

Evaluation of the Groundwater Situation in the University Campus's Wells, King Faisal University Campus – Al-Hassa Oasis, Eastern Province - Saudi Arabia

Al-Nacem, A. A.

Department of Environment Natural Resources - Collage of Agricultural and a Food Sciences -

King Faisal University, Saudi Arabia

تقييم الوضع المائي الجوفي لآبار المدينة الجامعية - جامعة الملك فيصل - واحة الأحساء - المنطقة الشرقية - المملكة العربية السعودية



أحمد بن عبد اللطيف النعيم

قسم البيئة والموارد الطبيعية - كلية العلوم الزراعية والأغذية - جامعة الملك فيصل - المملكة العربية السعودية

المخلص

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير تداخلات مخاريط الانخفاض لآبار الضخ الإنتاجية المتجاورة على تنفقات ومناخ المياه الجوفية لآبار المدينة الجامعية بجامعة الملك فيصل في واحة الأحساء. تضم منطقة الدراسة إحدى عشر موقع برزخ إنتاجي على طبقة أم الرضمة. تم الحصول على السجل التاريخي لبيانات الحفر الهندسية والفنية والتنفقات المائية ومستويات المياه الجوفية الساكنة والمتحركة والمسافات المترية الفعلية بين الآبار الإنتاجية المتجاورة من إدارة المدينة الجامعية. تم الحصول على بيانات اختبري ضخ ثابت ليثري ضخ في منطقة الدراسة في الفترة ما بين (رجب - شعبان) للعام 1439 هـ. أظهرت نتائج الدراسة أن المسافات المترية الفعلية بين الآبار الإنتاجية المتجاورة أقل وبشكل ملحوظ وكبير عن المسافات المترية المحسوبة لأنصاف أقطار التأثير للآبار الإنتاجية المتجاورة. وهذه النتائج تشير إلى مساهمة فعالة في زيادة انخفاض مناسيب المياه الجوفية وفي زيادة نسبة الخفض في تنفقات المياه الجوفية نتيجة التداخل بين مخاريط الانخفاض المتجاورة. قمت هذه الدراسة على هيئة معادلات رياضية من خلالها تمت الإشارة إلى تأثير المناطق المتداخلة بين آبار الضخ على الإنتاجية والمناسيب. وهذا مما توصي به إلى وضع خطط استراتيجية بشأن إدارة المياه الجوفية مستقبلا في مناطق حقل الآبار الإنتاجية المتجاورة تحت مظلة ظروف تصميمية هندسية ومسافات مترية متالية بين آبار الضخ الإنتاجية.

الكلمات الدالة: المياه الجوفية، الضخ الجائر، ملوحة المياه، منسوب المياه الجوفية، مخروط الانخفاض، نصف قطر التأثير، تكوين أم الرضمة، إدارة المياه، واحة الأحساء.

2005). هناك قلق متزايد بشأن تدهور جودة المياه وانخفاض مناسيب الكثير من الطبقات الحاملة للمياه الجوفية في المملكة العربية السعودية بشكل عام ووصول البعض منها إلى مرحلة النضوب.

تتميز المملكة بشكل عام بمناخ جاف حار مع شح في التساقط السنوي المطري. وهذا الشح فرض قيود خطيرة وجديّة في استخدام المياه الجوفية المتجددة والغزير منجدة في مواجهة الطلب المتزايد على المياه للأغراض المنزلية والصناعية وأيضا في القطاع الزراعي الذي يمثل الاستهلاك الأعلى حيث يقارب 85% من مخزون المياه الجوفية (الحوياني والنعيم 2013). ولا سيما في فترات الجفاف حيث يتجاوز استهلاك المخزون الجوفي حدود التجدد للموارد المائية في حالتها الطبيعية المحدودة مع عدم وجود أنهار أو بحيرات أو مجاري مائية دائمة ورغم هذا التحدي فإن المملكة العربية السعودية بها العديد من طبقات المياه الجوفية التي تحتوي على احتياطيات ضخمة من المياه الجوفية والتي هي بحاجة ماسة إلى الإدارة الفعالة لهذه الخزانات والتي تحمل في طياتها مستقبل القطاع الزراعي والريشي والصناعي المستدام في المملكة العربية السعودية.

أدى الضخ المكثف للمياه الجوفية إلى المزيد من الانخفاض المستمر في مستويات المياه في كل الخزانات الجوفية مما أدى بدوره إلى زيادة تركيز الأملاح الخزانات الجوفية الثلاثة على امتداد الاتجاه العام لانسياب المياه الجوفية وهو الاتجاه الشمالي الشرقي (Al-Mahmoud 1987).

تعتبر واحة الأحساء من أكبر المناطق الزراعية في المملكة العربية السعودية حيث تغطي مساحة قدرها 20 ألف هكتار. يسود واحة الأحساء المناخ الصحراوي شديد الحرارة بمتوسطات تتراوح ما بين 18° م و 33° م للرجبتين الصغرى والكبرى على التوالي. ومتوسط سنوي عام 26° م وشديد الجفاف حيث تعد من أقل مناطق المملكة سقوطاً للأمطر والذي يهطل عادة بصورة غير منتظمة ومنتزبة في الشتاء حيث أن المتوسط السنوي للسقوط المطري يقدر بـ 71.3 مم مع معدل بحر سنوي مرتفع يصل إلى 3330 مم (المظهر 1999).

تعد المياه الجوفية في واحة الأحساء هي المصدر الرئيسي الذي يعتمد عليه من أجل تأمين الاحتياجات المائية في الواحة، وتعود هذه المياه الجوفية بمصدرها إلى ثلاثة تكوينات مائية رئيسية وهي على الترتيب من الأعلى إلى الأسفل: النوجين، الممام (الخير، العلاء)، أم الرضمة (المجم، 2009).

وحيث أن المياه الجوفية تلعب دوراً داعماً وهاماً في التنمية الزراعية والصناعية في الواحة، على هذا المنوال سوف يستمر التزايد في الطلب على المياه الجوفية في ظل وجود بيئة تكوينية معقدة لحركة الماء الجوفي وشح مائي في الأمطار السنوية بمعنى انخفاض في التغذية المائية الأمر الذي كان له الأثر الكبير في إتساع مخروط الانخفاض خلال السنتين سنة الماضية، وعلى أثر هذا الإفراط في استغلال المياه الجوفية الضحلة والعميقة على المدى الطويل بهدف تغطية الطلب المتزايد على المياه ليخدم القطاع الزراعي والصناعي في هذه المنطقة الحيوية.

تذكر Kendy and Konikow (2005) م أنه في نصف القرن الماضي، أصبح الوصول إلى آبار الضخ للمياه الجوفية سهلاً وأن إجمالي السحب من المياه الجوفية على الصعيد العالمي بلغ 750-800 كجم/3 السنة مما أدى ذلك إلى التوسع العالمي في مجال تنمية المياه الجوفية للإمدادات البلدية والصناعية والزراعية. وكانت المكاسب الاقتصادية الناتجة عن استخدام المياه الجوفية دراماتيكية. ومع ذلك تم استنزاف احتياطيات المياه الجوفية في العديد من الأماكن في العالم إلى الحد الذي انخفضت فيه غلات المحاصيل، وأرتفعت تكاليف الضخ، وتدهورت نوعية المياه الجوفية، وتضررت النظم الإيكولوجية المائية، وحصل هبوط الكثير من الأراضي بشكل لا رجعة فيها، وعليه ظهرت العديد من مشاكل التفرغ المائي في التكوينات المائية الجوفية ومشاكل الهبوطات الأرضية وتشقق الأرض، وتداخل مستويات المياه البحرية على المياه العذبة نتيجة الاستغلال المفرط لموارد المياه في المملكة العربية السعودية

لوحظ انخفاض مستويات المياه الجوفية بشكل ملحوظ ومتسارع مما أدى إلى نضوب وجفاف في كثير من الآبار، حيث تراوح انخفاض مستويات المياه التي تم قياسها خلال الثلاثين عام الماضية ما بين 70 و 150 م، وازداد قطر مخروط

المقدمة

تعتبر المياه الجوفية مورداً مائياً أساسياً وجوهياً في العديد من البلدان، لا سيما في المدن التي يوجد فيها ضغط كبير على إمدادات المياه العامة بسبب عدم كفاية الهياكل الأساسية. وفي العديد من المناطق، يتم استخدام المياه الجوفية بسهولة وبتكلفة زهيدة، وعادة ما تكون ذات نوعية جيدة فيما يتعلق بصحة الإنسان والأغراض الصناعية. وكثيراً ما يكون النمو السكاني والصناعي والاقتصادي كبيراً، يرتبب عليه زيادة في استغلال المياه الجوفية لتلبية الطلب المتزايد. ومن ثم فإن الاستخدام المستدام لموارد المياه الجوفية مطلوب بشكل عاجل في كثير من الحالات. مع أخذ في الاعتبار ديناميكية تدفق المياه الجوفية الإقليمية (Kagabu et al., 2013).

