

إستحداث علاقات بيتروفيزيائية تجريبية للتكوينات الجيولوجية ضمن الفترة البينية (هارثة- تنومة) في حقل شرق بغداد النفطي

معن حسن عبد الله الماجد

قسم هندسة المكامن النفطية

كلية هندسة النفط والتعدين

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2019/9/8 ، تاريخ القبول 2019/11/28)

الملخص

تتعامل الدراسة الحالية مع معادلات رياضية تجريبية تربط الكثافة والمسامية مع العمق. بعد الحصول على معلومات الكثافة والمسامية من تسجيلات خمسة آبار في حقل شرق بغداد النفطي. تم استحداث معادلات (مسامية - عمق، كثافة - عمق) للتكوينات الجيولوجية (هارثة وسعدي) الواقعة ضمن الفترة (هارثة- تنومة) وذلك لغرض استخدامها في حساب المسامية والكثافة لهذه الفترة بالاعتماد على معلومات العمق المأخوذة من تحاليل السرعة الزلزالية. ان معامل الإرتباط (R) لتلك المعادلات المستنتجة للتكوينات المختلفة يتراوح بين -0.37 (- 0.68) والذي أعزى إلى التغيرات في الليثولوجي والانضغاط مع العمق ضمن التكوين الواحد. تم تطبيق هذه المعادلات على معلومات العمق لـ 133 موقع موزعة على شبكة من الخطوط الزلزالية في حقل شرق بغداد النفطي. تم حساب معدلات الكثافة والمسامية للفترة البينية (هارثة - تنومة) ولكل من التكوينين (هارثة وسعدي) الواقعين ضمن الفترة باستخدام هذه المعادلات، من ثم تم تطبيقها على معلومات العمق في منطقة الدراسة لغرض الحصول على خرائط كنتورية للمسامية والكثافة التي أظهرت أنطقه للمسامية العالية تم ربطها مع التغيرات الليثولوجية والتجمعات النفطية في الحقل.

الكلمات الدالة: تسجيلات الجس البئر، تحاليل السرعة الزلزالية، المسامية، الكثافة، حقل شرق بغداد النفطي.

New Petrophysical Equations for Hartha-Tannuma Interval in the East Baghdad Oil Field

Maan Hasan Abdullah Al-majid

Department of petroleum reservoir engineering

College of petroleum and mining engineering

University of Mosul

ABSTRACT

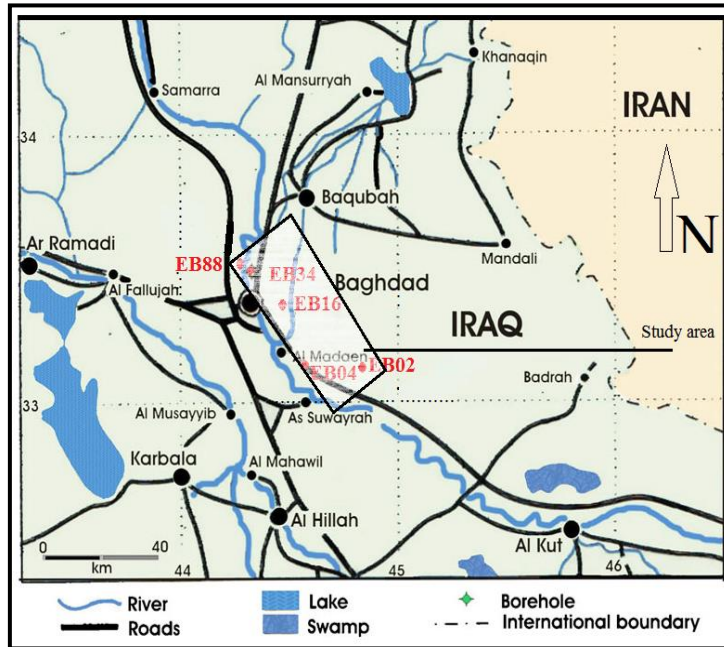
This study deals with empirical equations linking density and porosity with depth. The density and porosity information were taken from five well logs distributed in the East Baghdad oil field. New empirical equations (porosity - depth, density - depth) for two geological formations (Harta and Sa'di) within Hartha- Tannuma period

were produced. The correlation coefficient (R) of these equations ranged from -0.37 to 0.68, which was attributed to variability in lithology and compaction. The depth data of (133) points suited at seismic lines grid scattered in the field were used for applying the new equations. After the new empirical equations that are applied on the whole field, porosity and density contour maps for the period (Hartha- Tannuma) and the two formations (Hartha and Sa'di) were plotted. The high porosity zones were identified, are related to the compaction and petroleum distribution in the field.

Keywords: porosity, Hartha Fn., correlation coefficient, density, contour maps.

المقدمة

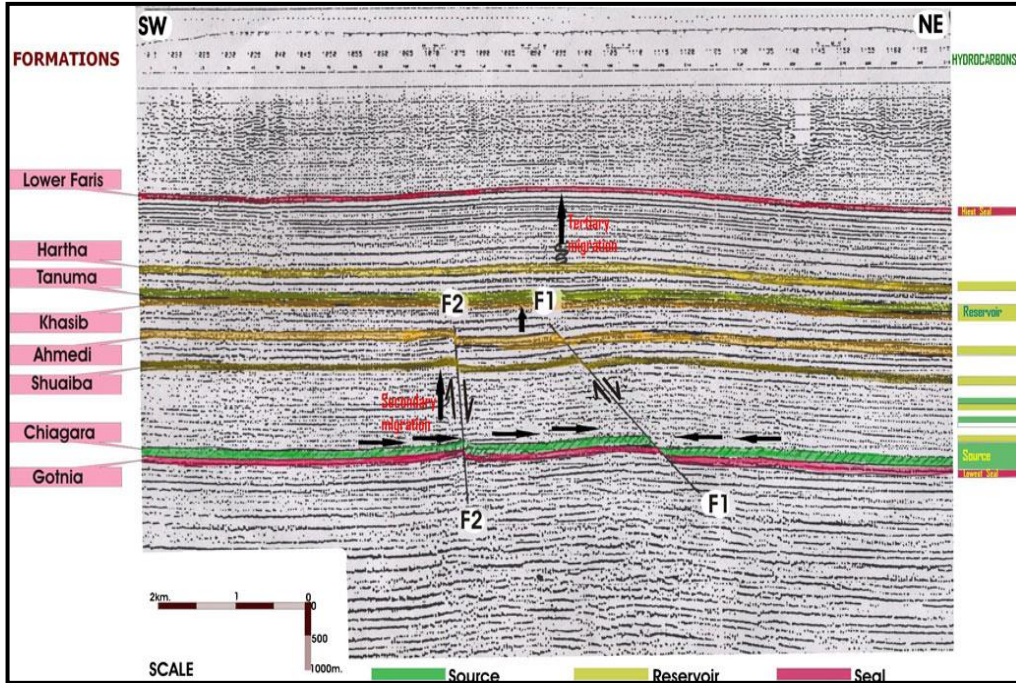
يصنف حقل شرق بغداد ضمن حقول وسط العراق النفطية حيث يقع على بعد 10 كيلومترات إلى الشرق من محافظة بغداد ويمتد باتجاه شمال غرب - جنوب شرق، من منطقة التاجي شمال غرب بغداد إلى شمال منطقة الصويرة الواقعة جنوب شرق بغداد وبطول 120 كم تقريبا وعرض يتراوح بين 10 إلى 20 كم تقريبا (Al-Ameri and Al-Obaidi, 2011) (الشكل 1). تم استكشاف هذا الحقل في عام 1976 وبدأ فيه الإنتاج في عام 1980 حيث تم حفر العديد من الآبار التي تصل في أعماقها إلى تكوينات العصر الكريتاسي Cretaceous وبعضها يصل إلى تكوينات العصر الجوراسي الأعلى (Harding and upper Jurassic) (Lowell, 1979).



الشكل 1: خارطة موقعية لمنطقة الدراسة معدلة عن (Al-Ameri and Al-Obaidi, 2011).

