

تقييم الاتصال الهيدروديناميكي في حقل الأحمر

(تشكيلتي الرطبة (RU) و (PJS))

الباحثة : د. ميادة ابراهيم رزوق

قسم الهندسة البترولية - كلية الهندسة الكيميائية والبترولية - جامعة البعث

الملخص:

ترتبط هندسة مخزون النفط والغاز ارتباطاً وثيقاً بهندسة الحفر والإنتاج، حيث أن الدراسات الصحيحة للمكمن من الناحية الخزنية تقودنا إلى وضع برامج استثمار مثالية ومناسبة للطبقات المنتجة، كما تقودنا إلى عملية استثمار مثالي لتحقيق أفضل عامل مردود وبزمن مناسب، وحل العديد من المشاكل المرافقة لعمليات الإنتاج، وقد قمنا في هذا البحث بتسليط الضوء على توظيف معادلة موازنة المادة في دراسة الاتصال الهيدروديناميكي بين البلوكات في حقل الأحمر (تشكيلتي الرطبة (RU) و (PJS)) باستخدام برنامج نمذجة ومحاكاة (MBAL)، وقد تبين أنه في حقل الأحمر المؤلف من ثلاث بلوكات رئيسية (101, 102, 104)، يوجد اتصال هيدروديناميكي جيد بين البلوكين 104&102، ولكن لا يوجد اتصال هيدروديناميكي بين هذين البلوكين والبلوك 101، وأن الحقل يعمل وفق نظام الدفع المائي عن طريق تدفق الماء من الأسفل باتجاه الأعلى، كما تبين أن الاحتياطي الجيولوجي يقدر بحوالي 1.312 مليون برميل في البلوك 101 وحوالي 35.4 مليون برميل في البلوك 102 وحوالي 12 مليون برميل في البلوك 104.

الكلمات المفتاحية: الاتصال الهيدروديناميكي، الاحتياطي الجيولوجي، معادلة موازنة المادة، مستوى النقاء نפט - ماء ، معامل الاستثمار.

Evaluation of Hydrodynamic Communication in Al-ahmar field (Rutbah and PJS formations)

Abstract:

Oil and gas reservoir engineering is closely related to drilling and production engineering. Proper reservoir studies lead us to the development of ideal and suitable programs for the productive layers, lead to an optimal investment process to achieve the best yield factor and timely solutions and solve many problems associated with production processes. In this paper, we have taken an interest in using of the material equilibrium equation in the study of hydrodynamic communication between the blocks in Al-ahmar Field using the modeling and simulation program (MBAL), , this model shows that Al-ahmar field consists of three main blocks (101, 102, 104), there is good communication between the blocks102&104 but there is no communication between these two blocks and the block101, the dominating drive mechanism is water drive mechanism bottom Aquifer and the expected STOIP (Stock Tank Oil Initial In Place) about 1.312 million barrels in block101, 35.4 million barrels in block102 and 12 million barrels in block104.

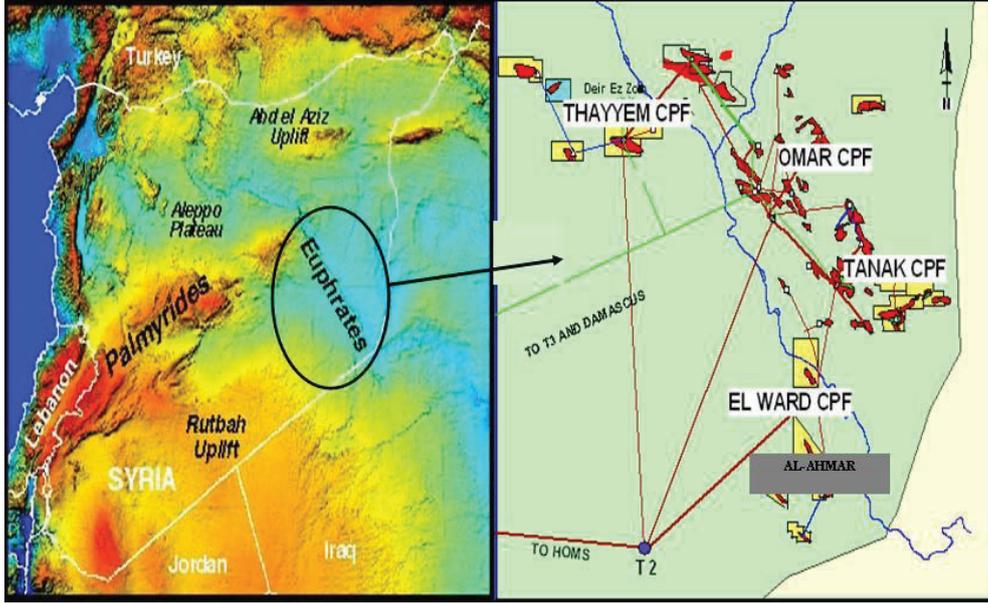
Keywords:

hydrodynamic communication, geological reserve, material balance equation, oil-water Contact level, Recovery Factor.

مقدمة:

يقع حقل الأحمر في شرق سوريا في محافظة دير الزور جنوب حقل الورد بـ 15 KM كما هو موضح في الشكل (1)، يتألف هذا الحقل من ثلاث بلوكات رئيسية (101, 102, 104)، يتم الإنتاج من تشكيلة الرطبة بشكل رئيسي و PJS بشكل ثانوي في البلوك 102 ومن تشكيلة PJS بشكل أساسي والرطبة بشكل ثانوي في البلوكين 101&104، ونظراً لكون الحقل مكون من أكثر من بلوك ويتم الإنتاج من أكثر من خزان فإن إدارة المكنم وآلية الإنتاج تحتاج إلى معرفة أنظمة عمل الخزانات النفطية بالإضافة إلى فهم الاتصال الهيدروديناميكي بين البلوكات والخزانات النفطية، لذلك تم بناء نموذج موازنة مادية (Material Balance Model) لتوضيح النقاط السابقة بالإضافة إلى أنه يساعد في تقدير قيمة الاحتياطي الجيولوجي لكل بلوك على حدى.

تشير آخر التقديرات الناتجة عن النموذج الجيولوجي للحقل إلى احتواء حقل الأحمر على 54.5 مليون برميل من النفط الخفيف موزعة على البلوكات الثلاثة حيث تم تقدير الاحتياطي في البلوك 101 بحوالي 2.09 مليون برميل وقدر الاحتياطي النفطي في البلوك 104 بحوالي 15.85 مليون برميل أما البلوك 102 فيتوقع احتوائه على الاحتياطي الأكبر ويقدر بحوالي 36.56 مليون برميل. حتى تاريخ 1/4/2012 تم إنتاج حوالي 21,38 مليون برميل من النفط وبالتالي فإن عامل المردود يصل إلى 39%.



الشكل (1) الموقع الجغرافي لحقل الأحمر

هدف البحث:

فهم الاتصال الهيدروديناميكي وتقييم الاحتياطي الجيولوجي ونظام الدفع في حقل الأحمر (تشكيلي الرطبة (RU) و (PJS)).

1- معادلة موازنة المادة:

تتحرك السوائل والغازات في الطبقة المنتجة إلى قيعان الآبار عندما يحصل تمدد حجمي للسائل، وعندما يتغير حجم الفراغات المسامية في ظروف النظام المرن، وأيضاً عند التمدد الحجمي لفقااعات الغاز المنطلق من النفط.

عند نظام دفع الماء ينخفض الضغط في الطبقة بوتيرة أقل أو حتى يبقى ثابتاً إذا تم دعم التوازن بين الإنتاج من الطبقة والسائل الداخل إليها. وإذا كان في الطبقة قبة غازية فإن النفط يكون في البداية مشبعاً بالغاز وإن التمدد المرن لا يحصل في الممكن. إن الطاقة المحبوسة في الغاز المنحل تكتمل على حساب طاقة الغاز في القبة الغازية والمعادلة العامة للتوازن المادي تعتمد على أن المجموع الجبري للتغيرات الحجمية للنفط والغاز والماء يجب أن تساوي الصفر أثناء عملية الاستثمار ، مع الأخذ بعين الاعتبار أن حجم الطبقة ثابت في حدود معينة . في معادلة موازنة المادة نستطيع تضمين تأثيرات دخول الماء إلى الطبقة المنتجة والتغيرات في الأطوار أو تغيرات الحجم المسامي الناتج عن تمدد الصخر والماء.

