النفط والتعاون العربي

المجلد السابع والثلاثون العدد 137 ربيع 2011

عدد خاص بجائزة أوابك العلمية لعام 2010

الجائزة الثانية (مناصفة)

نتائج تطبيق تقنية المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد وتقنية الحفر الأفقي في عمليات الاستكشاف والإنتاج البترولي في سوريه

خالد أحمد خلف

الجائزة الثانية (مناصفة)

استخدام طريقة الحقن الكيميائي ASP لزيادة عامل الإزاحة النفطي في حقل ديرو (سوريه)

مصعب بدر الدين البريدي

التقارير: تقرير حول المنتدى الثاني لشركات النفط الوطنية والعالمية
الجمع بين الكفاءات المتميزة لمواجهة التحديات المشتركة

إعداد: عبد الفتاح دندي

مراجعات الكتب: النفوط الخام الثقيلة، نظرة شاملة من التركيب الجيولوجي إلى تقنيات المعالجة

مراجعة: عماد مكي

البيبليوغرافيا: العربية - الإنكليزية

ملخصات إنكليزية

مجلة فصلية محكمة تصدر عن الأمانة العامة
لمنظمة الاقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك)

النفط والتعاون العربي

مجلة فصلية محكمة تصدر عن الأمانة العامة لمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول

الاشتراك السنوي : 4 أعداد (ويشمل أجور البريد)

البلدان العربية

للأفراد : 8 د.ك أو 25 دولاراً أمريكياً

للمؤسسات : 12 د.ك أو 45 دولاراً أمريكياً

البلدان الأخرى

للأفراد : 30 دولاراً أمريكياً

للمؤسسات : 50 دولاراً أمريكياً

* نموذج الاشتراك في هذا العدد

الاشتراكات باسم : منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول

جميع حقوق الطبع محفوظة ولا يجوز إعادة النشر أو الاقتباس من دون إذن مسبق من الأمانة العامة لمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول.

النفط والتعاون العربي

المجلد السابع والثلاثون | العدد 137 | ربيع 2011

رئيس التحرير

عباس علي نقي

مدير التحرير

عيسى صيودة

هيئة التحرير

حسن محمد قبازرد
سعد عكاشة
أسامة الجمالي
أحمد الكواز
مأمون عبسي حلبي
جميل طاهر
عاطف الجميلي
سمير القرعيش

جميع المراسلات توجه باسم رئيس التحرير - صندوق بريد 20501 الصفاة- دولة الكويت 13066

إرشادات حول شروط النشر في المجلة

تعريف بالمجلة وأهدافها

إن الهدف الرئيسي لمجلة النفط والتعاون العربي هو المساهمة في نشر الوعي، وتنمية الفكر العربي المشترك، حول العلاقة بين قطاع النفط والتنمية الاقتصادية والاجتماعية في الوطن العربي. ونظراً لوجود عدد من المجلات والنشرات العربية المتخصصة في شؤون وأخبار النفط، فقد رأينا أن يختلف طابع هذه المجلة عن تلك المجلات والنشرات من حيث الهدف والمضمون، وذلك تفادياً للازدواجية والتكرار. وذلك حرصاً على المساهمة في تنمية أسلوب الدراسة والتحليل، لقضية العلاقة بين النفط كأحد الموارد الأساسية الطبيعية، والتنمية في بلادنا، كأقطار منفردة وكأمة عربية واحدة تتطلع إلى خلق وبناء اقتصاد عربي متكامل في قطاعات السلع والخدمات، يتمتع بحرية التنقل في عناصر الإنتاج بين أقطاره المختلفة، وفقاً لمصالح المجتمع والفرد في آن واحد.

وتأكيدا لفلسفة المجلة ضمن هذا الإطار، ووعياً منها بضرورة تعميق وتنمية أسلوب الدراسة والتحليل، فإنها تقوم بنشر الأبحاث الجيدة والمبتكرة، التي تهدف إلى إحداث إضافات جديدة في حقل الفكر الاقتصادي العربي.

مواضيع البحث

ترحب مجلة النفط والتعاون العربي بكل البحوث المبنية على أسس سليمة وخلاقة ومبدعة، والتي تساعد على تطوير الاقتصاد العربي في إطار أهداف وفلسفة المجلة. ونتوجه بالدعوة لكل الأشخاص الذين يقومون بالبحث في المسائل البترولية والإنمائية والذين يشاركوننا اهتمامنا للمشاركة بالمقالات البحثية لمجلتنا ومراعاة النقاط التالية عند الكتابة.

