

تطبيق نموذج رياضي لمحاكاة الخزانات الجوفية بوادي الشاطئ

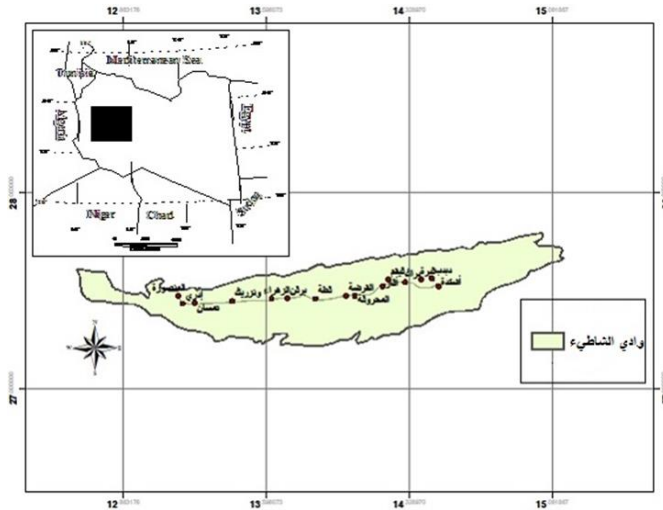
علي شاكلي ، Shakiali@hotmail.com ، قسم التربة والمياه – كلية الزراعة – جامعة سبها

المخلص:

يعتبر وادي الشاطئ واحد من أهم الاودية الهامة في جنوب غرب البلاد، والتي تقع في الجزء الشمالي من منطقة فزان. وهذه المنطقة كباقي المناطق تعاني من قلة الدراسات الهيدرولوجية. علاوة علي قلة المعلومات الهيدرولوجية المتوفرة في بعض الجهات ذات العلاقة بالمياه. الهدف من هذه الورقة هو تجميع وتجهيز المعلومات الهيدرولوجية وتحليلها بواسطة برامج اساسية ومخصصة مثل **Excel & Surfer** : لتكون جاهزة لاستخدامها في البرامج الهيدرولوجية المتخصصة. وكنتيجة لهذه الورقة برنامج **Vistas** أستخدم لتصميم برنامج محاكاة للخزانات الجوفية بالمنطقة والذي سوف يساعد صناع القرار في إدارة المياه بهذه الخزانات.

1 المقدمة:

تقع منطقة وادي الشاطئ بين خطي عرض 27,25 شمالا وبتاساع 20 – 40 كم، وخطي طول 12، 14، شرقا ويمتد من الشرق الى الغرب بطول حوالي 220 كم، تقع منطقة (اشكدة) عند حدوده الشرقية ، ومنطقة (ادري) عند حدوده الغربية ويحده شمالا هضبة جبلية من الحجر الرملي تعرف باسم (جبال القرقف) ومن الجنوب يحده سلسلة من الكثبان الرملية التي يصل ارتفاعها الى حوالي 40 م وتعرف (بالزلاف) شكل (1) حيث تمت الاستعانة بخريطة ليبيا الجيولوجية في رسم حدود الوادي [4] . ويعتبر مناخ المنطقة مناخ صحراوي ، شديد الجفاف ، ويبلغ الفرق بين درجة الحرارة بالليل والنهار حوالي 30°م وخلال اشهر الشتاء تكون درجة الحرارة منخفضة جدا قد تصل الى ماتحت الصفر، وترتفع الحرارة في فصل الصيف الى ان تصل 47°م وتنخفض اثناء الليل. اما الامطار تكاد تكون منعدمة الا انها احيانا ماتسقط بكميات قليلة وحيانا تسقط امطار غزيرة لوقت قصير جدا. الخزانات الجوفية المائبة بمنطقة وادي الشاطئ تنقسم إلي قسمين رئيسيين هما الخزان الديقوني والخزان- الخزان الكمبرو – أردوفيشي. ينتمي الديقوني إلي الجزء السفلي من مجموعة عوينات ونيين وتكوين تادارات التي تتركب صخورها من الحجر الرملي المتماسك دقيق إلي خشن الحبيبات مع وجود تداخلات من الحجر الطيني والحجر الغريني [3].