إن المعلومات الضرورية لعملية الحسابات هي:

- 1- الضغط الطبقي ومتوسط الضغط في اللحظات المتعاقبة لزمن استثمار الممكن.
- 2- إنتاج النفط التجاري في الشروط القياسية المتراكم مع الزمن الموافق للاستثمار.
- 3- الإنتاج العام للغاز مع حساب حجمه المحقون مرة أخرى في الطبقة.
- 4- الحجم النسبي للقبة الغازية المحدد بنتيجة البحوث الجيوفيزيائية الصناعية وإنهاء الآبار وتحليل العينات.
- 5- عوامل الحجم الطبقي للنفط والغاز وكذلك عامل انحلالية الغاز في النفط ويتم الحصول على هذه العوامل بالعلاقة مع الضغط من تحليل العينات الباطنية مخبرياً.
- 6- كمية الماء المستخرج من الطبقة.
- 7- كمية الماء التي تدخل الطبقة المنتجة من حوض التغذية وكذلك كمية الماء المحقون.

2- المعطيات المطلوبة لبناء نموذج التوازن المادي باستخدام برنامج (MBAL):

- الشروط الأولية للحقل: موضحة في الجدول(1)

الجدول (1) الشروط الأولية لحقل الأحمر

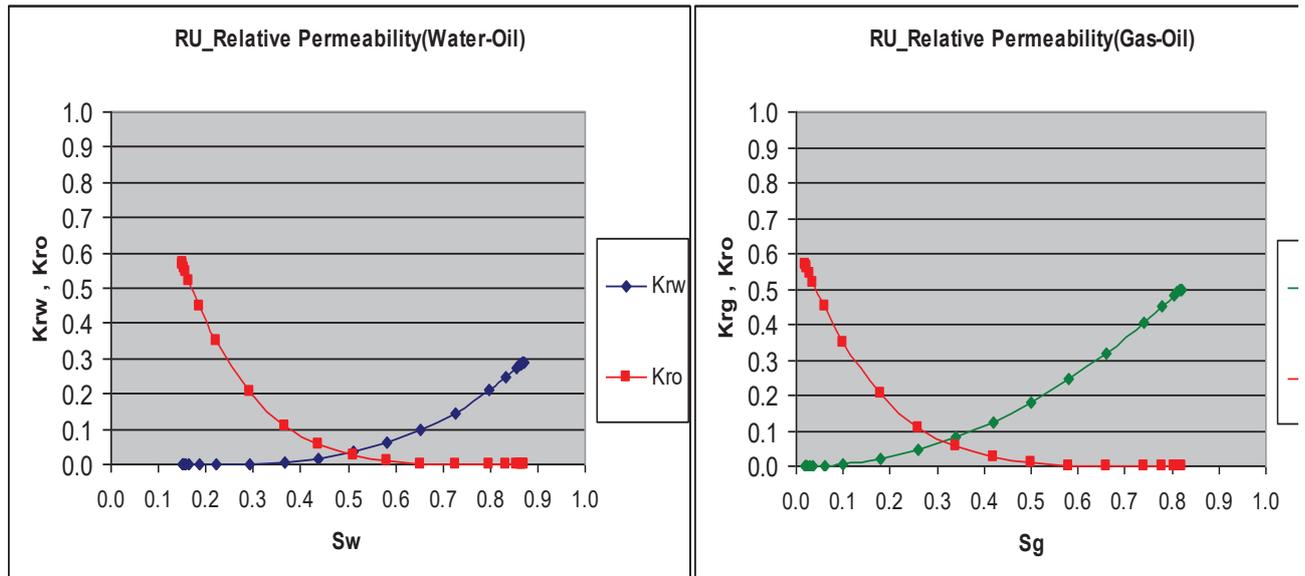
Block (البلوك)	101	102	104
Formation (التشكيلية)	PJS	RU	PJS
Initial Pressure (الضغط الأولي) (psi)	4355	3895	3895
Initial Temperature (F) (الحرارة الأولية)	244	227	227
Free Water Level (عمق خط الماء الحر) [(Meter sub sea) (mss)]	2568	2277	2306

- انضغاطية المياه الطبقيّة: من خلال تحليل عينات المياه الطبقيّة المأخوذة من البلوكات الثلاثة تم الحصول على انضغاطيتها الموضحة في الجدول (2).

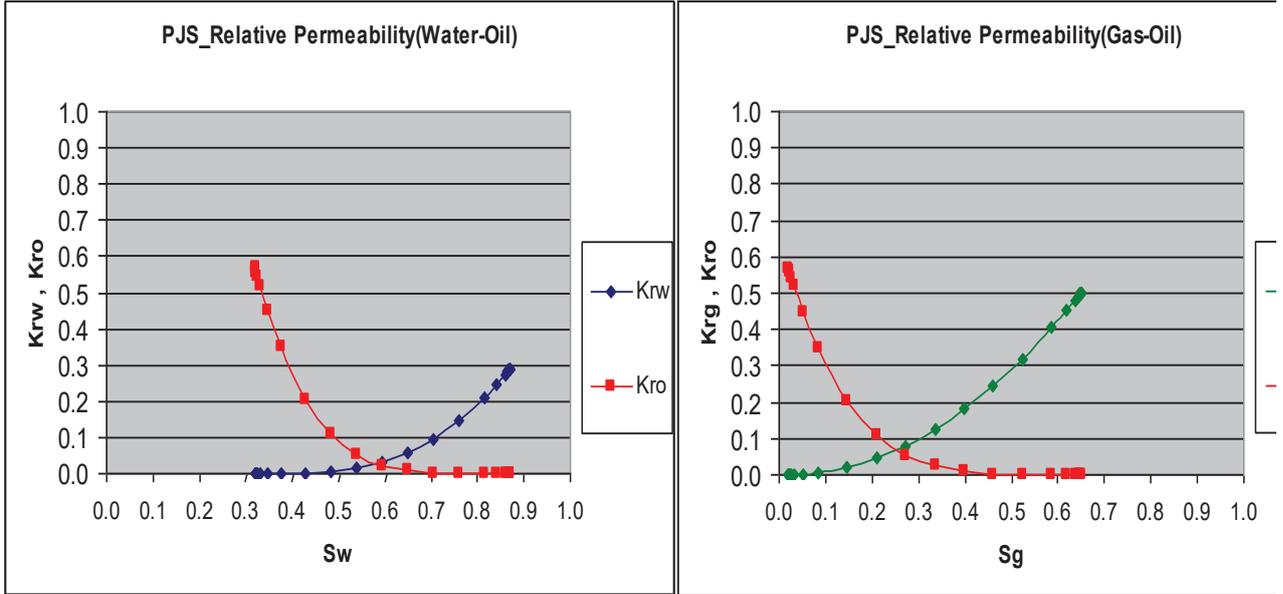
الجدول (2) انضغاطية المياه الطبقية لحقل الأحمر

Block(البلوك)	101	102/104
1/psi (انضغاطية المياه الطبقية)	2.36×10^{-6}	2.38×10^{-6}

- **النفوذية النسبية:** من خلال تحليل العينات اللبية تم التوصل إلى خصائص النفوذية النسبية لتشكيلي الرطبة و PJS الموضحة في الشكلين (3&2) على الترتيب وتم إدخالها رقمياً إلى برنامج MBAL.