خضعت منطقة الدراسة إلى نشاطات تكتونية عديدة سمحت بخزن المواد العضوية فيها وأدت إلى نمو المكامن النفطية في المنطقة والتي تعتبر من أكبر المكامن النفطية في المنطقة العربية (Sharland, et al, 2001). أثرت على المنطقة العديد من الفوالق الممتدة باتجاه التركيب الرئيس (شمال غرب- جنوب شرق). التكوينات النفطية الأولية المنتجة في الحقل هي تكوينات تنومه (upper Cretaceous)، خصيب الكربوناتي (Lower Cretaceous) بالإضافة إلى تكوين زبير المكون بشكل أساس من الحجر الرملي. أما تكوينات

العصر الكريتاسي التي استكشفت لاحقا فهي تكوينات هارثة ومشرف ورميلة المتكونة بشكل أساس من صخور كربوناتية بالإضافة إلى تكوين نهر عمر الفتاتي وتكوين رطاوي المكون من صخور فتاتية وكربوناتية. يمثل الشكل (2) أحد المقاطع الزلزالية في الحقل الذي يظهر وجود فالقين من النوع الاعتيادي normal، الأول يخترق تكوينات أحمدي، شعيبية، جياكارا وقطنية والذي يميل باتجاه الشمال الشرقي، أما الثاني فهو عامودي تقريبا ويخترق نفس التكوينات المذكورة. يشكل هذان الفالقان مسارا جيدا يسمح بهجرة النفط عموديا خلال التكوينات النفاذة ليصل إلى مصائد محدبة مناسبة حيث ينتقل بعدها إلى طبقات نفاذة مجاورة ليتغلغل عبر الفواصل الشدية الى تكوين الفتحة (Al-Ameri, and Al-Obaidi, 2011).



الشكل 2: مقطع زلزالي عرضي يوضح دور الفالقين الاعتياديين F1, F2 في هجرة النفط من صخور المصدر إلى مكانه المناسبة. الأسهم السوداء السميكة تشير إلى اتجاهات مسارات الهجرة (Al-Ameri, and Al-Obaidi, 2011).

يتألف المقطع الطباقى لمنطقة الدراسة الموضح في الشكل (3) من عدة أنواع من الصخور التي ترسبت في بيئات بحرية ولاكونية مثل الصخور الجيرية، الطين الصفائحي، الأنهدرايت، المارل، الحجر الرملي، والحجر السلتى. هذه الصخور ترسبت في العصور الجيولوجية إبتداء من العصر الجوراسي ثم الكريتاسي إلى البلايوسين (Al-Ameri, and Al-Obaidi, 2011) Pliocene.

الدراسات السابقة

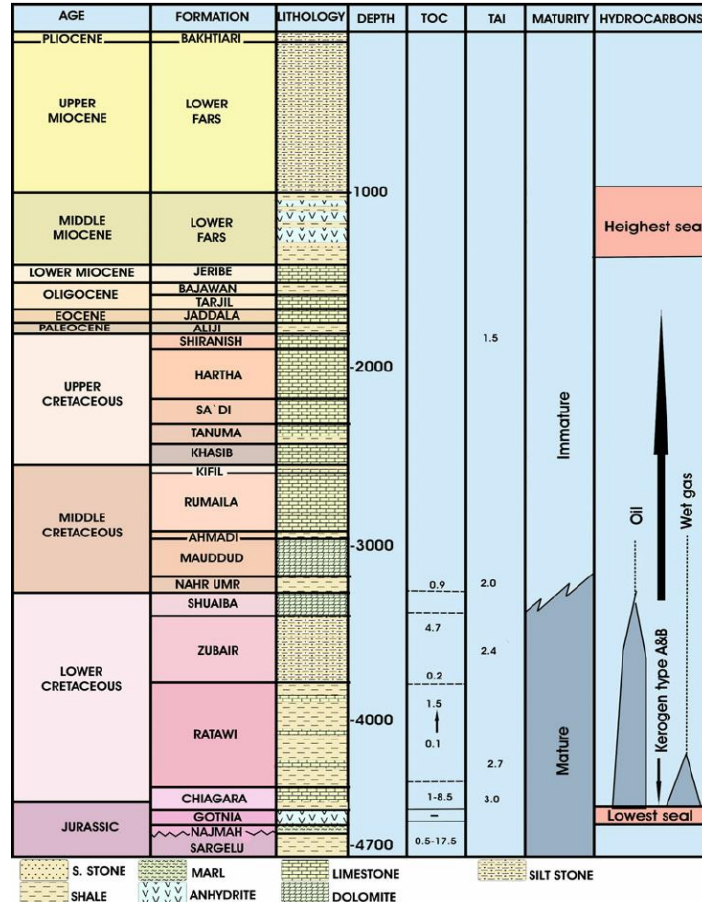
اعتبر (Fuchtbauer, 1967) أن الانضغاط هو العامل الأكثر تأثيرا على المسامية الأولية بالإضافة إلى طريقة ترتيب الحبيبات المعدنية المكونة للصخور، حيث أن نقصان المسامية مع العمق قد يكون ناتج عن زيادة ضغط الحمل للصخور الفوقية الذي يؤدي إلى زيادة تماسك الحبيبات مع بعضها واختزال الفراغات، غير أن الضغط المسامي الذي يؤثر بالاتجاه العكسي لضغط الحمل يصبح عائقا أمام تناقص المسامية في حالة امتلاء

المسامات بسوائل محصورة، والذي بدوره يحافظ على المسامية ويمنع من تناقصها مع زيادة العمق، وهذا ما يحدث في معظم المكامن النفطية العميقة.

استنتج (Tamunosiki, et al, 2014) علاقة رياضية تعبر عن تغير المسامية مع العمق بالاعتماد على معلومات المسامية والعمق المأخوذة من تسجيلات الجس البئري لبئرين في منطقة دراسته، حيث كانت المعادلة بالصيغة الآتية:

$$Z = -138.76 \phi z + 12383 \quad (1).$$

حيث أن Z يمثل العمق بالقدم و ϕz تمثل المسامية عند ذلك العمق.



الشكل (3): مقطع طبقي للتكوينات الموجودة في حقل شرق بغداد النفطي

استطاع (Tamunosiki, et al, 2014) من خلال هذه المعادلة الحصول على قيم المسامية التقريبية لجميع الأعماق في حالة عدم وجود نماذج لبابات صخرية في المنطقة.

منهجية البحث

تهتم الدراسة الحالية بالتكوينات النفطية المهمة مثل تكويني هارثة وسعدي الواقعين ضمن الفترة البينية (هارثة - تنومة). تتغير مسامية هذه التكوينات من موقع إلى آخر في منطقة الدراسة نتيجة تغيرات في الليثولوجي والعمق (سمك الصخور الفوقية) حيث أن المسامية تعتبر دالة للسمك فكما زاد سمك المكمن زادت مساميته.

الهدف من هذا البحث هو استحداث علاقات رياضية تجريبية (مسامية-عمق، كثافة-عمق) للفترة البينية (هارثة- تنومة) والتكوينات الواقعة ضمنها (هارثة و سعدي) بالاعتماد على معلومات المسامية والعمق المأخوذة من تسجيلات الآبار لخمسة آبار في منطقة الدراسة (EB88, EB34, EB16, EB04, EB02)، ومن ثم تطبيق هذه المعادلات على عموم منطقة الدراسة لغرض إيجاد قيم المسامية والكثافة للفترة البينية (هارثة - تنومة) وللتكوينات الجيولوجية الواقعة ضمنها.