شكل (1) يوضح موقع وادي الشاطئ في ليبيا

هذا الخزان يعتبر غني بالمياه ويمتد على طول الوادي ويتراوح سمكه من 80 متر إلى 200 متراً وهو مصدراً لمياه معظم البناييع الطبيعية وبعض الآبار المستغلة على طول الوادي وقد تم التعرف على سمكه ونوعية طبقاته من خلال التصوير الجيوفيزيائي، والوصف الليثولوجي ونتائج بعض الدراسات السابقة غير المنشورة. أما الخزان الكمبرو - أردوفيشي فتتكون صخورته من الحجر الرملي الصلب مع وجود تداخلات رقيقة من الصلصال والحجر والغريني. الخزان الكمبرو - اوروفيشي يمتد على طول الوادي على أعماق مختلفة ويتراوح سمكه ما بين 700 متر إلى أكثر من 1000 متر تقريباً [3]. وهو يعتبر خزان جوفي غني بالمياه ومصدر مياه أغلب الآبار المستغلة بالمشاريع الزراعية التي تم تنفيذها بالمنطقة. وقد تم التعرف على سمكه ونوعية طبقاته من التصوير الجيوفيزيائي والوصف الليثولوجي لنتائج حفر هذه الآبار ونتائج الدراسات السابقة وهذا الخزان هو امتداد للخزان العميق بحوض مرزق. بالإضافة إلى ما سبق توجد طبقة سطحية تلو الخزانات السابقة يتراوح سمكها من صفر إلى حوالي 150 متر وهي طبقة غير منفذة للمياه من حيث تركيبها الليثولوجي (طين - صلصال) ويرجع تكوينها إلى العصر الفحامي الأسفل.

2 تجميع البيانات وتحليلها:

هذا الجزء يتضمن المعلومات والبيانات التي تم تجميعها وتحليلها والتي تعتبر المصدر الرئيسي لجميع ما تم استخدامه في تصميم النموذج الرياضي. أغلب هذه البيانات والمعلومات أخذت من التقارير الفنية للآبار بالإضافة إلى التقارير والدراسات الهيدروجيولوجية الموجودة بفرع الهيئة العامة للمياه بالمنطقة الجنوبية المنشورة وغير المنشورة [5] وهذه المعلومات هي:

أ- معلومات عامة مثل إحدائيات المواقع المختلفة بمنطقة الدراسة ومناسبتها فوق مستوى سطح البحر، هذه المعلومات استعملت في وضع الحدود بين عقد شبكة النموذج الرياضي ووصف منطقة الدراسة.

ب- الوصف الليثولوجي والتتابع الطبقي للتكوينات الجيولوجية الأساسية التي استخدمت للتعرف على الطبقات الحاملة للمياه الجوفية المستغلة وغير المستغلة في منطقة الدراسة. استعملت هذه البيانات في وضع القطاع العرضي ومطابقة الأعماق للطبقات بين الآبار.

ج- المعلومات الهيدروجيولوجية مثل بيانات ونتائج تجارب الضخ خاصة معامل الانتقالية ومعامل التخزين، ومستوى الماء الثابت والمتحرك التي استعملت في رسم الخطوط الكنتورية لمنسوب الماء الجوفي.

د- المعلومات الجيوفيزيائية (الجسات الجيوفيزيائية GEOPHYSICAL-LOGGING) والتي أخذت من نتائج حفر بعض الآبار لمعرفة الخصائص الليثولوجية للطبقات وأعماقها والتي تمكننا من التعرف على الطبقات الحاملة للمياه والطبقات العازلة بينها وملوحة المياه وغيرها.

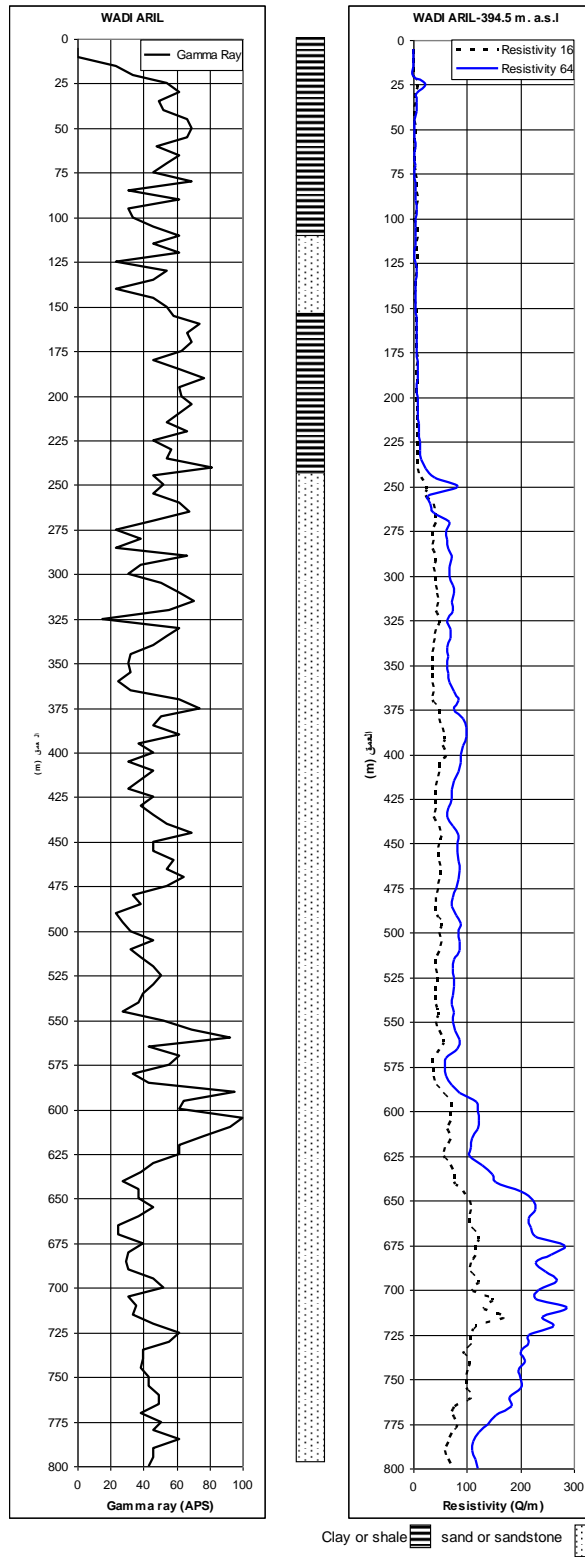
من خلال بيانات المواقع التي تم تجميعها في نطاق منطقة الدراسة من التقارير الفنية للآبار تم رسم خريطة توضح مواقع الآبار التي تم استخدامها في بناء النموذج. جدول (1) وشكل (1) يبينان مواقع الآبار بالنسبة لخطوط الطول والعرض وأعماقها ومستوى سطح الأرض فوق منسوب البحر بمنطقة الدراسة.

