



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية العلوم

قسم الجيولوجيا

"بناء نموذج جيولوجي لتشكيلة الرطبة في حقل الغواري

(منخفض الفرات – سورية)"

*Geological modeling of RUTBAH Formation in
AL Ghawari field*

(Euphrates Graben – SYRIA)

رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في الجيولوجيا التطبيقية

إعداد الطالبة

حنان نعيم الشلبي

بإشراف

الدكتور علي العجي

مشرفاً مشاركاً

مدرس في قسم الجيولوجيا

جامعة دمشق

الدكتور محمد القاضي

مشرفاً علمياً

أستاذ في قسم الجيولوجيا

جامعة دمشق

الافتتاح

أشكر الله عز وجل على منه وعونه للإتمام البحت

إله الذي وهبني كل ما يملكت حتى أتحقق له آماله، إله من كان يرغمني قدماً نحو الأمام لنيل المبتغى،

إله مدرستي الأولى في الحياة.

أبي الغالي أظالم الله في حمرة.

إله الذي وهبت قلبي كبرها كل الحنا والعطاء، الذي رحمتني حتى رحابة وكانت سندي في السرائر.

نبي الحنا أُمي الغالية.

إله رياحين حياتي الذين دعوني وساندوني وتحملوا معي عبء الحياة. أخوتي وأخواتي

إله من أنسني في دراستي وساركني همومي

أصدقائي الأعزاء

إله الروح التي سكنت روحي إله سريري وربي

زوجي الغالي

شكر وتقدير

أشكر بخاصة شكرى الأستاذ الدكتور محمد القاضي، والدكتور علي العجبي اللذين وافقا على الإشراف على هذا البحث، وقدما لي كل الملاحظات والإرشادات والنصائح العلمية التي أخرجت البحث، وعند صياغة الأطروحة، لهما مني خالص الشكر والعرفان. كما أشكر بخاصة شكرى لإدارة رئاسة جامعة دمشق التي وافقت على إنجاز هذه الدراسة. والشكر أيضاً لإدارة عمادة كلية العلوم، ورئاسة قسم الجيولوجيا ممثلة بالدكتور محسن سعيد اللبس قدماً كل التسهيلات الإدارية والعلمية اللازمة لإنجاز الدراسة. كما يشرفني أن أشكر بخاصة الشكر والتقدير إلى الأستاذين الدكتور كايد معلولة، والدكتور نديم أحمد لمتاركتها في لجنة الحكم. كما أشكر بخاصة شكرى لكل الجيولوجيين العاملين في شركة الفرات على ما قدموه من مساعدة وأخص منهم الأستاذة رشا التوفى، والشكر للأستاذ محمد ديب أبو ساكر الذي ساهم في تدريبي على برنامج البرتل.

أخيراً لا بد مني إلا أن أشكر بشكري وامتناني لكل من أسهم بشكل مباشر أو غير مباشر في إظهار هذا العمل إلى حيز الوجود، والشكر أولاً وأخيراً لله رب العالمين.

حنان التليبي

المحتويات:

الموضوعات	الصفحة
الإهداء	أ
شكر وتقدير	ب
المحتويات	ت
فهرس الأشكال	ح
فهرس الجداول	ذ
الملخص	ر
ABSTRACTA	ز
مقدمة عامة	س
الفصل الأول: معلومات عامة.	١
١-١- مقدمة.	٢
١-٢- مبررات وأهداف الدراسة.	٢
١-٣- منطقة الدراسة:	٣
١-٣-١- منخفض الفرات.	٤-٣
١-٣-٢- مراحل التطور التكتوني لمنخفض الفرات.	٦-٤
١-٣-٣- حقل الغواري.	٨-٦
١-٤- الوضع الجيولوجي لمنطقة الدراسة:	٩-٨
١-٤-١- الوضع البنيوي.	١٠-٩
١-٤-٢- الوضع الستراتيغرافي و الطبقي.	١٤-١٠
١-٤-٣- الوضع النفطي.	١٥-١٤
١-٥- الدراسات السابقة.	١٧-١٦
١-٦- مواد وطرائق الدراسة.	١٧

١٨	الفصل الثاني: التقييم الجيولوجي لتشكيلة الرطبة
٢٢-١٩	٢-١- المقدمة.
٢٢	٢-٢- برنامج التفسير IP.
٢٣	٢-٣- إدخال البيانات والتفسير.
٢٣	٢-٣-١- إدخال البيانات.
٢٣	٢-٣-٢- تسلسل خطوات التفسير.
٢٤	٢-٤- التقييم البتروفيزيائي.
٢٦-٢٤	٢-٤-١- تفسير التسجيلات المقيسة.
٢٦	٢-٤-٢- المخططات المنجزة.
٢٧-٢٦	٢-٤-٢-١- مخططات تكرارية (هيستوغرام).
٢٩-٢٨	٢-٤-٢-٢- مخططات التقاطع.
٣١-٢٩	٢-٤-٢-٣- حساب مقاومة المياه الطبقة.
٣١	٢-٤-٢-٤- مقاومة سائل الحفر.
٣١	٢-٤-٢-٥- التدرج الحراري.
٣٦-٣١	٢-٤-٢-٦- حساب حجم الشيل.
٣٨-٣٧	٢-٤-٢-٧- حساب المسامية والنفاذية.
٤١-٣٨	٢-٤-٢-٨- حساب الإشباع المائي.
٥٠-٤١	٢-٤-٢-٩- إنشاء الموديل الليثولوجي والإشباعي.
٥١	٢-٥- أنواع الشيل تبعاً لأنماط توزيعه.
٥٣-٥١	٢-٥-١- أنماط توزيع الشيل.
٥٤-٥٣	٢-٥-٢- تحديد نمط توزيع الغضار في حقل الغواري.
٥٥	٢-٦- خلاصة ونتائج.
٥٦	الفصل الثالث: تشكيلة الرطبة.
٥٧	٣-٢- المقدمة.
٦١-٥٨	٣-٢- عمق اختراق التشكيلة وسماكتها في الآبار المحفورة.
٦٥-٦١	٣-٣- تشكيلة الرطبة في بلوكات الحقل وأوضاعها النفطية.
٦٧-٦٥	٣-٤- التفسير السيزمي والمضاهات بين الآبار لتوضيح الاختلاف في تشكيلة الرطبة في حقل الغواري.
٦٨	٣-٥- طريقة عمل خرائط السماكة ولوحات المضاهات باستخدام برنامج بترل.

٧٠-٦٩	٣-٦- فرصة الحفر.
٧١	٣-٧- خلاصة ونتائج.
٧٢	الفصل الرابع: النموذج البنيوي.
٧٣	٤-١- المقدمة.
٧٣	٤-٢- النموذج البنيوي.
٧٤	٤-٢-١- النموذج الفالقي.
٧٦-٧٤	٤-٢-١-١- حوامل الفالقي.
٧٧-٧٦	٤-٢-٢- بناء الشبكة
٧٩-٧٧	٤-٢-٣- خرائط عمق أعالي التشكيلات.
٨٤-٨٠	٤-٣- إنشاء مقاطع جيولوجية لقطاعات مختلفة من الحقل.
٨٥-٨٤	٤-٤- خلاصة ونتائج.
٨٦	الفصل الخامس: نتائج عامة.
٨٧	٥-١- على صعيد دراسة اختلاف سماكة تشكيلة الرطوبة السفلى، وعدم إنتاجية بعض الآبار.
٨٨-٨٧	٥-٢- على صعيد التقييم البتروفيزيائي.
٨٨	٥-٣- على صعيد بناء النموذج ثلاثي الأبعاد.
٨٩	المراجع.
٨٩	١-المراجع باللغة العربية.
٩١-٩٠	٢-المراجع باللغة الاجنبية.

فهرس الأشكال:

الرقم	العنوان	الصفحة
١-١	خارطة جيولوجية لسورية بمقياس ١:١٠٠٠٠٠٠.	٣
٢-١	خارطة تكتونية لسورية تظهر الوحدات البنيوية الرئيسية.	٤
٣-١	القوى الشدية المفترضة والمسببة لانهدام الفرات.	٥
٤-١	مراحل تشكل منخفض الفرات.	٦
٥-١	منطقة الدراسة ضمن خارطة البلوكات الموجودة في سورية.	٧
٦-١	دراسة لحقل الغواري تبين أماكن توزع الآبار في الحقل.	٨
٧-١	مخطط ثلاثي الأبعاد لمنخفض الفرات يظهر السطح وماتحت السطح بالاستناد للمعلومات السيسمية.	٩
٨-١	مقطع جيولوجي لمنخفض الفرات يوضح البنية الجيولوجية المعقدة مع مواقع الحقول المنتجة للنفط وكذلك الاتجاهات العامة للفوالق في منطقة منخفض الفرات.	١٠
٩-١	العمود الليثوستراتيغرافي العام في سورية.	١١
١٠-١	المقطع الستراتيغرافي العام في منخفض الفرات.	١١
١١-١	المقطع الليثوستراتيغرافي لمنخفض الفرات.	١٣
١٢-١	المقطع الستراتيغرافي لشرق سوريا يبين المراحل الترسيبية الخمسة.	١٣
١٣-١	خارطة لشرق سورية تبين مواقع الحقول في منخفض الفرات.	١٥
١-٢	تسجيل Caliper، Bit size، GR للآبار.	٢٥
٢-٢	تسجيل المقاومة في الآبار.	٢٦
٣-٢	مخططات تكرارية تمثل قيم قياس GR للآبار.	٢٧
٤-٢	مخططات تقاطع لتحديد الليثولوجيا (GR , Neutron Density).	٢٩-٢٨
٥-٢	مدخلات تحديد المقاومة المائية R_w .	٣٠
٦-٢	مخطط pickett plot لتحديد R_w .	٣١
٧-٢	حساب حجم الشيل للآبار.	٣٦-٣٣
٨-٢	إشباعات تشكيلة الرطوبة في الآبار GHA0H، GHA0G، GHA0D، GHA0B.	٤١
٩-٣	إشباعات تشكيلة الرطوبة في الآبار GHA0H، GHA0G، GHA0D، GHA0B.	٤٦-٤٣
١٠-٢	القطاعات المنتجة والقطاعات الخازنة في الآبار.	٤٩-٤٧

٥٠	مخرجات عملية Cutoff.	١١-٢
٥١	أنماط توزيع الغضار في الصخور الرملية.	١٢-٢
٥٢	أنماط توزيع الغضار في الصخور الرملية	١٣-٢
٥٣	مخطط (Thomas-Stieber) لتحديد أنماط توزيع الغضار.	١٤-٢
٥٤	نمط الغضار السائد في حقل الغواري تبعاً لتوزيع نقاط القياس.	١٥-٢
٥٩	خريطة سماكة لتشكيلة الرطبة العليا في حقل الغواري.	١-٣
٥٩	خريطة سماكة لتشكيلة الرطبة السفلى في حقل الغواري.	٢-٣
٦١	مواقع الآبار ضمن البلوكات الأربعة في حقل الغواري.	٣-٣
٦٢	تغير سماكة تشكيلة الرطبة في الآبار (GHA0K، GHA0A،GHA0D).	٤-٣
٦٣	اختلاف سماكة تشكيلة الرطبة في الآبار التي تغيب فيها الجزء العلوي من التشكيلة.	٥-٣
٦٤	وجود كامل تشكيلة الرطبة في البئرين GHA0B،GHA0F.	٦-٣
٦٥	تواجد تشكيلة الرطبة في البئر GHA0H حتى الوحدة RUL2B.	٧-٣
٦٦	يبين غياب الرطبة العليا في الآبار GHA0C،GHA0E مقارنة مع البئر GHA0D.	٨-٣
٦٦	غياب الرطبة العليا والجزء العلوي من الرطبة السفلى في البئر GHA0G، بالمقارنة مع البئر GHA0D.	٩-٣
٦٧	السطح البنيوي والذي يوضح ارتفاع منطقة الآبار GHA0E،GHA0C ، GHA0G، بالمقارنة مع منطقة البئرين GHA0A،GHA0D.	١٠-٣
٦٧	مقطع سيزمي يوضح تآكل الرطبة العليا في الآبار (E،G، C).	١١-٣
٦٩	فرص الحفر التي تم تعيينها في الحقل.	١٢-٣
٧٠	مقطع سيزمي لفرصة الحفر الجديدة في الحقل.	١٣-٣
٧٤	حوامل الفوالق كما تظهر في برنامج بتزل.	١-٤
٧٤	الفوالق في الموديل الفالقي.	٢-٤
٧٥	الفوالق في الموديل الفالقي بعد عملية الربط بينها.	٣-٤
٧٦	الشبكة مع الفوالق في النافذة ثنائية الأبعاد (2D).	٤-٤
٧٦	الشبكة (grid) بطبقاتها الثلاث في النافذة ثلاثية الأبعاد 3D بدون ومع الفوالق.	٥-٤
٧٧	خطوات عملية بناء السطوح العاكسة.	٦-٤

٧٨	خرائط العمق لأعالي تشكية الرطبة ووحداتها.	٧-٤
٧٩	طريقة عمل المقاطع الجيولوجية باستخدام برنامج بتزل.	٨-٤
٨٠	مقطع جيولوجي بين البئر A-D.	٩-٤
٨٠	مقطع جيولوجي بين الآبار G-C-E.	١٠-٤
٨١	مقطع جيولوجي بين البئر D وفرصة الحفر A2.	١١-٤
٨١	مقطع جيولوجي بين البئر A وفرصة الحفر A2.	١٢-٤
٨٢	مقطع جيولوجي عام للمنطقة.	١٣-٤
٨٤-٨٣	النموذج البنيوي المتكامل.	١٤-٤

فهرس الجداول:

الرقم	العنوان	الصفحة
١-١	المراحل الترسيبية الخمسة حسب Molen و Sawaf et al.	١٤
٢-١	الحقول في منطقة الفرات من الشمال إلى الجنوب.	١٥
١-٢	قيم الكثافة و PEF لبعض أنواع الصخور.	٢١
٢-٢	قيم ثوابت القياس الصوتي لبعض أنواع الصخور.	٢٢
٣-٢	القياسات المستخدمة في عملية التفسير.	٢٣
٤-٢	أعماق الحفر وتاريخه لكل بئر.	٢٤
٥-٢	قيم قياس GR للآبار (GHA0H، GHA0G، GHA0D،GHA0B).	٢٧
٦-٢	إشباعات تشكيلة الرطبة في الآبار GHA0H،GHA0G،GHA0D،GHA0B.	٤٠
١-٣	أعماق السطح العلوي والسفلي لتشكيلة الرطبة وسماكتها في الآبار.	٥٨
٢-٣	الحد الفاصل بين جزأي تشكيلة الرطبة وسماكة كل جزء.	٥٨

الملخص

اكتشف النفط في حقل الغواري أوائل عام ١٩٩٢ بحفر البئر GHA0A في تشكيلة الرطبة العائدة للكريتاسي الأسفل والذي وجد فيه النفط على عمق ٢١٠٠m. وحتى تاريخه تم حفر تسعة آبار كانت أربعة منها منتجة فقط.

تعد تشكيلة الرطبة RU الخزان الرئيس المنتج للنفط والغاز في انهدام الفرات، وبخاصة بجزئها السفلي الرملي (RUL).

تقع هذه التشكيلة بين تشكيلتين عائدتين لعمرين مختلفين هما: من الأسفل تشكيلة المولوسا F التي يفصلها عن الرطبة سطح عدم توافق قاعدة الكريتاسي الأسفل BKL نتيجة لعمليات التعرية والحت. وهذه التشكيلة ذات بيئة ترسيبية نهريّة عائدة للتراسي العلوي والمكونة من الحجر الرملي والغضاري.

كما يعلوها تشكيلة الشيرانيش السفلى (SHL) العائدة للكريتاسي العلوي (كمبانيان - ماستريختيان) المؤلفة من الحجر الكلسي و العائدة لبيئة ترسيب بحرية قليلة العمق.

تتغير سماكة التشكيلة في حقل الدراسة (حقل الغواري) بين 51-179 m، مع غياب سماكات منها في بعض القطاعات في الحقل.

تتكون تشكيلة الرطبة من قسمين: علوي (RUU الرطبة العليا) ذات بيئة ترسيب بحرية ضحلة (شاطئية) مؤلفة من الغضار والحجر الكلسي. ومع ازدياد العمق تصبح بالكامل غضارية، وسفلي (RUL الرطبة السفلى) ذات بيئة ترسيب بحرية أيضاً لكن أقل عمقاً من السابقة، وتتألف من الرمال والغضار وتزيد نسبة الرمال فيها كلما قل العمق. وتقسم الرطبة السفلى إلى وحدات وتحت وحدات ليثولوجية (RUL5-RUL4-RUL3-RUL2B-RUL2A-RUL1).

ABSTRACTA

Oil was discovered in the Ghawari field in early 1992 by drilling the well GHA0A in the Al Rutbah Formation Belonging to the lower kretaceous , where the oil was found at a depth of 2100m. To date, nine wells have been drilled, four of which were only productive.

The RU is The main reservoir of oil and gas in the Euphrates Graben, especially in the bottom sandy part (RUL) .

This formation is made up of two formation of two different ages: from the bottom, Al mulosa formation F, which separates from the Rutbah surface of the BCRC, is the result of erosion. This formation has a riverous sedimentary environment belonging to the Upper Triassic, composed of sandstone and grit.

It is also topped by the Lower Shiranish Formation (SHL) of the Upper Cretaceous (Konstan-Maastrichtian) composed of limestone and a shallow sedimentation environment.

The thickness of the formation in the field of study (Ghawari field) varies between 51-179 m, with the absence of thicknesses in some sectors in the field.

AL Rutbah formation consists of two upper sections (RUU upper rutbah) with shallow sedimentation environment (limestone) composed of limestone and calcareous limestone. As the depth becomes fuller, And lower (RUL lower rutbah) With a sedimentation environment also but less deep than the previous, consisting of sand and debris and increase the proportion of sand where the less depth. Lower wetlands are subdivided into units and under lithological units (RUL5-RUL4-RUL3-RUL2B-RUL2A-RUL1) .

مقدمة عامة:

أعدت هذه الدراسة لنيل درجة الماجستير في العلوم الجيولوجية (شعبة الجيولوجيا التطبيقية) بموضوع:
" بناء نموذج جيولوجي لتشكيلة الرطبة في حقل الغواري (منخفض الفرات - سورية)"
واقترح هذا الموضوع من قبل شركة الفرات للنفط ضمن إطار التعاون العلمي القائم مع قسم الجيولوجيا في كلية العلوم بجامعة دمشق. ويعود هذا الاقتراح إلى الأهمية الكبيرة لتشكيلة ضمن انهدام الفرات باعتبارها الخزان النفطي الرئيسي فيه.

لقد سلط هذا البحث الضوء على أهمية عملية النمذجة والبرمجيات الحاسوبية في العديد من المواضيع منها عمليات الترابط، حساب المسامية ودرجة التشبع، ودراسة الخصائص البتروفيزيائية بالإضافة لتحديد فرص حفر جديدة وتحديد أماكن الشواذات في الحقل (فوالق، طيات، قباب ملحية، . .).

ارتكزت الدراسة على البرمجيات الحاسوبية، ففي الشق الجيولوجي (بناء النموذج البنيوي) تم استخدام برنامج Petrel، أما الشق البتروفيزيائي (النموذج البتروفيزيائي) فقد تم باستخدام برنامج IP (Interprotation Petrophysics V3. 5)، وفي كلا البرنامجين تم الاعتماد على التسجيلات الجيوفيزيائية البئرية (الكثافة، النترون، المقاومة، التسجيلات الصوتية والاشعاعية)، بالإضافة لعدد من البيانات الأخرى (Tops، Deviation، Well header، (sticks)).

اشتمل البحث على مقدمة وخمسة فصول، بينما اشتمل الفصل الأول على معلومات عامة عن انهدام الفرات عامة وحقل الغواري خاصة والتطور التكتوني، بالإضافة للوضع الجيولوجي (الطبقي والبنيوي، الاستراتيجرافي، والنفطي) ومواد وطرق الدراسة ومراحلها.
أما الفصل الثاني فقد تضمن وصف لتشكيلة الرطبة بسماكاتها وأعماق اختراقها في حقل الدراسة، وبيئة الترسيب ولوحات الترابط.

في حين اشتمل الفصل الثالث على مراحل بناء النموذج الجيولوجي، بينما خصص الفصل الرابع لبناء النموذج البتروفيزيائي. هذا وقد تضمن كل فصل النتائج التي تم التوصل إليها في مناهج الدراسة، تكمن أهم النتائج في الفصلين الثالث والرابع، بالإضافة لفصل خامس يضم أهم النتائج التي تم الوصول إليها في الدراسة.

الفصل الأول

معلومات عامة General Informations

- ١-١- المقدمة.
- ١-٢- مبررات وأهداف الدراسة. .
- ١-٣- منطقة الدراسة.
- ١-٣-١- منخفض الفرات.
- ١-٣-٢- مراحل التطور التكتوني لمنخفض الفرات.
- ١-٣-٣- حقل الغواري.
- ١-٤- الوضع الجيولوجي لمنطق الدراسة.
- ١-٤-١- الوضع البنيوي .
- ١-٤-٢- الوضع الستراتيغرافي (الطبقي).
- ١-٤-٣- الوضع النفطي.
- ١-٥- الدراسات السابقة.
- ١-٦- مواد الدراسة وطرائقها ومراحلها

١-١-١- المقدمة:

يعد منخفض الفرات إحدى البنيات الجيولوجية الهامة الواقعة في الجزء الشرقي من الأراضي السورية، كما يعد مركزاً استقطب اهتماماً كبيراً من قبل الباحثين نتيجةً للدراسات العديدة والأبحاث الهامة التي تمت على المنطقة والتي أضافت أهمية كبيرة من النواحي الجيولوجية والنفطية لها. نتيجة لهذه الأهمية والمأمولية المتوقعة في المنخفض تركزت عدة أعمال استكشافية وإنتاجية فيه، فقد قامت كل من شركة الفرات للنفط (AFPC)، والشركة السورية للنفط (SPC)، بالإضافة إلى شركات أجنبية بدراسات وأعمال في المنطقة. تم الاستعانة بالبيانات الجيولوجية والجيوفيزيائية لتحقيق الأهداف المرجوة من هذه الدراسة، ولاسيما في التشكيلة الخازنة (الرطبة) التي هي محور الدراسة. ولتشكيلة الرطبة ضمن هذا المنخفض أهمية كبيرة حيث تشكل الخزان النفطي الرئيس فهي ذات امتداد كبير ضمنه إضافة لسماكة رسوباتها ذات الصفات الخزنوية الجيدة.

١-٢-١- مبررات وأهداف الدراسة:

١-٢-١-١- مبررات الدراسة:

إن البنية الجيولوجية المعقدة لحقل الغواري بالإضافة لنتائج الآبار المحفورة في المنطقة والتي كان بعضها جافاً وبعضها منتجاً دفعنا للتساؤل حول مصداقية هذه النتائج، والتوصل لسبب جفاف بعض الآبار والذي قد يعود إما لغياب الطبقة الخازنة للنفط (تشكيلة الرطبة) في هذه الآبار بسبب عدم الترسيب، وربما لتعرض الجزء السفلي من هذه التشكيلة (Lower Rutbah) والذي يعتبر الخزان الأساسي للنفط لعوامل تكتونية (فوالق) أدت إلى تجويتها وحتها أو لتظافر العاملين الترسبي والتكتوني معاً. هذا ما دفعنا للقيام بهذه الدراسة وتركيز الاهتمام على تشكيلة الرطبة.

١-٢-٢-١- أهداف الدراسة:

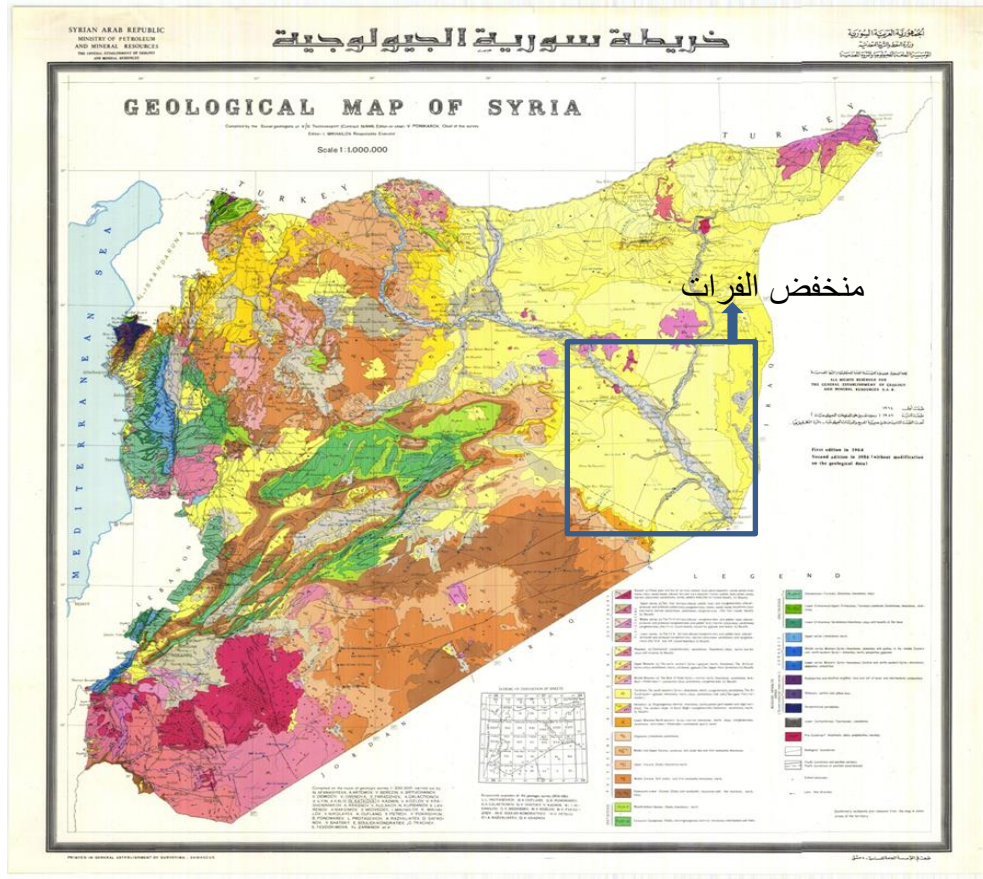
إن الهدف الرئيسي في هذه الدراسة هو:

- ١- بناء نماذج جيولوجية متكاملة لتشكيلة الرطبة في حقل الغواري (نموذج بنيوي، نموذج بتروفيزيائي). بالإضافة إلى إنشاء خرائط تساوي العمق والسماكة وعمليات المضاهاة بين الآبار.
- ٢- تفسير عدم إنتاجية الآبار التي تكون فيها الرطبة السفلية موجودة وغير معرضة للحت.
- ٣- توجيه عمليات التنقيب والاستثمار نحو مناطق أمل جديدة في الحقل واقتراح فرص حفر جديدة في اتجاه مغاير للاتجاه المعتمد للحفر، أو قد تقيد في تقييم فرص تم تحديدها مسبقاً.

١-٣-٣ - منطقة الدراسة:

١-٣-١ - منخفض الفرات:

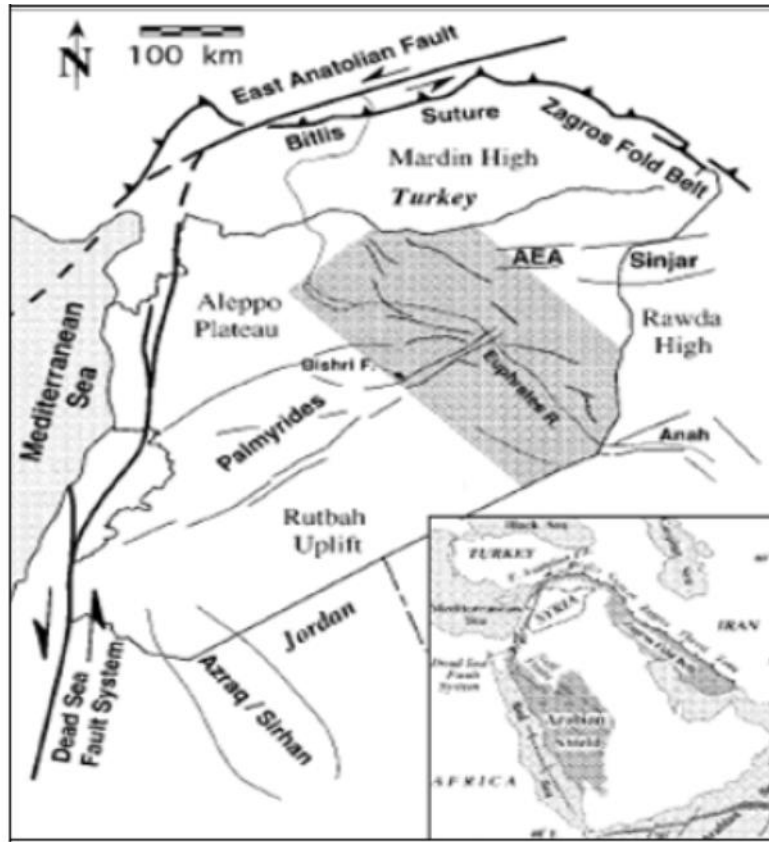
يتميز منخفض الفرات بأنه يأخذ شكلاً متطاولاً على شكل حرف U، يقع القسم الغربي فقط من هذا المنخفض في الجزء الشرقي من الأراضي السورية، متربع فوق بنيات منحدر السطحية العربية في قسميها الثابت والمتحرك. وهويشكل جزءاً هاماً من حوض الفرات الممتد من الحدود السورية التركية في الشمال الغربي وحتى الحدود السورية العراقية في الجنوب الشرقي. ويمتد بدءاً من شرق وجنوب شرق مدينة دير الزور وحتى الحدود السورية العراقية بمساحة قدرها ١٤٤٠٠ كم^٢ (الشكل ١-١). تشير معطيات الحفر العميق إلى وجود نهوض في المنطقة (نهوض دير الزور) يتراكب فوقه منخفض الفرات.



الشكل (١-١): خارطة جيولوجية لسورية بمقياس ١:١٠٠٠٠٠٠ (Ponikarov, 1964).

يحد منخفض الفرات من الجنوب نهوض الرطبة ومن الغرب هضبة حلب. أما الشمال فتحده محددات سنجار وعبد العزيز وطوال العبا (الشكل ١-٢). تتميز منطقة المنخفض بأنها عبارة عن أراضي سهلية، تصبح صحراوية بالابتعاد عن مجرى نهر الفرات المار فيها. ويبلغ ارتفاع المنخفض عن سطح البحر

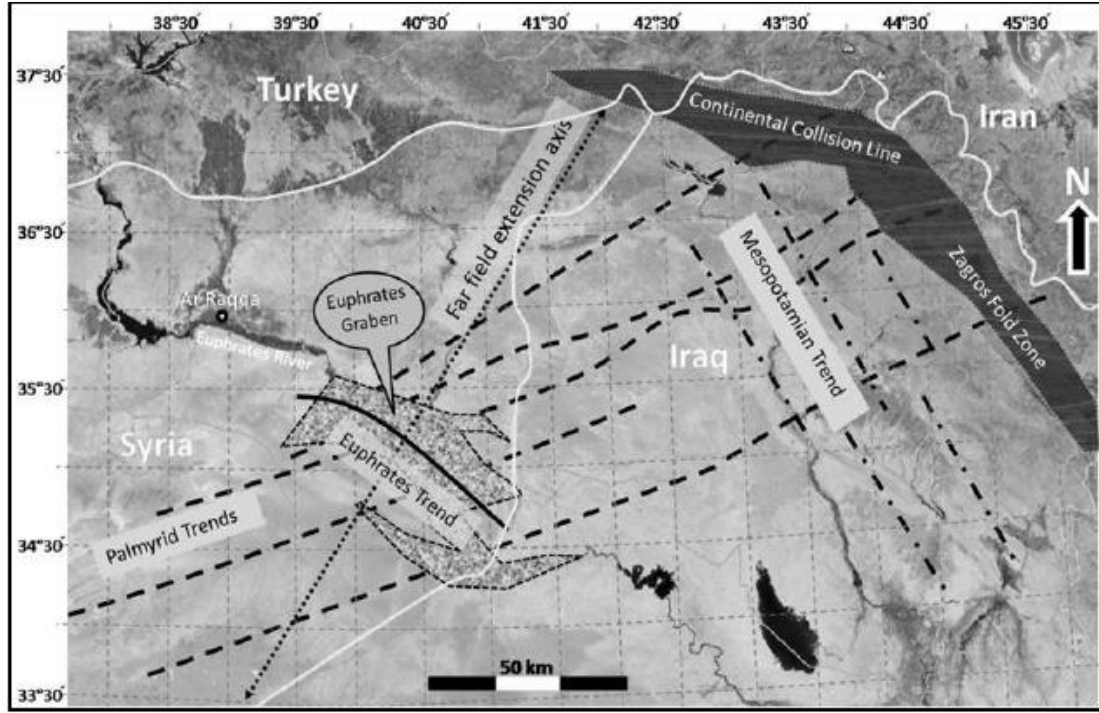
٢٠٠ م. وإن التعقيد التكتوني للمنخفض أثر بشكل عام على تشكيل المصائد المختلفة (بنوية - مختلطة).



الشكل (١-٢): خارطة تكتونية لسورية تظهر الوحدات البنوية الرئيسة (Litak, 1997).

١-٣-٢- مراحل التطور التكتوني لمنخفض الفرات:

تقع سورية بجوار الخط الرئيسي للتصادم القاري حيث تقترب الصفحة العربية من الأوراسية بمقدار 18+2 مم/سنة باتجاه تقريبي شمال شرق (McCluskey, et al, 2000). يشكل منخفض الفرات الواقع في الجزء الشرقي من الأراضي السورية منظومة انهدامية شديدة غير مكتملة (Fault-bounded failed rift) باتجاه شمال غرب - جنوب شرق ضمن منطقة مؤلفة من ركيزة قديمة متبلورة تشمل دروع تعود للبروتيروزوي ، واقعة ضمن الجزء الشمالي من الصفيحة العربية مفصولة عن نهوضي الرطبة في الجنوب والروضة في الشمال الشرقي (Litak et al, 1998). هناك عدة نظريات تشرح الآلية التي أدت لنشوء منخفض الفرات حيث افترض (Alsodor fetal, ١٩٩٥) أن المنخفض نشأ من تصادم الصفيحتين العربية والأوراسية نتيجة لقوى شديدة عمودية على خط التصادم (الشكل ١-٣)، لكن تبين عدم صحة هذه النظرية حيث أن الانهدام المبكر لمنخفض الفرات بدأ قبل التصادم القاري المذكور. أما (Lovelock, ١٩٨٤) فقد افترض أن هذا الانهدام الفراتي الخامل نشأ نتيجة لنظرية الانزلاق الصفائحي.

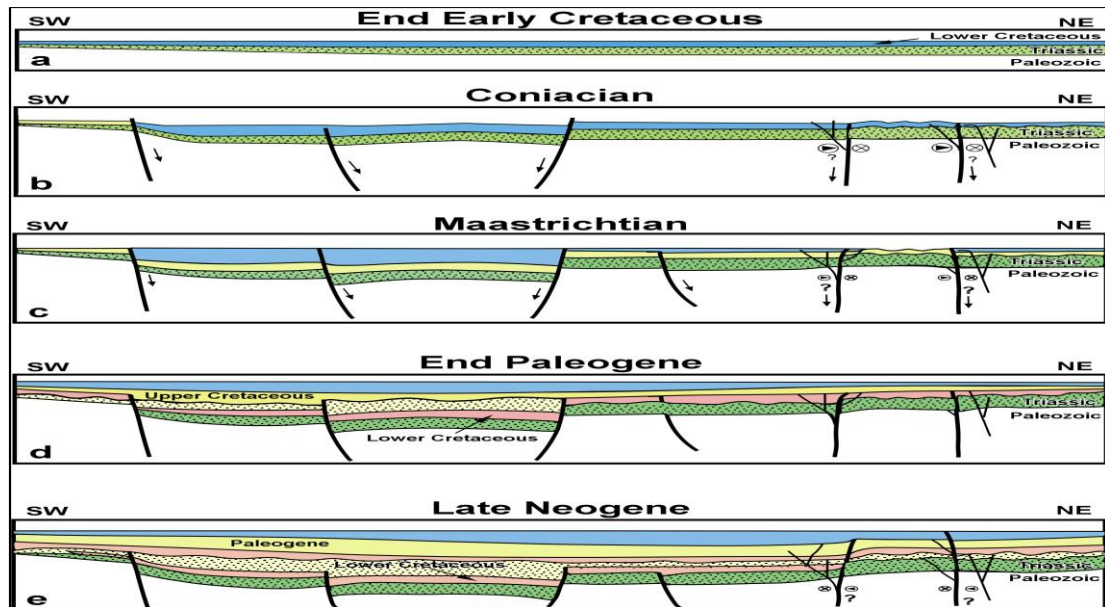


الشكل (١-٣): القوى الشديدة المفترضة والمسببة لانهدام الفرات (Alsouki&Taifour,2005).

يلاحظ وجود عدم توافقين رئيسيين في منطقة منخفض الفرات الأول بين الكريوني والترياسي المتأخر، والثاني بين الترياسي المتأخر والكرييتاسي المبكر، كما يلاحظ غياب كامل للجوراسي في منخفض الفرات (Sawaf et al,1993).

بدأ تشكل المنخفض نتيجة للانهدام الشديد والهبوط الواسع أثناء الكرييتاسي العلوي، لكن بين Chaimov,1992 و Litak et al,1997 ، أن تشكل منظومة صدوع الفرات يعود إلى الترياسي أو الباليوزوي أو البروتيزوزوي. يحتوي المنخفض على مجموعة من الفوالق العادية والناجمة عن الحوادث الشديدة ذات الاتجاه شمال غرب - جنوب شرق. تم تشكل المنخفض خلال خمسة مراحل (الشكل ١-٤) حيث بدأ هذا التشكل اعتباراً من الماستريختيان المتأخر حتى السينوزوي. نشأت المرحلة الأولى والتي تعود للكرييتاسي الأسفل بفعل الأطوار التكتونية الشديدة مكونة عدم توافق BKU على كامل المنخفض حيث ترسبت في هذه المرحلة تشكيلة الرطبة والتي تعد من أهم التشكيلات الخازنة في حقول الميزوزوي. أما في المرحلة الثانية فقد بدأ الانفطار خلال الكونياسيان، وترسبت تشكيلة الديرو بالإضافة لتشكيل كتل فالقية وسطح عدم توافق إقليمي. وفي المرحلة الثالثة، خلال الكامباني-ماستريختي، تشكلت الصدوع العادية واسعة الانتشار مما أدى لتشكيل المنخفض. وتعد هذه المرحلة مرحلة التشوه الرئيسية. وخلال المرحلة الرابعة توضع تشكيلة (الشيرانيش والرماح) والتي تمثل الصخور المولدة، وهي ذات سماكات كبيرة. استمر تطور المنخفض في المرحلة الخامسة، وتوقف النشاط الفالقي في نهاية الكرييتاسي، ودفن تحت متوالية

رسوبية سميكة متوضعة بشكل مسطح نسبياً كل من النطاق المتحرك والمنخفض، بالإضافة للمناطق المتاخمة له.



الشكل (١-٤): مراحل تشكل منخفض الفرات (عن Litak, 1998).

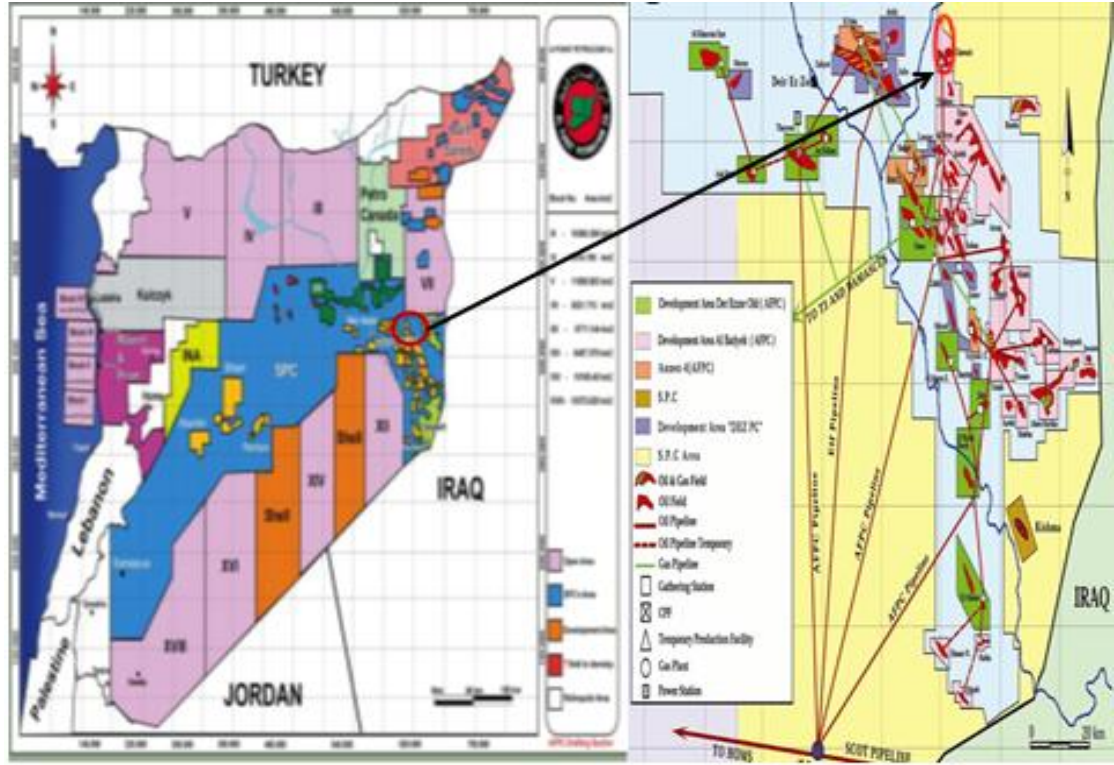
حيث a: تمثل المرحلة الأولى، b: المرحلة الثانية، c: المرحلة الثالثة، d: المرحلة الرابعة.

e : المرحلة الخامسة

١-٣-٣- حقل الغواري:

تتمثل منطقة الدراسة بحقل الغواري الذي يقع في منخفض الفرات بين خطي طول

٣٥ ٠٠ - ٤٠ ٤٠ ٠٠، وخطي عرض ٣٥ ٢٤ ٠٠ - ٣٥ ١٩ ٤٥، إلى الشمال من حقل العمر المركزي حوالي ٣٠ كم وإلى الشمال الغربي من حقل السيجان بحوالي ١٢ كم (الشكل ١-٥). يمتد حقل الغواري على طول الحافة الشمالية الشرقية لمنخفض الفرات، وتشير التفسيرات الأولية للحقل إلى وجود عدد من الفوالق العادية الهامة في الجزء الشمالي الشرقي من الحقل والتي من المحتمل أن يكون لها دور في تشكل بعض المصائد الهامة مما يزيد المأمولية النفطية في تلك المنطقة.



