التقييم الهيدروچيولوچي للمياه الجوفية في منطقة تبوك شمال غربي المملكة العربية السعودية بإستخدام نظم المعلومات الجغرافية والتحليل الإحصائي

أ.د. خالد بن مسلم الحربي

أستاذ الجغرافيا الطبيعية والإستشعار عن بعد

د. محمد عبد الغفار البسطويسي

أستاذ الهيدرولوچي المساعد

قسم الجغرافيا

جامعة أم القرى

١٤٣٢هـ - ٢٠١١م

التقييم الهيدروچيولوچي للميـاه الجوفيـة في منطقة تبـوك شمال غربي المملكة العربية السعودية بإستخدام نظم المعلومات الجغرافية والتحليل الإحصائي

أ.د. خالد بن مسلم الحربي
أستاذ الجغرافيا الطبيعية والإستشعار عن بعد

د. محمد عبد الغفار البسطويسي
أستاذ الهيدرولوچي المساعد
قسم الجغرافيا
جامعة أم القرى
١٤٣٢هـ - ٢٠١١م

ملخص :

تهدف هذه الدراسة الي التقييم الهيدروچيولچي لمتغيرات المياه الجوفية بين منطقتي شمال منطقة تبوك وشرقها الواقعة شمال غربي المملكة العربية السعودية، متخذة لذلك تحليلات نظم المعلومات الجغرافية لنماذج الإرتفاعات الرقميه والخرائط الچيولوچية، بالإضافة إلى تطبيق معامل إرتباط بيرسون (Pearson Correlation) بين متغيرات مواقع الآبار والخصائص العامة لها. وأظهرت الدراسة الإرتباط الچيولوچي والتركيبي بين نمط التصريف السطحي وتوزيع المكاشف لمتكون الساق(الحامل للمياه الجوفية) في الجزء الجنوبي الغربي من منطقة الدراسة وأيضا الإرتباط بين نمط التصريف السطحي وتباين مستوي الماء الجوفي من مكان لأخر، مع إنخفاض تدريجي وملحوظ لعمق الماء الجوفي نتيجة السحب الجائر للمياه وقله معدلات التعويض من المكاشف وأثر التراكيب الچيولوچية في حركه وإتصال المياه الجوفية. وأوضح التحليل الإحصائي إن هناك علاقة إرتباطية طردية بين عمق الآبار ومستوى الماء الجوفي الثابت بلغت (٠,٨) و علاقة طردية أخرى بين العمق والإنتاجية بلغت (٠,٨) وكذلك علاقة عكسية متوسطة بين العمق ومجموع الأملاح الذائبة TDS بلغت (- ٠,٥) وعلاقة عكسية أخرى بين الإنتاجية ومجموع الأملاح الذائبة بلغت (-٠,٦) عند مستوى دلالة (٠,٠١). وكشف تحليل التباين الأحادي ANOVA عن وجود فروق ذات دلالة إحصائية في خصائص عمق البئر ومستوى الماء الجوفي الثابت للبئر ومستوى الماء الجوفي المتحرك بين منطقتي شمال تبوك وشرقها ، ويدل ذلك على إختلاف عمق تكوين الساق. و لكن لم تظهر فروق ذات دلالة إحصائية بين المنطقتين لمتغيري الإنتاجية ومجموع الأملاح الذائبة، و هذا يعني أن زيادة العمق في الطبقة الحاملة للمياه يحدث بشكل أكبر في منطقة شمال تبوك الزراعية مقارنة بشرقها، وعلي الرغم من ذلك لم تتأثر الحركة العامة للمياه الجوفية لكميات سحب المياه بالأماكن المختلفة من منطقه الدراسة. ونخلص إلي أن الهبوط المستمر لمستوى الماء الجوفي المتحرك بتأثير عملية سحب المياه لري المحاصيل الزراعية يستلزم إجراءات لتحديد حد السحب الآمن لإستدامة مصادر المياه الجوفية بالمنطقة.

مصطلحات البحث:

المياه الجوفية- التحليل لإحصائي - أبار المياه- تكوين الساق

أ.د. خالد مسلم الحربي- أستاذ الجغرافيا - قسم الجغرافيا- جامعة أم القرى

د. محمد عبد الغفار بسطويسي- أستاذ الهيدرولوچي المساعد- قسم الجغرافيا- جامعة أم القرى

HYDRO GEOLOGICAL ASSESSMENT OF THE GROUNDWATER IN TABUK AREA-NORTH-WEST OF SAUDI ARABIA USING GIS AND STATISTICAL ANALYSES

Khalid M Al Harbi,
and Mohamed El bastawesy
Geography Department of
Umm Al Qura University, Mecca , KSA.
Correspondence author:
Khalid M Al Harbi
email:alharbik2001@yahoo.com

Abstract:

This study aims to assess the hydrogeological changes of groundwater in the east and north of Tabuk regions, which is located in the northwestern part of the Kingdom of Saudia Arabia. This was elaborated using GIS analyses of DEM and geological maps as well as groundwater data collected. The ground water variables were statistically analyzed; a Pearson correlation matrix was developed for the variables of groundwater data. The study showed the geological and structural control of the surface drainage patterns and the distribution of the Saq Formation outcrops in the southwestern part of the study area, as well as the local variations of groundwater levels. The levels of groundwater are gradually declining as excessive pumping of the aquifer is of limited replenishment under the prevailing arid conditions, and the impact of geological structures on groundwater flow pattern and conductivity. The results show a high positive correlation between the depth and the water level ($r = 0.8$), and another high correlation between the depth and the water production ($r = 0.8$), A negative correlation between the depth and the total dissolved salts (TDS) (-0.5) and between water production and TDS (-0.6) all at (0.01) level of significance. The Analysis of variance (ANOVA) indicated that significant differences between northern and eastern areas of Tabuk for depth, static water level, and pumping water level, as a result of the geological changes of the Saq aquifer in the eastern and northern areas. However the water production and pumping rates and the TDS of the water in both areas are correlated. This indicates that the abstraction of groundwater has not affected conductivity and groundwater flow patterns within the areas. Although the aggressive pumping of the groundwater has developed significant decline of water levels and the safe yields and sustainability of groundwater has to be examined.

Keywords:

Groundwater - Statistical analysis - Water well- Saq Formation

مقدمة :

إهتمت دراسات جغرافية عديدة بالتركيز على مؤشرات وجود المياه الجوفية من خلال جمع المعلومات عن طبيعة الظواهر الجيولوجية والجيومورفولوجية والنباتات الطبيعية، والنشاط الزراعي (الصالح، ١٩٩٧)، مع الكشف عن العلاقة الإرتباطية بين الغطاء النباتي ورطوبة التربة ومستويات المياه الجوفية غير العميقة (Ghulam et al.. 2004). إن قياس كميات المياه الجوفية والتعرف على مستويات الملوحة الذائبة فيها ومعدلات الشحن ومدي إرتباطها بالعوامل المناخية الحالية، يعتبر من أولويات الدراسات الهيدرولوجية التطبيقية بالمناطق الجافة حيث يتوقف عليها مستقبل التنميه الحاضره والمستدامة. وقد تكونت معظم المياه الجوفية بالمناطق الجافة بفعل عمليات التغذية المائية القديمة، التي وجدت في ظل ظروف مناخية وهيدرولوجية رطبة سيطرت على تلك المناطق لفترات طويلة (Kayane،1997).

وتتأثر كثير من مناطق المملكة العربية السعودية من ظاهرة الإستنزاف المتكرر والمرتفع جداً للمياه الجوفية بسبب تزايد إستخدامها للأغراض الزراعية والعمرانية، مع قلة فرص التعويض المائي في طبقات المياه الجوفية العميقة. وتمتاز منطقة تبوك بالوفرة المائية الجوفية، حيث ينقب عن مياهها في مناطق تكوين الساق Saq Formation . ويعد هذا التكوين من أكبر التكوينات المائية في المملكة العربية السعودية، حيث يغطي طوله ١٢٠٠كم، ومساحته المنكشفة ٦٥٠٠٠كم٢، وسمكه ٦٠٠ م. وهو يتكون من الحجر الرملي الذي يعود إلى العصر الكمبري، يعلوه طفل تابع لمتكون تبوك، وعمر المياه فيه يتراوح ما بين ٢٢ إلى ٢٨ ألف سنة، ويتم تعويض مياه الساق عن طريق منكشفة الواقع في شمال المملكة، وتقدر قيمة التغذية بحوالي ٢٣٠ مليون م٣/ سنة. ويضاف إلى تكوين الساق ويوازيه ويعلوه Tabuk Formation الذي يعود تاريخه إلى حقب الحياة القديمة وهو من أصل بحري إلى قاري يتركب من الحجر الرملي المختلط بالطفل مع الجبس والحجر الجيري. وتتم تغذية تكوين تبوك عن طريق الرواسب الرملية التي تقع إلى الشمال الغربي من تبوك، أو من تحت البازلت الرباعي بمياه جوفية أقل عذوبة، قدرت كمياتها بحوالي ١٣٠٠ مليون متر مكعب (المديرية العامة للمياه بمنطقة تبوك، ٢٠٠٩).