الاستنزاف المفرط للمياه الجوفية ليست مشكلة محلية أو إقليمية فقط بل هي مشكلة عالمية كما هو الحال في المناطق الرئيسية لشمال أفريقيا والشرق الأوسط وجنوب آسيا الوسطى وشمال الصين وأمريكا الشمالية وأستراليا (Cao et al., 2013; Wada et al., 2010; Konikow and Kendy, 2005; Shah et al., 2003). وأيضاً ما حصل على مناطق حوض جنوب غرب أرتيسيا العظيم في أستراليا وولاية كانساس الأمريكية. حيث أنهم يواجهون نفس التحدي المتمثل في استخدام المياه الجوفية المستدامة (Sophocleous, 2012). وقد أبلغ العديد من المحققين عن التغيرات في نوعية المياه الجوفية بسبب ضخ المياه الجوفية الزائدة (Blaszky and Gorski, 1981) و (Appelo and Postma, 1994).

تذكر كل من (Taniguchi et al., 2008) و (Kagabu et al., 2011, 2013) عن بعض المدن الآسيوية الكبيرة التي حصل فيها عمليات تدهور في مناسيب المياه الجوفية نتيجة الضخ المفرط.

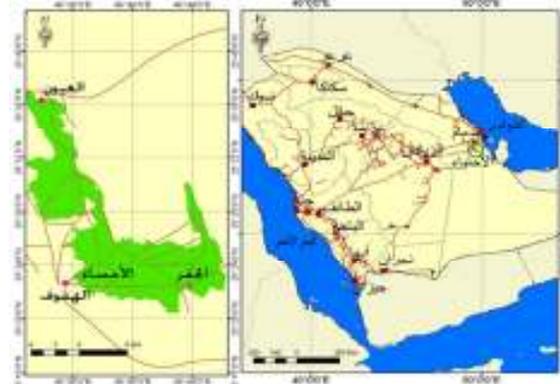
قدم Taufiq et al., (2018) دراسة عن تأثير ضخ المياه الجوفية بشكل مفرط على عمليات إعادة التجدد في حوض بانونغ في إندونيسيا وذكر عن حدوث أو وجود بعض المشاكل البيئية تحت سطح الأرض نتيجة للضخ المفرط للمياه الجوفية مثل زيادة درجة حرارة الأرض وخفض منسوب المياه الجوفية وهبوط الأراضي. ومن آثار فرط الضخ للمياه الجوفية عملية تجديد المياه الجوفية (Yamanaka et al., 2011) و (Kagabu et al., 2013).

حدث الكثير من الهبوطات الأرضية في العديد من الأماكن في العالم نتيجة لضخ المياه من أنظمة المياه الجوفية ذات التكوينات الجوفية المفككة والتي كان لها الأثر الكبير وبصورة غير مباشرة على تصرفات المياه الجوفية بشكل واضح وعلى انخفاض مناسيب المياه الجوفية. ذكر (Abidin et al., 2008) أنه خلال الفترة الممتدة على مدار خمس سنوات في الفترة من (2000-2005)، حدث هبوط أرضي على عدد من المواقع لحوض بانونغ في إندونيسيا حيث وصل إلى قرابة 70 سم، مع سرعة هبوط تبلغ حوالي 1-2 سم/شهر. قدم كل من (Poland and Davis, 1969) و (Poland 1972) ملخصات وصفية موقفة توثيقاً جيداً لجميع الحالات عن طبيعة ومشاكل الهبوطات الأرضية الناتجة عن الضخ المفرط. قدم كل من (Erban et al., 2014) دراسة عن استخراج المياه الجوفية وهبوط الأرض وارتفاع مستوى سطح البحر في دلتا نهر ميكونغ في فيتنام وذكر أن الاستغلال المفرط من المياه الجوفية هو السبب الرئيسي لهبوط الأراضي. قدم كل من (Minderhoud et al., 2017) دراسة عن آثار 25 سنة من استخراج المياه الجوفية على هبوط في دلتا ميكونغ في فيتنام باستخدام نموذج عددي ثلاثي الأبعاد لتدفق المياه الجوفية تحت سطحية في منطقة دلتا ميكونغ في فيتنام. ويشير النموذج إلى أنه منذ عام 1991، رئيسي في دلتا نهر ميكونغ في فيتنام. ولمدة 25 سنة أدى استغلال المياه الجوفية في نهر ميكونغ إلى متوسط هبوط أرضي بإجمالي بلغ 31 سم.

تعتمد المملكة العربية السعودية على المياه الجوفية كمصدر رئيسي للقطاع الزراعي في المملكة، وقد أدى التوسع في الرقعة الزراعية في المملكة إلى استنزاف كميات هائلة من مخزون المياه الجوفية (العمران وآخرون)،

الانخفاض في المنطقة التي انخفضت فيها مستويات المياه ليتراوح ما بين 60 و 100 كم (AI-Tokhais and Randolf, 2008).
 ذكر كل من Fetter (1994) والبسام عام (2001 م) أن الزيادة في انخفاض مستويات المياه الجوفية داخل آبار المراقبة ربما يكون نتيجة وجود بئر آخر أو أكثر بالقرب منه أو جوار آبار المراقبة وعلى أثر ذلك يحدث تناخل منحنيات مخاريط الانخفاض لآبار الضخ الجوفية المتقاربة حيث تصل أنصاف مناطق التأثير لكل منهما إلى بئر المراقبة وهذا يساهم في زيادة انخفاض مستويات المياه الجوفية داخلها وهذا يبرز أهمية تحديد المسافات التي تقصل ما بين آبار الضخ الإنتاجية عن بعضها البعض وأسلوب توزيع آبار الضخ الإنتاجية بصورة مثالية هندسية بهدف تقليل انخفاض مستوى سطح الماء الجوفي.

ذكر AL-Naeem عام (1999م) أن التباين في المسافات بين الآبار الإنتاجية تتشكل على أثرها منحنيات مخاريط الانخفاض بصورة متباينة في الحجم وهذا يؤدي إلى التباين في التدفق المائي وفي مناسيب المياه الجوفية بين الآبار الإنتاجية. ذكر (Fei et al., 2009) أن نطاق مخروط الانخفاض للطبقة المائية في البداية يكون صغيراً ومن ثم يزداد اتساعاً بشكل تدريجي في الحجم نتيجة التوسع في استخدامات المياه الجوفية مما يسبب المزيد من التدهور التدريجي في موارد المياه الجوفية نتيجة الطلب المتزايد على الموارد المائية بهدف التطوير في التنمية الاقتصادية.