الشكل (٥-١): منطقة الدراسة ضمن خارطة البلوكات الموجودة في سورية (شركة الفرات-٢٠٠٠).

تم اكتشاف حقل الغواري في شباط ١٩٩٢ بعد حفر البئر الأولى GHA0A، حيث وجد النفط في الحجر الرملي في الجزء السفلي من تشكيلة الرطبة على عمق ٢١٠٠ م. هذا وقد تم حفر تسعة آبار في الحقل خمسة منها كانت منتجة. البئر الثانية GHA0C التي تم حفرها في آب ١٩٩٢، أما البئر الثالثة GHA0E فقد تم حفرها فيما بعد ١٩٩٣. وحفرت البئر المنتجة الرابعة GHA0G في نيسان من عام ١٩٩٦ وهناك أيضاً ثلاثة آبار استكشافية فاشلة تم حفرها وهي B، D، F. تعود الصخور الأم في الحقل لتشكيلة الرماح الكربوناتية (الكريتاسي العلوي) وتعد هذه التشكيلة من الصخور الأم لأغلب التشكيلات العائدة لمنخفض الفرات وتكون خازنة في بعض الحقول في جزئها السفلي الرملي. أما الصخور الخازنة والتي تبلغ سماكتها حوالي ١٢٠ م فتعود لتشكيلة الرطبة السفلى المكونة من صخور رملية. ويجب التنويه إلى أن تشكيلة الرطبة العليا تعرضت لعمليات حت في القطاع الذي يحوي الآبار المنتجة (GHA0C، GHA0G، GHA0E) أي الجزء الجنوبي من الحقل. أما في الأجزاء المتبقية من الحقل فإن تشكيلة الرطبة العليا لم يتم العثور على النفط في أي جزء منها حيث توجد بسماكات متفاوتة. كما طال الحت بعض الطبقات الخازنة العائدة لتشكيلة الرطبة السفلى. تبلغ سماكة الصخور المغطية حوالي ٢٥٠ م وهي صخور تابعة لتشكيلة الشيرانيش (الكريتاسي العلوي).

• الآبار المنتجة والجافة:

لقد تم حفر تسعة آبار في الحقل كان منها أربعة جافة وهي: GHA0F- GHA0B- - GHA0D- GHA0H. أما الآبار المنتجة فهي: GHA0A- GHA0C- GHA0E- GHA0G- GHA0K.

للبنّرين الجافتين GHA0F- GHA0B نفس الأداء الشكل (١-٦)، (شركة الفرات للنفط - ١٩٩٢. تقارير نهائية لبنئر (GHA0B)، (شركة الفرات للنفط - ١٩٩٤. تقارير نهائية لبنئر (GHA0F). وبينت الدراسة المنفذة من قبل (الشوفي وآخرون ٢٠١٤-٢٠١٣) أن النفط قد هاجر من هاتين البنّرين لعدم وجود الإغلاقات. وتم إيجاد إشارة لهجرة النفط إلى الأعلى من البنئر D الذي وجد فيه آثار نفطية مع العلم أنه جاف (شركة الفرات للنفط - ١٩٩٢. تقارير نهائية لبنئر (GHA0D). وحسب البنية الجيولوجية للمنطقة تم اقتراح حفر بنئر في المنطقة الأعلى بنيوياً (البنئر H) حيث أنه في حال وجود إغلاق جيد فإن احتمالية هجرة النفط إليها تكون كبيرة. لكن هذا الاقتراح كان غير نافع حيث أن هذه البنئر كانت جافة أيضاً وذلك لعدم حجز النفط فيها لعدم وجود الإغلاق (شركة الفرات للنفط - ٢٠٠٤. تقارير نهائية لبنئر (GHA0H).

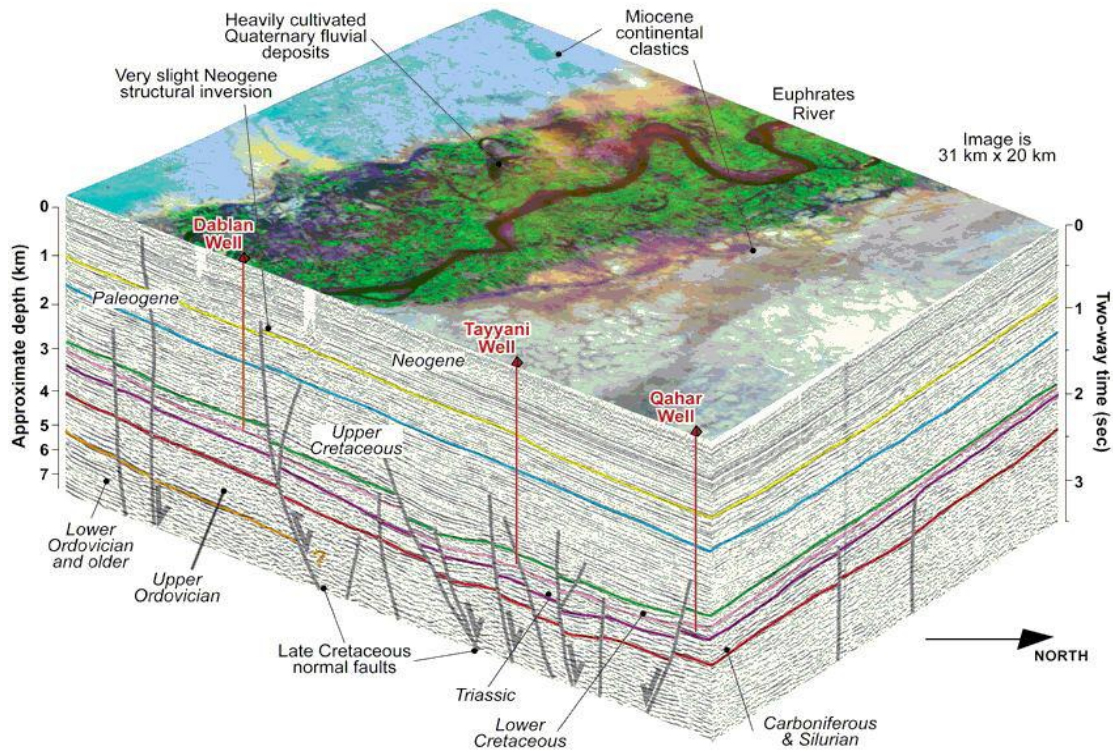


الشكل (١-٦): دراسة لحقل الغواري تبين أماكن توزع الآبار في الحقل (شركة الفرات للنفط-٢٠٠٦).

١-٤ - الوضع الجيولوجي لمنطقة الدراسة:

يتوضع منخفض الفرات فوق بنيات منحدر السطحية العربية بقسميها الثابت والمتحرك، ضمن منظومة صدوع الفرات والتي تعد مجموعة من الصدوع المتفرعة والمتوازية. وتظهر انزلاقات جانبية ضمن

الأراضي السورية (Brew,1997) بامتداد ٣٥٠ كم مسائراً باتجاهها اتجاه مجرى نهر الفرات، لكن هذه الفوالق تم طمرها برسوبات حقبي الميزوزوي والسينوزوي مشكلةً حوض الفرات والذي يعود بمعظمه لطابق الماستريختيان ودور الباليوجين (الشكل ١-٧). أشارت معطيات الحفر العميق إلى وجود نهوض في المنطقة (نهوض دير الزور) يتراكب فوق منخفض الفرات.



الشكل (١-٧): مخطط ثلاثي الأبعاد لمنخفض الفرات يظهر السطح وماتحت السطح بالاستناد للمعلومات السيسمية (عن Brew et al,2001).

١-٤-١- الوضع البنيوي:

منخفض الفرات عبارة عن تصدع غير كامل ذو امتداد شمال غرب جنوب شرق (الشكل ١-٨)، درس هذا المنخفض دراسة موسعة من قبل (Litak et al, ١٩٩٨). بين (Litak 1997) أن منظومة صدوع الفرات تنتمي إلى منطقة شد قليلة التشوه تمتد من الحدود العراقية في الجنوب الشرقي حتى الحدود التركية في الشمال الغربي متضمنة منخفض الفرات. لقد انتشر عدم التوافق العائد إلى عمر التورونيان - الكونياسيان في منخفض الفرات انتشاراً واسعاً، ومن المحتمل أنه يدل على نهوض حصل قبل التصدع (Pre- rift) مما أدى إلى تشكيل عدم توافق. ويبدو أن الحجر الكلسي الذي يقع تحته (تشكيلة جوديا الكربوناتية) تعرضت لعمليات حت ودلمة، أما الطبقات التي تعلو عدم التوافق المذكور (تشكيلة ديرو) فإنها تتدرج إلى سحنات كربوناتية (تشكيلة الرماح) ترسبت بمياه أعمق. ويبدو أن التصدع السينوني الذي

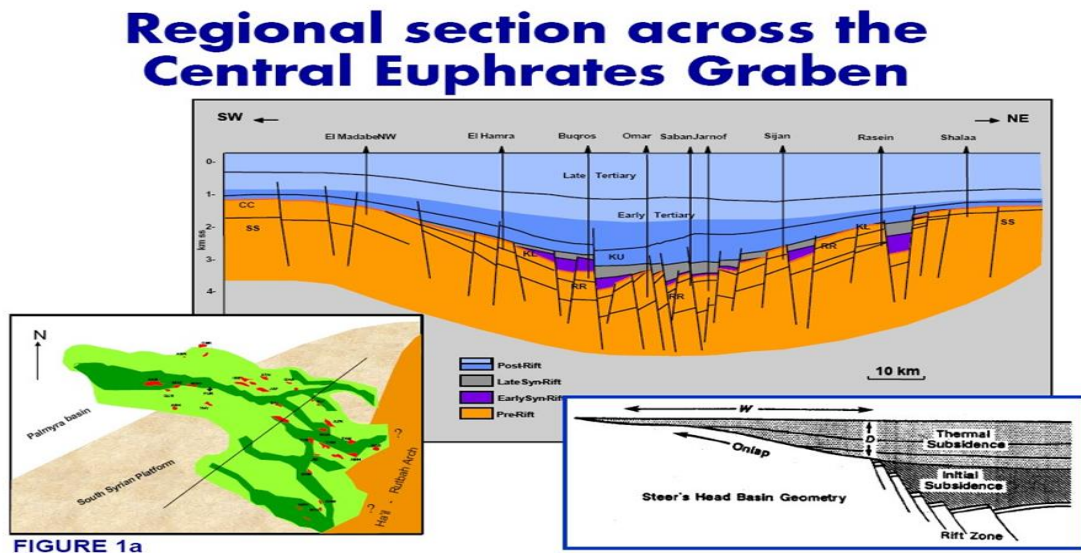
أدى إلى حوالي ٦ كم من التوسع الشدي وإلى مسافة غير محددة من حركة إنزلاقية ، قد جرى احتواؤه في منظومة من الصدوع العادية المنشرة شديدة

الانحدار، (Barazangi, M. Seber, D. Sawaf, T. Brew, G. 1997). لقد وصلت رسوبات الكربونات (تشكيلة الأرك) المرافقة للتصدع إلى الأوج خلال الكامبانيان والمايستريختيان المبكر وذلك بترسيب حوالي ٢٣٠٠ م من الحجر الكلسي المارلي، ويعتقد أن الشد المرتبط بالتصدع توقف في المايستريختيان. كما تميز دور الباليوجين بهبوط حراري واسع الانتشار نتيجة إعادة تنظيم التوازن الحراري في الغلاف الصخري بعد التصدع . تعرضت منظومة صدوع الفرات إلى انضغاط انزلاقي عرضاني يميني ضعيف بالإضافة إلى إعادة تنشيط خلال دور النيوجين ، وأفضل المناطق التي تظهر بها المعالم الإنضغاطية تقع إلى الشمال الغربي من المنظومة. يمكن تقسيم منظومة منخفض الفرات إلى عدة وحدات بنيوية حسب درجة التشوه والشكل الهندسي البنيوي وهي:

١- وحدة المنخفض المركزي الأعظم Deep Central Graben.

٢- مجموعة من المنخفضات المحيطة بالمنخفض المركزي Peripheral Grabens.

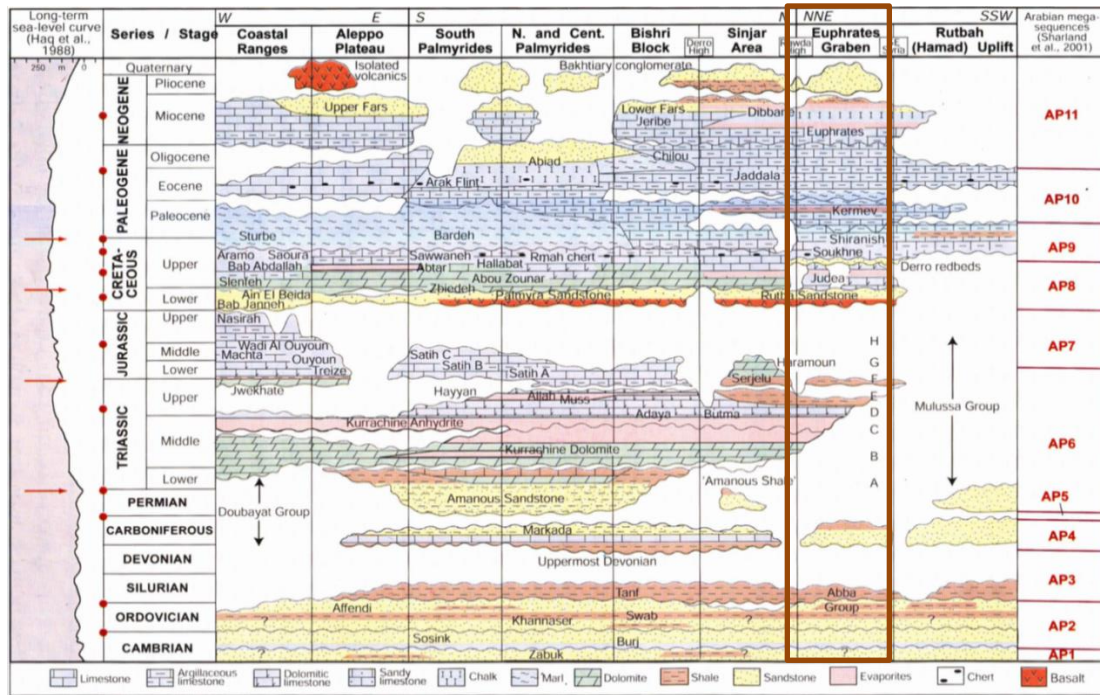
٣- سطائح مستقرة ومرتفعة نسبياً، إضافة لمرتفعات مسطحة أو مصاطب محيطة Peripheral Terraces (التقارير الداخلية للشركة السورية للنفط 2011).



الشكل (٨-١): مقطع جيولوجي لمنخفض الفرات يوضح البنية الجيولوجية المعقدة مع مواقع الحقول المنتجة للنفط وكذلك الاتجاهات العامة للفوالق في منطقة منخفض الفرات (Koopman A, 2004)

١-٤-٢- الوضع الستراتيغرافي والطبقي:

ييدي العمود الستراتيغرافي الخاص بسورية تنوعاً كبيراً في السحن، حيث يلاحظ انتشار واسع للتشكيلات مع غياب بعضها احياناً، كما نلاحظ الامتداد الزمني الكبير لها من حقبة الباليوزوي وحتى الحقب الرباعي (الشكل ١-٩). وحسب تقرير شركة الفرات للنفط تم وصف العمود الليثوستراتيغرافي لصخور هذه التشكيلات في (الشكل ١-١٠).



الشكل (١-٩): العمود الليثوستراتيغرافي العام في سورية (Sharland et al, 2001).

	Formation	Age MY	Lithology	Lithology Description	Notes/Tectonic Events
Cenozoic	Quaternary	1.23		Sand, gravel, conglomerates	- Shortening in Euphrates and Sinjar Abd el Aziz - Episodic up lift and shortening in Palmyrides - Post-extension unconformity - Extension in Sinjar/ Abd el Aziz - Rifting in Euphrates Fault System - Lower Cretaceous Unconformity - Subsidence/rifting in palmyrides/ Sinjar Trough - Reactivation of some faults - Permian-Triassic Unconformity - Episodic rifting in Palmyrides/Sinjar
	Pliocene	3.55		Sand, sandstone, claystone	
	Miocene	20		Anydrite, claystone, salt	
	Transition zone			Anydrite, claystone	
	Jeribe			Limestone, dolomitic limestone	
	Dhiban			Anydrite limestone, Marl, limestone	
	Chilou	10.8		Marly, limestone	
	Oligocene	18		Marly, limestone	
	Eocene	12.5		Marl, clay, limestone	
	Palaeocene	7.5		Marl, claystone, limestone	
Mesozoic	Upper Cretaceous			Marl, limestone	
	Campanian	10		Cherty limestone	
	Santonian	4		weather volcanic, red claystone	
	Turonian	3		Dolomitic limestone	
	Cenomanian	4		Sand, sandstone, siltstone	
	Lower	35		Limestone, claystone	
	Rutbah/Ghona			Limestone	
	Jurassic	79		interbeds of dolomite and shale	
	Upper	21		interbeds of dolomite and shale	
	Alam			Dolomite anhydrite, shale	
Paleozoic	Triassic			Massive dolomite, thin shale	
	Butma			Anhydrite	
	Middle	9		Massive dolomite	
	K. Anhydrite			Shale, dark grey, pyritic	
	K. Dolomite			Sandstone	
	Amanous shale	10		Sandstone, limestone	
	Lower Permian	45		Sandstone, quartzitic	
	Devonian	73		Sandstone quartzitic	
	Markada	46		Dolomitic limestone	
	Silurian	30		Sandstone quartzitic	
	Ordevician			Mainly shale, minor sandstone	
	Afendi			Sandstone, minor shale	
	Tanif			Mainly shale, minor sandstone	
	Khanaser			Sandstone quartzitic	
	Sosink			Sandstone quartzitic	
	Burij			Dolomitic limestone	
	Zabuk			Sandstone quartzitic	

الشكل (١٠-١):العمود الستراتيغرافي العام في منخفض الفرات (شركة الفرات للنفط).

١-٢-٤-١- صخور ما قبل الكامبري والركيزة الكامبرية:

تقع على عمق ٩ كم في منطقة الفرات (Brew et al. 1993). وتعد المعلومات حول الركيزة في منطقة الفرات استنتاجاً من المناطق المجاورة من خليج العقبة في الأردن أو المجن العربي في السعودية وذلك نتيجة لعدم اختراق أي من الآبار المحفورة في المنطقة لصخور الركيزة، كما أنها لا تشكل عاكساً سيزمياً جيداً. تتضمن هذه الصخور غصاراً متحولاً، كوارتزيت، وجرانيت ورخام.

١-٢-٤-٢- صخور حقبة الباليوزوي:

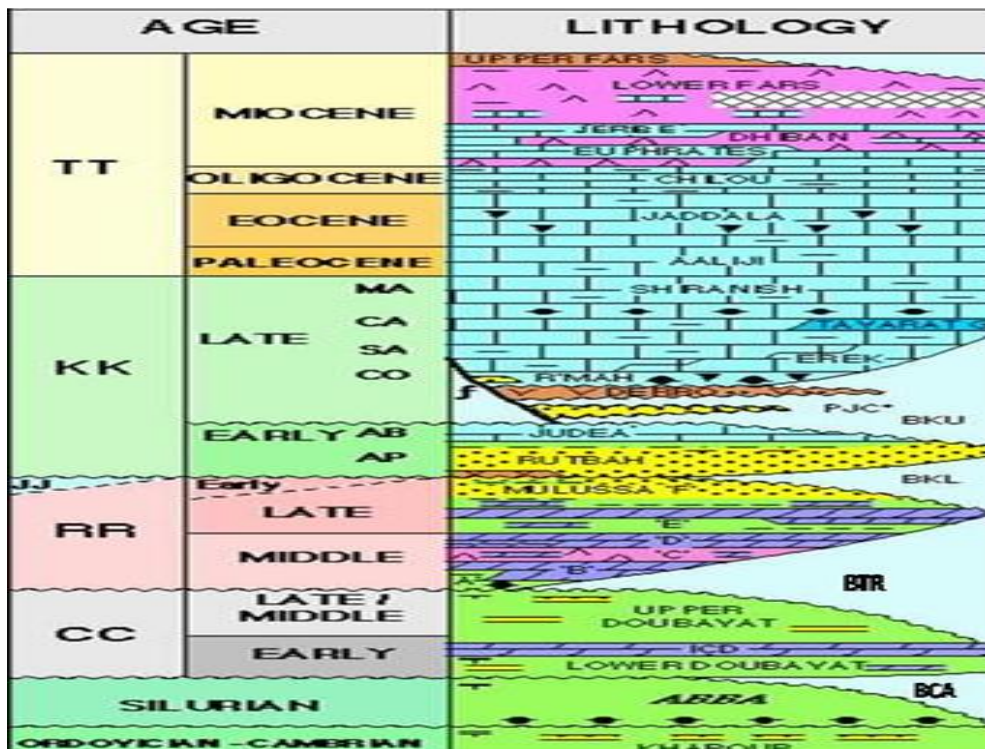
يعود أغلبها لعمر الكامبري-سيلوري (Sawaf,1993) وهي رسوبات بحر ضحل مكونة من حجر رملي وغضار صفحي. والتشكيلات الرئيسية العائدة لها هي: الخابور (أوردوفيشي وماقبله) - العبا (السلوري) - الضبيات (الكربوني).

١-٢-٤-٣- صخور حقبة الميزوزوي:

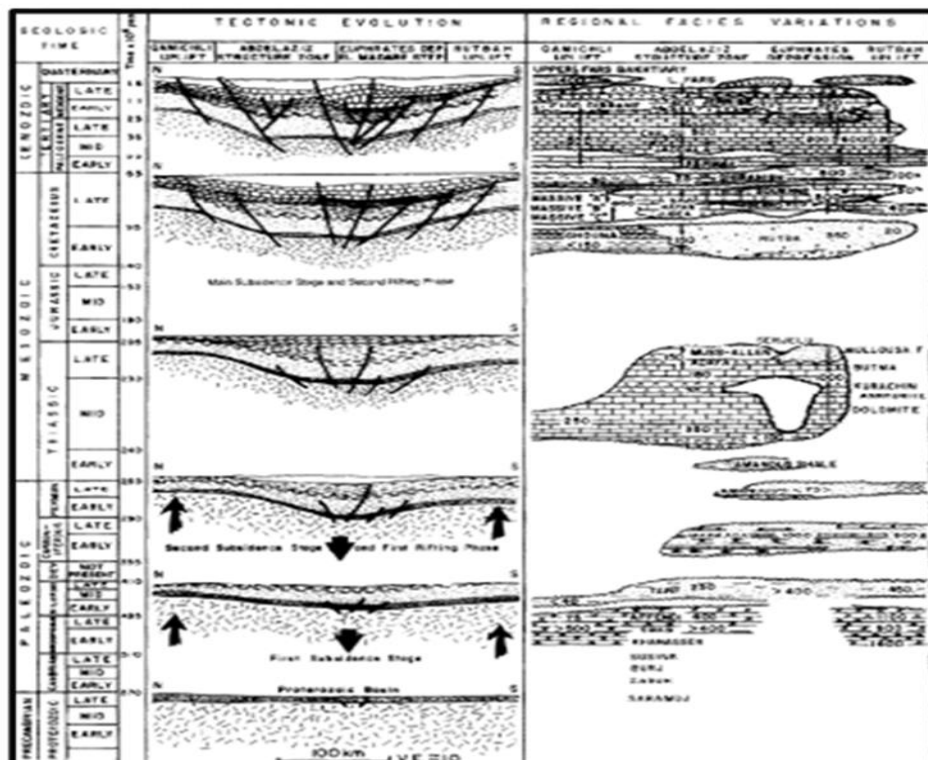
تتكشف هذه الصخور في قمم المحدثات ومراكزها وتتواجد في معظم آبار منخفض الفرات، وتتراوح سماكتها بين ٢-٤ كم. يعود لها تشكيلات: المولوسا (ترياسي- جوراسي أسفل) - الرطبة (كريتاسي أسفل) - جوديا (كريتاسي أسفل) - الديرو (توروني - كريتاسي أسفل) - الرماح (كونياسيان-سانتونيان) - الأرك (سانتونيان-كامبانيان) - الشيرانيش (كامبانيان أعلى - ماستريختيان).

١-٢-٤-٤- صخور حقبة السينوزوي:

تتميز صخور هذا الحقب بحدوث تدفق بازلي في الميوسين المتأخر والبليستوسين (Sawaf et al, 1993). وتضم التشكيلات التالية: العليجة (بالوسين) - الجدالة (إيوسين) - الشيلو (أوليغوسين) - الفرات والديبان (ميوسين أسفل) - الجريبة (ميوسين أوسط) - الفارس (ميوسين أعلى - بليستوسين). حدد (Sawaf et al, 1993) (الشكل ١-١٢) و (Molen, 2006) (الشكل ١-١١)، خمسة متواليات رسوبية رئيسية في شرق سورية تمثل خمس مراحل ترسيبية أساسية. اتفق Molen مع Sawaf وزملائه على المرحلتين الأولى والثانية لكنه اختلف معهم في المراحل التالية كما هو مبين في الجدول ١-١.



الشكل (١١-١) :مقطع ليثوستراتيغرافي لمنخفض الفرات (Molen,2006).



الشكل (١٢-١):مقطع ستراتيجرافي لشرق سورية يبين المراحل الترسيبية الخمسة (Sawaf et al,1993).

الجدول (١-١): يبين المراحل الترسيبية الخمسة حسب Sawaf et al و Molen:

المرحلة	حسب Sawaf وزملائه	حسب Molen
الأولى	تعود لدوري الكامبري_السلوري، يحد أعلى هذه المتوالية عدم توافق نتيجة غياب دور الديفوني ويدعى BCA، وهي عبارة عن رسوبات بحر مفتوح قليل العمق.	يتوافق مع Sawaf وزملائه.
الثانية	تعود لدوري البرمي والكربوني وتنتهي بسطح عدم توافق يسمى BTR.	يتوافق مع Sawaf وزملائه.
الثالثة	تعود لمرحلة ترسيبية بين عصري الترياسي العلوي والكريتاسي السفلي، تعود لبيئة بحرية ضحلة ودلتاوية.	تعود لعصري الترياسي الأعلى-جوراسي أسفل.
الرابعة	تعود لعصر الكريتاسي العلوي ودور الباليوجين. تتفاوت سماكة رسوباتها بين 0.5-1 كم.	تعود لعصر الكريتاسي الأسفل، تتوضع رسوبات هذه المرحلة بعدم توافق BKL فوق رسوبات المرحلة الثالثة. وسميت رسوبات هذه المرحلة برسوبات قبل التقطر (Pre-rift).
الخامسة	تعود لدور النيوجين والحقب الرابع، تنسب لبيئة رصيفية ومنحدر قاري	يعود عمرها إلى عصر الكريتاسي العلوي الذي تعتبر توضعاته معاصرة للتقطر (Syn-rift) ودور النيوجين والرباعي الذي تعتبر توضعاتها بعد التقطر (Post-rift).

١-٤-٣- الوضع النفطي:

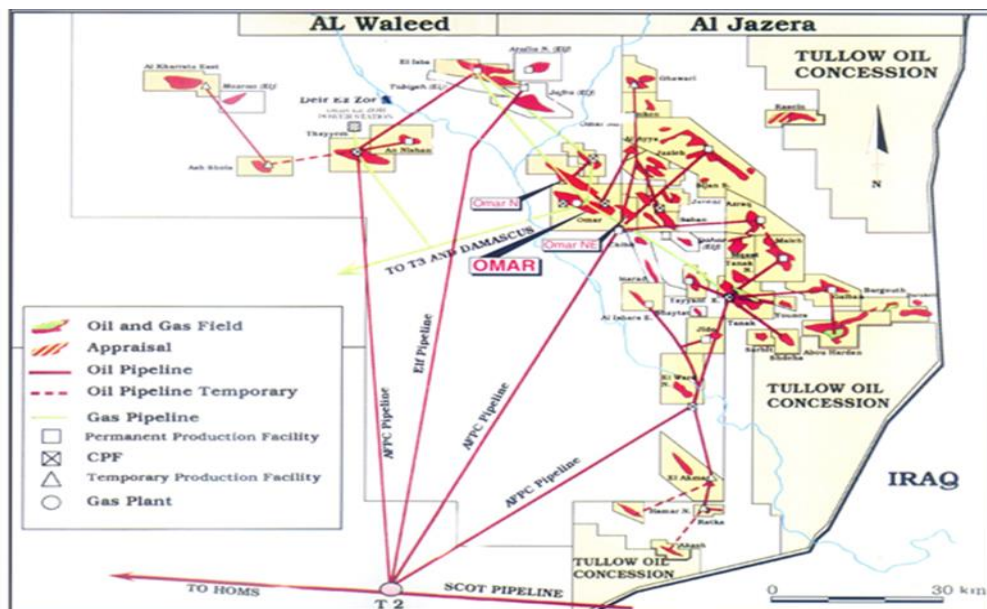
يعتبر منخفض الفرات من اهم المناطق الغنية بالهيدروكربون ضمن الأراضي السورية، حيث بدأت شركة الفرات بالاستثمار فيه من خلال عدد من الآبار على امتداد المنخفض. وفي عام 1985 بدأ الاستثمار في

حقل التيم والذي يعد من أكبر الحقول المنتجة في المنطقة. ان توقع مخزون النفط البدائي (STOIP) في حقل Ghawari هو ٣.٥١ مليون برميل (MMstb) من الزيت القديم. ويقدر الإنتاج في المنخفض بحوالي 400,000 برميل يومياً من الخام الخفيف من أصل المتوسط الوطني وقدره 5,400,000 برميل يومياً

(Oil&Gas Journal December 2000، مجلة النفط والغاز). تعد تشكيلتا الرطبة ذات الحجر الرملي ذوالمسامية العالية (20%) وللمولوسا ذات النفوذية الجيدة الخزائين الرئيسين في المنخفض، يضم المنخفض ٤ قطاعات نفطية رئيسية منتشرة من الشمال إلى الجنوب (الجدول ٢-١) (الشكل ١-١٣).

الجدول (2-1): يبين الحقول في منطقة الفرات من الشمال إلى الجنوب:

اسم الحقل	التراكيب المتواجدة ضمن الحقل
التيم	الشولا، شمال الخراط، النيشان، التيم، العزبة
العمر	عمر، شمال العمر، الغواري، اليمكن، سجان، جرنوف، جزية، ثعبان، شاهل، علایا.
التتك	المالح، غلبان، شرق الطياني، التتك، شمال التتك، الأزرق، شدها، أبوحردان، برغووث.
الورد	شمال الورد، جیدو، الأحمر، رتقه، عكاش، شرق الإشارة.



الشكل (١-١٣): خارطة لشرق سورية تبين مواقع الحقول في منخفض الفرات.

(عن شركة الفرات للنفط - 1999).

١-٥-الدراسات السابقة:

كان أول اكتشاف في حوض الفرات في حقل التميم عام 1985 من قبل شركة Pecti (Beydoun, 1991)، نفذت العديد من البحوث والدراسات الجيوفيزيائية والجيولوجية الهامة في منخفض الفرات. ومن الدراسات الجيوفيزيائية السيسمية الكثيرة نذكر تلك التي قام بها (Seber et al. 1997). هذا بالإضافة للدراسات التكتونية التي بينت التطورات التكتونية التي حصلت في الحقبين الثاني والثالث والتي قام بها (Litak et al. 1997)

1- *Structure and Evolution of the Petroliferous Euphrates Graben System Southeast Syria (1997)*

2- *Mesozoic-Cenozoic evolution of the intraplate Euphrates fault system Syria: implications for regional tectonics (1997)*

إضافة لدراسات استكشافية نفطية تمت على منخفض الفرات والتي اعتمدت على دراسات جيولوجية وجيوفيزيائية تمت من قبل (Brew et al. 1998). ودراسات في مناطق شمال وشرق سورية عموماً لتحديد فرص الحفر والتي قام بها (Barazangi et al. 1999) و (Sawaf et al. 2001). كما نفذت العديد من الدراسات المحلية والتي قامت بها شركة الفرات بالتعاون مع فريق عمل شركة (Shell) بالإضافة للتقارير الداخلية للشركة السورية للنفط وخاصة فيما يتعلق

بمنطقة حقول العمر ونذكر منها :

*دراسة شاملة لحقل السحان (Pierce et al. 2003).

*دراسة خزنية تطويرية وجيوفيزيائية و جيولوجية لحقل شمال العمر (Lopez et al. 2004).

*دراسات أخرى خزنية في حقل شمال العمر (Doughry et al. 2009)، ودراسات في حقول الآية (Botrous et al. 2006) والثعبان (Heijn et al. 2009) المجاورة لمنطقة حقول العمر.

وفيما يخص منطقة الدراسة فإن أول مسح سيسمي ثلاثي الأبعاد تم عليه كان عام 1992 من قبل شركة Prakla على مسافة 200 كم²، وتمت معالجة هذه المعطيات السيسمية عام 1999. كذلك فقد تم إجراء بعض الدراسات الجيولوجية على منطقة الدراسة ومناطق مجاورة بهدف فهم أكثر للبنية :

(Ghwarii, Ymken Field Development Plan, 2004)

(Ymken, Ghwarii Field Development Plan, 2006)

بالإضافة لهذه الدراسات التي قام بها باحثون مختصون وفرق عمل من شركات نفطية، تم إعداد بعض البحوث أكاديمية لنيل درجة الماجستير تخص منخفض الفرات، نذكر منها:

- استخدام المعطيات السيزمية ثلاثية الأبعاد في دراسة التطور التكتوني-ستراتيغرافي لمنطقة الورد في منخفض الفرات (Shaheen, R. 2016).
- دراسة بترولوجية وجيوكيميائية لتشكيلة المولوسا في حقول العمر (منخفض الفرات - سورية) (Hasan, I. 2011).
- تأثير التطور التكتوني (المنخفض الفرات - منطقة حقول العمر) على الخصائص الخزنية لحقلي الغواري واليمن (ALShoufi, R. 2015).

١-٦ - مواد وطرائق الدراسة:

أجريت هذه الدراسة بالاعتماد على عدد من المعطيات والبيانات والقياسات الهامة واللازمة للبحث كالمعطيات الجيوفيزيائية المتمثلة بالمقاطع والسجلات الجيوفيزيائية البئرية والتي كان لها الدور الأهم في فهم الخصائص الخزنية والسحنية الخاصة بمنطقة الدراسة. بالإضافة لهذه المعطيات الخاصة بالحقل والمأخوذة من الشركة التي نفذت أعمال الحفر، فقد تم الاعتماد على تقنيات الحاسوب وبرامجه : (IP, PETREL) 5.3.5 Interpretation Petrophysics للوصول إلى الهدف المرجو من هذه الدراسة وهوبناء نموذج جيولوجي متكامل للتشكيلة الحاملة للنفط. تم إجراء هذه الدراسة على عدة مراحل: المرحلة الأولى تتمثل بجمع المعطيات المتوفرة عن الحقل بشكل عام، وعن تشكيلة الرطبة بشكل خاص. أما في المرحلة الثانية فتم التعامل مع هذه المعطيات وإدخالها إلى البرنامج الذي سيتم العمل عليه، لإنشاء لوحات المضاهاة وخرائط السماكة وصولاً للنموذج الفالقي والبنوي. ومن ثم عملية التفسير للنتائج التي تم الوصول إليها في ختام هذا البحث.

الفصل الثاني

التقييم الجيولوجي لتشكيلة الرطبة

Geological Evaluation of Al Rutbah formation

٢-١-المقدمة.

٢-٢-برنامج التفسير IP.

٢-٣-ادخال البيانات والتفسير.

٢-٤-التقييم البتروفيزيائي للآبار.

٢-٥-أنواع الشيل تبعاً لأنماط توزيعه.

٢-٦-خلاصة ونتائج.

٢-١- المقدمة:

تعد البتروفيزياء إحدى أهم التطبيقات في مجال التنقيب عن النفط وإنتاجه، حيث تتم الاستعانة بالتسجيلات البئرية لدراسة الخواص الفيزيائية للصخور، (غاما الطبيعية، المقاومة، الكثافة والنيوترون، القياسات الصوتية). يهدف هذا الفصل إلى تفسير معطيات قياسات الآبار للوصول إلى تقييم بتروفيزيائي للخران من خلال (حساب حجم الشيل، المسامية، التشبع المائي، التمييز بين الموائع وخطوط التماس بينها، إضافة إلى دراسة تتابع الطبقات وسماكتها، وتركيبها الصخري، والعلاقة بين الطبقات إضافة لتحديد مناطق الانتاج وتصميم مقطع ليثولوجي للآبار وتحديد الاحتياطي). تم استخدام برنامج Interactive Petrophysics V3. 5، للتفسير والتقييم الكمي البتروفيزيائي للتشكيلات المتتابة في الآبار، حيث يتم تحميل بيانات التسجيلات البئرية على البرنامج، والتي تكون مسجلة بلواحق مختلفة (ASCII، LAS، LAS3، LBS، LIS، DLIS). وقد تم استخدام اللاحقة LAS في هذه الدراسة. وسنبدأ بعرض فكرة موجزة عن القياسات المنفذة في منطقة الدراسة :

١- قياس المقاومة الكهربائية Apparent Electrical Resistivity:

تعد القياسات المقاومة أساس التمييز بين الموائع التي تملأ فراغات التشكيلات، والتي تتراوح مقاومتها بين (٠.٢ - ٢٠٠٠ $\Omega \cdot m$) وفي حال الصخور الكتيمة كالمبخرات يمكن أن تتجاوز هذه القيمة.

تعتمد المقاومة الطبقيّة على ثلاثة عوامل بشكل رئيسي: هندسة المسامات ضمن الطبقة، نوع المائع الطبقي وكميته، كما أنها تسهم بشكل رئيسي في تحديد إشباع التشكيلة الخازنة بالموائع حيث تمثل القيم العالية جداً للمقاومية إشباع هيدروكربوني أو مياه عذبة، بينما تمثل القيم المنخفضة إشباع مائي. كما نتمكن من خلال قياس المقاومة من تمييز الطبقة الخازنة عن الكتيمة، فيدل انطباق منحنيات المقاومة (الضحلة والعميقة والمتوسطة) على طبقة غير نفوذة لا تحوي موائع، كما يشير ذلك في بعض الأحيان إلى تساوي بين مقاومة سائل الحفر المستخدم ومقاومية المياه الطبقيّة، بينما يدل ابتعاد هذه المنحنيات عن بعضها على وجود مسامية وحركية في الموائع.

٢- قياس النشاط الإشعاعي (Gamma Ray):

تعد إشعاعات غاما انبثاقاً لأموّاج كهرومغناطيسية عالية تصدرها بعض العناصر المشعة (^{232}Th ، ^{238}U ، ^{40}K)، ويعتمد هذا النشاط على مدى احتواء الصخر على هذه العناصر المشعة. ويمكن من خلال هذا القياس تحديد الخلفية الإشعاعية للعناصر، حيث لكل عنصر طاقة غاما، تميزه عن غيره (Schlumberger، ١٩٨٩). حيث تظهر طاقة غاما الصادرة عن العناصر المشعة (^{40}K : 1.46 Mev، ^{232}Th : 2.62 Mev، ^{238}U : ٠.٧٦ Mev).

يشير تسجيل إشعاعات غاما الطبيعية إلى النشاط الإشعاعي للطبقات، حيث تمثل القيم المنخفضة لإشعاع غاما التشكيلات النظيفة، أما القيم العالية للإشعاع تدل على التشكيلات التي تمتلك خلفية إشعاعية كبيرة مما يمكننا التمييز بين التشكيلات الخازنة وغير الخازنة، بالإضافة إلى استخدام هذا التسجيل في عمليات المضاهاة بين الآبار، وتحديد الحدود الفاصلة بين الطبقات، وبالتالي تحديد سماكة التشكيلات .

٣- قياس الكثافة (Density Log):

يعتمد مبدأ قياس الكثافة بإطلاق السابرة حزم من أشعة غاما ذات طاقة عالية باتجاه التشكيلة من منبع صناعي مثبت أسفل السابرة. تتصادم هذه الأشعة مع إلكترونات المدارات الذرية للعناصر المكونة للصخر، يؤدي تصادمها إلى انخفاض طاقتها وتغامدها، وتتعلق المسافة التي تقطعها أشعة غاما بكثافة هذه الإلكترونات أي بكثافة المادة الصخرية (Schlumberger)، 1997. تفقد أشعة غاما طاقتها خلال ثلاثة أشكال من التفاعل حسب الطاقة التي تحملها هذه الأشعة:

٣-١ - ظاهرة تناثر كومبتون Compton Scattering : وهي عبارة عن اصطدام فوتونات أشعة غاما

مع إلكترون الصخر مما يؤدي لانخفاض طاقة الفوتون ويتغير مساره، وهي العامل الرئيس

في تسجيل الكثافة الإجمالية، تحدث في المستويات ذات الطاقة بين (0.5-5) mev.