تم الحصول على البيانات المستخدمة في هذه الدراسة من مصدرين رئيسيين:

1- الجس البئري Well log data

تم الحصول على بيانات المسامية والعمق للفترة البينية (هارثة - تنومة) من تسجيلات الجس البئري لخمسة آبار منتشرة في منطقة الدراسة والمأخوذة من وزارة النفط العراقية، حيث تراوحت الامتدادات العميقة المسجلة لهذه الفترة في الآبار الخمسة من 1600 م إلى 2311م وبفاصلة عمقية 15 سم بين قراءة وأخرى. تم إجراء التصحيحات اللازمة على قيم المسامية والكثافة المسجلة في هذه الآبار باستخدام برنامج (IP) Interactive Petrophysics لغرض التخلص من التأثيرات الجانبية لوجود الطين الصفائحي Shale الذي قد يؤدي إلى تقديرات خاطئة. تم حساب المسامية باستخدام نوعين من المجسات (مجس الكثافة Density log، ومجس النيوترون Neutron log) لغرض إيجاد القيمة المعدلية للمسامية باستخدام المعادلات الآتية:

$$\phi N_{corr} = \phi N - (V_{sh} * \phi N_{sh}) \quad \text{----- (2)}$$

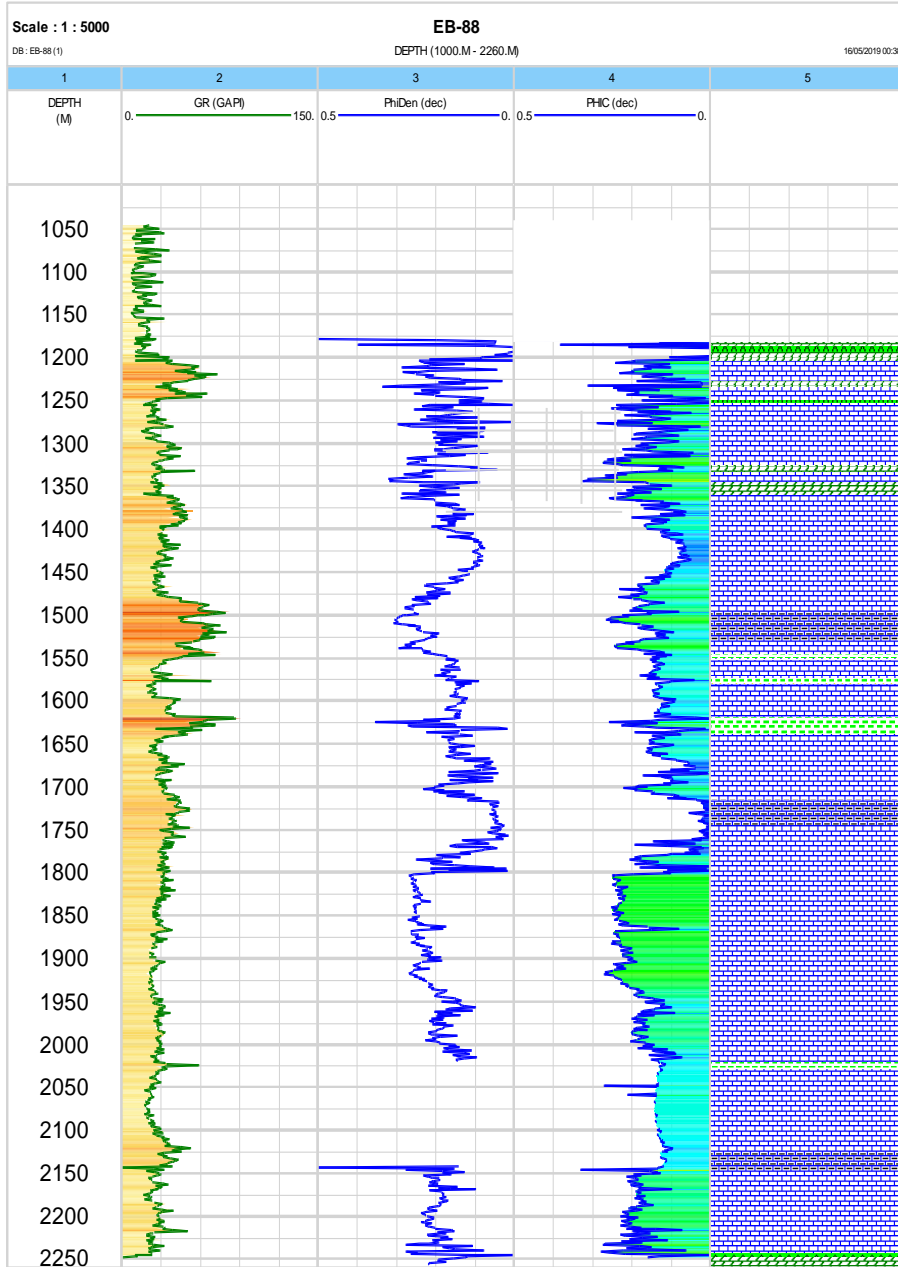
$$\phi D_{corr} = \phi D - (V_{sh} * \phi D_{sh}) \quad \text{----- (3)}$$

$$\phi N.D = (\phi N + \phi D) / 2 \quad \text{----- (4)}$$

حيث أن V_{sh} تمثل حجم الطين الصفائحي Shale، ϕN_{sh} هي مسامية الطين الصفائحي المسجلة في مجس النيوترون و ϕD_{sh} هي مسامية الطين الصفائحي المسجلة في مجس الكثافة. يبين الشكل (4) التسجيلات البئرية لواحد من الآبار المستخدمة في هذه الدراسة.

2- تحاليل السرعة الزلزالية Seismic velocity analyses

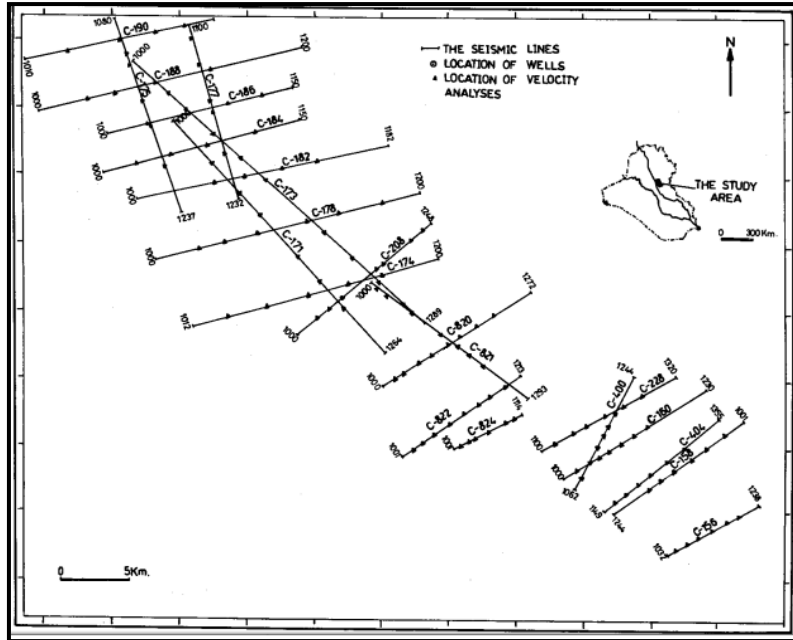
تم الحصول على البيانات الزلزالية للعاكسين (هارثة وتنومة) في منطقة الدراسة (الماجد، 1992) (الشكل 5)، حيث تم استخدام معلومات العمق المستنتجة من هذه البيانات لغرض توظيفها في تطبيق المعادلات المستنبطة على منطقة الدراسة واستحصال قيم المسامية والكثافة للفترة البينية (هارثة- تنومة) لجميع نقاط القياس (133).



الشكل 4: بيانات التسجيل البئر المصححة للبئر (EB88) المستخدمة في هذه الدراسة.