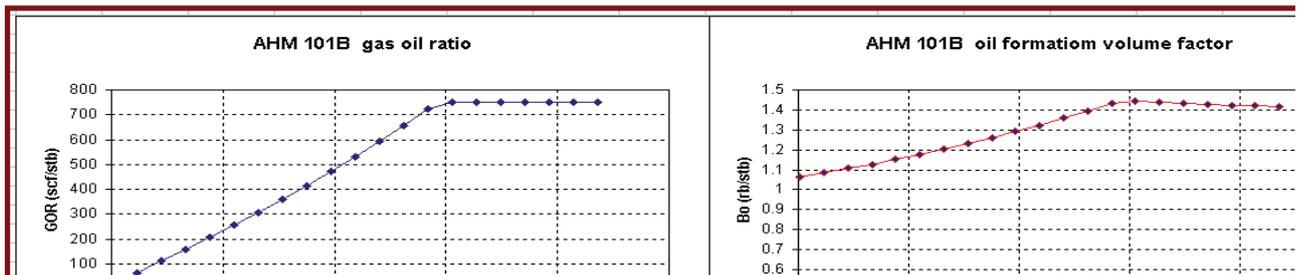


الشكل (2) منحنى النفوذ النسبية لتشكيلة الرطبة

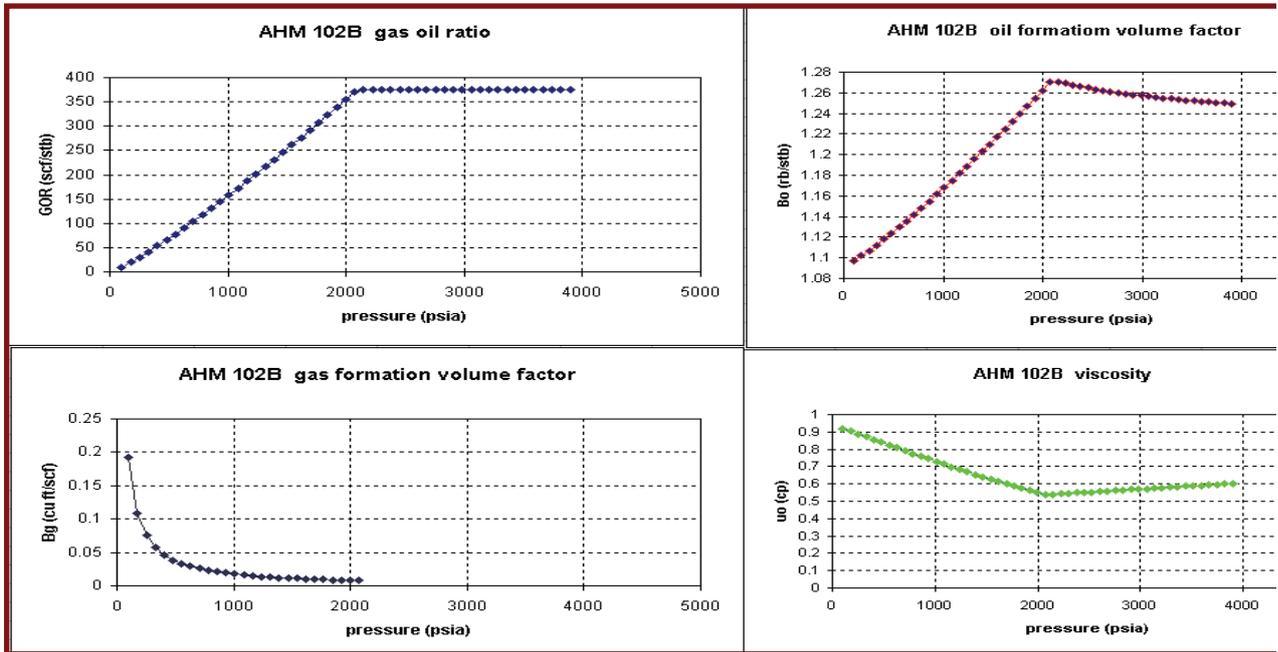


الشكل (3) منحنى النفوذ النسبية لتشكيلة PJS

- **حجم القبة الغازية:** من خلال معطيات الضغط لجميع الآبار نجد أن الضغط لم ينخفض إلى مادون ضغط الاشباع، وبالتالي فإن النفط تحت مشبع ولاوجود لقبة غازية في الخزانات أي أن حجمها يساوي الصفر.
- **معطيات PVT:** من خلال تقارير PVT المتوفرة تم التوصل إلى المعطيات التالية للبلوكين 101&102 الموضحة في الشكلين (5&4) على الترتيب مع العلم أن خصائص النفط في البلوكين 102&104 تعتبر واحدة، وقد تم إدخال هذه المعطيات بشكل رقمي إلى برنامج MBAL.



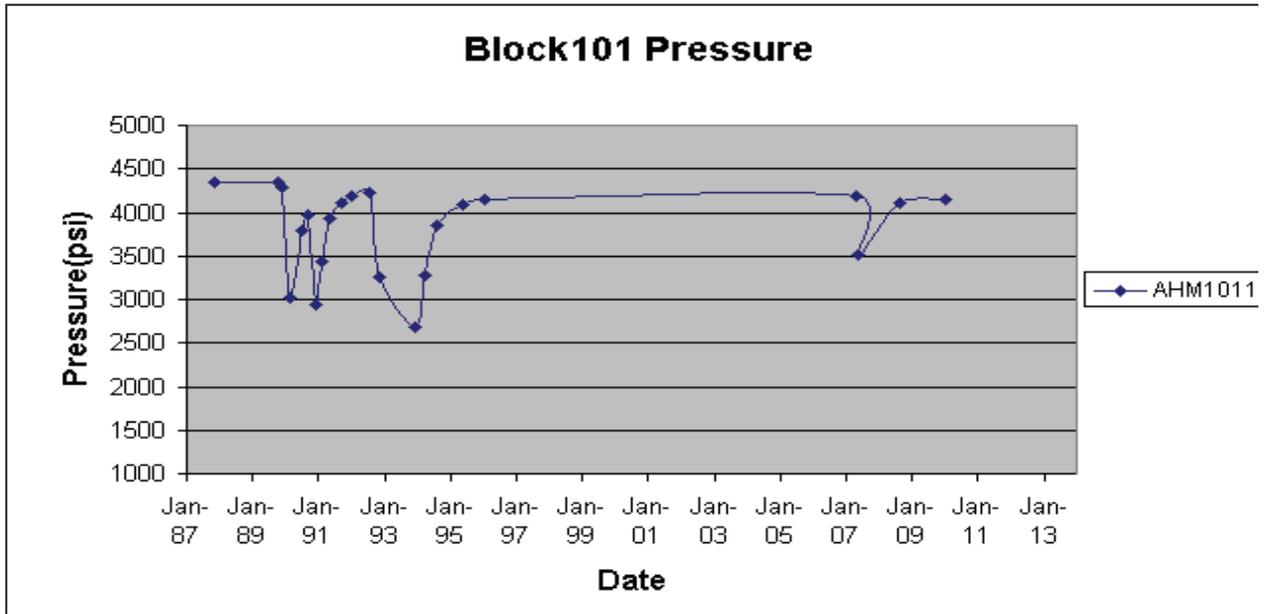
الشكل (4) معطيات PVT للبلوك 101



الشكل (5) معطيات PVT للبلوك 102

- **معطيات الضغط:** من خلال قياسات الضغط المجرأة في آبار بلوكات الحقل تم التوصل إلى المعطيات التالية والتي تم إدخالها بشكل رقمي إلى برنامج .MBAL

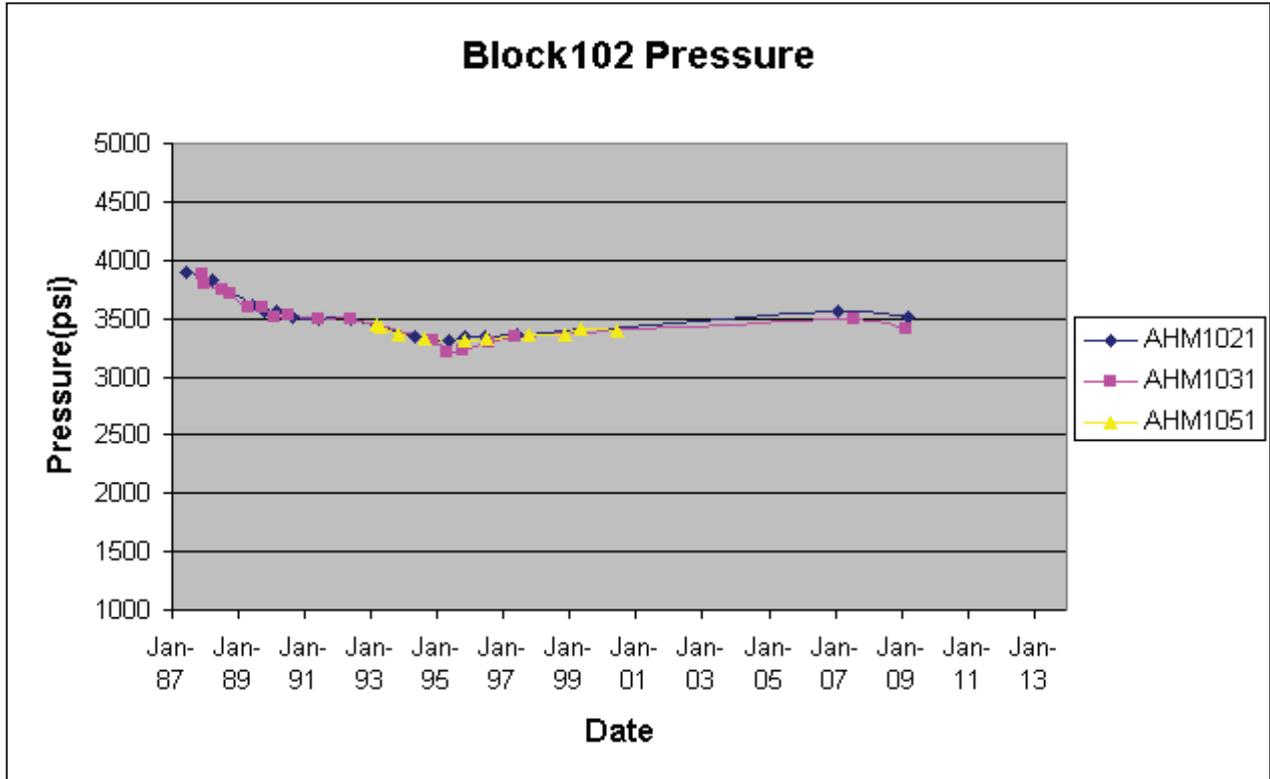
➤ **البلوك 101:** لا يوجد سوى بئر واحد في هذا البلوك وهو البئر AHM1011 لذلك نكتفي هنا بتوضيح سلوك الضغط في هذا البلوك بالعلاقة مع الزمن من خلال الشكل (6).