٣-٢ - تشكل الأزواج Pair Production : وهي عبارة عن اصطدام الكترون وبيزترون بمدارات قريبة

من نواة الذرة، تحدث هذه الظاهرة في المستويات الطاقية العالية الأكبر من 5mev.

٣-٣ - ظاهرة الامتصاص الكهروضوئي Photoelectric Absorption : وهي عبارة عن امتصاص

الأشعة المنبعثة من المنبع من قبل إلكترون الصخر مما يؤدي لانفصاله عن مدارات الذرة،

وتحدث عند مستويات ذات طاقة أقل من نصف مليون الكترون فولط.

تقيس تسجيلات الكثافة، الكثافة الالكترونية، والتي تمثل الكثافة الإجمالية pb والتي تتعلق بليثولوجيا

الصخر، وأيضاً كثافة المائع والفراغ المسامي، والتي ترتبط بمنطقة الطاقة العالية (تناثر كومبتون).

كما تقيس السوابر الحديثة كل من الكثافة الإجمالية ومقطع الامتصاص الكهروضوئي (PEF)

(الجدول ٤-١)، والتي ترتبط بمنطقة الطاقة المنخفضة (الامتصاص الكهروضوئي).

٤ - قياس الامتصاص الكهروضوئي (PEF):

يستخدم هذا القياس لتحديد نوعية الصخر وهو أحد مخرجات قياس الكثافة، يعتمد على تفاعل أشعة

غاما مع الكترونات العناصر المكونة للصخر، حيث أن اصطدام أشعة غاما مع جزيئات الصخر يفقدها

طاقتها تدريجياً إلى أن تصبح معرضة للامتصاص من قبل الكترونات العناصر المكونة للصخر، مما

يكسب هذه الالكترونات طاقة معينة، تجعلها تصعد لمدارات ذات طاقة أكبر وسرعان ما تفقد الالكترونات الطاقة المكتسبة وتطلق طاقة معينة تتناسب مع عدد بروتونات نواة العنصر، بالتالي تميز الطاقة التي تطلقها النواة كل عنصر عن الآخر لأن لكل عنصر عدد بروتونات خاصة به (الجدول ٢-١).

جدول (٢-١): قيم الكثافة و PEF لبعض أنواع الصخور (Schlumberger,1989):

المادة	رمل	دولوميت	كالسيت	صفاح	انهدرت	ملح
الكثافة الاجمالية g/cm^3	2. 64	2. 85	2. 71	2. 3-2. 6	2. 98	2. 04
PEF	٨١ .١	١٤ .٣	٠٨ .٥	٥ .٢-٥ .٤	٠٥ .٥	٦ .٤

٥- قياس النترون (Neutron Log):

يتم القياس من خلال منبع يصدر نترونات ذات طاقة عالية تصطدم بنوى الذرات المكونة للصخر، وكل تصادم يفقد النترونات طاقتها وذلك حسب كتلة النوى التي تصطدم معها بحيث تكون الخسارة مرتبطة بكتلة النيترون ، أما في حال اصطدامها بنوى ذات كتل مساوية لها تكون الخسارة أعظمية، كما هو الحال في نوى ذرات الهيدروجين فإن الخسارة في الطاقة تكون أعظمية (والذي يعد المخدم الرئيسي للنترونات)، كما تتعرض النترونات إلى الالتهام من قبل نوى ذرات المادة المكونة خصوصاً (B,F,CL) التي تتهيج بدورها لتصدر طاقة على شكل أشعة غاما تعبر عن طبيعة العنصر (Bosma. p. j,1996).

تسجل قياسات النترون زمن التباطؤ النتروني مع الزمن (تعداد النترونات من خلال المكاشيف وتباطؤ النترونات إلى المستويات الفوق حرارية ومن ثم إلى الحرارية)، ويعتمد هذا التباطؤ النتروني بشكل رئيسي على دليل الهيدروجين (HI)، ويظهر التسجيل المسامية بشكل مباشر.

٦- القياس الصوتي (Sonic Log):

تتم من خلال إصدار أمواج صوتية من منبع أو أكثر موجود على السابرة إضافة لوجود مستقبيلات بتباعدات ثابتة عن المنبع. تقيس السوابر الصوتية أزمنة الارتحال لهذه الأمواج عبر التشكيلات الصخرية. تمثل تسجيلات السوابر الصوتية المسامية الأولية (المسامية بين الحبية)، فالأمواج الصوتية لا تمر عبر الشقوق والفجوات في الصخور (المسامية الثانوية) بل تميل إلى المرور خلال هيكل الصخر. يمكن من خلال مقارنة القياس الصوتي مع قياس (الكثافة والنترون) التي تقيس المسامية الكلية، إلى التعرف على المسامية الثانوية وإمكانية تحديدها والتي تكون ناتجة عن التشققات والفجوات الانحلالية (Schlumberger, ١٩٨٩). ويوجد قيم ثابتة للقياس الصوتي لكل نوع ليثولوجي معين (الجدول ٢-٢).

الجدول (٢-٢): قيم ثوابت القياس الصوتي لبعض أنواع الصخور (Schlumberger, 1989):

المادة	رمل	كالسيت	دولوميت	انهدرت	ملح	غضار
القياس الصوتي $\mu\text{sec/ft}$	٥.٥٥	٥.٤٧	٥.٤٣	٥٠	٦٧	٨٠ - ١٠٠

ملاحظة: تتم عملية التفسير بالاعتماد على مقارنة كافة القياسات المسجلة في البئر، حيث أنها تعمل بشكل متكامل ولا يمكن الاعتماد على قياس واحد فقط من أجل الدراسة، ويتم في بعض الأحيان استبعاد أحد القياسات التي يمكن أن تعطي قراءة خاطئة (مثل قياس الكثافة والنترون في حال وجود تكهفات كبيرة في جدار البئر، أوفي حال تواجد الباريت).

٢-٢- برنامج التفسير IP (Interactive Petrophysics V3. 5):

نظراً لصعوبة معالجة البيانات المأخوذة من قراءات السواير الجيوفيزيائية البئرية، وصعوبة رسم المنحنيات والمخططات الضرورية للدراسة يدوياً، وبسبب الكم الهائل من هذه البيانات، فقد تم اللجوء للاستعانة ببرامج حاسوبية، لتسهيل عملية التفسير وتوفير الوقت والجهد، (ويوجد عدة برامج تعود لعدة شركات، تهتم في هذا المجال ولها إصدارات متعددة)، وقد استخدمنا في هذه الدراسة برنامج IP V3. 5 والذي يعود لشركة (Senergy) ويقتصر دور البرنامج على تسريع التفسير فقط، ولا يقوم بالتفسير، بل تكون هذه العملية على عاتق المستخدم. تم تطوير البرنامج من قبل البتروفيزيائيين بغرض تنفيذ الأعمال المطلوبة، يختلف البرنامج حسب التصميم، السرعة، الدقة، والتنوع. وهو أداة سهلة الاستخدام لتحليل القياسات البئرية. يقوم برنامج IP بالحسابات المطلوبة ويعرض النتائج بسرعة. يتم القياس والتحليل باستخدام ثلاث مراحل:

١- حجم الغضار (الشيل) Clay Volume.

٢- المسامية والتشبع المائي Porosity and Water Saturation .

٣- الحدود الحدية وتجميعها لتعميمها Cutoff and Summation.

يمكن ادخال البيانات على البرنامج بلواحق مختلفة (DLIS ، LIS، LBS، LAS3، LAS،ASCII)، واستخدم في هذه الدراسة اللاحقة LAS.

٣-٢- إدخال البيانات والتفسير:

تم حفر تسعة آبار في الحقل المدروس توزعت في بلوكات مختلفة ضمن الحقل، وسيتم التفسير والدراسة على أربعة منها: GHAOD، GHAOG، في الجزء الجنوبي من الحقل، GHA0H في الشمال الغربي، GHA0B في أقصى الشمال.

٣-١- إدخال البيانات:

تم إدخال البيانات بصيغة LAS/LBS لكل بئر مع وضع الأعماق المطلوبة لكل بئر (السطح العلوي TOP، السطح السفلي Bottom)، وتم التعامل مع القياسات التالية (الجدول ٣-٢):

الجدول (٣-٢): القياسات المستخدمة في عملية التفسير.

Scall	القياس
0_150 API	قياس الاشعاع GR
0.2_2000 Ohm/m	قياس المقاومة R
1.95_2.95 G/Cm ³	قياس الكثافة Density
0.45_-0.15 V/V	قياس النترون Netroun
160_40 μ S/F	القياس الصوتي Sonic
6_16 in	قياس قطر البئر Caleper
6_16 in	قياس قطر رأس الحفر Bitsiz

سيتم في كل بئر تحديد المسامية وحجم الشيل والإشباع.

٣-٢- تسلسل خطوات التفسير:

- إدخال القياسات لكل بئر.
- وضع مخططات Histograms.
- تحديد مقاومة المياه الطبقة لكل بئر.
- حساب حجم الشيل .
- حساب المسامية.
- حساب الإشباع.
- نمط الغضار.

٢-٤- التقييم البتروفيزيائي للآبار:

تم تنفيذ تسجيلات القياسات البئرية على تسعة آبار باتجاهات وبلوكات مختلفة في حقل الدراسة وبأعوام مختلفة، من قبل شركة شلمبرجير (Schlumberger). وسنستعرض أربعة من هذه الآبار في هذا الفصل واحدة منها منتجة (GHA0G)، وثلاثة جافة (GHA0H، GHA0D، GHA0B). ولقد وجد آثار للمادة النفطية في البئر GHA0D.

يظهر في الجدول (٢-٤) العمق المستخدم لكل بئر (عمق التشكيلة الهدف) والعام الذي تم الحفر فيه. سنقوم بتفسير القياسات اعتباراً من عمق التشكيلة الهدف (RU) وحتى نهايتها، من خلال القياسات المنفذة في الآبار، وهي قياسات الكثافة والنترون، قطر البئر، قطر رأس الحفر، المقاومة الضحلة والعميقة، GR.

الجدول (٢-٤): يبين أعماق الحفر وتاريخه لكل بئر:

البئر	تاريخ الحفر	Top Depth	Bottom Depth
GHA0B	17-5-1992	2225	2420
GHA0D	11-12-1992	2350	2520
GHA0G	9-5-1996	2340	2400
GHA0H	8-8-2004	2300	2430

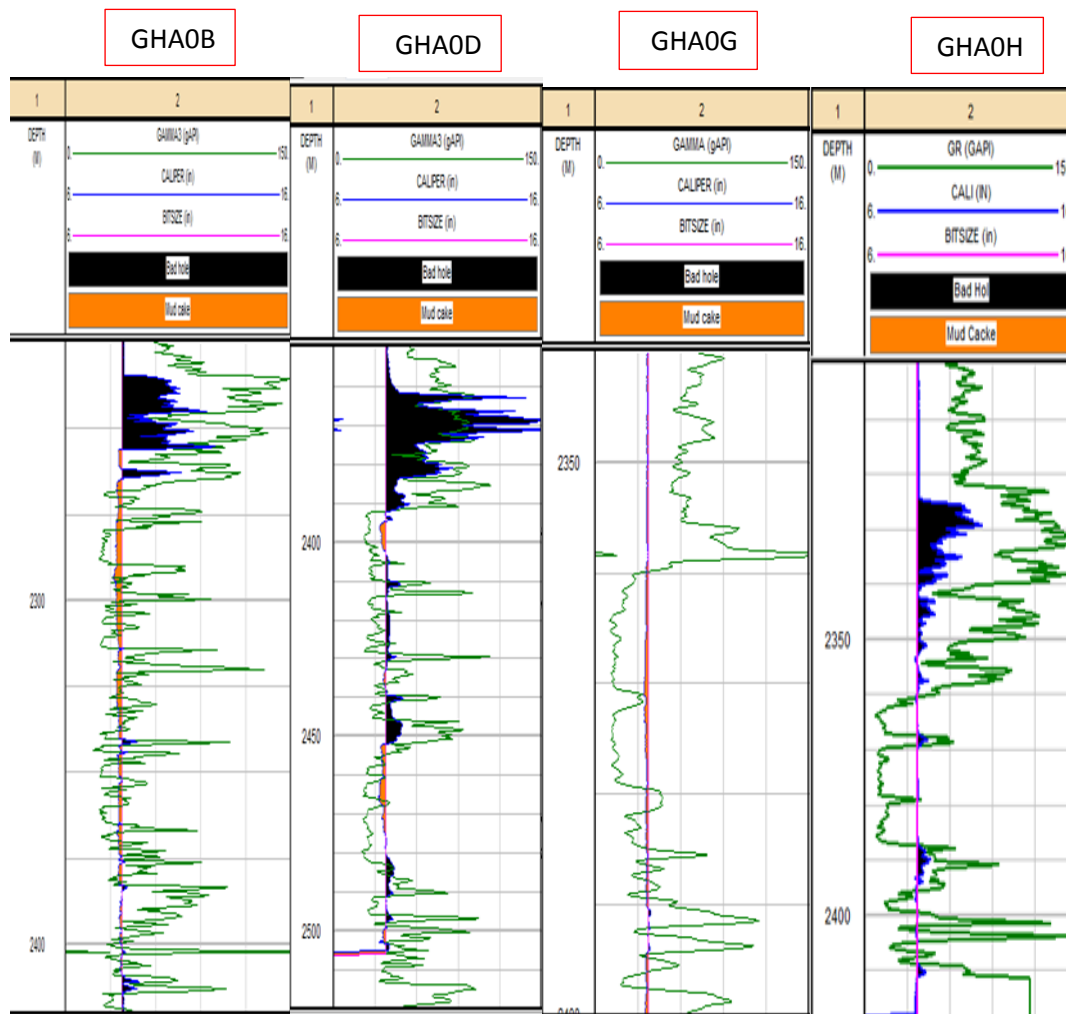
خطوات التقييم:

- تفسير القياسات (GR، Caleper، Bitsize، Resistivity، Density، Neutron).
- مخططات تكرارية (هستوغرام).
- حساب مقاومة المياه الطبقة.
- حساب حجم الشيل.
- حساب المسامية والنفاذية.
- حساب الاشباع المائي.
- إنشاء الموديل الليثولوجي والإشباعي.

٢-٤-١- تفسير التسجيلات المقيسة :

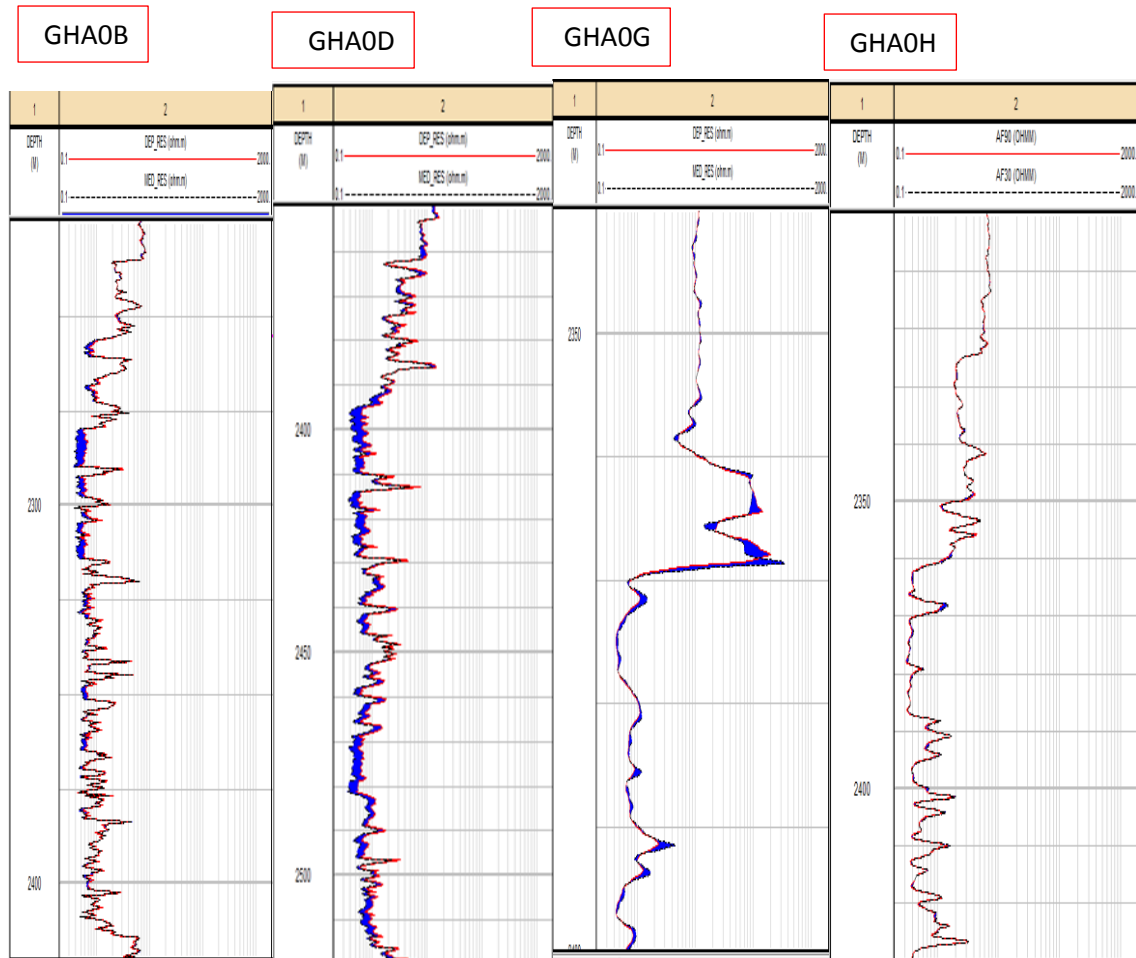
اعتمدنا في تفسير تسجيلات القياسات، على متابعة كل من تسجيلات المقاومة والإشعاعية والنترونية والكثافية وملاحظة تغيراتها في الآبار. سنبدأ بالتسجيلات الإشعاعية وقطر رأس الحفر وقطر البئر. تتعلق إشعاعية الطبقة بمدى احتواء الصخور المكونة لها من المواد المشعة، بالإضافة لتأثر القياس

الإشعاعي بالموائع الموجودة في الطبقة، وقد نستدل من هذه القيم على ليثولوجيا الطبقة، لكنه لا يعطينا بمفرده تفسيراً دقيقاً وصحيحاً بل يجب مقارنته مع تسجيلات أخرى (المقاومية، SP، الكثافة والنترون) للتأكد من صحة التفسير. وتعتبر أدنى قيمة لتسجيل الإشعاع الطبيعي عن الطبقات ذات الإشعاعية المنخفضة (كالرمال وغيرها)، وتعتبر أعلى قيمة للتسجيل الإشعاعي عن الطبقات ذات الإشعاعية العالية (كالغضار)، كذلك يتأثر تسجيل GR (اللون الأخضر) بقطر البئر وقطر رأس الحفر وإن انطبق أو عدم انطباق التسجيلين (Caliper، Bit size) يعطي دلالتين، فعندما يكون قطر رأس الحفر أكبر من قطر البئر فهذا يدل على تشكل كعكة طينية تعطي سماكة، تقلل من قطر البئر، أما في الحالة المعاكسة (قطر البئر أكبر من قطر رأس الحفر) هذا يدل على وجود تكهف أدى لتوسيع قطر البئر. يبين الشكل (٢-١) تسجيل أشعة غاما في آبار الحقل ويلاحظ من الأشكال ازدياد وتناقص التسجيل الإشعاعي مع اختلاف الليثولوجية، ويدل اللون الأسود في الأشكال على وجود تكهف (bad hole)، أما اللون البرتقالي فيدل على الكعكة الطينية (mud cake).



الشكل (٢-١): يبين تسجيل GR، Caliper، Bit size للآبار.

أما فيما يتعلق بتسجيل المقاومة (الشكل ٢-٢) فهو يعبر عن الإشباعات ونوع الموائع التي تملأ المسام. ويعد مؤشر الإشباع المائي، توافق الانخفاض في قيم المقاومة مع الانخفاض في قيم الإشباع. كما ويعد مؤشر الإشباع هيدروكربوني توافق الارتفاع في قيم المقاومة مع الانخفاض في قيم الإشباع، كما يدل التباعد بين منحنيات المقاومة العميقة والضحلة على حركية موائع الطبقة، ويدل التطابق بين المنحنيات على الطبقات كتامة، أو تساوي مقاومة راشح الحفر مع مقاومة المياه الطبقة. يدل اللون الأزرق في الشكل (٢-٣) على تباعد منحنيي المقاومة الضحلة والعميقة.



الشكل (٢-٢): تسجيل المقاومة في الآبار.

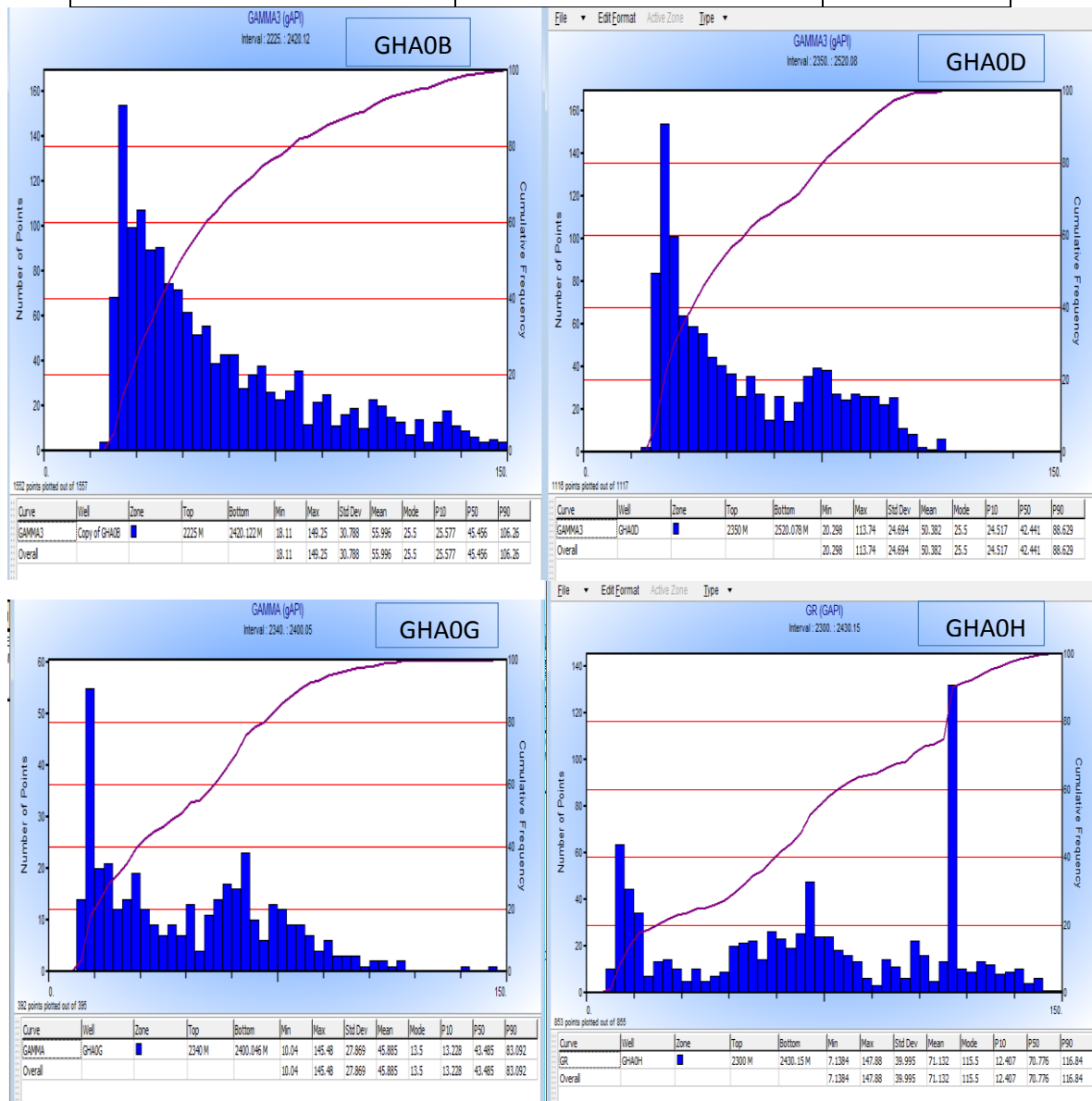
٢-٤-٢-٢- المخططات المنجزة :

٢-٤-٢-٢-١- مخططات تكرارية (هيستوغرام): الهدف من وضع المخططات التكرارية هو الحصول على معلومات أولية عن التشكيلة المخترقة. ويمكن لهذه المخططات أن تكون لقياس معين ممثل على المحور X والمحور Y يمثل عدد مرات القياس. تمثل المخططات التكرارية (الشكل ٢-٣) توزيع قيم قياس GR للآبار (GHA0D، GHA0H، GHA0B، GHA0G)، حيث يمثل المحور X القياس والمحور Y عدد مرات

القياس، ويظهر في كل مخطط القيمة العليا والدنيا لقياس GR. يبين الجدول (٢-٥) القيم الدنيا والعليا لقياس GR في الآبار.

الجدول (٢-٥): قيم قياس GR للآبار (GHA0H، GHA0G، GHA0D، GHA0B).

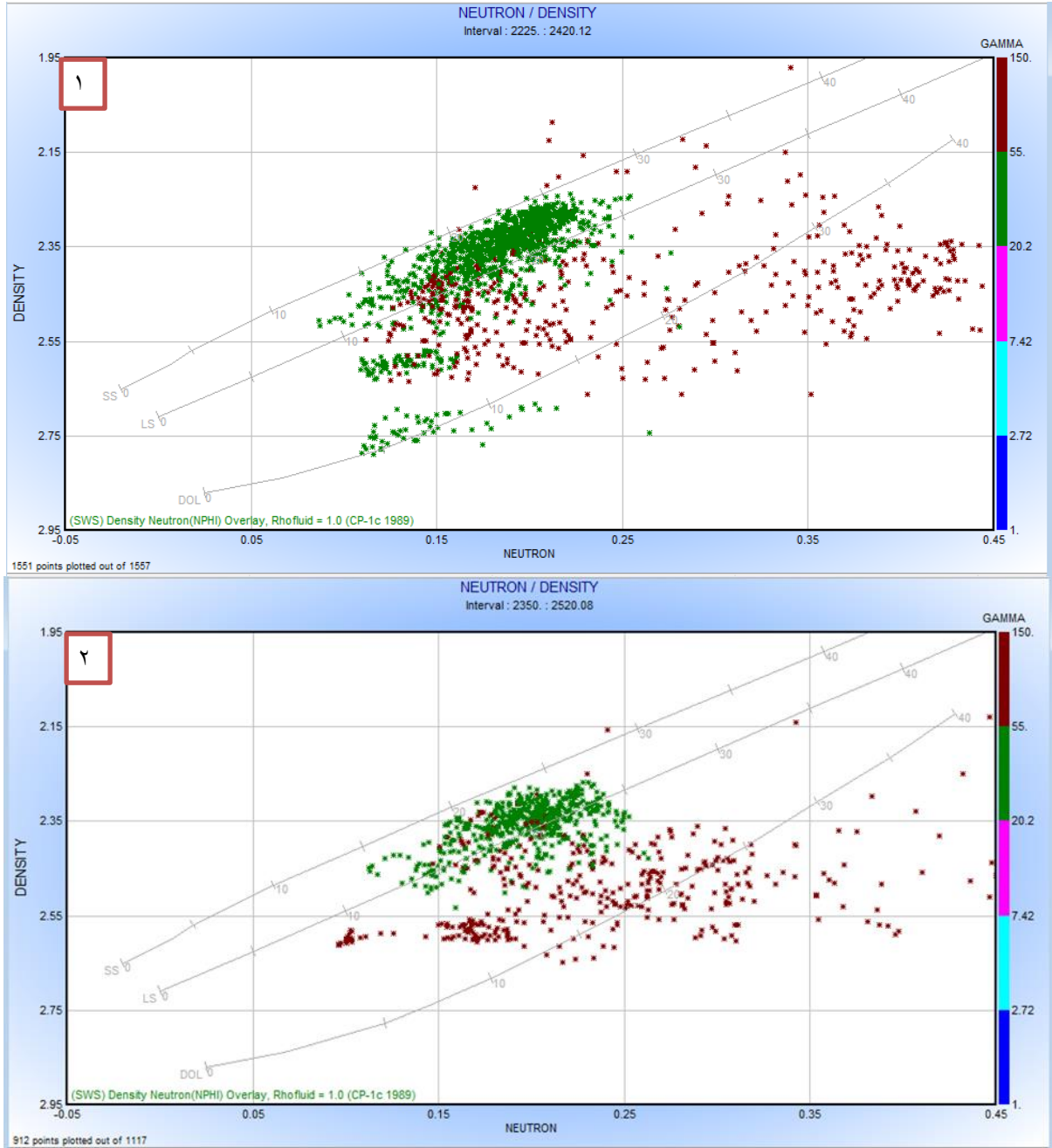
البئر	القيم العليا لقياس GR (Max)	القيم الدنيا لقياس GR (Min)
GHA0B	٢٥ .١٤٩	١١ .١٨
GHA0D	٧٩ .١١٣	٢٩٨ .٢٠
GHA0G	٤٨ .١٤٥	٠٤ .١٠
GHA0H	٨٨ .١٤٧	١٣٨ .٧

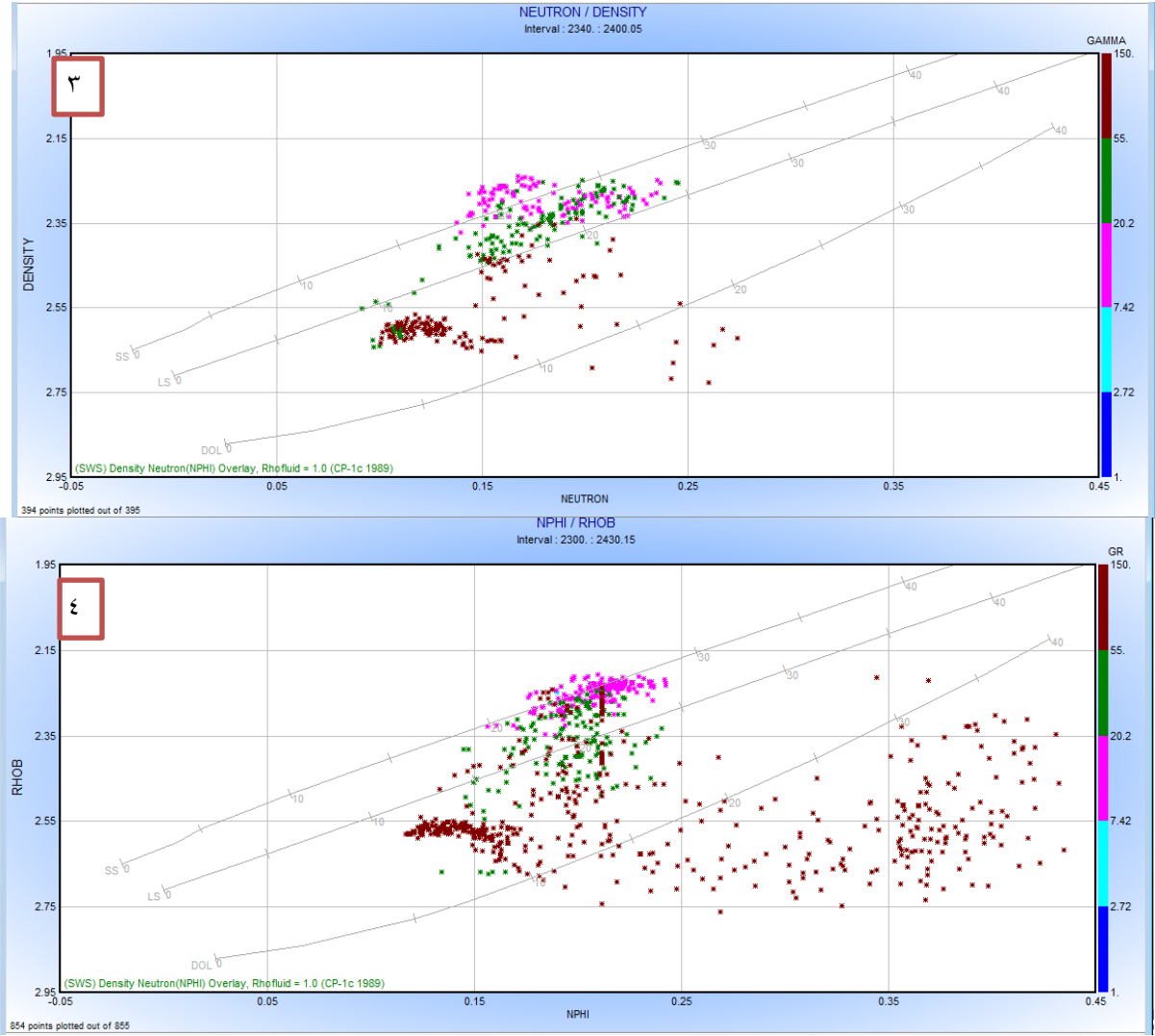


الشكل (٢-٣): مخططات تكرارية تمثل قيم قياس GR للآبار.

٢-٢-٤-٢- مخططات التقاطع: تمثل مخططات التقاطع (الشكل ٢-٤) قيم مختلفة للقياسات:

النترونية، الكثافية والاشعاعية، وتكون كل من تلك القياسات على محور معين وفق المخططات الموضوعية من قبل شلمبرجير للتفسيرات البئرية، بالإضافة إلى أن هذه المخططات، تقيد في معرفة الليثولوجيا السائدة في البئر حيث تظهر على المخططات منحنيات تدل على أعماق ولكل منحنى دلالة ليثولوجية معينة.





الشكل (٢-٤): مخططات تقاطع لتحديد الليثولوجيا (Density، Neutron، GR).

حيث، ١: للبتنر GHA0B، ٢: GHA0D، ٣: GHA0G، ٤: GHA0H.

٢-٤-٣- حساب مقاومة المياه الطبقيّة:

تعد مقاومة المياه الطبقيّة الركيزة الأساسيّة في حساب الإشباع المائي ، وبالتالي حساب الإشباع بالمواد الهيدروكربونية. ويوجد عدة طرق لحساب R_w :

R_w مأخوذة من الجداول المائيّة: حيث يتم قياس R_w من عينات مائيّة مأخوذة من الطبقات الخازنة وتحليلها مخبرياً، وتعتبر هذه الطريقة لحساب مقاومة المياه الطبقيّة هي الطريقة الأفضل.

R_w من التحاليل الكيميائيّة: يتم اللجوء لهذه الطريقة عند عدم التمكن من استخدام الطريقة الأولى حيث، يتم الحصول على مقاومة المحلول الكهربائي من نتائج تحليله الكيميائي.

R_w من تسجيل الكمون الذاتي SP: يتم ذلك من منحني SP في الطبقات النظيفة غير الغضارية، حيث ترتبط قيمة الكمون الذاتي في الطبقات الخالية من الغضار بالنشاط الكيميائي لكل من ماء الطبقة وراشح سائل الحفر.

R_w من مخططات Pickett Pilot: تكون هذه المخططات ثلاثية الإحداثيات Z, Y, X: حيث تمثل:

X: قيم المسامية النترونية.

Y: قيم المقاومة العميقة

Z: قيم اشعاع GR بدون النشاط الإشعاعي (U).

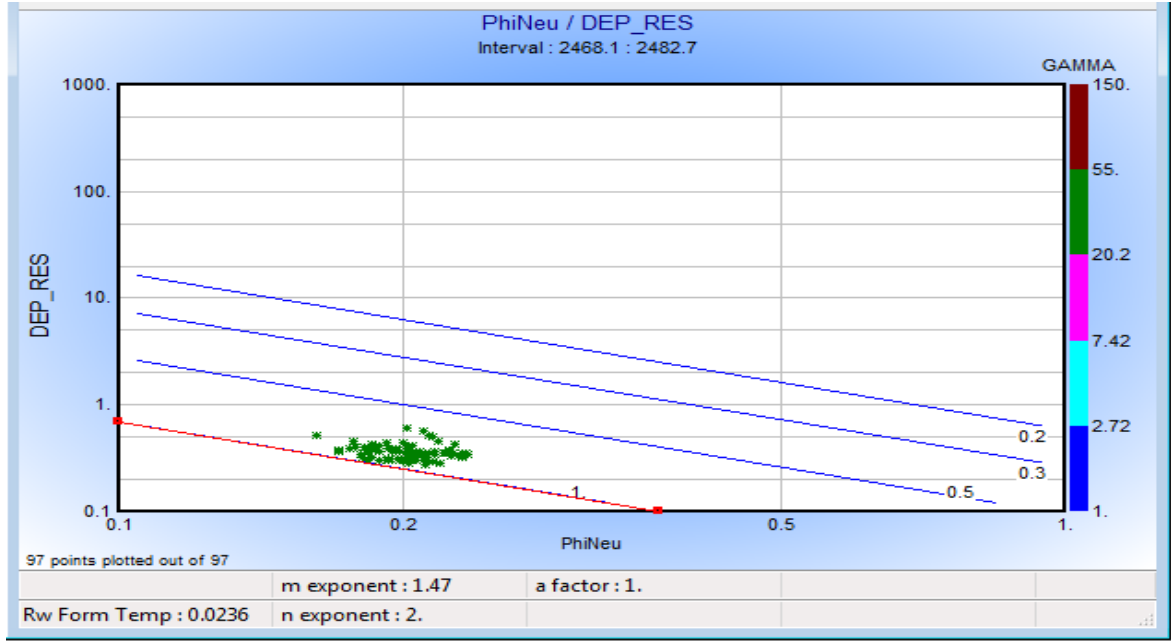
تم تطبيق هذه الطريقة في هذه الدراسة حيث أن :

X: Phi Neutron، Y: R_{Deep} ، Z: CGR، وتم افتراض مقياس لوغاريتمي لكل من المحورين Y, X. ويتم ادخال هذه القياسات للقطاع الحامل للمياه (مقاومية منخفضة واشعاعية منخفضة)، ثم بعد ذلك يتم ادخال معاملات آرشي a, n, m ، وسيتم الاعتماد على قيمة R_w المحسوبة في جميع آبار الحقل.

تبلغ سماكة القطاع الحامل للمياه 35.8 م، وتم اعتماد هذه السماكة من البئر GHA0D اعتباراً من العمق 7.2452 m وحتى 5.2488 m. وسيتم اعتماد قيمة $R_w = 0.0234$ om. M في جميع آبار الحقل.

الشكل (٢-٥): مدخلات تحديد المقاومة المائية R_w .

تدل القيم (2.0, 3.0, 5.0) (الشكل ٢-٥) على نسب الإشباع المائي S_w والتي تظهر على شكل خطوط، ويتم إزاحة الخطوط وتعديلها حتى تصل نسبة الإشباع المائي للقيمة ١ عندها تكون قيمة R_w هي قيمة المياه الطبقيّة.



الشكل (٦-٢): مخطط pickett plot لتحديد R_w .

يبين الشكل (٦-٢) قيمة R_w وقيم الإشباع المائي، ويدل اللون الأحمر على قيمة أس السمنتة، بحيث يمكن من خلال تحريك المحور، وتعديل قيمه من أجل الحصول على القيم الصحيحة.

٢-٤-٤-٢ - مقاومة سائل الحفر R_m :

يتم تحديد قيمته قبل عملية الحفر في البئر، وتتغير مقاومته بشكل كبير، فيمكن أن يكون ذو مقاومة عالية جداً، أو عازلاً ويمكن استخدام سائل حفر ذو أساس نفطي أو أساس ملحي.

٢-٤-٥-٢ - التدرج الحراري Temperature Graduation:

يتم حساب التدرج الحراري ابتداءً من قمة البئر وحتى أعرق نقطة فيه. وفي هذه الدراسة تم اعتماد الأعماق الخاصة بالتشكيلة الخازنة (الرطوبة) التي هي محور الدراسة. وتكون قيم المقاومة متأثرة بشكل كبير بدرجة الحرارة. يتم تصحيح القيم المقاسة بالنسبة لدرجة الحرارة لعمق القياس.

٢-٤-٦-٢ - حساب حجم الشيل Shale Volume Calculation:

يمثل حجم الشيل (الشكل ٧-٢) المساحة التي يحتلها الماء المحصور في الشيل والمعروف باسم المياه المرتبطة، ويعد حجم الشيل المفتاح الأساسي الذي يستخدم في تصحيح المسامية والتشبع المائي وتأثيره على المياه المرتبطة. إلا أنه من الصعب حسابه بدقة في العديد من الحالات، ويمكن أن يؤدي الإفراط في تقدير حجم الشيل إلى تشبع مائي فعال منخفض جداً، مما يجعل الخزان يبدو فعالاً، وكذلك التقليل من حجمه يعطي تشبع مائي فعال مرتفع جداً مما يؤدي لتجاوز المنطقة المنتجة. وإذا لم يتم

تصحيح حساب حجم الشيل، فهذا يؤدي إلى حسابات خاطئة في تحديد حجم الهيدروكربون كما سيؤثر على حساب المسامية الفعالة المستخدمة لتحديد الاشباع المائي الفعال، حيث يعد الشيل مؤشراً هاماً لجودة الخزان. ويمكن حساب حجم الشيل بأكثر من قياس بئري، وفي هذه الدراسة تم الاعتماد على قياس (GR) في حساب لحجم الشيل. وعادةً ما يكون الشيل أكثر إشعاعاً من الرمال والكربونات، وتستخدم أشعة غاما لحساب حجم الشيل في الخزانات المسامية، ويعبر عنه ككسر عشري أو نسبة تسمى V_{shale} . تعد طريقة حساب حجم الشيل بالاعتماد على قياس GR هي الطريقة الأدق والأكثر شيوعاً، ويتم أخذ الاستجابة القصوى لأشعة غاما كنقطة للشيل والاستجابة الدنيا كنقطة للرمل النظيفة.