المعادلات التجريبية الجديدة لمنطقة الدراسة

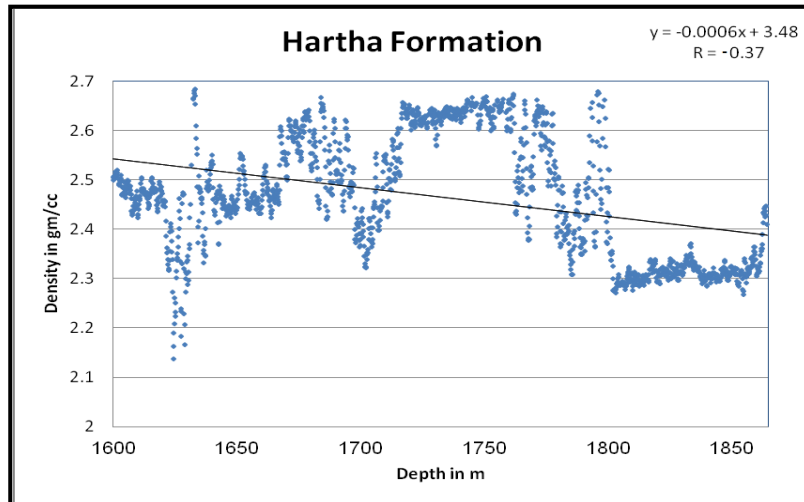
تم استنباط علاقات (مسامية - عمق، كثافة - عمق) لتكويني هارثة وسعدي الموجودين ضمن الفترة البينية (هارثة - تتومة) وذلك بالاعتماد على معلومات المسامية والكثافة والعمق المسجلة في مجسات الآبار الخمسة المذكورة سابقاً، ومن ثم تمت المقارنة بين هذه المعادلات في الآبار الخمسة لغرض إيجاد أفضلها من حيث امتلاكها أعلى قيمة لـ (R)، حيث تبين أن أفضل هذه العلاقات وجدت في تسجيلات البئر EB88. وبنفس الطريقة تم استنباط معادلات للفترة البينية (هارثة - تتومة) كاملة لغرض تطبيقها على معلومات العمق في منطقة الدراسة. تم إيجاد هذه المعادلات باستخدام برنامج إكسل (Excel v.10).



الشكل 5: خارطة موقعية لشبكة الخطوط الزلزالية المستخدمة في هذه الدراسة (الماجد، 1992).

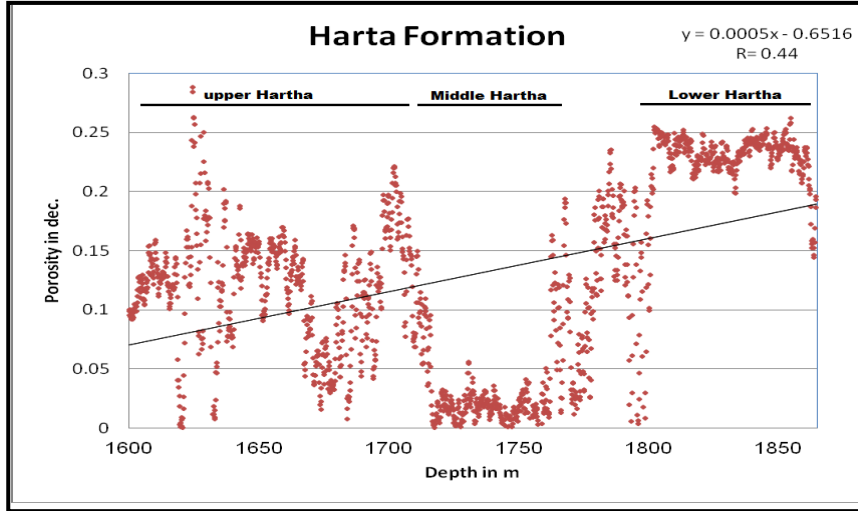
أ- تكوين هارثة Hartha Formation

يعتبر هذا التكوين من المكامن النفطية المهمة في الحقل حيث يتألف بشكل رئيس من صخور الحجر الجيري التي تمتد من عمق 1632م ولغاية العمق 1867م وبسمك حوالي 235م. عانت صخور هذا التكوين من عملية بلورة ثنائية في بعض الأجزاء حيث تحولت إلى صخور كلسية مدملكة، كما تزداد نسبة المواد الطينية في أجزاء أخرى من التكوين. تتداخل مع هذه الصخور صخور كلسية مسامية مشبعة بنفط متوسط-ثقيل. يتميز هذا التكوين بتعاقب فترتين من الصخور الجيرية الطباشيرية المسامية إحداهما في الجزء العلوي من التكوين والأخرى الأكثر سماكة في الجزء السفلي تفصل بينهما طبقة من الصخور الجيرية الطينية العازلة وبسمك حوالي 57م (شركة النفط الوطنية، 1983). تمثل الأشكال (6،7) العلاقات المستتبطة لهذا التكوين مع معادلاتها وقيم معامل الارتباط (R) لها.

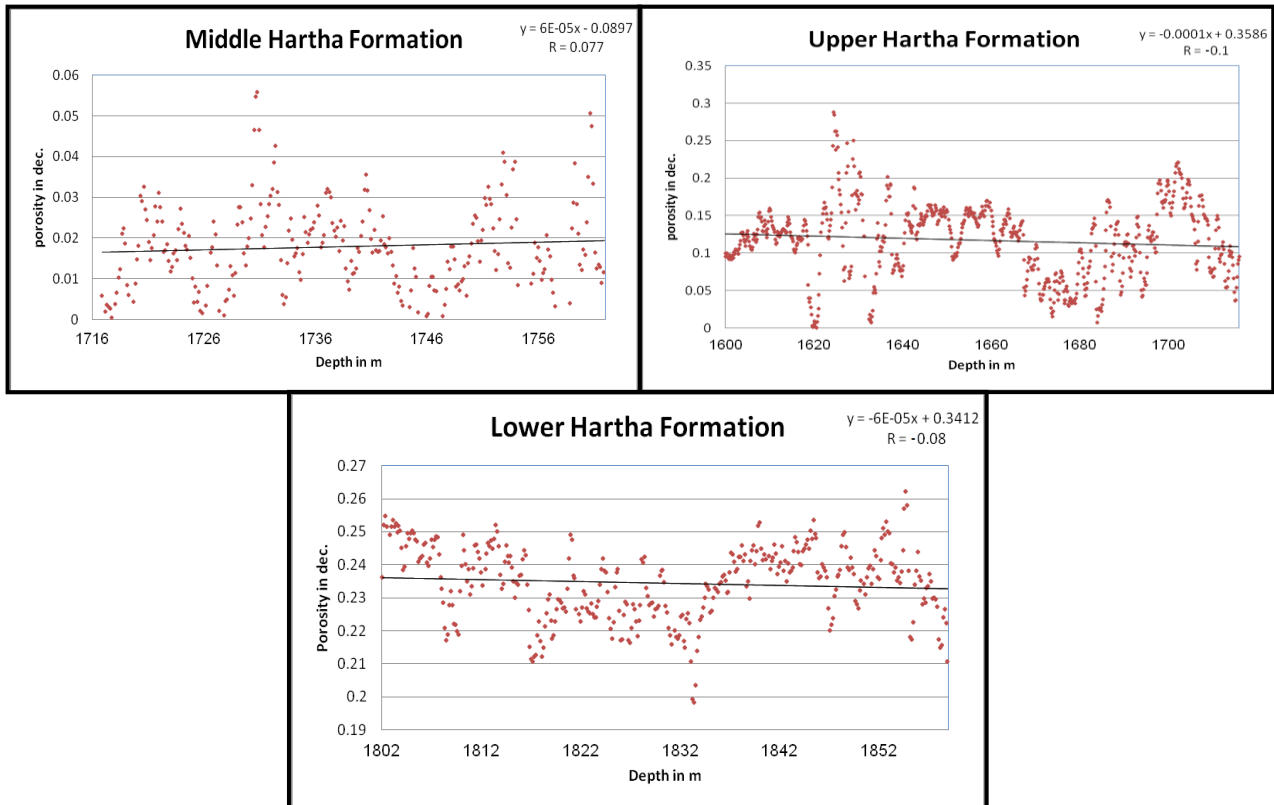


الشكل 6: أفضل علاقة (كثافة- عمق) لتكوين هارثة النفطي مأخوذة من تسجيل المجسات للبئر (EB8) في منطقة الدراسة.