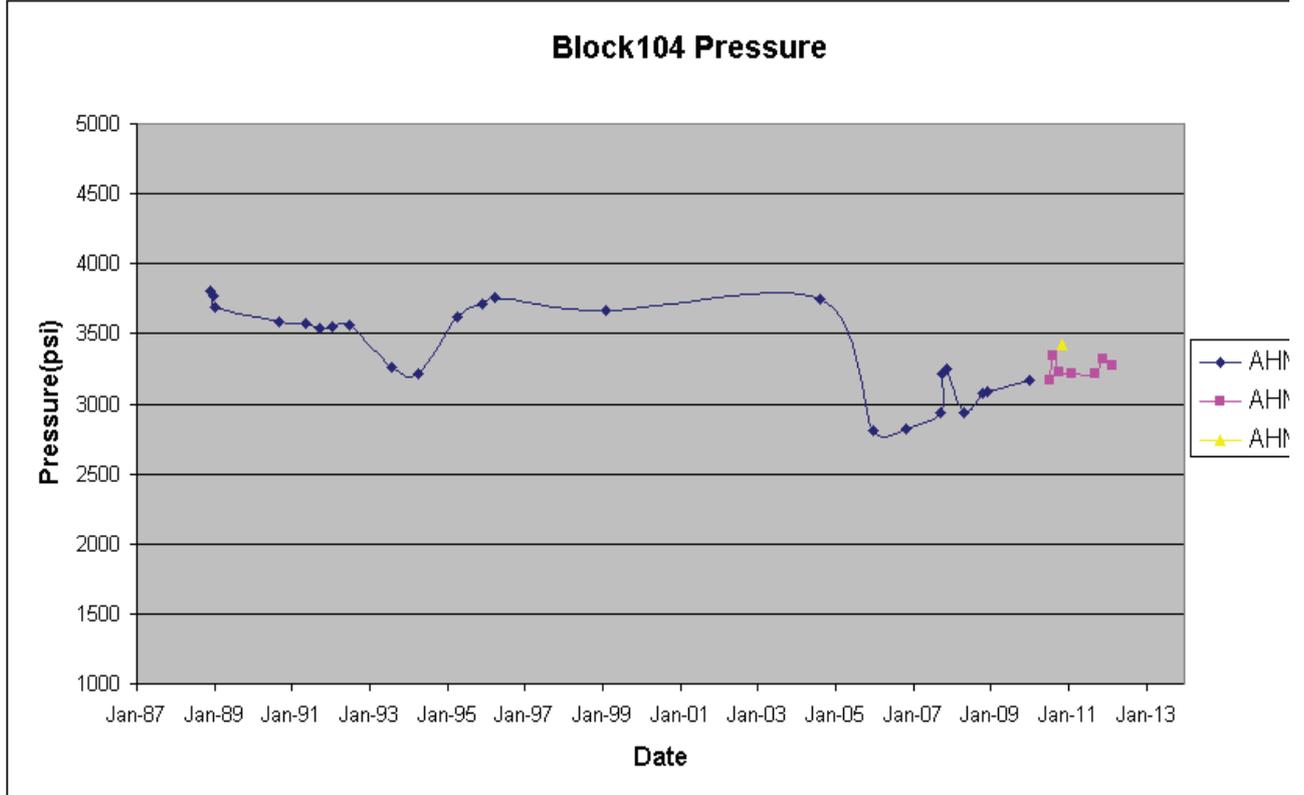
الشكل (6) منحنى الضغط للبلوك 101

➤ **البلوك 102:** من الشكل (7) الذي يمثل تغير ضغط الخزان في آبار البلوك 102 مع الزمن نجد أن الضغط يتغير مع الزمن وفق منحنى واحد في كل الآبار وهذا يدل على وجود اتصال هيدروديناميكي جيد بين جميع آبار هذا البلوك.

➤ **البلوك 104:** من الشكل (8) الذي يمثل تغير ضغط الخزان في آبار البلوك 104 مع الزمن نجد أن الضغط يتغير مع الزمن وفق منحنى واحد في كل الآبار وهذا يدل على وجود اتصال هيدروديناميكي جيد بين جميع آبار هذا البلوك.

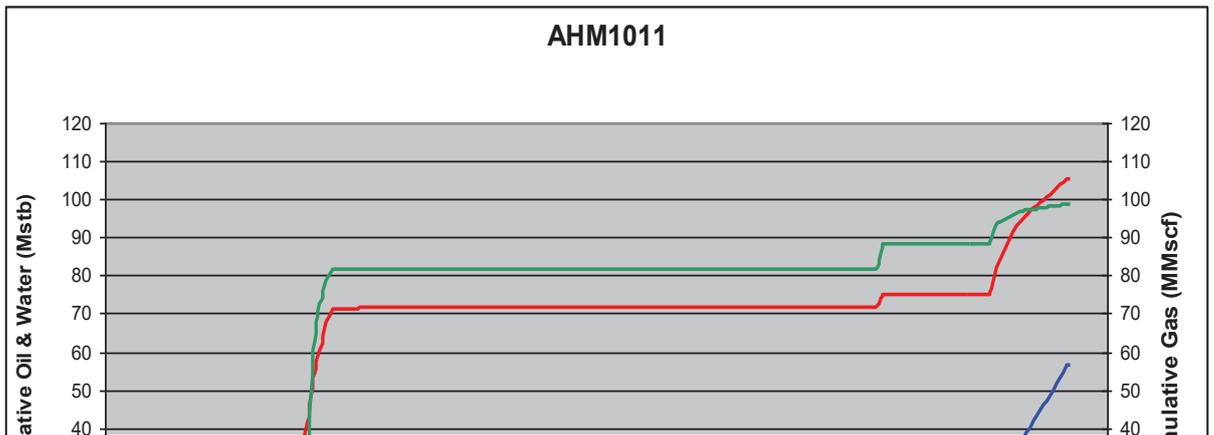


الشكل (7) منحنى الضغط للبلوك 102

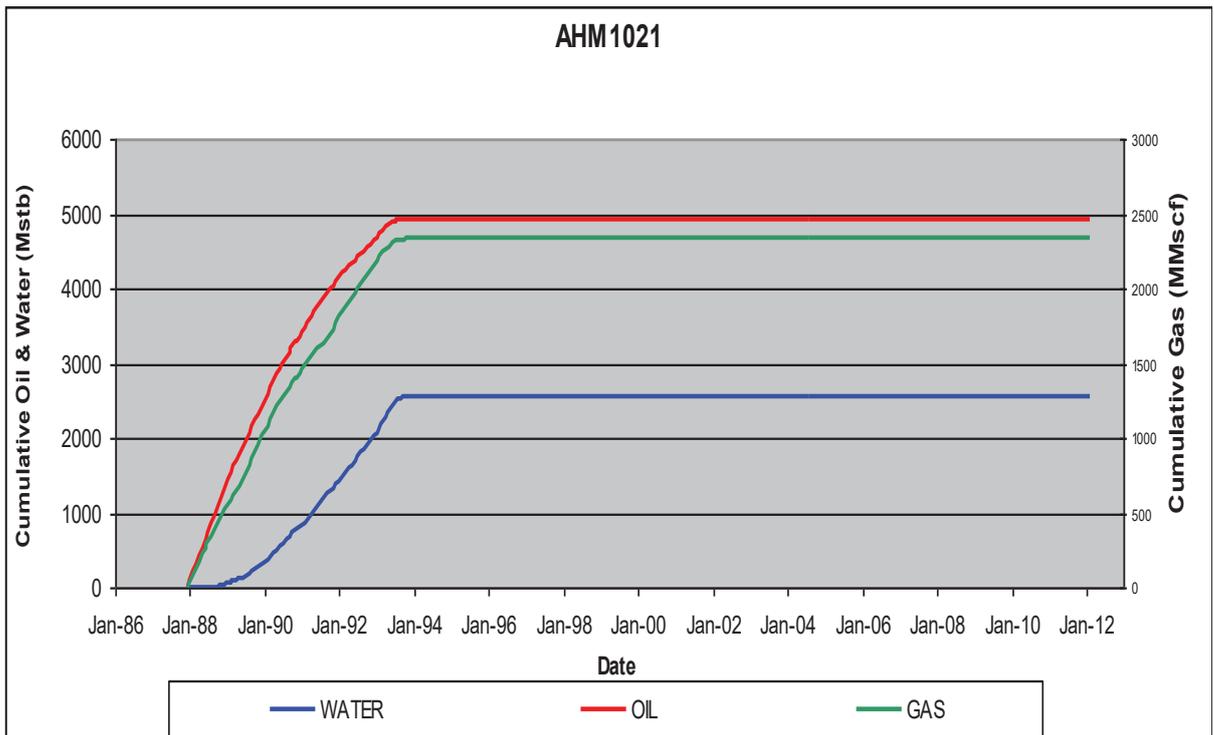


الشكل (8) منحنى الضغط للبلوك 104

- معطيات الإنتاج: تم الحصول على معطيات الإنتاج لكل بئر عن طريق قاعدة البيانات [Oil Field Management (OFM)] والموضحة في الأشكال (من 9 إلى 15) وتم إدخالها بشكل رقمي إلى برنامج MBAL.