وبوجه عام، فإن تكوين الساق المائي ينحدر من الغرب إلى الشرق، وبالتالي فإن هذه الخاصية تجعل المياه الجوفية تختلف عمقاً ووفرةً من موقع إلى آخر في منطقة الدراسة.

وتؤدي عملية الحفر العشوائي لآبار المياه الجوفية في تكوين تبوك المائي، إلى تسرب الأملاح إلى تكوين الساق في المنطقة، بالإضافة إلى إستنزاف مياه تكوين الساق بتأثير عملية سحب المياه بكميات كبيرة جداً لمواجهة التوسع الزراعي، وتلبية حاجة مدينة تبوك من المياه. لذا فقد أدت الظروف المناخيه السائده بالأقاليم الجافة وقله سقوط الأمطار الي تزايد وتنامي الإهتمامات بدراسه كافه ما يتعلق بالمخزون الجوفي من المياه وذلك بإستخدام العديد من الوسائل التقنيه والعلميه والقياسات الحقليه المختلفة. وقد إستخدمت حديثا تقنيات الإستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تحديد وتمثيل العوامل الهيدرولوجية والقياسات المورفومترية لأحواض الصرف بالمناطق الجافة وأثارها علي نمط التصريف السيلي وشحن الخزانات الجوفيه من مياه السيول (البسطويسي وأخرون ٢٠٠٩). ويعد التحليل الإحصائي من أدوات عرض وتحليل البيانات الرقمية، حيث إستخدم بشكل موسع في الدراسات الجغرافية، للكشف عن التباينات بين الظواهر الجغرافية التطبيعية والبشرية من خلال إبراز العلاقات الإرتباطية بين المتغيرات قوة وإتجاهاً، مع إمكانية استخدامة لتصنيف تلك المتغيرات، وتحديد أكثرها تأثيراً على الظاهرة المدروسة. وإتجهت بعض البحوث الجغرافية الخاصة بالموارد المائية إلى إستخدام التطبيقات الإحصائية في دراسة أنماط توزيع أبار المياه الجوفية، وتحليل العلاقة بين متغيراتها الهيدرولوجية في مناطق التراكيب الچيولوچية، لتدلل على نفاذ مياه الجريان السطحي، وتغذية التكوينات المائية الجوفية قليلة العمق .(Sakhivel et al.. 2003)

وفي هذا البحث سوف تستخدم نظم المعلومات الجغرافية في التحليلات المورفومترية والهيدرولوجية لبيانات نماذج الإرتفاعات الرقميه والخرائط الچيولوچية وصور الاقمار الإصطناعية لمنطقة تبوك، بالإضافة إلى التحليل الإحصائي لبيانات أبار المياه الجوفية المتوفرة في المديرية العامة للمياه بمنطقة تبوك ٢٠٠٩، مع المراجعة الحقلية، وذلك بهدف تقييم إمكانات الخزان الجوفي وأثره علي إستدامة التنمية بالمنطقة.

موضوع الدراسة:

تعد دراسة المياه الجوفية توزيعاً لمواقعها، وتحليلاً للعوامل المؤثرة فيها من الموضوعات التي بدأت تأخذ حيزاً كبيراً في مجال الدراسات الجغرافية التطبيقية. وتأتي دراسة تقييم التغير في الخصائص الهيدرولوچية لآبار المياه الجوفية بإستخدام نظم المعلومات الجغرافية والتطبيقات الإحصائية في منطقة تبوك كواحدة من تلك الدراسات الجغرافية بقصد التعرف على الفروق في الخصائص الهيدرولوچية لآبار المياه الجوفية بين شمال وشرق تبوك على إعتبارهما موقعين زراعيتين في المنطقة(شكل ١).

هدف الدراسة:

يتحدد الهدف الرئيسي للدراسة في التحليل المورفومتري والچيولوچي لحوض الصرف بمنطقة تبوك، وتحديد اثر ذلك علي الخصائص الهيدرولوچية لأبار المياه الجوفية بين منطقتي شمال تبوك وشرقها.

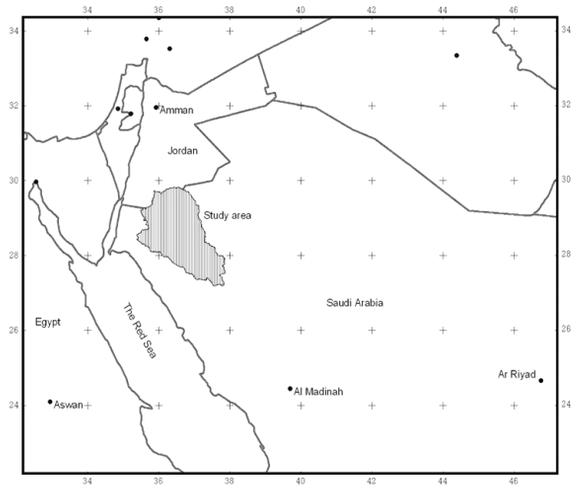
تساؤل الدراسة:

هل هناك فروقات ذات دلالة إحصائية في الخصائص الهيدرولوچية لأبار المياه الجوفية بين منطقتي شمال تبوك وشرقها؟

منطقة الدراسة:

تقع منطقة تبوك في الطرف الشمال الغربي من المملكة العربية السعودية، وتعد من مناطق المملكة التي تشهد تطوراً في المجالين الزراعي والعمراني. وتنحصر المنطقة المعنية بالدراسة بين دائرتي عرض ٢٨,١٠° - ٢٨,٥٠° شمالاً، وخطي طول: ٣٦,٠٢° - ٣٦,٥٧° شرقاً شكل (١).

وتظهر علي سطح منطقه الدراسة عده أنواع مختلفة من الصخور والتراكيب الچيولوچية التي تكونت علي مدي التاريخ الچيولوچي فيما بين حقبه ما قبل الكامبري حتي الزمن الحديث. فتنكشف صخور الأساس القاعدي التي تتألف من صخور متحولة (الشست والإردواز) وصخور ناريه (أغلبها من الجرانيت والجابرو والديوريت) في الجزء الغربي من منطقة الدراسة. وتاثرت هذه الصخور بالحركات الأرضية المختلفة وتكونت بها طيات وكسور والعديد من القواطع النارية والعروق. وتعلو مجموعة صخور

