الجمهورية العربية السورية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

الجامعة السورية الخاصة

كلية هندسة البترول

نمذجة وتقييم الخصائص الخزنية للآبار الانفقية لحقل وادي عبيد

دراسة أُعدت لنيل درجة الإجازة في هندسة البترول

اعداد

محمد عادل الخلف محمد علي شيخو

عمار ياسر محمد

إشراف الدكتور المهندس:

ايمن احمد شقوف

العام الدراسي 2025-2026 م

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿يرفع الله الذين امنوا منكم والذين أوتوا العلم درجات والله بما تعملون خبير﴾

صدق الله العظيم

شكرا لجميع الدكاترة في كلية هندسة البترول اللذين ساهموا في رحلتنا حتى التخرج لكم

خالص امتناني واعتزازي لجهودكم التي كانت نورا تضيء طريقي

واخص بالذكر الدكتور المهندس

ايمن احمد شقوف

جدول المحتويات

الفصل الأول الخصائص الجيولوجية والخزينة والبنيوية لحقل وادي عبيد..... 4
1-1مقدمة..... 4
2-1 السحنات والتفسير الترسيبي لتشكيل الرماح 5
3-1 السحنات والتفسير الترسيبي لتشكيل الجوديا..... 7
5-1 العمليات الدياجينيتيكية الرئيسية..... 9
6-1 الموقع والتراكيب العامة..... 10
7-1 الخصائص البنيوية للمكمن..... 10
8-1 الخصائص الصخرية والخزنية. 11
9-1 السلوك الهيدروديناميكي..... 12
10-1 البنية التكتونية (التراكيب والانقطاعات) 12
11-1 الخواص الفيزيائية للنفط والماء 13
الفصل الثاني الدراسة البتروفيزيائية والسيزمية لحقل وادي عبيد وتقييم الآبار الأفقية**..... 14**
1-2 مقدمة..... 14
1-2-2 جمع البيانات وتحضيرها 19
2-2-2 منهجية الدراسة البتروفيزيائية 19
3-2 التحديات البتروفيزيائية في الحقل ومعالجته 20
4-2 الدراسة السيزمية للحقل: أهداف العمل السيزمي..... 21
1-4-2 ربط الآبار بالسيزمك 22
2-4-2 تحليل الآبار الأفقية..... 22
الفصل الثالث **مجموعة الابار الافقية المحفورة في حقل وادي عبيد..... 24**
الفصل الرابع **القسم العملي (نمذجة المكمن باستخدام برنامج البتريل (PETREL) 32**
النتائج والمقترحات 49
المراجع..... 52

الفصل الاول

الخصائص الجيولوجية والخزينة والبنيوية لحقل وادي عبيد

1-1مقدمة

يقع حقل وادي عبيد في الجزء الشرقي من سوريا وتحديدا ضمن نطاق البادية السورية. قد بلغ عدد الآبار التي أنتجت من هذا الحقل حوالي 31 بئراً. حالياً هناك 21 بئراً فقط قيد الإنتاج، بينما أغلقت الآبار الأخرى بسبب ارتفاع نسبة الماء المنتج. وقد بدأ حقن المياه من أحد الآبار بهدف المحافظة على ضغط المكمن.
يتميز المكمن بوجود تغذية مائية قوية من طبقة مائية سفلية تعمل على دعم الضغط. كما أن حوالي 9 آبار مجهّزة بمضخات

يحتوي حقل وادي عبيد على مكمنين كربونيين رئيسيين هما تشكيل الرماح الذي يعود لعمر الكونياسيان (Coniacian) الذي يشكل المكمن الأساسي، وتشكيل الجوديا العائدة لعمر الكونياسيان- تورونيان (Cenomanian-Turonian) الذي يمثل المكمن الثانوي.
اعتمدت دراسة السحنات على تكامل البيانات المتاحة بما في ذلك توصيف العينات الاسطوانية، والتسجيلات الكهربائية، والصور الجدارية للآبار، بهدف تحديد البيئات الترسيبية والتاريخ الديناجينيكة لهذه المكامن
يبقى الضغط في المكمن ثابتاً تقريباً عند مستوى 195بار، مما يدل على وجود تغذية مائية سفلية قوية، إضافةً إلى التشققات الكثيفة التي تُحافظ على اتصال جيد داخل المكمن. وقد بدأ الإنتاج بالتراجع قليلاً مؤخراً نتيجة ارتفاع نسبة الماء من بعض الآبار. يبلغ الإنتاج الحالي من النفط نحو 1040 متر مكعب يومياً، في حين وصل سابقاً إلى ذروته عند 1200 متر مكعب يومياً.

وتهدف هذه الدراسة إلى المساعدة في تنفيذ خطة تطوير الحقل، بهدف تحسين الإنتاج وتحديد أفضل مواقع لحفر آبار إضافية داخل الحقل.

2-1 السحنات والتفسير الترسيبي لتشكيل الرماح

تم تقسيم تشكيل الرماح إلى ثلاثة أقسام رئيسية، لكل منها تركيب سحني مميز:

القسم العلوي (الحجر الكلسي)

- التركيب الصخري: يتكون بشكل أساسي من حجر كلسي طيني بني اللون، ناعم إلى متوسط الحبيبات، يتميز بنسيج واكستون Wackestoneإلى .Mudstone مدستون يحتوي على مستحاثات بحرية خاصة المنخربات العائمة وقطع فقارية فوسفاتية.
- البيئة الترسيبية: ترسبت هذه السحنة في بيئة بحرية مفتوحة وهادئة، مثل الرف الخارجي أو المنحدر القاري، حيث ساد الترسيب بالتعليق في ظروف نقص الأكسجين النسبي أثناء فترات الارتفاع السريع في مستوى سطح البحر

القسم الأوسط (الحجر الكلسي مع الصوان)

- التركيب الصخري: يتميز هذا القسم بتناوب الحجر الكلسي مع شرائط وعقد من الصوان (الصوان صخر صلب بلوري داكن، ويكون غالبًا متشقق).
- البيئة الترسيبية: يعكس التناوب بين الكربونات والصوان استمرار البيئة البحرية العميقة مع حدوث عمليات استبدال سيليسي متأخر للرواسب السيليسية الأولية (مثل الطحالب السيليسية أو الإسفنجيات).

القسم السفلي (الحجر الكلسي - الحجر الرملي مع الصوان)

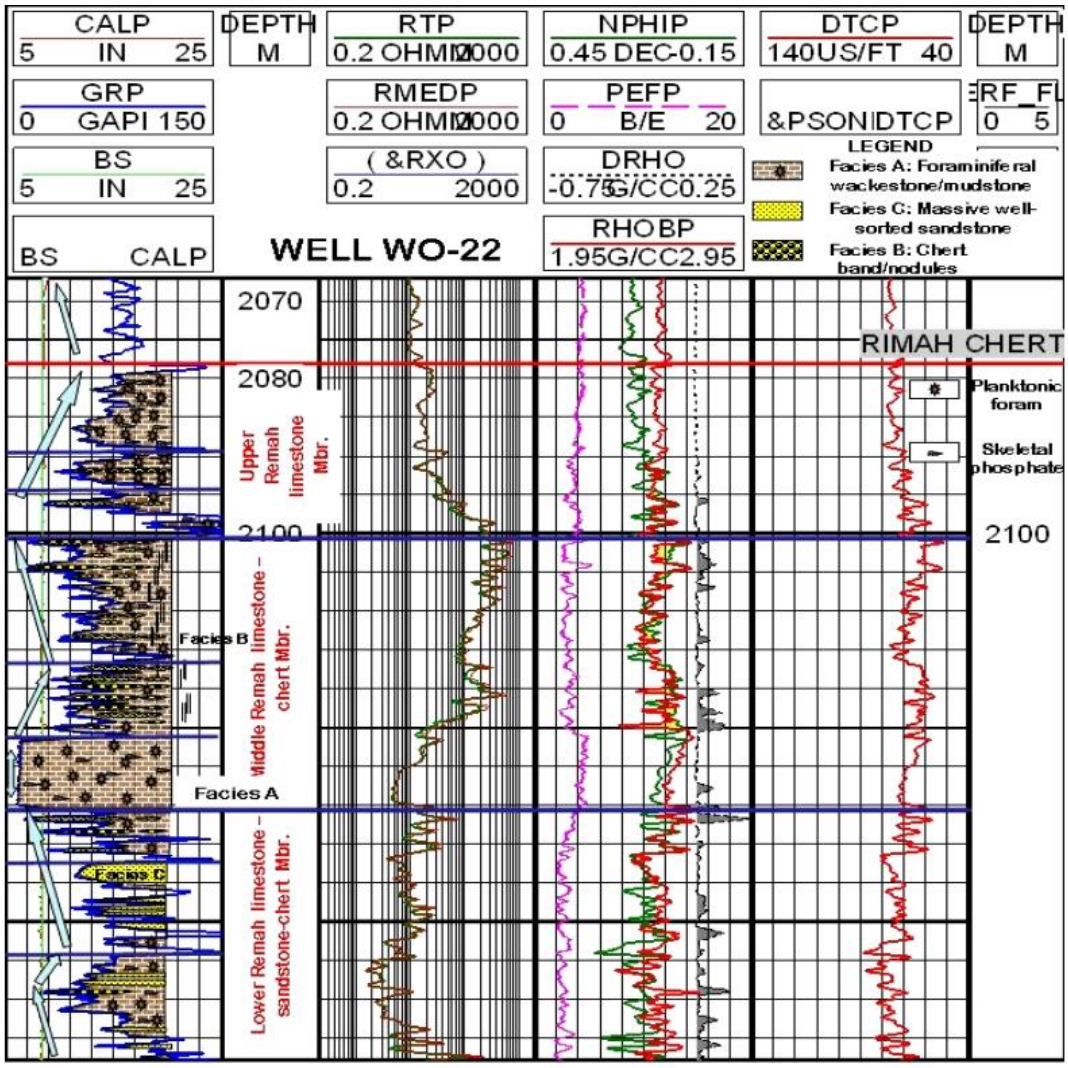
- التركيب الصخري: يمتاز هذا القسم بتداخل الحجر الكلسي البلاجي، والحجر الرملي الكلسي، والصوان في دورات ترسيبيه متكررة 5-4(دورات).

الحجر الرملي ناعم إلى متوسط الحبيبات، جيد الفرز، وذو مسامية بصرية جيدة.

- البيئة الترسيبية: تشير الطبيعة الضخمة للرمل، ووجود علامات التحميل، وقوالب المحار إلى أن هذه الرواسب ترسبت بواسطة تيارات معكرة سريعة قاطعة للبيئة البحرية الهادئة. مما يشير إلى فترات من تدفق الرسوبات الفتاتي إلى الحوض.

يمثل تشكيل الرماح رواسب بحرية عميقة (بلاجية) ترسبت في بيئة رصيف خارجي / منحدر قاري هادئ. تمت مقاطعة الترسيب الكربوناتي المستمر بفعل تدفقات رواسب معكرة متقطعة جلبت المواد الرملية، خاصة في المراحل المبكرة من ترسيب التشكيل.

الشكل (1-1) يعبر عن أنواع السحنات في تشكيل الرماح



يصور التقسيم السحني التفصيلي لتشكيل الرماح بثلاثة اقسام رئيسية: القسم العلوي (الحجر الكلسي)، القسم الأوسط (الحجر الكلسي مع الصوان)، والقسم السفلي (الحجر الكلسي-الرملي مع الصوان). يبين الشكل أنماط التسجيلات الكهربائية المميزة لكل قسم بما يضم أنماط Gamma Ray وDensity-Neutron، والتي تعكس التغيرات في التركيب الصخري والمحتوى الطيني".

3-1 السحنات والتفسير الترسيبي لتشكيل الجوديا

بناءً على تحليل التسجيلات الكهربائية ومقارنتها بحقل الخراطا المجاور، يمكن تقسيم تشكيل الجوديا إلى ثلاثة اقسام:

القسم العلوي (صخر دولوميتي / حجر كلسي طيني دولوميتي)

- التركيب الصخري: يتكون من تتابع للصخر دولوميتي البلوري الخشن والحجر الكلسي الدولوميتي الأحفوري، مع وجود طبقات طينية
- البيئة الترسيبية: يمثل ترسيبًا في بيئة مدية تشمل مسطحات المد وما فوق المد مع وجود بحيرات ساحلية.

القسم الأوسط (صخر دولوميتي)

- التركيب الصخري: يغلب عليه الصخر دولوميتي الضخم البلوري الخشن.
- البيئة الترسيبية: يشير إلى بيئة ترسيبيه مشابهة للقسم العلوي ولكن مع ظروف أكثر استقرارًا ونشاطًا لعمليات الدولمة.

القسم السفلي (حجر كلسي دولوميتي / صخر دولوميتي)

- التركيب الصخري: يتميز بتناوب الصخر دولوميتي ، مع الحجر الكلسي الدولوميتي والطبقات الطينية.
- البيئة الترسيبية: يعكس بيئة مدية مع تعاقب سريع للظروف تحت المدية، وفوق المدية، والبحيرات المالحة.

يمثل تشكيل الجوديا سلسلة سحنات مدية ترسبت تحت ظروف تحول وتراكب مستمر للبيئات الشاطئية خلال العصرين السينوماني والتوروني.

الشكل (1-2) التقسيم الطبقي لتشكيل الجوديا

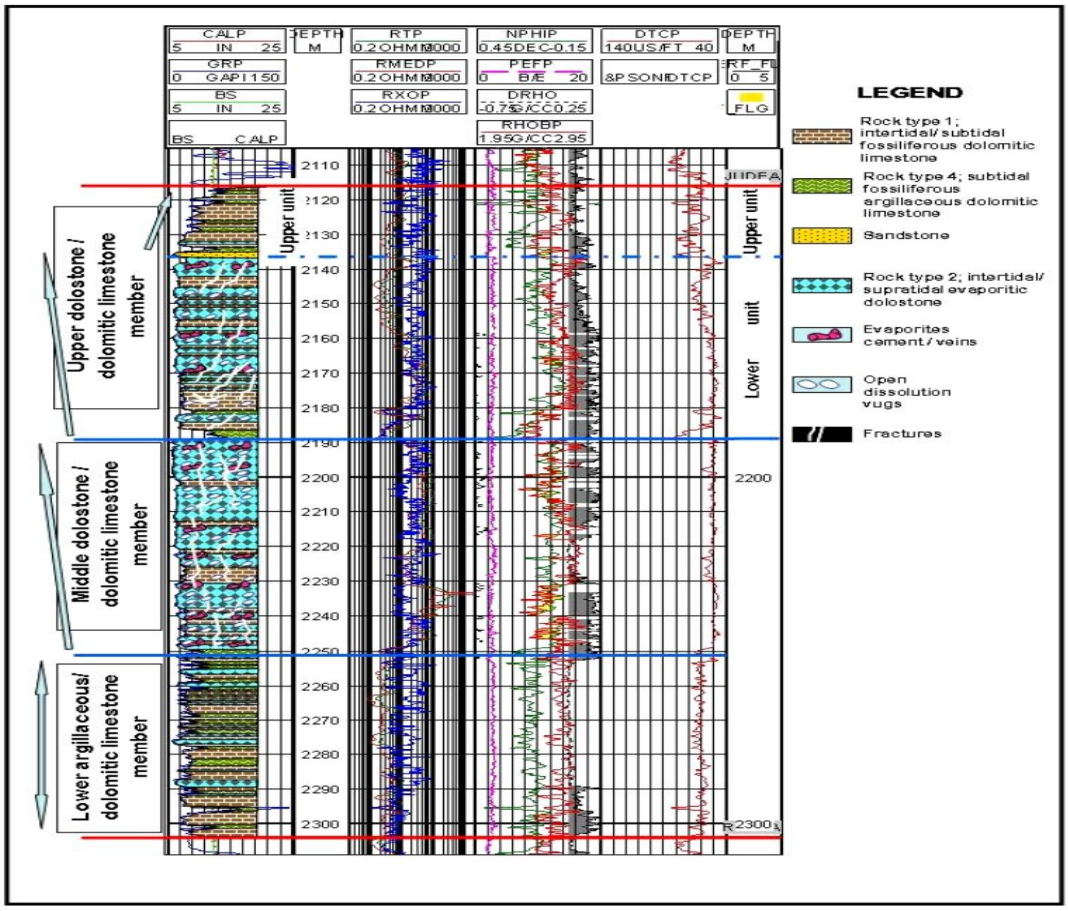


FIGURE 8.5-1 STRATIGRAPHIC SUBDIVISION AND ELECTROFACIES TYPES OF THE JUDEA FORMATION IN WELL WO-2, WADI OBAID FIELD

"يصور هذا الشكل التقسيم الداخلي لتشكيل الجوديا إلى ثلاثة اقسام رئيسية: العلوي، الأوسط، والسفلي. يبين الشكل أنماط التسجيلات الكهربائية المميزة لكل قسم بما يتضمن الأنماط الأسطوانية والجرسية في تسجيلاتGamma Ray ، والتي تعكس التغيرات في الظروف الترسيبية من بيئات مدية

4-1 الخصائص الخزنية والعمليات الدياجينيتيكية

-تشكيل الرماح: يتمتع بمسامية ثانوية ضعيفة، وتعد الفوالق المصدر الأساسي للمسامية والنفوذية الفعالة فيه. معظم هذه الفوالق تخلق شبكة نفوذية حيوية.

-تشكيل الجوديا: تنتشر فيه المسامية الثانوية بشكل أفضل، خاصة في طبقات الصخر الدولوميتي البلوري الخشن، إلى جانب وجود الفوالق.

5-1 العمليات الدياجينيتيكية الرئيسية

شهد التشكيلان عمليات ما بعد ترسيب متعددة أثرت على خصائصهما الخازنة:

·السمنتة: دمرت المسامية الأولية.

·الذوبان الانتقائي: شكلت مسامية ثانوية

·التشقق والتكسير :العملية الأهم في تحسين النفوذية.

·انحلال الكلس: ملأت العديد من الشقوق والتجاويف الثانوية.

·التحول السيليسي (للتشكيل الرماح): زاد من هشاشة الصخر وسهل عملية التشقق.

أظهر التحليل السحني أن المكمن الرئيسي (الرماح) هو مكمن كربوني بلاجي مشقق ومتصلب، بينما المكمن الثانوي (الجوديا) هو مكمن كربوني ضحل المدى. تعتبر الشقوق والفوالق العامل الحاسم في نفوذية تشكيل الرماح، في حين تلعب المسامية الثانوية والفوالق معًا دورًا في نفوذية تشكيل الجوديا. يقدم هذا الفهم الجيولوجي أساسًا متينًا لنمذجة المكامن وتخطيط استخراج الهيدروكربونات من الحقل.

1–6 الموقع والتراكيب العامة

يقع الحقل في الجزء الشرقي من سوريا ضمن نطاق البادية السورية.
يُنتج الحقل نفطًا ثقيلًا بدرجة API بين 17–19 من مكمن كربوناتي عميق يتوضع بين أعماق 1500 إلى 1700 متر تحت مستوى سطح الارض.
بدأ الإنتاج في يونيو 1992 وتديره الشركة السورية للنفط.
يتألف من مكمنين رئيسيين هما:
تشكيل رِماح شيرت وهو التشكيل الاعلى (Ramah Chert)

تشكيل جوديا وهو التشكيل السفلي (Judea)

وكلاهما من الصخور الكربوناتية المتشققة بشدة. يعلو تشكيل رماح شيرت تشكيل جوديا، حيث يوجد خط التقاء النفط بالماء (Oil-Water Contact).
يتصف الحقل بوجود فوالق بنيوية متعددة، تسببت في زيادة التصدعات داخل الصخور، ما جعل المكمن يمتلك شبكة اتصال ممتازة بين طبقاته.