يتم الاعتماد على المعادلة الخطية التالية لحساب حجم الشيل:

$$I_{GR} = V_{Sh} = \frac{GR_{log} - GR_{min}}{GR_{max} - GR_{min}}$$

GRlog: قياس غاما المسجل.

GRmax: أعلى قياس لأشعة غاما (منطقة الإشعاعية العالية).

GRmin: أدنى قياس لأشعة غاما (المنطقة النظيفة) (Asquith and Krygowski, ٢٠٠٤) ،

ويوجد عدة معادلات تستخدم لحساب حجم الشيل :

$$V_{sh} = \frac{IGR}{3 - 2 \times IGR} \quad (\text{Steiber, 1970})$$

$$V_{sh} = 1.7 - [3.38 - (IGR + 0.7)^2]^{1/2} \quad (\text{Clavier, 1971})$$

$$V_{sh} = 0.083 (2^{3.71 IGR} - 1)$$

$$V_{sh} = 0.33 (2^{2 IGR} - 1)$$

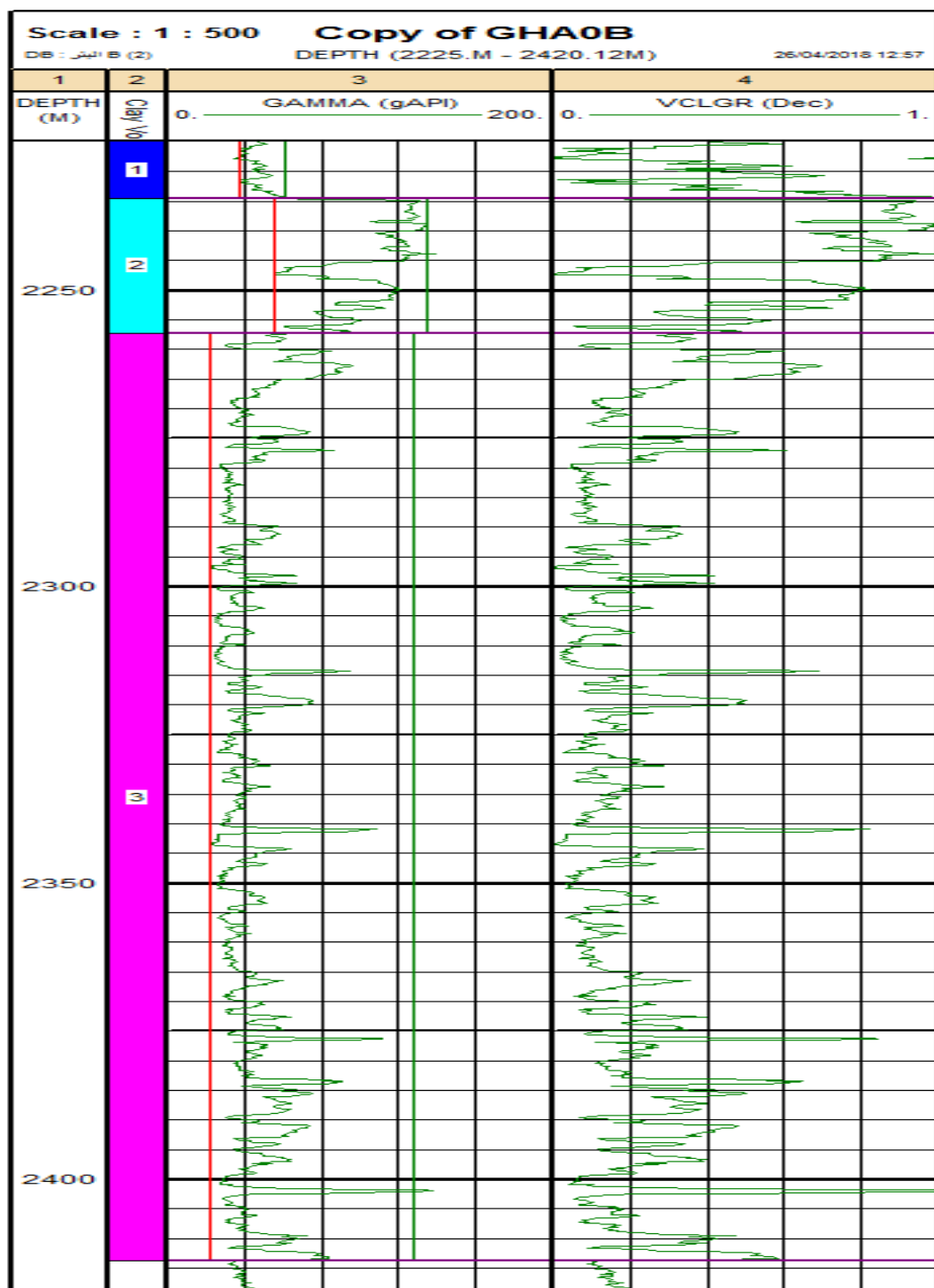
(Larionov, 1969)

للصخور الحديثة

للصخور القديمة

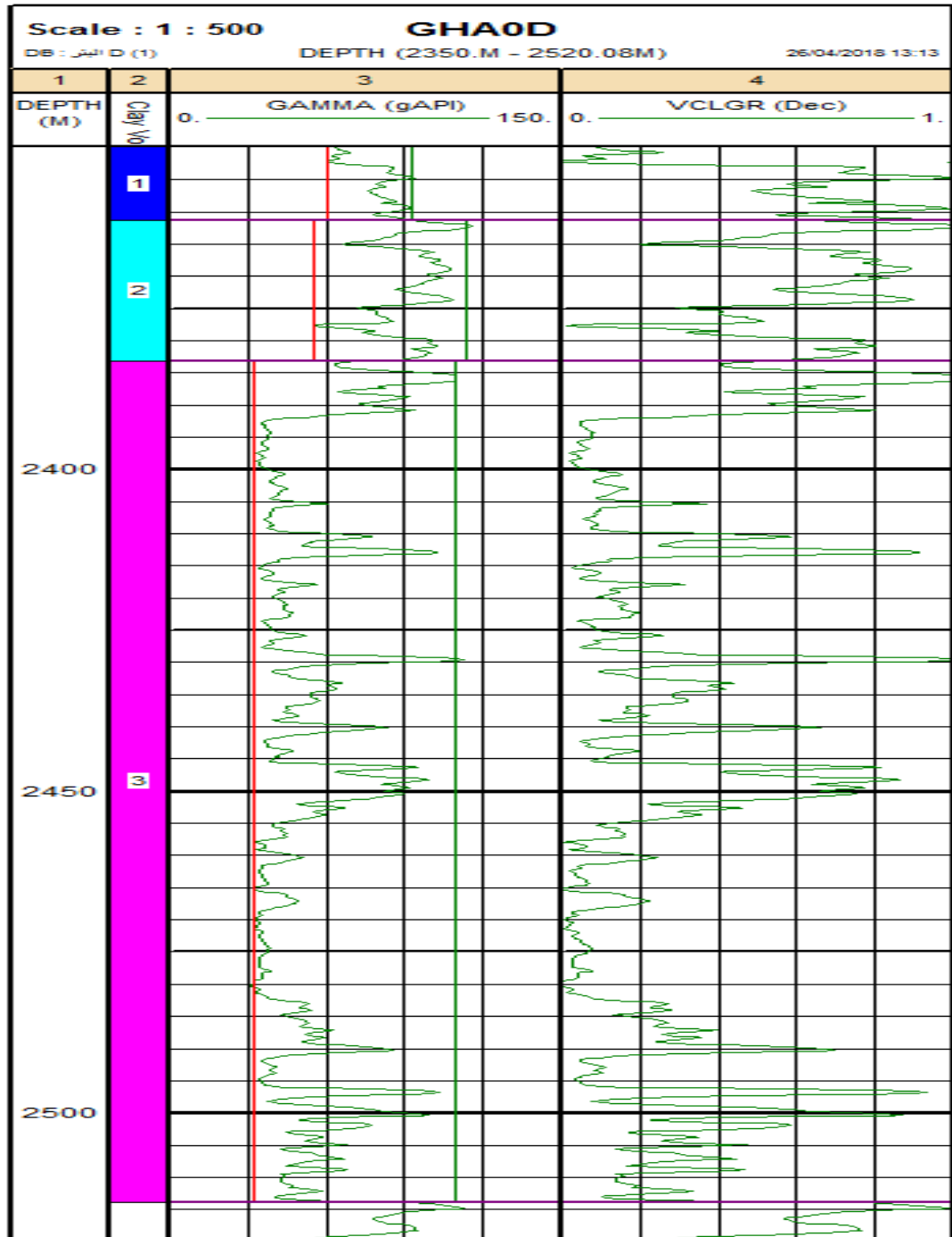
يمثل الشكل (٢-٧) حجم الشيل في الآبار (GHA0H, GHA0G, GHA0D, GHA0B) ويبين في الأشكال حجم الشيل وحجم الرمال بالاعتماد على قيم الاشعاع.

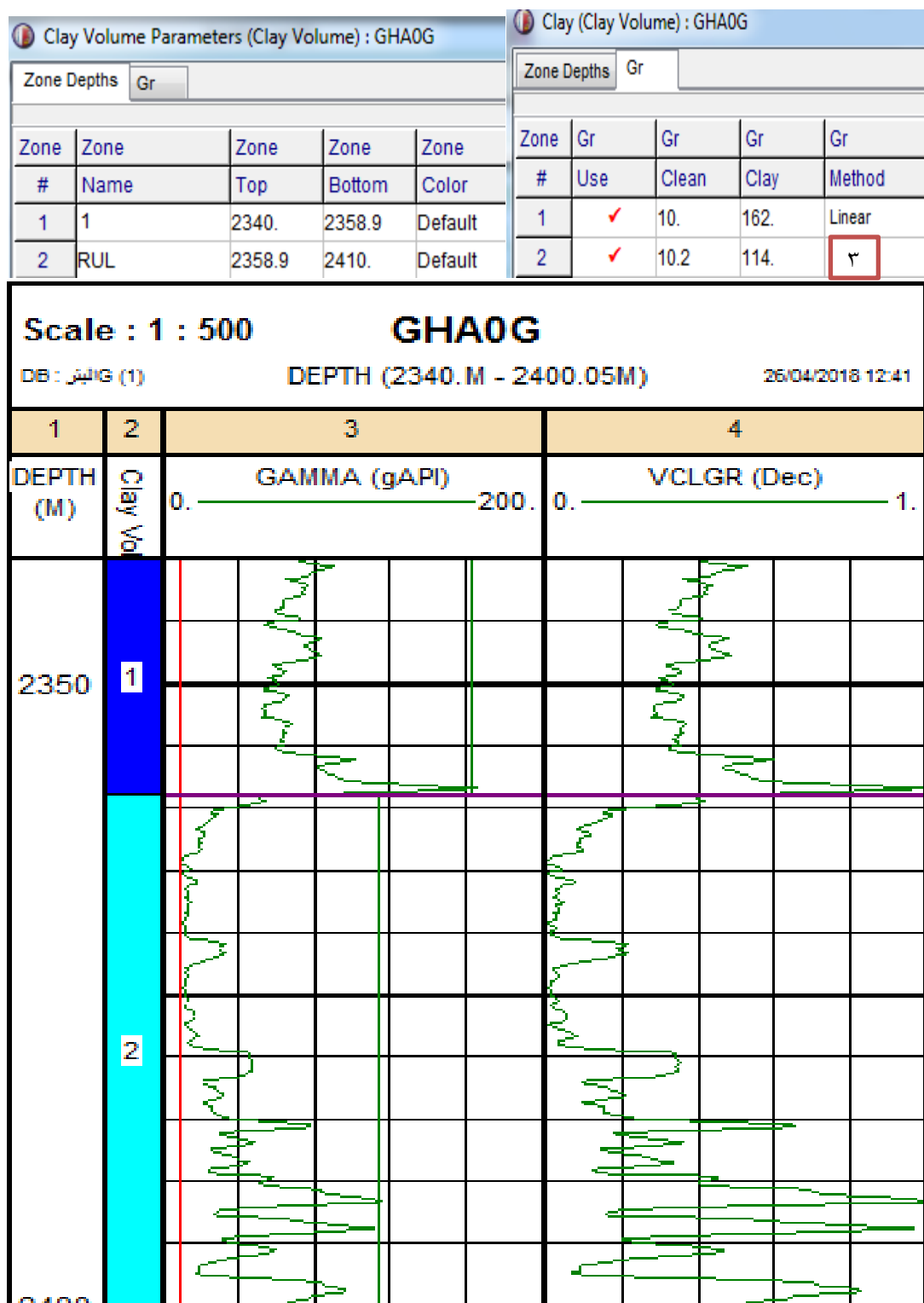
Clay (Clay Volume) : Copy of GHA0B				Clay Volume Parameters (Clay Volume) : Copy of GHA0B				
Zone Depths		Gr		Zone Depths		Gr		
Zone #	Zone Name	Zone Top	Zone Bottom	Zone #	Gr Use	Gr Clean	Gr Clay	Gr Method
1	1	2225.	2234.56	1	✓	37.	60.7	Linear
2	RUU	2234.56	2257.25	2	✓	56.2	135.	Lir
3	RUL	2257.25	2413.82	3	✓	22.7	128.	Lir



Clay Volume Parameters (Clay Volume) : GHA0D				
Zone Depths		Gr		
Zone	Zone	Zone	Zone	Zone
#	Name	Top	Bottom	Color
1	1	2350.	2361.34	Default
2	RUU	2361.34	2383.15	Default
3	RUL	2383.15	2513.91	Default

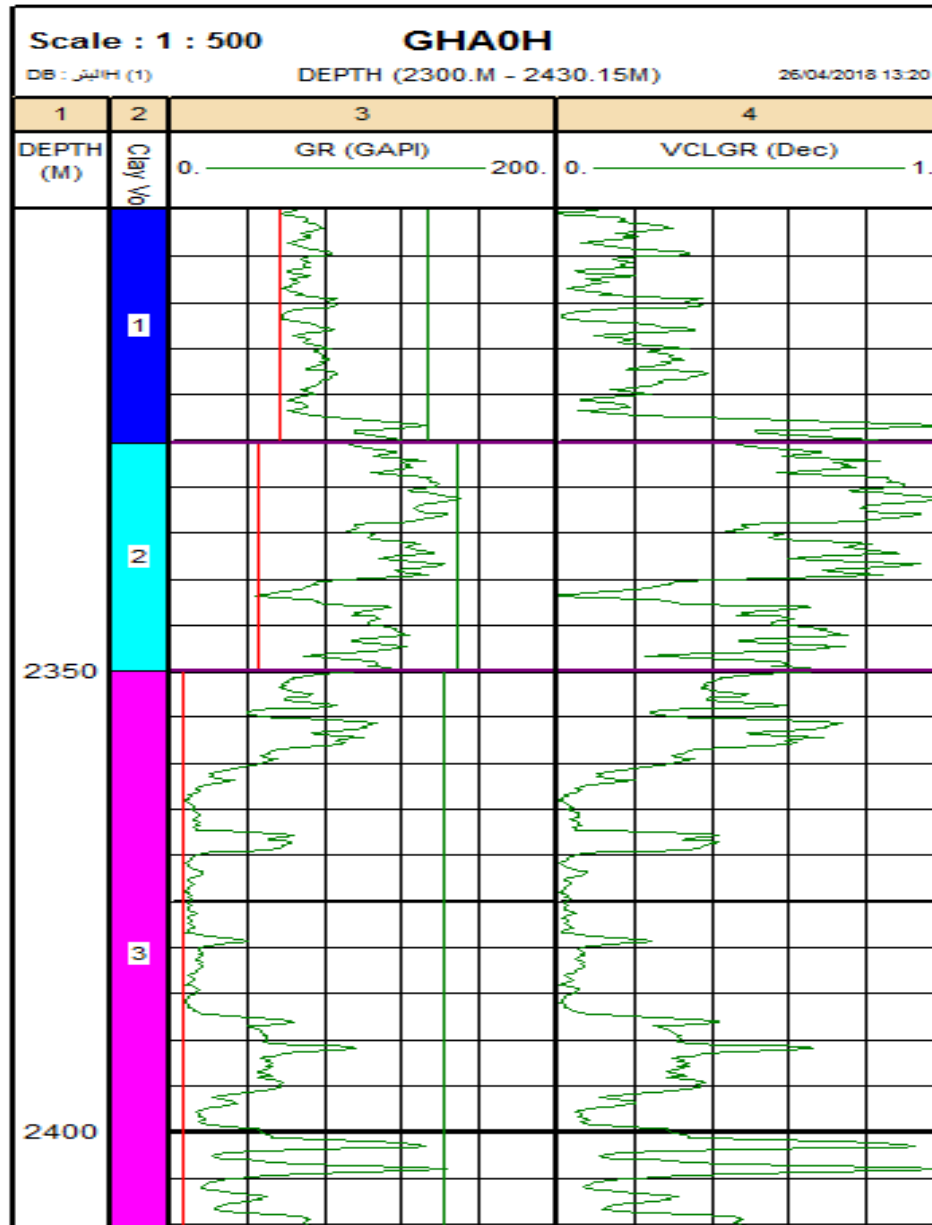
Clay (Clay Volume) : GHA0D				
Zone Depths		Gr		
Zone	Gr	Gr	Gr	Gr
#	Use	Clean	Clay	Method
1	✓	60.9	93.	Linear
2	✓	54.9	114.	Linear
3	✓	32.1	109.	Li ٢





Clay Volume Parameters (Clay Volume) : GHA0H					Clay (Clay Volume) : GHA0H				
Zone Depths Gr					Zone Depths Gr				
Zone	Zone	Zone	Zone	Zone	Zone	Gr	Gr	Gr	Gr
#	Name	Top	Bottom	Color	#	Use	Clean	Clay	Method
1	1	2300.	2325.22	Default	1	✓	57.	133.	Linear
2	RUU	2325.22	2349.94	Default	2	✓	46.	149.	Linear
3	RUL	2349.94	2411.6	Default	3	✓	7.13	142.	Linear

٤



الشكل (٢-٧): حساب حجم الشيل للآبار .

حيث، ١: لليبئر GHA0B، ٢: GHA0D، ٣: GHA0G، ٤: GHA0H.

٢-٤-٧- حساب المسامية والنفاذية:

• حساب المسامية Porosity:

يمثل حساب المسامية أساساً في حساب الاشباع المائي، ويمكن اشتقاق المسامية من ثلاث سوابر للتسجيلات التالية (Density، Neutron،Sonic) .

حيث تستجيب سابرة الكثافة للكثافة الالكترونية للعناصر المكونة للصخر، وتمثل الكثافة الاجمالية للتشكيلة ρ_b ، والتي ترتبط بكثافة الهيكل الصخري وكثافة السائل في المسام (المياه المالحة، الكعكة الطينية، الهيدروكربون) إضافة للمسامية، وتستخدم العلاقة التالية لحساب المسامية المشتقة من الكثافة:

$$\phi_D = \frac{\rho_{ma} - \rho_b}{\rho_{ma} - \rho_f} \quad (\text{Antwan, 1988})$$

حيث ρ_b : الكثافة الاجمالية للهيكل الصخري، و ρ_f : كثافة السائل، ρ_{ma} : كثافة المادة الصخرية (لكل من كثافة السائل والهيكل الصخري قيم محددة حسب طبيعة السائل ومادة الصخر موضحة في الجدول ٢-٢).

أما تسجيلات النترون، فتقيس التباطؤ النيوتروني والذي يرتبط بتركيز دليل الهيدروجين في التشكيلة، حيث تكون المسامات في التشكيلات النظيفة الخالية من الشيل مملوءة بالنفط أو الماء لذلك يتركز الهيدروجين في هذه المسام المملوءة بالسائل، ويرتبط فقدان الطاقة بمسامية التشكيلة وطبيعة الموائع، حيث أنه في الصخور الكتيمة (كالشيل) يكون ذو مسامية نترونية مرتفعة لاحتوائه على مياه مرتبطة، أما الغاز يكون ذو مسامية نترونية منخفضة، بسبب فقره بدليل الهيدروجين (Barker & Gilchris, 2008).

يعتمد حساب المسامية من القياسات الصوتية على عدة متغيرات منها، مادة الهيكل الصخري، توزع المسامات، وسرعة الأمواج التشكيلات، حيث تقيس أزمنة الارتحال وهي الفاصل الزمني لعبور الصوت عبر التشكيلة، ويمكن كتابة معادلة المسامية المشتقة من القياس الصوتي بالشكل:

$$\phi_S = \frac{\Delta T_{Log} - \Delta T_{mat}}{\Delta T_f - \Delta T_{mat}} \quad (\text{Etnyre, 1989})$$

حيث ΔT_{Log} : زمن العبور في التشكيلة.

ΔT_{mat} : زمن العبور في الصخر.

ΔT_f : زمن العبور للسائل داخل التشكيلة.

حيث:

نوع المادة	زمن العبور
حجر كلسي	47. 6 $\mu\text{sec/ft}$
دولوميت	43. 5 $\mu\text{sec/ft}$
مياه عذبة	189 $\mu\text{sec/ft}$
مياه مالحة	185 $\mu\text{sec/ft}$

• النفاذية Permeability:

تعرف النفاذية بأنها خاصية قابلية الصخور للسماح للمائع بالحركة من خلالها، ويتم الاعتماد في حساب النفاذية على قيمة المسامية الفعالة (PHIE Efective) وعلى الاشباع المائي الغير قابل للانقاص (S_{wi}) وعلى ثلاث ثوابت c, b, a .

$$K=a \frac{\text{Phi}^b}{S_{wi}^c}$$

يوجد ثلاث طرق لحساب النفاذية حسب قيم الثوابت:

Timur	$c=2, b= 4. 4, a= 858$
Morris Biggs Oil	$c=2, b=6, a= 62500$
Morris Biggs gas	$c=2, b=6, a= 6241$
Schlumberger Chartk3	$c=2, b=4. 5, a= 10000$

٢-٤-٨- حساب الاشباع المائي Water saturation calculation:

يتعلق الاشباع المائي (الشكل ٢-٨) بكل من مقاومة الطبقة المائية وثوابت آرشي، وهي عبارة عن ثلاث ثوابت، ولها قيم معينة حسب الليثولوجيا. وهذه الثوابت هي:

أس السمنتة أو أس المسامية (m) Cementation: يتعلق بشكل المسام والملاط الرابط بين الحبات، يتم تحديده تجريبياً وتقدر قيمته ب 2 ويمكن أن تكون أقل من ذلك في الصخور الكربوناتية المشققة، وقد تصل إلى ٣ في بعض الصخور الأوليتية المتراصة.

أس الإشباع (n) Saturation exponent: تشير بعض القياسات المخبرية لتفاوت قيمة أس الإشباع لكن معظم العينات الصخرية تعطي قيمة لأس الإشباع بحدود 2، إلا إذا تم معرفة قيمة أس الإشباع (Rider. M، ٢٠٠٢).

ثابت (a): يتعلق بحجم الحبات وارتصاصها وتماسكها وتتراوح قيمته 0.81 في الصخور الرملية المفككة وتصل حتى 1 في الرمال المترصة.

وتكون الموائع الموجودة في الطبقات عبارة عن خليط من الماء والهيدروكربون. ولحساب حجم الهيدروكربون الموجود يجب أولاً حساب حجم الماء الموجود في الطبقة من علاقة آرشي ذلك أن الماء بعكس الهيدروكربون يعد ناقلاً للتيار الكهربائي. قدم آرشي عام 1942 معادلة تقوم على التجارب المخبرية على الرمال النظيفة:

$$S_w^n = \frac{a \cdot R_w}{R_t \cdot \phi^m}$$

يتم حساب الاشباع الهيدروكربوني في التشكيلة اعتماداً على هذه المعادلة من العلاقة $S_h = 100 - S_w$ حيث أن كمية الماء والهيدروكربون تكون مساوية ١٠٠%، ونظراً للزوجة الهيدروكربون فإن جزءاً منه يبقى ملتصقاً بجواف الحبات الصخرية (النفط المتبقي).

ويتم حساب حجم النفط القابل للحركة من الفارق بين الاشباع المائي المحسوب في القطاع العميق (S_w) والاشباع المائي المحسوب في القطاع المغسول (S_{xo}) من العلاقة :

$$S_h(\text{movable}) = S_{xo} - S_w$$

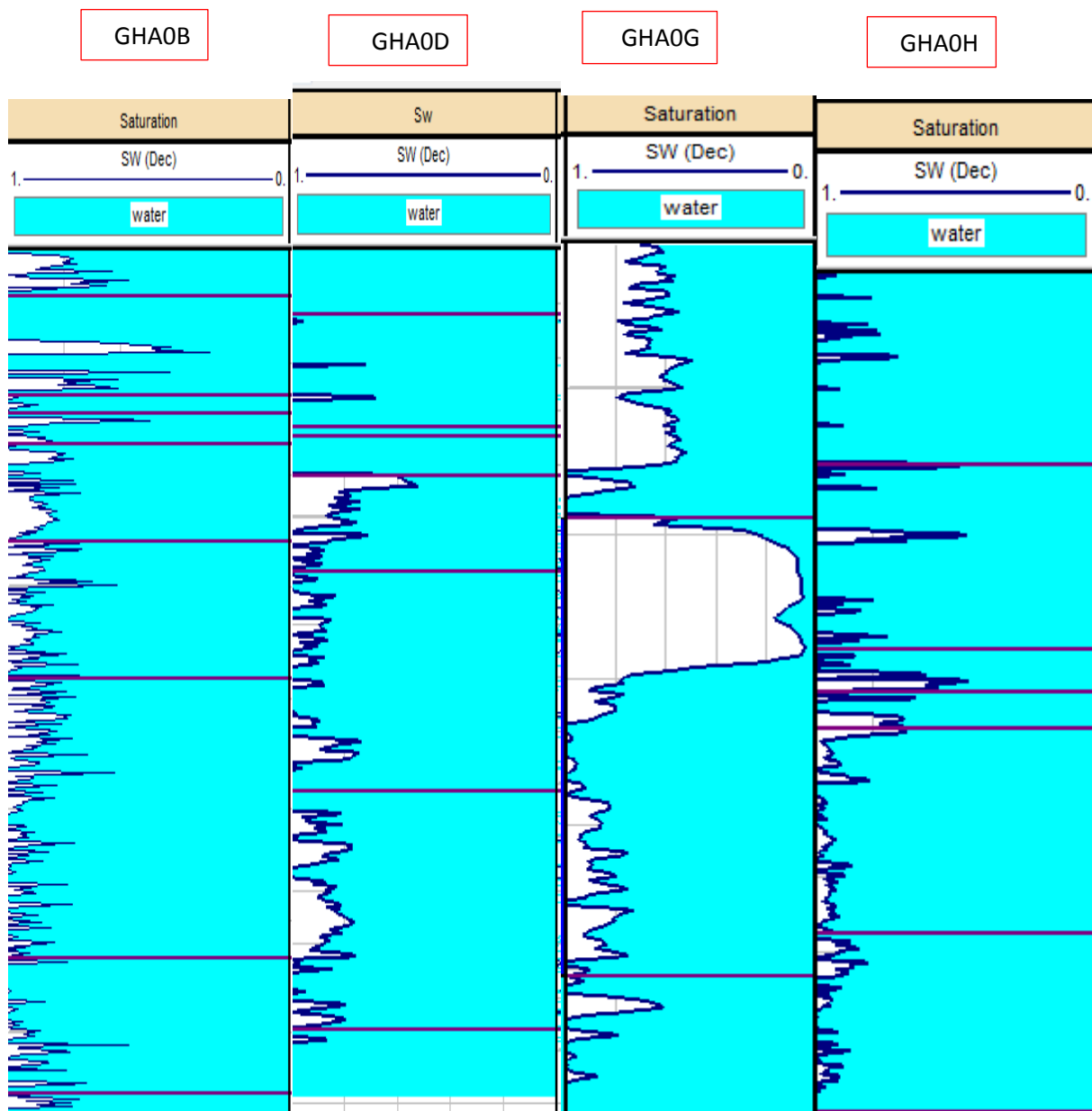
ويحسب اشباع القطاع المغسول S_{xo} من العلاقة:

$$S_{xo} = \frac{a \cdot R_{mf}}{\phi^m \cdot R_{xo}}$$

يبين الجدول (٢-٥) قيم الإشباعات ومتوسط هذه القيم التي تم حسابها لتشكيلة الرطبة ووحداتها في الآبار GHA0H ، GHAOG ، GHA0D ، GHA0B .

الجدول (٦-٢): إشباعات تشكيلة الرطوبة في الآبار GHA0H،GHA0G،GHA0D،GHA0B.

البئر GHA0B				
التشكيلة	الإشباعات المائي في القطاع النظيف SW (%)	الإشباعات المائي في القطاع المغسول SXO (%)	الإشباعات الهيدروكربوني الكلي Sh (%)	الإشباعات الهيدروكربوني القابل للحركة Sh للمركبة (movable) (%)
RUU	٢٧.٨٦	١٢.٩٦	٧٣.١٣	٨٥.٩
RUL5	١٨.٨٤	٥٦.٩٦	٨٢.١٥	٣٨.١٢
RUL4	٠٦.٨٢	٤٢.٩٥	٩٤.١٧	٣٦.١٣
RUL3	٦٨.٨٧	٣١.٩٧	٣٢.١٢	٦٣.٩
RUL2A	٨٠.٨٨	٥٦.٩٧	٢.١١	٧٦.٨
RUL2B	٤٧.٩١	١٣.٩٨	٥٣.٨	٦٦.٦
RUL1	٨٤.٩٤	٩٠.٩٨	١٦.٥	٠.٦.٤
الوسطي Average	٩.٨٧	١٤.٩٧	١.١٢	٢٤.٩
البئر GHA0D				
RUU	٧٤.٩٨	٨٩.٩٨	٢٦.١	١٥.٠
RUL5	١٠٠	١٠٠	٠	٠
RUL4	٢١.٩٨	٤٨.٩٨	٧٩.١	٢٧.٠
RUL3	٢٨.٨٢	٦٧.٩٠	٧٢.١٧	٣٩.٨
RUL2A	٤٠.٩٤	٠٧.٩٧	٦.٥	٦٧.٢
RUL2B	٣٠.٩٠	٧٣.٩٥	٧.٩	٤٣.٥
RUL1	٣٧.٩٩	٣٧.٩٩	٦٣.٠	٠
الوسطي Average	٧٥.٩٤	١٧.٩٧	٢٤.٥	٤١.٢
البئر GHA0G				
RUL2B	٥١.٦٤	٥٧.٦٤	٩٤.٣٥	٠.٦.٠
RUL1	٩٤.٩٣	٩٤.٩٣	٠.٦.٦	٠
الوسطي Average	٢٢٥.٧٩	٢٥.٧٩	٢١	٠.٣.٠
البئر GHA0H				
RUU	٢٥.٩٥	٢٦.٩٥	٧٥.٤	٠.١.٠
RUL5	٦٥.٨٢	٦٥.٨٢	٣٥.١٧	٠
RUL4	٣٥.٨٤	٤٠.٨٤	٦٥.١٥	٠.٥.٠
RUL3	٩٢.٩٤	٩٢.٩٤	٠.٨.٥	٠
RUL2A	٧٥.٩٦	٧٥.٩٦	٢٥.٣	٠
الوسطي Average	٧٨.٩٠	٧٩.٩٠	٢١.٩	١.٠



الشكل (٨-٢): الإشباع المائي للآبار.

٤-٨-٩- إنشاء النموذج الليثولوجي والإشباعي:

تتم هذه العملية بوضع شروط معينة (يتم أخذها بالاعتبار) لإنشاء النموذج، حيث يجب معرفة مكونات التشكيلة، ووجود عناصر معينة فيها أو عدم وجودها (مثل وجود أو عدم وجود المتبخرات ضمن التشكيلة). ويبين النموذج نسب المكونات وتواجدها في الأعماق المختلفة للتشكيلة بالاعتماد على الشروط الموضوعية من قبل الباحث، والتي تتناسب مع مضمون التشكيلة الهدف. يتم إنشاء الموديل بالاعتماد على القياسات الجيوفيزيائية البئرية والثوابت الخاصة بكل مكون (لكل مكون قيم ثابتة للقياسات

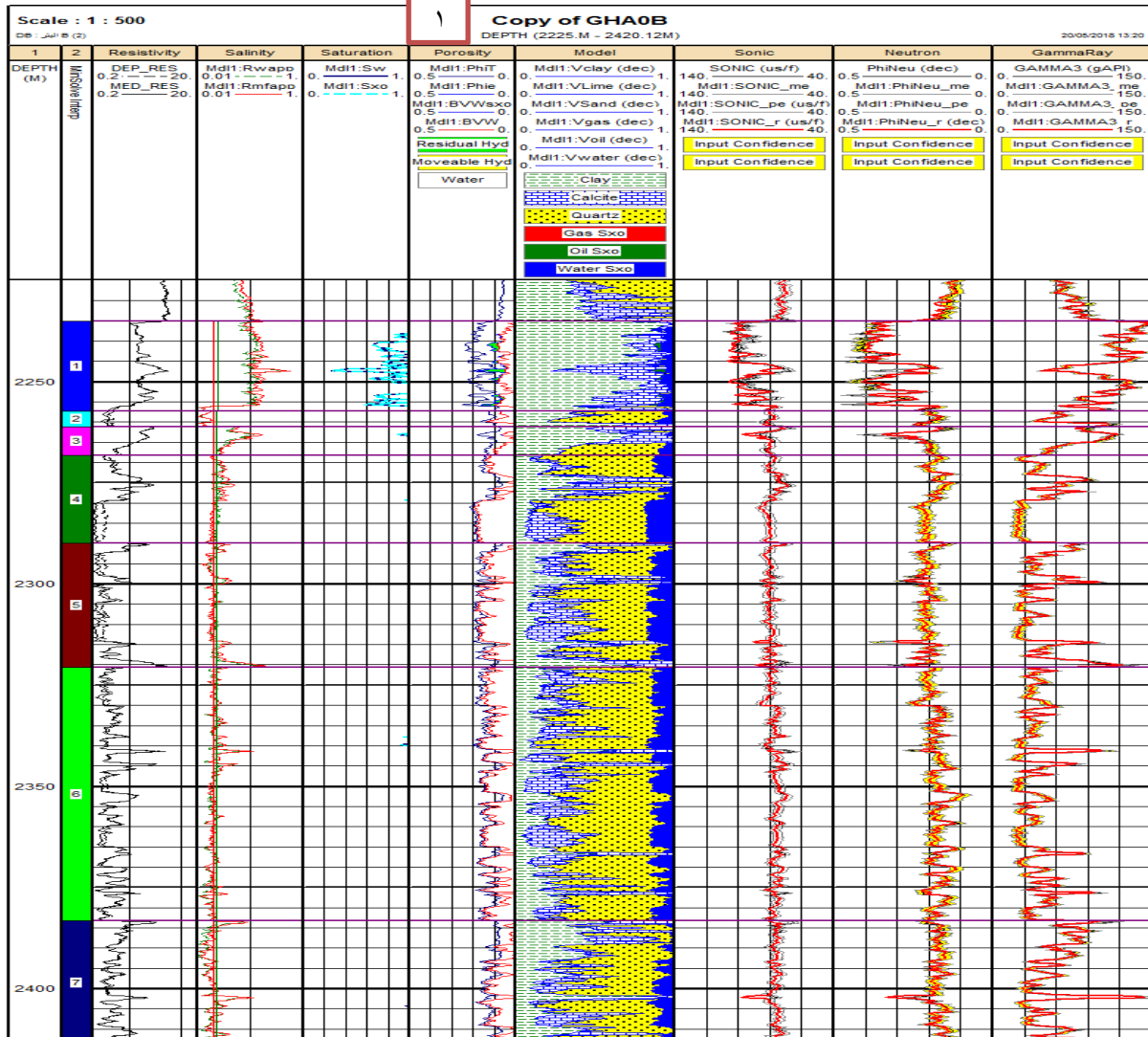
البئرية، مثلاً قيم القياس الصوتي للرمل ٥٦، للغضار ٨٠-١٠٠، كالسيت ٤٩) ويتمثل عمل البرنامج بحل المعادلات المتعلقة بالثوابت والبارامترات المدخلة وإظهارها على شكل منحنيات.

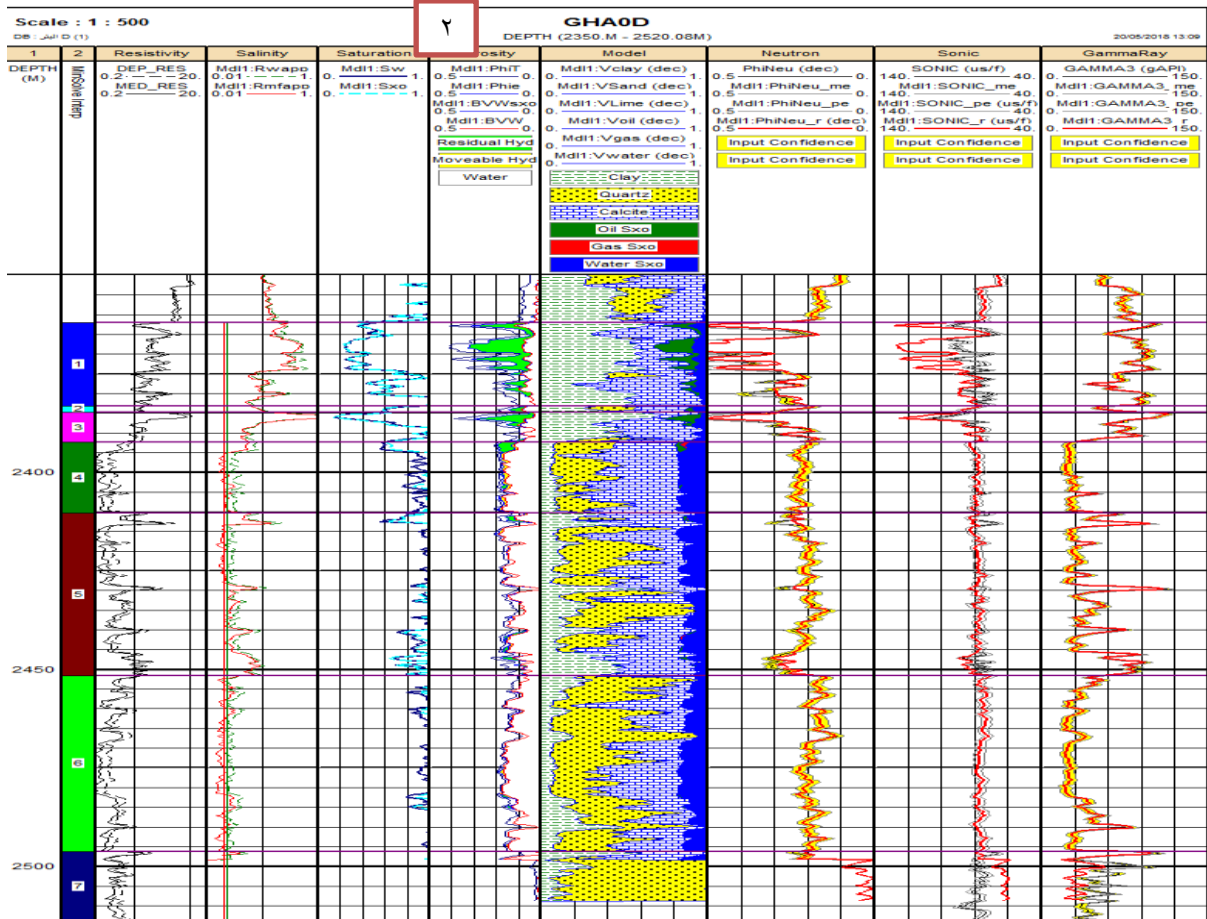
وتتم عملية إنشاء الموديل بعدة خطوات:

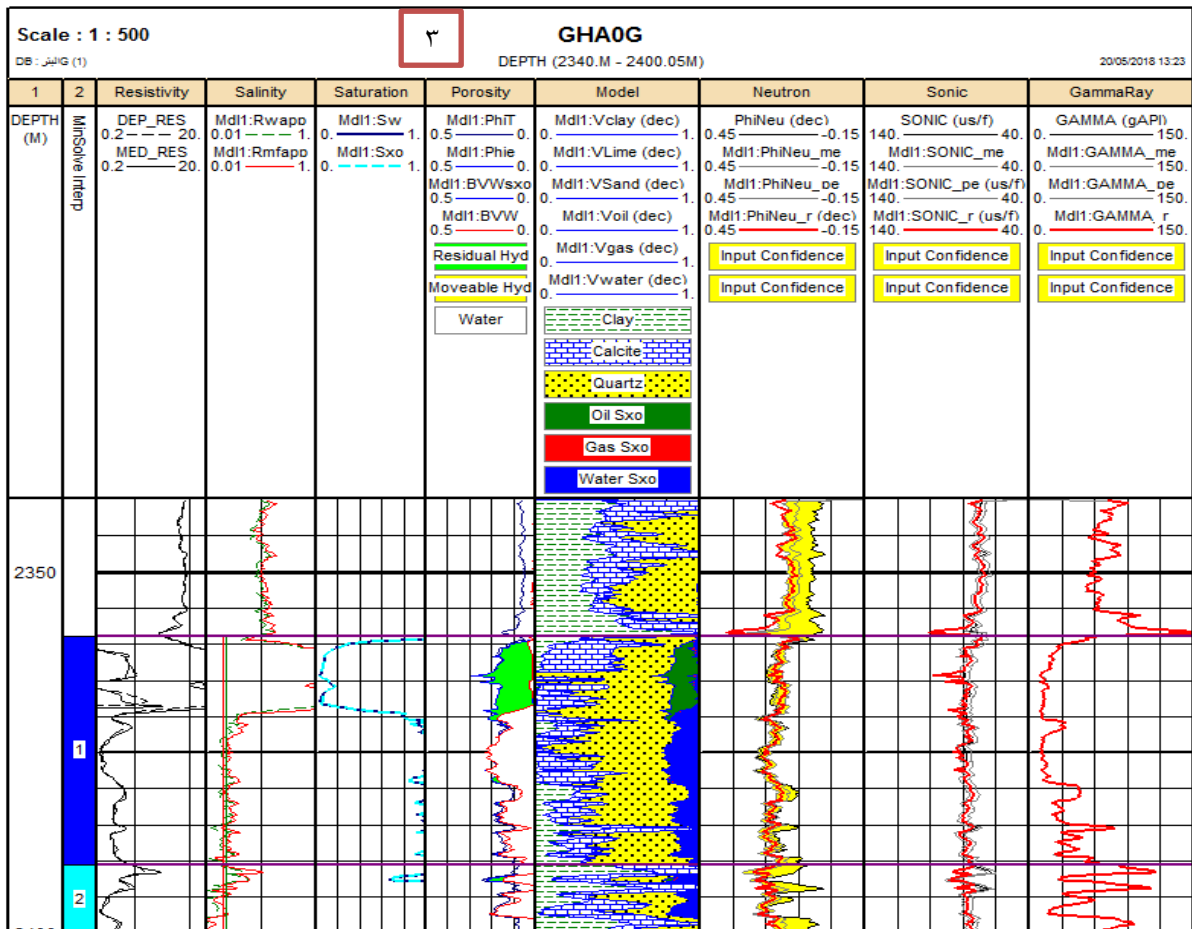
- ١- إدخال قيم السوابر R_{med} ، R_{deep} ، temperature .
- ٢- تحديد العمق المطلوب، وإدخال قيم R_w ، R_{mf} .
- ٣- تحديد السوابر المعتمدة لإنشاء الموديل (Sonic، GR، Neutron)، وقد تم الابتعاد في هذه العملية عن سابرة الكثافة وذلك بسبب تواجد تدهمات في جدار البئر والذي سيولد أخطاء وفرق بين قيم الكثافة المقاسة والمحسوبة.