1 – ألا يكون البحث قد نشر من قبل باللغة العربية.

2 – يجب أن يشتمل البحث على حوالي 20 إلى 40 صفحة (وأكثر إذا تطلب الأمر) مع طبعها على الكمبيوتر. ويتوقع من الكتاب العرب الكتابة باللغة العربية.

4 – ينبغي تقديم ملخص وصفي باللغة الانكليزية، يوجز الغرض ومجال وأساليب البحث، واهم الأفكار الواردة فيه والاستنتاجات، على أن يكون في حدود 2 إلى 3 صفحات، وينطوي على المعلومات المحددة لصفحة العنوان، ويجب أن يكتب الملخص بصيغة الغائب، وأن يكون واضحا ومفهوما من دون الرجوع إلى البحث الرئيسي، كما يطلب إعداد تعريف للبحث باللغة العربية لا يتجاوز أربعين كلمة.

5 – صفحة العنوان: ينبغي أن يكون العنوان دقيقاً ومفيداً ومختصراً بقدر المستطاع، كما يجب تزويد المجلة باسم المؤلف مع سيرة ذاتية مختصرة، وعناوين أربعة من أبحاثه المنشورة.

إذا سبق وتم تقديم البحث في مؤتمر، أو نشر بلغة أخرى، ينبغي كتابة مذكرة توضح ذلك، وتبين اسم المؤتمر ومكان وتاريخ انعقاده، واسم المجلة التي نشر فيها وتاريخ النشر، ورقم العدد

والمجلد: وعنوان البحث باللغة الإنكليزية أو غيرها من اللغات الأجنبية.

6 - يتعين على المؤلف أن يقدم قائمة بالمراجع التي استخدمها في إنجاز بحثه.

التقارير

ينبغي أن تكون التقارير مطبوعة على الكمبيوتر وتتناول وقائع مؤتمرات أو ندوات حضرها الكاتب، شريطة أن تكون مواضيعها ذات صلة بالبترول أو الاقتصاد والتنمية، كما يشترط استئذان الجهة التي أوفدته للمؤتمر أو المؤسسات المشرفة عليه.

مراجعات الكتب

ترحب مجلة النفط والتعاون العربي بمراجعات الكتب الجديدة (لا يتعدى تاريخ صدورها سنة واحدة) ويشترط فيها أن تكون ذات نفس أكاديمي علمي، وتتناول بالدراسة والتحليل مختلف قضايا النفط والتنمية، وتساهم في تطوير الفكر الاقتصادي. وينبغي أن تكون المراجعة في حدود 15 إلى 25 صفحة تطبع على الكمبيوتر. ويفترض أن تشتمل المراجعات على عرض لمحتوى الكتاب، إضافة إلى نقد وتحليل يعالج موضوعه. كما ينبغي أن يذكر المراجع وعنوان الكتاب باللغة الأصلية التي كتب بها، واسم المؤلف والناشر، ومكان وتاريخ النشر.

النشر

تنطبق هذه الشروط على البحوث والمراجعات التي يتم نشرها في مجلة **النفط والتعاون العربي**.

1 - هيئة التحرير هي الجهة الوحيدة التي تقرر صلاحية البحث أو المراجعة للنشر قبل عرضه للتحكيم.

2 - يصبح البحث أو المراجعة ملكاً للمجلة بعد النشر.

3 - تمنح مكافأة رمزية لكل بحث أو مراجعة يتم نشرها.

ويعطي مؤلف البحث 5 أعداد من العدد الذي يظهر فيه.

ترسل المقالات والمراجعات باسم رئيس التحرير، مجلة **النفط والتعاون العربي**، أوابك،
ص. ب: 20501 الصفاة- الرمز البريدي: 13066 دولة الكويت
البريد الالكتروني E-mail: oapec@oapecorg.org
موقع الأوابك على الانترنت www.oapecorg.org

النفط والتعاون العربي

المجلد السابع والثلاثون | العدد 137 | ربيع 2011

المحتويات

عدد خاص بجائزة
أوابك العلمية لعام 2010

الجائزة الثانية (مناصفة)

نتائج تطبيق تقنية المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد والحفر الأفقي في عمليات الاستكشاف والإنتاج البترولي في سوريا

خالد أحمد خلف ـــــــ

مجلة عربية تهتم بدراسة دور النفط والغاز الطبيعي في التنمية والتعاون العربي

التقاريـــر

تقرير حول المنتدى الثاني لشركات النفط الوطنية والعالمية
الجمع بين الكفاءات المتميزة لمواجهة التحديات المشتركة

