصدر: الباحثون اعتمادًا على بيانات الجدول (6) باستخدام برنامج (Excel).

ثانيًا: 2022م: عند تحليل بيانات سجلات آبار المياه الجوفية خلال العام 2022م، المستفيدة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2)، كما هو مبين في الجدول (7)، يلاحظ أن فوارق المناسيب المتحركة لمياه الآبار سجلت قيمًا سالبة خلال النصف الأول من العام (2022م)؛ إذ تراوحت قيم الفوارق السالبة ما بين (4-7.3) أمتار خلال الأشهر الأولى لموسم الجفاف (يناير، فبراير، مارس).

بينما يلاحظ ارتفاع في قيم المناسيب المتحركة لآبار المياه الجوفية؛ حيث سجلت قيمًا مرتفعةً (قيم موجبة) ما بين (1.5-24) مترًا خلال الأشهر الثانية لموسم الجفاف (أكتوبر، نوفمبر، ديسمبر) من العام (2022م)؛ ما يدل على تحسن في كمية المياه في الخزان الجوفي بمنطقة البحث؛ بفعل التغذية الاصطناعية للكرفانات المائية لسائلة مَيْتَم رقم (1)، ورقم (2)، التي حققت دورًا كبيرًا في تغذية الخزان الجوفي للآبار القريبة من تلك الكرفانات المائية، كما هو موضح في الجدول (7) الآتي.

الجدول (7):

تباين قيم مناسيب المياه الجوفية المتحركة لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) بعد التغذية الاصطناعية 2022م

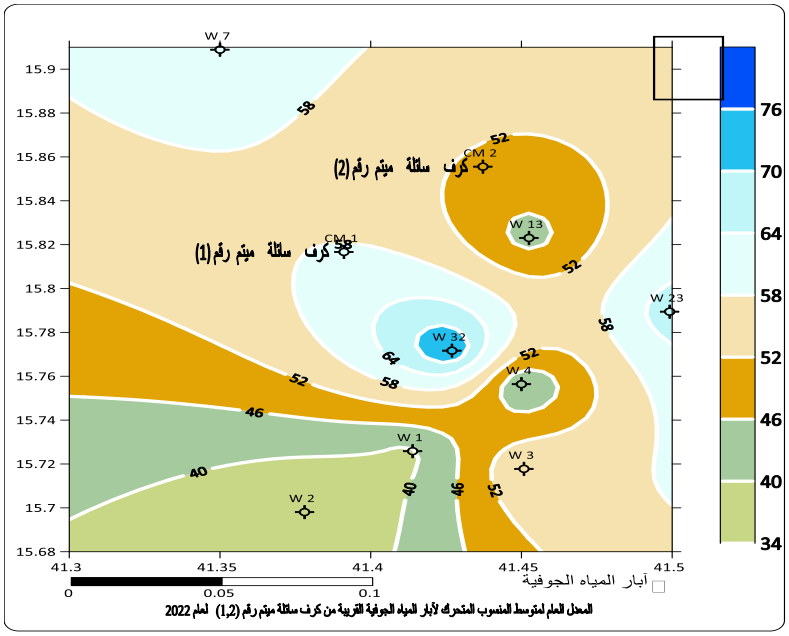
اسم البئر	شهر 1	شهر 2	شهر 3	فارق المنسوب	شهر 4	شهر 5	شهر 6	فارق المنسوب	شهر 7	شهر 8	شهر 9	فارق المنسوب	شهر 10	شهر 11	شهر 12	فارق المنسوب
	موسم الجفاف				موسم سقوط الأمطار				موسم سقوط الأمطار				موسم الجفاف			
بئررقم 1	29	29	34	-5	38	41	44	-6	47		46	+1	39	-		-
بئررقم 2	25.3	25	32	-6.7	36	37	39	-3	42		44	-2	31	29.5		+1.5
بئررقم 3	46.7	47	54	-7.3	59	61.5	63	-4	66.5		65.3	+1.2	62	60		+2
بئررقم 4	22.5	24	28	-5.5	33	36	45	-12	59.5		57	+2.5	55	31		+24
بئر شعب عماق رقم 7	49	49	54	-5	58	61	67	-9	69	لم تأخذ مناسيب	70	-1	63	72	لم تأخذ مناسيب	-9
بئر مزرعة البحوث رقم 13	28.5	28	34.7	-6.2	41	45	50	-9	58		57.3	+0.7	47	41		+6
بئر مَيْتَم ذي الشط رقم 23	57	60	63	-6	64	67.5	72	-8	79		82	-3	70.5	65		+5.5
بئر المحافظ رقم 32	67	70	71	-4	71	-	-	-	71		-	-	98	92		+6

(-) قراءات غير متوافرة من المصدر.

انخفاض في منسوب المياه الجوفية خلال النصف الأول من العام 2022م

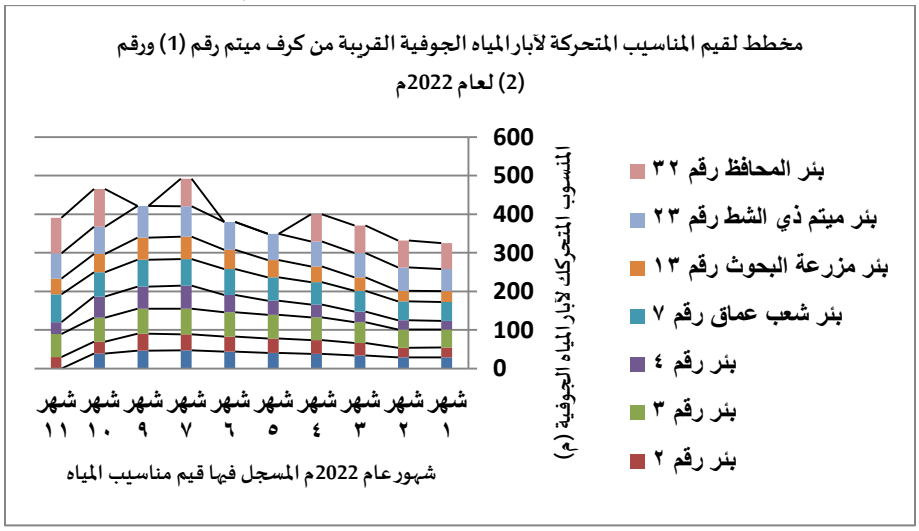
ارتفاع في منسوب المياه الجوفية خلال النصف الثاني من العام 2022م

المصدر: الباحثون اعتمادا على (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي، 2022، ص 2، 3).



الشكل (10): خارطة قيم المعدل العام لمتوسط المنسوب المتحرك لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) لعام 2022م

المصدر: الباحثون اعتمادًا على بيانات الجدول (7) باستخدام برنامج (Surfer 16.6)



الشكل (11): مخطط لقيم المناسيب المتحركة لآبار المياه الجوفية القريبة من كرف مَيْتَم رقم (2 & 1) لعام 2022م.

المصدر: الباحثون اعتمادًا على بيانات الجدول (7) باستخدام برنامج (Excel).

يلاحظ بشكل عام من خلال تحليل كل من الشكل (10)، والشكل (11)، ارتفاع منسوب المياه المتحرك في آبار المياه الجوفية بمنطقة البحث؛ إذ تراوح المتوسط السنوي المرتفع لمنسوب المياه المتحرك ما بين (34-52) مترًا في أغلب الآبار الواقعة بالقرب من كرف سائلة مَيْتَم رقم (1 & 2)، بينما تراوح متوسط انخفاض المنسوب المتحرك للمياه ما بين (58-76) مترًا؛ وهو ما يدل على حدوث تحسن ملموس أفضل من التحسن الحاصل في مناسيب المياه عام 2021م.