نظرا للتغيرات المفاجئة في الكثافة والمسامية خلال هذا التكوين وكما هو واضح في الشكلين (6 و 7) فقد وجد اختلاف في معدلات الكثافة والمسامية في الأعماق المختلفة من التكوين وانحرافها عن الخط الرئيس للمعادلة الواحدة، لذا تم تقسيم سمك التكوين الى ثلاثة أجزاء (أعلى Upper، متوسط Middl، أسفل Lower) وملاحظة الاختلاف في انحدار الخط ومعامل الارتباط (R) في الأجزاء الثلاثة. تم تطبيق هذا الإجراء على علاقة (مسامية-عمق) فقط نظرا لتطابقها العكسي الكبير مع علاقة (كثافة-عمق) وتشابه الإجرائيين (الشكل 7 و 8).



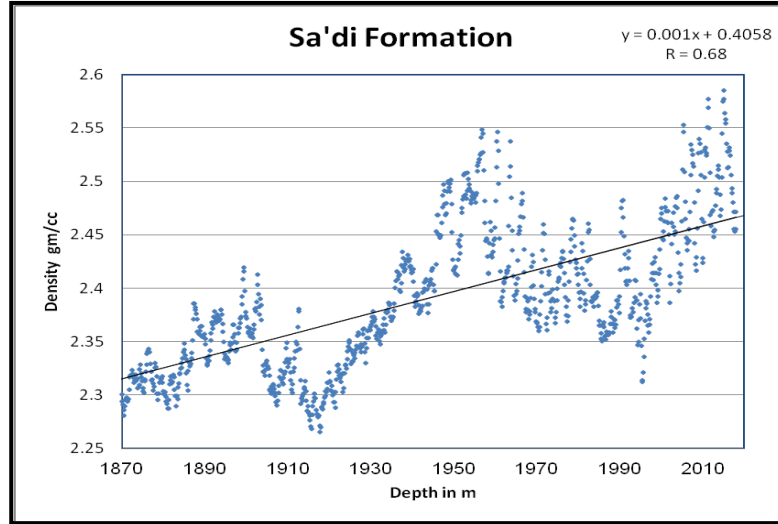
الشكل 7: أفضل علاقة (مسامية - عمق) لتكوين هارثة بالاعتماد على تسجيلات البئر (EB88) في منطقة الدراسة.



الشكل 8: علاقات مسامية- عمق للأجزاء الثلاثة من تكوين هارثة مع معادلة كل جزء ومعامل الارتباط له.

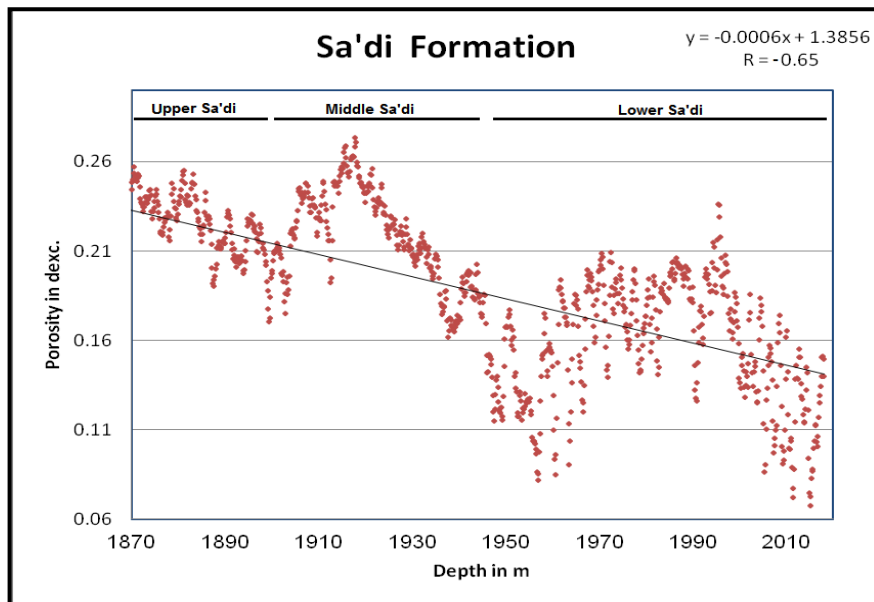
ب- تكوين سعدي Sa'di Formation

تمثل صخور الحجر الجيري المكون الرئيس لهذا التكوين حيث تمتد من عمق 1867 إلى عمق 2020 وبسمك حوالي 153م. يتكون هذا التكوين من صخور جيرية دقيقة التكسرات متداخلة مع صخور جيرية طباشيرية. تتصف صخور هذا التكوين بكونها مسامية ومشبعة بنفط متوسط الكثافة ومنتظم الظهور وخصوصا في الأجزاء العلوية من التكوين. تتغير الصخور الكلسية المسامية في الأجزاء السفلى من التكوين إلى صخور كلسية رخوة حاوية على المواد الطينية مما يقلل من مسامية هذا التكوين (شركة النفط الوطنية، 1983). يوضح الشكلين (9 و 10) العلاقات المستنتجة الخاصة بهذا التكوين إضافة إلى المعادلات وقيم (R).

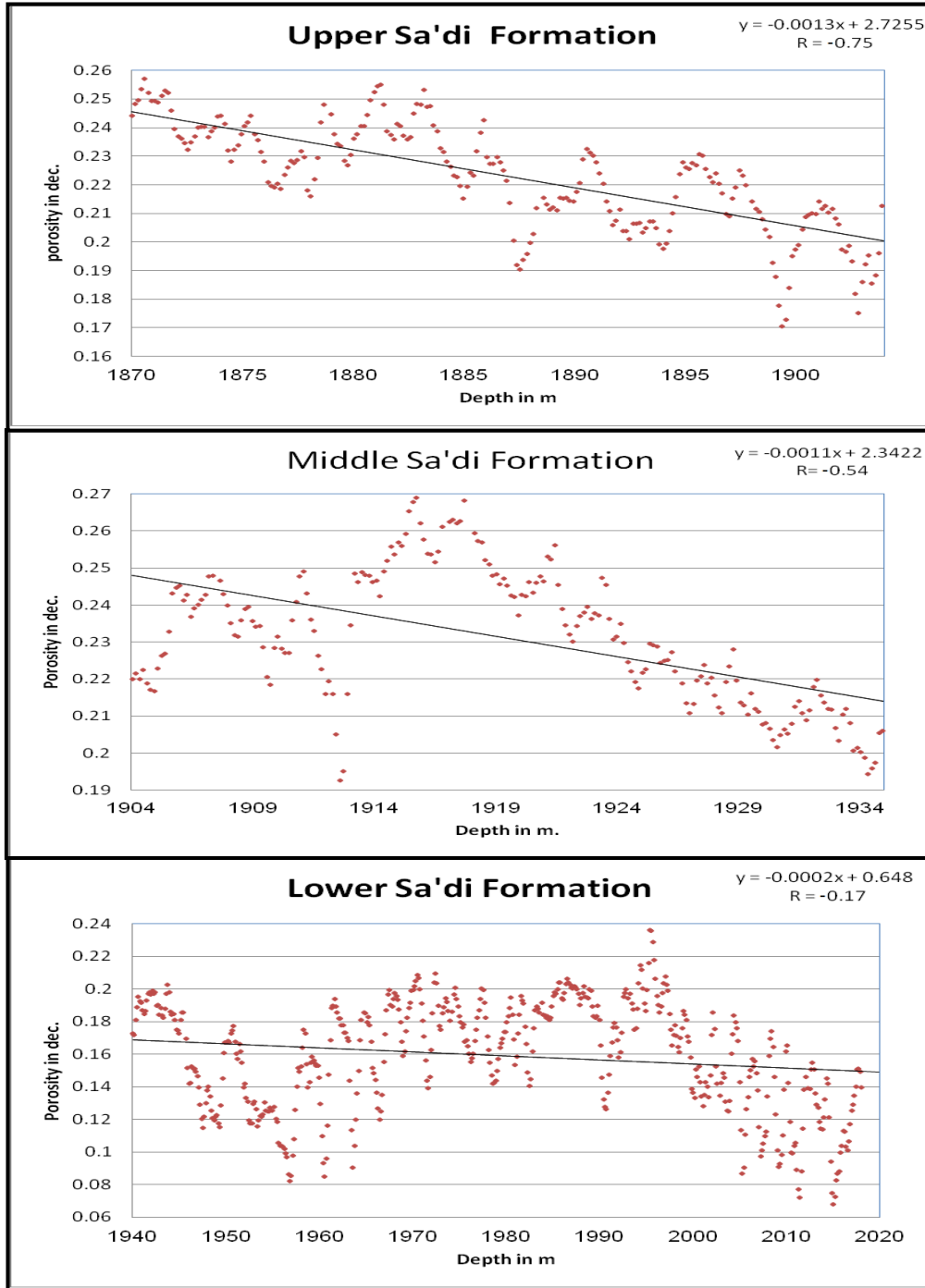


الشكل 9: أفضل علاقة (كثافة - عمق) لتكوين سعدي مأخوذة من تسجيلات البئر (EB88) في منطقة الدراسة.