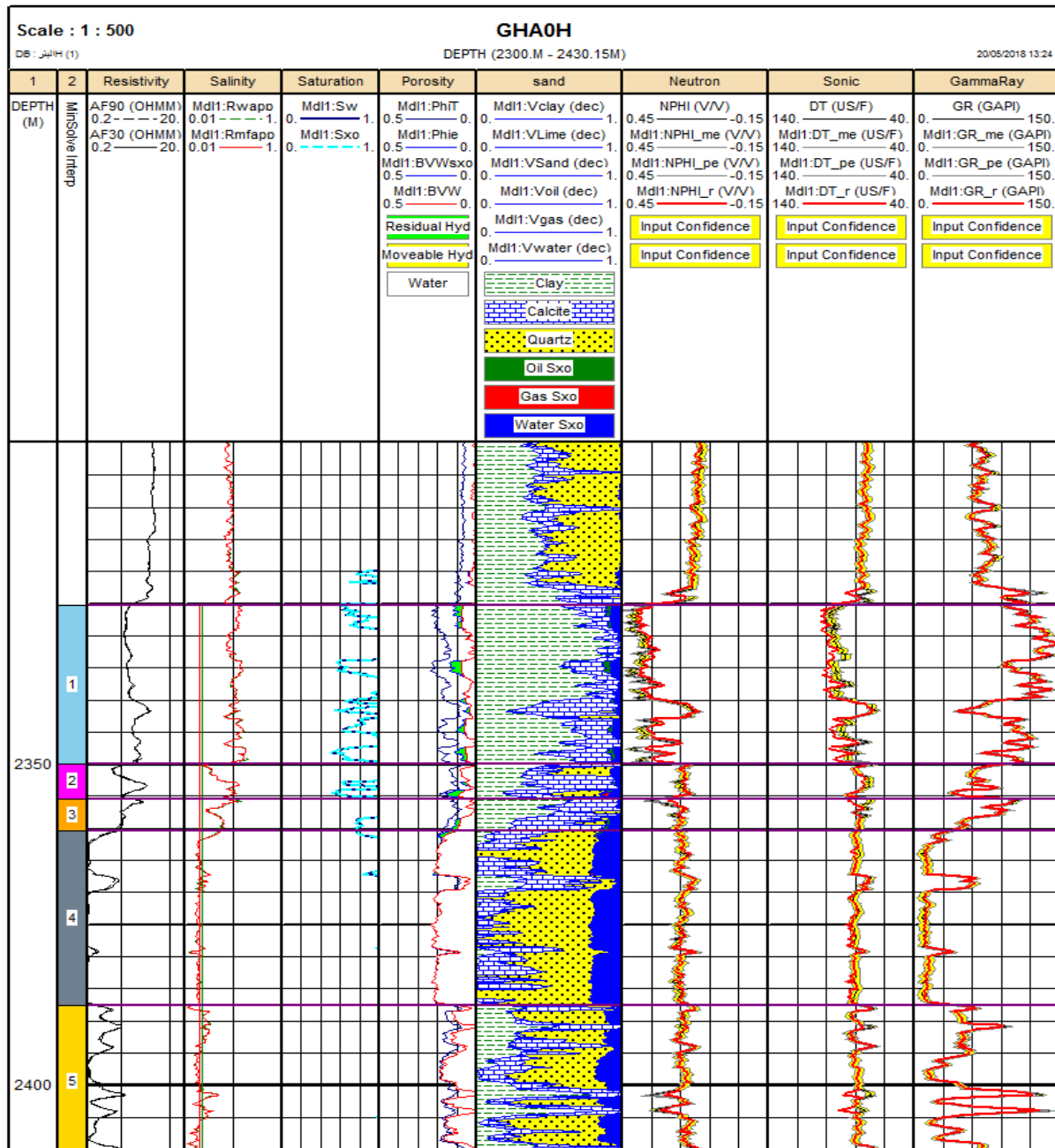
يلاحظ في الأشكال (٣-٩) الإشباع المائي العالي في الآبار B, D, H في تشكيلة الرطبة بالإضافة لتناقص كمية الرمال ابتداءً من الرطبة السفلى إلى الرطبة العليا، أما البئر G يلاحظ إشباع مائي منخفض.

تدل الأرقام في الأشكال (٢-٩) في العمود الثاني على تقسيم التشكيلة حيث: (١: الرطبة العليا RUU , والأرقام البقية ٢، ٣، ٤، ٥، ٦، ٧ الرطبة السفلى وواحداتها









الشكل (٢-٩): مقطع ليجولوجي يبين التركيب الفلزي لتشكلية الرطبة في الآبار بالاعتماد على السجلات البئرية. حيث، ١: للبئر GHA0B، ٢: GHA0D، ٣: GHA0G، ٤: GHA0H.

بعد الانتهاء من الموديل ، تم تحديد المعايير والقطاع الخازن Net Reservoir، والقطاع المنتج Net Pay بشكل تبادلي وحساب متوسط الخصائص البتروفيزيائية: المسامية، التشبع المائي، وحجم الشيل، لكل قطاع ضمن التفسير البتروفيزيائي (الشكل ٢-١٠).

تسمح هذه العملية بحساب قيم متوسط المسامية والشيل والتشبع المائي. تتمثل مخرجات هذه العملية بما يلي (Cut off) (الشكل ٢-١١):

١- Gross: السماكة الكلية ضمن المجال المختار.

٢- Net: السماكة الصافية التي تحققت.

٣- Av Phi: وسطي المسامية ضمن السماكة الصافية.

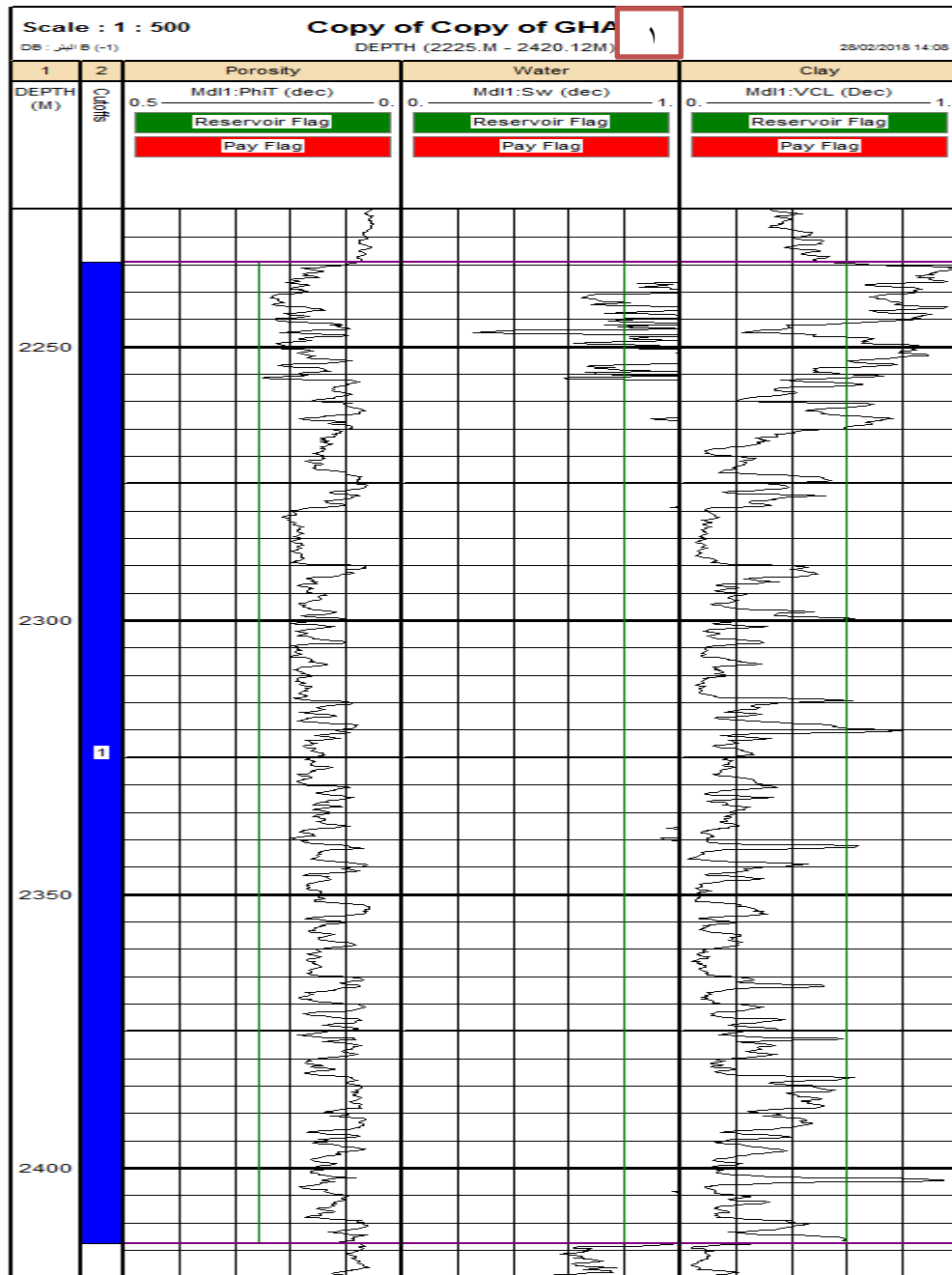
٤- Av Sw: وسطي الاشباع المائي ضمن السماكة الصافية.

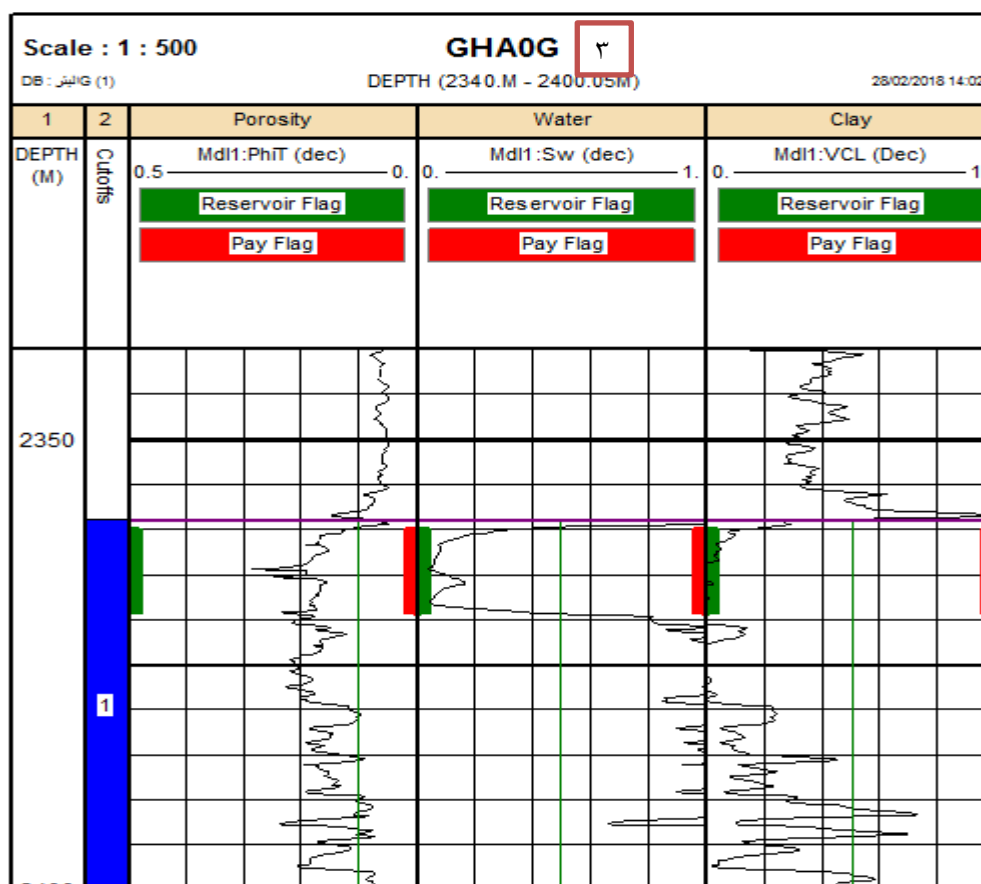
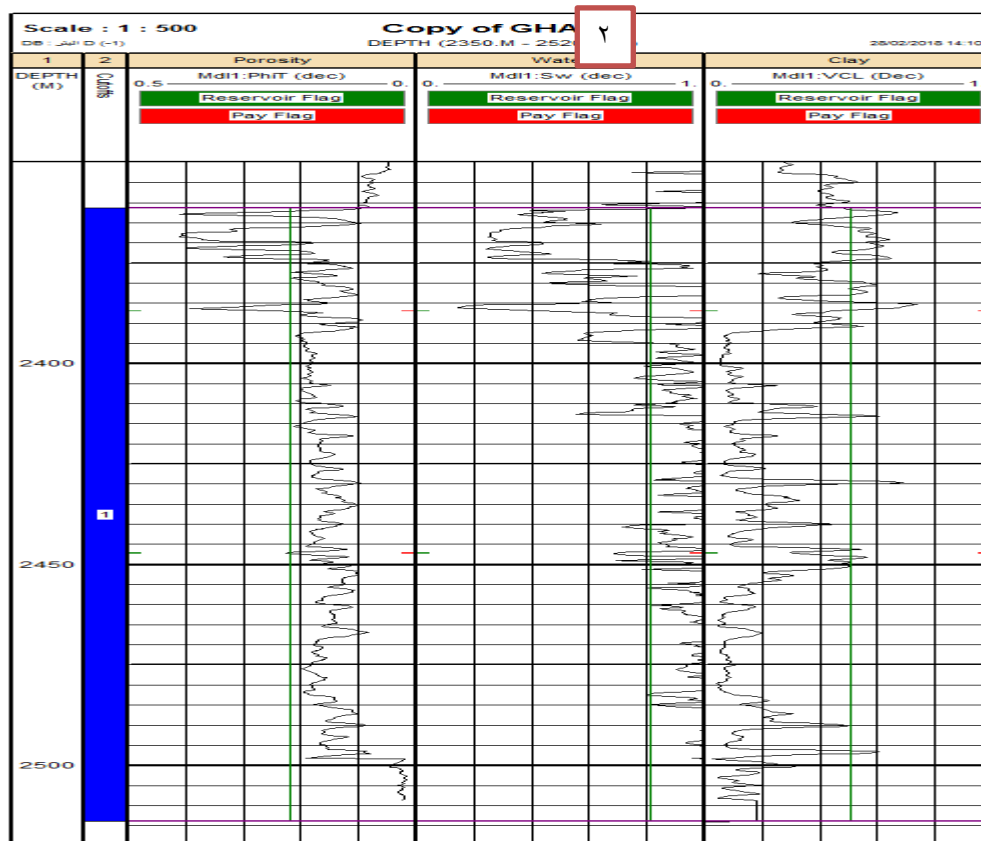
٥- Av Clay: وسطي الشيل ضمن السماكة الصافية.

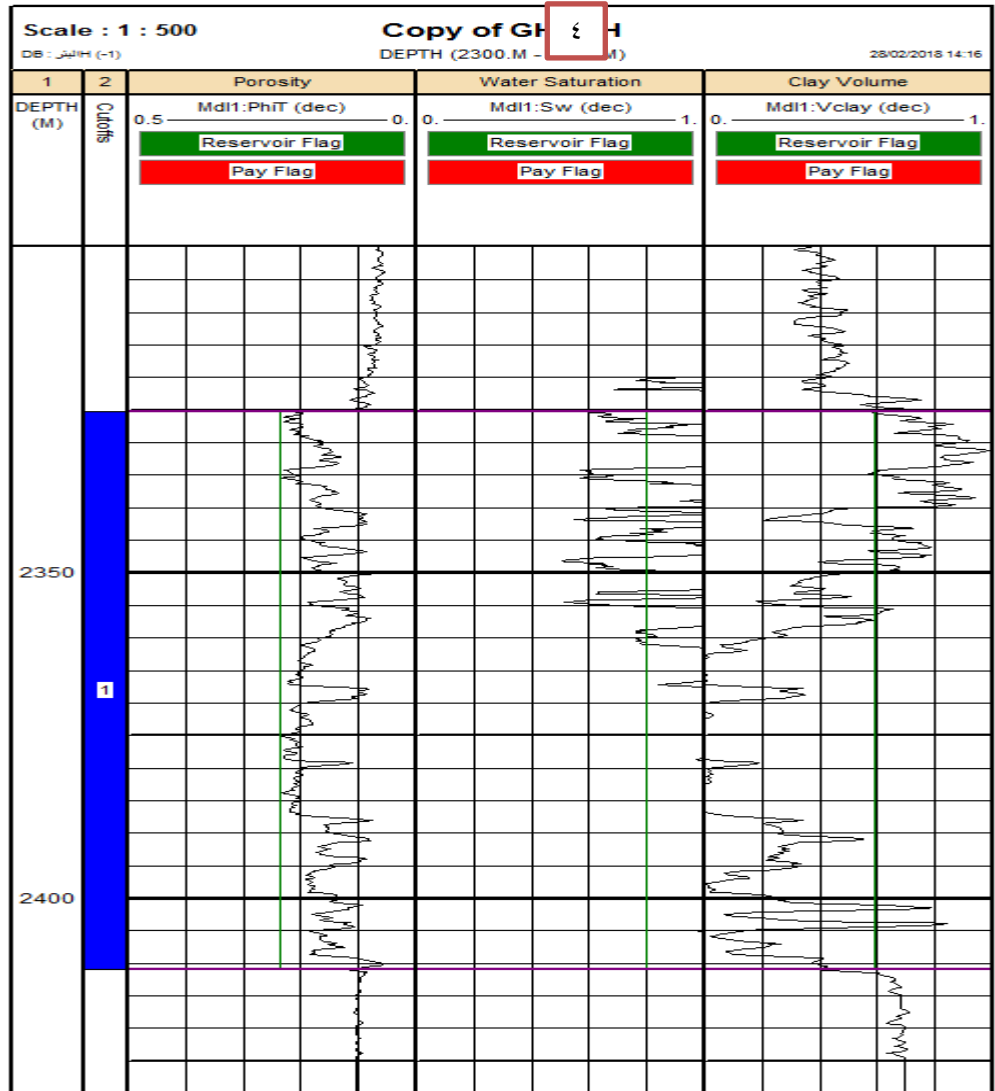
٦- Phi H: سماكة النطاقات الحاوية على مسامية ضمن السماكة الصافية.

٧- Phi Soh: سماكة النطاقات الحاوية على نفط ضمن السماكة الصافية.

٨- Vcl H: سماكة الغضار.







الشكل (١٠-٢): القطاعات المنتجة والقطاعان الخازنة في الآبار.

حيث، ١: للبيتر GHA0B، ٢: GHA0D، ٣: GHA0G، ٤: GHA0H.

Cutoff (Cutoffs) : Copy of GHA0B

Zone	Gross	Net	Net/Gross	Av Phi	Av Sw	Av Vcl	PhiH	PhiSoH	VclH
#	Interval	Res	Res	Res	Res	Res	Res	Res	Res
1	179.26	0.50	0.003	0.226	0.436	0.392	0.11	0.06	0.20

Show Additional Zone Info

SM Run New zone Delete zone Plot Print Close Help

Cutoff Parameters (Cutoffs) : GHA0D

Zone	Gross	Net	Net/Gross	Av Phi	Av Sw	Av Vcl	PhiH	PhiSoH	VclH
#	Interval	Res	Res	Res	Res	Res	Res	Res	Res
1	152.57	\$50.46	0.003	0.233	0.598	0.349	0.11	0.04	0.16

Show Additional Zone Info

SM Run New zone Delete zone Plot Print Close Help

Cutoff Parameters (Cutoffs) : GHA0G

Zone	Gross	Net	Net/Gross	Av Phi	Av Sw	Av Vcl	PhiH	PhiSoH	VclH
#	Interval	Res	Res	Res	Res	Res	Res	Res	Res
1	41.22	9.60	0.233	0.177	0.119	0.028	1.70	1.50	0.27

Show Additional Zone Info

SM Run New zone Delete zone Plot Print Close Help

Cutoff Parameters (Cutoffs) : Copy of GHA0H

Zone	Gross	Net	Net/Gross	Av Phi	Av Sw	Av Vcl	PhiH	PhiSoH	VclH
#	Interval	Res	Res	Res	Res	Res	Res	Res	Res
1	85.78	0.00	0.000	---	---	---	---	---	---

Show Additional Zone Info

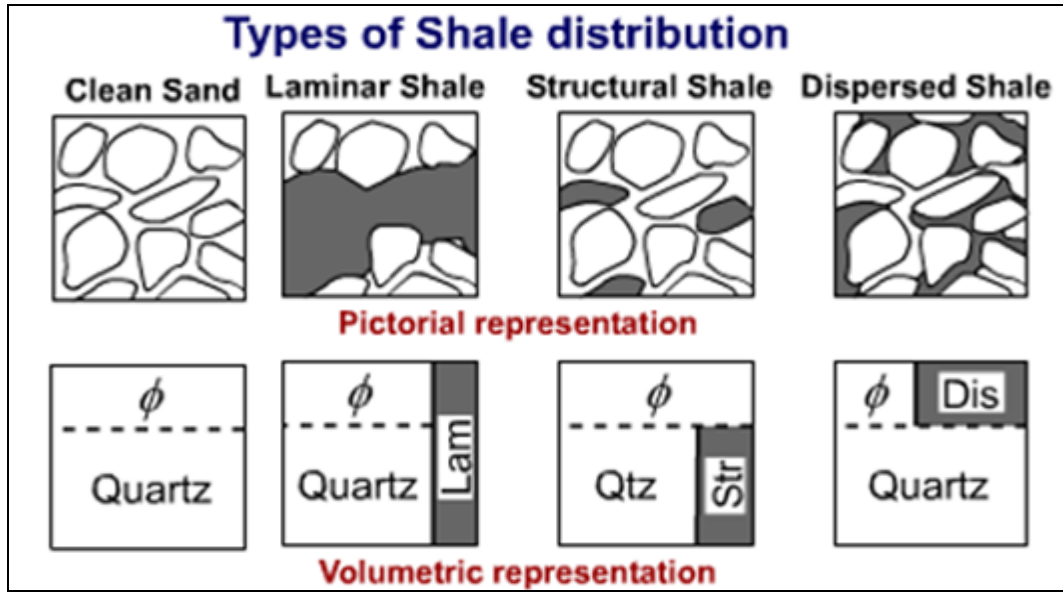
SM Run New zone Delete zone Plot Print Close Help

الشكل (١١-٢): مخرجات عملية Cutoff.

٢-٥-أنواع الشيل تبعاً لأنماط توزيعه:

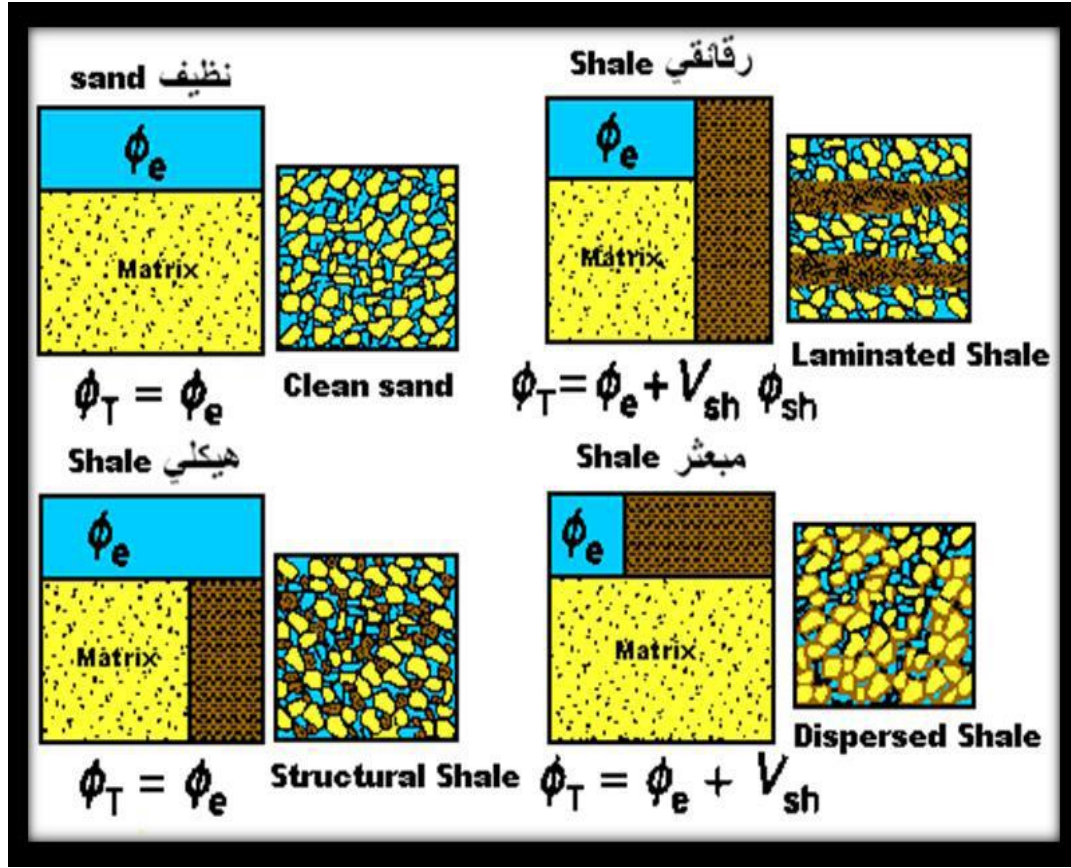
٢-٥-١ أنماط توزع الشيل:

يصنف الغضار ضمن الصخور الحطامية. وهو سيليكات الألمنيوم المائية، وله عدة أنواع حسب البنية (الكاولينيت، المونتموريلونيت، الإيليت). يؤثر الغضار حسب توزيعه ضمن المسام الصخري على المسامية (الشكل 2-١٣) ومنه على الخصائص الخزنية للصخر الخازن الذي يحوي على نسبة من الغضار، وتبعاً لذلك يميز ثلاث أنواع للغضار (الشكل 2-١٢):



الشكل (٢-١٢): أنماط توزيع الغضار في الصخور الرملية (Thomas-Stieber, 1975).

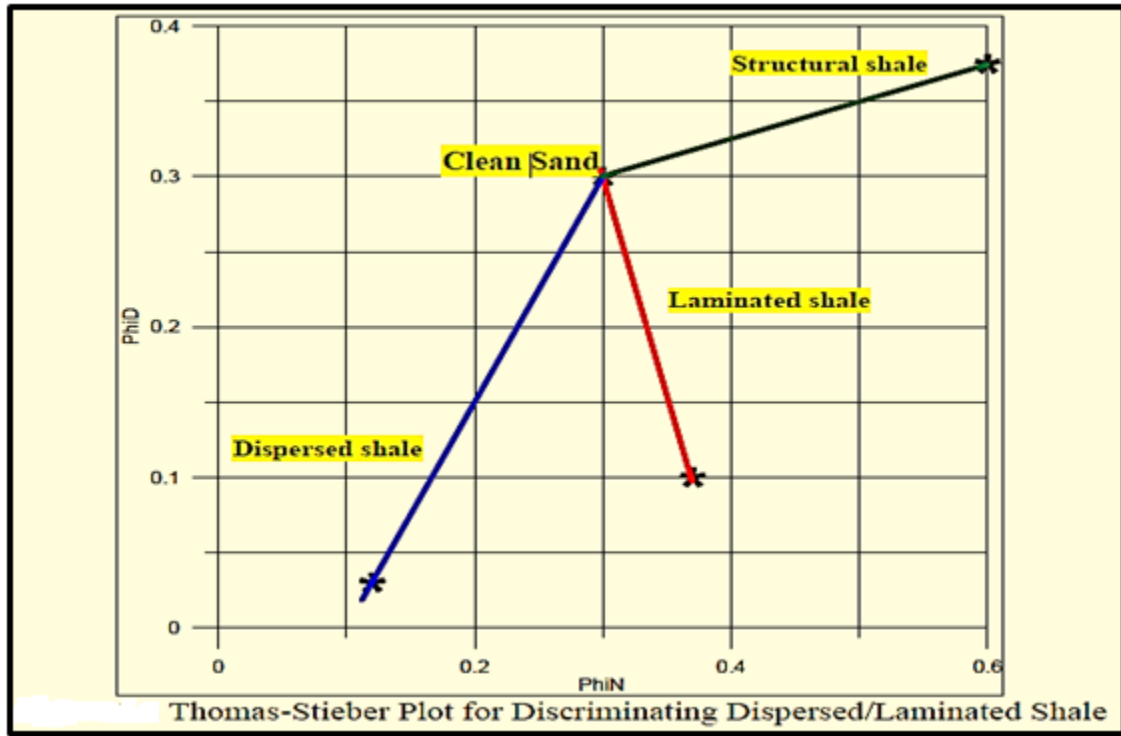
- ١- الغضار البنيوي structured shale: لا يؤثر هذا النوع من الشيل على المسامية بل يؤثر على الهيكل الصخري حيث يتواجد على شكل كتل ضمن الفراغ الصخري ويشكل أحد مكونات الصخر الأساسية بتشكيله حبات مختلطة مع الحبات الرملية التي تعد مكوناً أساسياً للصخر.
- ٢- الغضار الصفائحي (الورقي) laminar shale: يتواجد هذا النوع على شكل رقائق تمنع الاتصال الشاقولي للمسام ضمن التشكيلة مما يؤدي لفصلها لعدة طبقات مما يعطي تقديراً خاطئاً لقيم المسامية، ويشغل هذا النوع جزءاً من الفراغ المسامي والهيكل الصخري معاً.
- ٣- الغضار المبعثر dispersed shale: يتواجد على حساب الفراغ المسامي فقط ويعمل على سد المسامات بين الحبات الصخرية واطعاف التواصل بينها مما يمنع حركة الموائع خلالها، أو يوقف الانتاج بشكل كامل (Ballay. R, 2005)، لذلك يعتبر من أخطر أنواع الشيل على المسامية.



الشكل (٢-١٣): تأثير المسامية الكلية حسب أنماط توزيع الغضار في التشكيلات الرملية (Thomas-Stieber, 1975).

- تحديد نمط توزيع الغضار من المخططات التقاطعية:

لتحديد نمط توزيع الغضار ضمن التشكيلات الرملية يتم الاعتماد على مخططات (Thomas-Stieber) وهي مخططات تقاطعية تمثل فيها المسامية النترونية (ϕ_{Ne}) المحور X والمسامية الكثافية (ϕ_{De}) المحور Y وحسب توزيع النقاط ضمن هذه المخططات يتم تحديد نمط الغضار (الشكل ٢-١٤)، حيث تقسم هذه المخططات لعدة محاور كل منها يمثل نمطاً للغضار وحسب توزيع هذه النقاط المقيسة على أحد هذه المحاور أو ضمن محورين يحدد نمط الغضار.

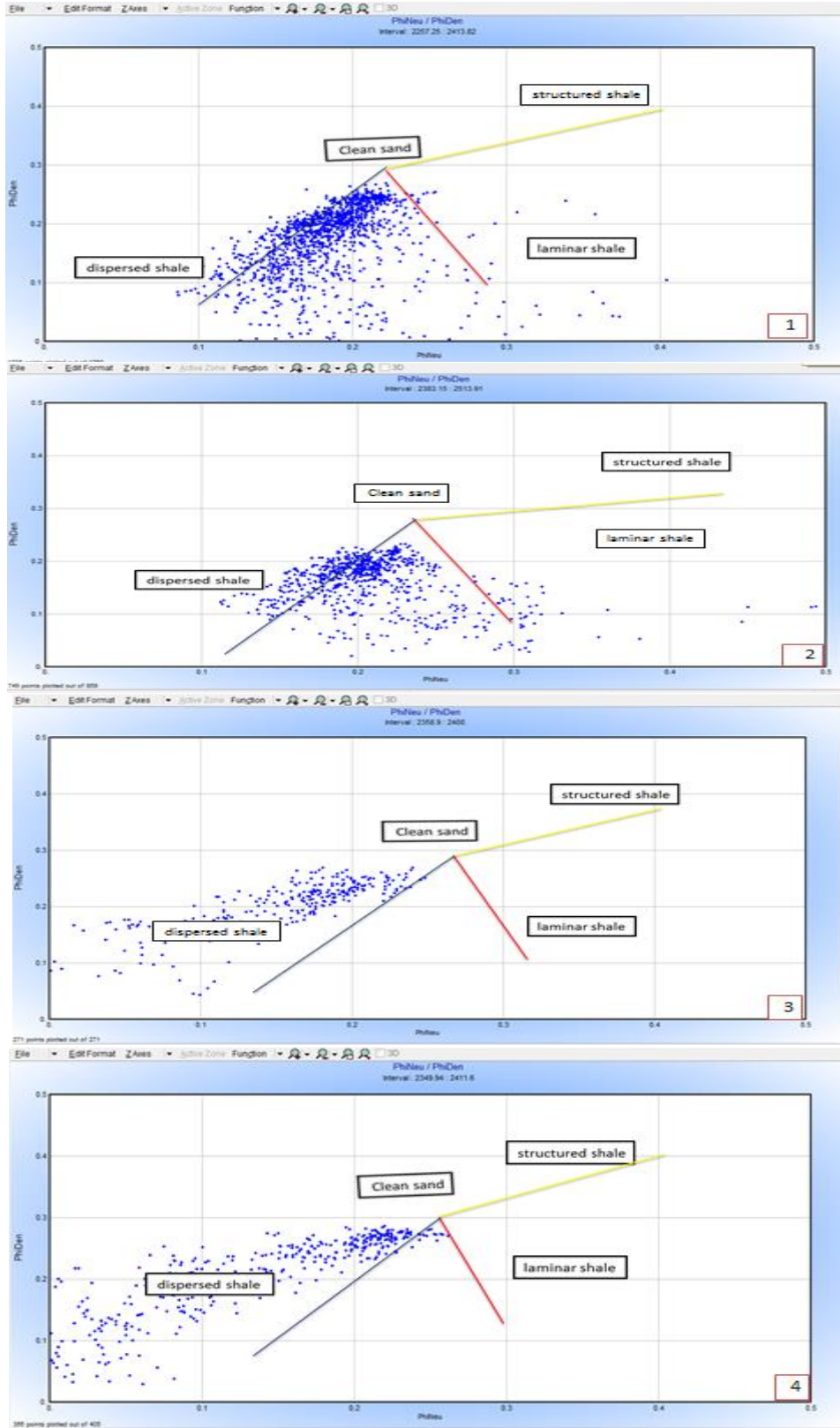


الشكل (٢-١٤): يمثل مخطط (Thomas-Stieber, 1975) لتحديد أنماط توزيع الغضار .

٢-٥-٢- تحديد نمط توزيع الغضار في حقل الغواري:

تم تحديد نمط توزيع الغضار اعتماداً على المخططات التقاطعية المذكورة في الفقرة السابقة بالنسبة لتشكيلة الرطبة السفلى (التشكيلة الخازنة في حقل الغواري)، حيث تعبر المسامية النترونية عن المسامية الكلية بينما المسامية الكثافية عن المسامية الفعالة. وتبعاً لاسقاط قيم هاتين المساميتين على المحاور المعبرة عن أنماط الغضار ضمن المخططات التقاطعية يتم تحديد نمط توزيع الغضار ضمن التشكيلة.

من الشكل (٢-١٥) يتبين أن نمط توزيع الغضار ضمن تشكيلة الرطبة السفلى في حقل الغواري هو من النمط المبعثر. وهوكما ذكرنا يعيق حركة الموائع ويعمل على سد المسامات فهومن أخطر أنواع الشيل على المسامات، كما يوجد بالإضافة للشيل المبعثر شيل صفائحي في البئر GH0A، GH0B الذي يؤثر على الفراغ المسامي والهيكل الصخري ويعيق الاتصال الشاقولي للمسام بالتالي التقدير الخاطئ للمسامية ومنه تقدير خاطئ للإشباع.



الشكل (٢-١٥): نمط الغضار السائد في حقل الغواري تبعاً لتوزيع نقاط القياس.

حيث، ١: للبيتر GHA0B، ٢: GHA0D، ٣: GHA0G، ٤: GHA0H.

٢-٦ - خلاصة ونتائج:

بالاعتماد على القياسات الجيوفيزيائية البئرية لحقل الغواري، وبالإضافة للعمليات الحسابية التي تم من خلالها حساب النفاذية والمسامية والاشباع المائي، تم التوصل لعدة نتائج.

١- تبين من حساب حجم الشيل أن الحجم مرتفع في القطاع الخازن (الرطبة السفلى)، مما يؤثر على الخصائص الخزنوية للتشكيلة.

٢- اشباع مائي عالي ضمن آبار الحقل (GHA0H،GHA0D،GHA0B)، وهذا يفسر عدم انتاجية الآبار، حيث أن امتلاء المسامات الصخرية بالماء، يؤدي إلى دفع النفط إن وجد وهجرته إلى خزان آخر، (هجرة النفط على شكل طور منفصل).

٣- تراوح نمط الشيل في الآبار بين الشيل المبعثر بالإضافة للشيل الورقي في البئرین GHA0B،GHA0D الذي يمنع الاتصال الشاقولي للمسام ويشغل حيزاً ضمن الفراغ الصخري بالتالي يؤثر على الخصائص الخزنوية للتشكيلة، كما أن وجود الشيل المبعثر بنسب كبيرة في الآبار قد يكون السبب في عدم انتاجية الآبار حيث أنه يضعف التواصل بين المسام الصخري ويمنع حركة الموائع.

٤- اجتماع عاملي الاشباع المائي العالي في الآبار ونمط الغضار الذي يؤثر على الخصائص الخزنوية يشكل محوراً أساسياً في عدم انتاجية هذه الآبار بالرغم من حماية التشكيلة الخازنة من الحت.

الفصل الثالث

تشكيلة الرطبة Al Rutbah Formation

٣-١- المقدمة.

٣-٢- عمق اختراق التشكيلة وسماكتها.

٣-٣- تشكيلة الرطبة في بلوكات الحقل وأوضاعها النفطية.

٣-٤- التفسير السيزمي والمضاهاة بين الآبار لتوضيح الاختلاف في تشكيلة الرطبة في حقل الغواري.

٣-٥- التسجيل الإشعاعي Log - Gamma - Ray (GR) والاستفادة منه.

٣-٦- طريقة عمل خرائط السماكة ولوحات المضاهاة باستخدام برنامج بترل (Petrel).

٣-٧- فرصة الحفر.

٣-٨- خلاصة ونتائج.

٣-١- مقدمة:

تعد تشكيلة الرطبة العائدة للكريتاسي الأسفل من التشكيلات الجيولوجية الهامة في القطر نظراً لامتدادها الكبير بشكل خاص ضمن منخفض الفرات إضافةً للسماكة الهامة لرسوباتها الرملية ذات الصفات الخزنوية الجيدة. تتوضع رسوبات هذه التشكيلة بعدم توافق حاد عائد للثغرة بين الجوراسي والكريتاسي الأسفل (BKL) فوق تشكيلة المولوسا. تم تقسيم تشكيلة الرطبة تبعاً لخصائصها لقسمين سفلي وعلوي:

Upper Rutbah, Lower Rutbah. تتألف هذه التشكيلة في منخفض الفرات من الحجر الرملي والحجر الغضاري. يبدو الحجر الرملي في تشكيلة الرطبة والذي يشكل الجزء السفلي منها ذو نقل ريحي وذو نقل نهري في الجنوب الشرقي، ويتحول إلى ترسيب بحري باتجاه الشمال الغربي وإلى جانب نهوض الرطبة (شمال شرق النهوض). تمتلك تشكيلة الرطبة مواصفات الخزان الرملي المثالي في منخفض الفرات كذلك الأمر في الجزء الجنوبي الشرقي من الحوض التدمري (الجزء الشمالي الغربي من الصفيحة العربية) وربما من المحتمل أن تكون هذه التشكيلة منتشرة في الجزء الشمالي الغربي من نهوض الرطبة.