الشكل 1. المخطط العام لواجهة الأحساء وموقعها الجغرافي (مسعود 2008)

ويُنسب الانخفاض المستمر في مستويات المياه الجوفية في مشاكل

بيئية وجيولوجية خطيرة، مثل هبوط الأراضي، وتشققات الأراضي، وتداخل مياه البحر مع المياه العذبة (Han et al., 2013 و Shi et al., 2008). كما ذكر (Zhang 2013) أن معظم المياه الجوفية الضحلة قد تلوّث بسبب تسرب المياه البحرية مما يؤدي إلى المزيد من التدهور في الموارد المائية الصالحة للشرب لذا من الأمور المهمة في هذا الصدد تحليل خصائص تطور ومتابعة عمق مخروط الانخفاض للمياه الجوفية والعوامل المهيمنة التي تؤثر عليه بهدف إعداد خطة نموذجية وإستغالية أمثل لاستهلاك الكميات المناسبة للموارد المائية. ذكر (Kagabu et al., 2013) أن الإبرك المعرفي في فهم هذه التغييرات ومتابعتها هي على جانب كبير من الأهمية وذلك بهدف تحقيق الإدارة الفعالة للمياه الجوفية لها لأن هذه التغييرات يمكن أن تتسبب في مشاكل غير متوقعة مثل تدهور نوعية المياه الجوفية واضطراب النظم الإقليمية لتدفق المياه الجوفية. ويتطلب فهم هذه العمليات إدراكها على نطاق الحوض وتطوير ودمج المعرفة بالخصائص الهيدروجيوكيميائية، ودراسة عدم تجانس طبقة المياه الجوفية، ومعرفة المعلومات على النطاق الميداني، ومن ثم محاكاة نماذج تدفقات المياه الجوفية (Dia et al., 2010, 2014). ما ذكره (Kagabu 2013) عن وصف عمليات تجديد حوض بان دونغ باستخدام تقنيات هيدروجيوكيميائية متعددة. وتمثل الأهداف في إجراء دراسة منهجية لنظم تدفق المياه الجوفية، وتتبع عمليات التجديد، والكشف عن تدفقات المياه الجوفية، مما يدل على مدى أهمية فهم ظاهرة تجديد النشاط في إدارة بعض الأنشطة البشرية فيما يتعلق بحماية موارد المياه الجوفية.

خلال العقود الماضية لم يتم الإبلاغ في السعودية عن أي حالة هبوط في الأراضي، رغم أنه كان هناك نضوب مطرد ومتسارع في هبوط مستوى المياه وهذا متوقع من خلال التوسع في القطاع الزراعي (Al-Ibrahim, 1990).

قام (Nejem, 1994) بدراسة نموذج رقمي ثلاثي الأبعاد لتمثيل ومحاكاة نمذجة المياه الجوفية في نظام متعدد الخزانات (خزانات البوئين، الخبر، العلاء) بالواجهة وخلصت دراسة النمذجة على أن هناك وجود تفاعل هيدروليكي متبادل بين هذه الخزانات الجوفية المائية ووجد أن هناك تزايد في الهبوط المائي واتساع قطر منطقة الضغط المنخفض باتساع قطر مخروط

المواد وطرق العمل :
 الوصف العام لمنطقة الدراسة

تقع واحة الأحساء في الجزء الساحلي المنخفض في المنطقة الشرقية وهي ضمن نطاق المنطقة المدارية بين دائرتي العرض $25^{\circ} 20'$ و $25^{\circ} 40'$ شمال خط الاستواء وبين خطي طول السطول $49^{\circ} 30'$ و $49^{\circ} 50'$ شرقاً خط غرينتش وعلى ارتفاع يتراوح بين 130 - 160 متراً فوق مستوى سطح البحر الواحة تأخذ شكلاً طولياً يمتد على محورين متعامدين يتقاطعان في الجزء الجنوبي الغربي من الواحة (Tayeb, 1983). يوضح

تم الحصول على بيانات الحفر الهندسية والقبية والتدفقات المائية ومستويات المياه الجوفية الساكنة للآبار الإنتاجية في المدينة الجامعية (جامعة الملك فيصل) موضوع الدراسة من الإدارة العامة للمدينة الجامعية. تضمنت منطقة الدراسة مواقع إحدى عشر بئراً ضخ إنتاجي على طبقة أم الرضمة كما هو موضح في الشكل (2).



الشكل 2. مواقع الآبار الإنتاجية المتجاورة في المدينة الجامعية (جامعة الملك فيصل)

المصدر: إدارة المدينة الجامعية

تم تقدير معامل التوصيل الهيدروليكي (K) من خلال استخدام معادلة دارسي المعادلة (1) (Driscoll, 1986). للآبار الإنتاجية المتجاورة. ورياضياً ، والموصلية الهيدروليكية أو معامل التوصيل الهيدروليكي هي في الواقع معامل في قانون دارسي ، والذي يربط سرعة تدفق المياه الجوفية مع المنحدر الهيدروليكي في ظل ظروف التدفق الصفاحي. وهي تتضمن قيمة التغيير في العلو الهيدروليكي للبينين المتجاورين على المسافة بينهما. وأيضا تم بطريقة أخرى تقدير معامل التوصيل الهيدروليكي من خلال استخدام العلاقة التي تربط

كما تم تقدير المسافات الفعلية المترية ما بين الآبار الإنتاجية المتجاورة من خلال مقياس الرسم خارطة المدينة الجامعية. أيضا تم الحصول على بيانات اختبار ثابت لبترين في منطقة الدراسة أرقام (23 , 6) كما هو موضح مواقعها في الشكل (2) والتي تضم قراءات التغيير في مستويات المياه الجوفية مع الزمن. كما تم الحصول أيضا على بيانات مستويات المياه الساكنة والمتحركة قبل وأثناء إجراء اختبار الضخ.

المائية الجوفية مع تأثير وبدون التداخلات بين مخاريط الانخفاض وتحديد نسبة الخفض في قيم التدفقات ومستويات المياه الجوفية. تم تطبيق حالات التداخلات لمواقع الآبار الإنتاجية المتجاورة في حالات هندسية خاصة كما هو موضح في الشكل (2) كما هو الحال في بئرين متجاورين متقاربين أو متباعدين (10، 9) و (23، 21) على التوالي بينهما مسافة معلومة باستخدام المعادلة (6) أو ثلاثة آبار تقع على خط مستقيم والمسافات بينهما متساوية الآبار (10، 6، 1) من خلال المعادلة (7) وحساب التدفق المائي من البئر الوسطي (بئر 6) الواقع بين البئرين الإنتاجيين المحيطين وذلك من خلال استخدام المعادلة (8). وحالة خاصة أخرى لثلاثة آبار إنتاجية تشكل مثلثا متساوي الأضلاع الآبار (10، 3، 1) باستخدام المعادلة رقم (9) (Michael and Khepar, 1994) و (الشبلاق وعمار، 1998).

كما تم تقييم التغيير في أنصاف أقطار التأثير على قيم التدفقات والمناسيب المياه الجوفية لآبار الضخ الإنتاجية المتجاورة.

$$Q_1 = Q_2 = \frac{2\pi KD(h_0 - h_w)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \quad (6)$$

$$Q_1 = Q_2 = \frac{2\pi KD(h_0 - h_w) \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \quad (7)$$

$$Q_1 = \frac{2\pi KD(h_0 - h_w) \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \quad (8)$$

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = \frac{2\pi KD(h_0 - h_w)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \quad (9)$$

حيث تمثل قيمة B في المعادلتين (6) و (7) المسافة المترية الفعلية بين الآبار الإنتاجية. حيث تمثل كل من $Q_1 = Q_2 = Q_3$: تدفقات الآبار الإنتاجية المتجاورة (متر مكعب / اليوم)، K : هي معامل التوصيل الهيدروليكي للجريان الجوفي بوحدة السرعة (متر/ اليوم)، D : سمك الخزان الجوفي (بالمتر)، h_0 : نصف قطر (بالمتر)، h_w : نصف قطر بئر الضخ (متر)، r_1 : مستوى الضغط البيزومتري على الحد الخارجي للمخروط أو منطقة التأثير قبل الضخ بالمتر، r_2 : مستوى الضغط البيزومتري داخل البئر بالمتر و قيمة B هي المسافة المترية الفعلية بين الآبار الإنتاجية في المعادلات (6، 7، 8، 9).