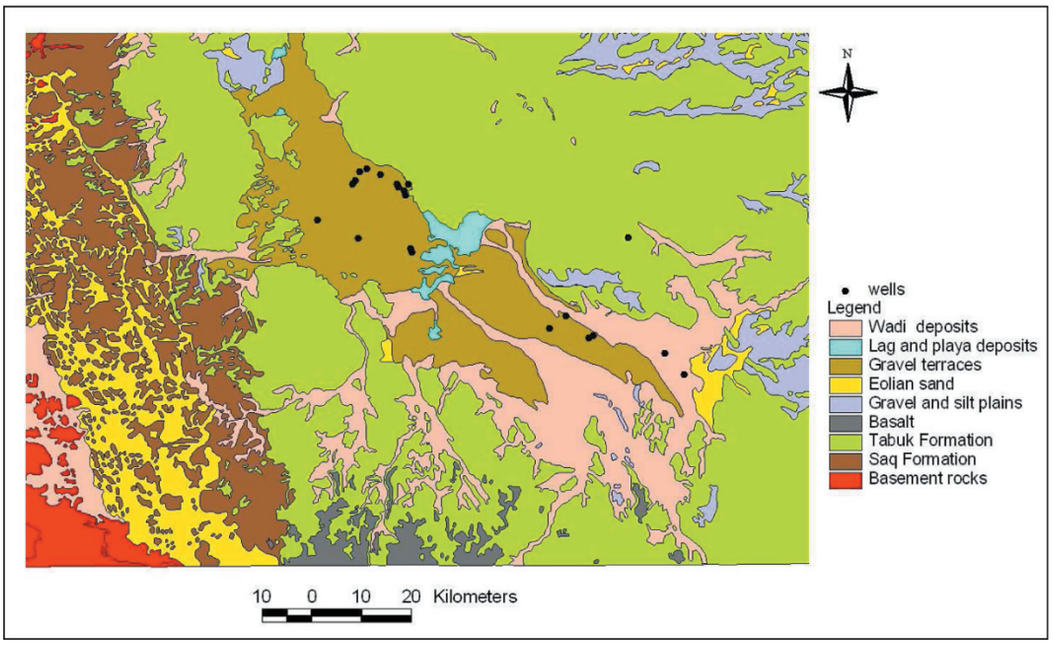


شكل (١) موقع منطقة الدراسة

الأساس القاعدي طبقات من الحجر الرملي السميك (متكون الساق) الذي ترسب خلال العصر الكامبري. وقد إستمر ترسيب الصخور الرملية والفتاتية خلال فتره حقب الحياه القديمة (متكون تبوك). وشهدت فتره الحقب الثلاثي ترسبات لصخور الحجر الجيري الطباشيري في الأجزاء الشمالية كما إنتشرت الطفوح البازلتية من الحرات بمساحات متفرقة منطقة الدراسة التي إستمرت علي فترات متقطعة حتي الزمن الرابع. وخلال الزمن الرابع تكونت العديد من البحيرات الحبيسة والأودية النشطة بداخل الأجزاء المنخفضة من منطقة الدراسة أثناء الفترات المطيرة والتي تحولت مع الجفاف المناخي الي سبخات وبلايات، وكذلك شكلت العمليات الهوائية العديد من التجمعات والفرشات الرملية بمناطق الأودية القديمة (شكل ٢) . وقد أثرت الخطيات البنائية Lineaments- وهي عبارة عن انكسارات على سطح الأرض نتيجة العمليات الچيولوچية القديمة- علي منطقة الدراسة وشكلت خسف Graben طولي يمتد بإتجاه شمال غرب - جنوب شرق (إتجاه البحر الأحمر). وتتاثر العديد من الأودية السطحية بالإتجاهات التركيبية السائدة، ومن ثم فهي تشكل مكامن لتغذية التكوينات الجوفية غير العميقة بتأثير عمليات الجريان السطحي التي تقوم عليها بعض المشروعات الزراعية. ويتضح من تفسير الخريطة الچيولوچية أن بعض القيعان تمثل مناطق محلية لتجميع تصريف الأودية في منطقة الدراسة قد تكونت بفعل مجموعه من الفوالق شرق-غرب والتي خفضت منسوب بعض القطاعات الطولية

للأودية شمال غرب-جنوب شرق عما حولها، وأصبحت العديد من هذه القيعان تتصل فيما بينها بقنوات فيضية overflow channels تمثل بقايا إتجاهات الأودية القديمة بالمنطقة. وقد تؤثر تلك المجموعات من الفوالق علي منسوب وإتصال وحركه الماء الجوفي بالمنطقة. وعموما ترتبط المياه الجوفية العميقة في منطقة تبوك چيولوچياً بصخور حقب الحياة القديمة، والمتمثلة في متكوني تبوك والساق. وبدراسة جيولوجية منطقة الدراسة، يتضح أن المسامية Porosity والنفاذية Permeability الجيدة في الصخور الرملية ساعدت على تخزين المياه الجوفية بكميات كبيرة جداً، وهذا يجعل المياه سهلة التحرك خلال مساماتها، وينعكس على الإنتاج العالي من المياه الجوفية (الصالح، ١٩٩٧).

ويتسم مناخ المنطقة بصفته القارية، حيث تبدو الفروق الحرارية اليومية والشهرية والسنوية الكبيرة، فنهار أشهر صيفها شديد الحرارة وليلها معتدل، وشتاؤها معتدل نهاراً بارد جداً ليلاً (الشريف ،٢٠٠٢). وحسب السجل المناخي للمنطقة، تصل المعدلات الحرارية الصيفية إلى ٣٥ درجة مئوية، وتنخفض شتاءً إلى ما يقارب خمس درجات مئوية خلال الفترة من ديسمبر إلى فبراير، مع التباين الواضح بين قيم الأمطار المسجلة في المنطقة، وهي أمطار شتوية (الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئية، ٢٠٠٩).



شكل (٢) التكوينات الچيولوچية ومواقع آبار المياه الجوفية بمنطقة الدراسة

وبدراسة الخرائط الكنتورية لسطح المنطقة، يتبين أنها هضبة لا يزيد إرتفاعها عن ٨٠٠ متر عن مستوى سطح البحر، وذات معدلات إنحدارية متوسطة إلى طفيفة، مع تميزها بمنظومة من أحواض التصريف الداخلية، بتأثير الجريان السطحي الموسمي والمتعاقب. وتساهم تلك المنظومة على نقل المواد الرملية والطينية وترسيبها عند مصاب الأودية، وتمتد على مساحات شاسعة في شمال وشرق تبوك. ومن أهم أحواض التصريف حوض وادي الأخضر، وحوض وادي أبو نشيفة، وحوض وادي ضم الذي يستغل زراعياً بشكل كبير.

الدراسات السابقة:

تعد المياه الجوفية العميقة من الموارد المائية الرئيسة في المملكة العربية السعودية، لذا فقد درست بتعمق من خلال العقود الحكومية التي أبرمت بين وزارة الزراعة والمياه آنذاك، وعدد من الشركات الأجنبية المتخصصة في دراسة الموارد المائية وتقويمها. وقد ساهمت تلك الدراسات في التعرف على كميات المياه المتوفرة في التكوينات المائية الضخمة، ونوعيتها مما جعلها مصدراً مشجعاً يعول عليه في تنفيذ المشروعات الزراعية الكبيرة لتحقيق الأمن الغذائي للمملكة.

وأنجزت العديد من الدراسات المتخصصة عن المياه الجوفية العميقة وغير العميقة بإستخدام الأساليب الإحصائية. ومنها(Abdelmonem et al.. 1990) عن الصفات الكيميائية والتلوث البكتيري للمياه الجوفية في مدينة بريده بالمملكة العربية السعودية. وقامت منهجية الدراسة على جمع عينات من ١٨ بئراً أجريت لها التحاليل الكيمائية والميكروبية، وشرحها بيانياً. وأظهرت النتائج ارتفاعاً في إجمالي الملوحة بلغ مستويات عالية تراوحت ما بين (٥١٢-١٦٦٤ ملجم/لتر)، إضافة إلى تلوث عدد من الآبار بكترولوچياً. ودرس أيضاً (Zubari.2005) المياه الجوفية في تكوين الدمام، وركز في هذه الدراسة على تقويم الإستغلال المتواصل للمياه، الذي تسبب في إختلاط مياه تكوين الدمام بالمياه المالحة وشبه المالحة القريبة منه، وأظهرت الدراسة انخفاض مستويات المياه إلى أسفل مستوى سطح البحر، كما ربط مستويات الهبوط في الخزان المائي الجوفي بمستويات مجموع الأملاح الذائبة TDS لقياس التغير المكاني، الذي يظهر توزيع آبار منطقة الدراسة المرتبطة بقيم TDS، وكذلك تقييم التغير الزمني لقيم TDS خلال فترة زمنية تقدر بحوالي عشر سنوات من المراقبة الميدانية لآبار المياه الجوفية بالمنطقة. ودرس (Subyani and Bayumi. 2001) الخصائص الطبيعية والهيدرولوچية لحوض وادي يلملم بمنطقة مكة المكرمة، وذلك بتقسيم منطقة الدراسة إلى ثلاث وحدات متميزة جغرافيا وطبوغرافيا، ومن ثم إنشاء ثلاث منحنيات مائية بناءً على تقسيم الحوض إلى ثلاث أحواض فرعية حسب المجاري المائية. مع أخذ عينات مائية أخضعت للتحاليل الكيميائية. وقدَر (Bayumi. 2008) كميات مصادر المياه في الجزء السفلي من حوض وادي يلملم السابق، بحساب التغذية المائية للخزان المائي، وتقييم كمي للآبار الحالية، مع إقتراح مواقع لإنشاء شبكة من الآبار لضخ المياه لمنطقة مكة المكرمة. كما قام كل من (Mahmood and Twigg. 1995) بدراسة إحصائية تحليلية على المياه الجوفية في دولة البحرين من خلال جمع وتحليل ١٢٥ عينة من مياه الآبار لفترة إمتدت إلى ١٢ سنة للتعرف على التغير في مستويات المياه الجوفية العميقة، ومياه التكوينات الجوفية القريبة من السطح. وقيَم (Chenini and Khemiri. 2009) نوعية المياه الجوفية بإستخدام معادلة خط الإنحدار لإختبار العلاقة بين TDS وباقي المركبات الكيمائية للمياه. وهدفت الدراسة إلى نمذجة العوامل الأكثر تأثيراً على تغير قيم TDS في عينات المياه، إضافة إلى إختبار تحليل المركبات الأساسية Principal Components Analysis للكشف عن مصدر التغير في نوعية المياه من بين المركبات الكيمائية المكونة لها، وقد خلصت الدراسة إلى توضيح العلاقة التبادلية بين الصخور ونوعية المياه في حوض منطقة الدراسة من خلال رسم مستويات الإرتفاع والهبوط في قيم مجموع الأملاح الذائبة TDS لعينات الدراسة.