تم تطبيق نفس الإجراء السابق في تقسيم تكوين سعدي أيضا إلى ثلاثة أجزاء لملاحظة الفرق في تغير قيم (R) وانحدارات الخطوط بين التكوينين (الشكلين 10 و 11).



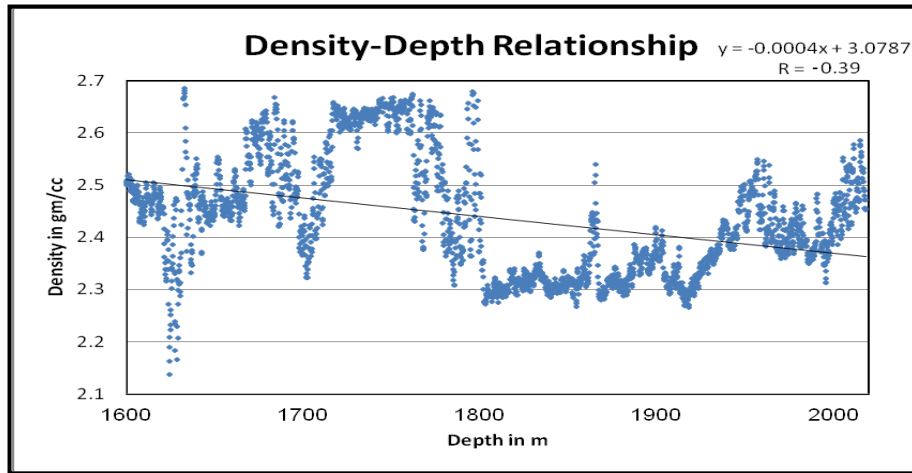
الشكل 10: أفضل علاقة (مسامية - عمق) لتكوين سعدي مأخوذة من تسجيلات البئر (EB88) في منطقة الدراسة.



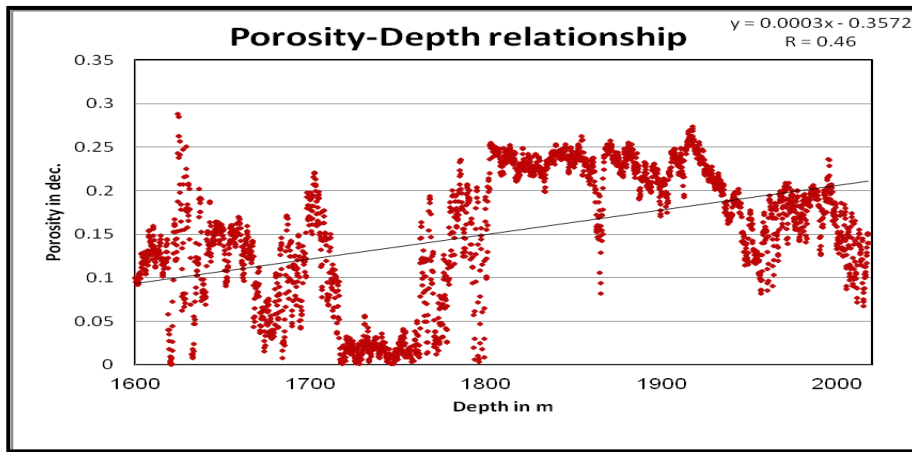
الشكل 11: علاقات مسامية- عمق للأجزاء الثلاثة من تكوين سعدي مع معادلة كل جزء ومعامل الارتباط له.

المعادلات التجريبية للفترة البيئية (هائلة - تنومة)

بعد الحصول على المعادلات التجريبية لكل تكوين في الفترة كان لابد من إيجاد هذه المعادلات للفترة كاملة لغرض تطبيقها على معلومات العمق وإيجاد قيم الكثافة والمسامية في منطقة الدراسة. يوضح الشكلين (12 و 13) علاقات (كثافة-عمق، مسامية-عمق) لهذه الفترة والمعادلات الخاصة بها.



الشكل 12: أفضل علاقة (كثافة-عمق) للفترة البينية (هارثة - تنومة) مأخوذة من تسجيلات البئر (EB88) في منطقة الدراسة.



الشكل 13: أفضل علاقة (مسامية-عمق) للفترة البينية (هارثة- تنومة) مأخوذة من تسجيلات البئر (EB88) في منطقة الدراسة.

خرائط الكثافة والمسامية لمنطقة الدراسة:

باستخدام المعادلات المستنتجة للفترة البينية (هارثة - تنومة) والموضحة في أدناه تم حساب معدلات الكثافة والمسامية لهذه الفترة في 133 موقع منتشرة في منطقة الدراسة.

$$y = 0.0003 x - 0.3572 \text{ ----- (7) معادلة الكثافة}$$

حيث أن y تمثل الكثافة بالغرام/سم³، و x تمثل العمق بالأمتار.

$$y = 0.0004 x + 3.0787 \text{ ----- (8) معادلة المسامية}$$

حيث أن y تمثل المسامية بالصيغة العشرية، و x تمثل العمق بالأمتار.

بعد حساب قيم الكثافة والمسامية للفترة البينية (هارثة - تنومة) في منطقة الدراسة تم رسم خارطتين كنتورييتين لكثافة ومسامية هذه الفترة في منطقة الدراسة (الشكلين 14 و 15).

بما أن سمك كل من التكوينين (هارثة وسعدي) في منطقة الدراسة لا يقل عن 50م لذا فيمكن الحصول على قيم المسامية والكثافة لكل من التكوينين وذلك بإضافة 50م إلى أعماق عاكس تكوين هارثة وطرح 50م من أعماق عاكس تكوين تنومة المأخوذة من المعلومات العميقة بحيث يصبح العمقين الجديدين (بعد الإضافة والطرح) ضمن تكويني هارثة وسعدي على التوالي، وبذلك يمكن تطبيق معادلتني (مسامية-عمق، كثافة-عمق) لتكويني هارثة وسعدي المستنتجة من تسجيلات الآبار والمثبتة في الأشكال (6، 7، 9 و10) وكما في أدناه:
معادلات الكثافة لكلا التكوينين:

$$Y = -0.0006 X + 3.48 \text{ ----- (9) معادلة تكوين هارثة}$$

$$Y = 0.001 X + 0.4058 \text{ ----- (10) معادلة تكوين سعدي}$$

حيث y تمثل الكثافة بالغرام/سم³ و x تمثل العمق بالأمتار.