النتائج والمناقشات

تحليل بيانات الضخ

أظهرت نتائج تحليل اختبارات الضخ البسيطة التي أجريت في منطقة الدراسة على أحد آبار المدينة الجامعية (بئر 6) كما هو موضح في مواقع الآبار بالشكل (2) حيث تم أخذ القياسات المترية اللازمة قبل وأثناء إجراء عملية اختبار الضخ حيث كان مستوى الماء الجوفي الثابت قبل اختبار الضخ 238.7 متر ومن ثم تم أخذ بيانات إختبار الضخ والتي تمثل بيانات زمن الضخ ومستويات المياه الجوفية وفي نهاية إختبار الضخ تم أخذ مستوى الماء المتحرك 292.4 متر وكان قيمة أقصى الهبوط المائي الجوفي لها 2.31 متر وبمعدل تدفق مائي 10.94 لتر/ الثانية (945.2 متر مكعب/اليوم). و السعة النوعية للينر 22.85 جالون/دقيقة/قدم وهي تمثل رياضيا قيمة التدفق المائي مقسوما على أقصى هبوط مائي. كما تم ربط علاقة رسم بياني بين قراءات مستويات المياه الجوفية وزمن بيانات الضخ كما هو موضح في الشكل (3).



الشكل 3. تحليل قياسات تجربة الضخ من أحد آبار المدينة الجامعية (بئر 6) باستخدام طريقة جاكوب كوبر.

تم تقدير معامل المرورية للخزان الجوفي (T) باستخدام معادلة جاكوب (المعادلة 3).

حيث أن قيمتها رياضيا $T = (2.30 \times Q) / (2 \times \pi \times \Delta s)$ وهي تمثل قيمة الهبوط المائي Δs على المحور العمودي تساوي تقريبا 0.8 متر لدروة لوغاريتمية واحدة على المحور الأفقي ومعدل التصرف (Q)

بين معامل المرورية (T) وسمك الخزان الجوفي للطبقات المحصورة (D) ويمثل معامل المرورية (T) بقيمة معامل التوصيل الهيدروليكي مضروبا في سمك الخزان الجوفي (الشبلاق وعمار، 1998).

والتوصيل الهيدروليكي أو ما يعرف بالموصلية الهيدروليكية (K) هي مقياس لمدى سهولة مرور الماء عبر التربة أو الصخور. وتشير القيم العالية إلى المواد المنفصلة التي تكون صخور الخزان التي يمكن من خلالها مرور الماء بسهولة؛ كما تشير القيم المنخفضة إلى أن المادة المكونة للخزان أقل نفاذية. عادة ما يتم إعطاء الموصلية الهيدروليكية أو معامل التوصيل الهيدروليكي بالرمز (K) وتمثل بوحدة السرعة، على سبيل المثال متر / ثانية أو متر/ يوم.

$$Q = -K.A \left(\frac{dh}{dl}\right) \quad (1)$$

حيث تمثل Q : التدفق المائي للخزان الجوفي بوحدة الحجم على الزمن، K : معامل التوصيل الهيدروليكي ويقاس بوحدة السرعة، بينما قيمة dh/dl تمثل الميل أو المنحدر الهيدروليكي وهو يشير إلى التغيير في مستويات المياه الجوفية للآبار الإنتاجية المتجاورة بالنسبة للتغير في المسافة المترية الفعلية بينهما و A هي تمثل مساحة الخزان الجوفي بوحدة المساحة.

تم تقدير معامل المرورية ويرمز لها بو (T) ووحدها المساحة على الزمن وهي أحد خصائص الخزان الجوفي وذلك باستخدام معادلة جاكوب وكوبر (Jacob, 1947) للسرير الغير مستقر من خلال المعادلة (2)

$$s_w = \frac{2.30 Q}{4 \pi T} \lg \frac{2.25 KD r}{r^2 S} \quad (2)$$

حيث أن s_w : هي وحدة الهبوط المائي في بئر الضخ أو أي نقطة في بئر المراقبة. r : المسافة المترية بين البئر الإنتاجي وبئر المراقبة. وقيمة K تمثل معامل التخزين (ليس له وحدة). K : معامل التوصيل الهيدروليكي (m/t). D : سمك الخزان الجوفي بالمتر ومعامل المرورية (T) تمثل قيمة KD (m²/t). t : الفترة الزمنية منذ بداية الضخ. Q : التدفق المائي للخزان الجوفي (m³/t).

وحيث أن كل من S ، T ، Q هي قيم ثابتة في المعادلة (2). فإذا استخدمنا قياسات الهبوط على مسافات قصيرة (r) من بئر الضخ ووقعا قيم الهبوطات (s) مع الزمن (t) على ورقة شبه لوغاريتمية يتشكل خط مستقيم على الرسم البياني. وإذا تم مد هذا الخط المستقيم ليقطع المحور الزمني عندها قيمة الهبوط ($s=0$) فإن نقطة التقاطع لها الإحداثيات التالية ($s = t_0$) حيث تمثل t_0 زمن بداية الضخ وبالتعويض لهذه القيم في المعادلة (2) ومع إعادة الترتيب في المعادلة يتم الحصول على المعادلتين التاليتين (3) و (4) ومن خلالهما يتم تحديد قيم معامل المرورية (T) ومعامل التخزين للخزان الجوفي (S)

$$T = \frac{2.3 \times Q}{2 \times \pi \times (h_0 - h_w)} \quad (3)$$

$$S = \frac{2.25 \times T t_0}{r_0^2} \quad (4)$$

وتمثل قيمة $(h_0 - h_w)$ التغيير في قيم الهبوط المائي ويرمز له (Δs) لكامل منحنى مخروط الانخفاض لبئر الضخ. أنصاف أقطار التأثير للخزانات الجوفية :

نصف قطر التأثير يقصد به بأنه أقصى مسافة ممكنة تمثل قدرة السحب للمياه الجوفية باتجاه البئر الإنتاجي (Dragonai, 1998). والطريقة الأكثر شيوعا للحصول على قيمة "نصف قطر التأثير" (r_0) للخزان الجوفي هي من خلال استخدام الصيغ التجريبية كما هو موضح في المعادلة (5).

يمكن استخدام نصف قطر التأثير (r_0) كمؤشر لتباعد الآبار لتجنب التداخل ما بين الآبار الإنتاجية المتجاورة، وبما أن نصف قطر التأثير يعتمد على التوازن بين إعادة تغذية طبقة المياه الجوفية وتصريف الآبار بشكل جيد، فإن نصف القطر قد يختلف من سنة إلى أخرى بالنسبة للآبار غير المحصورة في طبقات المياه الجوفية المتنجة، وعادة ما يكون بضع مئات من الأمتار. بالنسبة للآبار المحصورة قد يكون لها نصف قطر تأثير يمتد عدة كيلومترات. تم تحديد أنصاف أقطار التأثير لهذه الآبار وتقدير التدفقات المائية بدون تأثير التداخل بين مخاريط الانخفاض من خلال استخدام معادلة Theim عام 1906 م للطبقات المحصورة المعادلة (5).

$$Q = \frac{2 \times KD}{\ln\left(\frac{r_0}{r_1}\right)} (h_0 - h_w) \quad (5)$$

حيث تمثل Q : تدفق الطبقة الجوفية (متر مكعب / اليوم)، K : التوصيل الهيدروليكي للجريان الجوفي بوحدة السرعة (متر/ اليوم)، D : سمك الخزان الجوفي (بالمتر)، r_0 : نصف قطر التأثير لبئر الضخ المحدد من موقع البئر الإنتاجي إلى آخر حافة منطقة التأثير (بالمتر)، r_1 : نصف قطر بئر الضخ (متر)، h_0 : مستوى الضغط البيزومتري على الحد الخارجي للمخروط أو منطقة التأثير قبل الضخ بالمتر، h_w : مستوى الضغط البيزومتري داخل البئر بالمتر.