وقد ناقشت بعض الدراسات الجغرافية طريقة إستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية، كبرنامج ARC GIS 9.2 في تنفيذ التحليل المكاني لمتغيرات بيئية منها ما قام به عثمان،٢٠٠٣م، من تتبع التطور التقني لنظم المعلومات الجغرافية، مركزاً بحثه على خاصية التحليل المكاني في دعم القرار، مع التطبيق على بيئة المملكة العربية السعودية. كما قام عفت و حجازي (Effat and Hegazy. 2009) بتطبيق نظام معلومات جغرافي متعددة الاشتراطات Multi-Criteria GIS لدراسة التنمية الزراعية للصحاري المصرية وتقييمها بهدف تحديد المناطق المناسبة للزراعة. ويعد التعرف على نمط توزيع مواضع المياه الجوفية " الآبار" واحداً من المتغيرات المهمة في رصد التغير البيئي في المناطق الجافة، التي تصبح دراستها على درجة عالية من الأهمية، بإستخدام التحليل المكاني للبيانات المائية، ونماذج الإرتفاعات الرقمية Digital Elevation Models . وفي هذا الإطار، قام حماد (Hamad. 2009) بدراسة تحليلية، للتعرف على مستويات المياه الجوفية في جنوب الجبل الأخضر في ليبيا، و قد إعتمدت دراسته على جمع المعلومات المائية من ٩٥بئراً، إضافة إلى بيانات نموذج الإرتفاع الرقمي. وقد أستفيد منها في إنشاء الخريطة الكنتورية للمنطقة، وهي خريطة تظهر مستويات المياه الجوفية. كما قام (Xinjing et al. 2008) بدراسة تطبيقية للتعرف على العلاقة بين التغير في مستويات المياه الجوفية، وإختلاف نوعية إستعمالات الأراضي في منطقة مختارة من جمهورية الصين، عن طريق منهج تكاملي إستخدم فيه الإستشعار عن بعد، ونظم المعلومات الجغرافية، لرصد إرتباط التغير في مستويات المياه بتغير إستعمالات الأراضي مكانياً وزمنياً.

منهج الدراسة:

إعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، وفق الترتيب المنهجي الآتي:

جمع المعلومات

١- البيانات الهيدرولوجية للمنطقة:

لقد قامت العديد من الكيانات الإقتصادية مثل شركة تبوك للتنمية الزراعية (تادكو) بعمل مشاريع زراعية كبري في منطقه تبوك وقامت بحفر حوالي ٢٦٠ بئر بمتوسط عمق حوالي ٧٥٠ متر ومتصلة بأنظمة الري المحورية مما يعكس مقدار سحب المياه الجوفية من المنطقة وخصوصاً من متكون الساق (Al-Ahmadi،2009). حيث يعتبر خزان الساق الجوفي من اكبر خزانات المياه الجوفية بالمملكة الذي يمتد في المناطق الشمالية والغربية حتي انه يمتد داخل حدود الأردن بمساحه تبلغ كم٦٥٠٠ مربع (Jerais،1986).

ويتغير سمك الخزان الجوفي تبعا للوحدات والتراكيب الچيولوچية فيتراوح من ٢٠٠ الي ٥٠٠ متر في الجنوب والشرق وفي الأجزاء الوسطي من ٤٥٠ الي ٦٠٠ متر بينما يبلغ سمك الخزان في الأجزاء الشمالية حوالي ٤٠٠ متر في المتوسط. وتزيد المسامية الفعالة للخزان عن حوالي ١٥٪ ويكون الخزان تحت الظروف غير محكومة في الأجزاء الجنوبية والغربية حيث تنكشف صخور الحجر الرملي لمتكون الساق أو يعلوها طبقات رقيقة من رسوبيات الزمن الرابع الوديانية والفتاتية، بينما يكون الخزان محكوم في الأجزاء الشمالية الشرقية حيث يعلوه طبقات متكون القصيم التي تتكون من تبادل طبقات الطفل والحجر الرملي الأردوفيشي. وقد أوضحت نتائج دراسات سابقة لتقييم المياه الجوفية بالمنطقة ومراقبة مستوي الماء الجوفي خلال المفترة من ١٩٩٩ حتي نهايه عام ٢٠٠٤ ان عمق الماء الجوفي يتراوح من ٤٢,٣ الي ١٠٤,٩ متر تحت السطح وان معدلات هبوط مستوي الماء الجوفي بلغت حوالي ٢,٣ متر الي ١٠,٥ متر في السنة (Al-Ahmadi،2009).

وفي هذا البحث تم تجميع بيانات لآبار المياه الجوفية العميقة في منطقة الدراسة والمتمثلة في عمق البئر، ومستوى الماء الجوفي الثابت، ومستوى الماء الجوفي المتحرك (قياس عمق الماء وقت تشغيل مضخات الآبار)، وإنتاج المياه (جالون أمريكي/دقيقة)، ومجموع الأملاح الذائبة. وهي البيانات الإحصائية المتوفرة في مديرية المياه بمنطقة تبوك وقت إجراء الدراسة لعام ٢٠٠٩م جدول (١). ونظراُ لعدم توفر بيانات أبار المراقبة من منطلق أن الشركات الزراعية العاملة بالمنطقة تستنزف كميات المياه دون تنسيق فيماه بينها على الرغم من وجود أدارة لمراقبة وتنمية قطاع المياه بمنطقة تبوك، غير أن البيانات الخاصة بالآبار غير مكتملة ، وقد أمكن فقط الحصول على بيانات أربعة وعشرين بئراً وذلك لتقييم الوضع الحالي للمياه الجوفيه وربط ذلك بنتائج الأبحاث والدراسات السابقه وبيان اثر ذلك علي مستقبل التنمية بالمنطقة.

٢- نموذج الإرتفاع الرقمي وصور الأقمار الإصطناعية:

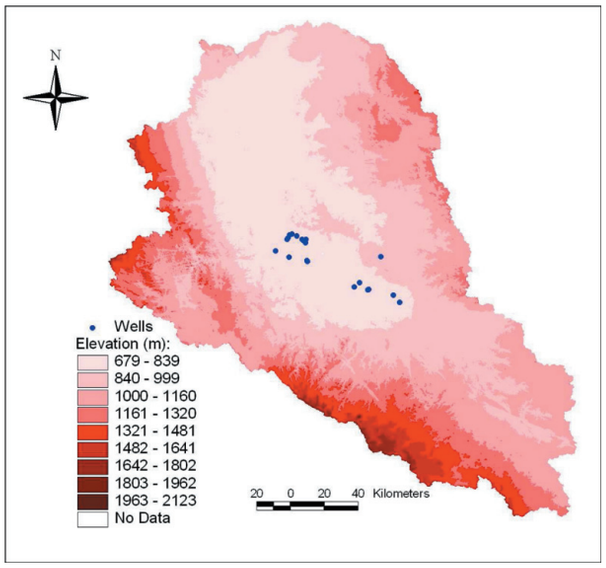
تم إستخدام نموذج الإرتفاع الرقمي نوعية المكوك الفضائي لمهمة الطبوغرافية Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) لتحديد وتمثيل نمط التصريف بطريقة أتوماتيكية بإستخدام الطرق التحليلية المرفقة ببرامج نظم المعلومات الجغرافية ARC-GIS وتسمى هذه الطريقة بالإتجاهات الثمانية (D-8) شكل ٣ وشكل ٤. وتعتمد هذه الطريقة على حساب النظام الشبكي للإنحدارات لكل خلية في نموذج الإرتفاع المستخدم ويكون الإتجاه المحلي للإنحدار بإتجاه الخلية المحيطة الأقل قيمة في الإنحدار (El Bastawesy، et al.، 2009).

ويتم تحديد شبكة الإنحدار العام بطريقة الإشتقاق المكاني Interpolation من شبكة الإنحدار المحلية، ومن ثم يمكن تحديد قيم بدايات رتب أو أفرع الأودية الثانوية في شبكة الإنحدار العام، إضافة إلى مضاهاة شبكة الأودية الإتوماتيكية بما يظهر على المرئيات الفضائية من أشكال التضاريس المختلفة. وقد تم الحصول علي صور الأقمار الإصطناعية نوعية TM&ETM+ والمتوفرة علي الشبكة الخاصة بهيئة المساحة الچيولوچية الأمريكية لمنطقه الدراسة خلال الفترة من ١٩٨٤ - ٢٠٠٣ بهدف حساب تطور المساحات الزراعية لدلاله ذلك علي كميات سحب المياه الجوفية.