من خلال الوصف الليثولوجي للطبقات الجيولوجية والمعلومات الجيوفيزيائية مثل سجل المقاومة العادية الطويلة والقصيرة على التوالي ("64", "16 Resistivity- log") وسجلات أشعة جاما (Gamma Ray-Log) يمكن رسم التتابع الطبقي مقابل السجلات المذكورة والتي أوضحت توافق كبير بينها، فالمعروف أن الزيادة في قيمة أشعة جاما يعطي مؤشراً على زيادة المواد المشعة والتي عادة ما تتواجد بكثرة في معادن الطين أو الطل وبالمقابل فإن الزيادة في المقاومة تشير إلى وجود كميات كبيرة من المياه العذبة والتي عادة ما تتواجد في الطبقات الرملية حيث المسامية العالية وهذا يتفق مع التتابع الطبقي في عمود الحفر كما يتضح في الشكل (2) كنموذج لأحد الآبار [6]. ومن خلال هذه السجلات يمكن أيضاً التعرف على

أعماق الطبقات المائية المستغلة بمنطقة الدراسة. يمكن رسم الطبقات والتي قسمت إلى مستويين الأول على أعماق صغيرة ويرجع أعمارها إلى الدور الديفوني وهي أغلبها مستغلة في منطقة الدراسة لأغراض الزراعة الخاصة، يليه المستوي الثاني الذي يرجع مياهه إلى تكوينات الكمبرو-أوردوفيشي وهي الطبقة المستغلة بالمشاريع العامة ولغرض مياه الشرب. لقد تم تمثيل هذه الطبقات ورسمها بواسطة برنامج حاسب آلي يسمى: (Surfer7) والذي له قدره فائقة في رسم الخرائط الكنتورية، هذا البرنامج من إنتاج الشركة العالمية ESI. (Environmental Simulations International Inc). فتم رسم سطح الطبقة الأولى والتي تمثل سطح الأرض بمنطقة الدراسة يبينها (شكل 3) وقاع الطبقة الأولى ويمثلها (شكل 4) وأخيرا قاع الطبقة الثانية المستغلة ويمثلها شكل (5). تجدر الإشارة هنا أن النموذج الرياضي يستخدم سطح الطبقة الأولى فقط وبعدها يعتبر سطح أي طبقة نفس قاع الطبقة التي يعلوها [6].

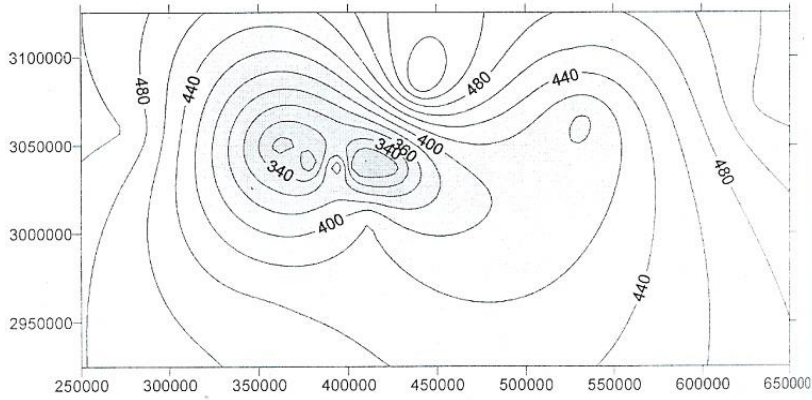
جدول (1) الآبار المستخدمة في إعداد النموذج في منطقة الدراسة