تحليل تباين قيم الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية قبل وبعد تنفيذ مشاريع الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) خلال الفترة ما بين (2019-2022م):

يُقصد بالطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية: كمية المياه المنتجة من البئر في زمن معين، سواء بالضخ أم بالتدفق الذاتي الحر، وتُقاس عادة بمعدل الضخ (لتر/ثانية)؛ إذ إن كمية المياه التي يمكن الحصول عليها من الآبار عبر الضخ تقع تحت تأثير مجموعة من العوامل منها: قوة المضخة وسعتها، وسعة البئر التي تعتمد على نسبة الهبوط في مستوى الماء في البئر، والضغط، وعمق البئر، والقطر الفعال لها، فضلًا عن نفاذية الطبقة الحاملة للمياه (خضير، 2008، ص279)؛

وعلى أساس تلك العوامل بشكل عام، وعلى عامل نسبة الهبوط في مستوى الماء في البئر؛ يمكن التنبؤ بتأثر الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية بمشاريع التغذية الاصطناعية بتقانات الكرفانات المائية التي تمت إقامتها في منطقة البحث.

وفيما يأتي سوف يتم تسليط الضوء على تباين قيم الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية التي تقع بالقرب من مواقع كرفانات التغذية الاصطناعية بمنطقة الدراسة طبقًا لسجلات الرصد للطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية التي رصدتها المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي-إب خلال الفترة الممتدة ما بين (2019-2022م).

والجدول (8) يوضح تباين قيم المعدل العام للمتوسط السنوي للطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) قبل التغذية الاصطناعية وبعدها خلال الفترة الزمنية ما بين (2019-2022م)، التي تم استخلاصها من جداول البيانات الرقمية لسجلات الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية القريبة من مشاريع التغذية الاصطناعية:

(الجدول (9)، الجدول (10)، الجدول (11)، الجدول (12))؛ إذ تم تحليل التباين في قيم الطاقة الإنتاجية لآبار المياه القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) قبل التغذية الاصطناعية وبعدها (2019-2022م) على مرحلتين كما هو في الآتي:

الجدول (8):

تباين قيم المعدل العام للمتوسط السنوي للطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) قبل وبعد التغذية الاصطناعية 2019-2022م

اسم البئر	2019م	2020م	فارق الإنتاجية لتر/ثانية	2021م	2022م	فارق الإنتاجية لتر/ثانية
	قبل إقامة كرف سائلة مَيْتَم رقم (1)، ورقم (2) قبل التغذية الاصطناعية			بعد إقامة كرف سائلة مَيْتَم رقم (1)، ورقم (2) بعد التغذية الاصطناعية		
بئررقم 1	6	7.2	+1.2	8.43	8.22	-0.21
بئررقم 2	10	10.5	-0.5	11.9	11.5	-0.4
بئررقم 3	4.9	5.6	+0.7	7.2	7.1	-0.1
بئررقم 4	4.7	6	+2.7	9.23	8.5	-0.73
بئرشعب عماق رقم 7	12.3	13.8	+1.5	14	13.8	-0.2
بئرمزرعة البحوث رقم 13	10.9	10.54	-0.36	12.8	13	+0.2
بئرمَيْتَم ذي الشط رقم 23	4.5	4	-0.5	7.31	8.9	+1.59
بئرالمحافظ رقم 32	-	10.1	0	9.54	10	+0.46

(-) قراءات غير متوافرة من المصدر.

انخفاض في متوسط الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية

ارتفاع في متوسط الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية

المصدر: الباحثون اعتمادا على الجدول (9)، والجدول (10)، والجدول (11)، والجدول (12).

المرحلة الأولى تباين قيم الطاقة الإنتاجية قبل إقامة مشاريع التغذية الاصطناعية (الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1)، ورقم (2)) خلال عامي (2020,2019م):

الجدول (9):

تباين قيم الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (2 & 1) قبل التغذية الاصطناعية 2019م

اسم البئر	شهر 1	شهر 2	شهر 3	فارق الإنتاجية لتر/ثانية	شهر 4	شهر 5	شهر 6	فارق الإنتاجية لتر/ثانية	شهر 7	شهر 8	شهر 9	فارق الإنتاجية لتر/ثانية	شهر 10	شهر 11	شهر 12	فارق الإنتاجية لتر/ثانية
	موسم الجفاف				موسم سقوط الأمطار				موسم سقوط الأمطار				موسم الجفاف			
بئررقم 1	7	7	7.19	+0.19	5.8	5	-	-0.8	-	4	-	0	6	-	6	0
بئررقم 2	11	11	11	0	10.5	10	-	-0.5	-	6.5	-	0	10	-	10	0
بئررقم 3	5	4	4	-1	6	5	-	-1	-	-	-	-	5	-	5	0
بئررقم 4	6	5	4.7	-1.3	4	3.2	-	-0.8	-	-	-	-	-	-	5.5	-
بئر شعب عماق رقم 7	13	13	-	0	13	11	-	-2	-	-	-	-	12	-	12	0
بئر مزرعة البحوث رقم 13	12.5	11.7	-	-0.8	11	9	-	-2	-	10	-	0	11	-	11	0

بئر مَيْتَم ذي الشط رقم 23	5.5	4	5	-0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	4	0
بئر المحافظ رقم 32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

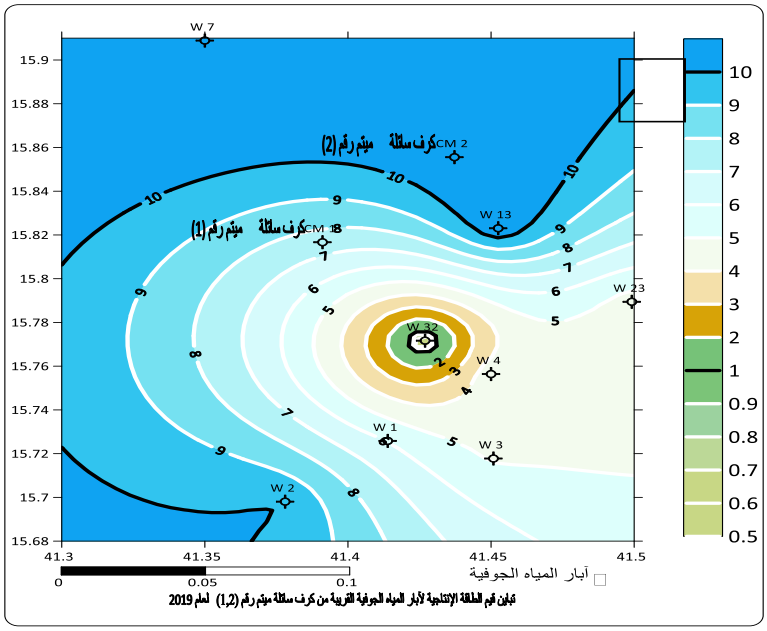
(-) قراءات غير متوافرة من المصدر.