وحيث أنه يتوفر في منطقة الدراسة حقل ذو مواقع آبار مياه جوفية ذات أشكال هندسية خاصة كاملة الاختراق للخزان الجوفي بعمق حفر واحد وذات إمتداد مسامي شاسع بلا حدود ولها نصف قطر البئر نفسه وقيمة الهبوط نفسها وتوضح لفترة زمنية واحدة متساوية، لذا يمكن على أساسها حساب معدلات الضخ ومستوياتها المائية.

تم تقييم حالة التداخلات بين مخاريط الانخفاض للآبار الإنتاجية المتجاورة في الأشكال الهندسية الخاصة وتأثيرها على مستويات والتدفقات

الجدول (2) يوضح نتائج تأثير أنصاف أقطار التأثير المحسوبة بالمتري من المعادلة (5) على تدفقات المياه الجوفية بالمتري المكعب/اليوم للأبار الإنتاجية المتجاورة تحت مظلة حالات خاصة لمواقع الأبار الإنتاجية. ففي حالة حقل أبار إنتاجية متجاورة ذو الشكل المثلثي المتساوي الأضلاع (10 - 3 - 1) كما هو موضحة مواقعهم في الشكل (2)، نجد أن قيمة نصف قطر التأثير والمحسوب لكل بئر إنتاجي تساوي 1109 متر وهذا يمثل أكثر من ثلاثة أضعاف قيمة المسافة المترية الفعلية بين الأبار الإنتاجية المتجاورة، مما يشير إلى وجود تداخل بين أنصاف أقطار التأثير للأبار الإنتاجية الثلاثة المتجاورة. قيمة التدفق المائي لكل بئر إنتاجي منهم بدون تأثير التداخل بين الأبار تصل إلى 495 متر مكعب/اليوم. يقابل هذا التدفق المائي الجوفي المحسوب لكل بئر من حقل أبار مثلث متساوي الأضلاع (10, 3, 1) بدون تأثير التداخل بين هذه الأبار الإنتاجية المتجاورة الثلاثة هبوط مائي جوفي يساوي 2.6 متر كما هو موضح في الجدول (3) ونتيجة تأثير التداخل بين هذه الأبار الإنتاجية الثلاثة المتجاورة إنخفضت قيمة التدفق المائي الجوفي تقريبا إلى الثلث ليصبح 127 متر مكعب/اليوم بمعنى أن النسبة المئوية للخفض في قيمة التدفق المائي الجوفي لهذه الحالة تساوي 74 % كما هو موضح في الجدول (2) يقابله زيادة في الهبوط المائي نتيجة التداخل بين الأبار الإنتاجية المتجاورة تساوي 3.4 متر ونسبة مئوية تصل إلى 23 % كما هو موضح في الجدول (3).

الجدول 2. يوضح نتائج تأثير أنصاف أقطار التأثير بالمتري على تدفقات المياه الجوفية بالمتري المكعب/اليوم للأبار الإنتاجية المتجاورة تحت مظلة الحالات الخاصة لمواقع الأبار الإنتاجية بدون تأثير وبتأثير التداخل في منحنيات مخاريط الانخفاض.

رقم حقل أبار ذات مواقع خاصة	معدل نصف قطر التأثير	التدفق المائي الجوفي بدون تأثير التداخل	التدفق المائي الجوفي مع تأثير التداخل	نسبة الخفض المئوية % في قيمة التدفق المائي الجوفي
13	شكل مثلث متساوي الأضلاع	1109	495	74
1	شكل ثلاث أبار على خط مستقيم	1080	640	27*
10	تصرف البئر الوسطي	374	640	23
9	بئران متجاوران متقاربين	528	697	11
21	بئران متجاوران متباعدين	1520	612	44
23	خط مستقيم	1520	612	23

* النسبة المئوية للزيادة في قيمة التدفق المائي الجوفي للبئران الطرفين عن البئر الوسطي في حالة حقل ثلاثة أبار تصطف على خط مستقيم

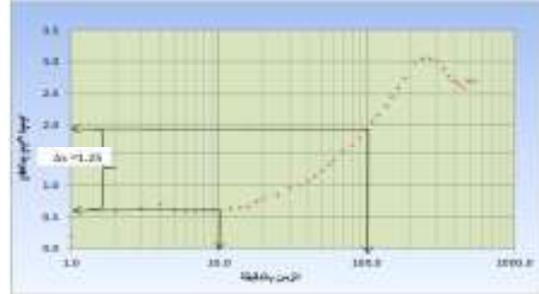
الجدول 3. يوضح نتائج تأثير أنصاف الأقطار بالمتري على الهبوط المائي الجوفي للأبار الإنتاجية المتجاورة بالمتري تحت مظلة أشكال هندسية خاصة لمواقع الأبار.

رقم حقل أبار ذات مواقع خاصة	معدل نصف قطر التأثير بالمتري	الهبوط المائي الجوفي بدون تأثير التداخل	الهبوط المائي الجوفي مع تأثير التداخل	نسبة الخفض المئوية % في الهبوط المائي الجوفي مع تأثير التداخل
1	شكل مثلث متساوي الأضلاع	1109	2.6	3.4
3	شكل ثلاث أبار على خط مستقيم	1080	2.6	7.4
10	بئران متجاوران متقاربين على خط مستقيم	528	2.6	5.7
21	بئران متجاوران متباعدين على خط مستقيم	1520	2.7	3.56

في حالة حقل ذو ثلاث أبار متجاورة تصطف على هيئة خط مستقيم (1-3-10) كما هو مبين من مواقعهم في الشكل (2)، نجد أن نصف قطر التأثير المحسوب لكل بئر إنتاجي منهم يساوي 1080 متر وهذا يمثل أكثر من ثلاثة أضعاف المسافة المترية الفعلية بين الأبار الإنتاجية المتجاورة الثلاثة كما هو موضح في الجدول (1)، وهذا مما يشير أيضا إلى وجود تداخل بين أنصاف أقطار التأثير للأبار الإنتاجية الثلاثة المتجاورة. قيمة التدفق المائي لكل بئر إنتاجي بدون تأثير التداخل بين الأبار تساوي 640 متر مكعب/اليوم كما هو موضح في الجدول (2) يقابله هبوط مستوى مائي جوفي يعادل 2.6 متر كما هو موضح في الجدول (3). ونتيجة تأثير التداخل بين هذه الأبار الثلاثة، ازدادت قيمة التدفق المائي الجوفي حيث وصل إلى 881 متر مكعب في اليوم، كما هو موضح في الجدول (2) وعلى أثر ذلك إزداد قيمة هبوط المستوى المائي حيث وصل إلى

تساوي 945.2 متر مكعب في اليوم وبناء عليه فإن قيمة معامل المرور الجوفي تقريبا 434.8 متر مربع/اليوم.

كما أظهرت نتائج تحليل إختبارات الضخ والتي أجريت أيضا على بئر 23 في منطقة الدراسة كما هو موضح في الشكل (4) والتي تم من خلالها أيضا أخذ القياسات المترية للمستويات المائية الثابتة والمتحركة وهي 238.7 و 299.12 متر على التوالي واقصى هبوط مائي لها 3.05 متر بمعدل تدفق مائي 945.2 متر مكعب/اليوم، والسعة النوعية للبئر 17.29 جالون/دقيقة/قدم.



الشكل 4. تحليل قياسات تجربة الضخ من أحد آبار المدينة الجامعية (بئر 23) باستخدام طريقة جاكوب كوبر.