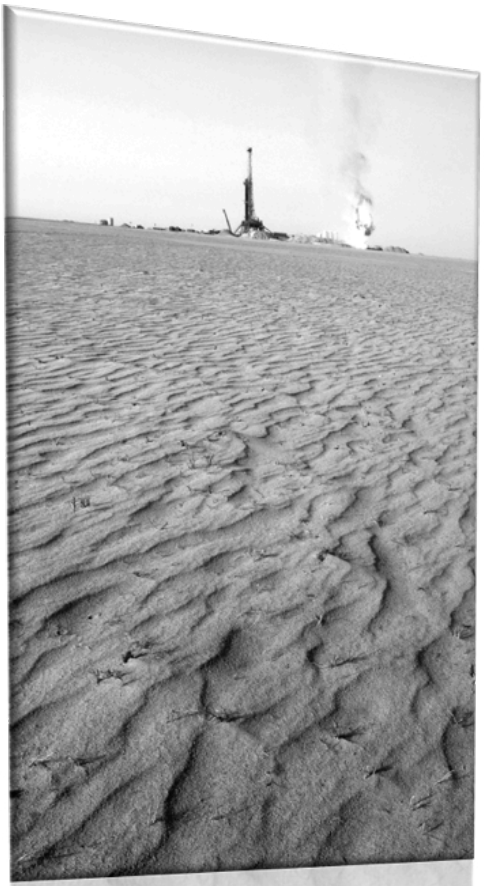
إعداد: عبد الفتا ح دندي ـــــــ

من إصدارات المنظمة

جائزة

أوابك العلمية لعام 2010

الدراسة الأولى الفائزة
بالجائزة الثانية (مناصفة)



نتائج تطبيق تقنية المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد والحفر الأفقي

في عمليات الاستكشاف والإنتاج البترولي في سوريا

إعداد
الدكتورالمهندس
خالد أحمد خلف

* فازت هذه الدراسة بالجائزة الثانية (مناصفة) علماً بأن لجنة تحكيم جائزة أوابك العلمية لعام 2010 كانت قد قررت حجب الجائزة الأولى.

37 | 2010

تقرير الأمين العام السنوي

السابع والثلاثون

من إصدارات المنظمة

نتائج تطبيق تقنية المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد والحفر الأفقي

في عمليات الاستكشاف والإنتاج البترولي في سوريا

إعداد
الدكتورالمهندس
خالد أحمد خلف

يعتبر المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد من أكثر التقنيات تأثيراً على عملية استكشاف وإنتاج النفط والغاز. وهذا البحث يبين بشكلٍ جلي وواضح التأثير الإيجابي لهذه التقنية على استكشاف وتطوير حقل كبيبة النفطي الواقع شمال شرق سوريا والذي تديره شركة كوكب (إحدى الشركات المشاركة في الإنتاج مع الشركة السورية للنفط).

ملخص Abstract

يتناول البحث في فصله الأول نظرة عامة لعدد من التقنيات ذات التأثير الفعال على صناعة استكشاف وإنتاج النفط والغاز مع إيراد بعض الأمثلة التطبيقية لهذه التقنيات وخاصة في سوريا. ويستعرض الفصل الثاني أهمية تقنية المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد وتاريخ نشوئها وتطبيقها وتطورها حتى الوقت الحاضر، وبشكل موجز يتم التعرف على أهم عناصر ومفاهيم حصاد المعطيات الزلزالية ومعالجتها وتفسيرها.

ويتضمن الفصل الثالث تعريفاً بجيولوجية منطقة الدراسة وبالمقطع الليثوسترتيغرافي العام، ويتناول بشيءٍ من التفصيل تشكيلة الشيلو في حقل كبيبة موضوع الدراسة، ثم يستعرض تاريخ وتطور المسح الزلزالي بنوعيه ثنائي البعد وثلاثي الأبعاد في سوريا، ويتناول بالتفصيل المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد لحقل كبيبة وخاصة حصاد المعطيات وتفسيرها، ويبين نتائج الحفر الأفقي في التركيب وخاصة المبني على نتائج تفسير المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد، إذ تم خلال عام 2009 حفر 19 بئر أفقي كانت نسبة نجاحها 100 %.

وفي الفصل الرابع تمت دراسة اقتصادية لمشروع مسح زلزالي ثلاثي الأبعاد جرى تنفيذه من قبل فرقة المسح التابعة للشركة السورية للنفط في منطقة الجبسة المجاورة لحقل كبيبة في الربع الأول من عام 2010، وخلصت الدراسة إلى أن تكلفة المسح لا تتجاوز تكلفة حفر بئر استكشافية واحدة قد تكون سلبية.