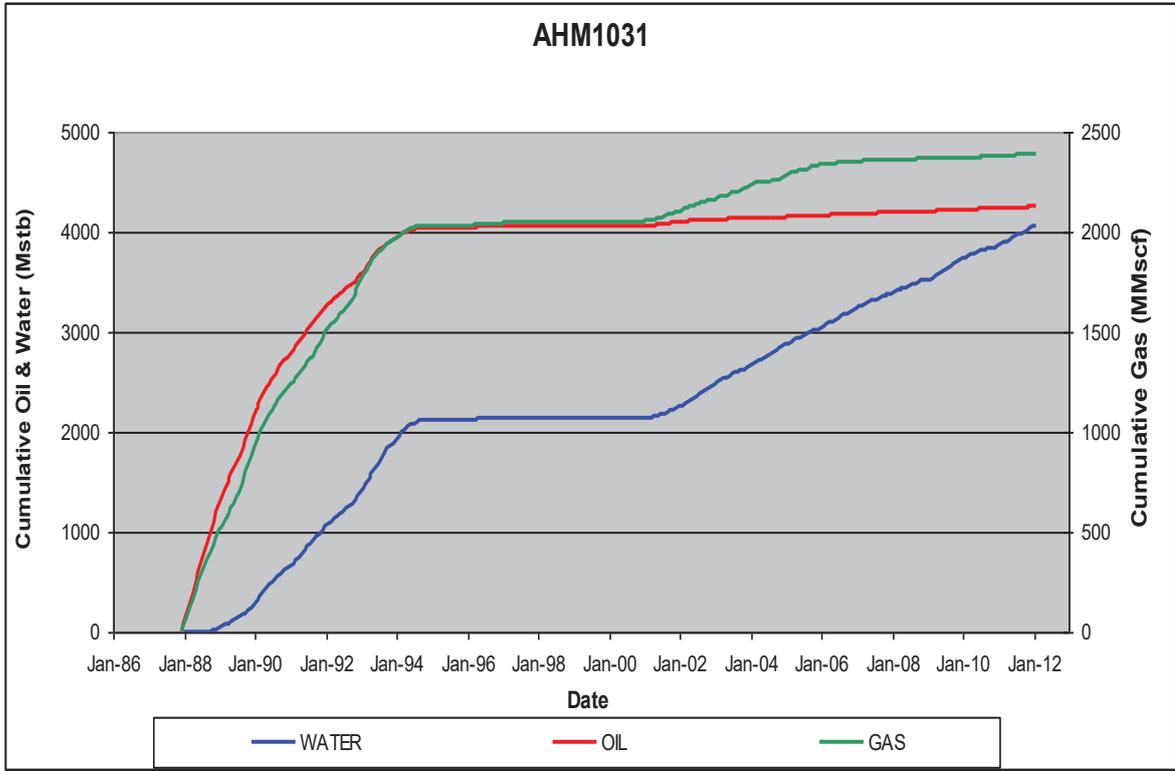


الشكل (9) الإنتاج التراكمي للبئر AHM1011

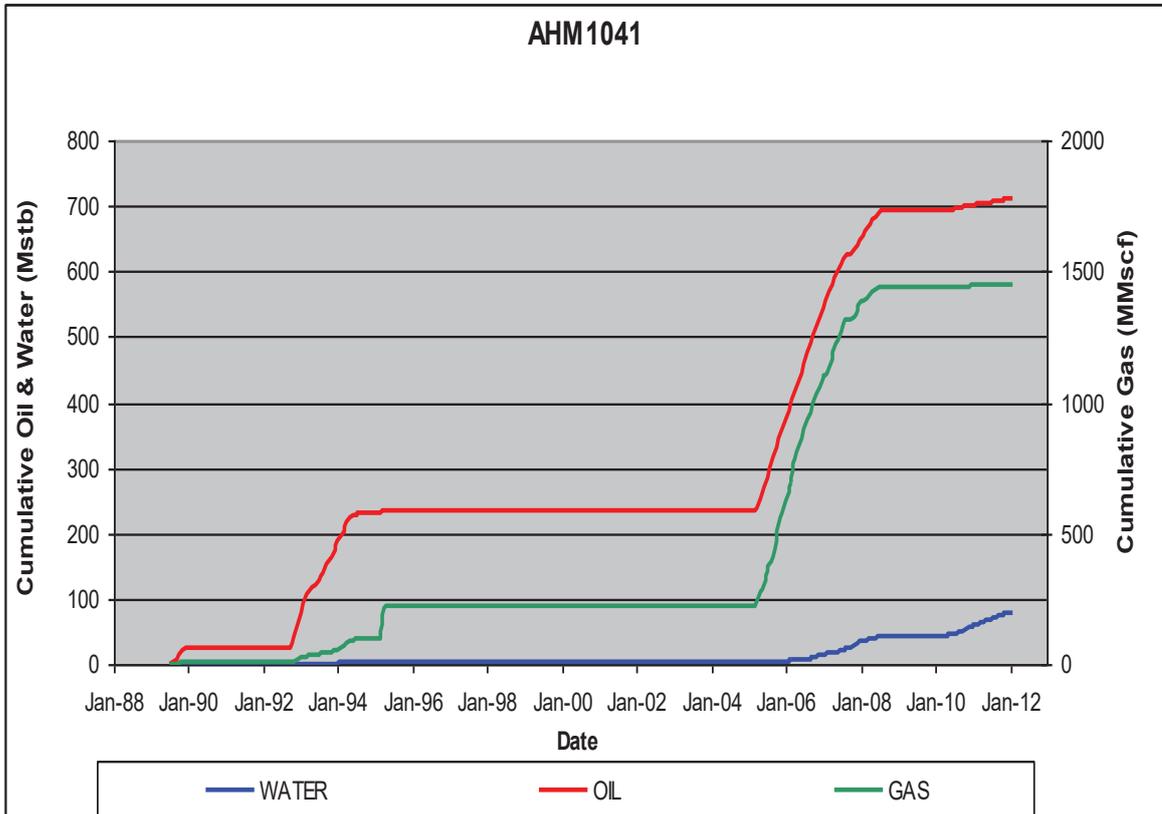


الشكل (10) الإنتاج التراكمي للبئر AHM1021

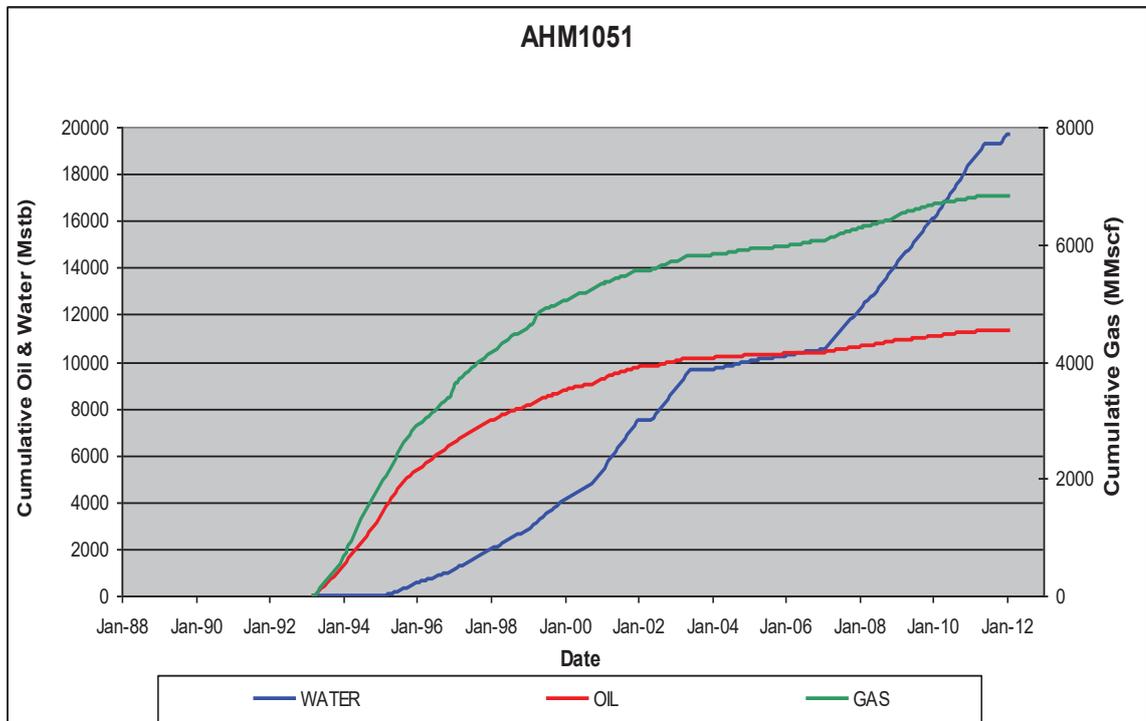
تقييم الاتصال الهيدروديناميكي في حقل الأحمر (تشكيلي الرطبة (RU) و (PJS)



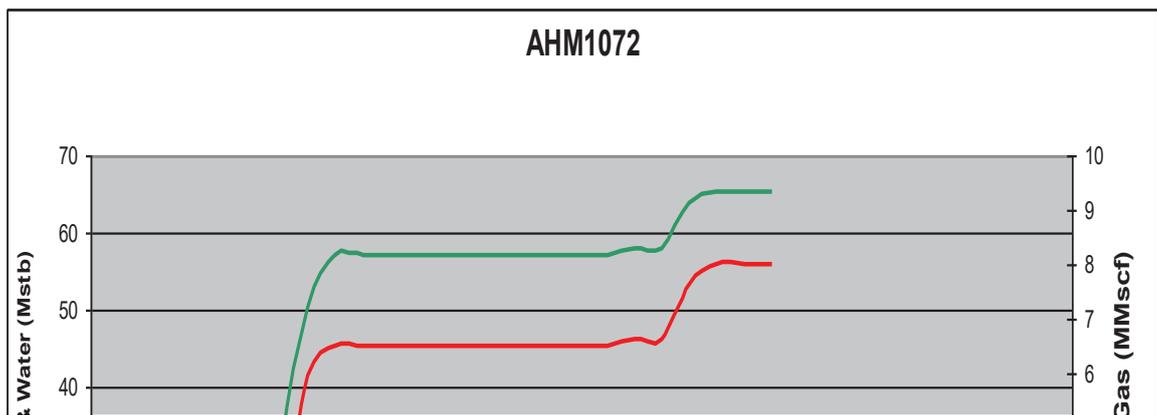
الشكل (11) الإنتاج التراكمي للبئر AHM1031



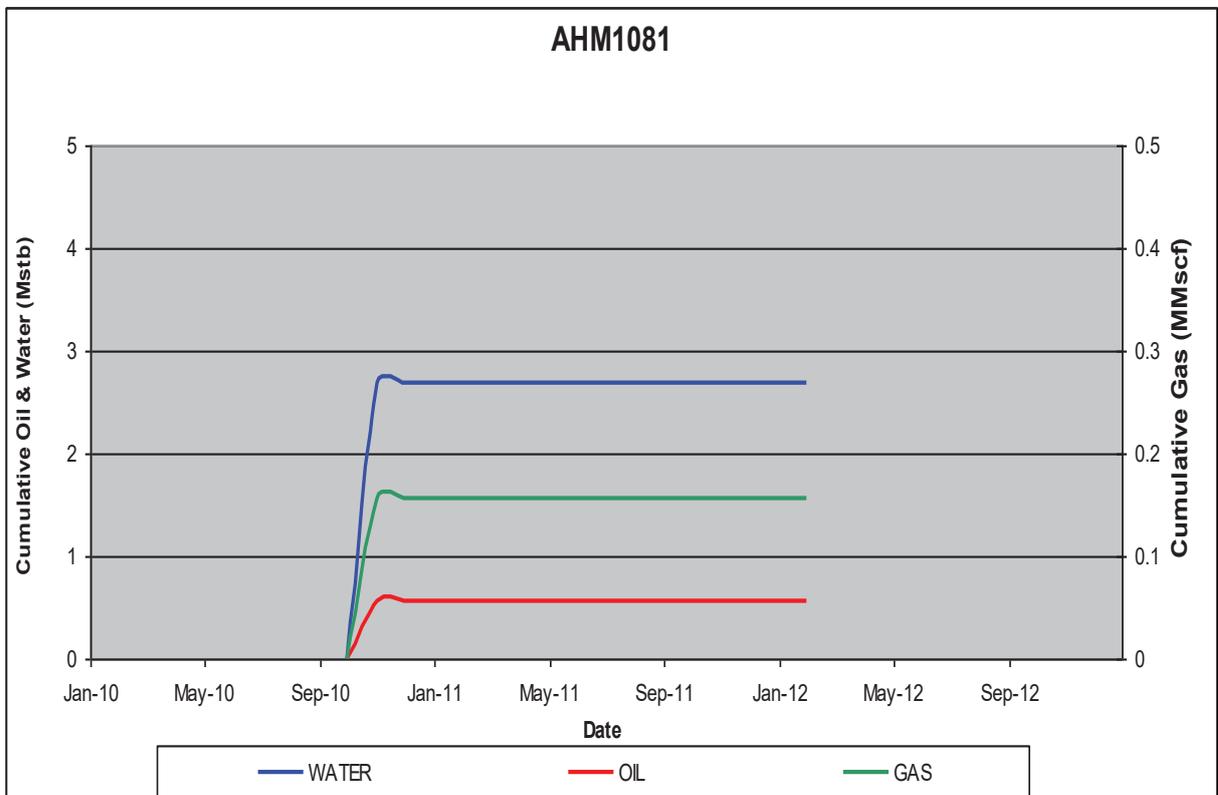
الشكل (12) الإنتاج التراكمي للبئر AHM1041



الشكل (13) الإنتاج التراكمي للبئر AHM1051



الشكل (14) الإنتاج التراكمي للبيئر AHM1072



الشكل(15) الإنتاج التراكمي للبئر AHM1081

3- نموذج التوازن المادي للحقل:

اعتماداً على المعطيات المدخلة سابقاً إلى برنامج (MBAL)، تم اختبار عدة نماذج مفترضة للتوازن المادي في الحقل وفي النهاية تم اختيار النموذج الذي حقق التطابق الأفضل (Match) بين المعطيات الحقيقية ونتائج المحاكاة، وذلك موضح بالنموذج بالشكل(16).

ووفقاً لهذا النموذج فإن الحقل يتكون من ثلاث بلوكات:

➤ البلوك 101: هو بلوك منفصل عن البلوكين الآخرين في الحقل، وهذا البلوك مكون من خزانين نفطيين هما خزان الرطوبة (Block101_RU) وخزان PJS (Block101_PJS) ويوجد بينهما طبقة الجوديا الكربوناتية ذات الناقلية الضعيفة جداً والتي تم التعبير عنها في النموذج من خلال (Trans_1)، ولهذا البلوك طبقة مائية داعمة تقوم بدعم الضغط حيث يتدفق الماء من الأسفل باتجاه طبقة الرطوبة (Bottom Aquifer)، يتم الإنتاج من خزان PJS بشكل رئيسي عن طريق بئر وحيد (AHM101).

➤ البلوك 102: هذا البلوك مكون من خزانين نفطيين هما خزان الرطوبة (Block102_RU) وخزان PJS (Block102_PJS) ويوجد بينهما طبقة الجوديا الكربوناتية ذات الناقلية الضعيفة جداً والتي تم التعبير عنها في النموذج من خلال (Trans_3)، ولهذا البلوك طبقة مائية داعمة تقوم بدعم الضغط في خزان الرطوبة من خلال تدفق المياه من الأسفل باتجاه طبقة الرطوبة (Bottom Aquifer)، وهذا البلوك يتصل هيدروديناميكياً مع البلوك 104 من خلال المياه

المنتشرة أسفل الخزانات النفطية (Water Tank) وفق الناقلية (Trans102)، لا يوجد إنتاج ذو أهمية من خزان PJS ويتم الإنتاج من خزان الرطبة بشكل رئيسي من خلال جميع الآبار المنتجة من هذا البلوك وهي (AHM1021, AHM1031, AHM1051).