جدول (١) الخصائص الهيدرولوچية العامة لأبار المياه الجوفية بمنطقة تبوك

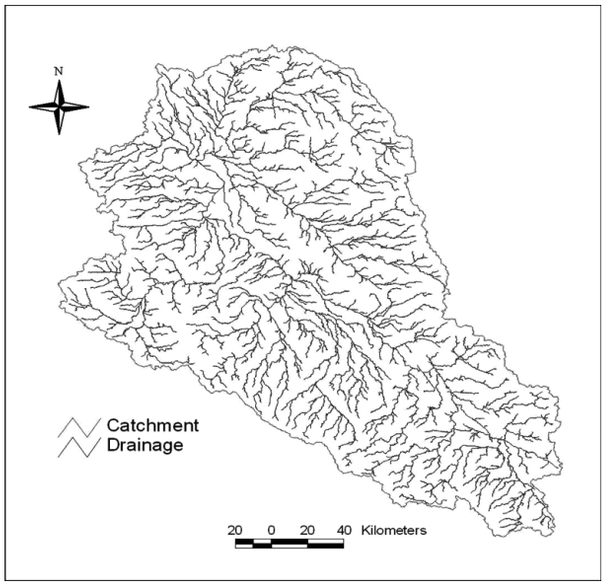
المنطقة الجغرافية	رقم البئر	عمق البئر (متر)	مستوى الماء الجوفي الثابت (متر)	مستوى الماء الجوفي المتحرك (متر)	الفرق بين مستويات الماء الجوفي الثابت و المتحرك (متر)	إنتاج المياه جالون أمريكي/ دقيقة	مجموع الأملاح الذائبة TDS ملجم/لتر
آبار المنطقة الزراعية شمال تبوك	١	٧٠٠	١٥٠	١٨٠	٣٠	٧٠٠	٤٣٣
	٢	٩٠٠	١٦٠	١٨٠	٢٠	١٦٠٠	٣٦٠
	٣	٨٠٠	١٥٠	١٧٠	٢٠	١٠٠٠	٤٥٧
	٤	٨٠٠	١٤٠	١٧٠	٣٠	١٠٠٠	٣٣٩
	٥	٦٠٠	١٤٠	١٨٠	٤٠	٦٥٠	٥٠٠
	٦	٦٠٠	١٤٠	١٨٠	٤٠	٨٠٠	٤٥٠
	٧	٧٠٠	١٦٠	١٩٠	٣٠	١٢٠٠	٦٠٠
	٨	٧٠٠	١٦٠	١٩٠	٣٠	٨٠٠	٦٤٠
	٩	٧٠٠	١٤٠	١٧٠	٣٠	٨٠٠	٦٠٠
	١٠	٦٠٠	١٥٠	٢٠٠	٥٠	٥٠٠	٦٠٠
	١١	٦٥٠	١٥٠	٢٠٠	٥٠	٥٠٠	٦٠٠
	١٢	٦٥٠	١٥٠	٢٠٠	٥٠	٥٠٠	٦٥٠
	١٣	٦٥٠	١٥٠	٢٠٠	٥٠	٥٠٠	٦٠٠
	١٤	٦٥٠	١٥٠	٢٠٠	٥٠	٥٠٠	٦٠٠
	١٥	٦٠٠	١٥٠	١٨٠	٣٠	٨٠٠	٦٠٠
	١٦	٦٥٠	١٦٠	٢٠٠	٤٠	٤٥٠	٦٠٠
آبار المنقطة الزراعية شرق تبوك	١٧	٥٠٠	١٣٠	١٧٠	٤٠	٧٠٠	٥٥٠
	١٨	٥٥٠	١٣٠	١٦٠	٣٠	٨٠٠	٦٥٠
	١٩	٤٥٠	١٠٠	١٣٠	٣٠	٢٠٠	٦٠٠
	٢٠	٤٥٠	١٣٠	١٥٠	٢٠	٢٠٠	٦٥٠
	٢١	٢٠٠	٥٠	٢٠٠	١٥٠	٢٠٠	٦٠٠
	٢٢	٤٥٠	١٤٠	١٧٠	٣٠	٦٠٠	٦٠٠
	٢٣	٥٠٠	١٣٠	١٦٠	٣٠	٤٠٠	٦٠٠
	٢٤	٥٠٠	١	١٤٠	٣٠	٦٠٠	٦٠٠

المصدر: المديرية العامة للمياه بمنطقة تبوك (٢٠٠٩).



شكل (٣) نموذج الإرتفاع الرقمي ومواقع الآبار بمنطقة الدراسة

وقد ساعد نموذج الإرتفاع الرقمي لمنطقه الدراسة الموضح عليه مواقع آبار المنطقة على إمكانية عقد المقارنة بين توزيع الإرتفاعات النسبية لحوض الصرف وتوزيع الوحدات الصخرية بالنظر إلى شكل ٢ حيث تتكشف صخور متكون الساق في الغرب في منطقة الدراسة عند مستوي طبوغرافي أعلي من متكون تبوك الأحدث جيولوجيا مما يدل علي تأثير الحركات الأرضية في إعادة ترتيب وتوزيع مكاشف ومكامن الطبقات الحاملة للمياه الجوفية.



شكل (٤) شبكة التصريف السطحي بمنطقة الدراسة

٣-المراجعة الحقلية:

تمت المراجعة الحقلية لكافة آبار المياه الجوفية في منطقة الدراسة لمطابقة مواقعها بإستخدام جهاز **GPS - GARMIN 276C** والموضحة على الشكل (٢).

٤- التحليل الإحصائي:

تم إجراء التحليل الإحصائي على المصفوفة الإحصائية المؤلفة من الخصائص الهيدرولوجية العامة لآبار المياه الجوفية، بإستخدام برنامج **(SPSS) version. 15,2006**. لقد أظهر التحليل الإحصائي الخصائص العامة : المدى والمتوسطات والإنحرافات المعيارية لكل متغير، إضافة إلى الكشف عن القيم الإرتباطية (معامل إرتباط بيرسون) **Pearson correlation** بين المتغيرات عند مستوى دلالة بين (٠,٠١ - ٠,٠٥). كما إستخدم تحليل التباين الأحادي (**ANOVA**) للتعرف على الفروقات الإحصائية بين منطقتي شمال وشرق تبوك الزراعيتين للمتغيرات السابقة.

النتائج والمناقشة:

تحليل الخريطة الجيولوجية :

تم ترقيم الخريطة الجيولوجية ١: ٥٠٠٠٠٠ التي تغطي منطقة الدراسة والمصححة جيومترياً مع نماذج الارتفاعات الرقمية والمرئيات الفضائية لمنطقة الدراسة. وبناءً على تلك الخطوة، تم تحديد ورسم العلاقة بين الطبقات المنكشفة لحوض التصريف والتتابع الجيولوجي والتركيبي للمنطقة. والمراجعة الآلية للخريطة الجيولوجية المصححة مع نماذج الإرتفاعات الرقمية والمرئيات الفضائية لمنطقة الدراسة تظهر حوض التصريف الداخلي المشتمل على عدد من القيعان المنفصلة التي إتصلت فيما بينها بواسطة قنوات فيضية، وقد تأثرت رواسب الوديان بمجموعة الفوالق **Faults** ذات الإتجاه شمال غرب- جنوب شرق وهو الإتجاه السائد لمنطقة البحر الأحمر وبالتالي تكونت بعض القيعان والسبخات الجافة بداخل منطقة التصريف الداخلي نتيجة تلك الفوالق التي لعبت دوراً في منع الإتصال الهيدرولوجي بإتجاه مصبات الأودية وبالتالي فالحركات الأرضية قد تكون نشطت خلال الزمن الرباعي كونها أثرت على تركيب الرسوبيات في المنطقة. وكشف تحليل الخريطة الجيولوجية أيضاً أن متكون الساق الجوفي في الجزء الغربي من حوض

التصريف هو أعلي طبوغرافيا من متكون تبوك الأحدث چيولوچياً ويدل هذا الإختلاف على دور الحركات الأرضية في الكشف عن الطبقات الحاملة للمياه في مناطق على السطح مما يزيد من فرص تغذية الخزانات المائية الجوفية بمياه الإمطار.

التحليل الچيمورفولوچي :

يأخذ متكون الساق أشكال المصاطب الصخرية وكذلك الجزر المنعزلة المحاطة بكثبان وفرشات رملية تستطيل تلك الجزر بالإتجاه التركيبي السائد شمال غرب- جنوب شرق مما يدل على دور الحركات الأرضية في تشكيل چيمورفولوچية تكوين الساق السطحي.