انخفاض في الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية خلال النصف الأول من العام 2019م

ارتفاع في الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية لم يسجل خلال العام 2019م (قبل التغذية الاصطناعية)

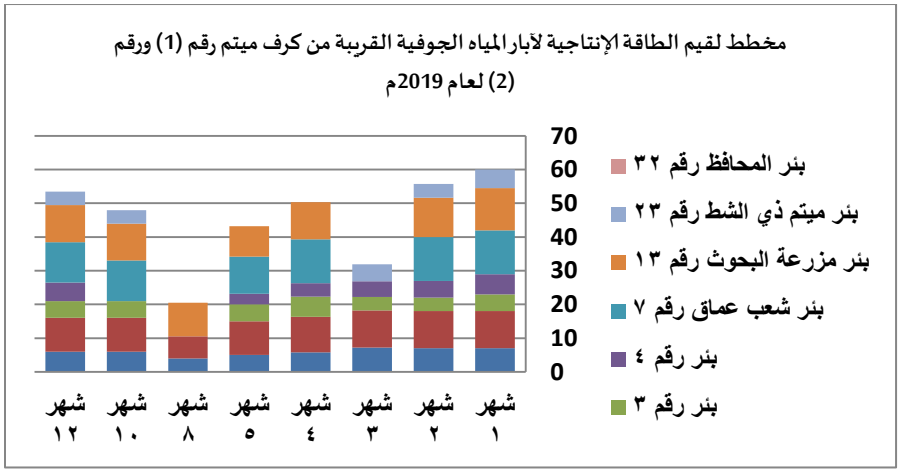
المصدر: الباحثون اعتمادا على (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي، 2019، ص 3).

الشكل (12): عبارة عن خارطة قيم الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرف المائي بسائلة مَيْتَم رقم (1) ورقم (2) للعام (2019م)، بينما الشكل (13): عبارة عن مخطط لقيم الطاقة الإنتاجية لتلك الآبار؛ إذ بلغت الطاقة الإنتاجية ما بين (8-10) لتر/ثانية في كل من: بئر شعب عماق رقم (W 7)، وبئر مزرعة البحوث رقم (W 13)، وبئر رقم (W 2)، بينما بلغت الطاقة الإنتاجية ما بين (0.5-6) لتر/ثانية في كل من: بئر رقم (W 3)، وبئر رقم (W 4)، وبئر المحافظ رقم (W 32)، وبئر رقم (W 23)، الواقعة في الجزء الجنوبي الشرقي من منطقة البحث.



الشكل (12): خريطة قيم الطاقة الإنتاجية (لتر/ثانية) لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) لعام 2019م.

المصدر: الباحثون اعتمادًا على بيانات الجدول (8) باستخدام برنامج (Surfer 16.6).



الشكل (13): مخطط لقيم الطاقة الإنتاجية (لتر/ثانية) لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) لعام 2019م.

المصدر: الباحثون اعتمادًا على بيانات الجدول (8) باستخدام برنامج (Excel).

وعبر التحليل والتفسير لكل من: الجدول (10)، والشكل (14)، والشكل (15)، الخاصة بقيم الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1) ورقم (2) خلال العام 2020م؛ يلاحظ التحسن الملموس في قيم الطاقة الإنتاجية بشكل أكبر عما كانت عليه في العام 2019م؛ فقد ارتفعت قيم الطاقة الإنتاجية ما بين (10-13) لتر/ثانية في كل من: بئر شعب عماق رقم (W 7)، وبئر مزرعة البحوث رقم (W 13)، وبئر رقم (W 2)، وبئر المحافظ رقم (W 32)، بينما تراوحت الطاقة الإنتاجية ما بين (4-9.7) لتر/ثانية في كل من: بئر رقم (W 3)، وبئر رقم (W 4)، وبئر رقم (W 23).

الجدول (10):

تباين قيم الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) قبل التغذية الاصطناعية 2020م

اسم البئر	شهر 1	شهر 2	شهر 3	فارق الإنتاجية لتر/ثانية	شهر 4	شهر 5	شهر 6	فارق الإنتاجية لتر/ثانية	شهر 7	شهر 8	شهر 9	فارق الإنتاجية لتر/ثانية	شهر 10	شهر 11	شهر 12	فارق الإنتاجية لتر/ثانية
	موسم الجفاف				موسم سقوط الأمطار				موسم سقوط الأمطار				موسم الجفاف			
بئررقم 1	7	7	6.5	-0.5	6	5.5	6	0	7	8	8	+1	8.33	8.3	8.5	+0.17
بئررقم 2	9	9	9	0	9	9	9	0	12	12	12	0	12	12	12	0

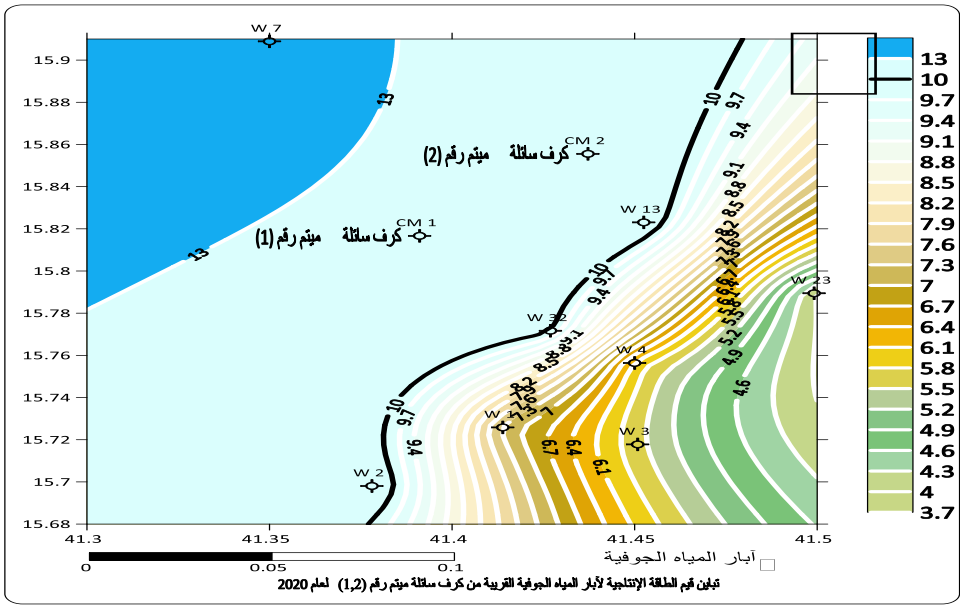
بئر رقم 3	5.5	5	5	-0.5	4.5	4	4	-0.5	5	6.25	7	+2	6.78	6.8	7	+0.22
بئر رقم 4	2	4	4	+2	4	3.5	4	0	4	8.5	9.3	+5.3	9.5	9.4	9.5	0
بئر شعب عماق رقم 7	16	12	15	-4	12	12	12	0	14.7	15	15	+0.3	14	13.86	14	0
بئر مزرعة البحوث رقم 13	10	9	9	-1	9	9	9	0	10	11	12	+2	12.7	13	12.8	+0.1
بئر مَيْتَم ذي الشط رقم 23	5	3.5	5	-1.5	3	4	4	+1	3.3	-	-	-	-	-	-	-
بئر المحافظ رقم 32	-	-	-	-	-	10	10	0	10	10.1	10.3	+0.3	10	10	10	0

(-) قراءات غير متوافرة من المصدر.