وفي الخاتمة عرض موجز لثلاثة أمثلة تعزز القناعة بمدى تأثير وأهمية المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد. ويخلص البحث إلى نتيجة مفادها وضوح وجلاء تأثير هذه التقنية وخاصة عندما تكون عوامل الحصاد مختارة بشكلٍ صحيح والمعالجة صحيحة وعند استخدام تقنيات إبداعية في تفسير المعطيات كتقنية التتبع الآلي للفوالق والشقوق التي استخدمت في تفسير معطيات المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد لحقل كبيبة.

مقدمـــة

كثيرة هي التقنيات التي تمتلك تأثيراً إيجابياً فعالاً على صناعة استكشاف وإنتاج النفط والغاز، إلاَّ أن أكثرها تأثيراً في السنوات الأخيرة هي تقنية المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد التي أخذ تطبيقها ينتشر بشكل مضطرد في العالم منذ ثمانينات القرن الماضي، وهي في تطور مستمر سواء من حيث العتاد والأجهزة المستخدمة أو من حيث طرق حصاد المعطيات ومعالجتها و تفسيرها. وقد تم تطبيق هذه التقنية في سوريا منذ وقت مبكر وانتشر تطبيقها بشكل متسارع نتيجة الفوائد العملية الملموسة التي تم الحصول عليها. وأيضاً، لتقنية الحفر الأفقي تأثيرها الكبير على عمليات إنتاج النفط والغاز، خاصة عندما تستخدم نتائج تفسير معطيات المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد في توقيع الآبار الأفقية وفي توجيه جذوعها المائلة والأفقية بحيث تقطع أكبر قدر من الفوالق والشقوق في الخزانات المشققة.

يتكون هذا البحث من أربعة فصول وخاتمة بالإضافة إلى قائمة بالمراجع المستخدمة، والفصل الأول يتناول بإيجاز عدداً من التقنيات المؤثرة بهذا القدر أو ذاك في صناعة استكشاف وإنتاج النفط والغاز، أمَّا الفصل الثاني فيلقي الضوء على تقنية المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد، مبيناً أهمية هذا المسح وتاريخه، وبعض العناصر والمفاهيم الأساسية لمراحله الثلاث: الحصاد والمعالجة والتفسير. ويتناول الفصل الثالث الوصف الجيولوجي العام لمنطقة الدراسة ولتشكيلة الشيلو في حقل كبيبة بشكل مفصل وكذلك المسح الزلزالي لحقل كبيبة والنتائج التي تم الحصول عليها نتيجة استخدام تقنية الحفر الأفقي المبنية على تفسير معطيات هذا المسح. أمَّا الفصل الرابع فيدرس اقتصادية المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد لمشروع مسح حقيقي أجري مؤخراً في المنطقة المجاورة لحقل كبيبة ويخلص إلى أن تكلفة المسح بمراحله الثلاث (الحصاد والمعالجة والتفسير) لا تتجاوز تكلفة حفر بئر استكشافية واحدة.

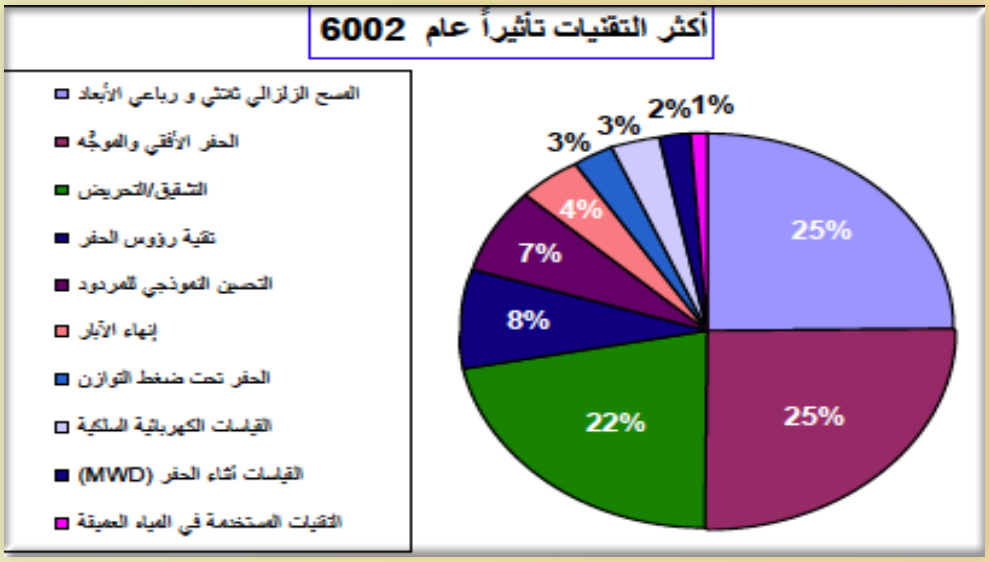
وتتناول الخاتمة بشكل موجز بعض الأمثلة الأخرى التي تدلل على أهمية وتأثير تقنيتي المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد والحفر الأفقي وما خلص إليه هذا البحث من تأكيد للتأثير الإيجابي الكبير لهاتين التقنيتين.