➤ البلوك 104: هذا البلوك مكون من خزانين نفطيين هما خزان الرطبة (Block104_RU) وخزان PJS (Block104_PJS) ويوجد بينهما طبقة الجوديا الكربوناتيية ذات الناقلية الضعيفة جداً والتي تم التعبير عنها في النموذج من خلال (Trans_2)، ولهذا البلوك طبقة مائية داعمة تدعم الضغط من خلال تدفق الماء من الأسفل باتجاه طبقة الرطبة (Bottom Aquifer)، وهذا البلوك يتصل هيدروديناميكياً مع البلوك 102 من خلال المياه المنتشرة أسفل الخزانات النفطية (Water Tank) وفق الناقلية (Trans104)، يتم الإنتاج من خزان PJS بشكل رئيسي من خلال البئرين AHM1081, AHM1041 ويتم الإنتاج من خزان الرطبة من خلال البئر AHM1072.

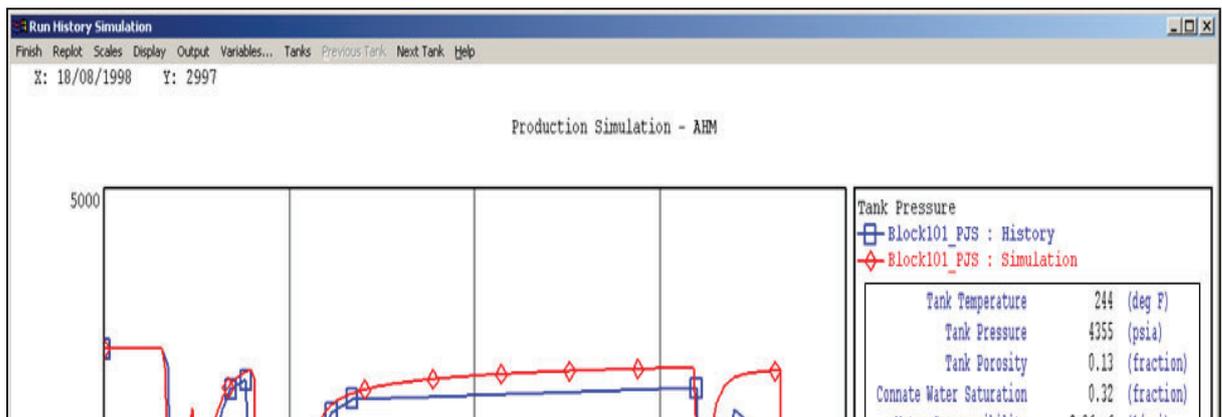
الشكل (16) نموذج الموازنة المادية لحقل الأحمر

وننتائج التطابق لهذا النموذج موضحة بالأشكال (17،18،19) وذلك مع إدخال معطيات آبار التصريف:

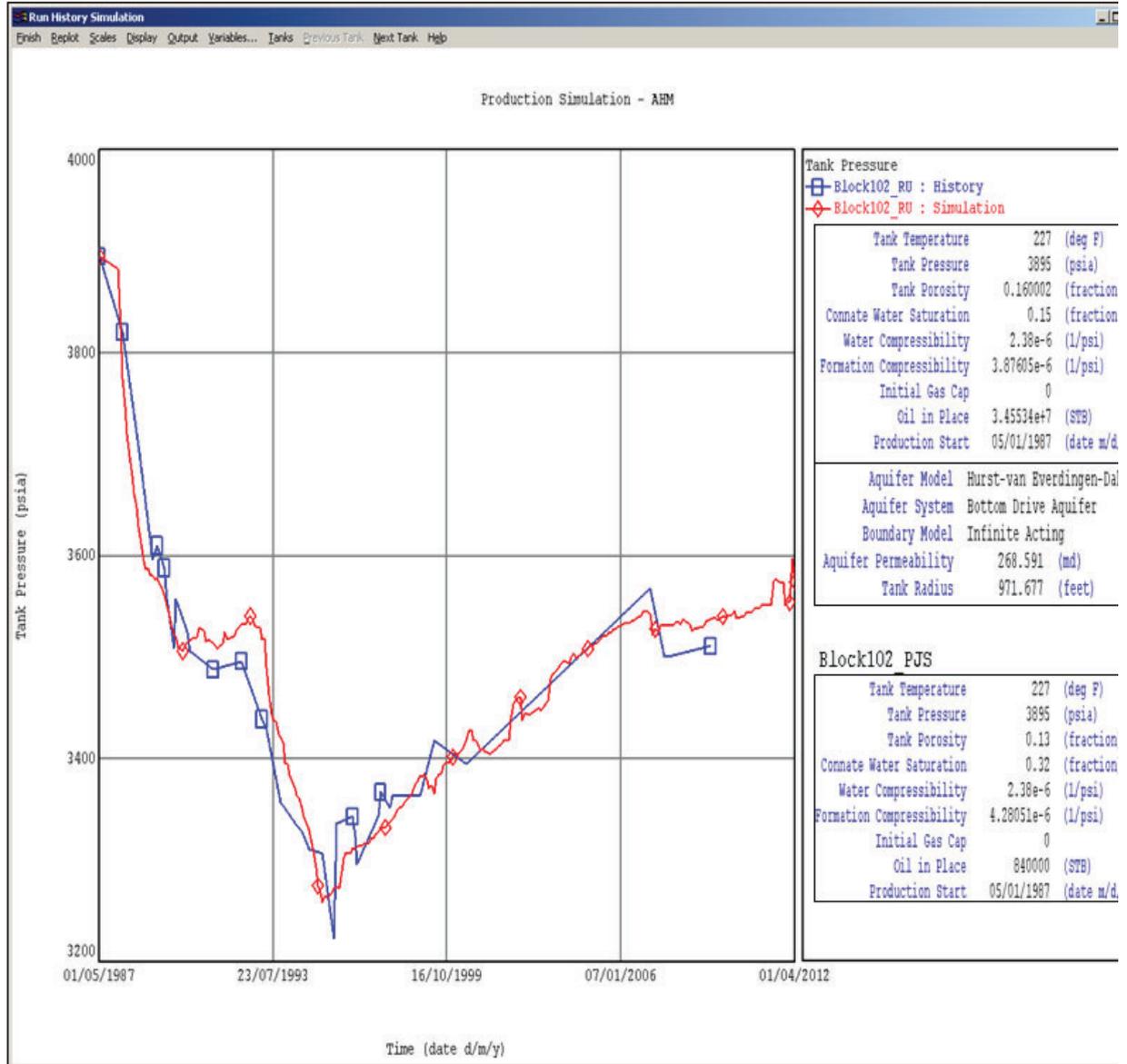
❖ البلوك 101: من الشكل (17) نلاحظ وجود تطابق جيد بين معطيات الضغط الناتجة عن قياسات الضغط وبين نتائج المحاكاة (Simulation) مما يدعم صحة النموذج المفروض وبالتالي فإن هذا البلوك منفصل عن البلوكين الآخرين ويتميز بـ (Free Water Level) FWL مختلف عنهما ويقدر بحوالي (2568 mss) ويتم الإنتاج منه من تشكيلة PJS بشكل رئيسي، ولهذا البلوك طبقة مائية (Bottom Aquifer) تقوم بدعم ضغط الخزان حيث يتدفق الماء من الأسفل باتجاه الطبقة النفطية، إن الناقلية بين خزاني الرطبة و PJS لا تتعدى $0.25 \text{ rb/day} * \text{cp/psi}$ وهذا يعود لوجود طبقة الجوديا الكربوناتية بينهما ذات النفوذية الضعيفة ونجد أن الاحتياطي الجيولوجي في هذا البلوك قليل (1.312 مليون برميل) وهذا يفسر كون معدل الإستنزاف

لضغط الخزان كبير (4 psi/stb/d) وسرعة استعادة الضغط كبيرة أيضاً بالرغم من وجود طبقة مائية داعمة.

❖ البلوك 102: من الشكل (18) نلاحظ وجود تطابق جيد بين معطيات الضغط الناتجة عن قياسات الضغط وبين نتائج المحاكاة (Simulation) مما يدعم صحة النموذج المفروض حيث يتم الإنتاج من هذا البلوك من تشكيلة الرطبة ويتميز ب FWL (2277 mss)، ولهذا البلوك طبقة مائية تدعم الضغط من خلال تدفق الماء من الأسفل باتجاه طبقة الرطبة (Bottom Aquifer) ونلاحظ أن نفوذية الطبقة المائية جيدة (268 md) وهذا لكون أن الطبقة المائية تقوم بدعم ضغط خزان من خلال تدفق الماء من الأسفل باتجاه تشكيلة الرطبة الرملية الحاملة للنفط التي تتميز بمسامية ونفوذية جيدتين، الاحتياطي الجيولوجي كبير ويقدر بحوالي 35.4 مليون برميل وهذا يفسر كون معدل الإستنزاف لضغط الخزان قليل (0.062 psi/stb/d).