1-7 الخصائص البنيوية للمكمن

يشير التقرير إلى أن التشكيلين الرئيسيين (رماح شيرت وجوديا) تعرضا لتشقق بنيوي كبير بفعل الحركات التكتونية القديمة.
هذه التشققات وفرت مسارات نفوذية عالية بين الآبار وأتاحت للسوائل التحرك بحرية ضمن الحقل.
كما أن وجود الفوالق العمودية والمائلة أدى إلى اتصال هيدروديناميكي جيد بين الجزأين العلوي والسفلي من المكمن، بحيث يتصرفان كوحدة خزنيه واحدة

8-1 الخصائص الصخرية والخزنية

يصف التقرير صخور المكمن بأنها كربوناتية صلبة حجر صوان وحجر كلسي ذات مسامية منخفضة نسبيًا ولكن ذات نفوذية فعالة عالية بسبب التشقق. وقد أظهرت تحاليل العينات الاسطوانية ما يلي:

المسامية: تراوحت بين 1.7%و 2.1% في العينات المدروسة

النفوذية :منخفضة جدًا، أقل من 1 مللي دارسي في بعض المواضع.

النفوذية الفعالة: الناتجة عن الشقوق تراوحت بين 8000 – 4000 ملي دارسي حسب طريقة Pollardللتحليل، مما يدل على تأثير كبير للشقوق في تحسين خصائص التدفق.

المكمن ذو تشبع مائي منخفض (حوالي 12%)، مما يعني أن معظم المسامات مشغولة بالنفط.

الجدول (1-1) من نتائج تحليل العينات الاسطوانية لبئرين افقيين

البئر	نوع العينة	المسامية %	النفوذية بالنسبة للغاز md	النفوذية بالنسبة للنفط md	درجة التشبع بالماء%
WO-07 H-24	رماح شيرت	2.06	5.76	0.24	0.35
WO-07 H-25	رماح شيرت (حجر كلسي)	1.74	8.36	0.29	19.68

1-9 السلوك الهيدروديناميكي

أظهرت بيانات الضغط الساكن أن متوسط ضغط المكمن بقي مستقرًا بين 190 و 200 بار على مدى أكثر من 15 عامًا من الإنتاج.
مما يدل على وجود مكمن متصل هيدروديناميكيا ذو دفع مائي قاعدي قوي (قاسي)
كما أن العلاقة بين الضغط والزمن لم تُظهر انخفاضًا كبيرًا، ما يثبت أن المكمن يتمتع بتوازن بين الإنتاج والتغذية المائية.
عدم وجود هبوط كبير في الضغط حتى بعد إنتاج 5.2 مليون متر مكعب من السوائل حتى نهاية 2008 كما أن منحنيات الضغط مقابل العمق أظهرت أن منسوب السوائل في المكمن شبه أفقي، مما يؤكد التجانس البنيوي.

1-10 البنية التكتونية (التراكيب والانقطاعات)

تمت ملاحظة انقطاعات وفوالق رئيسية تمتد من الشمال إلى الجنوب، وتتحكم في توزع السماكة الفعّال للمكمن.
هذه الفوالق ساهمت في تشكيل مسارات عالية النفوذية لكنها في بعض المناطق سببت تسرب الماء من الطبقات السفلى إلى مناطق الإنتاج.
المكمن ذو ميل خفيف نحو الشرق، ما يساعد على تصريف المياه نحو الحافة الشرقية للحقل

❖ نوعية الصخور والمكمن

يتكون مكمن رماح شيرت بشكل أساسي من صخر الشيرت الكلسي ذو نسيج دقيق الحبيبات، مع وجود طبقات من الدولومايت في بعض الأجزاء. هو الطبقة المنتجة الأساسية، ويتكون من شِيرت كلسي متشقق مع طبقات دقيقة من الدولومايت في بعض المناطق.
أما تشكيل جوديا أعمق قليلا فيتكون من حجر كلسي متصدع يحتوي على آثار من المارل والطين الكلسي.

كلا التشكيلين يظهران سلوكًا خزنيًا متأثرًا بالشقوق أكثر من المسامية الأصلية، أي أن سلوك التدفق يعتمد على الفوالق أكثر من حجم المسام.

11-1 الخواص الفيزيائية للنفط

الجدول (1-2) قيم الخواص الفيزيائية للنفط

الخاصية	القيمة
الضغط الاشباع	54 kg/cm^3
الكثافة عند 60 F°	0.94 kg/cm^2
لزوجة النفط	20 cp
نسبة الغاز/النفط GOR	14-24 m^3/m^3
نوع السائل	نفط اسود ثقيل

هذه القيم تدل على أن الضغط أعلى من ضغط الإشباع (أي فوق مشبع بالغاز)، مما يجعل تدفقه أكثر استقرارًا وأقل فقدًا للغاز.

❖ الخلاصة

المكمن كربوناتي – متشقق – مزدوج الوسط
المسامية المنخفضة تعوضها نفوذية عالية عبر شبكة الشقوق.
توجد اتصالات رأسية وأفقية قوية بين الآبار بسبب الفوالق، وهو ما يفسر ثبات الضغط.
السلوك الإنتاجي المتجانس عبر الحقل يشير إلى توازن بنيوي وخزني جيد.

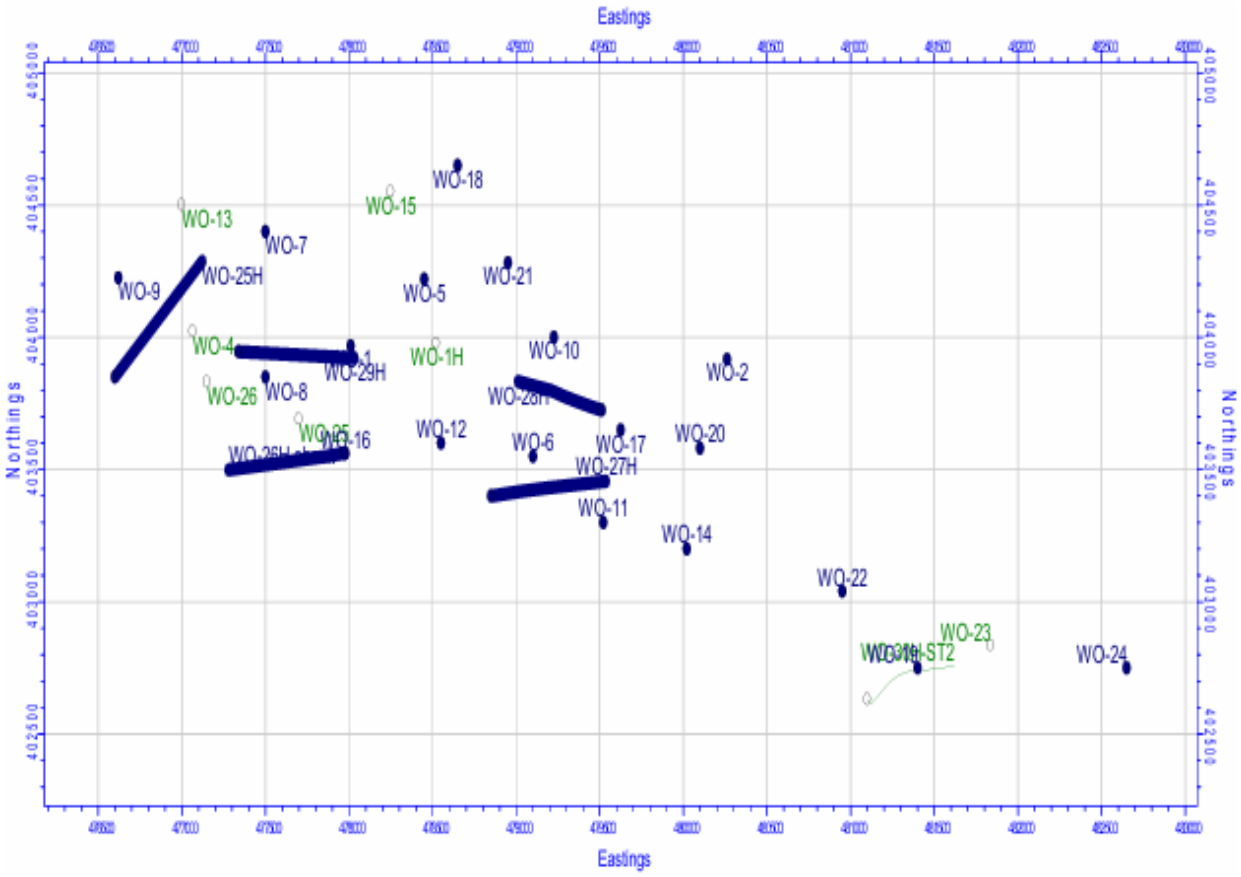
الفصل الثاني

الدراسة البتروفيزيائية والسيزمية لحقل وادي عبيد وتقييم الآبار الأفقية

1-2 مقدمة

إيجابيات وسلبيات الحفر الأفقي

الشكل (2-1) توزع الابار الافقية والعمودية في حقل وادي عبيد / H دلالة للبئر الافقي



الإيجابيات (المزايا)

- ✓ زيادة كبيرة في الإنتاجية ومعدل الاستخلاص:

يوفر المقطع الأفقي مساحة تلامس أكبر بكثير مع الطبقة المنتجة مقارنة بالبئر العمودي، مما يسمح بتدفق كميات أكبر من النفط أو الغاز إلى البئر. إذا كان طول المسار الأفقي عدة آلاف من الأقدام، فإن مساحة السطح المعرضة للتدفق (Surface Area) تزيد بشكل هائل. هذا يؤدي إلى تقليل هبوط الضغط (Drawdown) المطلوب لتحقيق معدل تدفق معين، مما يطيل عمر البئر ويحسن معدل الاستخلاص النهائي (Recovery Factor) من المكمن.

- ✓ استغلال المكامن الصعبة والرقيقة:

الآبار العمودية لا تكون اقتصادية في المكامن التي تكون طبقاتها المنتجة رقيقة جدًا أو ذات نفاذية منخفضة .(Tight Formations) يسمح الحفر الأفقي باختراق الطبقة الرقيقة طوليًا، مما يجعل إنتاجيتها مجدية اقتصاديًا. كما أنه ضروري لاستغلال الغاز الصخري والنفط الصخري، حيث يُعد المسار الأفقي نقطة انطلاق لعمليات التكسير الهيدروليكي المتعددة المراحل (Multi-stage Fracturing) لفتح مسارات التدفق في الصخر الكتيم.

- ✓ التحكم الفعال في مشكلات إنتاج المياه والغاز:(Coning)

مشكلة تشكل المخروط (Coning) تحدث في الآبار العمودية عندما يتدفق الماء من أسفل (Water Cone)أو الغاز من أعلى (Gas Cap) بسرعة نحو البئر بسبب هبوط الضغط القريب منه. يمكن حفر البئر الأفقي في "منطقة آمنة" بعيدًا عن تماس النفط والماء أو تماس النفط والغاز، مما يؤخر ظهور هذه المشاكل بشكل كبير ويطيل فترة إنتاج النفط الخالي من الشوائب.

- ✓ تقليل البصمة السطحية وتقليل الأثر البيئي:

يمكن حفر عدة آبار أفقية تصل إلى نقاط مختلفة من المكمن من منصة حفر واحدة .(Multi-Well Pad)هذا يقلل من المساحة السطحية المطلوبة للحفر والبنية التحتية المصاحبة (الطرق، خطوط الأنابيب)، وهو أمر حيوي في المناطق المأهولة أو الحساسة بيئياً.

السلبيات (العيوب)

☒ ارتفاع التكاليف الأولية والتعقيد التشغيلي:

التكلفة الأولية لحفر بئر أفقي قد تتجاوز بثلاث إلى خمس مرات تكلفة البئر العمودي. هذا يرجع إلى استخدام أجهزة القياس والتوجيه أثناء الحفر(MWD/LWD) ، والمحركات القاعية(Mud Motors) ، والوقت الإضافي اللازم لتوجيه البئر بدقة في الطبقة المستهدفة .(Geosteering) كما يتطلب فريق عمل متخصص ومهارات عالية.

☒ مخاطر حفر وتشغيل هندسية أكبر:

في المقاطع الأفقية الطويلة، تزداد احتمالية حدوث مشاكل ميكانيكية مثل انحشار الأنابيب (Stuck Pipe)أو صعوبة إتمام عملية التغليف والتدعيم (Casing and Cementing) بشكل سليم على طول المسار الأفقي. كذلك، يصعب الحفاظ على نظافة البئر (Hole Cleaning)، حيث تترسب فتات الصخور (Cuttings) بسهولة أكبر في الجزء السفلي من القسم الأفقي، مما قد يعيق تقدم الحفر.

☒ صعوبة في إدارة الإنتاج والصيانة على المدى الطويل:

في الآبار الأفقية الطويلة جدًا، قد لا يتم الإنتاج بشكل موحد من جميع أجزاء القسم الأفقي .(Differential Depletion)قد تنتج الأجزاء القريبة من عمود البئر الرأسي بمعدل أسرع، مما يترك أجزاء بعيدة غير مستغلة بشكل كامل. كما أن تنفيذ عمليات مثل التحفيز الحمضي (Acidizing) أو إزالة الشموع والأسفلتين يكون أكثر تعقيدًا بسبب الحاجة إلى أدوات خاصة لتوزيع المعالجة على طول المسار الأفقي.

☒ تحديات في تقييم الطبقات:(Formation Evaluation)

جمع البيانات الجيولوجية والفيزيائية (Logging) في القسم الأفقي يكون أكثر صعوبة. يتم الاعتماد بشكل كبير على القياسات أثناء الحفر(LWD) ، والتي قد تكون أقل دقة من القياسات التي تُجرى بعد سحب أنابيب الحفر في الآبار العمودية. تحديد دقيق لموقع البئر داخل الطبقة المنتجة (Geosteering) يظل تحديًا مستمرًا لضمان أعلى كفاءة.

استقلالية إنتاج الآبار الأفقية

تخضع الآبار الأفقية للمبدأ العام لاستقلالية الإنتاج، طالما يتم الالتزام بضوابط هندسة المكامن والمسافات الفاصلة المخطط لها. ومع ذلك، فإن هذه الاستقلالية تصبح أكثر أهمية وأكثر تحديًا في حقول الآبار الأفقية للأسباب التالية:

- الهدف من المسافات الفاصلة :يتم تصميم المسافة بين الآبار الأفقية (الموازية لبعضها البعض) بحيث يكون لكل بئر منطقة تصريف (Drainage Area) خاصة به في المكمن. الهدف هو منع التداخل المباشر والسريع بين مناطق خفض الضغط الناتجة عن إنتاج بئرين متجاورين. إذا تم الالتزام بهذه المسافات، فإن إنتاج بئر معين لن يتأثر بشكل فوري أو كبير بانخفاض الإنتاجية في بئر مجاور.

- تأثير التكسير الهيدروليكي :في الآبار الأفقية التي يتم فيها التكسير الهيدروليكي، تزداد أهمية الاستقلالية وتصبح أكثر صعوبة. تتشكل الشقوق الاصطناعية على طول المسار الأفقي وتمتد بعيدًا عنه. للحفاظ على استقلالية الإنتاج، يجب أن تكون المسافة بين الآبار كافية لمنع تداخل شبكات الشقوق إذا تداخلت شبكات الشقوق لعدة آبار، فإنها تبدأ بالتصرف كـ "بئر واحد عملاق" في تلك المنطقة، مما يؤدي إلى:

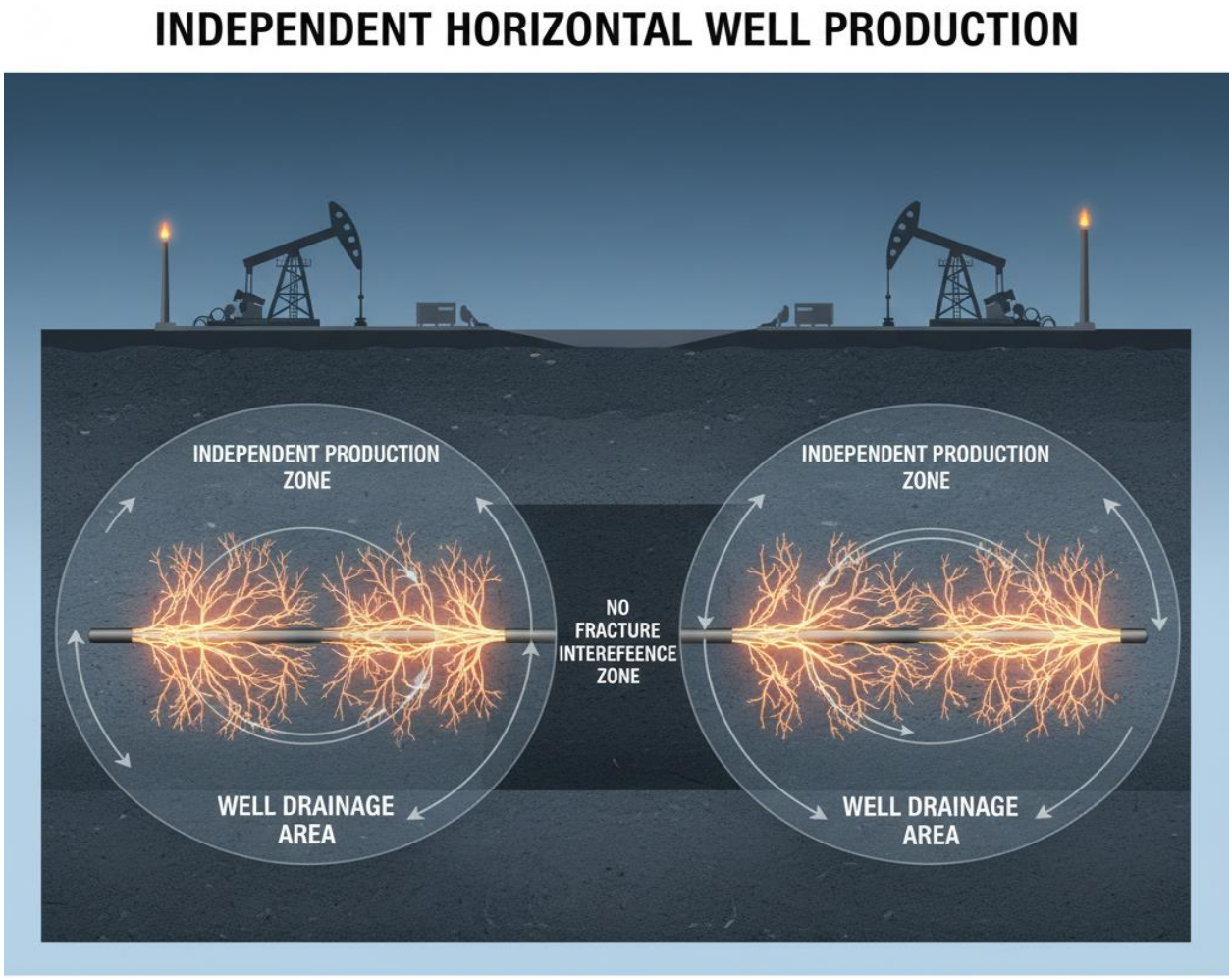
- استنزاف مشترك للضغط: ينخفض ضغط المكمن في تلك المنطقة المشتركة بسرعة أكبر.

- فقدان الاستقلالية: يؤدي إغلاق أو فتح بئر إلى تأثير فوري ومباشر على إنتاجية البئر المجاور بسبب الاتصال الهيدروليكي المباشر عبر شبكة الشقوق.