الفصل الأول

أثر التقنيات الحديثة في مجال استكشاف وإنتاج النفط والغاز: نظرة عامة

مقدمــة Introduction

في عام 2006 شاركت 325 شركة حول العالم في استبيان قامت به مؤسسة الأخوة ليمان الأمريكية (Lehman Brothers E&P Spending Survey)، حول التقنيات الأكثر تأثيراً على عمليات استكشاف وإنتاج النفط، وكانت نتائج هذا الاستبيان التقنيات التالية مرتبة حسب تأثيرها: المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد (3D) ورباعي الأبعاد (4D)، والحفر الأفقي والموجَّه، والتشقيق والتحريض، وتقنيات رؤوس الحفر، والتحسين النموذجي للمردود، وإنهاء الآبار، والحفر تحت ضغط التوازن، والقياسات الكهربائية السلكية (Wireline Logging)، والقياسات أثناء الحفر(MWD) ، وأخيراً التقنيات المستخدمة في المياه العميقة (الشكل- 1) (57)



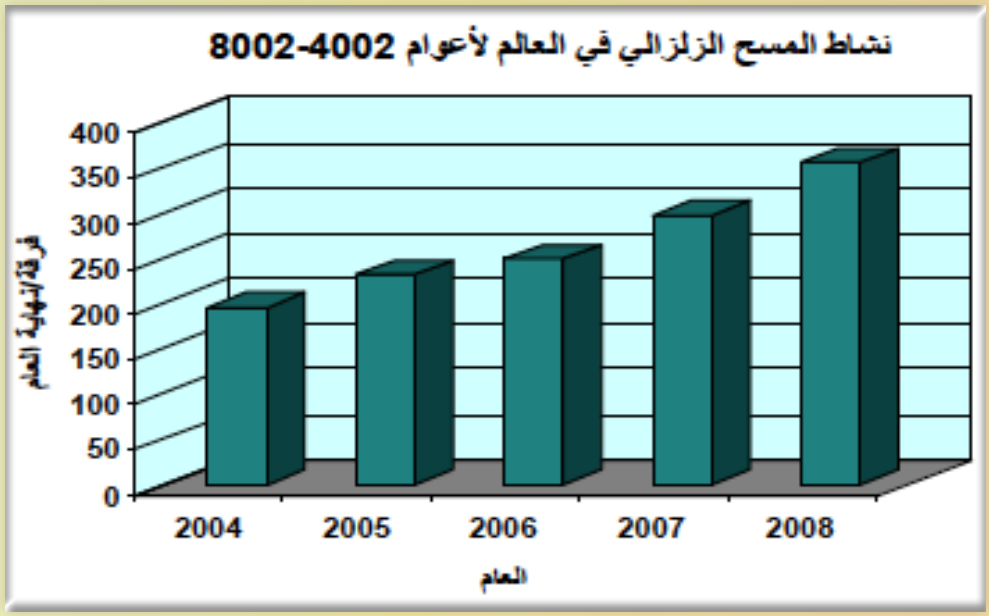
الشكل - 1 أكثر التقنيات تأثيراً على عمليات استكشاف وإنتاج النفط عام 2006 في العالم (58)

وسوف نتناول فيما يلي بعضاً من هذه التقنيات مع إيراد بعض نتائج تطبيقها التي تشير إلى تأثيرها الإيجابي على عمليات الاستكشاف والإنتاج.