وترتبط التنمية الزراعية بأودية الأخضر وضم وأبو نشيفة وكذلك بعدد من القيعان مما يؤثر على عملية تصريف المياه الزائدة عن الري حيث بدأت تظهر تجمعات للمياه السطحية في غير مواسم الأمطار "البلايا" المنخفضة.

التحليل الإحصائي :

ا- الخصائص الهيدرولوچية العامة لمتغيرات الدراسة

يظهر الجدول(٢) المؤشرات الإحصائية الأولية : القيم الدنيا والقيم القصوى والمدى والمتوسط والإنحراف المعياري ومعامل الإختلاف لمتغيرات آبار المياه الجوفية. وبقراءة الجدول فإن القيمة الدنيا لأعماق الآبار ٢٠٠ م والقيمة القصوى عند نقطة٩٠٠ م بشكل يدل على الفرق الكبير في الأعماق بين الآبار، وأنها تنتمي إلى فئة الآبار الجوفية العميقة جداً لتكوين الساق المائي. والمدى ٧٠٠ م والمتوسط ٦٠٦ م والإنحراف المعياري ١٤٥. أما ما يتعلق بمستوى الماء الجوفي الثابت فإن القيمة الدنيا ٥٠ متراً والقيمة القصوى ١٦٠، والمدى ١١٠ والمتوسط ١٣٨، والانحراف المعياري ٢٤. ويمثل مستوى الماء الجوفي المتحرك المتغير الذي يعكس مقدار تعمق المياه في الطبقات الحاملة، حيث سجلت القيمة الدنيا ١٣٠ متراً والقصوى ٢٠٠ والمدى ٧٠ ومتوسط الحالات ١٧٨ والإنحراف المعياري ٢٠. أما فيما يتصل بتغير إنتاج المياه فهو لا يختلف عن باقي المتغيرات السابقة، من حيث الإختلاف الكبير بين القيم الدنيا والقيم القصوى، حيث بلغت القيمة الدنيا٢٠٠ جالون أمريكي/ الدقيقة والقصوى ١٦٠٠، والمدى ١٤٠٠، والمتوسط ٦٦٧ ، والإنحراف المعياري ٣٣٧. وهناك إختلاف في قيمة مجموع الأملاح الذائبة لجميع الحالات المدروسة. فأدنى قيمة كانت ٣٣٩ ملجم/لتر، والأعلى ٦٥٠، والمدى ٣١١ ، والمتوسط ٥٦٢، والإنحراف المعياري ٨٩. كما أن معامل الإختلاف- ناتج قسمة الإنحراف المعياري للمتغير على متوسطه الحسابي- والمشار إليه في العمود الأخير من الجدول، يوضح مقدار التشتت الداخلي لكل متغير، حيث يلاحظ أن إنتاج المياه بين الآبار هو المتغير الأكبر تبايناً وإختلافاً (٠,٤٨) عن بقية المتغيرات. وقد يرجع السبب في ذلك إلى إختلاف ماكينات السحب القائمة على الآبار، مع التباين بين الآبار في نسبة التعويض في التكوين المائي وقت سحب المياه من الآبار، ويأتي عمق البئر في المرتبة الثانية من حيث عظم التباين بنسبة (٠,٢٤) ويليه مستوى الماء الجوفي الثابت (٠,١٧)، ومجموع الأملاح الذائبة (٠,١٦) وأقلها مستوى الماء الجوفي المتحرك (٠,١١).

جدول (٢) الخصائص الإحصائية العامة لمتغيرات آبار المياه الجوفية بمنطقة الدراسة

المتغير	القيمة الدنيا	القيمة القصوى	المدى	المتوسط	الإنحراف المعياري	معامل الإختلاف
عمق البئر(م)	٢٠٠	٩٠٠	٧٠٠	٦٠٦	١٤٥	٠٢٤
مستوى الماء الجوفي الثابت (م)	٥٠	١٦٠	١١٠	١٣٨	٢٤	٠١٧
مستوى الماء الجوفي المتحرك(م)	١٣٠	٢٠٠	٧٠	١٧٨	٢٠	٠١١
إنتاج المياه جالون أمريكي /دقيقة	٢٠٠	١٦٠٠	١٤٠٠	٦٦٧	٣٢٢	٠٤٨
مجموع الأملاح الذائبة (ملجم/لتر)	٣٣٩	٦٥٠	٣١١	٥٦٢	٨٩	٠١٦

المصدر: الباحثان بناء على جدول (١)

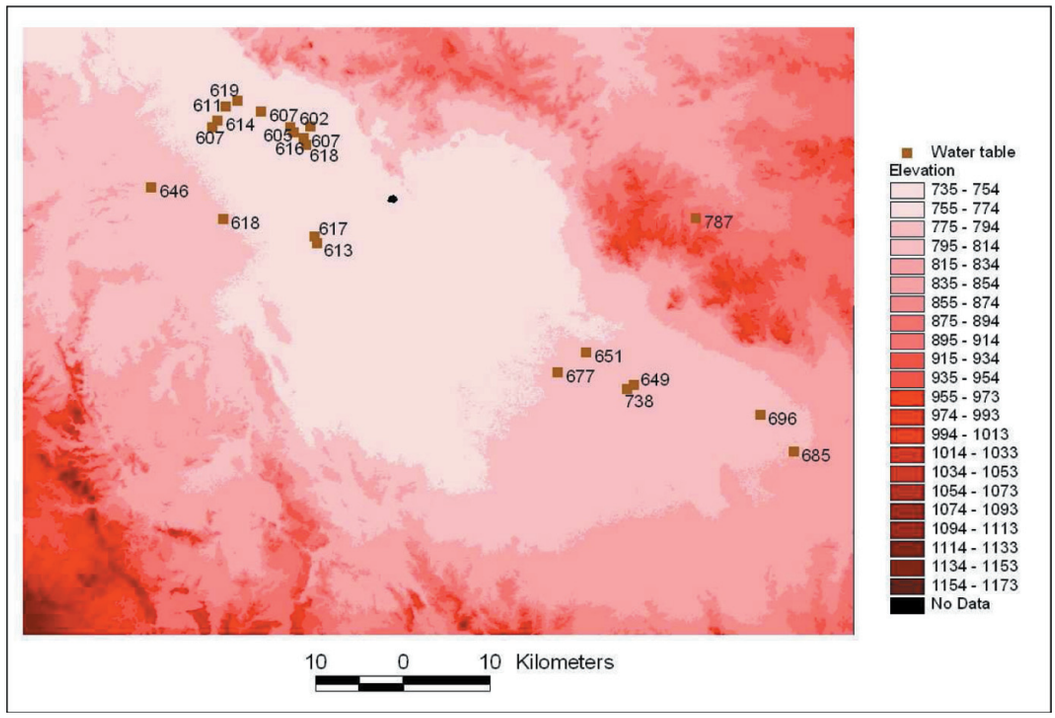
ولإظهار التفاوت بين المنطقتين الزراعيتين في شمال وشرق تبوك، فان الخصائص الهيدرولوچية العامة لأبار المياه الجوفية لكل منطقة زراعية والموضحة في جدول(٣)، تعكس تبايناً احصائياً واضحاً عند المقارنة بين المنطقتين لمتغير عمق الآبار، حيث نجد أن الفرق في القيمة الدنيا بينهما يصل إلى ٤٠٠ متر، والقيمة القصوى ٣٥٠ متراً. كما بلغ الفرق في متوسط عمق الآبار ٢٣٤ متراً لصالح المنطقة الشمالية. أما فيما يتصل بمتغير مستوى الماء الجوفي الثابت، فالفرق في القيمة الدنيا بين المنطقتين يصل إلى ٩٠ متراً، والقيمة القصوى ٢٠ متراً ، ويزيد مستوى الماء بمقدار ٣٥ متراً في المنطقة الشمالية مقارنة بالمنطقة الشرقية. وينخفض مستوى الماء الجوفي المتحرك (وقت تشغيل مضخات المياه) ليصل إلى عمق بفارق ٤٠ متراً في المنطقة الشمالية مقارنة بالمنطقة الشرقية من منطقة الدراسة. وفيما يخص إنتاج المياه الجوفية فان الفرق بين القيم الدنيا و القيم القصوى لكلتا المنطقتين يعادل الضعف في عملية السحب من الآبار، وبفارق يصل إلى ٣٠٠جالون في الدقيقة لصالح المنطقة الشمالية. وتشير قيم مجموع الأملاح الذائبة إلى تميز آبار المنطقة الشمالية بعذوبة أكثر للمياه مقارنة بشرقها. وفيما يخص معامل الإختلاف فان الفرق بين الآبار في كلتا المنطقتين الزراعيتين يميل إلى وجود تباين كبير لكافة المتغيرات لصالح منطقة شرق تبوك مقارنة بشرقها.