انخفاض في الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية خاصة خلال الربع الأول من العام 2020م

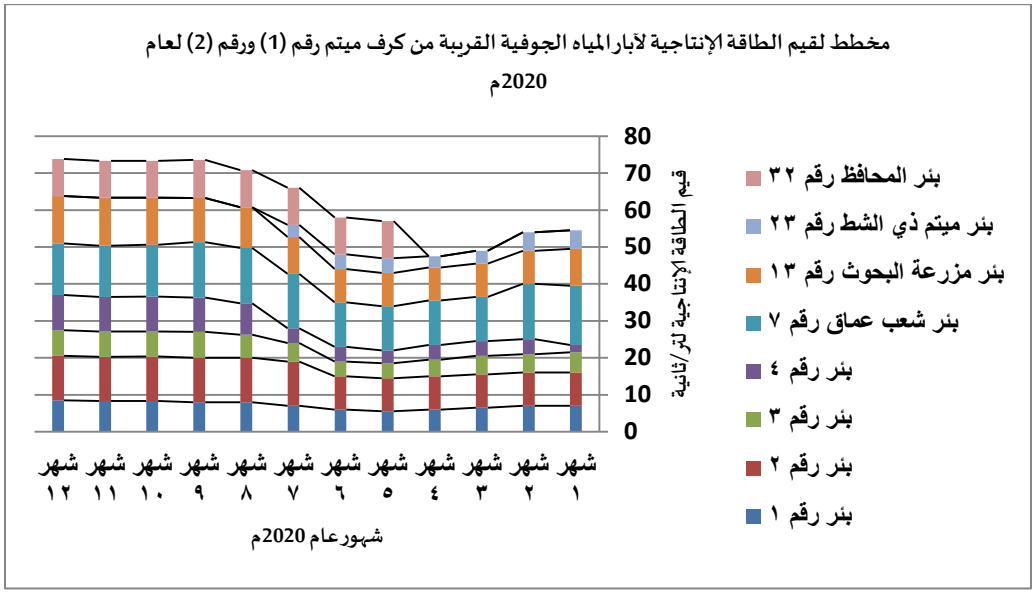
ارتفاع في الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية خلال النصف الثاني من العام 2020م

المصدر: الباحثون اعتمادا على (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي، ص 2020، ص 4).



الشكل (14): خريطة قيم الطاقة الإنتاجية (لتر/ثانية) لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) لعام 2020م.

المصدر: الباحثون اعتمادًا على بيانات الجدول (8) باستخدام برنامج (Surfer 16.6).



الشكل (15): مخطط لقيم الطاقة الإنتاجية (لتر/ثانية) لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) لعام 2020م.

المصدر: الباحثون اعتمادًا على بيانات الجدول (8) باستخدام برنامج (Excel).

المرحلة الثانية تباين قيم الطاقة الإنتاجية بعد إقامة مشاريع التغذية الاصطناعية (الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) خلال عامي (2021, 2022م):

وعبر التحليل والتفسير لكل من: الجدول (11)، والشكل (16)، والشكل (17)، الخاصة بقيم الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) لعام 2021م، يلاحظ استقرار قيم الطاقة الإنتاجية في آبار المياه الجوفية بمنطقة البحث وثباتها؛ إذ بلغت قيم الطاقة الإنتاجية ما بين (10-13) لتر/ثانية في كل من: بئر شعب عماق رقم (W 7)، وبئر مزرعة البحوث رقم (W 13)، وبئر رقم (W 2)، بينما بلغت قيم الطاقة الإنتاجية ما بين (7.3-9.7) لتر/ثانية في بقية آبار منطقة الدراسة؛ وهو ما يُشير إلى تحقق ارتفاع في قيم الطاقة الإنتاجية بشكل أكبر مما تم رصده خلال العام 2020م، وفي ضوء ما سبق ذكره تبرز أهمية التغذية الاصطناعية للخزان الجوفي بمنطقة البحث.

الجدول (11):

تباين قيم الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) بعد التغذية الاصطناعية 2021م

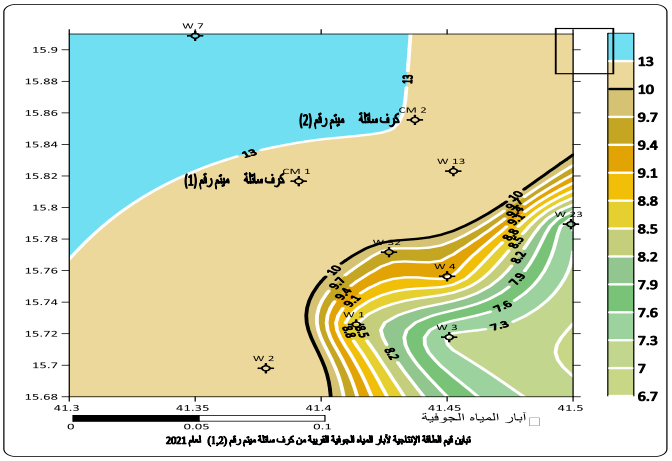
اسم البئر	موسم الجفاف					موسم سقوط الأمطار					موسم سقوط الأمطار					موسم الجفاف				
	شهر 1	شهر 2	شهر 3	لتر/ثانية	فارق الإنتاجية	شهر 4	شهر 5	شهر 6	لتر/ثانية	فارق الإنتاجية	شهر 7	شهر 8	شهر 9	لتر/ثانية	فارق الإنتاجية	شهر 10	شهر 11	شهر 12	لتر/ثانية	فارق الإنتاجية
بئررقم 1	8.3	8.3	8.2	-0.1		8.48	8.6	9	+0.52		8	8	8.7	+0.7		8	8.72	8.8	+0.8	
بئررقم 2	11.8	12	12	+0.2		12	12	12.5	+0.5		11.33	11	11.7	+0.4		12	12	12	0	
بئررقم 3	7.6	7	7.5	-0.1		7.7	7.5	7.3	-0.4		6.5	6	6.4	-0.1		7	7.9	8	+1	
بئررقم 4	9.5	9.1	9.4	-0.1		-	-	-	-		9	-	9.6	+0.6		-	8	10	+2	
بئر شعب عماق رقم 7	14.2	13	14.3	+0.1		-	12.5	16.6	+4.1		13	13	13.4	+0.4		14	14.5	14	0	
بئر مزرعة البحوث رقم 13	13	13	13.5	+0.5		13	13	12.5	-0.5		12.25	12	12	-0.25		13	13.35	13	0	
بئر مَيْتَم ذي الشط رقم 23	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	5.8	-		7	8.44	8	+1	
بئر المحافظ رقم 32	10.2	10	8.6	-1.6		8.1	8.1	8.15	+0.05		8.5	10.7 6	10.6	+2.1		10.5	11	10	-0.5	

(-) قراءات غير متوافرة من المصدر.

انخفاض في الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية خلال الربع الأول من العام 2021م

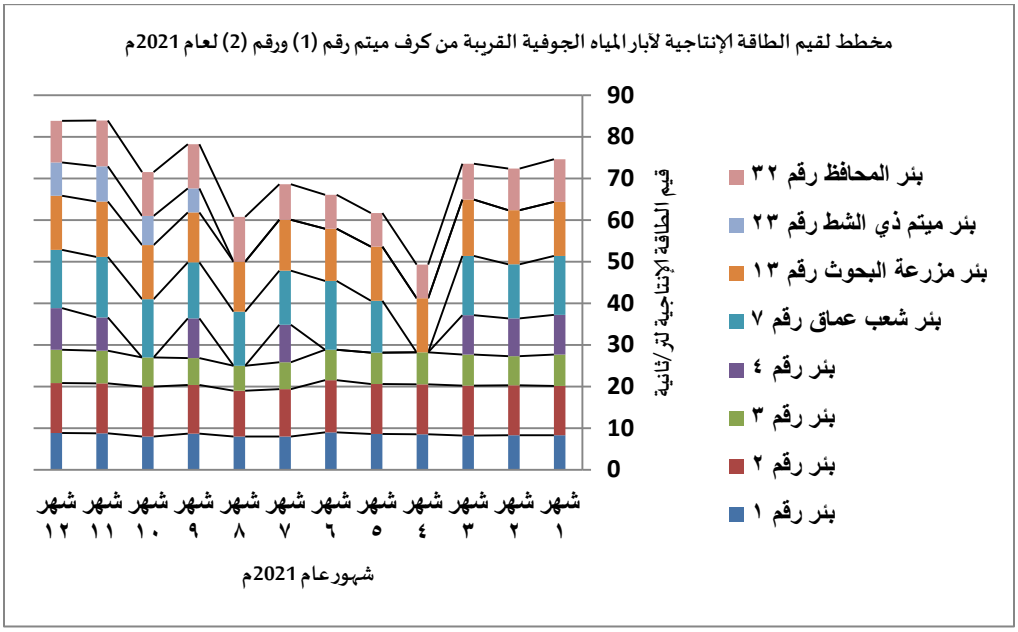
ارتفاع في الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية خلال النصف الثاني من العام 2021م

المصدر: الباحث اعتمادا على (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي، 2021م، ص 4).