الموقع	شرق (م)	شمال (م)	سطح الأرض / ف.م.س.ب	العمق (متر)
وادي الاريل	532515.4	3064166.2	394.5	802
محروقة	403659.1	3037764.2	299	450
قطة	384760.7	3042358.6	330	346
سبها	411946.4	3008592.0	420	1519.5
آقار	408023.4	3042746.6	300	450
العاقية	425780.1	3037179.7	311	207
الزهرة	366649.8	3042542.3	340	350
الرقبية	350730.7	2950393.4	450	1202
ابوقدقود	362102.1	3048132.7	306	400
T-2D/0035	634166.0	3074375.0	525.8	1350
T-2D/0026	277516.0	3057785.6	499	399
T-2D/0025	525200.2	3105469.7	461.6	406
T-2D/0024	440750.9	3084393.4	542.2	404
T-2D/0023	484250.0	3143875.0	496.3	402
S/B-35/0134	341386.6	3039457.4	363.5	123
S/B-34/0133	379014.1	3038474.7	305	99
S/B-33/0132	394162.7	3037965.5	405	130
S/B-32/0131	471983.4	3064218.2	444.4	117

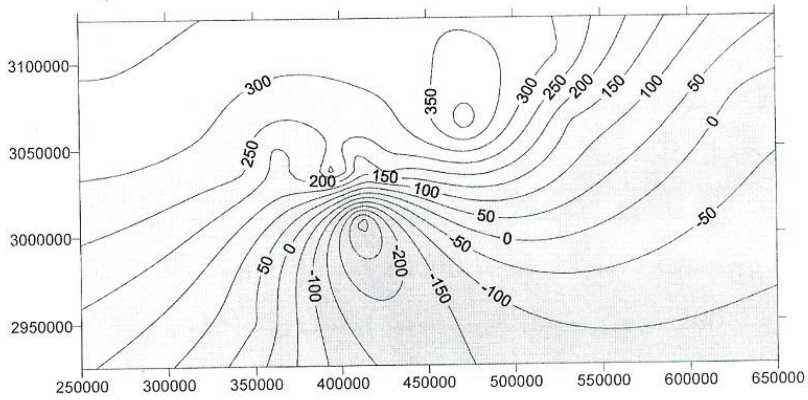


Clay or shale sand or sandstone

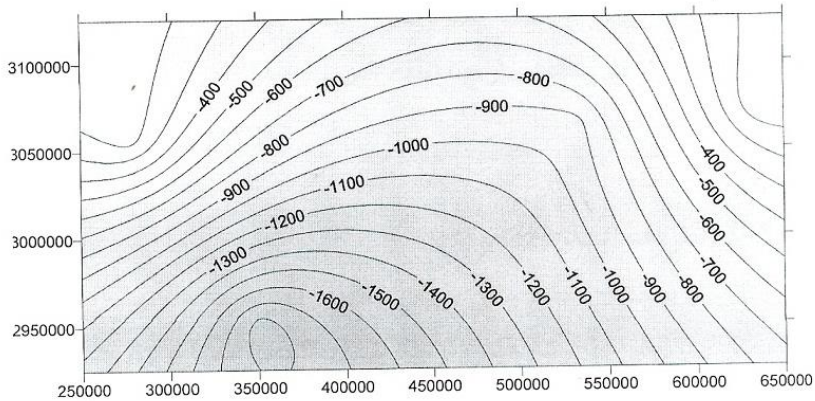
شكل (2) يبين التتابع الطبقي للطبقات الجيولوجية والمعلومات الجيوفيزيائية مثل المقاومة واسعة جاما



شكل (3) سطح الطبقة الأولى والتي تمثل سطح الأرض بمنطقة الدراسة (متر من سطح البحر)



شكل (4) قاع الطبقة الأولى بمنطقة الدراسة (متر من سطح البحر)



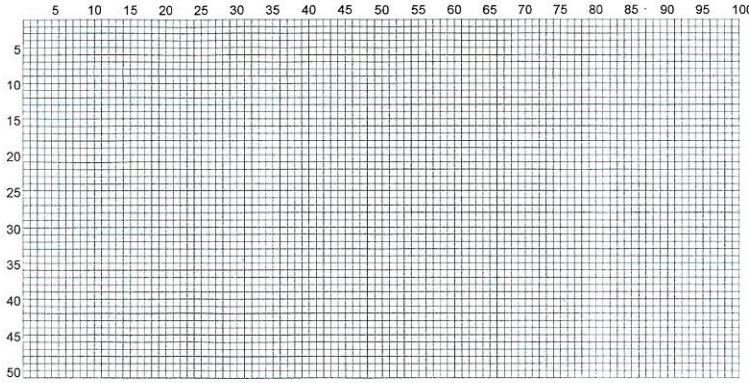
شكل (5) قاع الطبقة الثانية بمنطقة الدراسة (متر من سطح البحر)

3 تصميم النموذج:

بعد إتمام عملية تصميم النموذج في برنامج (GV-5) (Groundwater Vistas Modeling) والتي تعمل في بيئة Windows من إنتاج الشركة العالمية المحدودة ESI أمكن تشغيل النموذج بواسطة برنامج الحاسب الآلي (MODFLOW) والذي يعتبر واسع الانتشار عالمياً في تمثيل حركة وتدفق المياه الجوفية.