معادلات المسامية لكلا التكوينين:

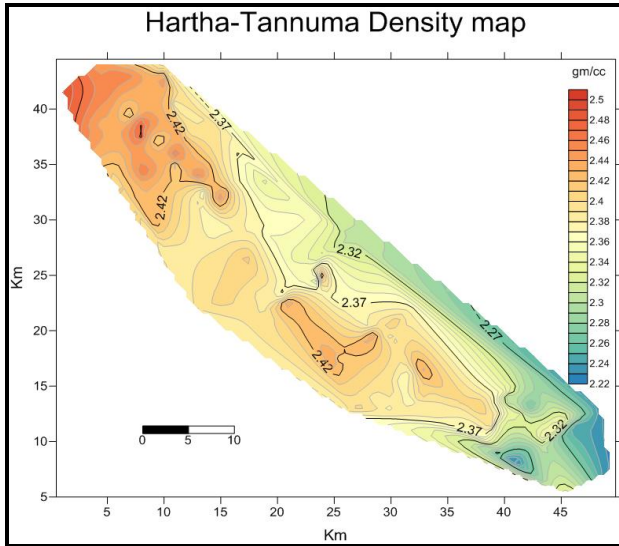
$$Y = 0.0005 X - 0.6516 \text{ ----- (11) معادلة تكوين هارثة}$$

$$Y = -0.0006 X + 1.3856 \text{ ----- (12) معادلة تكوين سعدي}$$

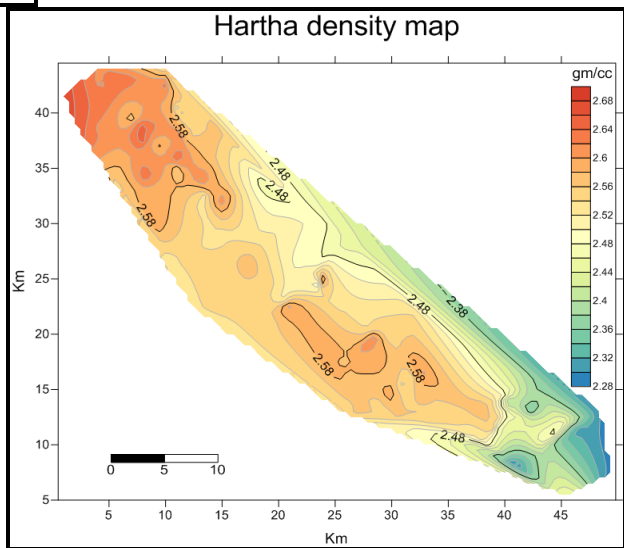
حيث y تمثل المسامية بالصيغة العشرية و x تمثل العمق بالأمتار.

باستخدام المعادلات (9، 10، 11 و12) تم حساب قيم المسامية والكثافة لكل من التكوينين ومن ثم

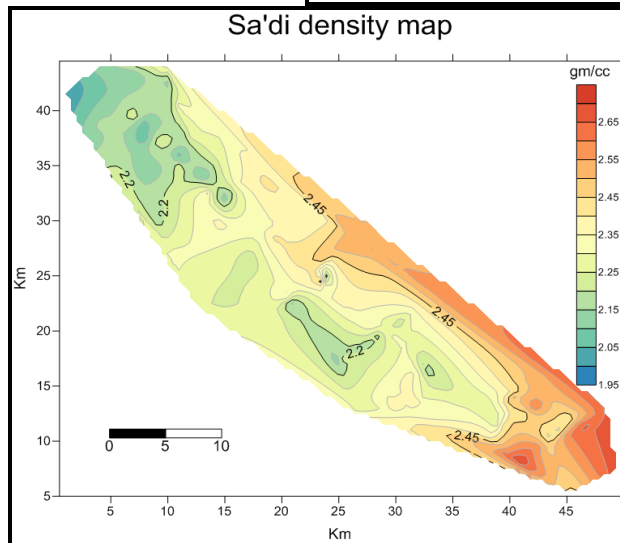
رسم الخرائط الكنتورية لها (الشكلين 14 و 15).



أ

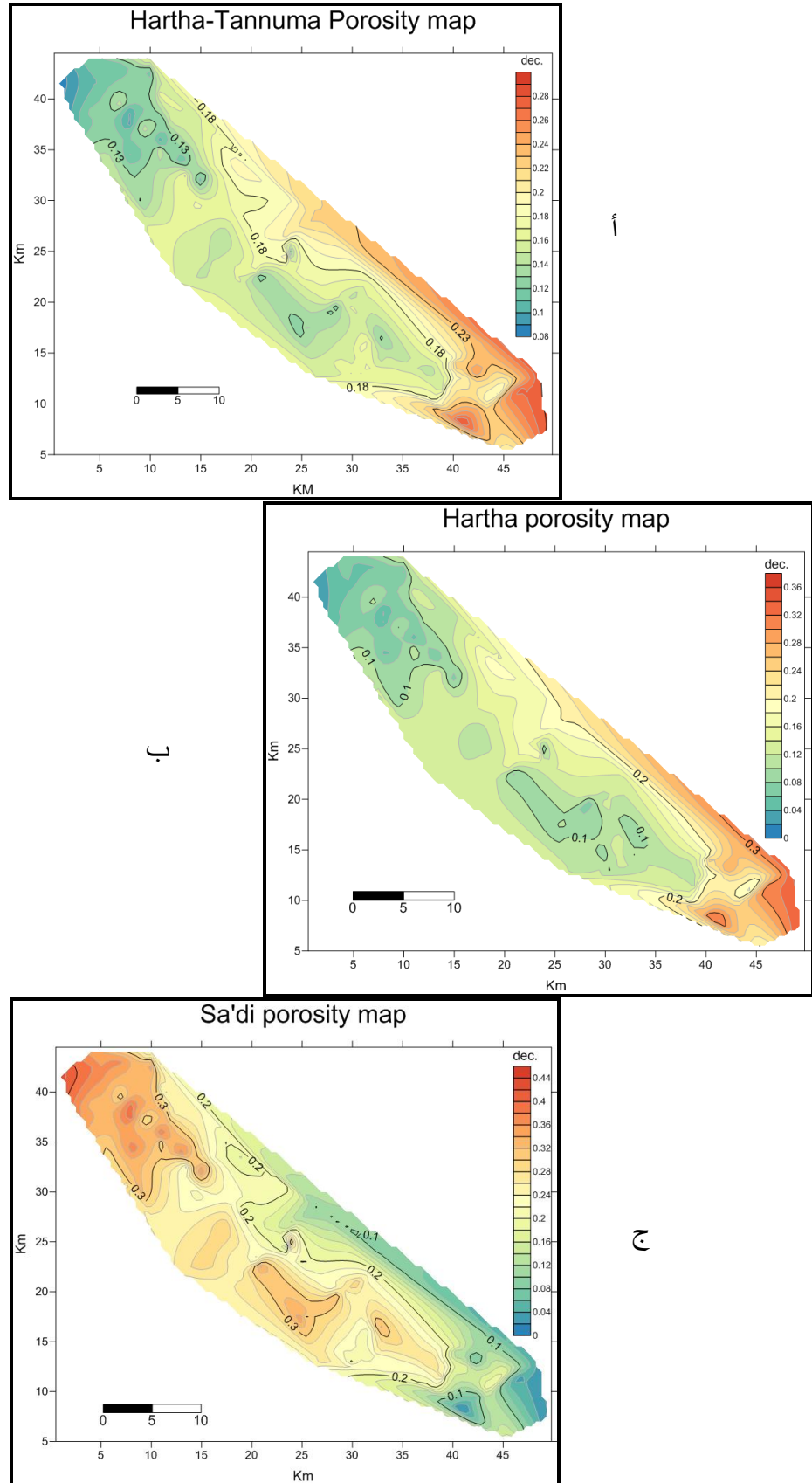


ب



ج

الشكل 14: ثلاث خرائط كثورية للكثافة، أ- للفترة البينية (هارثة-تنومة)، ب- لتكوين هارثة، ج- لتكوين سعدي في منطقة الدراسة.



الشكل 15: ثلاث خرائط كنتورية للمسامية. أ- للفترة البينية (هارثة-تتومة)، ب- لتكوين هارثة، ج- لتكوين سعدي في منطقة الدراسة.

المناقشة والإستنتاجات

تتأثر قيم (R) بشكل واضح بتغير الإنضغاط مع العمق حيث أن زيادته تجعل قيم (R) تقترب من $(1 \pm)$ وعلى العكس تتناقص تحرف قيمها نحو الصفر. إزدياد قيم (R) في معادلات تكوين سعدي (0.68) ونقصانها في معادلات تكوين هارثة (-0.37) مع إختلاف إتجاهات الإنحدار (سالبة ، موجبة) قد تعطي دلائل واضحة حول تأثر تكوين سعدي بعوامل الإنضغاط بشكل أكبر من تكوين هارثة على الرغم من أن كلا التكوينين يمتلكان معدلات متقاربة للمسامية (0.2). . المسامية تزداد مع زيادة العمق في تكوين هارثة على العكس من تكوين سعدي وذلك بسبب تأثر تكوين هارثة بالضغط المسامي الناتج عن الموائع (نفت، ماء، غاز) المحصورة في المسامات والذي يقلل من تأثير الإنضغاط ويساعد على الحفاظ على مسامية التكوين ، هذا بالإضافة إلى أن زيادة المسامية مع العمق قد يكون ناتج عن تغيرات ليثولوجية أو عمليات تحويرية.