الشكل (16): خريطة قيم الطاقة الإنتاجية (لتر/ثانية) لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) لعام 2021م.

المصدر: الباحثون اعتمادًا على بيانات الجدول (8) باستخدام برنامج (Surfer 16.6).



الشكل (17): مخطط لقيم الطاقة الإنتاجية (لتر/ثانية) لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) لعام 2021م.

المصدر: الباحثون اعتمادًا على بيانات الجدول (8) باستخدام برنامج (Excel).

وعبر التحليل والتفسير لقيم الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1) ورقم (2) لعام 2022م، الموضحة في كل من: الجدول (12)، والشكل (18)، والشكل (19)، لوحظ التحسن الملموس لاستقرار قيم الطاقة الإنتاجية وثباتها؛ كون قيم الطاقة الإنتاجية المرصودة خلال عام 2022م تقريبًا مشابهة للقيم المرصودة خلال العام السابق 2021م؛ إذ بلغت قيم الطاقة الإنتاجية ما بين (10-13) لتر/ثانية في كل من: بئر شعب عماق رقم (W 7)، وبئر مزرعة البحوث رقم (W 13)، وبئر رقم (W 2)، بينما بلغت قيم الطاقة الإنتاجية ما بين (7.3-9.7) لتر/ثانية في بقية آبار المنطقة خلال عام 2022م؛ وهو بدوره يُشير إلى تحقق ارتفاع في قيم الطاقة الإنتاجية بشكل أكبر من قيم الطاقة الإنتاجية المرصودة خلال العام 2021م؛ وعلى وفق ذلك خلص البحث إلى الدور البارز للتغذية الاصطناعية للخزان الجوفي بمنطقة البحث من خلال استخدام تقانات الكرفانات المائية.

الجدول (12):

تباين قيم الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) بعد التغذية الاصطناعية 2022م

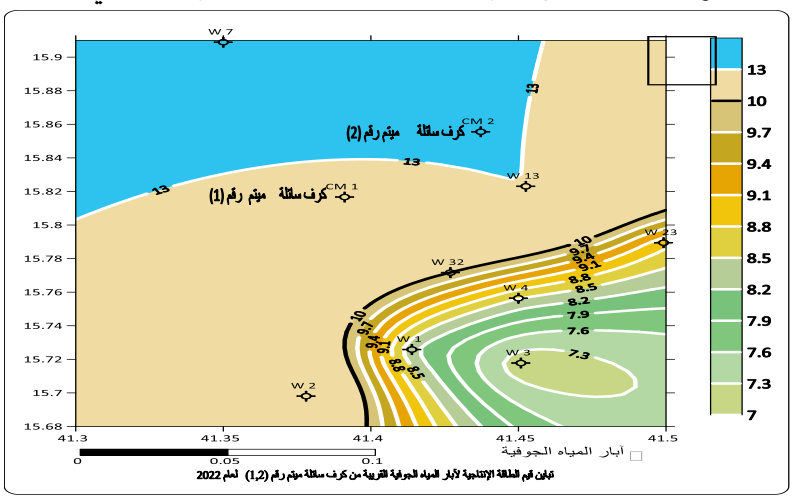
اسم البئر	شه ر1	شه ر2	شهر 3	فارق الإنتاجية لتر/ثانية	شهر 4	شه ر5	شهر6	فارق الإنتاجية لتر/ثانية	شهر7	شهر 8	شهر 9	فارق الإنتاجية لتر/ثانية	شه ر10	شهر 11	شهر 12	فارق الإنتاجية لتر/ثانية
	موسم الجفاف				موسم سقوط الأمطار				موسم سقوط الأمطار				موسم الجفاف			
بئررقم 1	8.8	8.8	8	-0.8	8	8	8.55	+0.55	7.81	لم تأخذ الإنتاجية	8	+0.19	8	-	لم تأخذ الإنتاجية	-
بئررقم 2	11	12	11.5	+0.5	11.7	11	11.48	-0.22	11.48		11.5	+0.02	11	11.9		+0.9
بئررقم 3	7	7	7	0	7	7	7	0	7		7	0	6	9		+3
بئررقم 4	9	9	9	0	10	10	10	0	7.26		9	+1.74	9	10		+1
بئر شعب عماق رقم 7	14	14	14	0	12	15	15	+3	13		14	+1	13	14		+1
بئر مزرعة البحوث رقم 13	13	13	13	0	13	13	12.8	-0.2	12.67		12.3	-0.37	13	13.5		+0.5
بئر مَيْتَم ذي الشط رقم 23	8	8	8	0	9	9	8	-1	8.72		10	+1.28	9	11		+2
بئر المحافظ رقم 32	10	10	10	0	10	10	10	0	10		10	0	10	10		0

(-) قراءات غير متوافرة من المصدر.

انخفاض في الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية خلال النصف الأول من العام 2022م

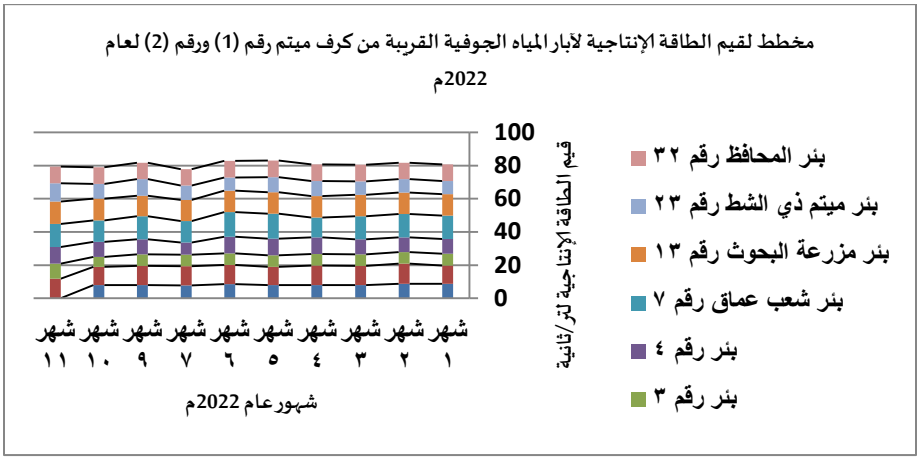
ارتفاع في الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية خلال النصف الثاني من العام 2022م

المصدر: الباحثون اعتمادا على (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي، 2022، ص 5).



الشكل (18): خريطة قيم الطاقة الإنتاجية (لتر/ثانية) لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) لعام 2022م.