3-1 شبكة النموذج السطحية

قسمت المساحة السطحية للنموذج إلى (100 عمود و 50 صف) والمسافة الأفقية بين عقد الشبكة متساوية مع المسافة الرأسية تساوى 4 كم فبهذا يغطي النموذج مساحة سطحية و قدرها 80000 كم² (400 كم من الشرق إلى الغرب×200 كم من الشمال إلى الجنوب). شكل رقم (6) والذي يوضح شبكة النموذج الأفقية والأعمدة والصفوف.



شكل (6) يوضح شبكة النموذج الأفقية والأعمدة والصفوف

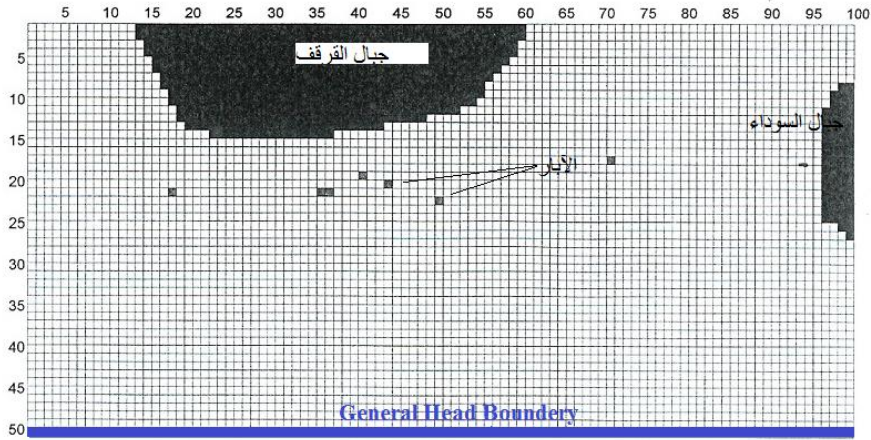
3-2 طبقات الراسية للنموذج

قسمت الطبقات الأرضية للنموذج بمنطقة الدراسة كما سبق ذكره بحيث تمثل الطبقة السطحية الطبقة غير مستغلة واغلبها ترجع إلى العصر الكربوني أما الطبقة الثانية السفلية فتمثل الطبقة المستغلة وهي ترجع إلى الديفوني والكمبرو وودفيشي. الجدير بالذكر هنا أنه لم يكن من السهل الدقة في تحديد قاع الطبقة الثانية (الكمبرو-اوردوفيشي) بسبب عدم وصول الحفر في كل المنطقة إلى صخور القاعدة إلا في نقاط محددة خارج منطقة الدراسة وهي التي تم الاستعانة بها في تحديد قاع الطبقة [5].

3-3 الظروف الحدية للنموذج

نظراً لأن لا يوجد أي جسم مائي طبيعي بمنطقة الدراسة كالأنهار والمجاري المائية والتي تعتبر ظروف هيدرولوجية يسهل التعامل معها، وتوجد هناك أجسام أخرى كمرتفعات جبال القرقف من الناحية الشمالية وجبال السوداء والهاروج من الناحية الشرقية والتي تعتبر مانعة لتدفق الماء. وللاستفادة من هذه الحدود ثم اعتبارها كحدّ مانع أو ما يسمى (No Flow) في لغة النمذجة كما تم تطبيق ما يسمى بالحدّ (General GHB (Head Boundary وهو عبارة عن حد يسمح بمرور الماء من وإلى المنطقة المدروسة حسب

الاختلاف في الضغط الهيدروليكي داخل و خارج منطقة الدراسة من الناحية الجنوبية [7] على اعتبار أنها في الاتجاه العام لحركة المياه الجوفية بحوض مرزق حيث يعتبر اتجاه حركة المياه الجوفية من الجنوب والجنوب الغربي إلى الشمال والشمال الشرقي عموماً [3]. شكل (7) يبين الظروف الحدية للنموذج .



شكل (7) يبين الظروف الحدية للنموذج

بعد إتمام عملية التصميم سوف يتم استخدام برنامج (Groundwater Vistas Modeling) (GV-5) [6] والتي تعمل في بيئة Windows وهو من إنتاج الشركة العالمية المحدودة ESI والذي يعتبر واسع الانتشار عالمياً في تمثيل حركة وتدفق المياه الجوفية [8].