*الرطبة العليا (Upper Rutbah):

تعود لعمر الكريتاسي السفلي وتتألف من الغضار الرمادي، مع القليل من الحجر الرملي ذو اللون البني إلى الأسمر الرمادي.

*الرطبة السفلى (Lower Rutbah):

تتنتمي لعمر الكريتاسي السفلي وتتألف بشكل رئيسي من الحجر الرملي البني الفاتح وغالباً تكون حباته خشنة، وقليل من الغضار الرمادي إلى البني الفاتح وقد يحتوي على الفحم في بعض الحالات.

ونظراً للأهمية الكبيرة لتشكيلة الرطبة في منخفض الفرات بشكل عام وفي حقل الغواري بشكل خاص، فقد قامت هذه الدراسة على متابعة هذه التشكيلة على امتداد الحقل ضمن الآبار المحفورة وبخاصة في جزئها السفلي الرملي والذي يعتبر الخزان الرئيس في الحقل. لهذا الهدف استخدمنا القياسات البئرية المتوفرة (SONIC...، NETRON، DENSITY، GR) لمعرفة الحدود التي تفصل تشكيلة الرطبة لجزئين علوي وسفلي. تركزت الدراسة على الجزء السفلي من التشكيلة وذلك نظراً لعمليات الحث التي طالت الجزء العلوي منها (الرطبة العليا). سيتم خلال هذا الفصل دراسة التشكيلة بشكل مفصل من حيث عمق اختراق الآبار لها بجزئها العلوي والسفلي، إضافة إلى ملاحظة وتفسير أماكن غياب أحد أجزاء التشكيلة أو إحدى وحداتها في بعض الآبار.

واعتماداً على هذه المضاهاة سيتم مقارنة سماكة التشكيلة الخازنة بين هذه الآبار.

٣-٢- عمق اختراق التشكيلة وسماكتها في الآبار المحفورة:

نتيجةً للعمليات البنوية التي حدثت قبل أو بعد توضع الرسوبات فإن أعماق وجود هذه التشكيلة مختلف من بئر لأخرى، ويبين الجدول (٣-١) اختلافات أعماق وسماكة تشكيلة الرطبة في الآبار التي اخترقت في حقل الغواري.

الجدول (٣-١): أعماق السطح العلوي والسفلي لتشكيلة الرطبة وسماكتها في الآبار.

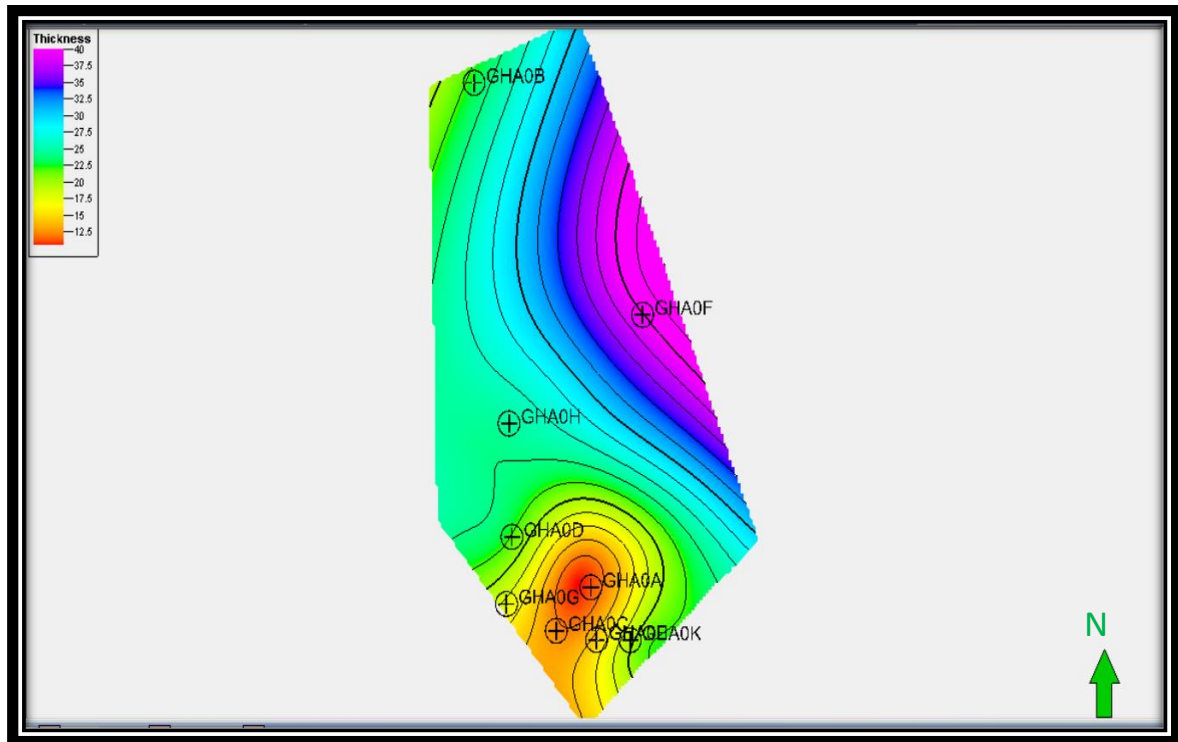
البئر	عمق السطح العلوي للتشكيلة (m)	عمق السطح السفلي للتشكيلة (m)	السماكة الكلية للتشكيلة (m)
GHA0A	2332. 75	2475. 40	142. 65
GHA0B	2234. 56	2413. 82	179. 26
GHA0C	2339. 04	2412. 43	73. 39
GHA0D	2361. 34	2513. 91	152. 57
GHA0E	2320. 40	2423. 78	103. 38
GHA0F	2281. 73	2456. 98	175. 25
GHA0G	2358. 90	2410. 88	51. 98
GHA0H	2324. 92	2423. 91	98. 99
GHA0K	2323. 61	2417. 56	93. 95

يلاحظ غياب الجزء العلوي من تشكيلة الرطبة (RUU)، في الآبار GHA0C، GHA0E، GHA0G وهذه الآبار منتجة جميعها، وتتواجد في الآبار الأخرى تشكيلة الرطبة كاملة حيث توجد الرطبة السفلى (RUL) محفوظة وغير معرضة للحت، فإن الحد الذي يقسم هذه التشكيلة لجزأين يتوضع على الأعماق الآتية في كل بئر كما في الجدول (٣-٢):

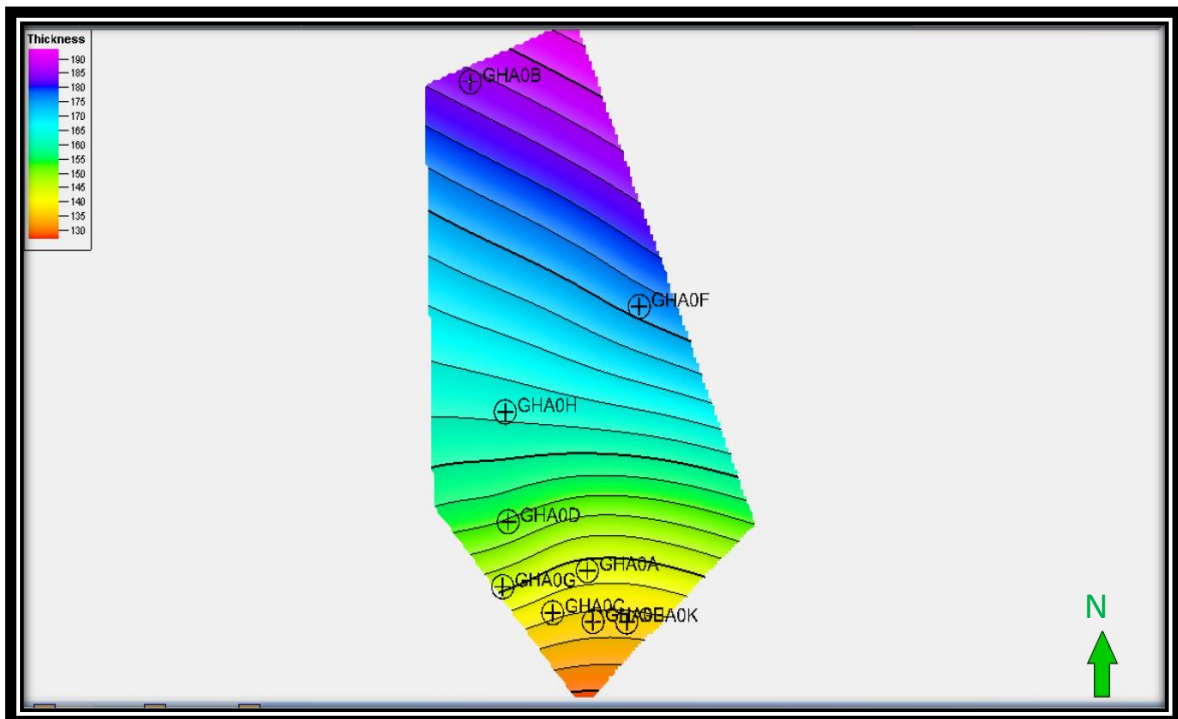
الجدول (٣-٢): الحد الفاصل بين جزأي تشكيلة الرطبة وسماكة كل جزء.

البئر	عمق الحد الفاصل	سماكة الجزء العلوي (RUU) (m)	سماكة الجزء السفلي (RUL) (m)
GHA0A	2343. 86	11. 11	131. 54
GHA0B	2257. 25	22. 69	156. 57
GHA0C	غير موجودة	غير موجودة	73. 39
GHA0D	2283. 15	21. 81	130. 76
GHA0E	غير موجودة	غير موجودة	103. 38
GHA0F	2321. 75	40. 02	135. 23
GHA0G	غير موجودة	غير موجودة	51. 98
GHA0H	2349. 94	25. 02	73. 97
GHA0K	2342. 76	19. 06	74. 89

ويبين الشكلين (١-٣) و(٢-٣) تغيرات سماكة كل من جزئي التشكيلة في حقل الغواري.



الشكل (١-٣): خريطة سماكة لتشكيلة الرطبة العليا في حقل الغواري.



الشكل (٢-٣): خريطة سماكة لتشكيلة الرطبة السفلى في حقل الغواري.

يلاحظ من خرائط السماكة هذه التباين في السماكات على مستوى الحقل، حيث تزداد سماكة الرطبة العليا نحو الشمال والشمال الغربي بينما تزداد سماكة الرطبة السفلى (التي تشكل الخزان) نحو الشمال والشمال الغربي، مع العلم أن السماكة الكبيرة لا تشكل دائماً عاملاً هاماً في الإنتاج لكنها تعد مؤشراً على احتمال أن يكون النفط قد هاجر نحو الأماكن التي تتواجد فيها التشكيلة الخازنة بغض النظر عن السماكة، ويمكن أن يعود هذا الاختلاف في السماكة لعامل أو عاملين معاً (حت - فلق - أو الاثنين معاً).

يساهم التفسير السيزمي في توضيح انتشار التشكيلة الخازنة على مساحة أوسع، بالتالي قد يوجه لفرص حفر جديدة. فيمكن أن تكون هجرة النفط باتجاه الجزء الغربي من الحقل، حيث وجد آثار للنفط في البئر GHA0D. وهذا قد يعطي إشارة لهجرة النفط باتجاه مغاير للاتجاه المتبع في الحفر والذي يفترض هجرة النفط نحو الشمال حسب البنية الجيولوجية للحقل المرتفعة شمالاً، مما يعطي فرص حفر جديدة، وهذا ماتساهم به التفسيرات السيزمية وتمكننا من إثبات هذا الإقتراح أو نفيه.

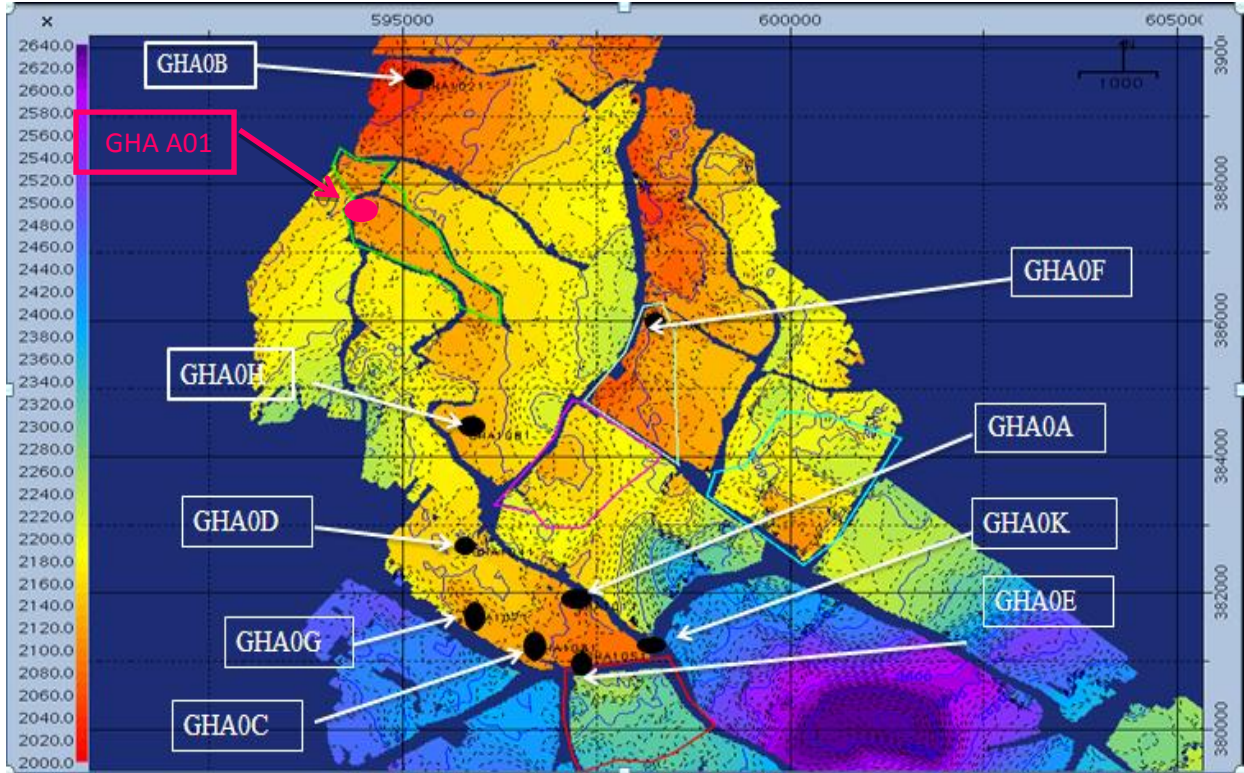
تم تقسيم الحقل من قبل شركة الفرات للنفط إلى أربع بلوكات (الشكل ٣-٣) :

بلوك A: يضم الآبار GHA0A، GHA0C، GHA0D، GHA0E، GHA0G، GHA0K

بلوك B: يضم البئر GHA0B

بلوك F: يضم البئر GHA0F

بلوك H: يضم البئر GHA0H

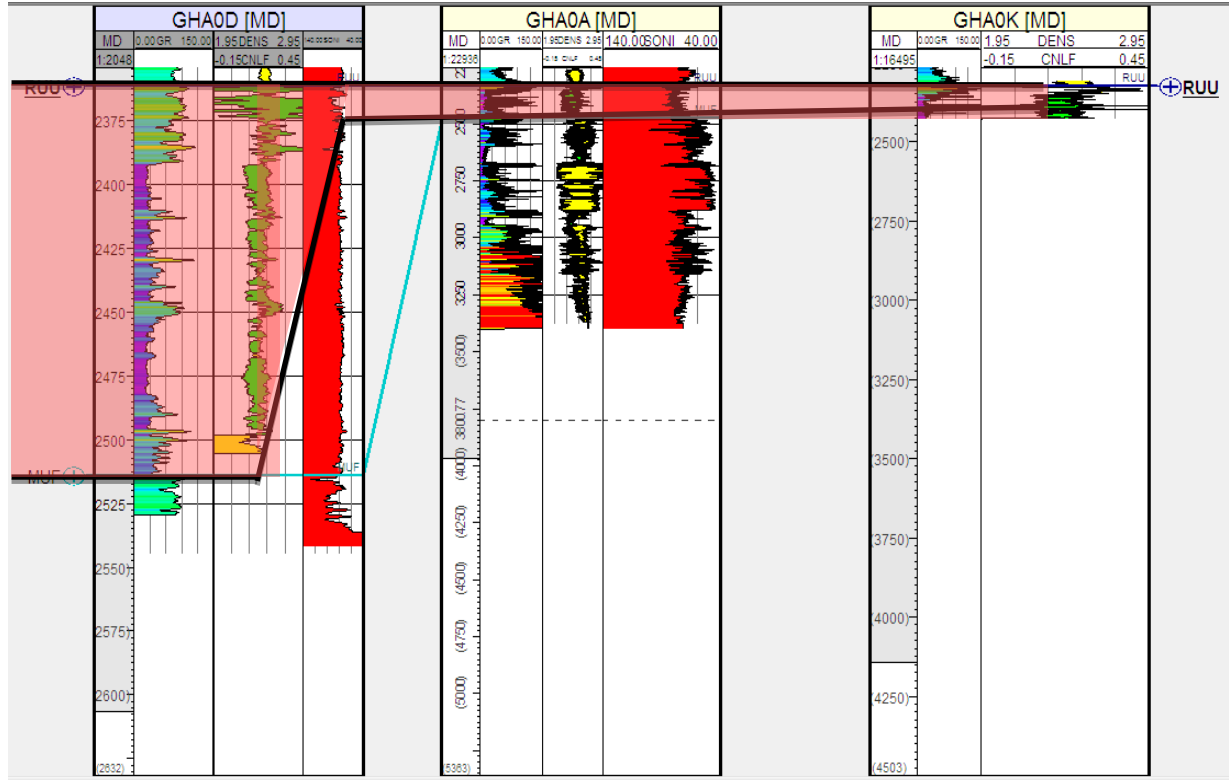


الشكل (٣-٣): مواقع الآبار ضمن البلوكات الأربعة في الحقل، (شركة الفرات للنفط-2007).

٣-٣-٣ - تشكيلة الرطبة في بلوكات الحقل وأوضاعها النفطية:

تختلف سماكة التشكيلة بين آبار الحقل وخاصة بسبب غياب أجزاء من هذه التشكيلة أو عدم الوصول بالحفر إلى نهايتها حيث لوحظ غياب الجزء العلوي من تشكيلة الرطبة والذي يمثل الرطبة العليا وترافق في بعض الآبار بغياب جزء من الرطبة السفلى. وقد يلعب هذا الغياب أو الاختلاف في السماكة دوراً هاماً في عملية الخزن، إذ أن غياب الجزء العلوي من التشكيلة قد يدفع الزيت المتواجد في الجزء السفلي (الجزء الخازن) إلى الهجرة إلى مناطق أخرى تتواجد فيها الشروط الأفضل للخرن. يلاحظ في آبار البلوك A (من الجدولين ٣-١، ٣-٢)،

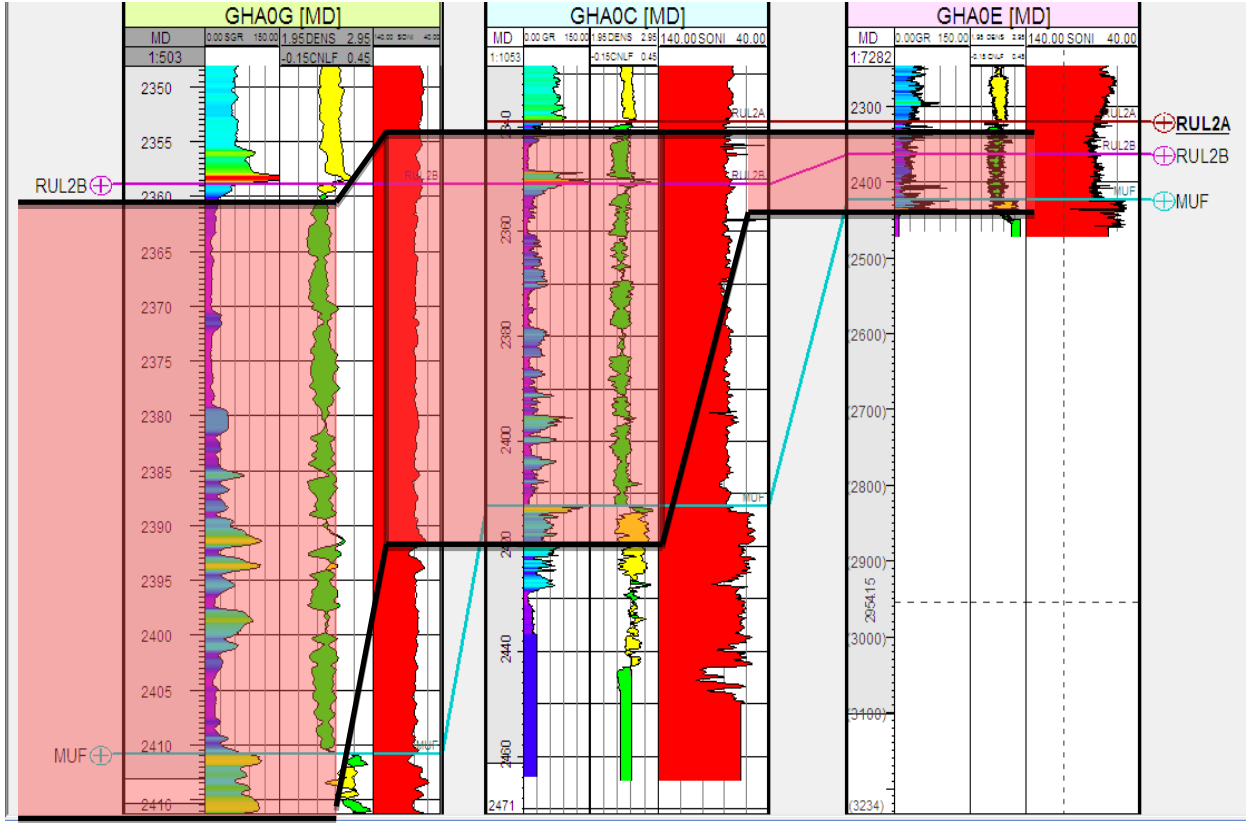
(الشكل ٣-٤) أن السماكات تختلف (GHA0K، GHA0E، GHA0A، GHA0C، GHA0D،GHA0G) ففي الآبار (E،A،D) تكون السماكة كبيرة، أما الآبار المتبقية ضمن البلوك فتتملك التشكيلة فيها سماكات قليلة. والآبار المتواجدة في القسم السفلي من البلوك تغيب فيها الرطبة العليا وجزء من الرطبة السفلى. إن جميع آبار هذا البلوك منتجة ماعدا البئر GHA0D الذي عثر فيه على آثار للمادة النفطية.



الشكل (٣-٤): تغير سماكة تشكيلة الرطبة في الآبار (GHA0K، GHA0A، GHA0D).

يمكن أن يعزى غياب الجزء العلوي في تشكيل الرطبة وبعض سماكات الجزء السفلي منها إلى عامل تكتوني (فالق) وعامل حتي أدى لغياب هذا الجزء (الشكل ٣-٥)، حيث أن الغياب يقتصر على عمر واحد ولتشكيلة واحدة (الكريتاسي السفلي، تشكيلة الرطبة) حيث لاحظنا السماكة القليلة للرطبة العليا في الآبار التي تواجدت فيها، أو قد تكون المناطق التي حفرت فيها الآبار التي تتواجد فيها كامل التشكيلة كانت هابطة أثناء عملية الحت أي أنها كانت محمية من الحت ثم بعدها نهضت محتفظةً بكامل سماكة التشكيلة.

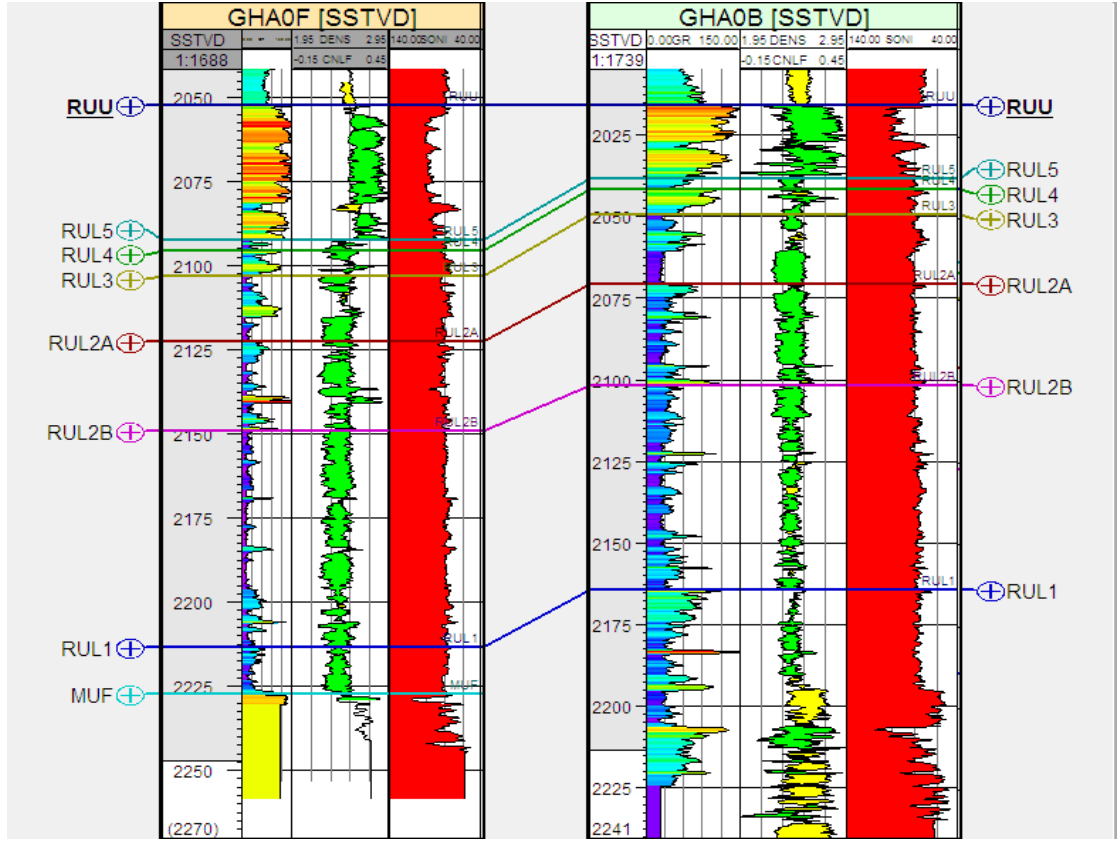
يمكن تفسير غياب النفط في البئر GHA0D، والذي تم العثور فيه على آثار نفطية (شركة الفرات للنفط- 1992، تقارير نهائية للبئر GHA0D) على أنه هاجر محلياً إلى الآبار الموجودة بالقرب منه في نفس البلوك.



الشكل (٣-٥): يبين اختلاف سماكة تشكيلة الرطبة في الآبار التي تغيب فيها الجزء العلوي منها.

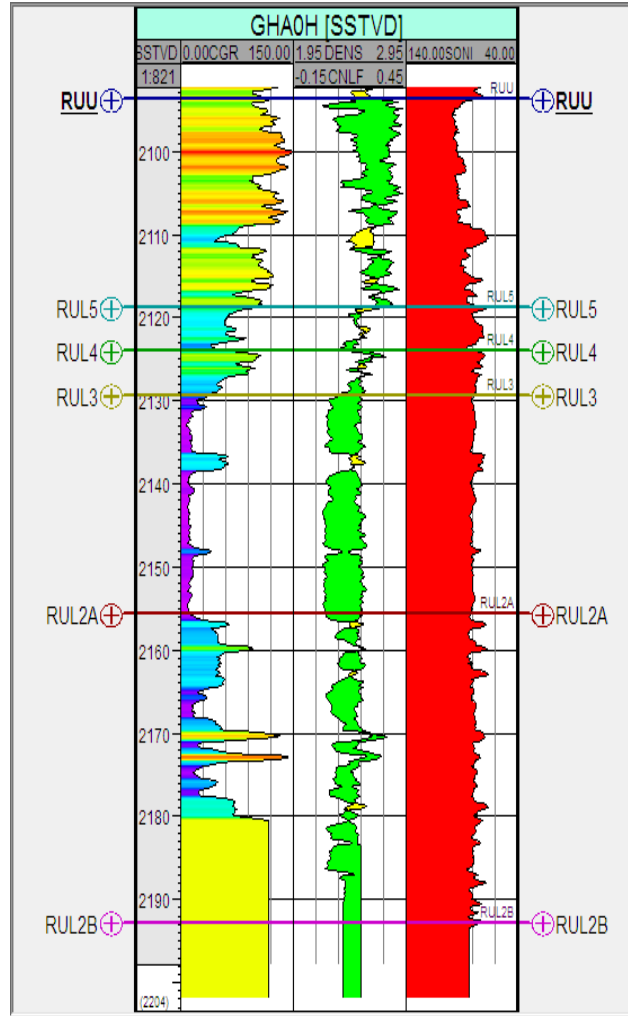
في البلوك F الذي يقع إلى الشمال الشرقي من البلوك A تتواجد تشكيلة الرطبة كاملة في البئر GHA0F (الواقعة ضمن هذا البلوك) بقسميها العلوي والسفلي وهي بئر جافة (شركة الفرات للنفط -1992، تقارير نهائية للبئر GHA0F) (الشكل ٣-٦). كذلك البلوك B والذي يقع في القسم الشمالي من الحقل، وفيه البئر GHA0B، وهي جافة أيضاً (شركة الفرات للنفط-1992، تقارير نهائية للبئر GHA0B)، توجد فيه تشكيلة الرطبة كاملة أيضاً (الشكل ٣-٦).

بينت إحدى الدراسات التي قامت بها شركة الفرات للنفط (2013-2014) أن جفاف هاتين البئرين يعود لعدم وجود صخور مغشية تحجز الزيت .



الشكل (٣-٦): وجود كامل تشكيلة الرطوبة في البئرین GHA0B،GHA0F .

أما البلوك H، الواقع إلى الشمال الغربي من البلوك A، فقد تم فيه حفر البئر GHA0H حسب البنية الجيولوجية المقترحة (المنطقة الأعلى بنيوياً) وتبين أنها بئر جافة أيضاً (شركة الفرات للنفط- 2004، تقارير نهائية للبئر GHA0H). ولم يتوصل الحفر في هذه البئر إلا إلى الوحدة RUL2B (الشكل ٣-٧).



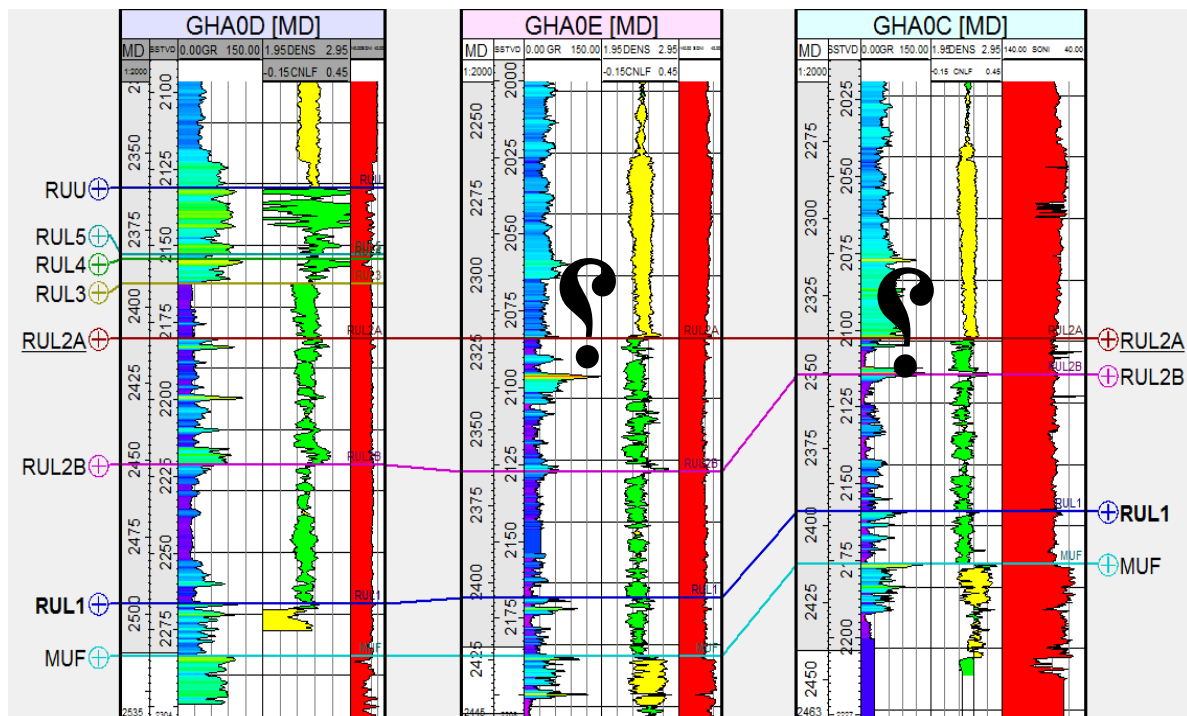
الشكل (٣-٧): تواجد تشكيلة الرطوبة في البئر GHA0H حتى الوحدة RUL2B.

١- التفسير السيزمي والمضاهاة بين الآبار لتوضيح الاختلاف في سماكة تشكيلة الرطوبة في حقل الغواري:

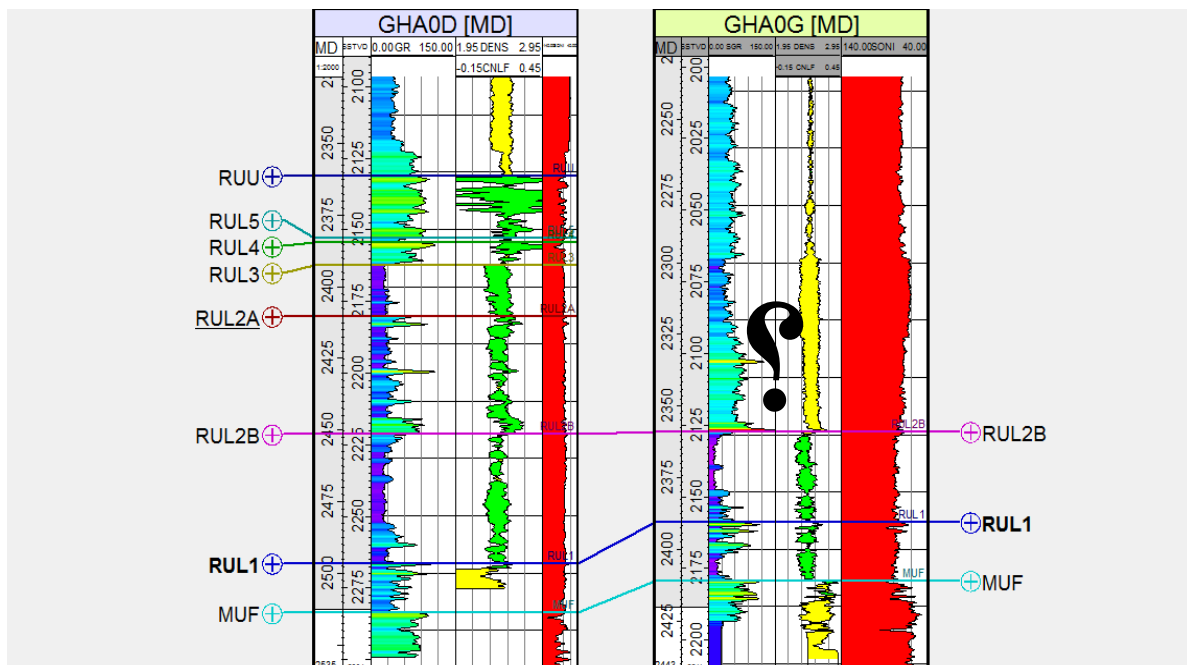
تعد عملية المضاهاة مهمة لبيان اختلاف سماكة وسحن التشكيلة المدروسة على امتداد الحقل . ستنتم المضاهاة في الجنوب في البلوك A حيث تتجمع في هذا البلوك 6 آبار، وحيث تتواجد الرطوبة العليا والسفلى كاملة في البئرين GHA0A ، GHA0D. أما الآبار المتبقية (GHA0C، GHA0E ، GHA0G) فتغيب فيها الرطوبة العليا مع بعض وحدات الرطوبة السفلى (الشكل ٣-٨) (الشكل ٣-٩).

وبمضاهاة هذه الآبار الثلاثة مع كل من البئرين GHA0A، GHA0D ، يلاحظ أن غياب سماكات من تشكيلة الرطوبة بجزأها العلوي والسفلي عائد لعمليتين معاً عملية تكتونية أدت لرفع هذه المنطقة مما أدى لتكشفها وتعرضها لعملية الحت (الشكل ٣-١١). وكما هو مبين من الشكل (٣-١٠) وحسب السطح البنيوي للحقل (السطح العلوي لتشكيلة الرطوبة) فإن هذه الآبار حفرت في مناطق مرتفعة بالعامل

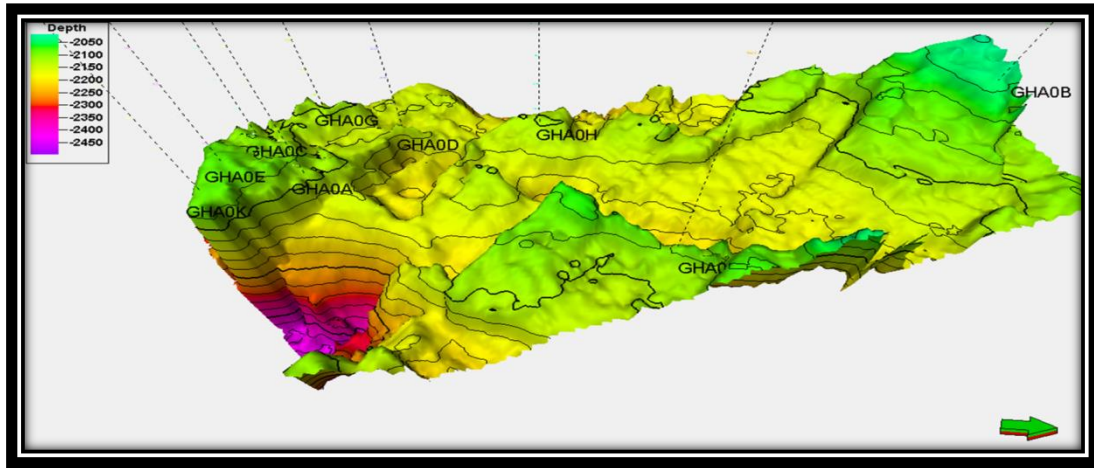
التكتوني مما أدى لتجوية التشكيلة في هذه الآبار وغياب سماكة من الخزان (غياب سماكة 90 m في البئر GHA0G، و 48 m في البئرين GHA0C، GHA0E، وذلك بالمقارنة مع البئر GHA0D).



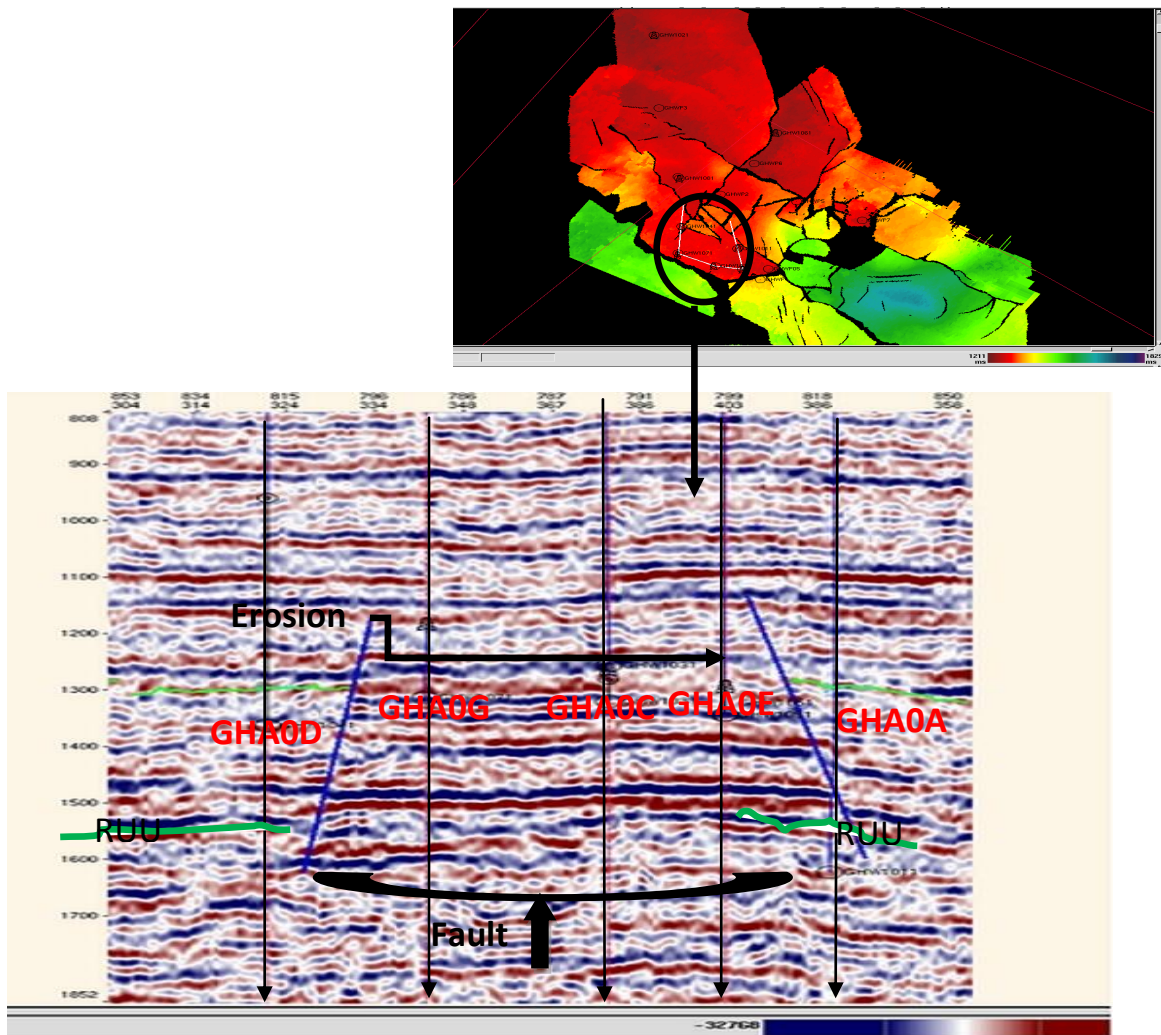
الشكل (٣-٨): يبين غياب الرطوبة العليا في الآبار GHA0C، GHA0E مقارنة مع البئر GHA0D.