المصدر: الباحثون اعتمادًا على بيانات الجدول (8) باستخدام برنامج (Surfer 16.6).



الشكل (19): مخطط لقيم الطاقة الإنتاجية (لتر/ثانية) لآبار المياه الجوفية القريبة من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) لعام 2022م.

المصدر: الباحثون اعتمادًا على بيانات الجدول (8) باستخدام برنامج (Excel).

أهم الإشكاليات التي تُعاني منها مشاريع التغذية الاصطناعية بتقنية الكرفانات المائية في منطقة البحث:

من أهم الإشكاليات وأبرزها في مشروعات التغذية الاصطناعية في منطقة البحث، تلوث مياه الكرفانات المائية؛ إما بسبب بمياه الصرف الصحي أو الصناعي أو الأنشطة السياحية أو لأسباب طبيعية ممثلة بالسقوط المطري والجريان السطحي والرياح، التي تحمل الملوثات، فضلًا عن ترسب الكثير من المواد التي تحملها السيول الداخلة للكرفانات المائية بمنطقة البحث، ويمكن تلخيص المشاكل التي تُعاني منها الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) فيما يأتي:

1)-تؤدي السيول الموسمية إلى تلوث المياه المخزنة بالكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (2 & 1)، وخاصة عند حملها كميات كبيرة من الطمي، ومن المواد العالقة، والمواد الغروية، والمواد الذائبة، من خلال جرفها للتربة من مناطق سقوط الأمطار، وغيرها وإذابتها وتفاعلها مع بعض مكونات التربة؛ فعند ترسب تلك الحمولات داخل الكرفانات المائية؛ فإنها تشغل حجمًا كبيرًا؛ ما يؤدي إلى انخفاض كمية المياه المخزنة بداخل الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2).

2-يؤدي التلوث الحاصل في المياه المخزنة بالكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2) إلى تردي نوعية المياه طبيعيًا وكيميائيًا وبيولوجيًا؛ مما يؤثر سلبًا في استخداماتها المختلفة، وأخيرًا يؤدي

التلوث في المياه المخزونة في مشاريع التغذية الاصطناعية في منطقة الدراسة إلى انخفاض نوعية المياه؛ وهو ما يؤثر سلبًا في المياه الجوفية.

النتائج:

تُعد دراسة الخصائص الهيدرولوجية لآبار المياه الجوفية المستفيدة من مشاريع التغذية الاصطناعية بمنطقة البحث أساسًا جوهريًا للتنبؤ بسلوك الخزان الجوفي، من حيث تحسن مناسيب المياه الجوفية وتدهورها؛ إذ يتم ذلك من خلال توثيق البيانات الرقمية المرصودة لمناسيب المياه الجوفية قبل التغذية وبعدها، وفي هذا البحث استخدمت ثمانية من آبار المياه الجوفية التابعة للمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي-(إب) المتواجدة بالقرب من مشاريع التغذية الاصطناعية (الكرفانات المائية)، التي تتوافر فيها سجلات (قراءات) مناسب المياه الجوفية، والطاقة الإنتاجية للآبار قبل تنفيذ عملية التغذية الاصطناعية وبعدها بتقنية الكرفانات المائية؛ لبيان مدى اختلاف مناسيب مياه الآبار خلال أشهر السنة في المدة الزمنية ما بين (2019-2022م)، فضلًا عن رسم خرائط تمثل قيم مناسيب المياه الجوفية، والطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية بمنطقة البحث، التي تستفيد من مشاريع التغذية الاصطناعية، القريبة منها.

إذ تمت المقارنة بين قيم مناسيب المياه الجوفية المتحركة؛ لمعرفة مدى التغاير في التغذية الاصطناعية لآبار المياه الجوفية لمدة أربع سنوات من العام 2019م إلى العام 2022م؛ كون منطقة البحث خلال عامي2020 2019,م خالية من مشروع للتغذية الاصطناعية، وتم إنشاء مشاريع التغذية الاصطناعية خلال 2021م، واعتمادًا على استخدام برنامج (Excel)؛ لرسم المخططات البيانية لسجلات مناسيب المياه والطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية بمنطقة البحث، وإعداد الخرائط الرقمية وإخراجها بالاستعانة ببرنامج (Surfer 16.6)، وفي ضوء ما سبق ذكره؛ توصل البحث الحالي إلى عدد من النتائج أهمها:

1-تعد التغذية المباشرة وغير المباشرة للحوض الجوفي لمدينة (إب) بما فيه منطقة البحث عبر مياه الأمطار والسيول، المصدر الطبيعي الوحيد؛ إذ تتم عملية التغذية للطبقات الحاملة للمياه إما بشكل مباشر من خلال تسرب مياه الأمطار والسيول، أو غير مباشر من خلال تسرب مياه السيول المتجمعة في نظم حصاد المياه عبر استخدام تقنيات الكرفانات المائية في المنخفضات عن طريق الوديان الموسمية المؤدية إليها، وذلك عبر تجميع مياه السيول الناتجة عن العواصف المطرية، ومن أهم مميزات التخزين السطحي وفوائده باستخدام تقنية الكرفانات المائية: الحد من عدم التبخر

بشكل كبير، ولا تحتاج إلى أعمال إنشائية كبيرة، وتمتلك سعة تخزين كبيرة، فضلًا عن كون تلك التقنيات لا تتعارض مع استعمالات الأراضي.

2-تم تقييم تغذية المياه الجوفية اصطناعيًا بتقنية الكرفانات المائية بمنطقة البحث، من خلال تحليل قياسات التغذية الاصطناعية وتفسيرها لكل من كرفانات سائلة مَيْتَم رقم (1 & 2)، التي أجرتها المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي (إب)، والتي تضمنت قياس كمية المياه الداخلة للكرفانات المائية، وكمية المياه المتسربة إلى داخل الخزان الجوفي لمنطقة البحث خلال العام 2022م؛ ومنها تم استخلاص المؤشرات والدلائل الخاصة بتقييم التغذية الاصطناعية الناتجة عن مشاريع الكرفانات المائية في منطقة البحث؛ إذ بلغت كمية مياه الأمطار والسيول المتجمعة داخل مشروع الكرف المائي مَيْتَم رقم (1) حوالي (328,856.62) م^3، في حين بلغت كمية المياه المتسربة من كرف مَيْتَم رقم (1) إلى داخل الخزان المائي الجوفي حوالي (318,811) م^3، أي ما نسبته (88%) من إجمالي كمية المياه المتسربة إلى الخزان المائي الجوفي بمنطقة البحث والبالغة (362356.5) م^3، بينما بلغ الفارق ما بين كمية المياه الداخلة لكرف مَيْتَم رقم (1)، وكمية المياه المتسربة منه إلى باطن الأرض حوالي (10045.5) م^3؛ وهو ما يُشكل (82.2%) من إجمالي الفارق بين كمية المياه الداخلة وكمية المياه المتسربة من كرف مَيْتَم رقم (1)، في حين بلغت كمية مياه الأمطار والسيول الداخلة إلى هذا الكرف حوالي (45723.7) م^3، في حين بلغت كمية المياه المتسربة من كرف مَيْتَم رقم (2) إلى داخل الخزان المائي الجوفي حوالي (43545.45) م^3؛ أي ما نسبته (12%) من إجمالي كمية المياه المتسربة إلى الخزان المائي الجوفي بمنطقة البحث، بينما بلغ الفارق ما بين كمية المياه الداخلة لكرف سائلة مَيْتَم رقم (2) وكمية المياه المتسربة منه إلى باطن الأرض حوالي (2178.2) م^3 بنسبة (17.8%) من إجمالي الفارق بين كمية المياه الداخلة وكمية المياه المتسربة من كرف سائلة مَيْتَم رقم (2) عام 2022م.؛ وفي ضوء ما سبق برزت أهمية التغذية الاصطناعية عبر استخدام تقنيات الكرفانات المائية مَيْتَم رقم (1 & 2)، التي حققت دورًا كبيرًا في تغذية الخزان الجوفي بمنطقة سائلة مَيْتَم في الجنوب الشرقي لمدينة إب من مياه السيول المتجمعة.