قيمة الهبوط المائي Δs على المحور العمودي في الشكل (4) لدروة لوغاريتمية واحدة تساوي 1.25 متر و معدل التصرف (Q) 945.2 متر المكعب/اليوم، وباستخدام المعادلة (3) فإن قيمة معامل المرور الجوفي 276.94 متر مربع/اليوم.

معامل التوصيل الهيدروليكي

بعد الحصول على بيانات السجل التاريخي لأبار المدينة الجامعية تم إستنتاج قيم كل من معدل سمك الخزان وهي 140 متر وتحديد مساحة الخزان الجوفي بمعلومية المسافة المترية الفعلية بين الأبار الإنتاجية وعلى قيم التدفقات المائية لأبار المياه الجوفية ومن ثم تحديد قيم الميل الهيدروليكي بين آبار المياه الجوفية المتجاورة وذلك بمعلومية التغير في قيم العلو الهيدروليكي بالمتري (dh) والمسافة المترية الفعلية بين الأبار الإنتاجية المتجاورة وتقدير قيمة معامل التوصيل الهيدروليكي (K) باستخدام المعادلة (1). وعليه أشارت النتائج على أن قيمة معدل التوصيل الهيدروليكي أو الموصلية الهيدروليكية للخزان الجوفي في منطقة تساوي تقريبا 2.52 متر / اليوم.

وبطريقة أخرى أمكن الحصول على قيمة الموصلية الهيدروليكية (K) بمعلومية قيمة معامل المرور الجوفي (T) وسمك الخزان الجوفي (D). وعليه تشير النتائج على أن معدل الموصلية الهيدروليكية (K) للخزان الجوفي في منطقة الدراسة تقريبا 2.45 متر/اليوم.

الجدول (1) يوضح قيم أنصاف أقطار التأثير المحسوبة للأبار الإنتاجية المتجاورة ذات حالات مواقع هندسية خاصة في منطقة الدراسة والمقدرة من خلال إستخدام المعادلة (5) ومقارنتها مع المسافات المترية الفعلية بين الأبار الجوفية المتجاورة ونسبة الزيادة المئوية بينهما. وتشير النتائج على أن قيم أنصاف أقطار التأثير المحسوبة للأبار المتجاورة في جميع حالات حقول الأبار الإنتاجية المتجاورة ذات المواقع الهندسية الخاصة أكبر تقريبا بضعفين إلى ثلاثة أضعاف من قيم المسافات المترية الفعلية بين الأبار الجوفية المتجاورة. النسبة المئوية للزيادة بين المحسوب والمقاس لأنصاف أقطار التأثير تقع بين 50 - 75%.

الجدول 1. يوضح نتائج تقدير المسافات الفعلية المترية المقاسة والمحسوبة ما بين الأبار الإنتاجية المتجاورة والمحددة تحت مظلة الحالات الخاصة لمواقع الأبار.

رقم الحقل الخاصة حقل مواقع أبار	معدل نصف قطر التأثير المقدر بالمتري	أرقام الأبار المتجاورة	المسافة الفعلية نسبة الزيادة المئوية %
1	شكل مثلث متساوي الأضلاع	1109	3.4
3	شكل ثلاث أبار على خط مستقيم	1080	7.4
10	بئران متجاوران متقاربين	528	5.7
21	بئران متجاوران متباعدين	1520	2.7

وهذا التباين في قيم المسافات المترية الفعلية بين الأبار الإنتاجية المتجاورة والمسافات المترية المحسوبة من خلال المعادلة (5) تشير إلى وجود تأثير كبير ومباشر على قيم تدفقات ومنايب المياه الجوفية كما هو موضح في الجداول (3, 2) وهذا نتيجة التداخل في منحنيات مخاريط الانخفاض ما بين الأبار الإنتاجية المتجاورة لجميع حالات حقول الأبار للأشكال الهندسية.

الاستنتاجات والتوصيات

من خلال مناقشة النتائج يمكن الاستنتاج بليجاز إلى أن المياه الجوفية في منطقة الدراسة تقع في حالة عدم وجود توازن طبيعي مائي بين المياه الواردة (مياه التغذية) والمياه المصروفة سواء كانت من خلال ضخ المياه الجوفية أو المتسرب منها إلى الطبقات الجوفية الأخرى. نتيجة تقارب آبار المياه الجوفية المتجاورة الأمر التي يستدعي تظافر الجهود لوقف الزيادة في الإخلال في التوازن الطبيعي المائي وذلك بلعمل على المسارعة في تشكيل لجان عالية الاختصاص وواسعة الصلاحية تعنى بوقف جميع أعمال هدر المياه الجوفية في منطقة الدراسة بشكل خاص وبإلواحة بشكل عام والتي منها:

وقف كل أعمال الحفر العشوائي للآبار والمنتشرة في أرجاء الواحة كافة وخصوصا الآبار الجوفية المتجاورة والتي غالبا لا تطابق المواصفات الفنية في الحفر ومراقبة ضخها والتي تعتبر خرجة عن حساب التوازن المائي ووضع قوانين صارمة تقادى هدر المياه بوضع عدادات المياه تكون في النهاية لصالح التكوين الجوفية الحاملة للمياه كتكوين أم الرضمة أو النيوجين. أهمية تحديد ومراعاة المسافات المثالية الفاصلة بين الآبار وتوزيعها بشكل جيد لتقادي التداخل في مخاريط الضخ بين الآبار الإنتاجية وخصوصا الآبار المتجاورة ذات المسافات المترية القصيرة في انصاف أقطار التأثير. الأمر الذي يجنب تداخل منطقة التأثير كل منها على الآخر مما يؤدي إلى زيادة غير مرغوب في انخفاض مستويات المياه الجوفية.

التوسع في مجال الترشيد في استعمالات المياه وذلك برفع كفاءة استخدامات المياه الزراعية باستعمال نظم ري حديثة سواء بالتنقيط أو الرش. التوسع في المصادر المساندة للمياه الجوفية (معالجة مياه الصرف الصحي والزراعي و تحلية المياه المالحة) لتقليل من خطورة استمرارية الهبوط السنوي المخيف في مستويات المياه الجوفية في منطقة الدراسة و تقليل الاعتماد على مصادر المياه الجوفية الناضبة لأغراض الري والصناعة والشرب. والإستفادة من مياه البلدية بصورة مباشرة في وقت الأزمات التناقصية في مستويات الهبوط المائي في الطبقات المائية الجوفية

التقليل من تشغيل جميع الآبار في وقت واحد في منطقة الدراسة وخصوصا الآبار الجوفية المتقاربة تقاديا لتأثير انصاف أقطار التأثير الأمر الذي يقلل من خطور تداخل مناطق التأثير المؤدية إلى الانخفاض في التنفقات المائية والزيادة الغير مرغوب فيها الهبوط المائي الجوفي.

إتخاذ هذه الدراسة نموذجا يحتذى به على جميع آبار المياه الجوفية على مستوى واحة الأحساء الذي يقلل من النضوب في مستويات المياه الجوفية لجميع التكوينات الحاملة للمياه الجوفية على مستوى الواحة.

المراجع

البسام، عبد العزيز محمد (2001). "المياه الجوفية"، جامعة الملك سعود. الرياض. المملكة العربية السعودية صفحة 311-321.

الحويتي، خليل و النعيم أحمد (2013). " التباين الزمني والمكاني لنوعية مياه الري الجوفية لواحة الأحساء - المملكة العربية السعودية". مجلة جامعة الخرطوم للعلوم الزراعية : المجلد الحادي والعشرين- العدد الأول 2013. الصفحات 42-60.

الشبلق، محمد منصور و عمار عبد اللطيف عمار (1998). " الهيدرولوجيا التطبيقية"، منشورات جامعة عمر المختار - البيضاء - الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية العظمى. صفحة 188-190.