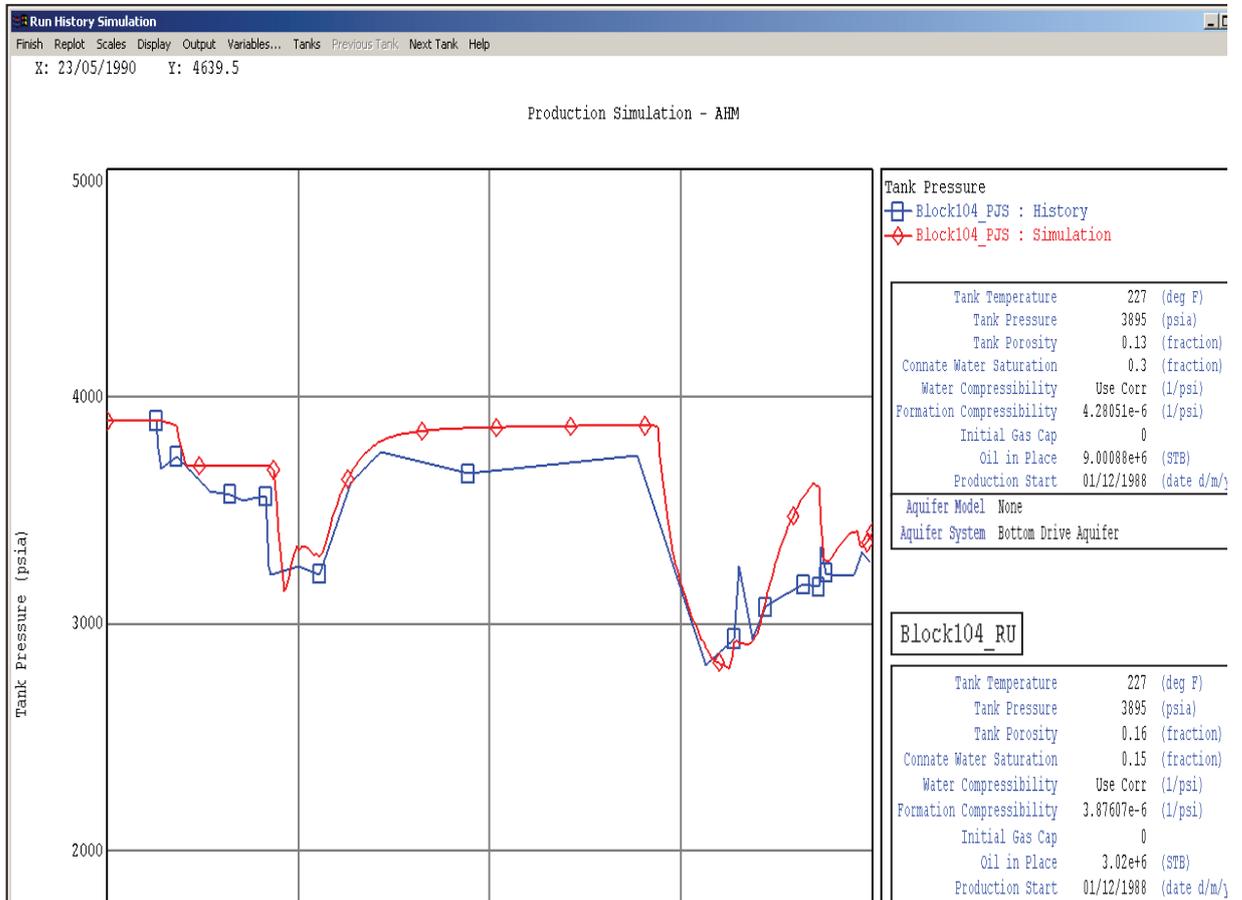
الشكل (17) نتيجة المحاكاة للبلوك 101



الشكل (18) نتيجة المحاكاة للبلوك 102

تقييم الاتصال الهيدروديناميكي في حقل الأحمر (تشكيلي الرطبة (RU) و (PJS))

❖ البلوك 104: من الشكل (19) نلاحظ وجود تطابق جيد بين معطيات الضغط الناتجة عن قياسات الضغط وبين نتائج المحاكاة (Simulation) مما يدعم صحة النموذج المفروض، أي أن هذا البلوك متصل هيدروديناميكياً مع البلوك 102 من خلال الطبقة المائية ويتميز بـ FWL (2306 mss) ويتم الإنتاج من هذا البلوك من تشكيلة PJS بشكل رئيسي ومن تشكيلة الرطبة بشكل ثانوي ويتلقى الخزان دعماً للضغط نتيجة وجود طبقة مائية داعمة ونلاحظ ان الناقلية الهيدروديناميكية بين خزان الرطبة وخزان PJS منخفضة نسبياً ($0.9 \text{ rb/day} \cdot \text{cp/psi}$) وذلك يعود لوجود تشكيلة الجوديا الكربوناتيّة ذات النفوذية الضعيفة جداً، وهذا يفسر وجود اتصال هيدروديناميكي بين البلوكين 104&102 ولكنه ضعيف نسبياً، ونجد أن الاحتياطي الجيولوجي 12 مليون برميل.



الشكل (19) نتيجة المحاكاة للبلوك 104

النتائج:

1. من خلال نموذج الموازنة المادية نجد أن البلوك 101 غير متصل هيدروديناميكياً مع البلوكين 102&104، ويقدر الاحتياطي الجيولوجي لهذا البلوك والنتاج عن نموذج الموازنة المادية بحوالي 1.312 مليون برميل.
2. من خلال نموذج الموازنة المادية للحقل نجد أن البلوكان 102&104 متصلان هيدروديناميكياً على الرغم من أن لهما FWL مختلف وهذا لأنهما متصلان هيدروديناميكياً من خلال الطبقة المائية السفلية وليس من خلال الطبقة النفطية، وتقدر قيمة الاحتياطي الجيولوجي والنتاج عن نموذج الموازنة المادية بحوالي 35.4 مليون برميل للبلوك 102 وبحوالي 12 مليون برميل للبلوك 104.

3. قيمة الاحتياطي الجيولوجي الناتجة عن الموازنة المادية مختلفة عن قيمتها الناتجة عن النموذج الجيولوجي وذلك لأن النموذج الجيولوجي يقوم بحساب كافة الحجوم النفطية المتصلة وغير المتصلة هيدروديناميكياً في الخزان أما الموازنة المادية تعتمد على الحجوم النفطية المتصلة هيدروديناميكياً فقط، الأمر الذي يؤكد على أهمية هذه النمذجة في حساب الاحتياطي.
4. الاحتياطي الجيولوجي الناتج عن الموازنة المادية في خزان الرطبة من البلوك 102 قريب جداً من قيمته الناتجة عن النموذج الجيولوجي وهذا يدل على وجود اتصال هيدروديناميكي جيد جداً بين جميع الحجوم النفطية في هذا البلوك.
5. الاحتياطي الجيولوجي الناتج عن الموازنة المادية في خزان PJS في كل من البلوكين 104&101 أقل من قيمته الناتجة عن النموذج الجيولوجي وهذا يدل على أن الحجوم النفطية في خزان PJS في كل من هذين البلوكين غير متصلة هيدروديناميكياً بشكل كامل وقد يكون عدم الاتصال هذا ناتج عن أسباب جيولوجية متعلقة بالتركيب الجيولوجي أو ناتج عن اختلاف الخصائص الخزنية للتشكيلة ذاتها.

المراجع:

In English:

- 1- Afwis database, Al-Furat Oil Company.
- 2- OFM database, Al-Furat Petroleum Company.
- 3- Reports of Al-ahmar Field Pressure Measurements, Al-Furat Petroleum Company 2007.
- 4- Reports of Sabra Testing Group Tests, Schlumberger 2012.
- 5- The report of Al-ahmar Field 2010, Al-Furat Oil Company.
- 6- Well measurements reports, Schlumberger 2012.
- 7- Western Atlas International Core Laboratories report (WA) 2010.

In Arabic

- 1) Geological model built by Petrel program in Al-Furat Petroleum Company 2010.
- 2) Material Balance Model Program MBAL.
- 3) Oil & Gas reservoir Engineering (3) – Dr. Ghada Al-Khadour 2008 – Directorate of Books and Publications – Baath University.