- الاستقلالية الجزئية وطويلة المدى: على المدى القصير، يمكن اعتبار الآبار الأفقية مستقلة بفضل التباعد المخطط. لكن على المدى الطويل، ومع استمرار الإنتاج، ينخفض الضغط المكمني الكلي في الحقل بأكمله، مما يؤثر تدريجياً على جميع الآبار بشكل جماعي. هذا التأثير العام لا يغير من استقلالية الإنتاج اليومي، بل هو جزء من إدارة الحقل للوصول إلى أعلى معدل استخلاص.

الخلاصة: يتم تحقيق استقلالية إنتاج الآبار الأفقية بشكل فعال من خلال التخطيط الدقيق للمسافات الفاصلة خاصة عند استخدام التكسير الهيدروليكي، لضمان أن تبقى منطقة تصريف كل بئر منفصلة قدر الإمكان عن جيرانها.

الشكل (2-2) يوضح استقلالية الإنتاج في الابار الافقية



2-2-1 جمع البيانات وتحضيرها

اعتمدت الدراسة على دمج البيانات الرقمية والورقية وتهيئتها لمعالجة بترو فيزيائية وسيزمية دقيقة. شملت البيانات المستخدمة:

- ملفات LAS و DLISللعديد من الآبار. نسخ ورقية ممسوحة ضوئياً تم تحويلها إلى بيانات رقمية من أجل دمجها في قاعدة البيانات العامة.

- كما تم توصيف توافر السجلات الأساسية (سجلات اشعة غاما، المقاومية، السونيك، الكثافة، النيوترون) (Gamma Ray, Resistivity, Sonic, Density, Neutron) لكل بئر.

2-2-2 منهجية الدراسة البتروفيزيائية

اعتمدت الدراسة على منهجية متكاملة لمعالجة البيانات البتروفيزيائية، والتي شملت:

1) تحميل وتوحيد السجلات من مصادر متعددة.

2) إجراء عمليات مراقبة جودة (QC) باستخدام:
   الهيستوغرامات متعددة الآبار
   المخططات الثنائية(Cross plots)
   الفحص الليتولوجي البصري

3) تصحيح ومعالجة السجلات عبر:
   تصحيح العمق(Depth shifting)
   إزالة ظاهرة الـ Cycle skipping في السونيك
   التطبيع (Normalization) لتفادي انحراف القياسات

4) إعادة بناء السجلات المفقودة باستخدام:
مولد المنحنيات الاصطناعية
علاقات انحدار متعددة بين الآبار
دمج سجلات GR، NPHI، LLDكنماذج بديلة لإعادة إنشاء نموذج كثافة/ سونيك Density/Sonic

5) إنتاج السجلات المرنة Elastic Logs لاستخدامها في التطبيقات السيزمية اللاحقة.

2-3 التحديات البتروفيزيائية في الحقل ومعالجته

- ✓ مشاكل سجل الكثافة (Density)

ظهرت عدة مشكلات بسبب اضطراب جدار البئر وسوء تلامس أداة القياس، مما أدى إلى قيم كثافة منخفضة وغير واقعية. تمت معالجة هذه المشكلة عبر إعادة بناء السجل باستخدام علاقات انحدار متعددة الآبار، وضبط منحنيات التصحيح

- ✓ مشاكل سجل السونيك(Sonic)

تعاني العديد من الآبار من ظاهرة Cycle Skipping التي تؤدي إلى ارتفاع غير منطقي في زمن العبور .(DT) تمت معالجة ذلك عبر:
استخدام علاقات بين اشعه غاما والمقاومية لتحديد المناطق المتأثرة.
إعادة بناء سجل السونيك عند الحاجة عبر علاقات انحدار متعددة.

- ✓ التطبيع(Normalization)

استُخدم التطبيع لتوحيد استجابة الأدوات بين الآبار، وخاصة في سجلات GR و Resistivityو Density، من أجل الحصول على مجموعة بيانات متجانسة.

❖ **ماذا قدمت المعالجات هذه بالنسبة لفهم المكمن الأفقي؟**

بعد التنقية وإعادة البناء أصبحت السجلات متسقة بين الآبار الأفقية مما حسّن استخدامها

- التحاليل أظهرت أن رماح شيرت وجوديا دولوميت كلاهما يظهران: تراكيب مسامية ومتشققة مهمة للإنتاج الأفقي وخصائص مثل انخفاض الكثافة، تغيّر الـ PEF، وارتفاع المقاومة العميقة تشير إلى امتلاء هيدروكربوني في بعض المناطق.

4-2 الدراسة السيزمية للحقل: <u>أهداف العمل السيزمي</u>

استُخدمت السجلات المرنة المعالجة بتروفيزيائيا لدعم الدراسة السيزمية في الحقل عبر:

- تقديرWavelet

- مطابقة الآبار مع السيزمك (Well-to-Seismic Tie)

- بناء نموذج الترددات المنخفضة المفيد في العكس الزلزالي

- تحويل الزمن إلى عمق

- التحقق من جودة نموذج العكس الزلزالي

2-4-1 ربط الآبار بالسيزمك

اعتمدت الدراسة على عملية تكرارية تشمل:

- توليد سيسموغرام اصطناعي Synthetic Seismogram

- مقارنة الاستجابة السيزمية المتوقعة مع المقاسة

- تعديل السجلات عند الحاجة ثم إعادة الربط
وهو ما أدى إلى نموذج سيزمي – بتروفيزيائي متسق وعالي الجودة.

2-4-2 تحليل الآبار الأفقية

تشمل هذه الآبار:

WO-25H / WO-26H/ WO-27H/ WO-28H/ WO-29H

الجدول (2-1) البيانات المتوفرة للآبار الافقية في حقل وادي عبيد

WELL / CURVE@ Depth "M"	GR		CALI/RES.		DENSITY/ NEUTRON/ DRHO/PEF		SONIC		Remarks
WO-25H	2020	2540	2020	2540	2020	2540	Synthesized		Missing Sonic Log,
WO-26H	1725	2515	1725	2515	1725	2515	1725	2515	
WO-27	1755	2090	1755	2103	1755	2090	Synthesized		Missing Sonic Log,.
WO-27H	50	2060	1720	2060	50	2060	50	2060	
WO-28H	1752	2050	1752	2050	1752	2050	Synthesized		Data Digitized form Hard Copy
WO-29H	1740	2555	1740	2555	1740	2555	Synthesized		Missing Sonic Log.

أبرز الخواص البتروفيزيائية للآبار الأفقية:

a) العديد منها يفتقد سجلات سونيك أصلية، وتم توليد بدائل عالية الجودة.

b) تظهر تأثيرات واضحة للتشققات الطبيعية في مكمني رماح وجوديا

c) توفر هذه الآبار مساراً أفقياً عبر مناطق مسامية وتشققية مهمة للإنتاج.

تبرز الفوائد من دمج البتروفيزياء مع السيزمك لتحديد الخصائص المكانية للمكمن بشكل أدق.

الفصل الثالث

مجموعة الابار الافقية المحفورة في حقل وادي عبيد

الآبار الأفقية هي آبار إنتاج رئيسية في الحقل
يظهر أن الآبار الأفقية تشكّل القسم الأكبر من آبار الإنتاج الحديثة في حقل وادي عبيد،
وهي موزعة على مجموعة الآبار:

WO-25H
WO-26H
WO-27H
WO-28H
WO-29H
WO-30H

وجود حرفH = Horizontal Well

WO-25H

يقع في حقل وادي عبيد – شرق سوريا) تشكيل الـ.(R. Chert
لم تُؤخذ عينات غاز من هذا البئر.
تحليل النفط أظهر:

كثافة 0.9399 غ/سم^3

API = 19.05

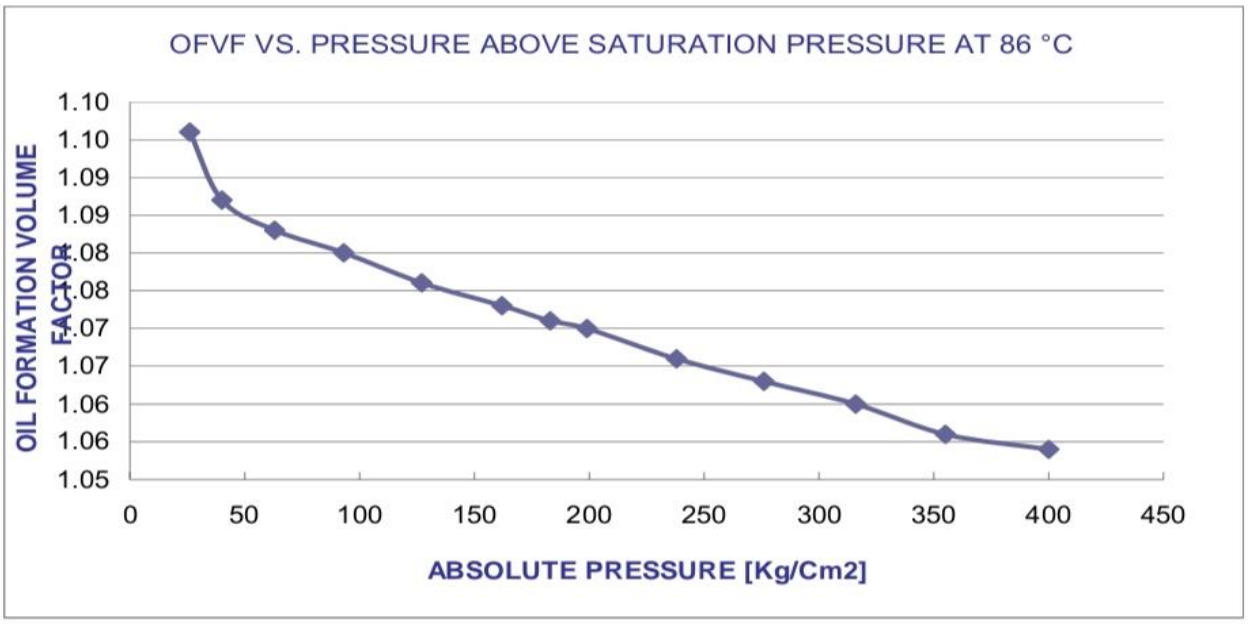
معامل التمدد الحجمي للنفط 1.07

نسبة الغاز المذاب 14 م^3/م^3.

يصف التقرير كبئر أفقي ذات أداء جيد واستقرار ضغط مرتفع

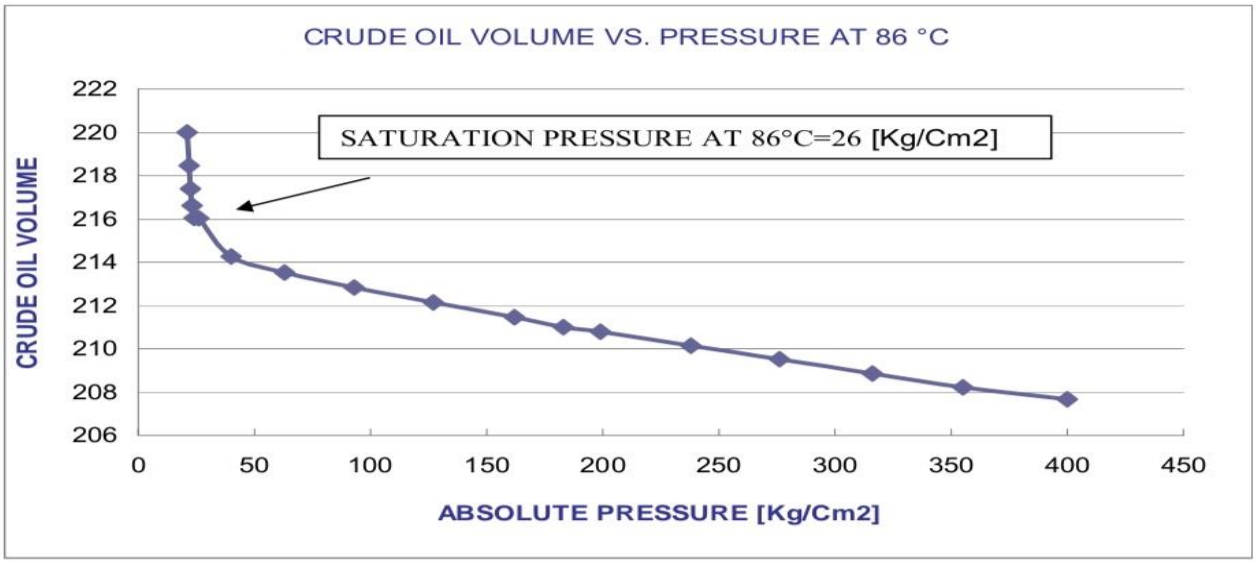
الشكل (3-1) يعبر عن حجم النفط الطبقي بمقابل الضغط للبئر WO-25H

الشكل (3-1) يعبر عن حجم النفط الطبقي والضغط للبئر WO-25H



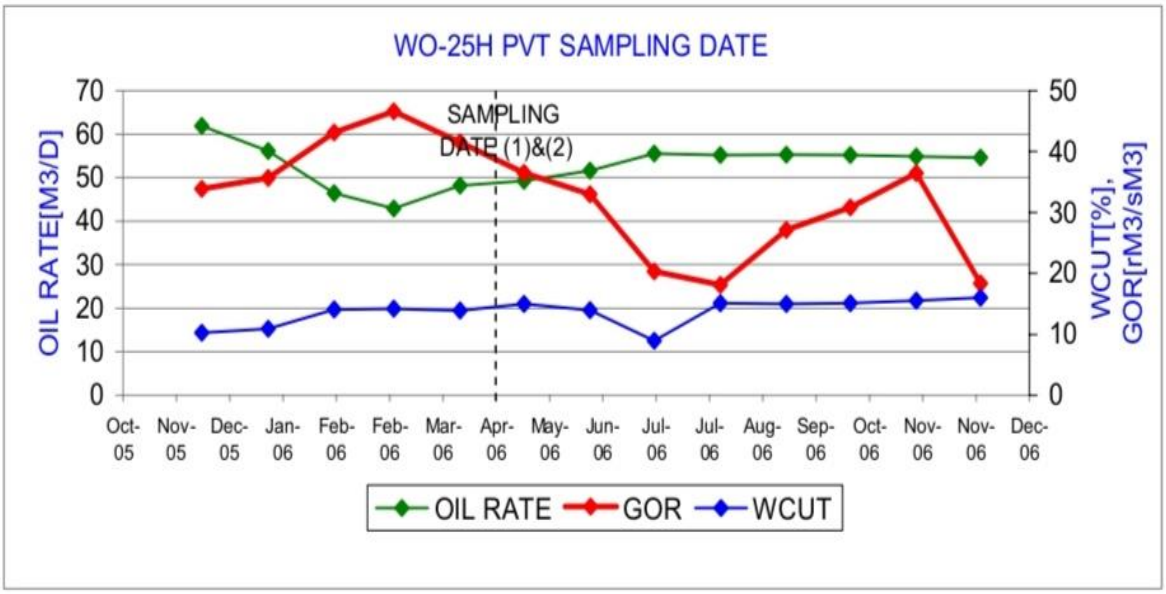
WO-25H; OIL FORMATION VOLUME FACTOR VERSUS PRESSURE AT 86°C

الشكل (3-2) يعبر عن حجم النفط الخام والضغط للبئر WO-25H



WO-25H; CRUDE OIL VOLUME VERSUS PRESURE AT 86°C

الشكل (3-3) يُظهر معدلات إنتاج النفط والسوائل ونسبة الماء والغاز



الشكل (3-4) يوضح منحنيات الإنتاج ونسبة الماء

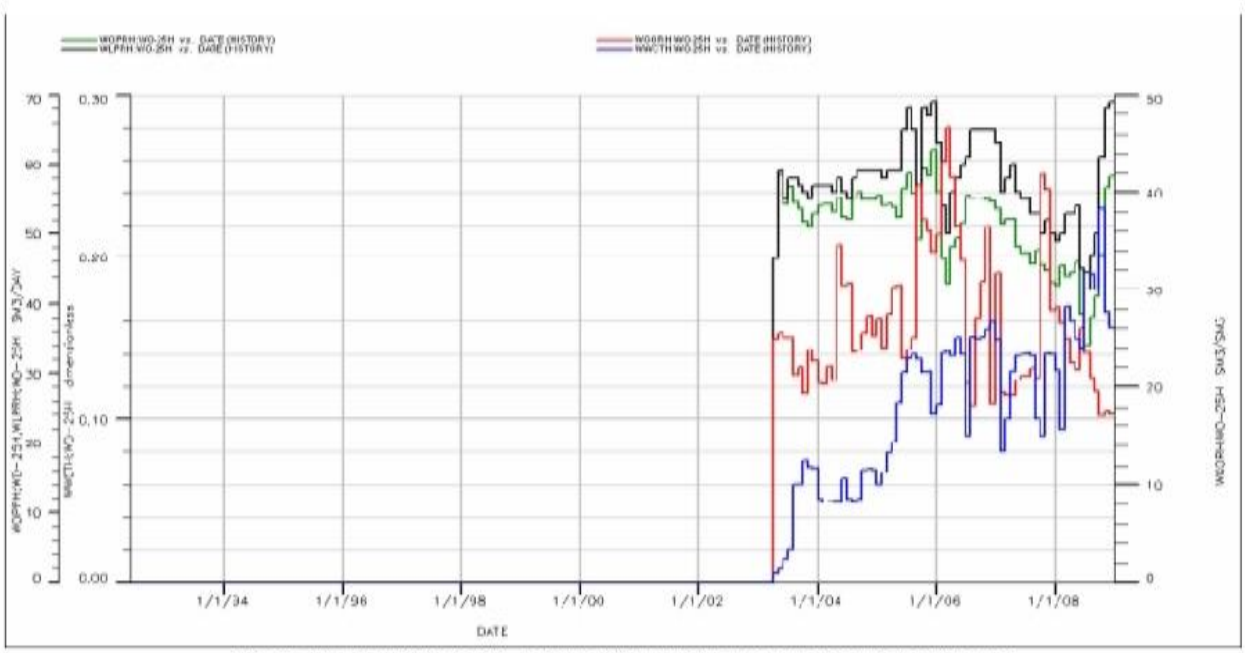


FIGURE 16.1-23 WO-25H; OIL, LIQUID, GOR AND WATER-CUT PRODUCTION GRAPHS

WO-26H .1

أُكمل بين الأعماق 2474–2040 م في تشكيل R. Chert
تم تسجيل ضغط ساكن بحدود 184–180 بار، مما يدل على مكمن قوي.
التقرير يصنفها كبئر أفقي تم إنتاجه ضمن مشروع التوسع الأفقي للحقل.
الرسم يوضح منحنيات الإنتاج ونسبة الماء.