الطاهر، عبد الله أحمد سعد (1999). " الأحساء : دراسة جغرافية". مطبع الحسيني الحديثة الأحساء. المملكة العربية السعودية. الصفحات 385.

العمران، عبد رب الرسول العمران وفالنتة، عبد الرزاق محمد و المطرود، سيف سعد (2005). " تقييم نوعية مياه الري في منطقة الرياض بالمملكة العربية السعودية". مجلة جامعة الملك سعود. علوم الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة المجلد 16 العدد 2 الصفحات 40-23.

الملحم، فهد عبد المحسن (2009). " تأثير الري خلال فترات طويلة المدى بمياه مختلفة النوعية على بعض صفات التربة بواحة الأحساء- المملكة العربية السعودية". رسالة ماجستير- قسم البيئة والمصادر الطبيعية الزراعية - جامعة الملك فيصل.

مسعود، مسعود عبد العاطي (2008) خرائط منطقة الأحساء، مركز الدراسات المائية، جامعة الملك فيصل.

Abidin HZ, Andreas H, Gamal M, Wirakusumah AD, Darmawan D, Deguchi, T., Maruyama, Y. (2008). "Land subsidence characteristics of Bandung basin, Indonesia, as estimated from GPS and In SAR". J Appl Geodesy 2:167-177.

Al-Ibrahim, A.A., (1990), " Water Use in Saudi Arabia: Problems and Policy Implication", Journal of Water Resources Planning and Management, 116(3): 375-388.

Al-Mahmoud, M. J. (1987). " Hydrogeology of Al-Hassa Oasis ". M Sc. Thesis. King Fahad University for Petroleum and Minerals, Dhahran, Saudi Arabia.

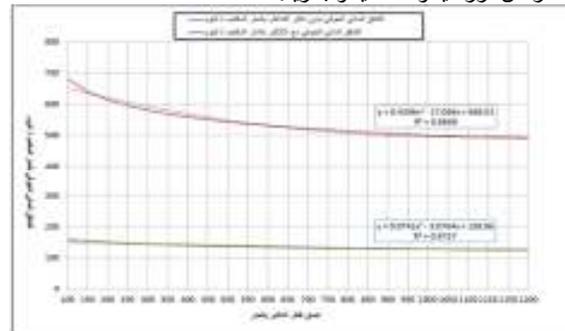
AL-Naeem, A.A. H, (1999)." Evaluation and Management of Hydrogeological Conditions In The South-Eastern Part of The Ha'il Region. Ph.D. Thesis. Cardiff University. South of Wales. U.K.

7.4 متر كما هو موضح في الجدول(3) وهذه الزيادة في التنفق المائي تم اكتسابها من البئر الوسطي بئر رقم (6) الواقع بين الآبار المنظرية (1 - 10) حيث وصلت النسبة المئوية في زيادة التنفق المائي الجوفي إلى 27% للبئرين المنظرين . وبتخفيض في قيمة التنفق المائي الجوفي بنسبة 23% للبئر الوسطي حيث وصل التنفق المائي الجوفي 382 متر مكعب في اليوم للبئر الوسطي كما هو موضح في الجدول (2).

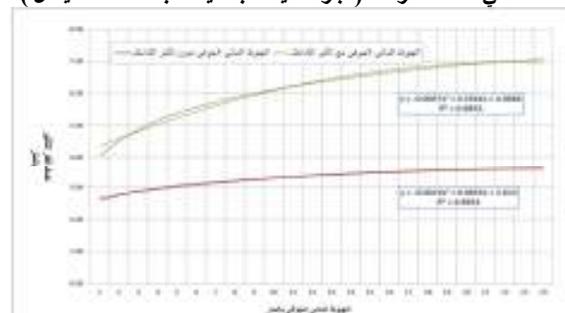
في حالة وقوع بئرين متجاورين متقاربين بئري (10, 9) والأخر لبئرين متباعدين بئري (23 - 2) كما هو موضح في الشكل (2) في الحالة الأولى قدرت المسافة المترية الفعلية ما بين البئرين المتقاربين بـ 200 متر وقيمة التنفق المائي الجوفي المحسوب لكل بئر منهما بدون تأثير التداخل يقدر بـ 697 متر مكعب في اليوم كما هو موضح في الجدول (2). يقابله هبوط مستوى مائي جوفي يقدر بـ 2.6 متر كما هو موضح في الجدول (3).

وحيث أن نصف قطر التأثير المحسوب لكل منهما هو 528 متر من خلال استخدام المعادلة (5). وهذا القيمة تمثل أكبر من ضعف المسافة المترية الفعلية المقاسة بينهما، مما يدل على وجود التداخل بينهما. وعليه إنخفض مقدار التنفق المائي الجوفي تقريبا بنسبة 11%، حيث وصل إلى 622 متر مكعب في اليوم. وهذا نتيجة تقارب البئرين الإنتاجيين المتجاورين. يقابله هبوط مستوى مائي جوفي نتيجة التداخل حيث وصل إلى 5.7 متر بنسبة زيادة 54% كما هو موضح في الجدول (3). بينما في المقابل في الحالة الثانية لبئرين متجاورين متباعدين (23, 2). نجد أن المسافة المترية الفعلية المقاسة بينهما 740 متر كما هو موضح في الجدول (1) وتجد أن قيمة التنفق المائي الجوفي لكل بئر منهما بدون تأثير التداخل 612 متر مكعب في اليوم كما هو موضح في الجدول (2). يقابله هبوط مستوى مائي جوفي 2.7 متر كما هو موضح في الجدول (3). وحيث أن نصف قطر التأثير المحسوب لكل منهما 1520 متر وهذا أيضا يمثل أكبر من ضعف المسافة المترية الفعلية بينهما ونتيجة لذلك، فإن معدل التنفق المائي الجوفي إنخفض تقريبا بنسبة 44% حيث وصل إلى 340 متر مكعب في اليوم نتيجة تباعد البئرين يقابله هبوط مستوى مائي جوفي 3.56 متر كما هو موضح في الجدول (3). وبنسبة إنخفاض 24% كما هو موضح في الجدول (3).

تغير قيم تصرفات المياه الجوفية للآبار الإنتاجية المتجاورة نتيجة تباين مسافات أنصاف أقطار التأثير لهذه الآبار إما بالزيادة أو الإنخفاض وعلى أثر ذلك يحصل المزيد من نسبة الخفض أو الزيادة في تنفقات المياه الجوفية كما هو موضح في الشكل (5) وفي مناسيب المياه الجوفية كما هو موضح في الشكل (6). وهذه العلاقة التي تربط بين التصرفات والمناسيب للمياه الجوفية مع تأثير قيم أنصاف أقطار التأثير أعطت قيمة لمعامل الارتباط كبير حيث وقع ما بين 96 إلى 98%، هذا يعني أن هناك علاقة عكسية فيما يخص التنفقات المائية الجوفية مع تقارب المسافات ما بين الآبار الإنتاجية المتجاورة بمعنى تداخل في أنصاف أقطار التأثير يقابله إزدياد في قيم الهبوطات المائية الجوفية للآبار الإنتاجية المتجاورة. الأمر الذي يتطلب التحكم في قيم التنفقات المائية الجوفية وخصوصا للآبار الإنتاجية المتجاورة بما يفي فقط تغطية الطلب من المياه الجوفية والمطلوبة للأغراض الزراعية والصناعية والبشرية.