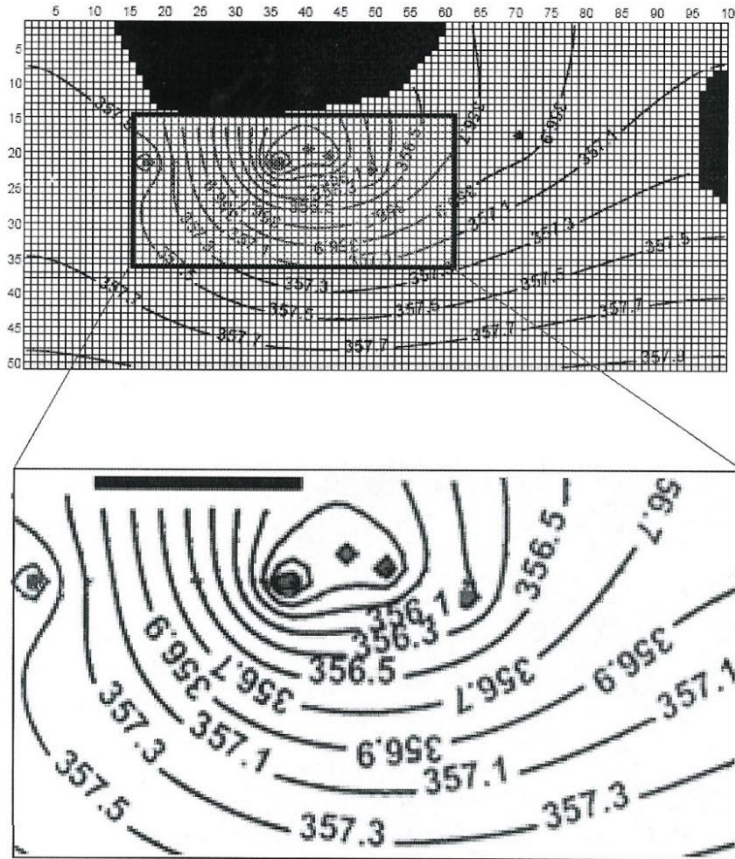
4 النتائج والمناقشة:

4-1 تشغيل النموذج

بعد إتمام عملية تصميم النموذج أمكن تشغيل البرنامج، واعطي نتائج وهي عبارة عن مستوي الماء الارضي علي شكل خطوط كنتور تغطي كافة منطقة الدراسة . يبين ذلك الشكل رقم (8). ولكي يتم استخدام النموذج في محاكاة الواقع لابد من إجراء معايرة لهذا النموذج.

4-2 معايرة النموذج:

معايرة النموذج الرياضي تعني التأكد من إذا كان النموذج يمثل المنطقة المدروسة تمثيلاً جيداً. فيمكن إجراء ذلك عن طريق تمثيل تعريض النموذج لمؤثرات سحب المياه، وملاحظة الهبوط الناتج عن ذلك وهذه المعلومات لا تتوفر إلا في سجلات الماضي لكميات المياه المسحوبة والهبوط الذي نتج عنها ، فعندما نحصل على تطابق الهبوط الحقيقي والمسجل خلال الفترة الماضية مع الهبوط المتحصل عليه من النموذج الرياضي بعدها يمكننا استخدام النموذج في إجراء بعض التنبؤات المستقبلية للهبوط في مستوي الماء الارضي. تجدر الإشارة هنا إلى أن دقة التنبؤات تعتمد على دقة المعلومات المستخدمة في المعايرة استناداً على المعلومات المتوفرة عن كميات المياه المسحوبة من منطقة الدراسة خلال السنوات الماضية والمتحصل عليها من دراسة المصادر والتقارير المتوفرة لدى الهيئة العامة للمياه [2] أمكن الحصول على الكميات المياه المدرجة في الجدول (2).



شكل (8) مستوي الماء الارضي الناتج من النموذج يغطي كافة منطقة الدراسة

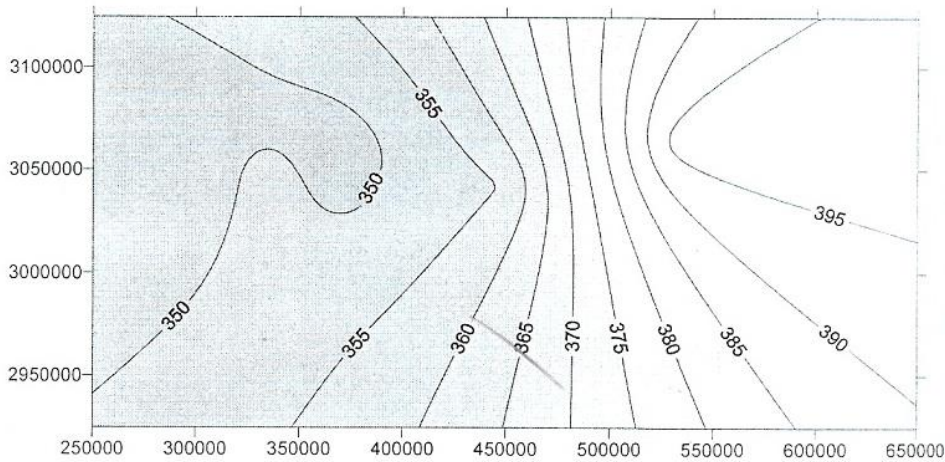
جدول (2) كميات المياه المسحوبة وأماكن سحبها