الشكل (3-5) يوضح منحنيات الإنتاج ونسبة الماء

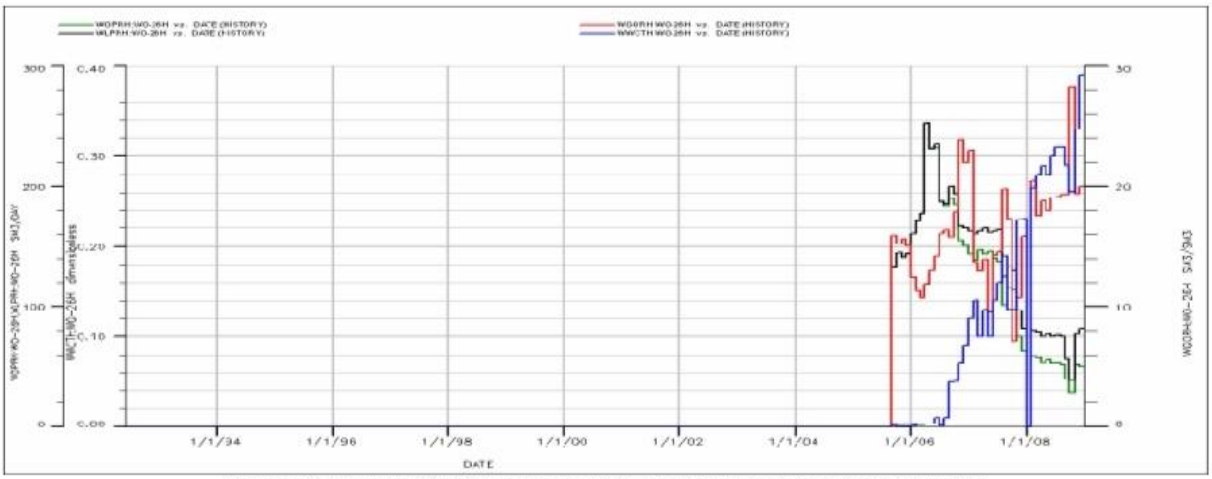


FIGURE 16.1-25 WO-26H; OIL, LIQUID, GOR AND WATER-CUT PRODUCTION GRAPHS

WO-27H .2

حُفر خلال نوفمبر– ديسمبر 2005، بطول أفقي واسع نحو 600 م
التقرير يذكر أن البئر ساهم في رفع إنتاج النفط من القطاع الجنوبي للحقل.

يُظهر الرسم بيانات الإنتاج ومعدلات الغاز والماء.

الشكل (3-6) يوضح منحنيات الإنتاج ونسبة الماء

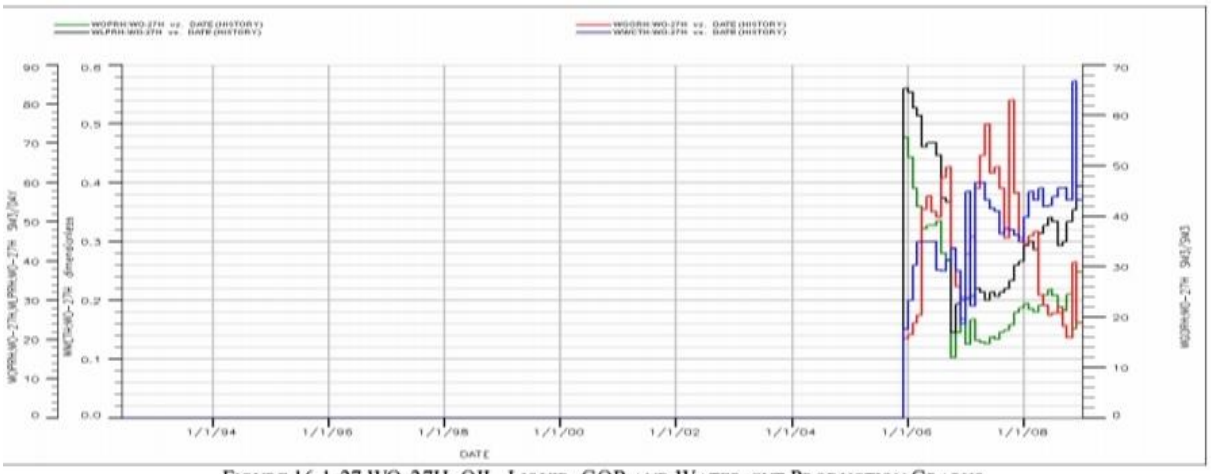


FIGURE 16.1-27 WO-27H; OIL, LIQUID, GOR AND WATER-CUT PRODUCTION GRAPHS

WO-28H .3

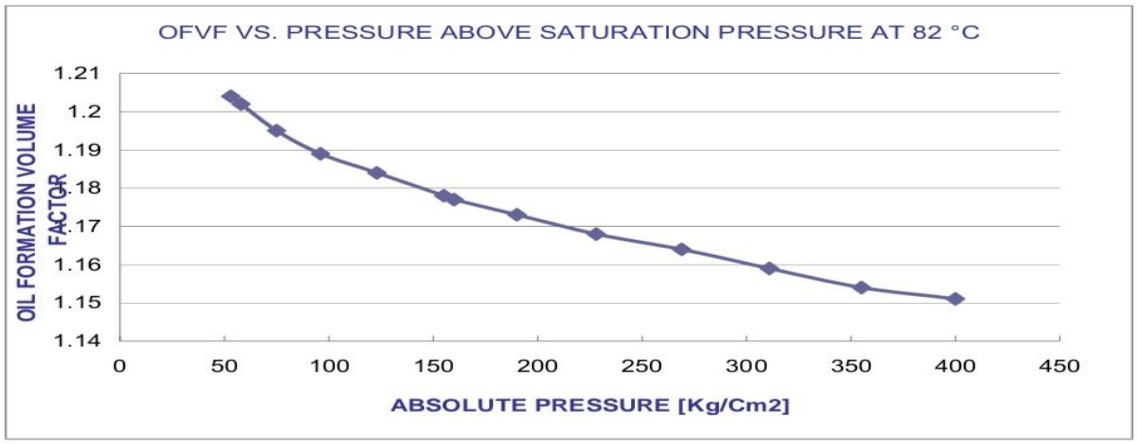
لم تُؤخذ عينات غاز من البئر

أظهر تحليل النفط أن معامل التمدد الحجمي يتراوح بين 1.14و 1.21عند 82°C، والضغط الإشباعي 53 كغ/سم².

البئر أفقي ومذكور ضمن أفضل الآبار من حيث الاستقرار الحراري والنفطي.

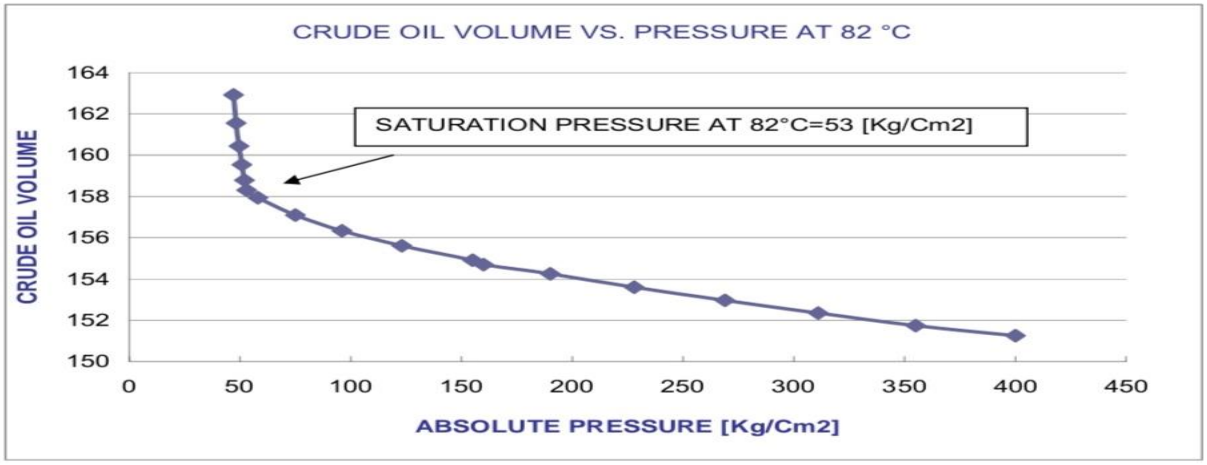
الرسم يوضح منحنيات ضغط الاشباع وحجم النفط بالطبقة

الشكل (3-7) يعبر عن حجم النفط الطبقي والضغط للبئر WO-28H



WO-28H; OIL FORMATION VOLUME FACTOR VERSUS PRESSURE AT 82°C

الشكل (3-8) يعبر عن حجم النفط الخام والضغط للبئر WO-28H



WO-28H; CRUDE OIL VOLUME VERSUS PRESURE AT 82°C

WO-29H .4

في تشكيلR. Chert ، لم تُؤخذ عينات غاز.

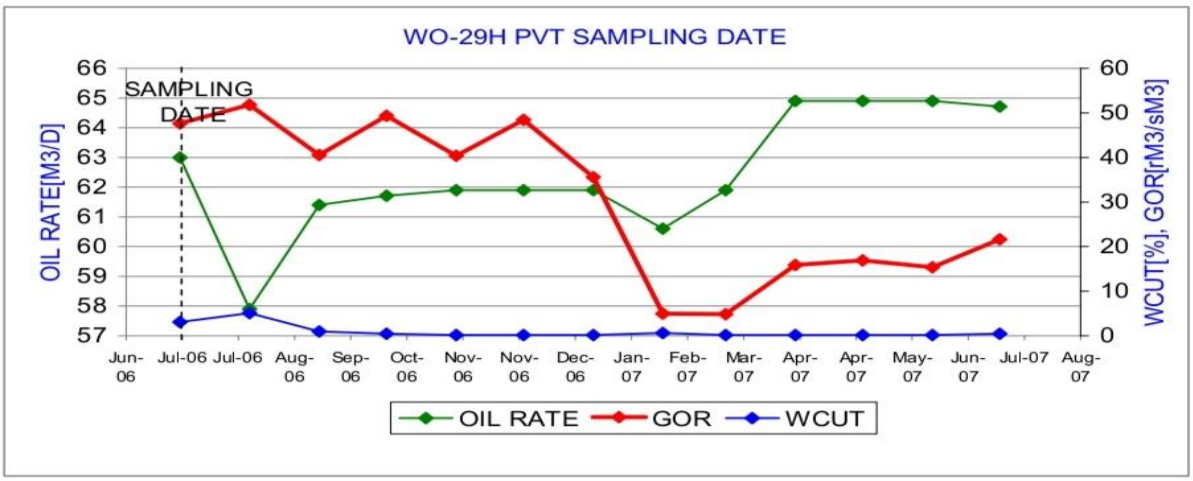
API = 19.24،

معامل حجم النفط 1.14،

نسبة الغاز 23.6م³/م³.

الرسم البياني يعرض أدائه خلال الإنتاج، ويُظهر سلوكاً متوازناً.

الشكل (3-9) يُظهر معدلات إنتاج النفط والسوائل ونسبة الماء والغاز



الشكل (3-10) يوضح منحنيات الإنتاج ونسبة الماء

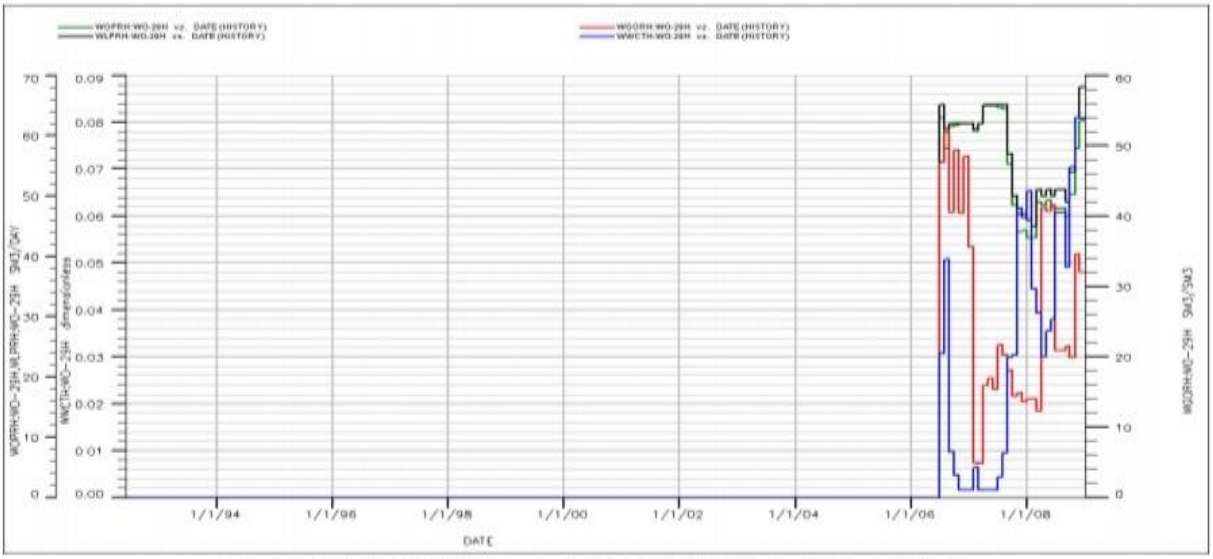
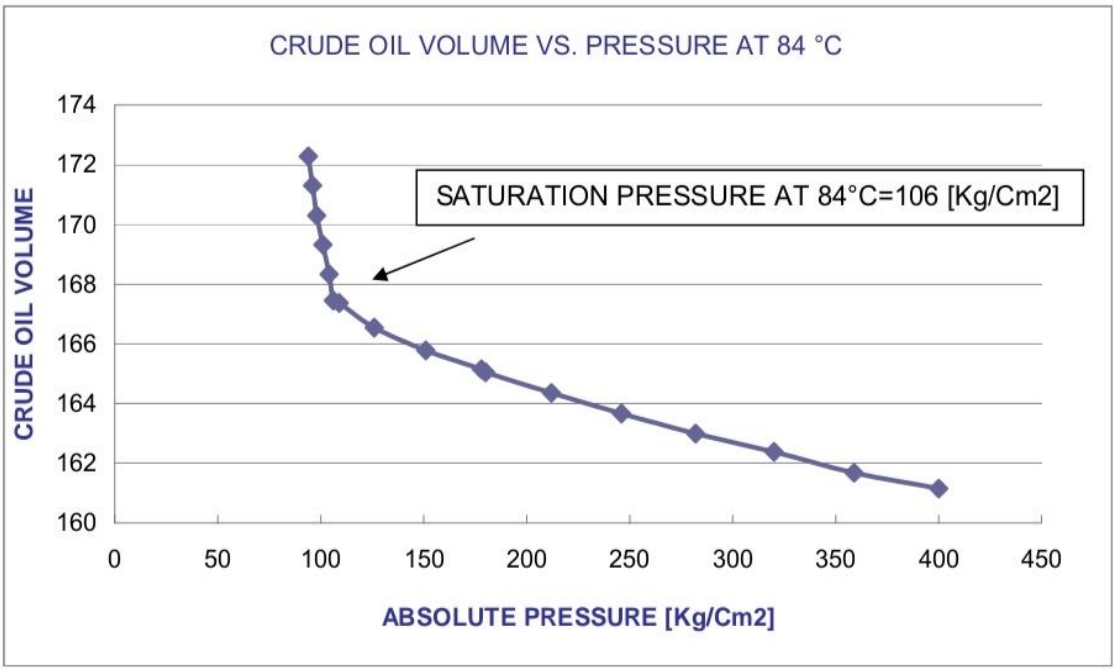


FIGURE 16.1-30 WO-29H; OIL, LIQUID, GOR AND WATER-CUT PRODUCTION GRAPHS

الشكل (3-11) يعبر عن حجم النفط الخام و الضغط للبئر WO-29H



WO-29H; CRUDE OIL VOLUME VERSUS PRESURE AT 84°C

WO-30 .5

بضغط مكمن يتراوح بين 170 و 190 بار..
يُعتبر من أحدث الآبار الأفقية في وادي عبيد، أُكمل في 2006

تُظهر الرسومات نسب الإنتاج والماء والغاز

الشكل (3-12) يوضح منحنيات الإنتاج ونسبة الماء

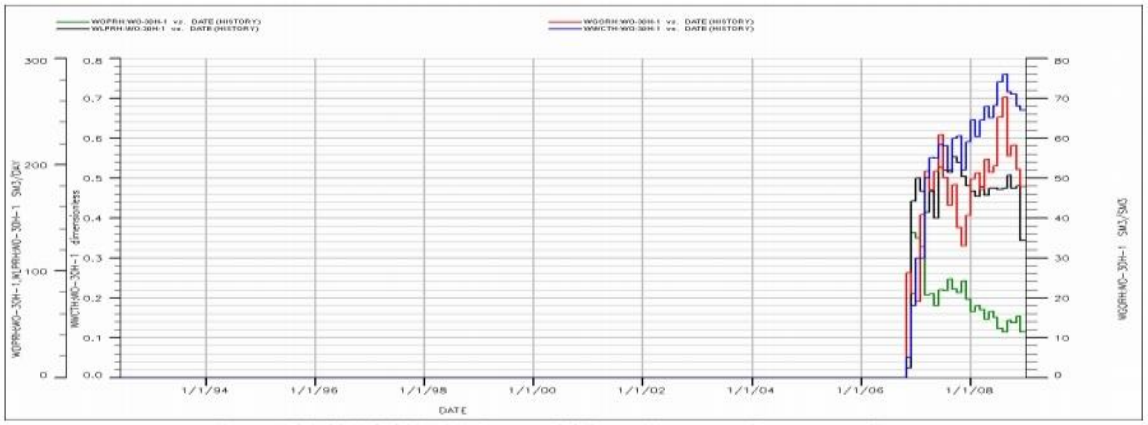


FIGURE 16.1-31 WO-30H; OIL, LIQUID, GOR AND WATER-CUT PRODUCTION GRAPHS

الفصل الرابع

القسم العملي (نمذجة المكمن باستخدام برنامج البتريل PETREL)

نظرة عامة

برنامج Petrel هو أحد الحلول البرمجية المتقدمة من شركةSchlumberger ، ويُعد من أكثر أدوات النمذجة الجيولوجية والمكمنية شمولية وتطوراً في صناعة النفط والغاز. يجمع البرنامج بين البيانات الجيولوجية والجيوفيزيائية وهندسة المكامن في بيئة عمل متكاملة.