3-أظهر البحث من خلال تحليل البيانات الرقمية المرصودة لسجلات آبار المياه الجوفية وتفسيرها بمنطقة البحث انخفاض منسوب المياه المتحرك في آبار المياه الجوفية خلال العام 2019م؛ إذ تراوح المتوسط السنوي المنخفض لمنسوب المياه ما بين (100-200) متر، بينما في العام 2020م تراوح المتوسط السنوي المرتفع لمنسوب المياه المتحرك ما بين (82-136) مترًا في أكثر الآبار

الواقعة بالقرب من سائلة مَيْتَم، في حين أن المعدل السنوي لمتوسط منسوب المياه الجوفية المتحرك خلال العام 2021م بلغ ما بين (34-58) مترًا، وخلال العام 2022م لوحظ ارتفاع منسوب المياه المتحرك في آبار المياه الجوفية القريبة من مواقع الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2)؛ إذ تراوح المتوسط السنوي المرتفع لمنسوب المياه المتحرك فيها ما بين (34-52) مترًا؛ وهو ما يُشير إلى تحسن كبير في مناسيب المياه بعد إنشاء مشاريع التغذية الاصطناعية؛ نتيجة لارتفاع منسوب المياه المتحرك في آبار المياه الجوفية؛ إذ تراوح المتوسط السنوي المرتفع لمنسوب المياه المتحرك ما بين (34-52) مترًا في أغلب الآبار الواقعة بالقرب من الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2).

4-تبين من خلال البيانات الرقمية للسجلات المرصودة لآبار المياه الجوفية بمنطقة البحث وجود تحسن ملموس في مناسيب المياه المتحركة في آبار المياه الجوفية الواقعة بالقرب من مكان تواجد الكرفانات المائية بسائلة مَيْتَم رقم (1 & 2)، خاصةً بعد إقامة تلك الكرفانات المائية من العام 2021م حتى نهاية العام 2022م؛ إذ يؤشر ارتفاع مناسيب المياه المتراوح ما بين (34-52) مترًا إلى ثبات منسوب المياه المتحرك واستقراره خلال عامي التغذية الاصطناعية (2021-2022م)، وتجدر الإشارة إلى أن المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي في مدينة إب تجري باستمرار الفحوصات الكيميائية، والفيزيائية، والبيولوجية لجميع آبار المياه الجوفية التابعة لها، والتي تزود مدينة إب بمياه الشرب، وجميع نتائج تلك الفحوصات تُشير إلى صلاحية المياه المنتجة للاستخدام المنزلي، كمياه للشرب.

5-أظهر البحث من خلال تحليل سجلات رصد الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية وتفسيرها بمنطقة البحث خلال العام 2019م أن إنتاجية تلك الآبار تراوحت ما بين (8-10) لتر/ثانية في كل من: بئر شعب عماق رقم (W 7)، وبئر مزرعة البحوث رقم (W 13)، وبئر رقم (W 2)، في حين بلغت الطاقة الإنتاجية ما بين (0.5-6) لتر/ثانية في كل من: بئر رقم (W 3)، وبئر رقم (W 4)، وبئر المحافظ رقم (W 32)، وبئر رقم (W 23)، الواقعة في الجزء الجنوبي الشرقي لمدينة إب، ولوحظ من خلال سجلات الطاقة الإنتاجية للآبار المرصودة خلال العام 2020م التحسن الملموس في قيم الطاقة الإنتاجية بشكل أكبر من سجلات الطاقة الإنتاجية المرصودة خلال العام 2019م؛ إذ ارتفعت قيم الطاقة الإنتاجية ما بين (10-13) لتر/ثانية في كل من: بئر شعب عماق رقم (W 7)، وبئر مزرعة البحوث رقم (W 13)، وبئر رقم (W 2)، بئر المحافظ رقم (W 32)، بينما بلغت الطاقة الإنتاجية ما

بين (4-9.7) لتر/ثانية في كل من: بئر رقم (W 3)، وبئر رقم (W 4)، وبئر رقم (W 23) خلال العام 2020م.

6-تجلى من خلال سجلات الطاقة الإنتاجية المرصودة خلال العام 2020م تحسن ملموس من حيث استقرار قيم الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية وثباتها بمنطقة البحث، فضلًا عن ذلك فإن قيم الطاقة الإنتاجية تقريبًا مشابهة للقيم الخاصة بالعام السابق 2021م؛ إذ بلغت قيم الطاقة الإنتاجية ما بين (10-13) لتر/ثانية في كل من: بئر شعب عماق رقم (W 7)، وبئر مزرعة البحوث رقم (W 13)، وبئر رقم (W 2)، بينما بلغت قيم الطاقة الإنتاجية ما بين (7.3-9.7) لتر/ثانية في بقية آبار المنطقة خلال العام 2020م؛ وهو ما يؤكد حدوث ارتفاع في قيم الطاقة الإنتاجية المرصودة خلال العام 2021م؛ وخلص البحث إلى الدور البارز للتغذية الاصطناعية للخزان الجوفي بمنطقة البحث من خلال استخدام تقانات الكرفانات المائية.

7- خلص البحث عبر التحليل والتفسير للبيانات الرقمية المرصودة لقيم الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية بمنطقة البحث إلى تحقق ارتفاع وتحسن ملموس بقيم الطاقة الإنتاجية المرصودة خلال العام 2021م، والعام 2022م؛ أي: بعد إنشاء مشاريع التغذية الاصطناعية في منطقة البحث؛ إذ بلغت قيم الطاقة الإنتاجية ما بين (10-13) لتر/ثانية، في حين تراوحت قيم الطاقة الإنتاجية المرصودة خلال العام 2019م، والعام 2020م (قبل إنشاء مشاريع التغذية الاصطناعية) ما بين (4-10.5) لتر/ثانية.

8-تعتبر التغذية المباشرة وغير المباشرة للحوض الجوفي لمدينة إب من مياه الأمطار والسيول هي المصدر الطبيعي الوحيد في منطقة البحث؛ حيث تتم عملية التغذية للطبقات الحاملة للمياه إما مباشرة من خلال تسرب مياه الأمطار والسيول أو غير مباشرة من خلال تسرب مياه السيول المتجمعة في نظم حصاد المياه باستخدام تقنيات الكرفانات المائية في المنخفضات عن طريق الوديان الموسمية المؤدية إليها؛ وذلك من خلال تجميع مياه السيول الناتجة من العواصف المطرية، ومن مميزات وفوائد التخزين السطحي باستخدام الكرفانات المائية أنها تحد من التبخر بشكل كبير، وأنها لا تحتاج إلى أعمال إنشائية كبيرة، وتمتلك سعة تخزين كبيرة، ولا تتعارض مع استعمالات الأراضي، وأن لها قابلية أقل لتلوث المياه.

التوصيات:

في ضوء النتائج التي تم التوصل إليها في هذا البحث؛ نوصي بالآتي:

1-يجب المحافظة على قيم المتوسط السنوي لمناسيب آبار المياه الجوفية من خلال زيادة أعداد مشاريع التغذية الاصطناعية بتقنية الكرفانات المائية الملائمة والمناسبة لطبيعة وطبوغرافية مدينة إب.