1 - المسح الزلزالي Seismic Survey

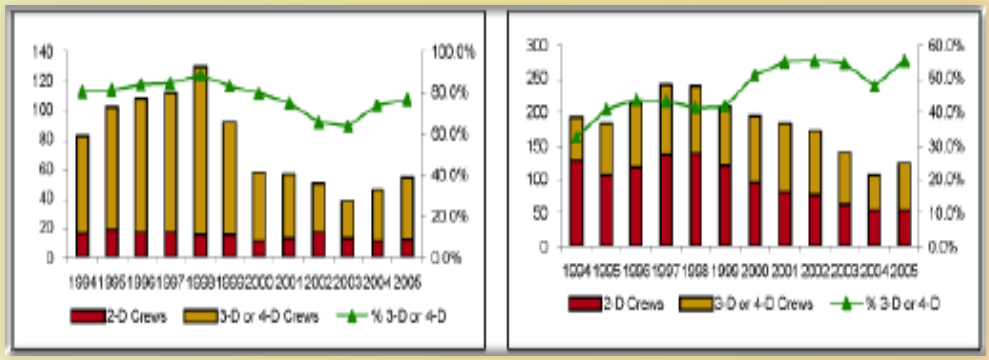
بيَّن استبيان أجرته مؤسسة الأخوة ليمان الأمريكية، وشمل 398 شركة بترول حول العالم، بيَّن أن مجال الاستكشاف والإنتاج شهد ارتفاعاً في نفقاته عام 2008 بحوالي 20 % مقارنة بعام 2007، ووصلت هذه النفقات إلى 418 مليار دولار أمريكي، وقد شجعت أسعار النفط

المرتفعة في ذلك العام على تنشيط عمليات الاستكشاف على المستوى العالمي في البحث عن احتياطيات جديدة، وتمثل هذا النشاط في عدة ملامح أبرزها ارتفاع نشاط المسح الزلزالي في مختلف مناطق العالم. فقد ازداد عدد الفرق العاملة بالمسح الزلزالي عالمياً بنسبة 19 % مقارنة بعام 2007، ووصل وسطي عدد الفرق العاملة عام 2008 إلى 356 فرقة/شهر (الشكل-2) (17).



الشكل- 2 نشاط المسح الزلزالي في مختلف مناطق العالم، 2004 - 2008 (فرقة/نهاية السنة) (17)

وحسب معطيات مؤسسة الأخوة ليمان شكلت فرق المسح الزلزالي ثلاثي أو رباعي الأبعاد في عام 2005 حوالي 80 % من مجموع الفرق الزلزالية في الولايات المتحدة الأمريكية و55 % على مستوى العالم كله (الشكل- 3) (58).



الشكل- 3 نشاط المسح الزلزالي 3D/4D في الولايات المتحدة الأمريكية وفي العالم في الفترة 1994 - 2005 حسب مؤسسة ليمان الأمريكية (58).

وقد بلغت حصة شركة SEISMIC EQUIPMENT SOLUTIONS (SES) 7 بليون دولار من سوق الخدمات النفطية العالمي. ويعود هذا النمو في سوق المسح الزلزالي إلى زيادة الطلب على المسوح الزلزالية، التي تعتبر مصدر المعلومات الأولي عمَّا تحت سطح الأرض (58).

إن عمليات استكشاف وإنتاج النفط والغاز، تعتمد اعتماداً كبيراً على استخدام تقنيات المسوح الزلزالية المختلفة (ثنائية الأبعاد 2D وثلاثية الأبعاد 3D ورباعية الأبعاد 4D والمسوح الزلزالية البئرية).

قامت معظم الدول العربية بتطبيق المسوح الزلزالية ثلاثية الأبعاد في مناطق الحقول القديمة أو المجاورة لها، وتوصلت إلى نتائج جيدة ساعدت على اكتشاف حقول جديدة، وتحديد امتدادات الحقول القديمة، مما أدى إلى توسيعها و زيادة الاحتياطي فيها. كما أن رسم الخرائط التركيبية الجديدة المعتمدة على معلومات المسوح الزلزالية ثلاثية الأبعاد ساعد في زيادة إنتاج الحقول من خلال حفر آبار تطويرية في القواطع المعزولة، مما أدى إلى زيادة في معامل الاستخلاص البترولي.

1.1 المسوح الزلزالية ثنائية البعد:

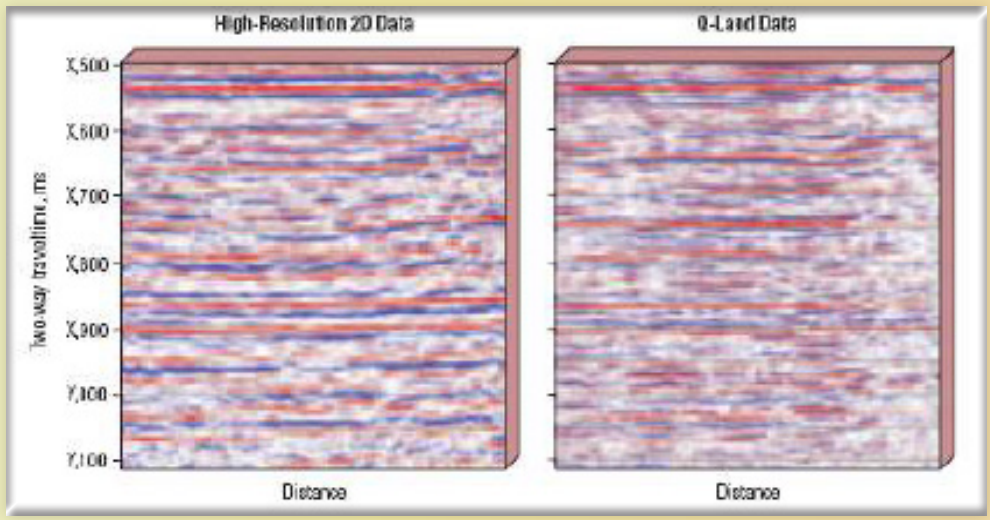
من الانجازات الهامة في معالجة المسوح الزلزالية ثنائية البعد، تحديد مواقع تعرف بالبقع المضيئة (Bright Spots)، فقد أشارت معطيات المسح المنفذ في عامي 1997 و 1999 في المغمورة في غرب أفريقيا إلى وجود تلك البقع على المقاطع الزلزالية في عدة مستويات من العمود الستراتيغرافي تأخذ نفس شكل امتداد العواكس وتغطي مساحات تزيد أحياناً عن 50 كم^2 وتبين أنها ناجمة عن تشبع الطبقات في تلك المناطق بالغاز الطبيعي.

وباستخدام تقنية المقلوب الزلزالي (Seismic Inversion) قامت شركة قامت شركة فوغرو جيسون (FUGRO JASON) في عام 2009 بمعالجة وتفسير المسوح الزلزالية ثنائية البعد لعدة حقول تابعة للشركة السورية للنفط، اقترحت في ضوئها مواقع حفر جديدة لعدة آبار، تم حفر بعضها بنجاح، وأعطت إنتاجاً أولياً جيداً من النفط.

2.1 المسوح الزلزالية ثلاثية الأبعاد:

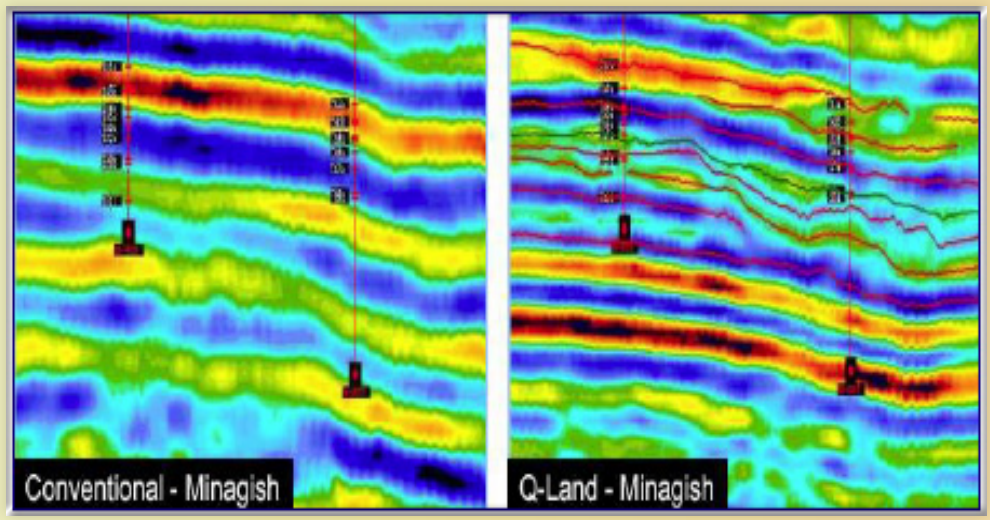
دخلت المسوح الزلزالية ثلاثية الأبعاد في الاستعمال التجاري في بداية الثمانينات من القرن الماضي. وبشكل سريع، أصبحت تستخدم على نطاق واسع سواء في المغمورة وعلى اليابسة. وبإمكان تقنية المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد المتطورة (Q- Land) الحالية تسجيل 20000 قناة فعالة في وقت واحد، بمعدل تسجيل واحد كل 2 ميلي ثانية، وعندما يتم تغيير معدل التسجيل إلى 4 ميلي ثانية تستطيع تسجيل 30000 قناة فعالة في وقت واحد، ممَّا يؤدي إلى تسجيل الإشارة الواردة من عدة مستويات من التشكيلات في وقت واحد ومن خلال عملية تسجيل واحدة، اعتماداً على نماذج معينة لتوزيع المستقبلات الصوتية عبر المساحة، ثم تجرى معالجة بيانات المسوح لإيضاح كل عاكس على حدة.