أهمية استخدام البتريل في نمذجة المكامن

يقدم البتريل مزايا حاسمة في:

- التكامل الشامل: جمع وتكامل بيانات متعددة المصادر (جيولوجيا، جيوفيزياء، هندسة مكامن)
- نمذجة ثلاثية الأبعاد: إنشاء نماذج واقعية للمكامن البترولية
- محاكاة سلوك المكمن: توقع أداء المكمن تحت سيناريوهات إنتاج مختلفة
- تحديد المخاطر: تقييم عدم اليقين في النماذج الجيولوجية

المكونات الرئيسية في نمذجة المكامن

1. التفسير الزلزالي(Seismic Interpretation)
   - تفسير البيانات الزلزالية ثنائية وثلاثية الأبعاد
   - تحديد البنيات الجيولوجية الرئيسية (أطباق، صدوع، طيات)
   - استخراج السمات الزلزالية(Attributes)

2. النمذجة الجيولوجية(Geological Modeling)
   - بناء النموذج البنيوي(Structural Model)
   - النمذجة الطبقية(Stratigraphic Modeling)

.نمذجة التوزيع المكاني للخصائص الصخرية(Property Modeling)

3. النمذجة المكمنية(Reservoir Characterization)
.نمذجة الخصائص البتروفيزيائية (المسامية، النفاذية، التشبع)
.بناء النموذج الثابت(Static Model)
.التحقق من النموذج ومطابقته مع البيانات

4. محاكاة المكامن(Reservoir Simulation)
.تحويل النموذج الثابت إلى نموذج ديناميكي
.محاكاة سلوك المكمن تحت ظروف الإنتاج
.التنبؤ بأداء المكمن وتحسين استخراج الهيدروكربونات

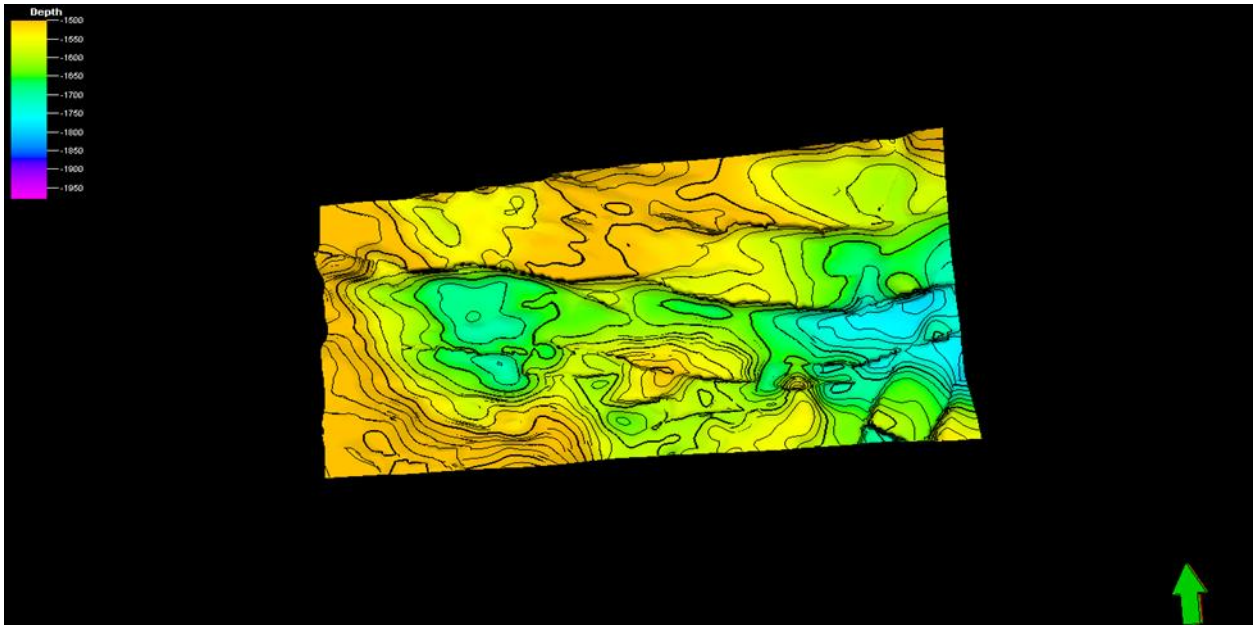
طريقة العمل

1) تحميل البيانات: استيراد البيانات من مصادر مختلفة
2) التفسير: تفسير الطبقات والصدوع
3) النمذجة البنيوية: بناء الإطار الهيكلي للمكمن
4) التقسيم الطبقي: تقسيم المكمن إلى طبقات
5) النمذجة الشبكية: إنشاء شبكة ثلاثية الأبعاد
6) نموذج الخصائص: توزيع الخصائص الصخرية والبتروفيزيائي
7) المحاكاة والتنبؤ: دراسة أداء المكمن

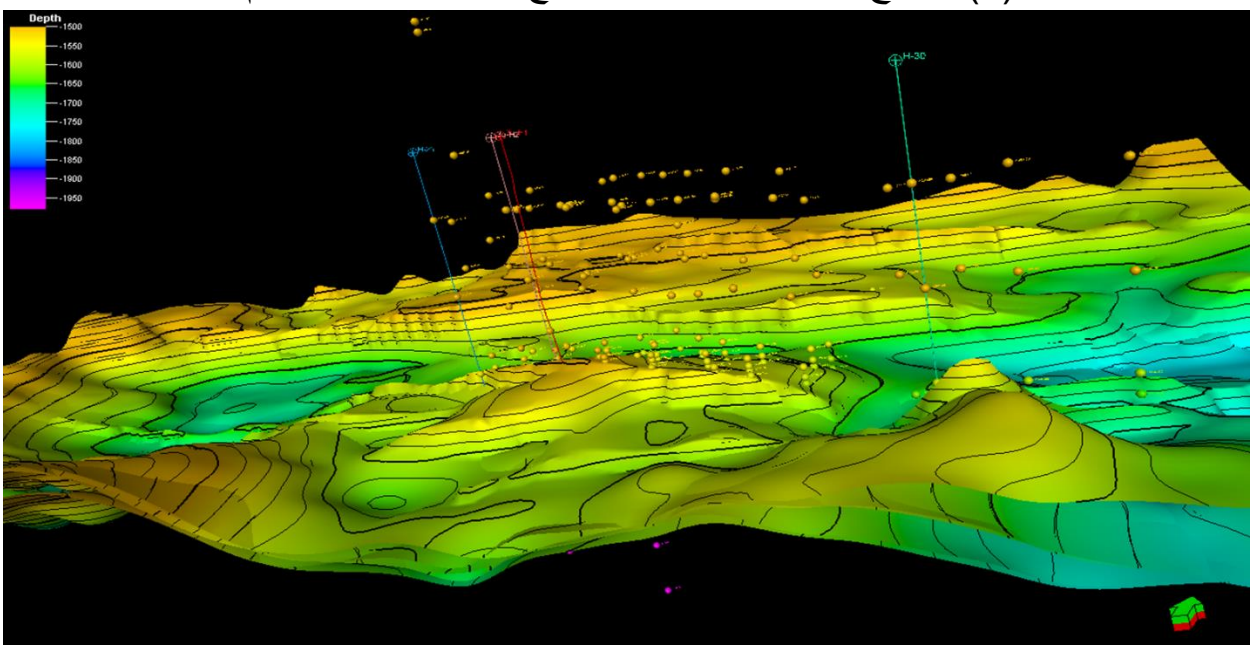
يُعد البتريل أداة حيوية لاتخاذ القرارات الاستراتيجية في صناعة النفط والغاز، حيث يمكن المهندسين والجيولوجيين من بناء نماذج واقعية للمكامن، مما يساهم في تحسين عمليات الاستكشاف والإنتاج وزيادة معدلات الاستخراج مع تقليل التكاليف والمخاطر المرتبطة بتنمية الحقول النفطية.

تطور البرنامج باستمرار ليشمل تقنيات حديثة مثل الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي، مما يجعله أداة مستقبلية تساهم في تحويل صناعة الطاقة نحو كفاءة أكبر واستدا

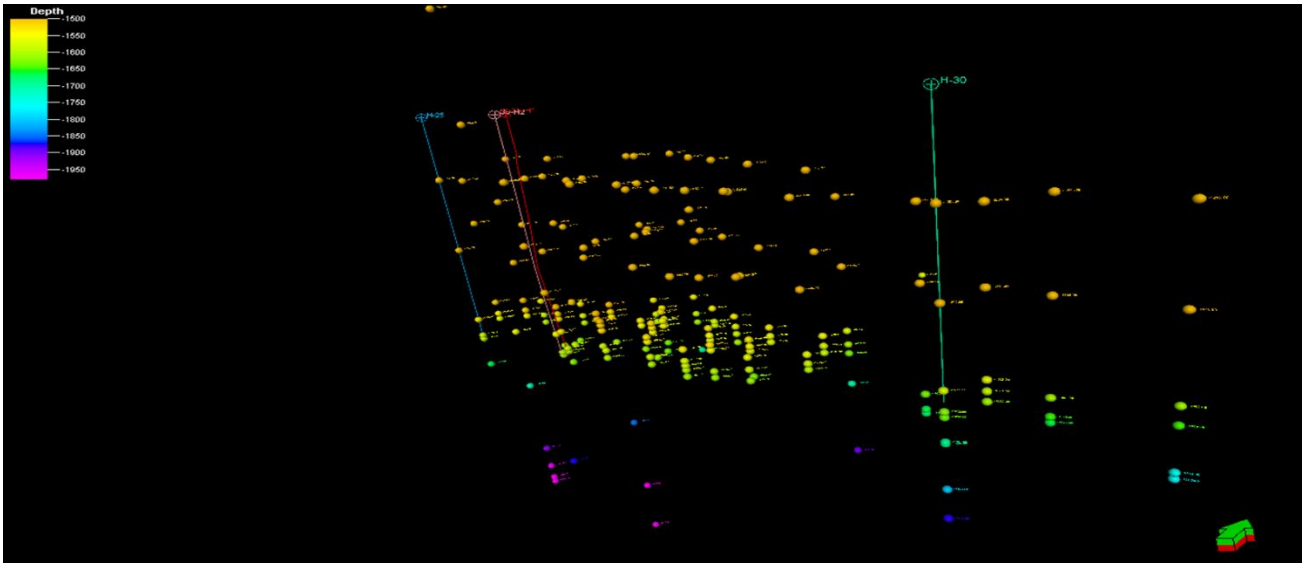
الشكل(1) نموذج للموقع تظهر فيه خطوط الكونتور للأعماق بالألوان



الشكل(2) نموذج خريطة الكونتور وتوزيع الطبقات وبيانات قمم الآبار

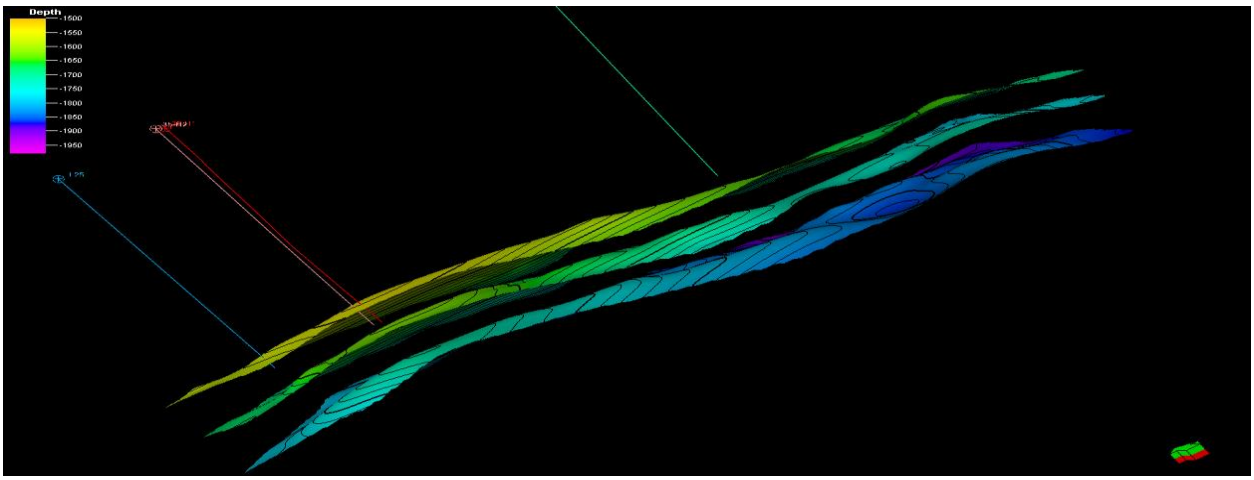


الشكل(3) هذا البئر يتصدر المعلومات والآبار

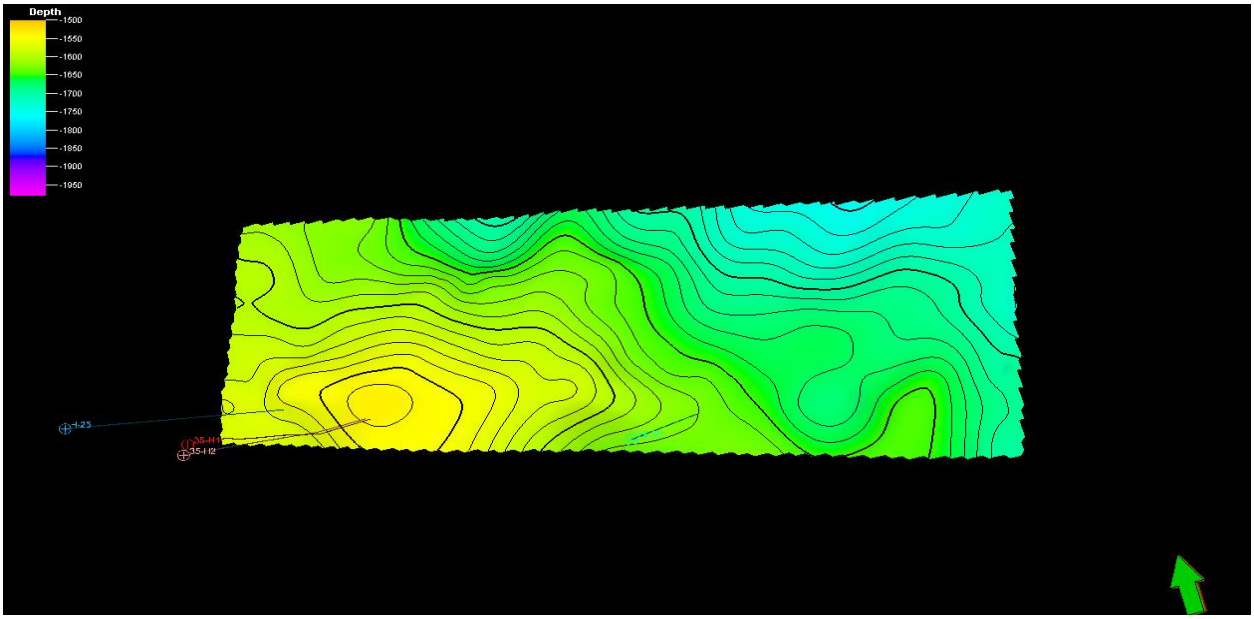


الشكل(4) هذه الطبقات:

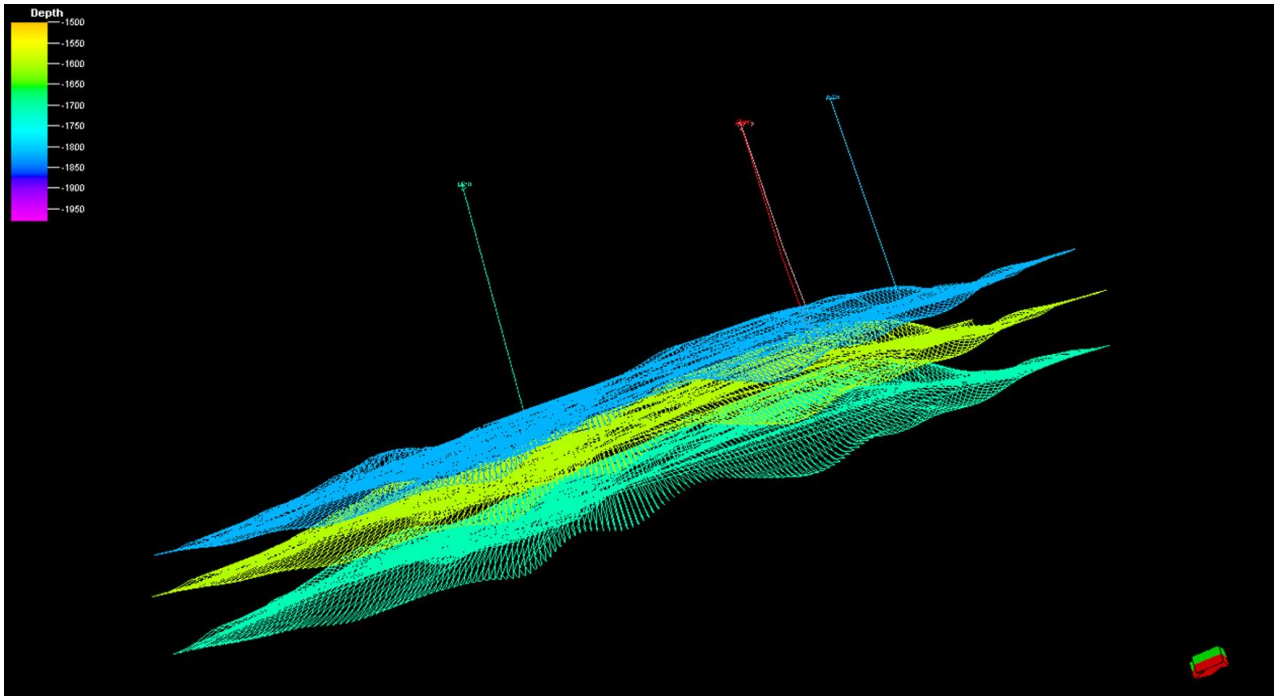
1. الطبقة العليا 2. الطبقة الوسطى 3. القاعدة



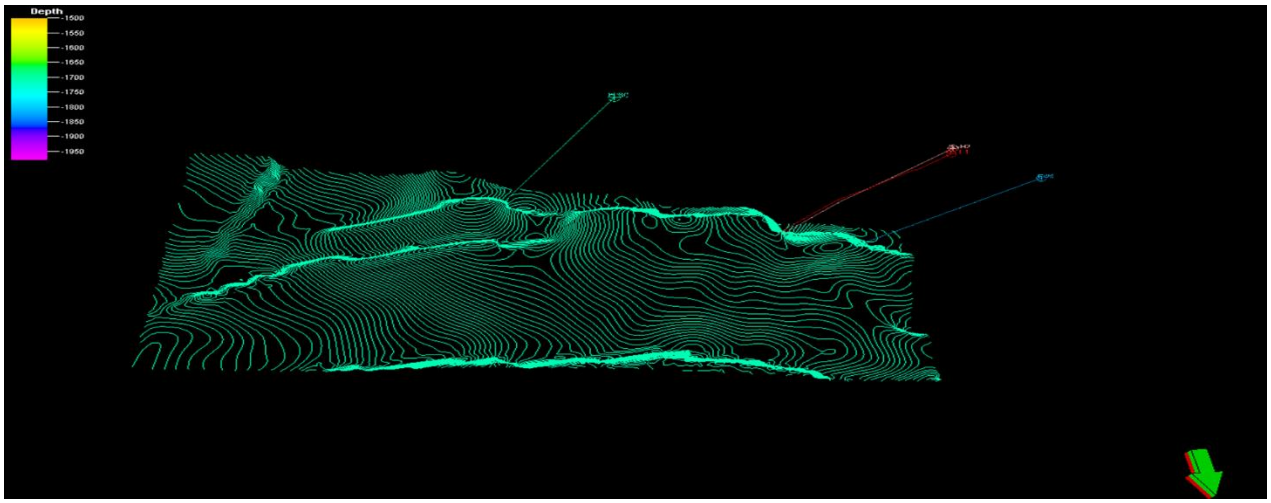
الشكل(5) هذا الموديل يمثل طبقة TOP الكونتورية من الاعلى



الشكل(6)هذه الطبقات الهيكلية هي الطريقة التي ننشئ بها الأفق تمثل الطبقات الهيكلية تنشأ باستخدام X.Y