عند تقسيم تكوين هارثة إلى ثلاثة أجزاء لوحظ ظهور ثلاثة أنطقة للمسامية تتطابق بشكل كبير مع الوصف الليثولوجي للتكوين (شركة النفط الوطنية، 1983). النطاق الأول يمتلك معدلات مسامية متوسطة (0.13) بينما تقل معدلاتها في النطاق الثاني لتصل الى (0.02) ثم تزداد بشكل كبير في النطاق الثالث لتصل إلى (0.24). وهذا ما يفسر زيادة المسامية في هذا التكوين مع زيادة العمق. علاوة على ذلك فقد لوحظ من خلال هذه الأنطقة استقرار قيمة (R) في الأجزاء الثلاثة وتقارب قيمها وانخفاضها (-0.1 ، 0.077 ، -0.08)، ما قد يشير إلى التأثير الضئيل للإنضغاط على أجزاء هذا التكوين بسبب تأثير الضغط المسامي في الجزئين الأول والأخير وانعدام المسامية تقريبا في الجزء الوسطي.

أما بالنسبة لتكوين سعدي فإن قيم (R) تتناقص تدريجيا بالإتجاه السالب (-0.75 ، -0.54 ، -0.17) على الرغم من زيادة معدلات المسامية في أجزائها الثلاثة والتي تفوق معدلاتها في تكوين هارثة . إن التأثير الكبير للإنضغاط الذي أثر على قيم (R) يظهر جليا في الجزئين الأول والثاني مما قد يعطي مؤشرا على زيادة النفاذية فيها. أما في الجزء السفلي من التكوين فإن قيمة (R) تتناقص بشكل كبير مع ثبوت معدلات المسامية (0.16) ما قد يعطي دلائل مهمة حول زيادة الضغط المسامي الناتج عن نقصان النفاذية.

إن الزيادة المفاجئة في قيم (R) من أسفل تكوين هارثة الى أعلى تكوين سعدي (من -0.08 ، إلى -0.75) على الرغم من تقارب معدلات المسامية فيهما قد يعطي مؤشرات واضحة حول زيادة النفاذية في الجزء العلوي من تكوين سعدي مع تناقص الضغط المسامي بالإضافة إلى تغيرات ليثولوجية بين الجزئين. من خلال ملاحظة قيم (R) لعلاقات الكثافة والمسامية لتكوين هارثة (-0.39 ، 0.45) تبين أنها متطابقة تقريبا مع قيمها للفترة البينية الكاملة (هارثة - تنومة) (-0.37 ، 0.44) مما يدل على التأثير الكبير لمسامية وكثافة تكوين هارثة على مسامية وكثافة الفترة البينية الكاملة (هارثة - تنومة)

علاوة على ذلك فإن انحدار الخط يلعب دورا مشابها إلى حد ما لقيم (R)، فزيادة الانحدار السالب في علاقات (مسامية- عمق) الذي يصاحب زيادة قيم (R) السالبة يعبر عن زيادة الانضغاط، غير أن زيادة قيم الانحدار بالاتجاه الموجب المصاحبة لزيادة قيم (R) الموجبة لنفس العلاقات (مسامية-عمق) يؤدي إلى تناقص الانضغاط، أما نقصان الانحدار في الاتجاهين الموجب والسالب المصاحب لنقصان قيم (R) في الاتجاهين فيعبر عن تناقص الانضغاط المسلط على التكوين.

من خلال ملاحظة الخرائط الكنتورية للمسامية والكثافة لكل من التكوينين والفترة البيئية (هارثة-تتومة) كاملة تبين وجود توافق كبير في مواقع الزيادة والنقصان في المسامية والكثافة بين خرائط تكوين هارثة وخرائط الفترة البيئية الكاملة مما يشير إلى اعتبار مسامية وكثافة تكوين هارثة هو العنصر المؤثر في معادلات المسامية والكثافة للفترة البيئية (هارثة-تتومة) وأن تكوين سعدي الذي يتصرف من حيث زيادة ونقصان الكثافة والمسامية باتجاه معاكس لتصرف الفترة البيئية الكاملة (هارثة-تتومة) لم يظهر تأثيره على معادلة الفترة على الرغم من تأثره الكبير بالانضغاط.

يتبين من الشكلين (14 و15) أن مسامية تكوين هارثة تزداد باتجاه الشرق والجنوب الشرقي من منطقة الدراسة لتصل إلى أعلى قيمها (0.37) على الرغم من زيادة العمق في تلك المناطق أي أنها تزداد بنفس إتجاه زيادة الانضغاط العام للمقطع الطباقى، غير أن مسامية تكوين سعدي تتصرف بشكل عكسي مع زيادة العمق (زيادة الانضغاط) بسبب عدم وجود ضغط مسامي (موائع محصورة) أو تغير ليثولوجي مؤثر. نستنتج مما سبق:

- 1- أن العامل (R) هو عامل مؤثر ومهم في تحديد مواقع زيادة الانضغاط ونقصانه.
- 2- أن تكوين هارثة هو التكوين المؤثر في الفترة البيئية (هارثة-تتومة) وأن مساميته وكثافته تتصرف بعكس اتجاه الانضغاط العام للمقطع على العكس من تكوين سعدي وهذا قد يعزى إلى زيادة المسامية والسّمك مع تناقص النفاذية للجزء العميق من تكوين هارثة.
- 3- تقل مسامية تكوين سعدي وتزداد كثافته مع زيادة الانضغاط العام للمقطع وهذا قد يعزى إلى تغيرات ليثولوجية أدت إلى زيادة النفاذية وتناقص حجم المسامات مع زيادة العمق.
- 4- توافق قيم (R) المستنبطة لكل من التكوينين مع المعطيات الليثولوجية المسجلة في تقارير الآبار لكلا التكوينين، مما يؤكد إمكانية استخدامها لمعرفة التغيرات الجانبية في المسامية والكثافة في عموم الحقل.

المصادر العربية

الماجد، معن حسن، المختار، خالد شهاب، 1992، دراسة التضغوط في حقل شرق بغداد النفطي باستخدام تحاليل السرعة الزلزالية، أطروحة ماجستير غير منشورة، جامعة الموصل، العراق.
شركة النفط الوطنية، 1983، التقرير الجيولوجي النهائي للآبار (EB02, EB04, EB16, EB34, and EB88) في حقل شرق بغداد النفطي، المنشأة العامة لنفط الوسط، الحقول/ الجيولوجيا، بغداد-العراق.

المصادر الأجنبية

Al-Ameri, T.K. and Al-Obaydi, 2011, Khasib and Tannuma oil sources, East Baghdad oil field, Iraq, Journal of Marine and Petroleum Geology, Elsevier, vol.28, pages 880- 894.
Tamunosiki, D, Ming, G. H., Uko, E. D., Ari, I. T., and Emudianughe, J. E., 2014, Porosity modeling of the south-east Niger delta basin, Nigeria, International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences, Vol. 4 (1), pp.49-60.
Fuchtbauer, H., 1967, Influence of different types of diagenesions and stone porosity. Proceedings of the 7th World Petroleum Congress 2 353-369 Congress 2 353-369.

- Harding, T.P. and Lowell, J.D., 1979, Structural styles, their plate-tectonic habitats, and hydrocarbon traps in petroleum province. AAPG Bull.; 63: 1016-1058.
- Sharland, P.R., Archer, R., Cassey, D.M., Davies, R.B., Hall, S.H., Heward, A.P., Horbery, A.D., Simmons, M.D., 2001, Arabian Plate Sequence Stratigraphy. Gulf PetroLink, Bahrain; 371 pages.