الشكل (٣-٩): يبين غياب الرطوبة العليا والجزء العلوي من الرطوبة السفلى في البئر GHA0G، بالمقارنة مع البئر GHA0D.



الشكل (٣-١٠): السطح البنيوي والذي يوضح ارتفاع منطقة الآبار GHA0G، GHA0E، GHA0C ، بالمقارنة مع منطقة البئر GHA0A، GHA0D .



الشكل (٣-١١): مقطع سيزمي يوضح تآكل الرطبة العليا في الآبار (C، G، E).

(شركة الفرات للنفط)

٣-٥- طريقة عمل خرائط السماكة ولوحات المضاهاة باستخدام برنامج بترل (Petrel):

*مرحلة تحميل البيانات في برنامج بترل المأخوذة من الآبار المحفورة.

يتم تحميل البيانات بمساعدة برنامج Avwis وتكون هذه البيانات بثلاثة أشكال ضمنه، وهي كالتالي:

١- اسم البئر (رئيسية البئر Well Header).

٢- إحدائيات البئر.

٣- التشكيلات الموجودة في البئر.

حيث يتم استخراج البيانات من Avwis ونقلها إلى مجلد بصيغة مناسبة ليقراها Petrel وتكون هذه البيانات ضمن أيقونة Input لتستخدم فيما بعد بالعمل.

يتم تحميل كامل القياسات البئرية المنفذة في الآبار. وهذه القياسات هي الأساسية في عملية المضاهاة.

• مرحلة الانتقال إلى بترل:

بعد استخراج البيانات من برنامج Avwis تبدأ عملية تحميلها إلى بترل وهذه العملية سهلة لكن تتطلب الكثير من التدقيق بعد التحميل لتجنب الأخطاء.

والنقطة الأساسية في التحميل هي مناسبة اللاحقة لكل نوع من البيانات بما يتوافق مع برنامج بترل. وهكذا وبعد عملية التحميل فإن الآبار وأسمائها وطبقاتها والإحدائيات كلها تصبح موجودة وجاهزة للاستخدام.

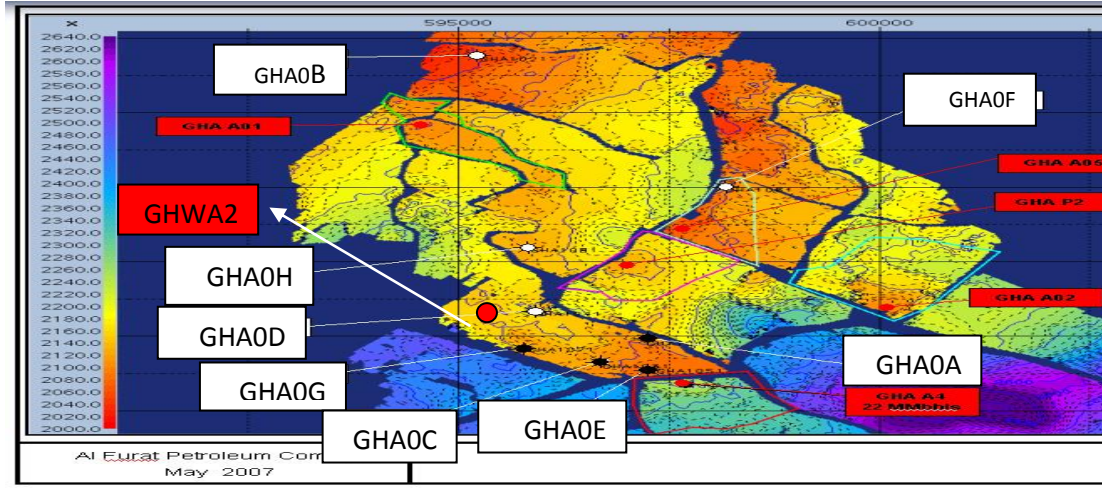
*المرحلة الثانية لتحميل البيانات هي تحميل قيم القياسات حيث يتم الحصول عليها من البتروفيزيائي، وهذه القياسات تتضمن كل القياسات البئرية المسجلة للبئر مثل GR، Sonic، Density، Neutron، ويجب توحيد أسماء القياسات في جميع الآبار تقادياً للأخطاء التي يمكن أن تحدث بأي تغيير بسيط بين الآبار إن كان في الرموز أو التسميات يؤدي إلى أخطاء في العمليات التي ستتم لاحقاً، فعلى سبيل المثال يكون رمز الكثافة في بئر Dens أما في بئر آخر Denoos.

أرفقت هذه المرحلة بإنشاء خرائط سماكة وكان الهدف منها إظهار التباين في السماكات على مستوى الحقل.

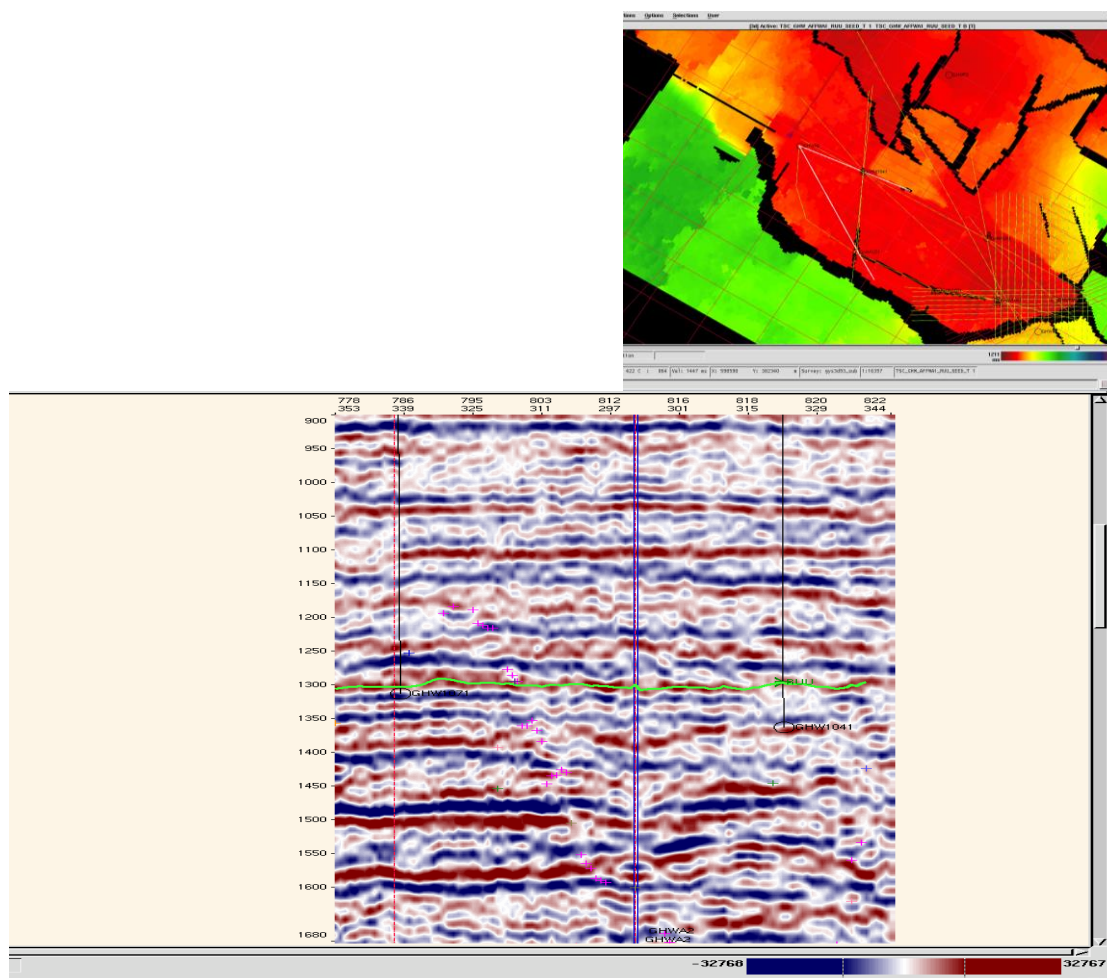
*المرحلة الثالثة : إنشاء نموذج فالقي والذي سنعرضه بالتفصيل في الفصل الثالث.

٣-٦- فرصة حفر:

إن الحاجة للنفط واستنفاده في الآبار التي تم حفرها بالإضافة للكشف عن المنطقة لمعرفة حقيقية لها بعيداً عن الاحتمالات التي تبني على أساس الدراسات الحقلية والبيانات السيزمية، يدعو للبحث المستمر عن مكان مناسب ليتم الحفر فيه، وسواء كانت هذه الفرصة منتجة أو جافة فهي مهمة في الحالتين حيث سوف تكشف المنطقة بشكل واضح وقد توضح أسباب جفاف آبار المنطقة أو إنتاجيتها. وفي منطقة الدراسة تم اقتراح العديد من فرص الحفر في أماكن مختلفة من الحقل بغية البحث عن اتجاه هجرة النفط في الحقل والذي كان مرجح باتجاه الأعلى حسب البنية الجيولوجية المقترحة للحقل والتي تزداد ارتفاعاً كلما اتجهنا شمالاً في الحقل. وبما أن معظم الآبار في المنطقة الجنوبية من الحقل هي آبار منتجة وبالاتجاه نحو الشمال لم يتم العثور على أي مؤشر يدل على وجود النفط، فإن فرصة الحفر المقترحة سوف تكون ضمن المنطقة الجنوبية الغنية بالمادة النفطية (الشكل ٣-١٢ و ٣-١٣).



الشكل (٣-١٢): يبين فرص الحفر التي تم تعيينها في الحقل.
(شركة الفرات للنفط).



الشكل (٣-١٣): مقطع سيزمي لفرصة الحفر الجديدة في الحقل.

(شركة الفرات للنفط).

من المقطع السيزمي الذي تم اعتماده لتحديد فرصة الحفر الجديدة يلاحظ وجود الرطوبة العليا في المنطقة المحددة للفرصة وهذا يؤكد أن الرطوبة السفلى غير معرضة للحت أي أن الخزان الرئيس (الرطوبة السفلى) موجود وهذا مؤشر جيد حيث إن عدم تعرض تشكيلة الخزان للحت يحفظها كما هي. بالرغم من أن هذه الفرصة تم اختيارها في منطقة محتملة لوجود المادة النفطية وهي على ارتفاع جيد وليست في منطقة عميقة (-2140 m) ولم يتم وضع فرص حفر قريبة منها. وبالرغم من سلامة الخزان من الحت، فإن هذا لا يعني بالضرورة وجود المادة النفطية في البئر المقترحة، وهذا لا يعد حفراً فاشلاً بل هو يكشف المنطقة واحتمال هجرة النفط في اتجاهات أخرى غير الاتجاهات التي تم اقتراحها، ويبين أن الآبار الثلاثة المنتجة (E,G,C) قد استنفذت النفط الموجود في هذه المنطقة مما يقدم تصوراً لفرص حفر أخرى في مناطق باتجاهات أخرى من الحقل.

٣-٧- خلاصة ونتائج:

من دراسة اختلاف السماكات لتشكيلة الرطوبة السفلى بين الآبار، وعدم إنتاجية بعض الآبار). تبين لنا ما يلي:

١- غياب الرطوبة العليا وقسم من الرطوبة السفلى في عدد من الآبار (GHA0E،GHA0C ، GHA0G) مما يدل على تعرض المنطقة التي تم فيها حفر هذه الآبار للحت.

٢- عدم إنتاجية بعض الآبار وبخاصة الآبار في شمال الحقل بالرغم من وجود كامل التشكيلة الخازنة، يدل على هجرة النفط إلى أماكن أخرى تكون ذات ضغط أقل وربما تكون هذه الهجرة نحو المناطق الأكثر ارتفاعاً أو في اتجاه آخر، والاتجاه الذي رجح في دراسة سابقة (الشوفي، 2015) كان نحو الشرق، هو اتجاه من المحتمل أن يكون صحيحاً، لكنه لم تتوفر فرصة للحفر للتأكد من صحته.

٣- أما في هذه الدراسة فيرجح اتجاهات أخرى للهجرة (جانبية) وليس فقط باتجاه الشرق (حيث وجد آثار للمادة النفطية في البئر GHA0D والذي يقع في الغرب) ،وهذا ستبينه فرصة الحفر المقترحة إذا تم الأخذ بها .

٤- وجود فوالق برميات صغيرة (11m في البئر GHA0G، و3m في البئر GHA0C) في البلوك الجنوبي من الحقل ويدل على ذلك غياب بعض السويات في الآبار (GHA0G،GHA0C) بالمقارنة مع البئر GHA0A) وبميول (15^0 في البئر GHA0G، و 45^0 في البئر GHA0C).

الفصل الرابع

النموذج الجيولوجي Geomodelling

٤-١-المقدمة.

٤-٢-النموذج البنوي Structural Model، الذي يتضمن:

٤-٢-١-النموذج الفالقي.

٤-٢-١-١-حوامل الفالق.

٤-٢-٢-بناء الشبكة.

٤-٢-٣-خرائط عمق أعالي التشكيلات.

٤-٣-إنشاء مقاطع جيولوجية لقطاعات مختلفة من الحقل.

٤-٤-خلاصة ونتائج.

٤-١- مقدمة:

الجيولوجيا (علم الأرض) هي العلم الذي يبحث في كل خصائص الأرض من حيث تركيبها وكيفية تكوينها والحوادث التي وقعت عليها وتأثير العمليات والقوى المختلفة التي تؤثر فيها. وجاءت عملية النمذجة لتمثل أجزاءاً من الأرض والعمليات الجيولوجية التي تؤثر عليها (فوالق، حت، طي، ..)، بصورة ثلاثية الأبعاد على أساس مجموعة من البيانات والمعلومات المتوفرة وتفسيرها للوصول إلى البنية الجيولوجية الأكثر دقة للمنطقة المدروسة وهذا النموذج يتم تعديله كلما أضيفت على معلومات وبيانات جديدة للمنطقة . وإن بناء أي نموذج جيولوجي يتطلب عدة خطوات رئيسية وهي:

١- تحليل أولي لجيولوجية منطقة الدراسة.

٢- تفسير البيانات والمعلومات المتوفرة (حوامل الفوالق، التشكيلات المختزقة بالبئر، القياسات الجيوفيزيائية البئرية)

٣- بناء شبكة ثلاثية الأبعاد عن التمثيل الثلاثي الأبعاد.

٤- بناء نموذج بنيوي يعد اللبنة الأساسية لبناء النماذج الأخرى (سحنية، بتروفيزيائية) .

إن تكامل هذه الخطوات يقود في النهاية لبناء نموذج للمنطقة المدروسة يوضح بنيتها بصورة واضحة تبعاً للمعلومات المتوفرة.

٤-٢- النموذج البنيوي Structural Model :

النموذج البنيوي هو تمثيل هيكلي ثلاثي الأبعاد للمنطقة المدروسة بفوالقها وطياتها وتضاريسها بارتفاعها وانخفاضها، فهو يقدم تصوراً لشكل الطبقات الموجودة تحت الأرض، ولل عوامل المؤثرة عليها. ولبناء هكذا نموذج يتم تحميل البيانات المتوفرة على برنامج بتزل، للبدء بعدها بعملية الترابط ومن ثم عملية النمذجة.

لإنشاء النموذج البنيوي يجب اتباع الخطوات التالية:

١. نموذج الفالق Fault Modelling: لتحديد الفوالق في النموذج والذي يشكل الأساس أو القاعدة لتوليد شبكة الفوالق، ويتم تحميلها (حوامل للفوالق) (Sticks) من التفسيرات السيزمية.

٢. بناء شبكة الفوالق Pillar gridding.

٣. خرائط العمق لأعالي التشكيلات.

٤. خرائط عمق لمكونات التشكيلة .

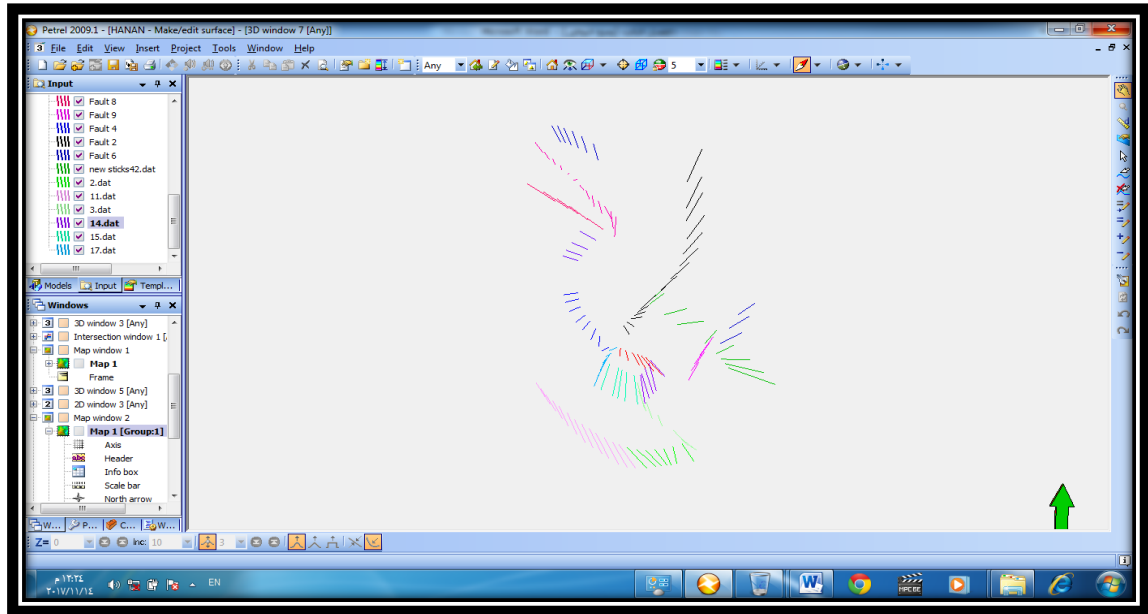
تتم كل هذه الخطوات اعتماداً على البيانات والتفسيرات المتوفرة من الحقل، ومن ثم تفسير النتائج بعد تحميلها على برنامج (Petrel) الذي يعطي تصوراً ثلاثي الأبعاد وخريطة مجسمة تظهر تضاريس المنطقة والتأثيرات عليها، بالإضافة إلى شبكة للآبار والمضاهاة بينها.

٤-٢-١- النمذجة الفالقي Fault Modelling:

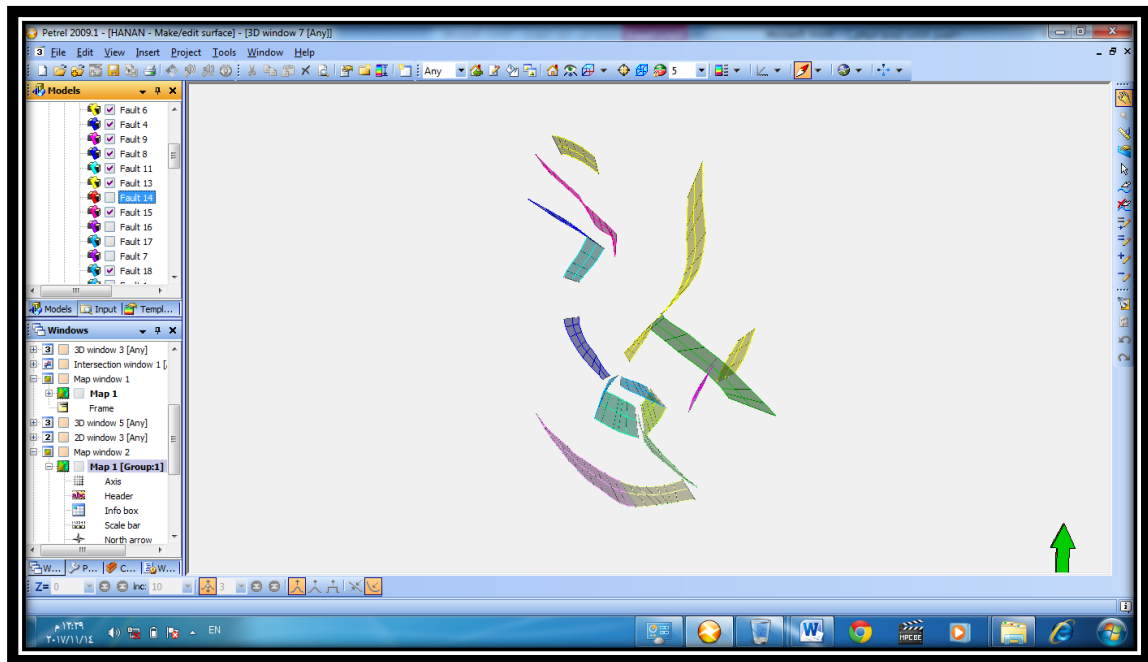
إن موقع منخفض الفرات ضمن منظومة صدوع، وموقع الحقل ضمن هذا المنخفض والذي يضم شبكة فالقية معقدة، حمل للقيام بهذا العمل لرؤية توزع هذه الفوالق ضمن الحقل وتأثيرها على فرص حفر لاحقة، حيث أن الفالق يلعب دور سيف ذو حدين، فإما أن يكون له دور إيجابي في حجز النفط ضمن البئر ومنع هجرته، أو امرار النفط بين "بلوكين"، أو أن يلعب دوراً سلبياً بحجزه للنفط في مكان ربما لا يمكننا الوصول إليه أو إنتاجه بشكل كامل. وأحياناً فإن الفصل بين "البلوكات" عن طريق الفوالق يمكن أن ينتج أكثر من حد مائي فاصل (Oil Water Contact) (OWC) كما هي الحالة المتوقعة في إحدى السيناريوهات في حقل الغواري.

٤-٢-١-١- حوامل الفالق Fault Sticks:

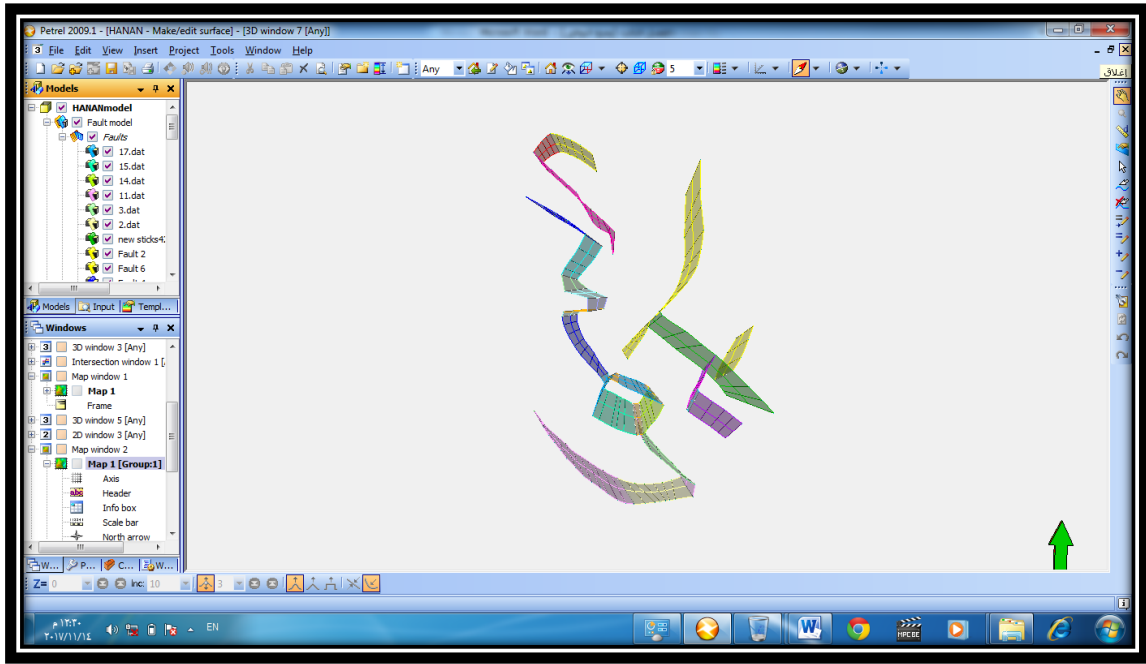
يتم تحميل البيانات والتعامل معها على برنامج بترل. وتكون البيانات الخاصة بالفوالق والمعطاة من الجيوفيزيائي على شكل Sticks (حوامل للفالق)، حيث أن الفالق يظهر للجيوفيزيائي على شكل انقطاعات في التشكيلة يحددها بحوامل وكل مجموعة من هذه الحوامل ترسم فالقاً وتحدد اتجاهه (الشكل ٤-١). وغالباً ما تكون هذه الفوالق كثيرة الشذوذ ويجب على الجيولوجي تصحيحها دون تغيير في اتجاه الفالق أو رميته أو امتداده. ويمكن أن يكون هناك فوالق لا يراها الجيوفيزيائي ولا يحددها على أنها انقطاع وهي الفوالق ذات الرمية الأقل من 25 متر، والتي يمكن أن تظهر للجيولوجي كاختلاف في سماكة التشكيلة ويمكن أن تضاف هذه الفوالق ذات الرميات القليلة إلى الفوالق الموجودة مسبقاً. يبين الشكلان (٤-٢ و ٤-٣) الفوالق في الموديل الفالقي بعد عملية تصحيح حوامل الفوالق التي تم تحميلها. يلي ذلك عملية الربط بين هذه الفوالق للحصول على النموذج الصحيح وبناء الشبكة بشكل دقيق دون حدوث أخطاء كبيرة.



الشكل (٤-١): حوامل الفوالق كما تظهر في برنامج بترل.



الشكل (٤-٢): الفوالق في الموديل الفالقي.



الشكل (٤-٣): الفوالق في الموديل الفالقي بعد عملية الربط بينها.

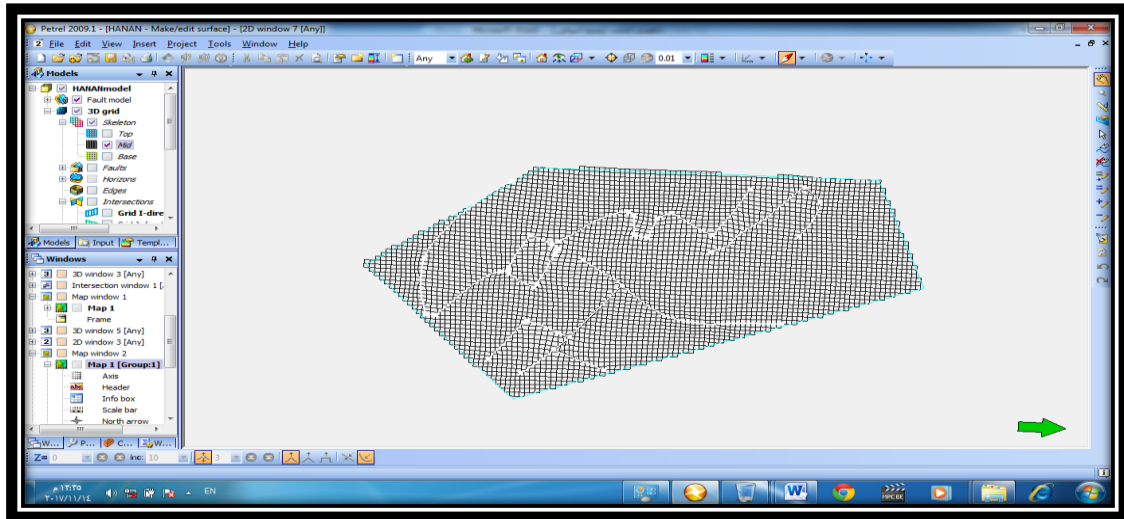
٤-٢-٢- بناء الشبكة Pillar Gridding:

يمثل بناء الشبكة (الشكل ٤-٤) الخطوة الثانية بعد إنشاء النموذج الفالقي لبناء النموذج البنيوي. وهذه الخطوة من أجل بناء شبكة محددة من قبل الفوالق. والغرض من بناء الشبكة هو صنع إطار هيكلي ثلاثي الأبعاد (Skeleton) يتألف من تراكب ثلاث شبكات القمة، الوسط والقاعدة (Min and Base،Top).

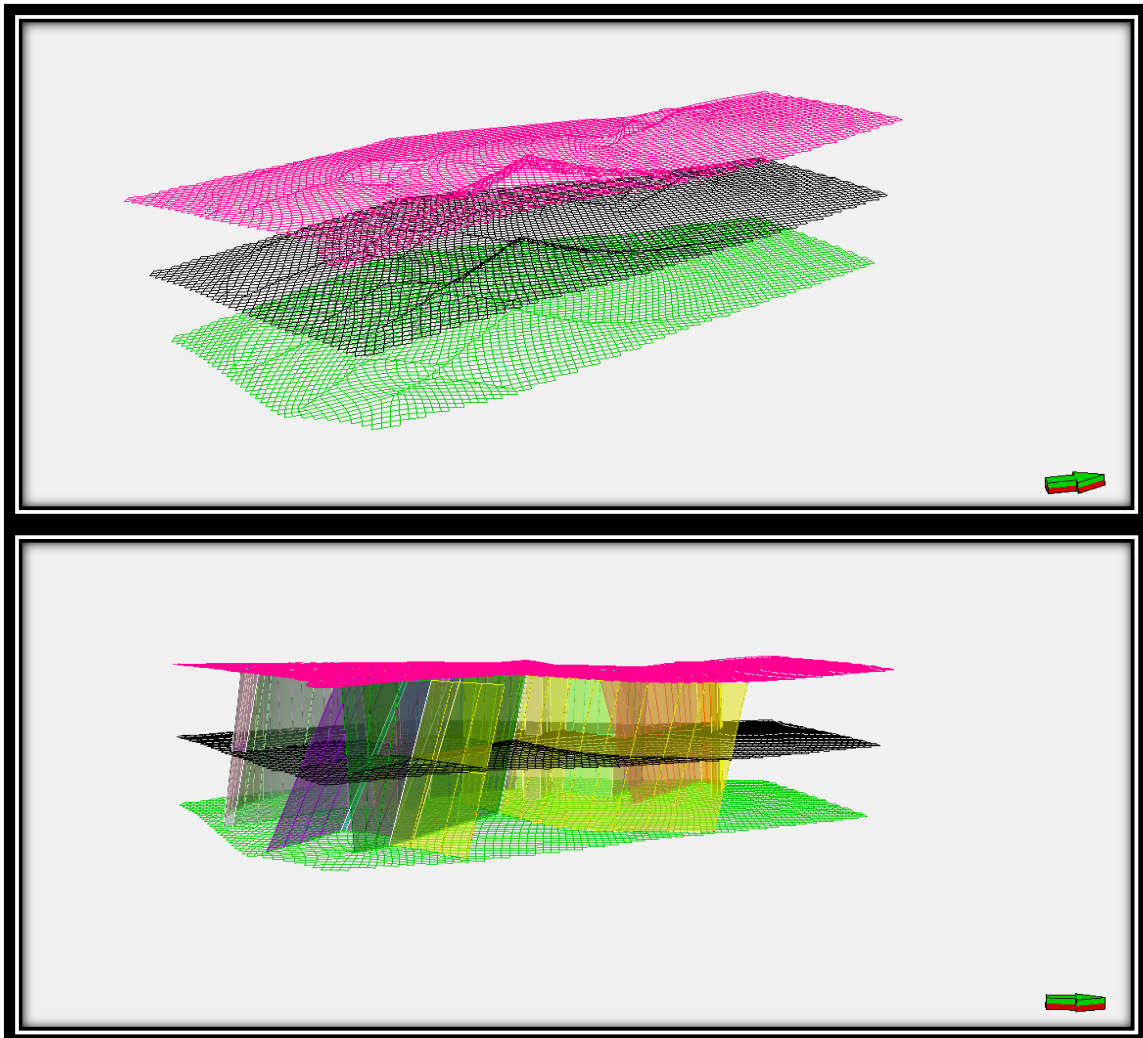
والخطوات اللازمة لبناء هذه الشبكة هي:

- بناء الحدود (Boundary).
- إدراج الاتجاهات.
- بناء قطاع (Segment).
- وفي النهاية بناء الشبكة (الشكل ٤-٥).

وتتم هذه الخطوات بالاعتماد على الركائز (Pillar) إذ يتم ادراج مجموعة من الركائز على كامل منطقة الدراسة، حيث يكون هناك ركيزة في كل ركن من خلايا الشبكة. ولتظهر الشبكة بشكلها الصحيح دون خلل يجب الوصل بين الفوالق (Connected Two Faults). تستخدم الشبكة (Pillar Gridding) لتطوير الاطار البنيوي للفوالق مع توجيه خلايا الشبكة بشكل مواز للفوالق.



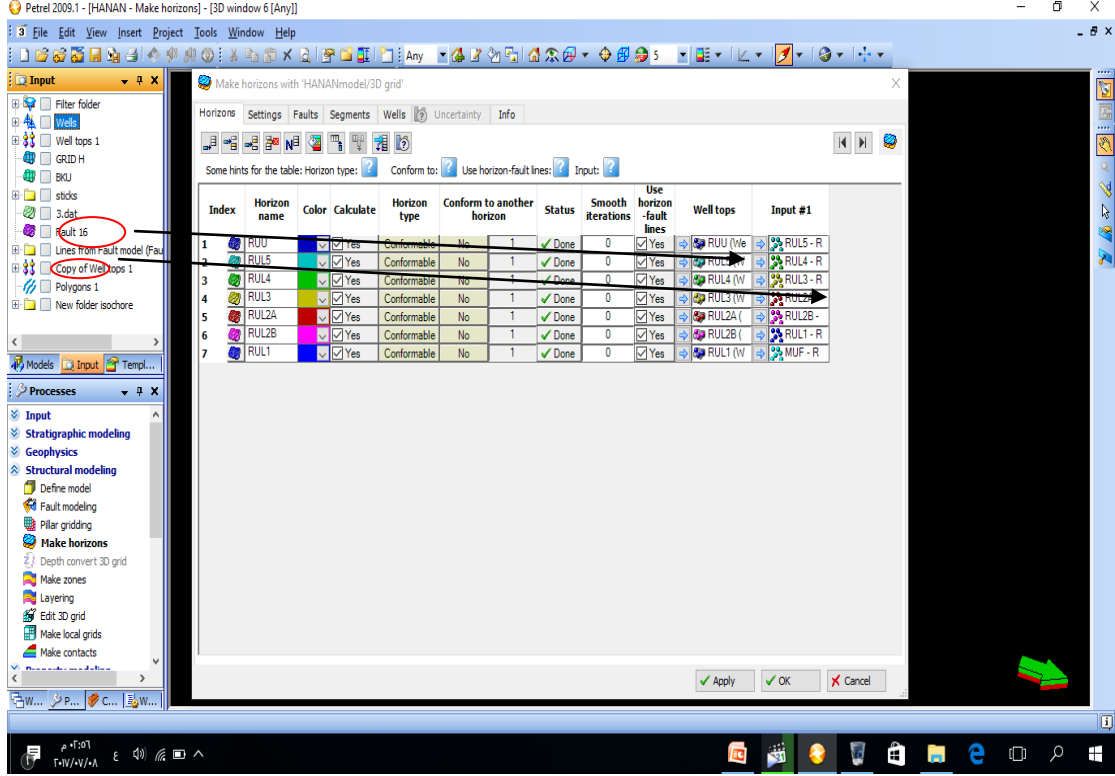
الشكل (٤-٤): الشبكة مع الفوالق في النافذة ثنائية الأبعاد (2D).



الشكل (٥-٤): الشبكة (grid) بطبقاتها الثلاث في النافذة ثلاثية الأبعاد 3D بدون ومع الفوالق.

٤-٢-٣- خرائط عمق أعالي التشكيلات :

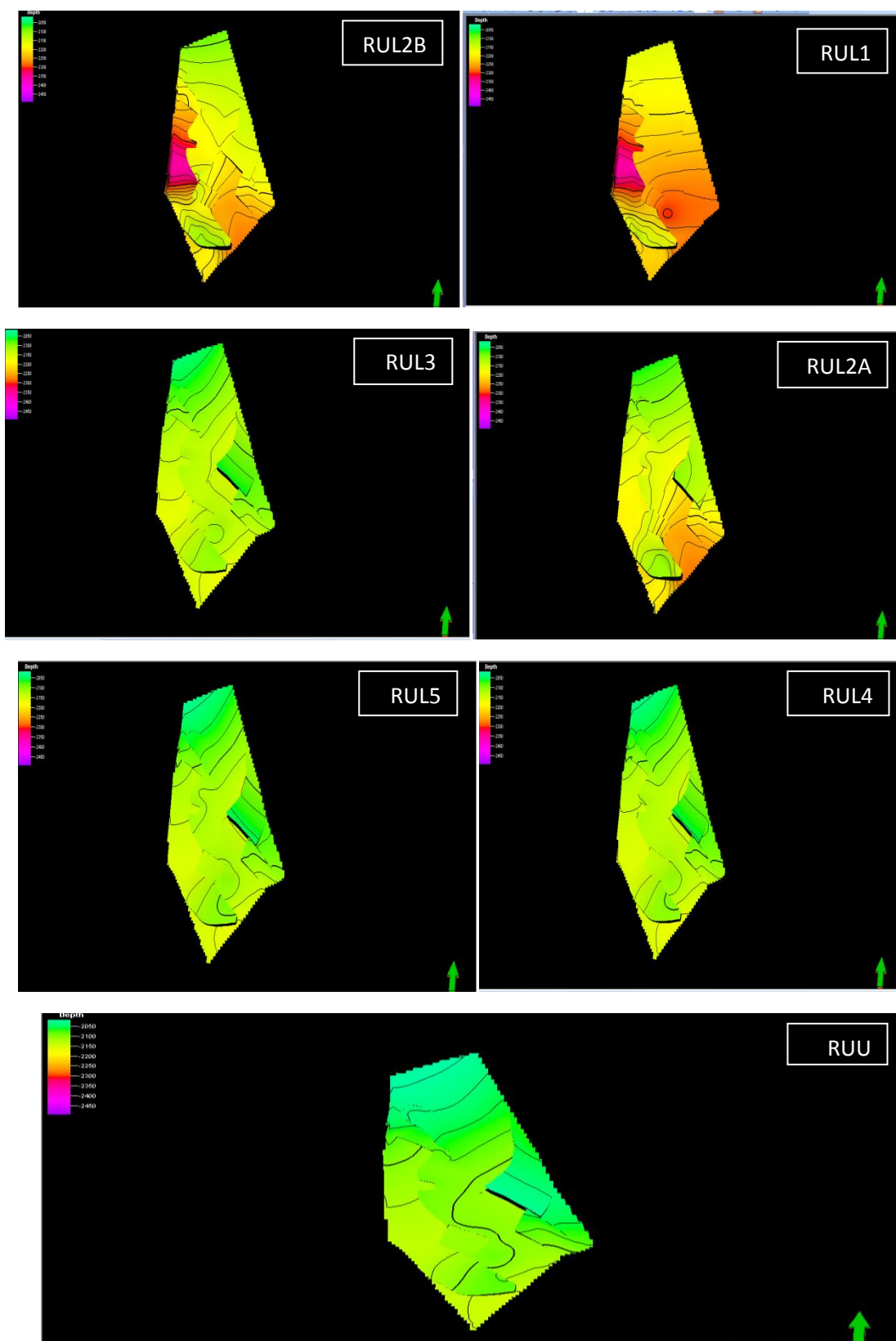
تمثل هذه العملية الخطوة الأخيرة من خطوات بناء النموذج البنيوي. وهي تندرج ضمن الشبكة. وترتبط عملية بناء السطوح العاكسة بخصائص هذه السطوح وتفسيرات الطبقات في الشبكة ثلاثية الأبعاد اعتماداً على التفسيرات السيزمية. وفي هذه العملية يتم تحديد ما إذا كانت سطوح الطبقات حتمية أو طبقية كما هو الحال في هذه الدراسة.



الشكل (٤-٦): يبين خطوات عملية بناء السطوح العاكسة.

يوضح الشكل (٤-٦) عملية بناء السطوح العاكسة باستخدام برنامج بترل ، ويتم الاعتماد في هذه الخطوة على خرائط تساوي السماكة Isocore map التي تمثل المدخلات لعملية بناء السطوح العاكسة. وبعد عملية ادخال المعلومات اللازمة تظهر السطوح العاكسة (الشكل ٤-٧) لكل طبقة تم ادخال معلوماتها مع ألوان تدل على الأعماق. وبما أنه تم تقسيم الرطوبة السفلى إلى وحدات فإن عملية بناء السطوح العاكسة حلت محل عملية بناء الطبقات ، وهكذا يكون النموذج البنيوي قد اكتمل بكل خطواته (النموذج الفالقي، الشبكة، السطوح العاكسة).