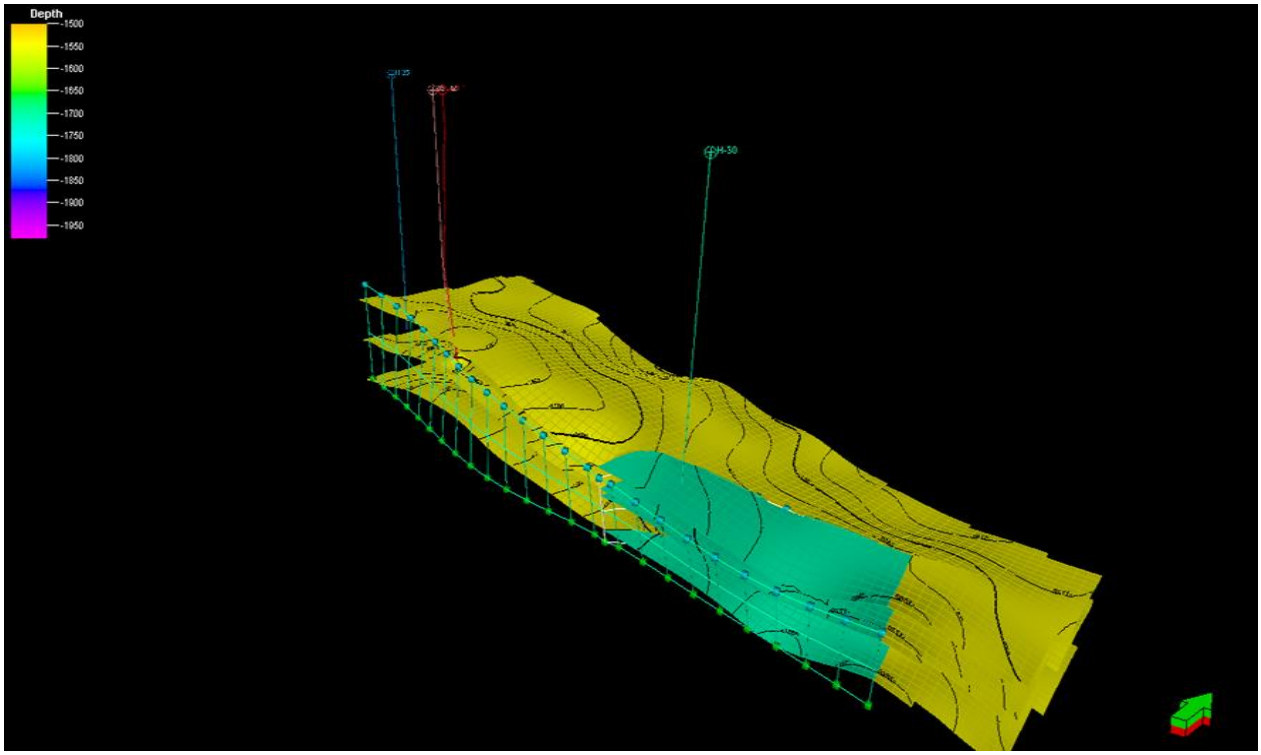


الشكل(7)هذه الطبقة تظهر بدقة خطوط الكونتور وخطوط الفوالق

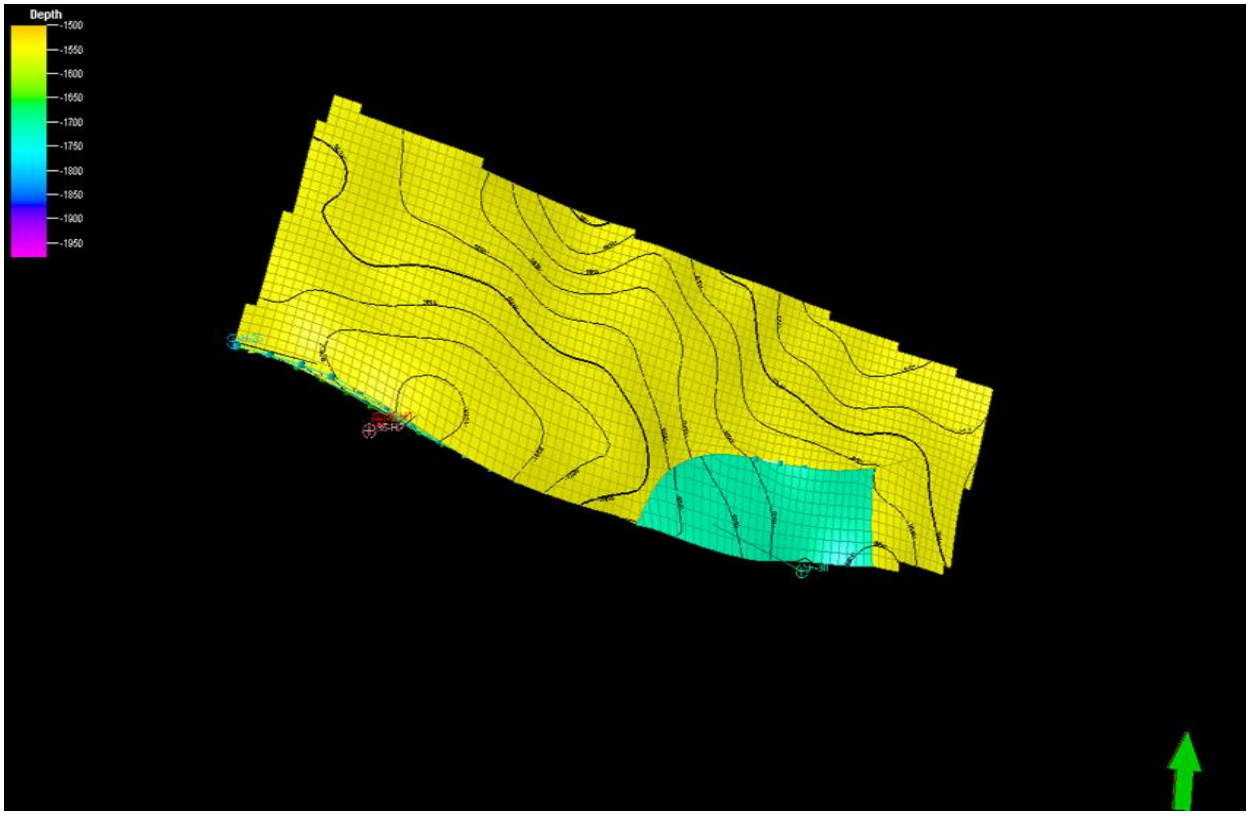


الشكل(8) الموديل يوضح حدود الفالق والمنطقة المأخوذة باللون الأزرق

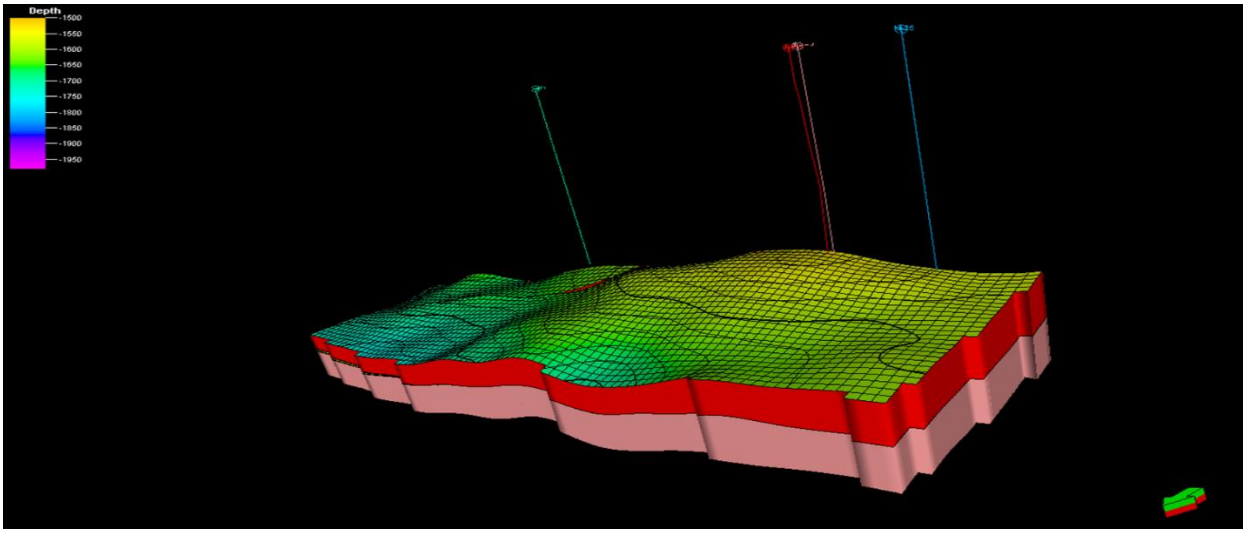
بالإضافة لحدود لمكمن الكلي



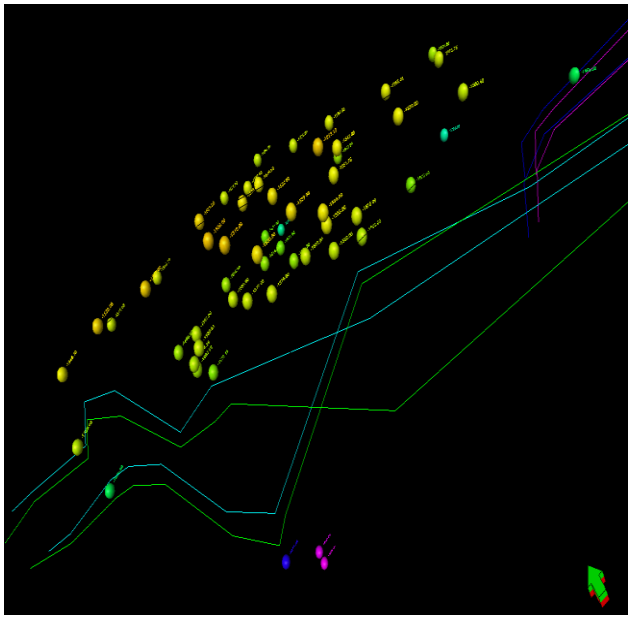
الشكل(9) يمثل هذا الموديل الكنتوري الفالقي مكان تواجد الفالق وحدوده

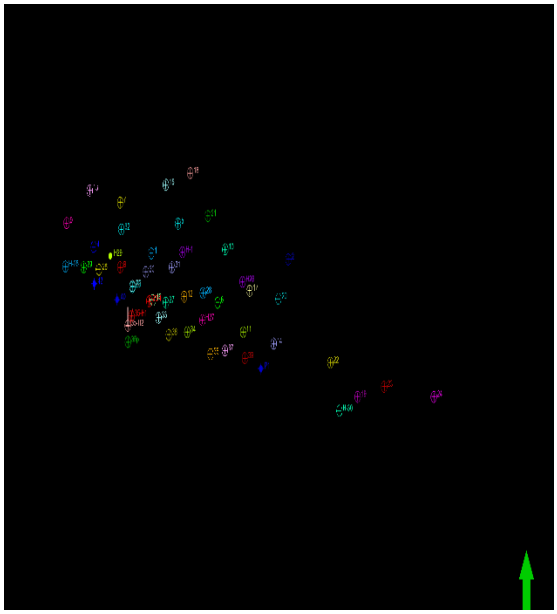


الشكل (10)هذا النموذج يقسم الطبقات الى طبقتين: طبقة منتجة جيدة وغير منتجة جيدة

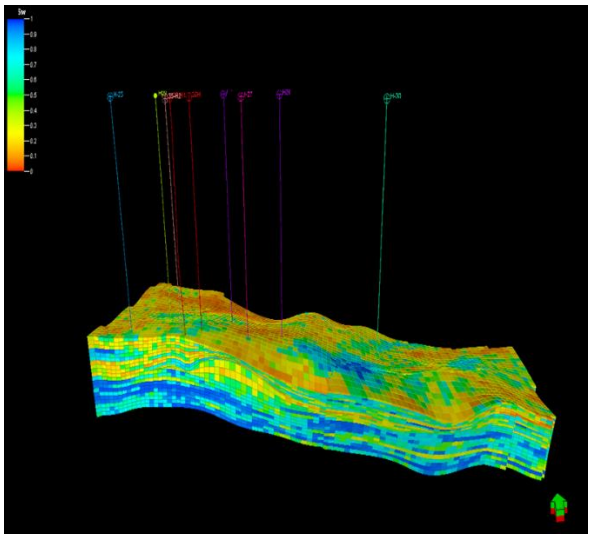


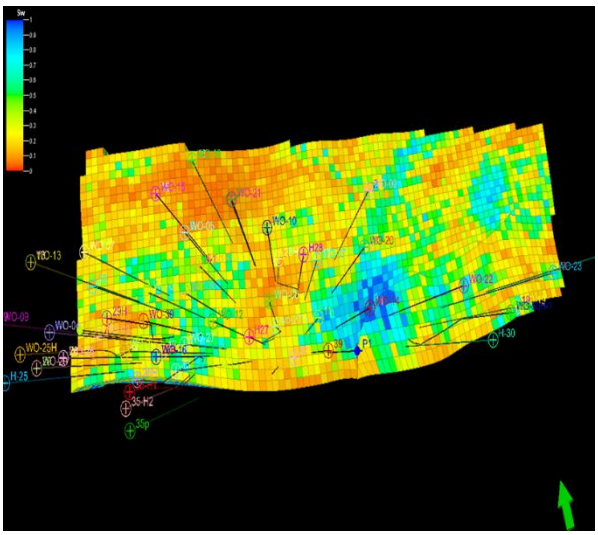
الاشكال(11-12) توضح خطوط الابار والفوالق وحولها بيانات well logs مثل porosity, GR,PR



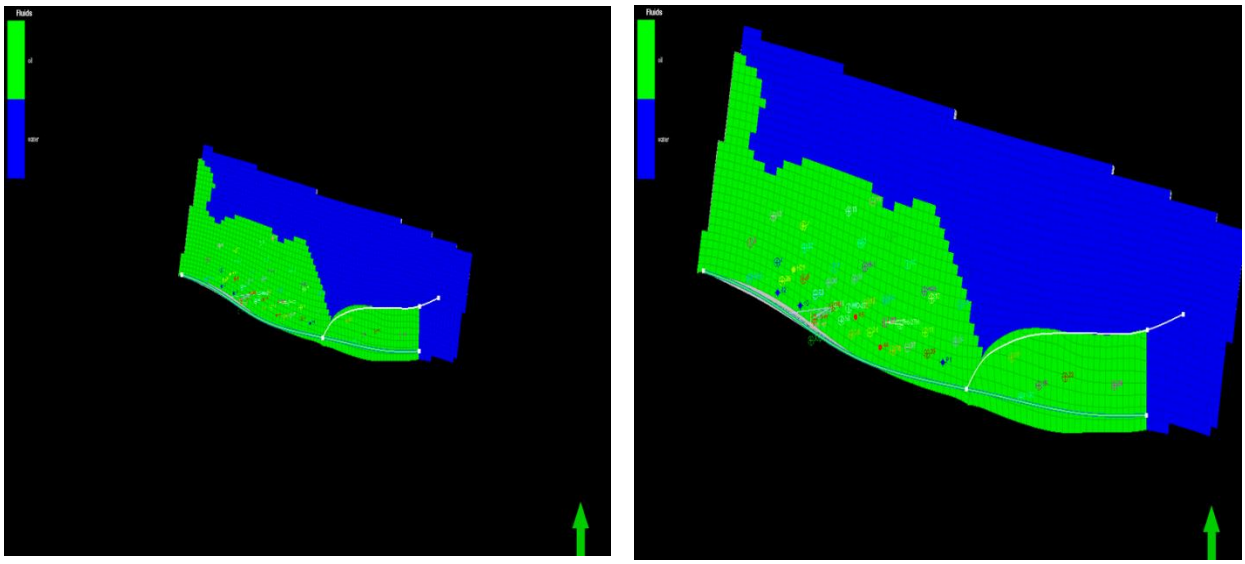


الشكل(13) يظهر هذا النموذج الطبقات المستهدفة وموقع الماء والغاز والنفط .....وذات التشبع الجيد

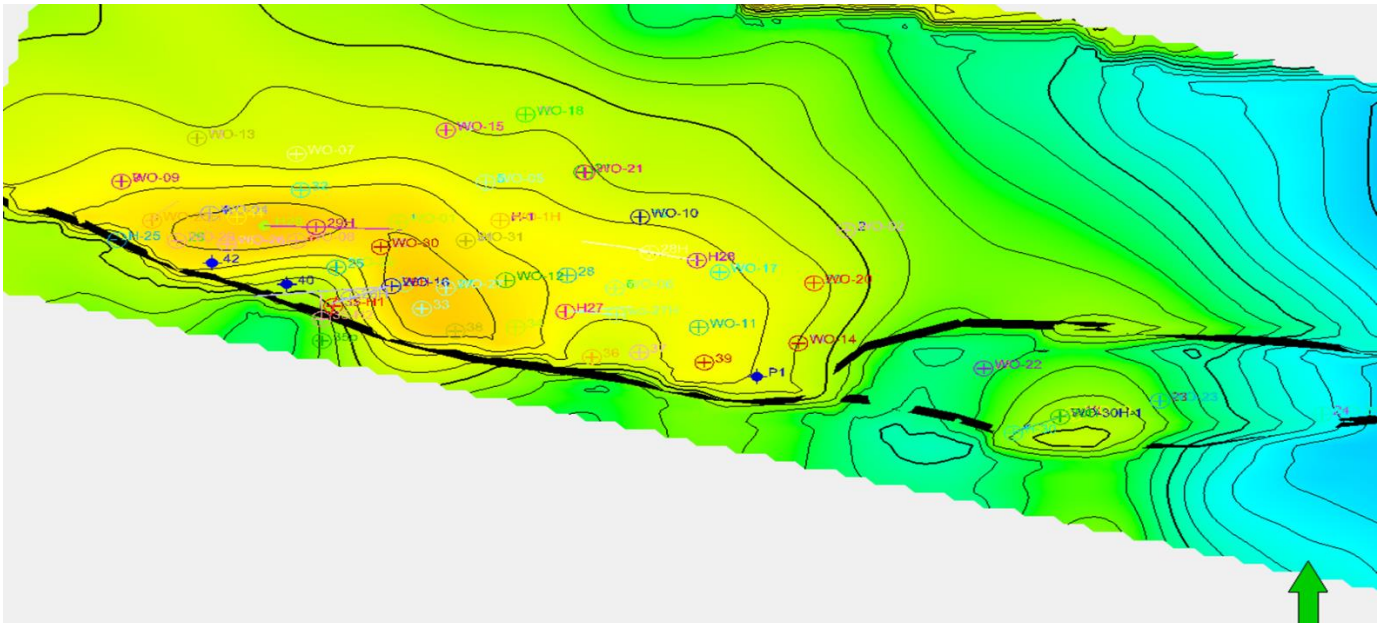




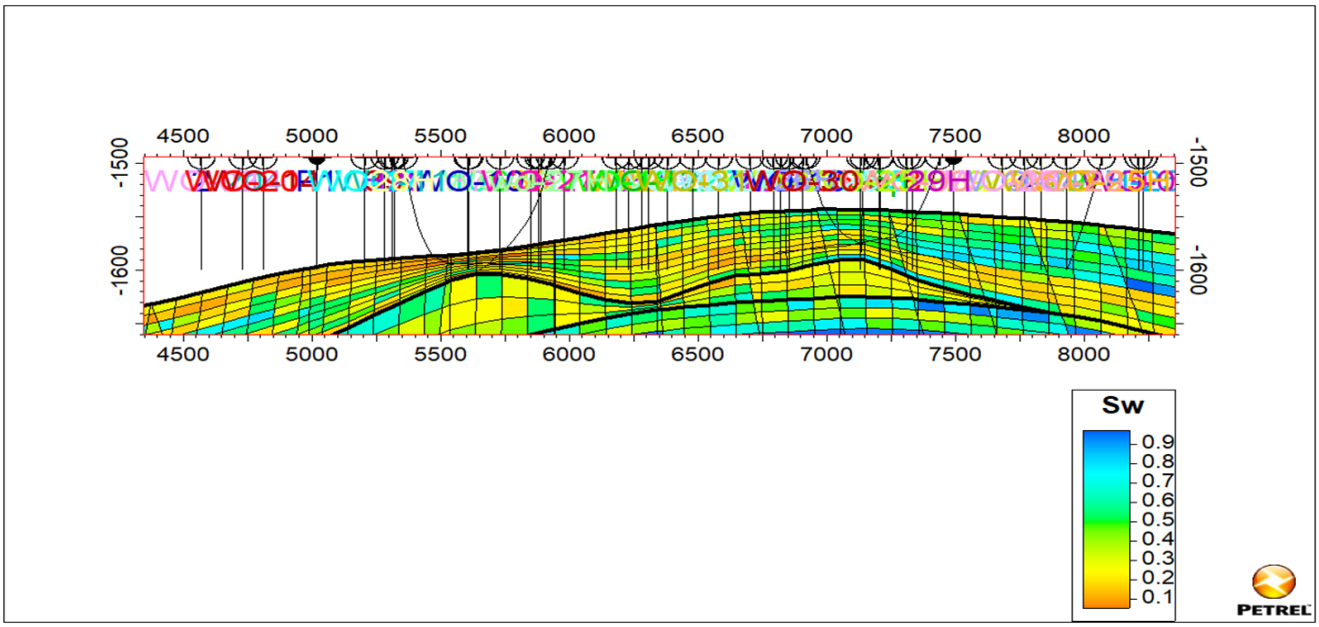
الشكل (14) النموذج : خط التقاء النفط بالماء