2-يجب إجراء دراسة فنية لاستقصاء الوضع الحالي لمورد المياه الجوفية في مدينة إب؛ وذلك عبر تطبيق التقنيات الهيدروجيولوجية وإدارة المعلومات معًا؛ لتأسيس نظام معلومات مياه جوفية شامل يعمل بوصفه أداة تخطيط قوية؛ لتحقيق الاستخدام المستدام لمورد المياه الجوفية في منطقة البحث.

3-في ضوء النتائج التي توصل إليها هذا البحث، فقد برزت أهمية التغذية الاصطناعية عبر تقنية الكرفانات المائية بحدوث تحسن ملموس من حيث استقرار قيم الطاقة الإنتاجية لآبار المياه الجوفية وثباتها بمنطقة البحث؛ وعلى أساس ذلك يوصي البحث الحالي بوجوب زيادة حفر البرك الاصطناعية (الحفر الأرضية، البرك المائية، السدود المائية) في مدينة إب، في عدد من المناطق التابعة للحوض المائي خصوصًا جوار مجاري السيول؛ لتجميع مياه الأمطار والسيول من أجل تسريب هذه المياه إلى جوف الأرض لتغذية مياه الحوض المائي في مدينة إب.

المراجع:

خضير، عبدالرزاق جيون .(2008). *الموازنة المائية المناخية وأثرها في الاحتياجات المائية لمحصولي القمح والشعير في العراق* [أطروحة دكتوراه غير منشورة]، كلية الآداب، جامعة البصرة، العراق.

المؤسسة العامة للمياه والصرف الصحي محافظة إب. (2019). *سجلات رصد مناسيب وطاقة إنتاجية آبار المياه الجوفية بمدينة إب*، (تقرير غير منشورة).

المؤسسة العامة للمياه والصرف الصحي محافظة إب. (2020). *سجلات رصد مناسيب وطاقة إنتاجية آبار المياه الجوفية ومناسيبها وطاقتها الإنتاجية في مدينة إب*، (تقرير غير منشورة).

المؤسسة العامة للمياه والصرف الصحي محافظة إب. (2021). *التقرير الفني عن مواقع آبار المياه الجوفية ومواقع الكرفانات المائية في مدينة إب*، (تقرير غير منشورة).

المؤسسة العامة للمياه والصرف الصحي محافظة إب. (2021). *سجلات رصد مناسيب وطاقة إنتاجية آبار المياه الجوفية ومناسيبها وطاقتها الإنتاجية في مدينة إب*، (تقرير غير منشورة).

المؤسسة العامة للمياه والصرف الصحي محافظة إب. (2022). *التقرير الفني لعمليات قياسات التغذية الاصطناعية باستخدام الكرفانات المائية في مدينة إب*، (تقرير غير منشورة).

المؤسسة العامة للمياه والصرف الصحي محافظة إب. (2022). *سجلات رصد مناسيب وطاقة إنتاجية آبار المياه الجوفية ومناسيبها وطاقتها الإنتاجية في مدينة إب*، (تقرير غير منشورة).

المؤسسة العامة للمياه والصرف الصحي محافظة إب. (2023). *التقرير الفني لعمليات قياسات التغذية الاصطناعية باستخدام الكرفانات المائية في مدينة إب*، (تقرير غير منشورة).

الورافي، محمد عبده. (2023). *دراسة هيدرولوجية المياه الجوفية في الحوض المائي لمدينة إب باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية* [رسالة ماجستير غير منشورة]، قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، جامعة إب، اليمن.

References

Khuḍayr, ʿAbd-al-Razzāq Jīwan. (2008). al-Muwāzanah al-mā'īyah al-muanākhīyah wa-atharuhā fī al-iḥtiyājāt al-mā'īyah lmḥṣwly al-qamḥ wālshʿyr fī al-ʿIrāq [uṭrūḥat duktūrāh ghayr manshūrah], Kullīyat al-Ādāb, Jāmiʿat al-Baṣrah, al-ʿIrāq, (in Arabic).

al-Mu'assasah al-ʿĀmmah lil-Miyāh wa-al-ṣarf al-ṣiḥḥī Muḥāfaẓat ib. (2019). sijillāt raṣd mnāsyb wṭāqh intājyh ābār al-miyāh al-jawfīyah bi-madīnat ib, (taqrīr ghayr manshūrah), (in Arabic).

al-Mu'assasah al-ʿĀmmah lil-Miyāh wa-al-ṣarf al-ṣiḥḥī Muḥāfaẓat ib. (2020). sijillāt raṣd mnāsyb wṭāqh intājyh ābār al-miyāh al-jawfīyah wmnāsybhā wṭāqthā al-intājīyah fī Madīnat ib, (taqrīr ghayr manshūrah), (in Arabic).

al-Mu'assasah al-ʿĀmmah lil-Miyāh wa-al-ṣarf al-ṣiḥḥī Muḥāfaẓat ib. (2021). al-taqrīr al-Fannī ʿan mawāqiʿ ābār al-miyāh al-jawfīyah wa-mawāqiʿ alkrfānāt al-mā'īyah fī Madīnat ib, (taqrīr ghayr manshūrah, (in Arabic).

al-Mu'assasah al-ʿĀmmah lil-Miyāh wa-al-ṣarf al-ṣiḥḥī Muḥāfaẓat ib. (2021). sijillāt raṣd mnāsyb wṭāqh intājyh ābār al-miyāh al-jawfīyah wmnāsybhā wṭāqthā al-intājīyah fī Madīnat ib, (taqrīr ghayr manshūrah, (in Arabic).

al-Mu'assasah al-ʿĀmmah lil-Miyāh wa-al-ṣarf al-ṣiḥḥī Muḥāfaẓat ib. (2022). al-taqrīr al-Fannī li-ʿamalīyāt qiyāsāt al-taghdhiyah alāṣṭnāʿyh bi-istikhdām alkrfānāt al-mā'īyah fī Madīnat ib, (taqrīr ghayr manshūrah, (in Arabic).

al-Mu'assasah al-ʿĀmmah lil-Miyāh wa-al-ṣarf al-ṣiḥḥī Muḥāfaẓat ib. (2022). sijillāt raṣd mnāsyb wṭāqh intājyh ābār al-miyāh al-jawfīyah wmnāsybhā wṭāqthā al-intājīyah fī Madīnat ib, (taqrīr ghayr manshūrah, (in Arabic).

al-Mu'assasah al-ʿĀmmah lil-Miyāh wa-al-ṣarf al-ṣiḥḥī Muḥāfaẓat ib. (2023). al-taqrīr al-Fannī li-ʿamalīyāt qiyāsāt al-taghdhiyah alāṣṭnāʿyh bi-istikhdām alkrfānāt al-mā'īyah fī Madīnat ib, (taqrīr ghayr manshūrah, (in Arabic).

Alwrāfy, Muḥammad ʿAbduh. (2023). dirāsah haydrūlūjīyat al-miyāh al-jawfīyah fī al-Ḥawḍ al-mā'ī li-madīnat ib bi-istikhdām Tiqniyāt al-Istishʿār ʿan baʿda wa-nuẓum al-maʿlūmāt al-jughrāfīyah [Risālat mājistīr ghayr manshūrah], Qism al-jughrāfiyā wa-nuẓum al-maʿlūmāt al-jughrāfīyah, Kullīyat al-Ādāb, Jāmiʿat ib, al-Yaman, (in Arabic).