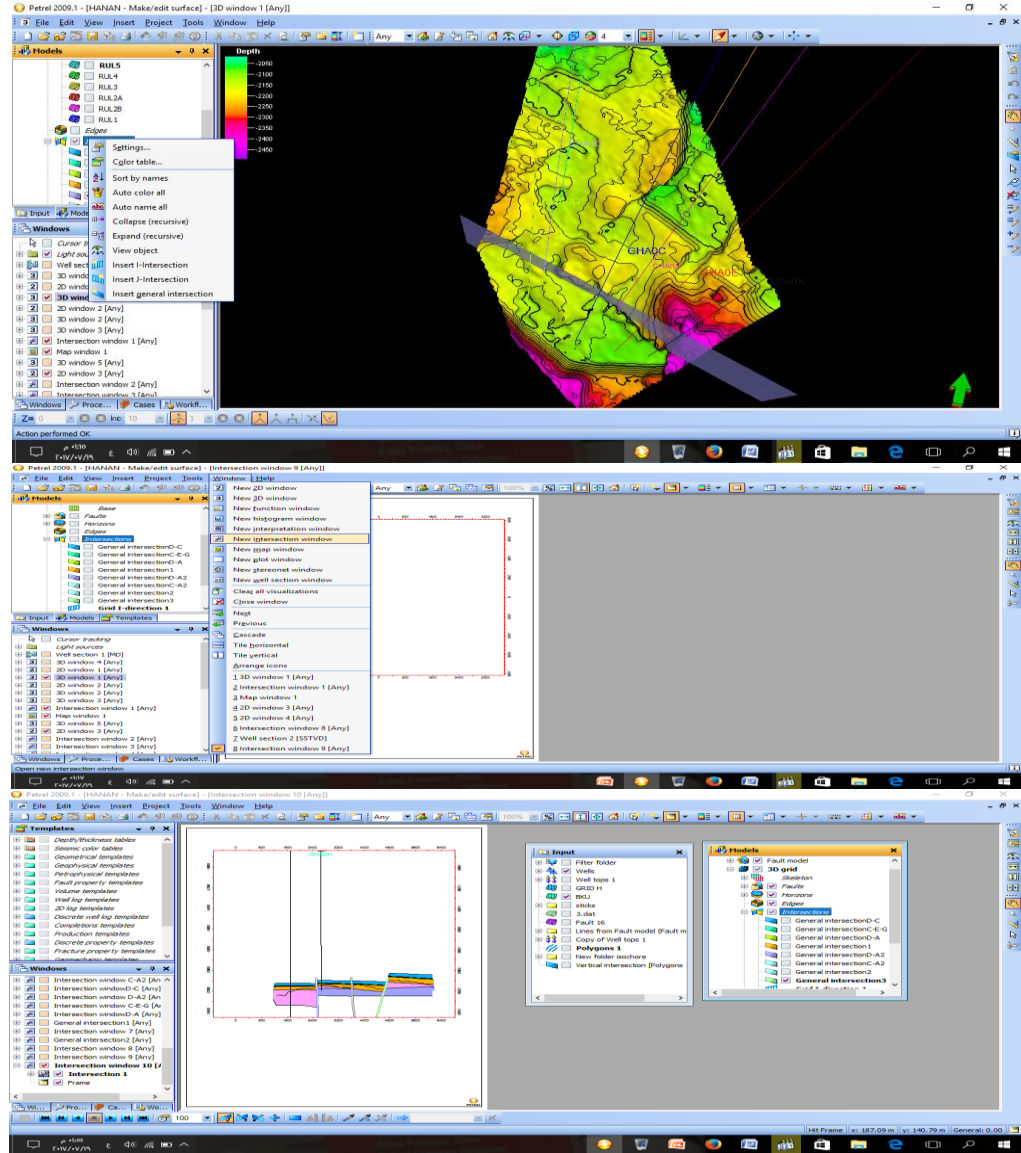
يظهر الشكل (٤-٧) خرائط العمق لتشكيلة الرطوبة بجزأها، حيث يلاحظ ازدياد العمق في الجزء الغربي من الحقل (خاصة في الوحدتين RUL2B، RUL1).



الشكل (٧-٤): خرائط العمق لأعالي تشكيلة الرطبة ووحداتها.

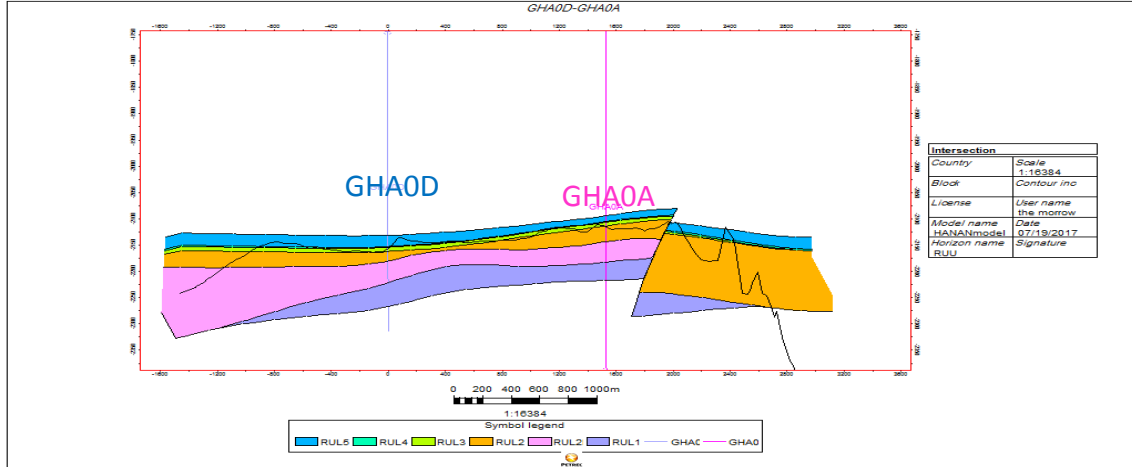
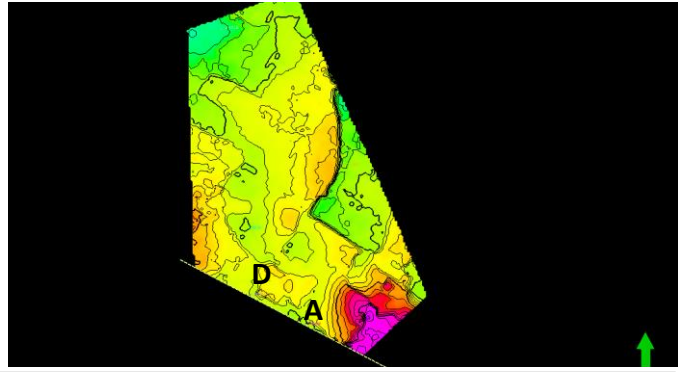
٤-٣- إنشاء مقاطع جيولوجية لقطاعات مختلفة من الحقل:

تتم عملية إنشاء المقاطع الجيولوجية لوصف التتابع الجيولوجي للطبقات ووضعها وسماتها، ويتم إنجازها اعتباراً من الخريطة الجيولوجية وتظهر الطبقات بألوان مختلفة، كما تظهر أماكن قطع الفوالق لها، وتقابل الطبقات وأماكن غيابها. ويوضح الشكل (٤-٨) طريقة عمل المقاطع الجيولوجية باستخدام برنامج بترل .

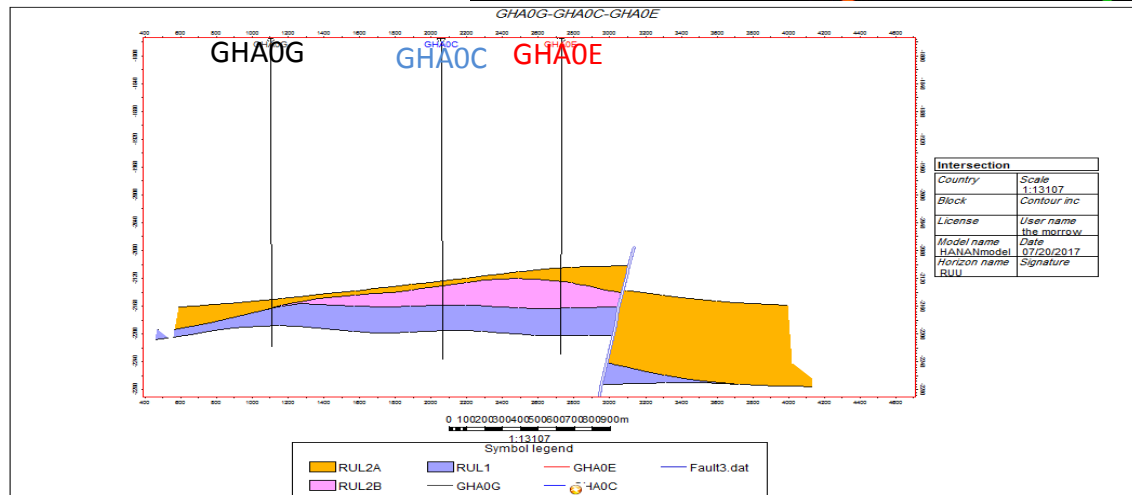
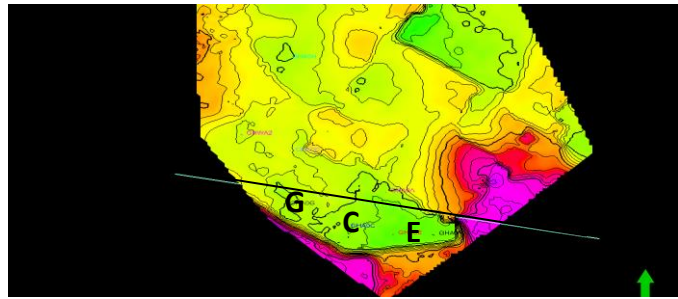


الشكل (٤-٨): طريقة عمل المقاطع الجيولوجية باستخدام برنامج بترل.

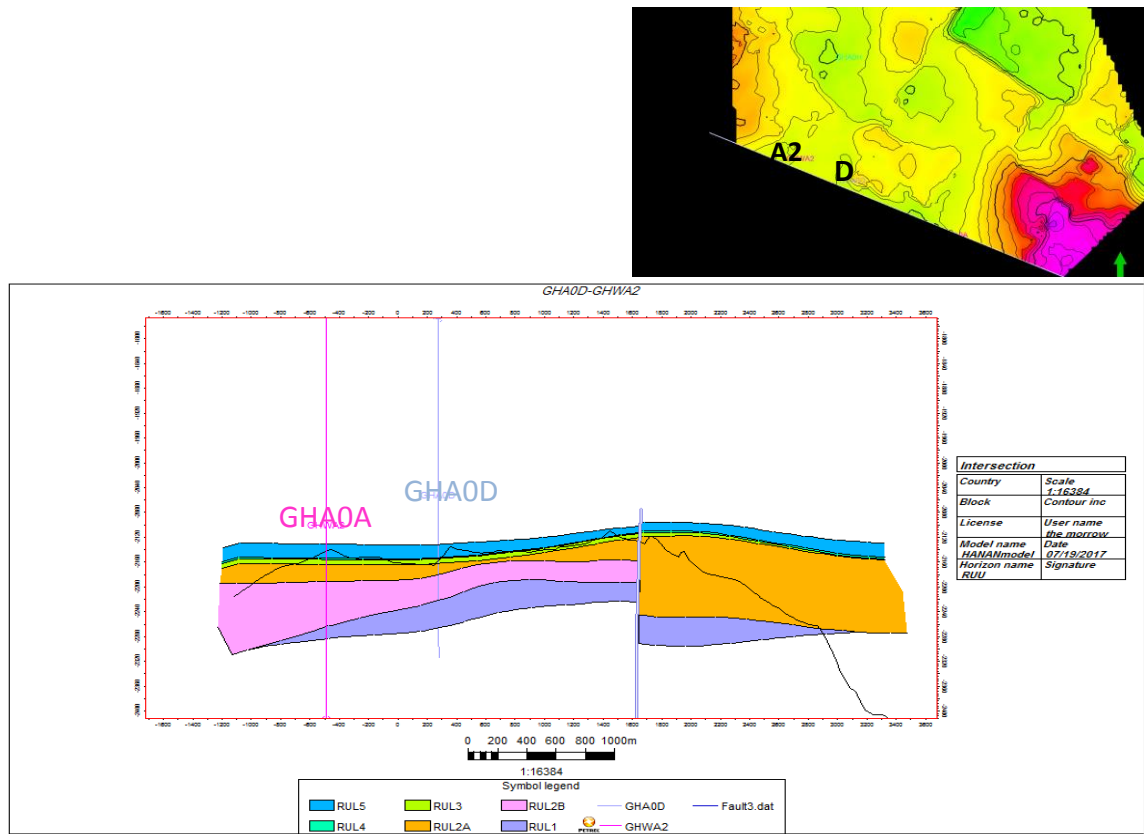
سوف نعرض عدة مقاطع جيولوجية في قطاعات مختلفة من الحقل لنظهر تتابع الطبقات وغياب بعضها والفوالق المؤثرة عليها (الأشكال ٤-٩، ٤-١٠، ٤-١١)



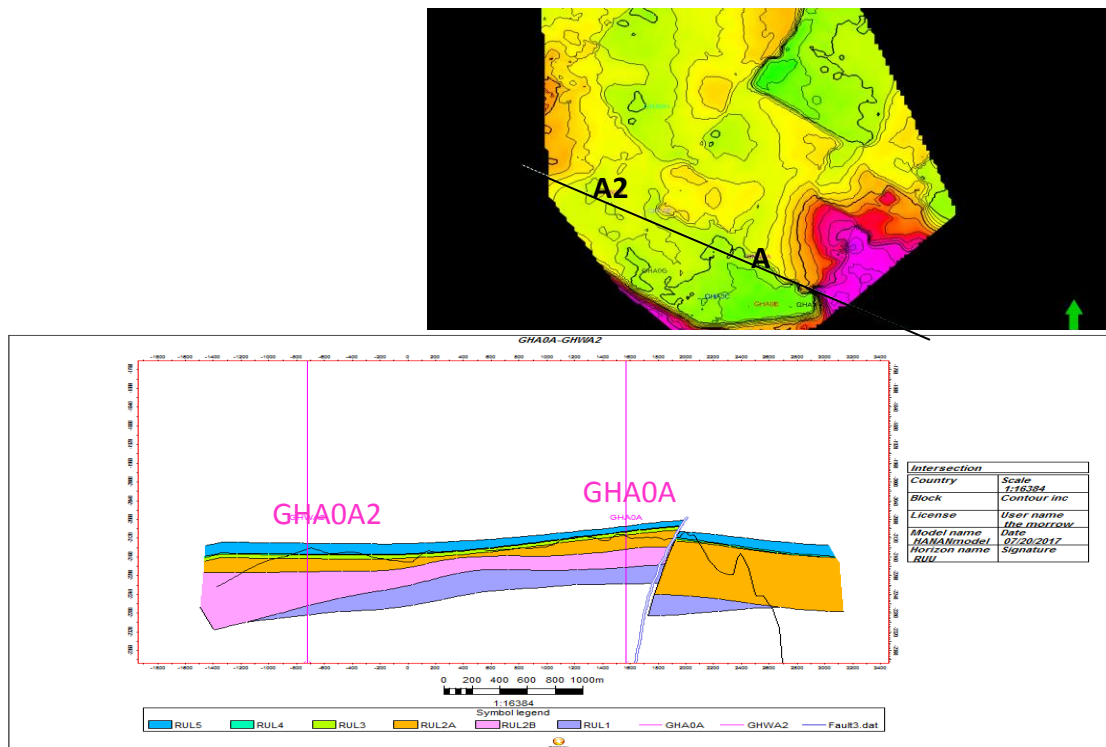
الشكل (٩-٤): مقطع جيولوجي بين البئر A-D.



الشكل (١٠-٤): مقطع جيولوجي بين الآبار G-C-E.

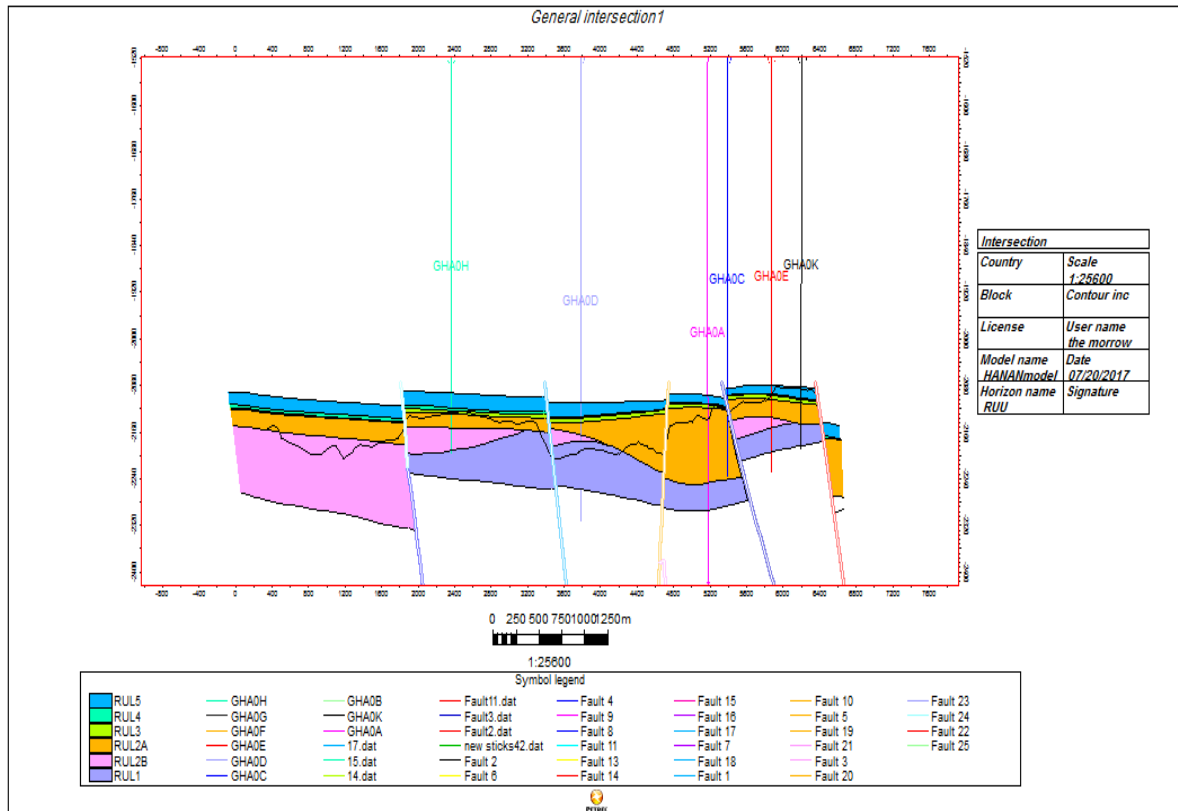
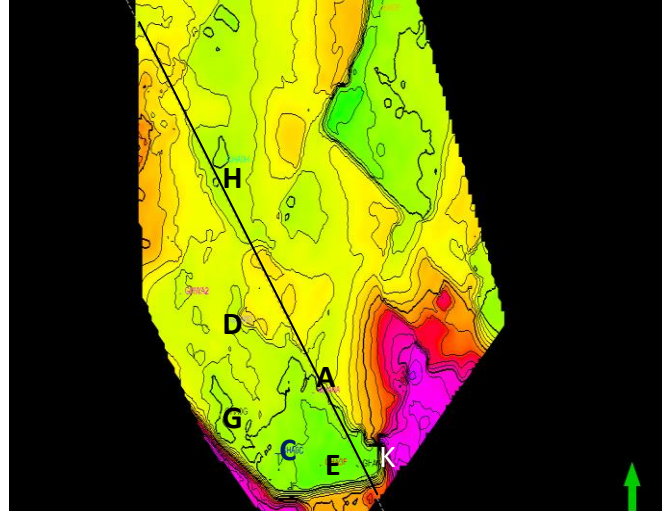


الشكل (٤-١١): مقطع جيولوجي بين البئر D وفرصة الحفر A2.



الشكل (٤-١٢): مقطع جيولوجي بين البئر A وفرصة الحفر A2.

يبين الشكلان (٤-١١، ٤-١٢) مقطعين لفرصة الحفر المقترحة أحدهما بين البئر GHA0A فرصة الحفر A2 والآخر بينها وبين البئر GHA0D، حيث يتبين وجود كامل تشكيلة الرطبة بجزأها في مكان تواجد فرصة الحفر وعدم وجود فوالق قريبة منها مما قد يمنح أملاً في إنتاجية هذا الموقع .



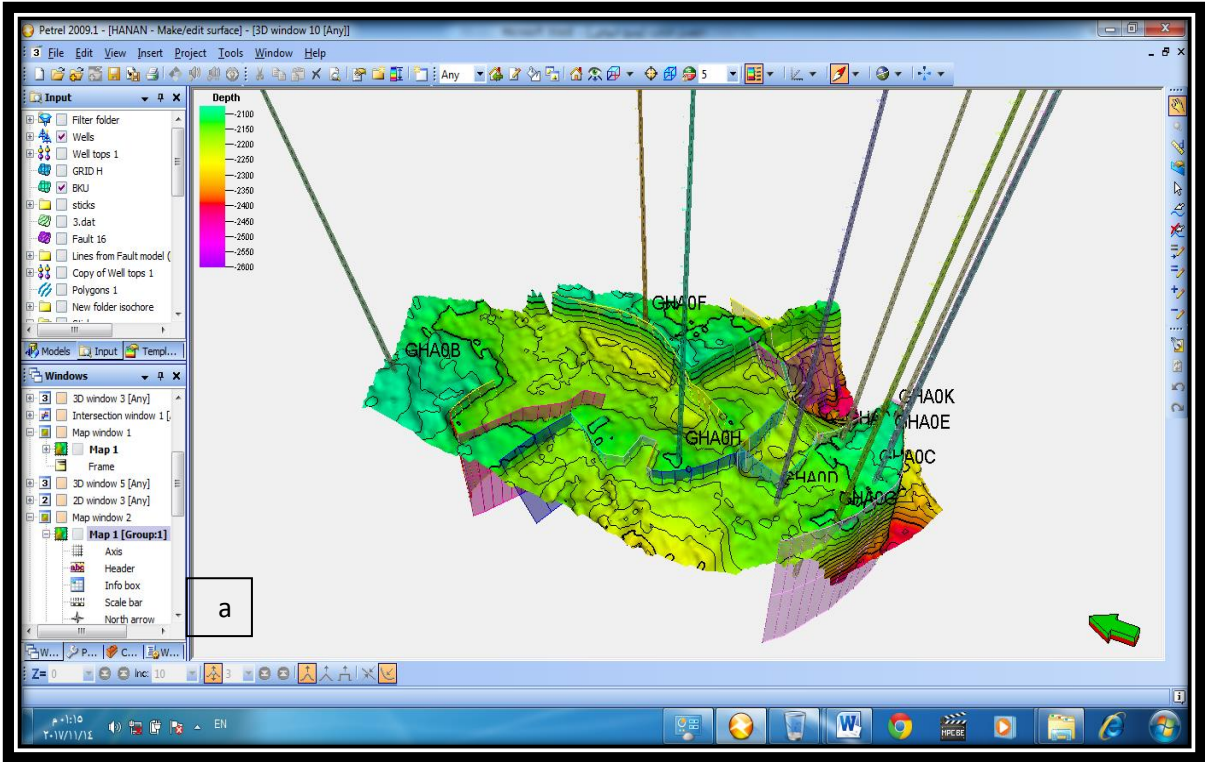
الشكل (٤-١٣):مقطع جيولوجي عام للمنطقة.

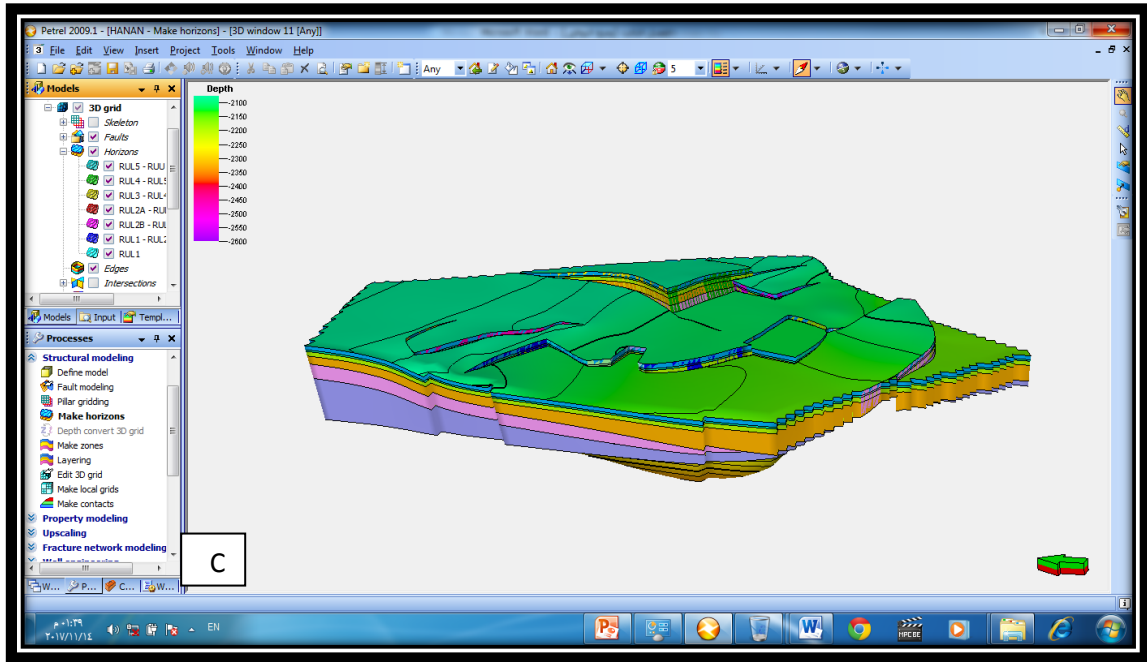
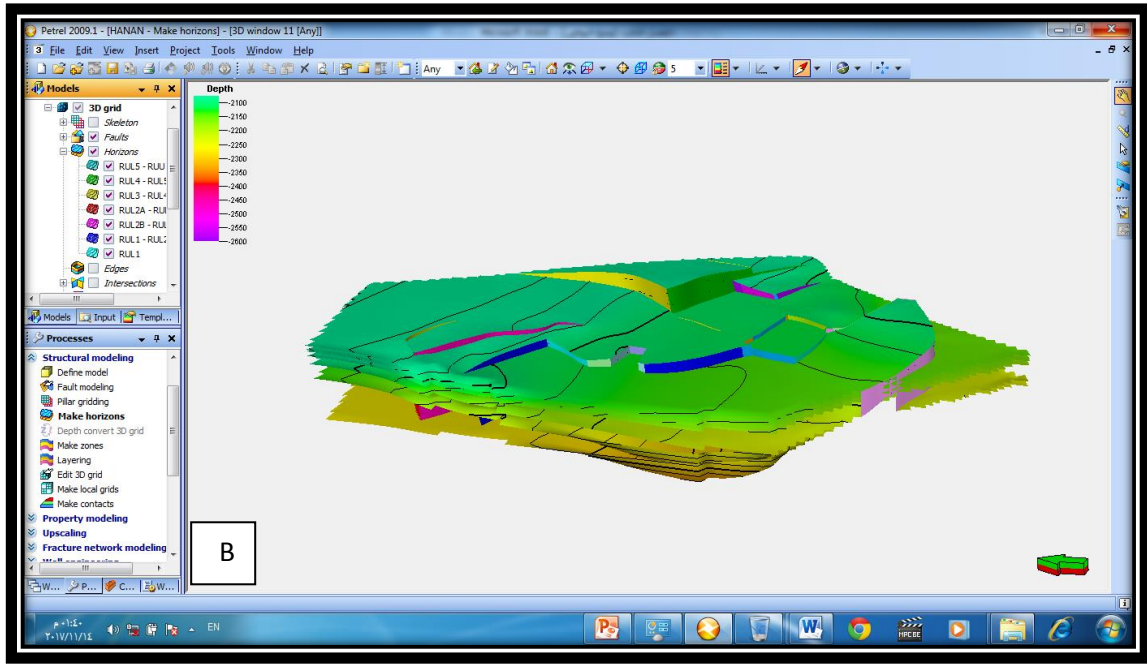
وعلى المقطع العام للمنطقة (الشكل ٤-١٣) تظهر مجموعة فوالق سلمية متوزعة في المنطقة، تعدها جيولوجياً مما يفسر عدم إنتاجية أغلب الآبار. وقد تكون هذه الفوالق سبب لهجرة النفط إلى مواقع مختلفة من الحقل.

٤-٤-٤- خلاصة ونتائج:

سمحت عملية النمذجة بعكس التصور الثلاثي الأبعاد للمنطقة المدروسة، ومكنت بالتالي من الوصول لعدة نتائج.

- ١- معرفة أماكن توزع الفوالق في منطقة الدراسة وتأثيرها عليها.
- ٢- التأكد من سبب غياب بعض التشكيلات في الحقل ووجودها في أماكن أخرى منه، وسبب ذلك على الأرجح هو الحت.
- ٣- بناء لوحات ترابط بين آبار الحقل.
- ٤- تشكيل عدة مقاطع جيولوجية لمناطق مختلفة من الحقل بهدف تعزيز النتائج التي تم الوصول إليها.
- ٥- التوصل في النهاية لبناء النموذج البنيوي المتكامل كما هو مبين في الشكل (٤-٤-١).





الشكل (٤-١٤): يمثل النموذج البنوي المتكامل.

a: النموذج الفالقي ضمن السطح الطبقي للمنطقة.

b: السطوح العاكسة مع الفوالق.

c: السطوح العاكسة مع الفوالق والحواف.

الفصل الخامس

نتائج عامة General results

- ١- على صعيد دراسة اختلاف سماكة تشكيلة الرطبة السفلى، وعدم إنتاجية بعض الآبار.
- ٢- على صعيد التقييم البتروفيزيائي.
- ٣- على صعيد بناء النموذج ثلاثي الأبعاد.

اعتمدت هذه الدراسة بشكل رئيسي على البيانات الجيوفيزيائية البئرية، والخصائص الجيولوجية لتشكيلة الرطبة، وعمليات المضاهاة بين آبار حقل الغواري والتي ساهمت بشكل أساسي في عمليات التفسير والتطور ثلاثي الأبعاد لحقل الدراسة (الغواري).

وفي ضوء هذه الدراسة تم الوقوف على العديد من النتائج العلمية والتطبيقية المهمة.

١ - على صعيد دراسة اختلاف سماكة تشكيلة الرطبة السفلى، وعدم إنتاجية بعض الآبار تبين مايلي:

*تغيب الرطبة العليا وقسم من الرطبة السفلى في عدد من الآبار (GHA0E،GHA0C ، GHA0G) مما يدل على تعرض المنطقة التي تم فيها حفر هذه الآبار للحت.

* عدم إنتاجية بعض الآبار وبخاصة الآبار في شمال الحقل بالرغم من وجود كامل التشكيلة الخازنة، يدل على هجرة النفط إلى أماكن أخرى تكون ذات ضغط أقل وربما تكون هذه الهجرة نحو المناطق الأكثر ارتفاعاً أو في اتجاه آخر، وتم تحديد اتجاهات أخرى للهجرة (جانبية) وليس فقط باتجاه الشرق (حيث وجد آثار للمادة النفطية في البئر GHA0D والذي يقع في الغرب) ،وهذا ستبينه فرصة الحفر المقترحة إذا تم الأخذ بها .

* وجود فوالق برميات صغيرة (11m في البئر GHA0G، و3m في البئر GHA0C) في البلوك الجنوبي من الحقل ويدل على ذلك غياب بعض السويات في الآبار (GHA0G،GHA0C) بالمقارنة مع البئر (GHA0A) وبميول (⁰15 في البئر GHA0G، و⁰45 في البئر GHA0C).

٢ - على صعيد التقييم البتروفيزيائي:

بالاعتماد على القياسات الجيوفيزيائية البئرية لحقل الغواري، وبالإضافة للعمليات الحسابية التي تم من خلالها حساب النفاذية والمسامية والاشباع المائي، تم التوصل لعدة نتائج.

* من حساب حجم الشيل تبين أن الحجم مرتفع في القطاع الخازن (الرطبة السفلى)، مما يؤثر على الخصائص الخزنية للتشكيلة.

* الاشباع المائي العالي ضمن آبار الحقل (GHA0H،GHA0D،GHA0B)، وهذا يفسر عدم إنتاجية الآبار، حيث أن امتلاء المسامات الصخرية بالماء، يؤدي إلى دفع النفط إن وجد وهجرته إلى خزان آخر، (هجرة النفط على شكل طور منفصل).

* تراوح نمط الشيل في الآبار بين الشيل المبعثر بالإضافة للشيل الورقي في البئر
GHA0B،GHA0D الذي يمنع الاتصال الشاقولي للمسام ويشغل حيزاً ضمن الفراغ الصخري
بالتالي يؤثر على الخصائص الخزنية للتشكيلة، كما أن وجود الشيل المبعثر بنسب كبيرة في
الآبار قد يكون السبب في عدم انتاجية الآبار حيث أنه يضعف التواصل بين المسام الصخري
ويمنع حركة الموائع.

* اجتماع عاملي الاشباع المائي العالي في الآبار ونمط الغضار الذي يؤثر على الخصائص
الخزنية يشكل محوراً أساسياً في عدم انتاجية هذه الآبار بالرغم من حماية التشكيلة الخزنة من
الحت.

٣- على صعيد بناء النموذج ثلاثي الأبعاد:

سمحت عملية النمذجة بعكس التصور الثلاثي الأبعاد للمنطقة المدروسة، ومكنت بالتالي من
الوصول لعدة نتائج.

* معرفة أماكن توزع الفوالق في منطقة الدراسة وتأثيرها عليها.

* التأكد من سبب غياب بعض التشكيلات في الحقل ووجودها في أماكن أخرى منه، وسبب ذلك
على الأرجح هو الحت.

* بناء لوحات ترابط بين آبار الحقل، وضحت تباين السماكات وأماكن تواجد وغياب تشكيلة
الرطوبة بجزئها، مما يعطي تصوراً للبنية الجيولوجية تحت سطحية لحقل الغواري بالنسبة لتشكيلة
الرطوبة.

* تشكيل عدة مقاطع جيولوجية لمناطق مختلفة من الحقل بهدف تعزيز النتائج التي تم الوصول
إليها.

* بناء نموذج بنيوي متكامل لحقل الغواري يضم النموذج الفالقي موضحاً أماكن تواجد الفوالق
في الحقل مما يوضح بنية الحقل التكتونية، وبالتالي التأثير على الخصائص الخزنية.

المراجع References :

العربية:

- ١- الدغري، ي. ٢٠٠٩، دراسة تطويرية لحقل شمال العمر - تقارير داخلية لشركة الفرات للنفط- دمشق.
- ٢- الرفاعي، المعتصم. ٢٠١٥، إعادة تقييم الخواص الخزنية لتشكيلة الرطبة في حقلي تل مرمر وشرق تل مرمر باستخدام القياسات الجيوفيزيائية البئرية، رسالة ماجستير جامعة دمشق، دمشق.
- ٣- الشوفي، ر. ٢٠١٥، تأثير التطور التكتوني (منخفض الفرات - منطقة حقول العمر) على الخصائص الخزنية لحقلي الغواري واليمن، رسالة ماجستير، جامعة دمشق، دمشق.
- ٤- شركة الفرات للنفط ١٩٩٢، تقارير نهائية للبئر GHA0B، حقل الغواري.
- ٥- شركة الفرات للنفط ١٩٩٢، تقارير نهائية للبئر GHA0D، حقل الغواري.
- ٦- شركة الفرات للنفط ١٩٩٤، تقارير نهائية للبئر GHA0F، حقل الغواري.
- ٧- شركة الفرات للنفط ٢٠٠٤، تقارير نهائية للبئر GHA0H، حقل الغواري.

English:

- 1- Alsdorf 'D. 'Barazangi 'M. 'Litak' R. 'Seber 'D. 'Sawaf 'T. 'and Al-Saad' D. 1995 ' The intraplate Euphrates depression – Palmyrides mountain belt junction and relationship to Arabian plate boundary tectonics 'Annali di Geofisica 'v. 38 'p. 385-397.
- 2- Alsouki' M. 'Taifour' R. 2015 'The tectono-depositional evolution of the Syrian Euphrates Graben Area using the 3D seismic data. Arabian Journal of Geosciences '8 ' 9 'p. 7577-7587.
- 3- Antwan' M. Well log Analisis (Almousel University Press 'Mosul Iraq' 1988) pp.178-235.
- 4- Asquith' G. 'Krygowski' D.A. 2004 'Basic well log analysis 'AAPG Methods in Exploration series 'No.16 ' 'p.31-35.
- 5- Ballay' R. 2005 'Formation Evaluation (carbonate versus sandston)' p.14-15.
- 6- Barazangi' M. 'Seber' D. 'Sawaf' T. 'Brew' G. 1997, Summer of the geological evaluation of Syria through geophysical interpretation implication for hydrocarbon exploration 'the leading Edge' 16' 1473-1482.
- 7- Beydoun 'Z.R. 1991 'Arabian plate hydrocarbon geology and potential aplate tectonic approach. Studies in Geology '33 'American Association of Petroleum Geologists ' Tulsa 'Oklahoma 'USA 'p.77.
- 8- Bosma' P.J.1996 'An Introductin to the Basics of log Evaluation '2^{en} Edition 'p.11-13.
- 9- Brew' G. 'Barazangi 'M. 'Al-Maleh' A.K. '& Sawaf' T. 2001 'Tectonic and geologic evolution of Syria. GeoArabia '6 '4 'P. 573-616.
- 10- Brew 'G . 'Litak' K. 'Seber' D. 'Barazangi 'M. 'Al-Imam' A. 'and Sawaf' T. 1997 ' Basement depth and sedimentary velocity structure in the northern Arabian Platform ' Eastern Syria: Geophysical Journal International 'v. 128 'p. 617-631.
- 11- Brew' G. 'Lupa' J. 'Barazangi' M. 'Sawaf' T. 'Al-Imam' A. 'and Zaza' T. 2001 ' *Structure and tectonic development of the Dead Sea Fault System and Ghab Basin in Syria*. Journal of the Geological Society 'London 'in review.
- 12- Chaimov 'T. 'Barazangi' M. 'Al-Saad 'D. 'Sawaf 'T. 'and Gebran' A. 1992 ' Mesozoic and Cenozoic deformation inferred from seismic stratigraphy in the southwestern intracontinental Palmyride fold-thrust belt 'Syria: Geological Society of America Bulletin 'v. 104 'p. 704-715.
- 13- Etnyre' L.M.1989, Finding oil and Gas from well logs (Van Nostr and Renhold ' Newyork) pp.72-76.
- 14- Gilchrist' W.A. 'Barker' H.2008," Compensated Neutron log Response Issues- Atutorial" in 49 the Annual logging Symposium(SPA WLA 'Edinburgh 'Scotland).
- 15- Heijin et al '2009, Saaban Field Development plan – AFPC- Damascus.
- 16- Koopman' A. 2004, Regional structural analysis and kinematic framework of the Euphrates Graben 'East Syria' Shell Report (EPT-S)' P.704–715.
- 17- Larionov' V.V.1969 'Radiometry of boreholes (in Russian) 'NEDRA. Moscow.
- 18- Litak' R. K. 'Barazangi' M. 'Beauchamp' W. 'Seber' D. 'Brew 'G. 'Sawaf 'T. & Al-Youssef 'W. 1997, Mesozoic-Cenozoic evolution of the intraplate Euphrates fault system 'Syria: implications for regional tectonics. J. Geol. Soc '154 '4 'p. 653–666.
- 19- Litak' R. K. 'Barazangi' M. 'Brew' G. 'Sawaf' T. 'AL-Imam' A. & ALYoussef' W. 1998. Structure and Evolution of the Petroliferous Euphrates Graben System ' Southeast Syria. Am Assoc Pet Geol Bull '82 '6 'P. 1173-1190.

- 20- McCluskey, T. et al. 2000. The Constitutional Implications of Individualisation. '13 ' pp459-478.
- 21- Molen, I. 2006 'Structural evaluation of the central Euphrates Graben. Syrian geological conference.
- 22- Neidhardt, y. et al '2006 - Ghawari Field Development Plan-AFPC- Damascus 12- Ponikarov, V.P. (1964) – Geological map of Syria 'ministry of industry. Damascus – Syria.
- 23- Rider, M.2002 'The Geological Interpretation of well logs 2^{en} Edition 'whittles publishing 'Scotland 'p.43-45.
- 24- Sawaf, T. 'Al-Saad, D. 'Gebran, A. 'Barazangi, M. 'Best, J.A. 'and Chaimov, T. 1993 'Structure and stratigraphy of eastern Syria across the Euphrates depression: Tectonophysics 'GeoArabia ' v. 220 'p. 267-281.
- 25- Sharland, P.R. 'Archer, R. 'Casey, D.M. 'Davies, R.B. 'Hall, S.H. 'Heward, A.B. 'Horbury, A.D. 'and Simmons, M.D. 2001 'Arabian Plate sequence stratigraphy. GeoArabia 'Special Publication 2 'Gulf PetroLink 'Bahrain' pp. 371.
- 26- Schlumberger '1989 'Log Intrpretation Principles/Application 'Wire
- 27- Line & Tisting Center 'Texas' pp.31-153.
- 28- Schlumberger '1997 'Sonic Scanner 'Acoustic scanning.