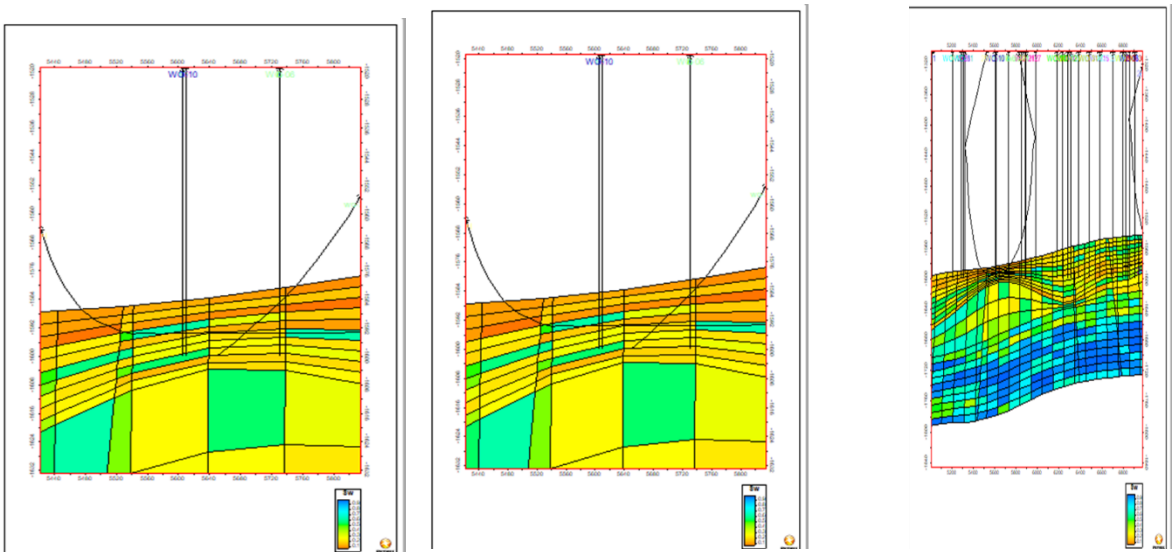
الشكل(15) الموديل الكونتوري الذي يوضح كيف الفالق يقسم المكمن الى قسمين ومروره ببعض الابار كان له تاثير سلبا والأخر كان تاثير ايجابا



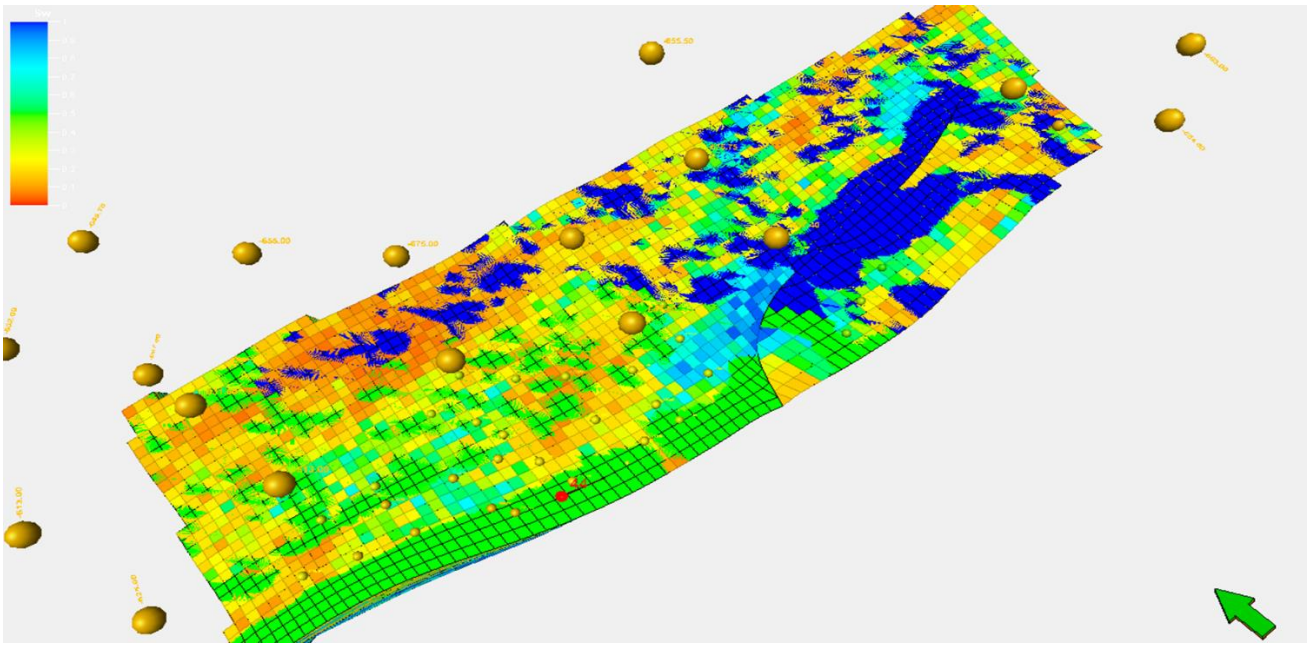
الشكل (16) لاحظنا هذه الطبقات المشبعة بالنفط ذات محتوى مائي منخفض وأشكال آبار أفقية في الطبقة



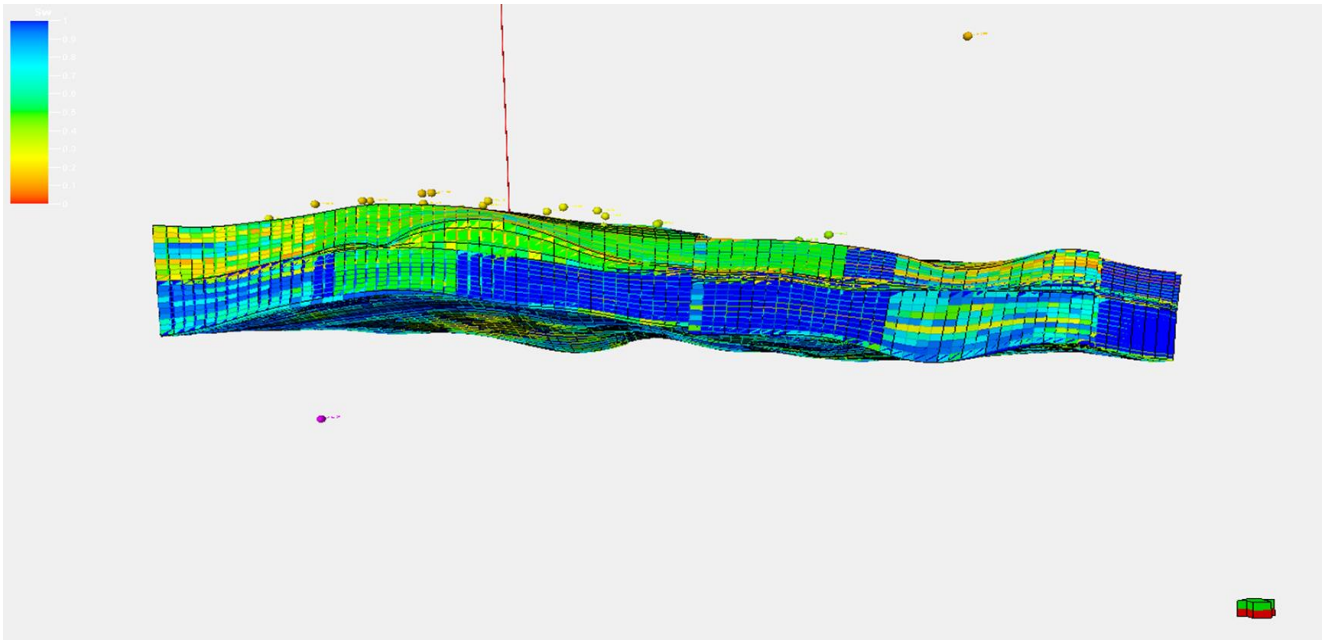
الشكل(17) توضح هذه المقاطع الجيولوجية كيفية حفر الآبار الأفقية في الطبقة والأماكن التي تم العثور فيها على الماء.



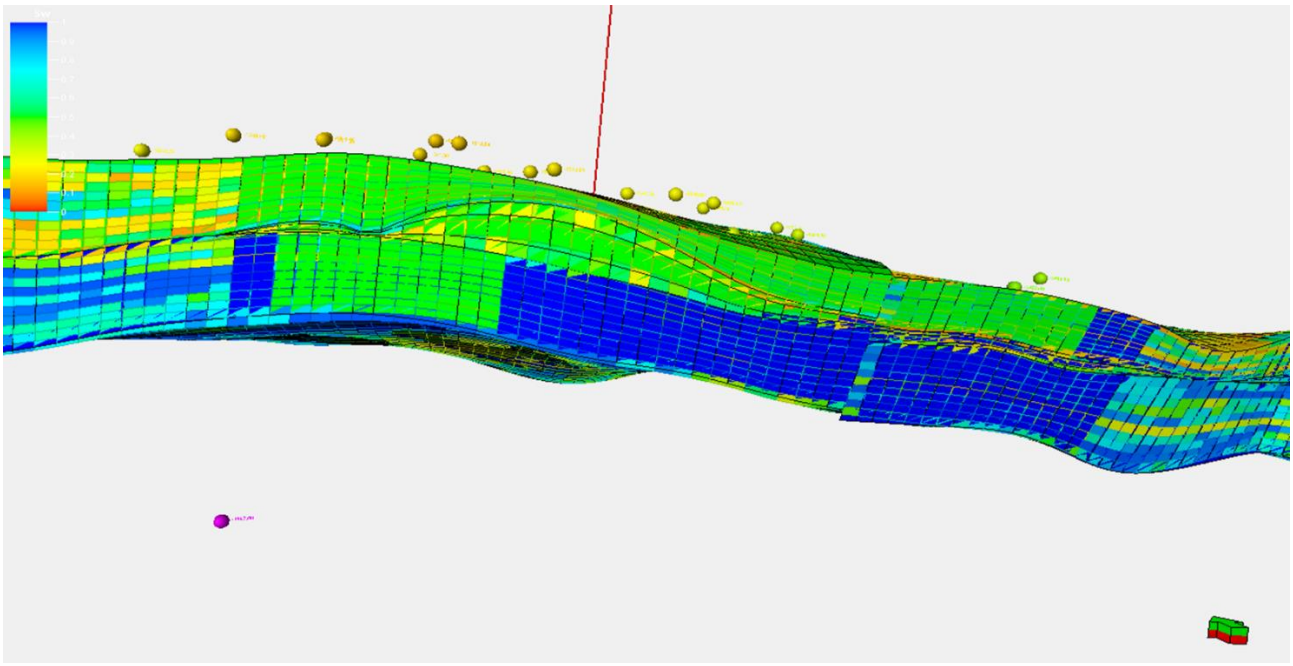
الشكل(18)يمثل هذا الموديل مكان تواجد الماء والنفط (والغاز بنسبة بسيطة) وأيضا بيانات Well logs



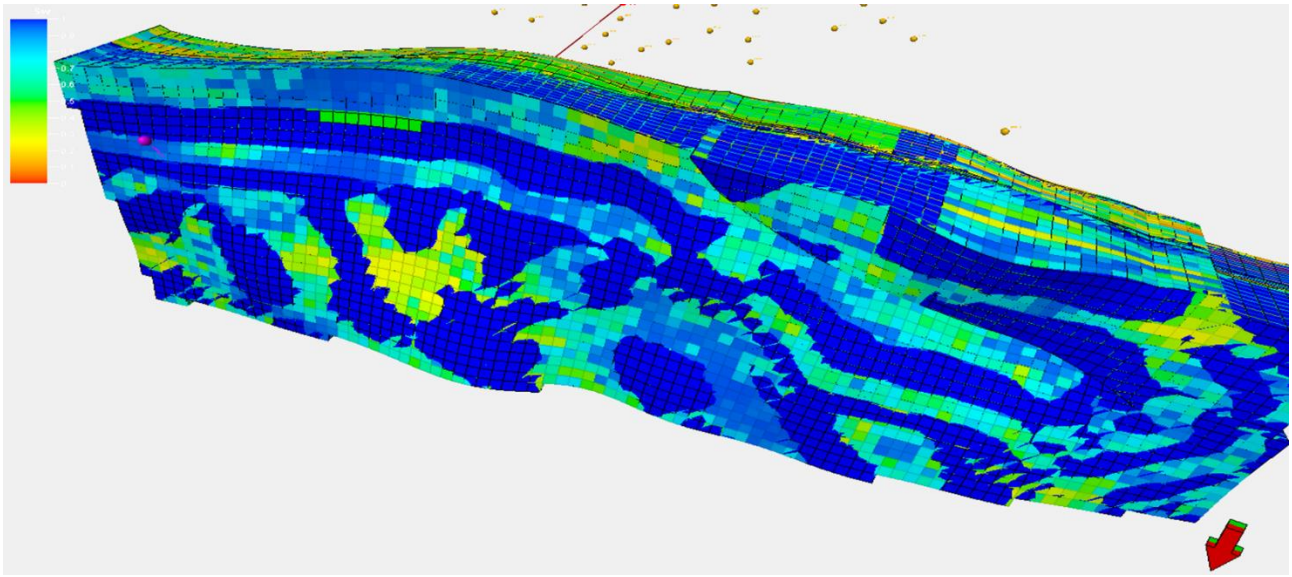
الشكل (19) محتوى الماء في بعض مناطق الخزان مرتفع جدا ولكن يمكن الاستفادة منه من خلال عمليات الحقن لزيادة إنتاجية الخزان [EOR],[Pwri]



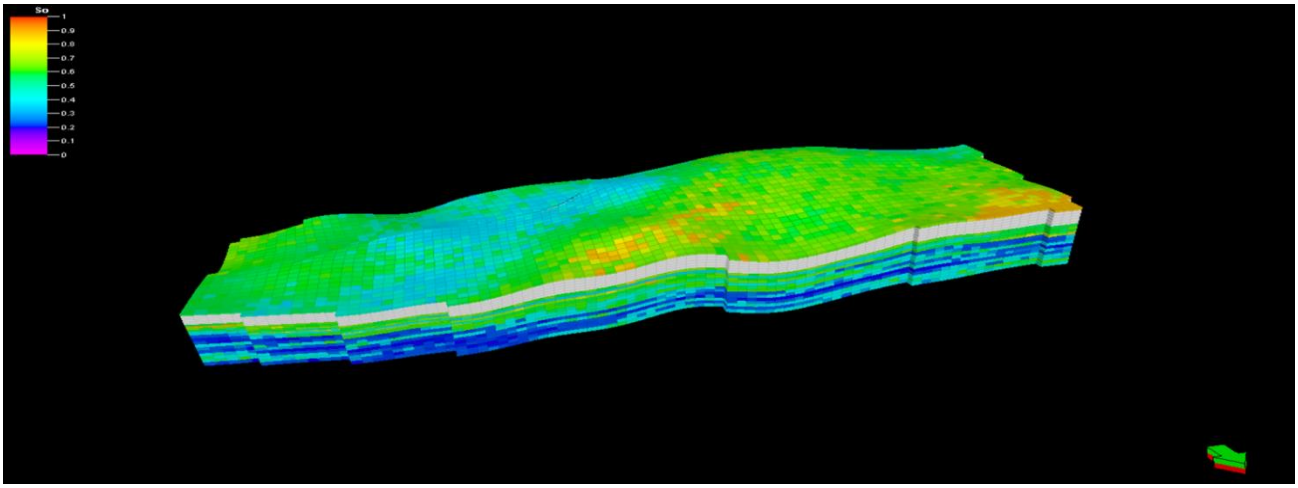
الشكل (20) موديل يعرض سماكة الطبقة ومكان تواجد البئر الافقي بالمنطقة المستهدفة ويبين الطبقة الثانية وكمية المياه



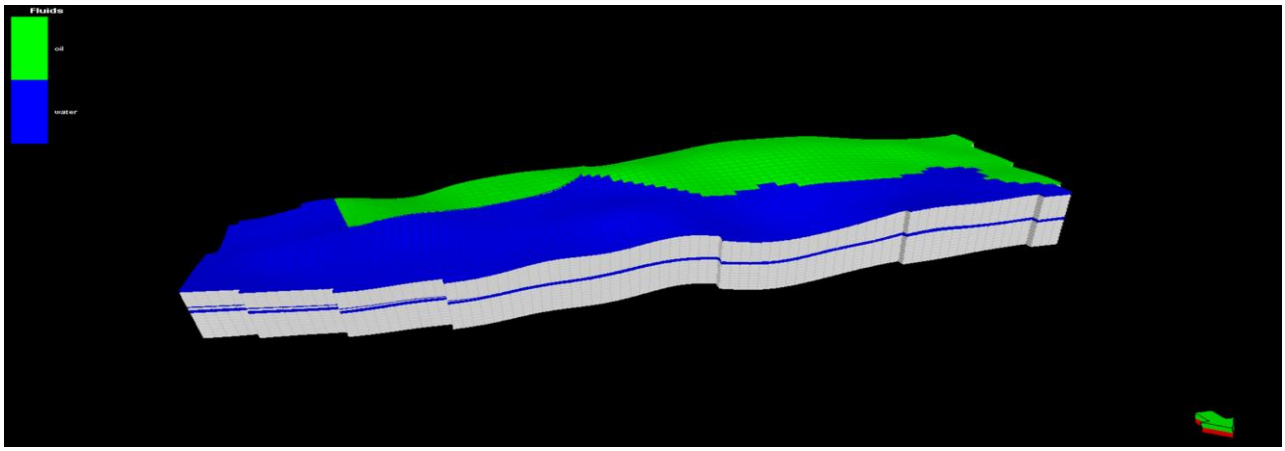
الشكل (21) اسفل الموديل السابق وكمية المياه الموجودة بطبقة ال BASE تصل الى 85%



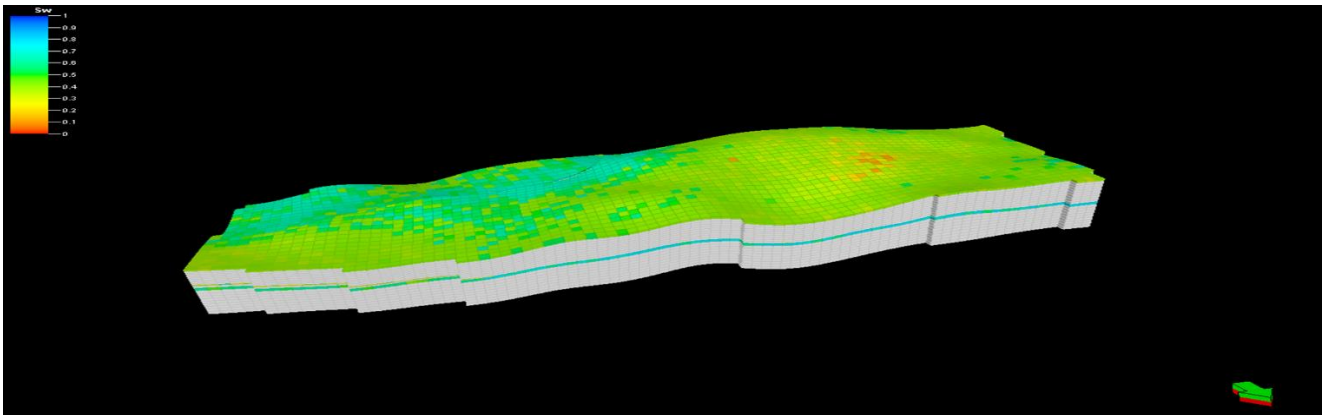
الشكل (22) يمثل SO مكان التشبع النفطي والمكان المناسب للتثقيب حسب اللون