2007 م/3/يوم	1997 م/3/يوم	2007 م.م/3/س	1997 م.م/3/س	المنطقة
5205.48	12602.74	19	46	مشروع وادي الارييل
9205.48	10410.86	33.6	38	مشروع أشكده
405.48	1369.863	1.48	5	مشروع ام الجداول
6849.32	6849.315	25	25	مشروع الدبوات
11369.86	6301.37	41.5	23	منطقة براك
22739.73	12602.74	83	46	منطقة محروقه
11369.86	6301.37	41.5	23	منطقة ادري
67145.21	56438.36	245.1	206	المجموع

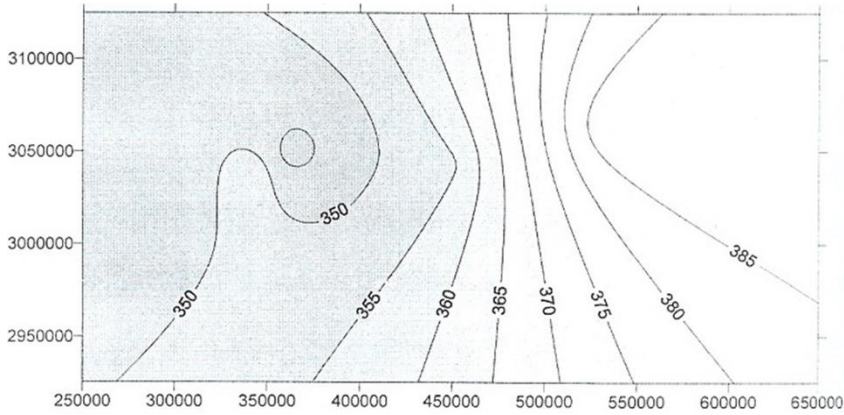
جدول (3) مستوى الماء الساكن بمنطقة الدراسة في سنة 1997 وسنة 2007

الموقع	منسوب الماء الارضي (متر فوق سطح البحر) 1997	منسوب الماء الارضي (متر فوق سطح البحر) 2007
وأدي الاريل	396.97	388.9
أشكده	355.3	353.82
تاروت	345.28	342.74
برقن	351.54	348.86
ونزريك	354.77	353.94
أدري	347.29	346.2

وللاستفادة من هذه المعلومات وإمكانية تطبيقها على النموذج الرياضي تم حساب الكميات المسحوبة لغرض الزراعة الخاصة والعامة والمسحوبة لأغراض الشرب والصناعة من المنطقة بأكملها [1] وقسمت على ثلاثة مناطق هي أكثر المناطق استخداما للمياه وهي منطقة براك وما حولها، محروقة وما حولها، أدري وما حولها. كما حددت سنة 1997 وسنة 2007 وعلى أساس أنها السنوات التي يمكن تجميع أغلب المعلومات وأكثرها دقة، كما تتوفر بها معلومات قراءات منسوب الماء الأرضي الساكن التي يوضحها الجدول (3). لإبراز هذه المعلومات بشكل أوضح وإمكانية إجراء المقارنة تم رسم مستوى الماء الثابت لسنة 1997 وسنة 2007 من الملاحظ أن اكبر هبوط طرأ بمنطقة وسط وادي الشاطي (أم الجداول) وقد وصل هذا الهبوط إلى حوالي 355 م ف.م.س.ب في سنة 1997 بينما وصل هذا الهبوط إلى حوالي 350 م ف.م.س.ب في سنة 2007. ويتبين ذلك في الشكلين (9، 10).



شكل (9) مستوى الماء الساكن بمنطقة الدراسة في سنة 1997



شكل (10) مستوى الماء الساكن بمنطقة الدراسة سنة 2007

من خلال المعلومات سالفة الذكر عن الكميات المسحوبة في سنة 1997 وسنة 2007 (خلال عشر سنوات) والهبوط الحاصل خلال هذه الفترة ومطابقة نتائج النموذج الرياضي مع هذه النتائج ، لم يكن من الممكن الحصول على نتائج حسب المتوقع من معايرة النموذج وذلك لأكثر من سبب منها: التفاوت الكبير في قراءات الهبوط الفعلية من منطقة إلى أخرى في الوقت الذي كانت فيه نتائج النموذج تتراوح (355.8 – 357.6 ف.م.س.ب) متر فوق مستوى سطح البحر الشكل (9). لهذا السبب لم يتمكن النموذج من إجراء معايرة اوتوماتيكية. ولكن لأن المساحة التي يغطيها النموذج كبيرة سوف نعتد هذا الهبوط والذي يعتبر بوجه عام قريب من الواقع. ونقوم ببعض التنبؤات المستقبلية لمستوي الماء الارضي بالمنطقة.