ومن خلال الدراسة للبيانات المرجعية يتضح إنخفاض تدريجي في مستوى الماء الجوفي، ذلك أن إنخفاض الماء، يعني أن فرض التعويض للخزانات المائية منخفض، ذلك أن عمق الماء الجوفي يتغير من موقع إلى أخر، ويدل على دور الحركات الأرضية على أسطح الفوالق في تغيير مستوى الماء الجوفي، وقد يكون هناك إنفصال أو إزاحة أثرت على إتصال الطبقات تحت السطحية بعضها البعض(شكل ٥).

جدول (٣) الخصائص الإحصائية العامة لمتغيرات آبار المياه الجوفية لمنطقتي شمال وشرق تبوك

المنطقة الجغرافية	المتغير	القيمة الدنيا	القيمة القصوى	المدى	المتوسط	الإنحراف المعياري	معامل الإختلاف
منطقة شمال تبوك الزراعية	عمق البئر(م)	٦٠٠	٩٠٠	٣٠٠	٦٨٤,٣	٨٥	٠,١٢
	مستوى الماء الجوفي الثابت (م)	١٤٠	١٦٠	٢٠	١٥٠	٧,٣	٠,٠٥
	مستوى الماء الجوفي المتحرك(م)	١٧٠	٢٠٠	٣٠	١٨٦,٨	١١,٩	٠,٠٦
	إنتاج المياه جالون /دقيقة	٤٥٠	٥٥٠	١١٥٠	٧٦٨,٧	٣١٢,٩	٠,٤١
	مجموع الأملاح الذائبة (ملجم/لتر)	٣٣٩	١٤٠	٣١١	٥٣٩,٣	١٠٠,٥	٠,١٩
منطقة شرق تبوك الزراعية	عمق البئر(م)	٢٠٠	٥٥٠	٣٥٠	٤٥٠	١٠٦,٩	٠,٢٤
	مستوى الماء الجوفي الثابت (م)	٥٠	١٤٠	٩٠	١١٥	٢٩,٢	٠,٢٥
	مستوى الماء الجوفي المتحرك(م)	١٣٠	٢٠٠	٧٠	١٦٠	٢١,٣	٠,١٣
	إنتاج المياه جالون /دقيقة	٢٠٠	٨٠٠	٦٠٠	٤٦٢,٥	٢٤٤,٥	٠,٥٣
	مجموع الأملاح الذائبة (ملجم/لتر)	٥٥٠	٦٥٠	١٠٠	٦٠٦	٣٢	٠,٠٥

المصدر: المديرية العامة للمياه بمنطقة تبوك (٢٠٠٩م)



شكل (٥) مستويات المياه في الآبار وارتفاعاتها بمنطقة الدراسة

٢- العلاقات الإرتباطية بين متغيرات آبار المياه الجوفية

ساعد التحليل الإحصائي في الكشف عن علاقات إرتباطية بين المتغيرات، كما هو واضح في جدول (٤). وجاء التحليل بعلاقة طردية بين عمق آبار المياه الجوفية وإنتاجيتها من المياه بلغت (٠,٨) عند مستوى دلالة ٠,٠١ ، ذلك أن الحفر إلى مستويات عميقة جداً يساعد في زيادة إنتاج المياه بمعدلات عالية، وبخاصة في مناطق التكوينات المائية الوافرة. وعلاقة طردية بين عمق الآبار ومستوى الماء الجوفي الثابت (٠,٨) عند مستوى دلالة ٠,٠١ . وعلاقة عكسية متوسطة بين عمق الآبار و مجموع الأملاح الذائبة، التي بلغت (-٠,٥) ويعني ذلك أنه كلما تزايدت عملية الحفر وسحب المياه من أعماق كبيرة، يؤدي إلى تحسن نوعية المياه ويقلل ملوحتها. وعلاقة متوسطة بين مستوى الماء الجوفي الثابت، وإنتاج المياه بلغت (٠,٥) عند مستوى دلالة ٠,٠١، و ترتبط هذه العلاقة بمستوى العلاقة الطردية بين عمق الآبار وإنتاجيتها، حيث إن زيادة العمق في الآبار، يعني تزايد فرص الحصول على كميات كبيرة من المياه. وهذه الخاصية ليست إلا لعدد من الآبار التي حفرت في تكوين الساق ذو الوفرة المائية الكبيرة. وتبيّن من التحليل الإحصائي عدم وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين مستوى الماء الجوفي المتحرك، الذي يتغير منسوبه هبوطاً في الآبار وقت تشغيل مضخات سحب المياه وباقي المتغيرات الأخرى. وتفسير ذلك أن تعمق منسوب الماء الجوفي المتحرك إلى أعماق بعيدة يتسبب في قلة إنتاج المياه من الآبار بسبب أن طبيعة الآبار لا تعوض الفاقد المائي، وبالتالي يقل إنتاج المياه لظروف جيولوجية تعود إلى تأثير عاملي المسامية والنفاذية للتكوين المائي.

جدول (٤) العلاقات الإرتباطية بين الخصائص الهيدرولوجية لآبار المياه الجوفية

**مستوى دلالة (٠,٠١)

العلاقة الإرتباطية بين المتغيرات	عمق البئر (متر)	مستوى الماء الجوفي الثابت (متر)	مستوى الماء الجوفي المتحرك (متر)	إنتاج المياه جالون أمريكي دقيقة	مجموع الأملاح الذائبة ملجم/لتر
عمق البئر	١	٠,٨**	٠,٢	٠,٨**	٠,٥-**
مستوى الماء الجوفي الثابت	٠,٨**	١	٠,٣	٠,٥**	٠,٠
مستوى الماء الجوفي المتحرك	٠,٢	٠,٣	١	٠,٠	٠,٠
إنتاج المياه جالون /دقيقة	٠,٨**	٠,٥**	٠,٠	١	٠,٠
مجموع الأملاح الذائبة	٠,٥-**	٠,٠	٠,٠	٠,٦-**	١

المصدر: الباحثان بناءً على تحليل جدول (١)

٣- تحليل التباين الأحادي ANOVA

بإستخدام تحليل التباين الأحادي للكشف عن التباين بين المنطقتين الزراعيتين شمال تبوك وشرقها في متغيرات المياه الجوفية. وبعد إجراء التحليل الإحصائي جدول (٥)، فقد بلغت قيمة (ف) المحسوبة لمتغيرات (عمق البئر، مستوى الماء الجوفي الثابت ، مستوى الماء الجوفي المتحرك) على النحو التالي: ٣٤,١٧٦، ٢١,١٣٧ ، ١٥,٨٥٩. وجاءت جميع القيم السابقة عند مستوى دلالة إحصائية (٠,٠٠) للمتغيرين الأول والثاني، و (٠,٠١) للمتغير الثالث. وتعني هذه النتيجة وجود فروق ذات دلالة احصائية بين منطقتي شمال وشرق تبوك.و جاءت نتائج التحليل لمتغيري إنتاج المياه ومجموع الأملاح الذائبة غير دالة احصائياً، وبناءً على نتيجة التحليل، فانه لا يوجد فروقات ذات دلالة إحصائية بين المنطقتين فيما يخص متغيري إنتاجية المياه، ومجموع الأملاح الذائبة. ويدعم التحليل السابق، أن عملية البحث عن المياه الجوفية في تكوين الساق المائي تتم عند مستويات أكثر عمقاً في شمال تبوك مقارنة بشرقها ذات الأعماق الأقل. ويرتبط بهذه الخاصية أيضا الإختلاف في مستوى الماء الجوفي الثابت تبعاً للوفرة المائية، وكذلك التغير في مستوى الماء الجوفي المتحرك هبوطاً نتيجة عملية سحب المياه الجوفية لري المحاصيل الزراعية.

جدول (٥) تحليل التباين الأحادي ANOVA

المتغير	قيمة(ف) المحسوبة	مستوى الدلالة
عمق البئر (م)	٣٤,١٧٦	٠,٠٠
مستوى الماء الجوفي الثابت (م)	٢١,١٣٧	٠,٠٠
مستوى الماء الجوفي المتحرك(م)	١٥,٨٥٩	٠,٠١
إنتاج المياه جالون/دقيقة	٥,٨٢٨	٠,٢٥
مجموع الأملاح الذائبة ملجم/لتر	٣,٣٠٨	٠,٨٣

المصدر: الباحثان بناءً على جدول (١)

الخاتمة والإستنتاجات:

إستخدمت تحليلات نماذج الإرتفاعات الرقمية في تحديد أودية وأحواض الصرف السطحي لمنطقه تبوك، كما تم تحليل علاقات توزيع مكاشف الطبقات الصخرية والإتجاهات التركيبية مع الطبوغرافيا وقد إتضح أن الأجزاء الجنوبية الغربية يمكن أن تمثل مصادر لتغذية الخزان الجوفي من مياه السيول. بالإضافة إلي ذلك تغير عمق الماء الجوفي من حوالي ٤٠ الي ١١٠ متر في الفتره من ١٩٩٩ حتي ٢٠٠٤ الي حوالي ٥٠ متر حتي ١٦٠ متر خلال عام ٢٠٠٩. ويرجع إختلاف منسوب الماء الجوفي من مكان الي اخر بداخل منطقة الدراسة إلي العوامل الچيولوچية والتركيبية حيث أثرت الفوالق علي الوضع النسبي للطبقات الحامله للمياه وكذلك علي إتصال الأودية السطحية حث تكونت بعض البلايات بداخل قطاعات الأوديه الطوليه التي انخفضت عما حولها بفعل الحركات الأرضية الحديثة.