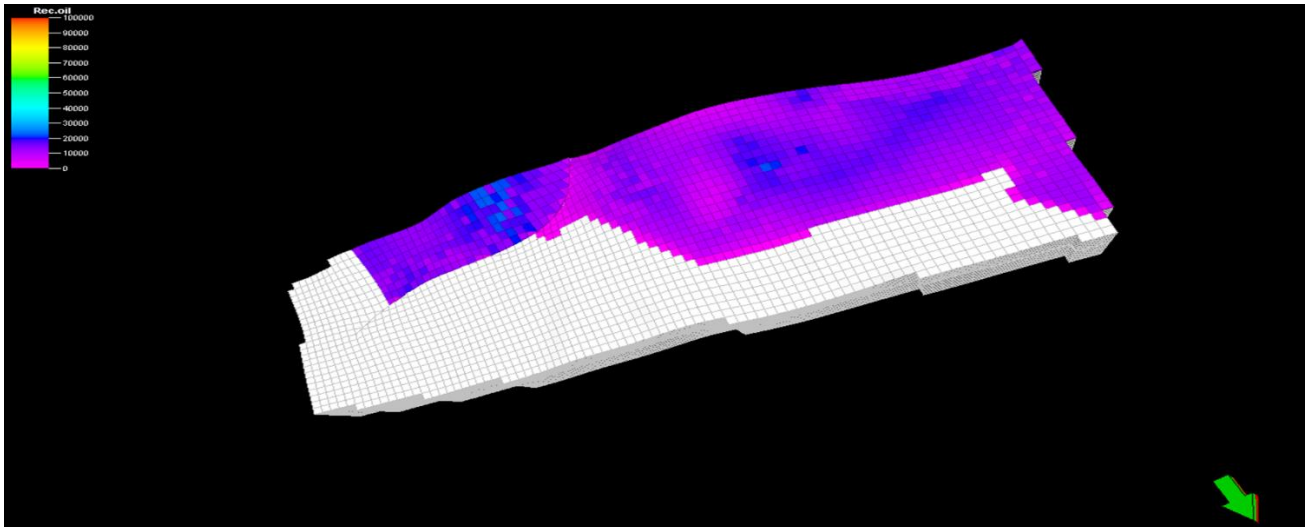
الشكل (23)يمثل الموديل الحدود المتصلة بين الماء والنفط ونقطة التماس حسب اللون



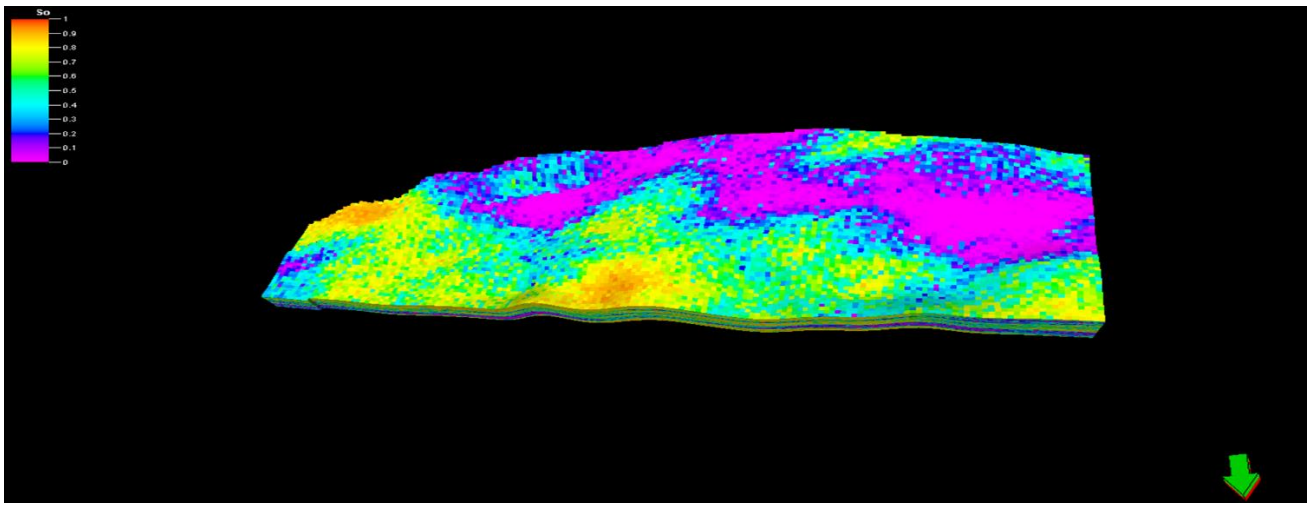
الشكل (24) يمثل هذا الموديل[SW] أماكن تشبع الطبقة بالماء حسب اللون



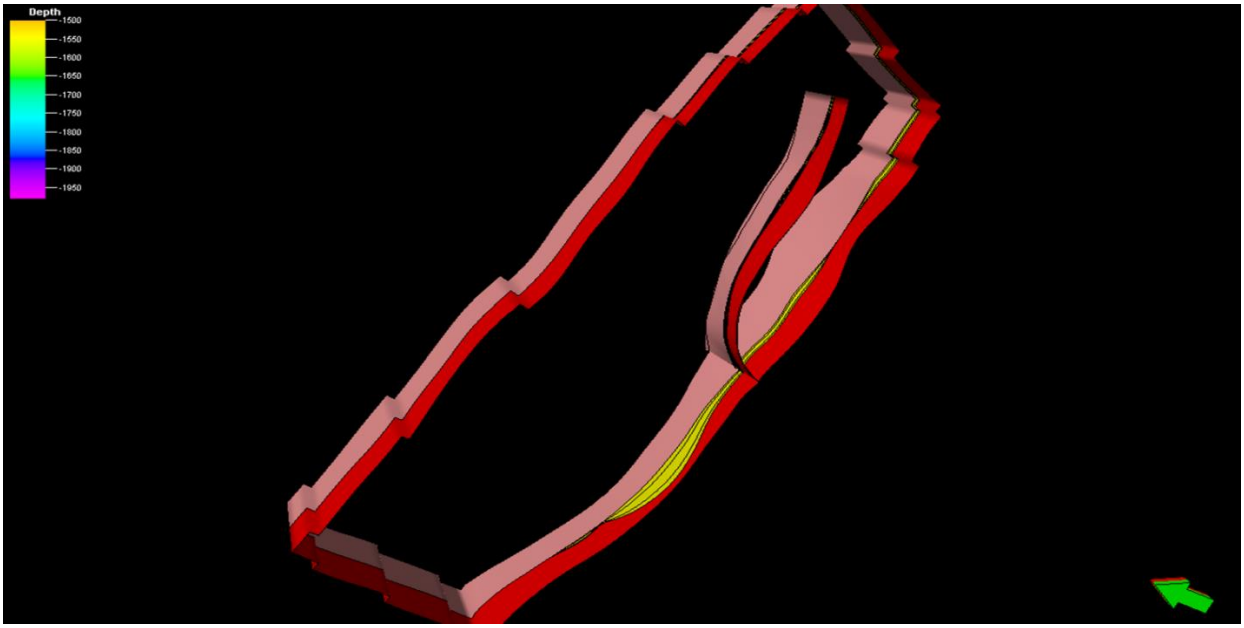
الشكل(25) موديل يوضح كمية النفط القابلة للاستخراج من المكمن وكيف الفالق يقسمها الى قسمين



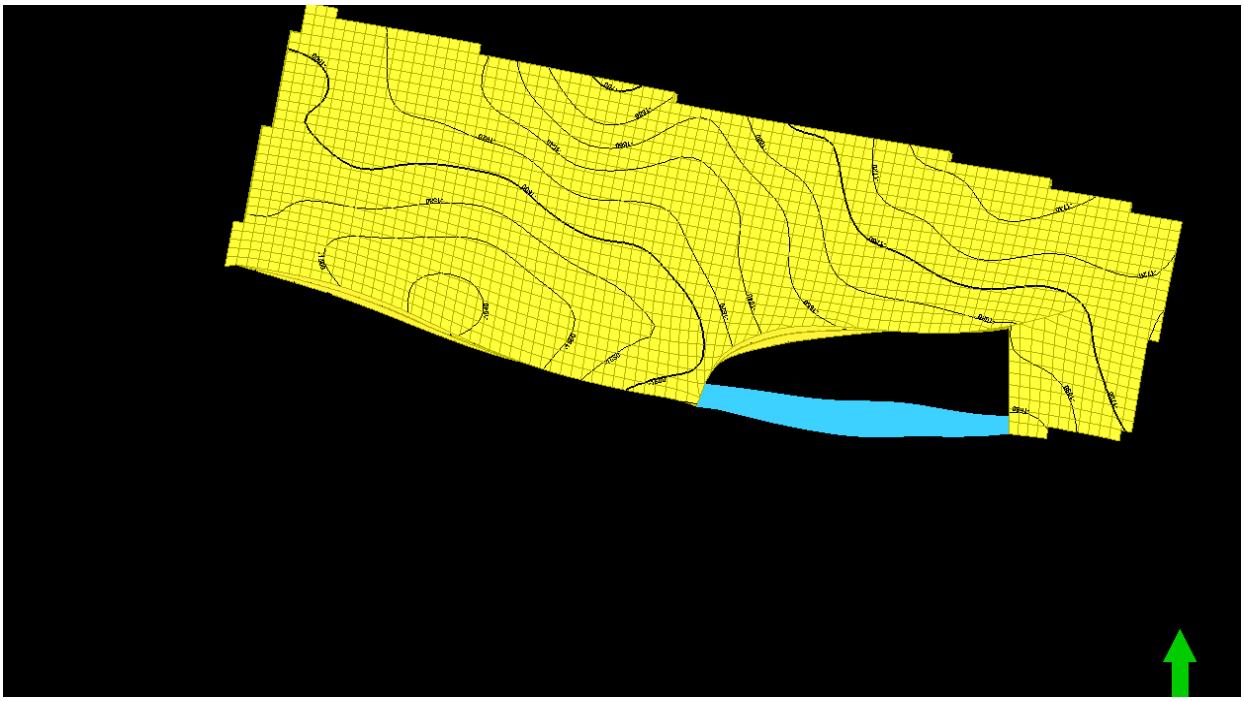
الشكل (26)موديل دمج بين النفط والغاز والماء ويوضح حسب لون المنطقة



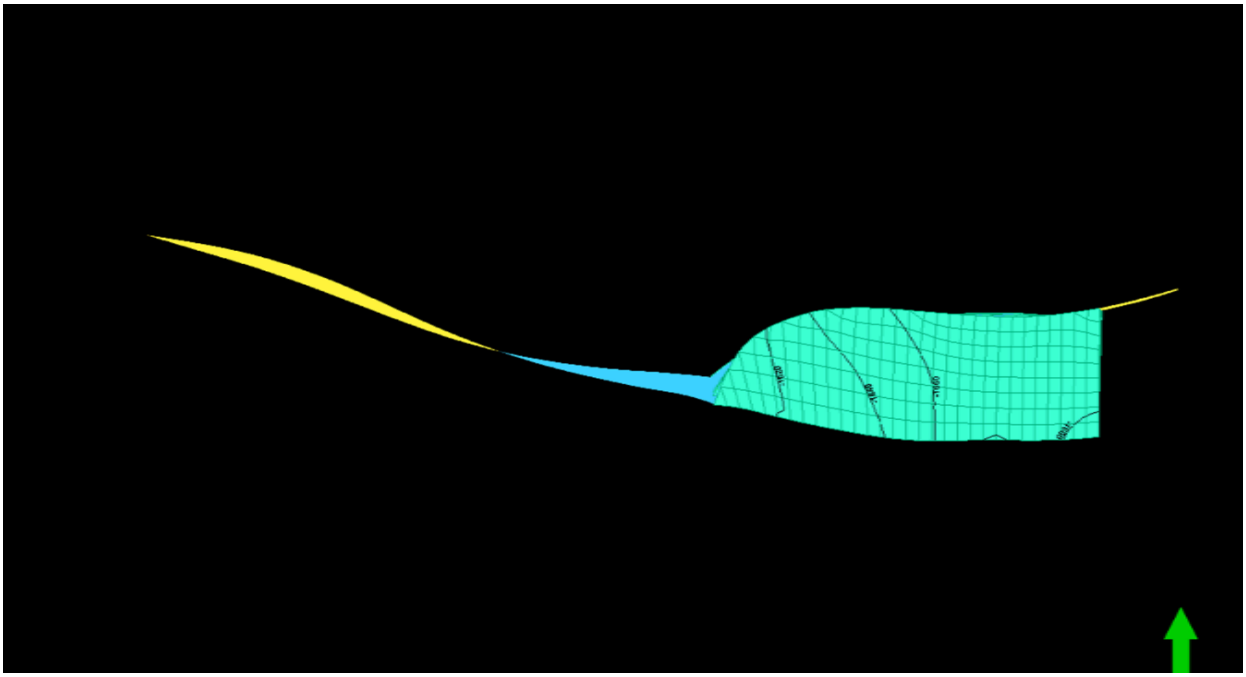
الشكل (27) حدود الخزان والفالق والطبقة باللون الأصفر المستهدفة بالحفر الافقي



الشكل (28) الموديل يوضح كيفية قسم الفالق عن مكانه وحدوده والحيز الذي يشغله هذا الفالق



الشكل (29) نرى ان الخزان الذي قسمه الفالق صغير مقارنة بالخزان الكبير ولكن مشبع بالنفط



النتائج

1. عمل آبار أفقية ضرورية بالنسبة لهذا الموقع بسبب وجود فالق قسم المكمن إلى قسمين
2. اظهار سماكة الطبقات بدقة لحفر الآبار الأفقية
3. إظهار اماكن تواجد الماء والنفط لتجنب حفر بئر افقي بالماء
4. وضع خطط لزيادة الإنتاج عن طريق الحقن المائي للمكمنEOR
5. عمل موديلات خطوط كنتورية وإظهار الفالق عليها لإظهار الآبار الأفقية التي يمر منها الفالق
6. تقسيم الطبقات إلى طبقتين بحيث لا نتجاوز الطبقة المنتجة
7. عمل موديل لإظهار المسامية الجيدة لعمل تثقيب بالمكان المناسب
8. تحديد المنطقة التي يقسمها الفالق بدقة
9. .الفالق كان سيئ لبعض الآبار حيث عمل على زيادة إنتاج الماء على النفط أما بعض الآبار زاد انتاج النفط وذلك بسبب الضغط المكمني الذي حصل

النتائج الحقلية

1. استخدام بيانات حقلية حقيقة
2. برمجتها على البرنامج البتريل ونسبة النتائج الصحيحة تصل إلى 98بالمئة
3. .هذه النتائج حقيقة في المكمن بعد التأكد من النتائج الواقعية
4. استخدام هذه البيانات وتحويلها إلى موديلات تساعد على العمل بأفضل النتائج
5. استخدام هذا البرنامج ضروري لإظهار هذه البيانات بنوافذ عدةMap window
   3D Window
   2D Window
6. البرنامج ضروري لإظهار بياناتwell tops and well logs
   وعمل Its comparison between the wells من
7. لا يمكن أن يكون تأثير آبار أفقية على آبار عمودية والعكس صحيح بفعل المسافة بين الآبار وامكان تواجدها
8. عمل شقوق أفقية بعد تحديد المسامية عبر القياساتwell logs

النتائج والمقترحات

اختيار الحفر الأفقي كان قرارًا ضروريًا في هذا الحقل من خلال قراءة خصائص المكمن، يمكن استنتاج سبب مهم:

المكمن كربوناتي – متشقق – منخفض المسامية يعني أن الحفر العمودي يعطي تلامس محدود مع الشقوق.

لكن الحفر الأفقي:

1) يزيد طول التلامس مع شبكة الشقوق.
2) يعطي إنتاج أعلى.
3) يقلل من انقطاع الآبار بسبب الماء.

من الجداول والمخططات نستنتج ان:

1) الآبار الأفقية منتشرة في تشكيلين رئيسيين:
   Remah Chert :أغلب الآبار الأفقية فيه (شدة التشقق، نفوذية أعلى، ضغط مكمن أكثر ثباتًا)
   Judea: أقل، لكنه يساهم جزئيًا في الإنتاج

2) ضغط المكمن ثابت تقريبًا 195 = بار وهذا مهم جدًا لأن:
   الآبار الأفقية تستفيد أكثر من الدفع المائي كما ان معدل إنتاجها يبقى ثابت أكثر ولا يحدث هبوط ضغط سريع.

3) بعض الآبار الأفقية توقفت بسبب ارتفاع الماء حيث ان عدة آبار خرجت من الخدمة والسبب العام المذكور:
   ارتفاع نسبة الماء المنتج وهذا طبيعي في المكامن ذات الدفع المائي وخاصة للآبار الأفقية إن كانت منخفضة قرب تماس الماء/النفط.

4) الآبار الأفقية تمتلك قيم PVT مماثلة للنفط الثقيل في الحقل.

5) الآبار الأفقية موجودة في الجزء الجيولوجي الأكثر تشققًا.

6) الآبار الأفقية حساسة لارتفاع الماء أكثر من الآبار العمودية.

❖ **النتائج والاستنتاجات العامة**

أظهرت الدراسة نجاحاً كبيراً في إنتاج سجلات مرنة متجانسة وعالية الجودة عبر مختلف الآبار، عمودية وأفقية، مما مكّن من:

- تحسين جودة العكس الزلزالي
- بناء نموذج مكمني أكثر واقعية
- فهم أفضل للعلاقات بين الليثولوجيا والخصائص البتروفيزيائية
- تحسين توصيف مكمني رماح شيرت وجوديا
- تعزيز التخطيط للتطوير عبر الآبار الأفقية

- تُظهر العينات أن المسامية منخفضة جدًا (2–3%)، ولكن النفوذية الكلية أعلى بكثير بسبب الشقوق
- في تشكيل جوديا، المسامية مشابهة تقريبًا ولكن النفوذية أقل قليلًا بسبب تراكم الطين الكلسي في بعض الطبقات.
- معامل التشبع المائي المنخفض (20%>) يدل على أن معظم المسام مملوءة بالنفط.

<u>تؤكد نتائج الدراسة أن الدمج بين البتروفيزياء والسيزمك هو نهج أساسي في تطوير الحقول الكربوناتية المعقدة مثل حقل وادي عبيد.</u>

<u>المقترحات</u>

❖ نظراً لانخفاض المسامية الأصلية وارتفاع النفوذية في الشقوق، فإن حفر الآبار الأفقية هو الحل الأمثل للاستفادة القصوى من الاتصال داخل الطبقة المنتجة.

المراجع

1. Wadi Obaid Geological Settings and Facies Analysis Project Report for Final Report: MAY, 2009
2. Wadi Obaid Seismic Petrophysics Project Report for Final Report : MAY, 2009
3. Wadi Obaid Basic Reservoir Engineering Analysis Project Report for Final Report : MAY, 2009