4 - 3 التنبؤات المستقبلية

4-3-1 استخدام نفس معدلات السحب الحالية (السيناريو الأول)

عند استخدام النموذج في إجراء بعض التنبؤات المستقبلية لمدة 20، 40 سنة أي حتى سنة 2027، وسنة 2047 . باستخدام نفس معدلات السحب الحالية. وصل الهبوط المتوقع لسنة 2047 إلى 354.83 متر أعلى مستوى سطح البحر.

4-3-2 استخدام زيادة 25% علي معدلات السحب الحالية (السيناريو الثاني)

عند استخدام النموذج في إجراء بعض التنبؤات المستقبلية لمدة 40 سنة أي حتى سنة 2047. بزيادة 25% علي معدلات السحب الحالية. وصل الهبوط المتوقع لسنة 2047 إلى 354 متر أعلى مستوى سطح البحر.

4-3-3 استخدام بزيادة 50% علي معدلات السحب الحالية (السيناريو الثالث)

عند استخدام النموذج في إجراء بعض التنبؤات المستقبلية لمدة 40 سنة أي حتى سنة 2047. بزيادة 50% علي معدلات السحب الحالية. وصل الهبوط المتوقع لسنة 2047 إلى 353.28 متر أعلى مستوى سطح البحر.

من خلال النتائج المنحصل عليها نجد أن الهبوط المتوقع المتحصل عليه يعتبر قليل إلى حد ما. ففي أغلب السيناريوهات يصل الوضع إلى حالة الاستقرار ، هذا منطقي إذا ما قورن ذلك بمعدلات الهبوط الذي بينته منحنيات الهبوط لبعض آبار المراقبة في أماكن متعددة في منطقة الدراسة والتي أوضحت نوع من الاستقرار

خصوصا خلال الفترات الأخيرة هذا إذا ما صرف النظر عن بعض آبار المراقبة الضحلة. عليه نتوقع أن أهم الأسباب التي قد تكون أدت إلى إحداث هذا النوع من الاستقرار هي:-

- أ- معدلات سحب المياه الجوفية الحالية مع أنها غير مقننة ومرشدة ، إلا أنها مازالت في نطاق الاستغلال الواقعي المتلائم مع إمكانيات الخزانات الجوفية المائية بمنطقة وادي الشاطئ.
- ب- الحد الجنوبي لمنطقة الدراسة GHB وسمكه هذا الحد قد لا يمثل الواقع الحقيقي تمثيل جيد، لأنه ثم الاعتماد في رسمه علي نقاط قليلة وأيضا بعيده عن منطقة الدراسة كم أسلف الذكر.
- ج- المياه الجوفية بوادي الشاطئ تتواجد في حالة مضغوطة وقد تم استغلالها خلال الثلاثين سنة الماضية بكميات كبيرة نتج عنها انخفاض في منسوب الماء الجوفي الاستاتيكي إلى مستويات تحت سطح الأرض، ترتب عليها استعمال مضخات غاطسة لسحب المياه بأغلب مناطق وادي الشاطئ.

5 الخلاصة:

- يحتاج النموذج الي معلومات اكثر وادق حتي يتسني لنا استخدامه في وضع سياسات اشمل لادارة المياه بالحوض، خصوصا فيما يتعلق بكميات المياه المسحوبة واماكن سحبها والزمن الذي تسحب فيه.
- زيادة عدد الابار البيزومترية لمراقبت منسوب المياه الجوفية و تسجيل مستوي الماء الارضي بشكل منتظم خلال السنة.
- الحد الجنوبي لمنطقة الدراسة GHB وسمكه هذا الحد قد لا يمثل الواقع الحقيقي تمثيل جيد، لأنه ثم الاعتماد في رسمه علي نقاط قليلة وأيضا بعيده عن منطقة الدراسة.

6 المراجع:

- [1]- ابريدح، جمال (2005) تأثير الاستهلاك بالمنطقة الجنوبية.تقرير غير منشور
- [2]- الهيئة العامة للمياه (2006). الوضع المائي بالجمهورية العظمي.
- [3]- الشاعر محمد (1991): المياه الجوفية المالحة بحوض مرزق. مجلة الدراسات الصحراوية، المجلد الأول ، العدد الأول.
- [4]- مركز البحوث الصناعية (1984): خريطة ليبيا الجيولوجية (1:250000)، لوحة: سبها. ش.ن 2.33 (الكتيب التفسيري) لوحة: أدري ش.ن. 1.33 (الكتيب التفسيري).
- [5]- الهيئة العامة للمياه (2006). التقارير الفنية لأبار المياه فرع المنطقة الجنوبية وهي:
- [6] Rumbaugh, J. O., Rumbaugh, D. B. (2004) Guide to Using Groundwater Vistas Version 4. Environmental Simulations Inc.
- [7] McDonald, M.G. and Harbaugh, A. W. (1988) A modular three-dimensional finite-difference groundwater flow model: U.S. Geological Survey, Techniques of Water Resources Investigations, Book 6.
- [8] Anderson, M. P, and Woessner, W.W (1992) Applied groundwater modeling simulation of flow and advective transport. San Diego: Academic Press, Inc