وكشف التحليل الإحصائي عن وجود علاقات إرتباطية بين متغيرات آبار المياه الجوفيـة. فهناك العلاقـة الإرتباطيـة بين عمق البئر ومستـوى الماء الجوفي الثابت (٠,٨) عند مستوى دلالة ٠,٠١ ، بمعني أن تزايد حفر الآبار يعنى تزايداً في مستويات الماء الجوفي الثابت في الآبار، وعلاقـة طردية أخرى بلغت (٠,٨) بين عمق الآبار وإنتاجيتها من المياه عند مستوى دلالة ٠,٠١ ، ويشير ذلك إلى أن عملية الحفر إلى مستويات عميقة جداً يساعد على زيادة إنتاج المياه بمعدلات عالية خاصة في مناطق الوفرة المائية، وعلاقة عكسية متوسطة بين عمق الآبار ومجموع الأملاح الذائبة (-٠,٥) يستدل بها على أن الحفر في التكوينات الچيولوچية إلى مستويات عميقة، يقابله تحسن في نوعية المياه، وإنخفاض محتواها من مجموع الأملاح الذائبة لتجنب الترسبات الملحية عند أعماق أقل، والمتركزة في الطبقات العليا من التكوينات المائية الجوفية، وعلاقة متوسطة بين مستوى الماء الجـوفي الثابت والإنتاج من المياه بلغت (٠,٥) عند مستوى دلالة ٠,٠١. ولا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين مستوى الماء الجوفي المتحرك والمتغيرات الأخرى وتفسير ذلك أن تعمق منسوب الماء المتحرك إلى أعماق بعيدة يتسبب في قلة إنتاج المياه من الآبار بسبب أن طبيعة الآبار لا تعوض الفاقد المائي وبالتالي نقص الإنتاج لظروف چيولوچية تعود إلى تأثير عاملي المسامية والنفاذية للتكوين المائي. وأظهر تحليل التباين الأحادي **ANOVA** الإختلاف بين المنطقتين الزراعيتين الواقعتين في شمال تبوك وشرقه . ذلك أن آبار المياه الجوفية في تكوين الساق هي الأكثر عمقاً في الشمال مقارنة بالمنطقة الزراعية الواقعة إلى الشرق، التي تتصف بالآبار الجوفية الأقل عمقاً. ويرتبط بهذه الخاصية الإختلاف في مستوى الماء الجوفي الثابت تبعاً لوفرة المياه في الخزانات المائية، وللتغير الذي يحصل على مستوى الماء الجوفي المتحرك نتيجة عملية سحب المياه الجوفية لري المحاصيل الزراعية.

ونظراً لأهمية قطاع المياه في منطقة الدراسة، فان الدراسة الحالية توصي بضرورة إجراء الدراسات الجغرافية المتخصصة لدراسة واقع ومستقبل المياه الجوفية في المنطقة من خلال تنفيذ برامج مراقبة لقياس أعماق المياه في الآبار بشكل دوري ، وتحديد الكميات المسحوب منها على مدار العام، إضافة إلى اجراء الدراسات الهيدروچيولوچية للتعرف على فرص التعويض في مناطق إنكشاف التكوينات الحاملة للمياه الجوفية العميقة و غير العميقة ، مع العناية ببحث ودراسة العلاقـة بين مواقع آبار المياه الجوفية ومتغير الخطيات البنـائية **Lineaments**، و تقويم أثر الإستخدامات الزراعية والعمرانية في قطاع المياه الجوفية بمنطقة الدراسة.

المراجع

المراجع العربية:

١- **بدر الدين طه عثمان** .(٢٠٠٣)، دعم صناعة القرار والتحليل المكاني في نظم المعلومات الجغرافية، رسائل الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد ٢٧٧، الكويت.

٢- **الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة.** (٢٠٠٩)،التقرير المناخي لمنطقة تبوك.

٣- **عبد الرحمن صادق الشريف.** (٢٠٠٢)، جغرافية المملكة العربية السعودية،

دار المريخ للنشر، الرياض.

٤- **محمد عبد الله الصالح** .(١٩٩٧)، دور الإستشعار عن بعد في تنمية المياه

الجوفية، رسائل الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد ٢١٠، الكويت.

٥- **المديرية العامة للمياه بمنطقة تبوك.** (٢٠٠٩)، البيانات المائية لمنطقة تبوك.

٦- **وزارة البترول والثروة المعدنية** (٢٠٠٢)، خريطة منطقة تبوك.

٧- **وزارة البترول والثروة المعدنية** .(١٩٦٣)، الخريطة الجيولوجية لمنطقة تبوك، لوحة رقم 200A-1.

المراجع الأجنبية:

- Abdelmonem, A., El-Meleigi, M., Al-Rokaibah, A. (1990). Chemical characteristics and bacterial contamination of groundwater in Buradah, Saudi Arabia. **Journal of King Saud University, Agricultural Sciences. 2:279 - 290.**

-Al Ahmadi, M.E., 2009. Hydrogeology of the Saq aquifer, northwest of Tabuk, northern Saudi Arabia, **Journal of King AbdulAziz University: Earth Sciences, 20:51 - 66.**

- Bayumi, T, H,(2008). Quantitative groundwater resources evaluation in the lower part of Yalamlam basin, Makkah Al Mukarramah, Western Saudi Arabia. **Journal of King Abdullaziz University Earth Sciences. 19: 35 - 56.**

- Chenini, I., and Khemiri, S. (2009). Evaluation of ground water using multiple linear regression and structural equation modeling, **International Journal of Environmental Science Technology, 6: 509 - 519.**

-El Bastawesy, M., White, K., and Nasr, A., 2009. **Integration of remote sensing and GIS for modeling flash floods in Wadi Hudain catchment, Egypt. Hydrological Processes, 23: 1359 - 1368.**

- Effat, H., and Hegazy, M., 2009, Application of spatial multi criteria evaluation for an agricultural development scenario in the Egyptian deserts, Proceedings of the **16th International Symposium GIS**, January 25 – 28, Ostrava, Czech Republic.

- Ghulam, A., Qin, Q., and Zhu, L, (2004). Satellite remote sensing of groundwater: quantitative modelling and uncertainty reduction using 6S Atmospheric Simulations. **International Journal of Remote Sensing**, 25: 5509 - 5524.

- Hamad, S,(2009). Geostatistical analysis of groundwater level in the south Jabal AL Akhder

using GIS. **16th International Symposium GIS's Ostrava, 2009, Czech Republic.**

-Kayane,I. , (1997). Global warming and groundwater resources in arid lands. In freshwater resources in arid lands. Ed Uitto,J., and Schneider., J.

- Mahmood, H and Twigg, D. (1995). Statistical analysis of water table variations in Bahrain. **Quarterly Journal of Engineering Geology& Hydrology.** 28: 63 -74.

- Sakthivel, R., Manivel, M., and Alagappa, M. (2003) "Application of remote sensing data for delineation of ground water potential zones in the Kalrayan Hills, Tamil Nadu. **Map Indian Conference.** www.GIS development.com.

- Statistical Package for Social Sciences Incorporation (SPSS) version 15,(2006).

- Subyani, A, M and Bayumi, T, H(2001). Physiographical and hydrological analysis of Yalamlam basin, Makkah Al-Mukarramah area. **Journal of King Abdullaziz University Earth Sciences. 13: 151 - 177.**

- Xinjing,X., Yan,J., Chen,Z Luo, G and Xu,W, (2008). A Geospatial analysis approach for assessing the impact of land use on groundwater resources in the SanGong Oasis Region. **Journal of Agricultural Food, and Environmental Sciences.** 2:1- 10.

- Zubari, W.(2005). Spatial and temporal trends in groundwater resources in Bahrain, 1992 -2002. **Emirates Journal for Engineering Research.** 10: 57 - 67.