الشكل 5. تأثير التغير في انصاف اقطار التأثير على التنفق المائي الجوفي في منطقة الدراسة (آبار المدينة الجامعية - جامعة الملك فيصل)



الشكل 6. تأثير التغير في انصاف اقطار التأثير على مناسيب المياه الجوفية في منطقة الدراسة (آبار المدينة الجامعية - جامعة الملك فيصل)

- Minderhoud P. S. J., Erkens, G., Pham, V. H., Bui, V. T., Ercan, L., Kooi, H., and Stouthamer, E. (2017). "Impacts of 25 years of groundwater extraction on subsidence in the Mekong delta, Vietnam", *Environment Research Letters*, 12 (2017) 064006.
- Nejem, J. K. (1994). "Numerical Simulation of Groundwater Depletion in AL-Hasa Area". M.Sc. Thesis. King Fahd University of Petroleum & Minerals. Dhahran, Saudi Arabia.
- Poland, J. F. and Davis, G. H. (1969). "Land Subsidence due to Withdrawal of Fluids". *Geological Society American. Review. Engineering Geology*. 2:187-269.
- Poland, J. F., (1972). "Subsidence and Its Control: Underground Waste Management and Environmental Implications". *American Association Petroleum Geology Museum*. 18:50-71.
- Shah, T., Roy, A. D., Qureshi, A. S., (2003). "Sustaining Asia's Groundwater Boom: An Overview of Issues and Evidence". *Natural Resources Forum*, 27(2).
- Shi, H. F., Ha, J. Q., Li, R. S., (2008). "Groundwater Overexploitation and Ecological Environment Evolution and Controlling Measures in Cangzhou City". *South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology*, 6(6): 72-77 (in Chinese with English Abstract).
- Shouldice, R.G. (1973). "An Evaluation of Alternative Solutions To a case of Groundwater Interference". M.Sc. Thesis. Department of Geography, The University of Western Ontario London, Canada.
- Sophocleous, M., (2012). "The Evolution of Groundwater Management Paradigms in Kansas and Possible New Steps towards Water Sustainability". *Journal of Hydrology*, 414/415: 550-559.
- Taniguchi M, Burnett WC, Ness GD (2008). "Integrated research on subsurface environments in Asian urban areas". *Science of Total Environment* 404: 377-392.
- Taufiq, A., Hosono, T., Ide, K., Kagabu, M., Iskander, I., Effendi, A Hutasoit, L., and Shimada, J. (2018). "Impact of excessive groundwater pumping on rejuvenation processes in the Bandung basin (Indonesia) as determined by hydrochemistry and modelling". *Hydrogeology Journal* (26): pages 1263-1279.
- Tayeb, F. A. (1983). "The role of groundwater in the irrigation and drainage of the Al-Hasa of Eastern Saudi Arabia". Jeddah. Tihamah Publishing company, Saudi Arabia, pp : 21-40.
- Wada, Y., van Beek, L. P. H., van Kempen, C. M., (2010). "Global Depletion of Groundwater Resources". *Journal : Geophysical Research. Letters*. Vol. 37, Issue 20 : L20402 Pages : 1-5.
- Yamanaka T, Mikita M, Lorphensriand O, Shimada J, Kagabu M, Ikawa, R, Tsujimura, M (2011). "Anthropogenic changes in confined groundwater flow system in the Bangkok Basin, Thailand, part II: how much water has been renewed?". *Hydrological Process* 25:2734-2741.
- Zhang, K., (2013). "Geo-Hazards and Their Prevention Measures in Cangzhou". *Journal of Geological Hazards and Environment Preservation*, 24(1): 26-29.
- Al-Tokhais, A.S. and Randolph, R (2008). "The Hydrogeology of Al Hassa Spring". The 3rd International Conference on Water Resources and Arid Environments (2008) and the 1st Arab Water Forum.
- Appelo, C. A. J. and Postma, D.(1994). "Geochemistry, Groundwater and Pollution". Published by Balkema, A. A. Netherlands. Chapter 8:311-313.
- Blaszyk, T. and J. Gorski, 1981. "Groundwater quality changes during exploitation". *Groundwater*. 19(1):28-33.
- Cao, G. L., Zheng, C. M., Bridget, R. S., (2013). "Use of Flow Modeling to Assess Sustainability of Groundwater Resources in the North China Plain". *Water Resources Research*, 49: 159-175.
- Dai Z, Keating E, Bacon, D, Viswanathan H, Jordan, SP, and Pawar AR. (2014) "Probabilistic evaluation of shallow groundwater resources at a hypothetical carbon sequestration site". *Scientific Reports*".
- Dai Z, Keating E, Gable CW, Levitt D, Heikoop J, Simmons A (2010). "Stepwise inversion of a groundwater flow model with multi-scale observation data". *Hydrogeol J* 18:607-624.
- Dragonai W. (1998). "Some consideration regarding the radius of influence of a pumping well". Perugia Italy, 1998.
- Driscoll, F. G., (1986). "Groundwater And Wells". Published by Johnson Filtration systems Inc., St. Paul, Minnesota. USA.
- Erbani, L. E., Gorelick, S. M and Zebker, H. A. (2014). "Groundwater extraction, land subsidence, and sea-level rise in the Mekong Delta, Vietnam", *Environmental Research Letters* 9 (2014) 1-6.
- Fei, Y. H., Miao, J. X., and Zhang Z. J., (2009). "Analysis on Evolution of Groundwater Depression Cones and Its Leading Factors in North China Plain". *Resources Science*, 31(3): 394-399.
- Fetter, C. W., (1994). "Applied Hydrology". Third Edition. Published by Maxwell Macmillan Canada, Adams *et al.*, 1978. Dry Lands: Man and Plants, The Agricultural Press Ltd. London.
- Han, Z. T., Wang, P., and Zhang, W., (2013). Analysis of the Evolution of Deep Confined Groundwater Depression Cone and Water Supply Strategy for Cangzhou Area". *Hydrogeology & Engineering Geology*, 40(5): 29-33.
- Jacob, C.E., (1947). "Drawdown Test to Determine Effective of Artesian Well". *Trans. Amer. Soc. Civil Engrs*. Vol. 112, pp. 1047-1070.
- Kagabu M, Shimada J, Delinom R, Toshio Nakamura T, Taniguchi, M (2013). "Groundwater age rejuvenation caused by excessive urban Hydrogeol J pumping in Jakarta area, Indonesia". *Hydrology Processes* 27:2591-2604.
- Kagabu M, Shimada J, Delinom R, Tsujimura M, Taniguchi, M (2011). "Groundwater flow system under a rapidly urbanizing coastal city as determined by hydrogeochemistry". *J Asian Earth Sci* 40:226-239.
- Konikow, L. F., Kandy, E., 2005. "Groundwater Depletion: A Global Problem". *Hydrogeology Journal*, 13(1): 317-320.
- Michael, A.M and Khepar, S.D, (1994). "Water Well and Pump Engineering", TATA McGram Hill Publishing Company Limited. New Delhi. Pp: 88-91.

Evaluation of the Groundwater Situation in the University Campus's Wells, King Faisal University Campus – Al - Hassa Oasis, Eastern Province - Saudi Arabia

Al-Naeem, A. A.

Department of Environment Natural Resources - Collage of Agricultural and a Food Sciences - King Faisal University, Saudi Arabia

ABSTRACT

This research aims to study the effect of the interference of the cone of dispersions between the neighboring production pumping wells in the University campus at King Faisal University in Al-Hassa Oasis. The study area comprises eleven production ground water wells on the Umm al-Rudma water bearing formation. Historical and technical drilling data records of pumping water wells were collected including. Water discharges, static and dynamic water levels, metric distances between neighboring production wells, in addition to pumping tests data. The results were showed that the metric distances between the neighboring water wells were significantly lower than the calculated metric distances to rectify the effect of the neighboring productive wells. These results indicate an effective contribution to further drop of groundwater levels and an increase in the rate of reduction in discharge flow rates. The study suggested useful mathematical formulate through which it refers to the effect of the overlapping areas between pumping wells on productivity of groundwater wells flow rates and levels. Recommended strategic plans for future groundwater management in the areas of neighboring production wells under issue of engineering design conditions and ideal metric distances between pumping wells should be considered.