وفي أحد الحقول الجزائرية، المعروفة بأنها واحدة من أكثر الحقول تحدياً من الناحية الزلزالية في العالم، تم تطبيق تقنيةQ- Land بمساحة 44 كم^2، وباستخدام 20000 قنال في الكيلومتر مربع الواحد، وكانت نتيجة المسح ومعاملته الحصول على معطيات زلزالية ذات ميز رائع مقارنة بالمسح ثنائي البعد (الشكل- 4) (19).



الشكل- 4 مثال من الجزائر يبين الحصول على ميز ممتاز (الترددات أعلى من 80 هرتز) باستخدام تقنية المسح الزلزالي Q- Land (يمين الشكل)، حيث كان عرض حزمة التردد الضعف تقريباً مقارنة مع المسح الزلزالي ثنائي البعد عالي الميز (يسار الشكل) (19).

وبتطبيق تقنيةQ Land في حقل مناقيش في دولة الكويت، تم تفهم الوضع التركيبي لمكمن ضمن هذا الحقل، حيث ظهر فيه بوضوح حاجز من القار (Tarmat) قريباً من أحد آبار الحقن، وكان وجود هذا الحاجز سبباً في الحد من حركة السوائل، إلاَّ أنه لم يعرف قبل استخدام هذه التقنية. ويبين الشكل- 5 مدى تغير دقة النتائج التي تم الحصول عليها من المسح الزلزالي التقليدي والمسح باستخدام هذه التقنية (22).

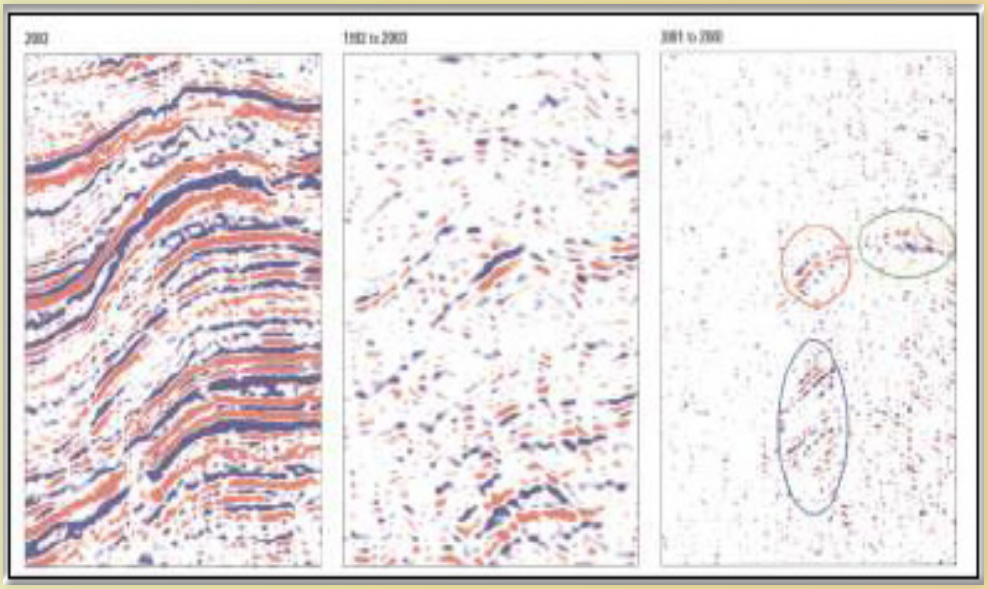


الشكل- 5 مقارنة بين نتائج المسح الزلزالي التقليدي والمسح الزلزالي بتقنية Q- Land (22)

1 - 3 المسوح الزلزالية رباعية الأبعاد:

تقضي تقنية المسح الزلزالي رباعي الأبعاد (4D) تنفيذ مسوح زلزالية ثلاثية الأبعاد على فترات زمنية متباعدة. وتعتبر هذه التقنية أداة فعَّالة للتزود بالمعلومات التي تمكن من إدارة المكامن البترولية من خلال مراقبة التغيرات التي تطرأ عليها، من حيث نسب التشبع بالنفط أو بالغاز أو بالماء، ومن حيث قيم الضغط و الحرارة وغيرها. وتساعد هذه التقنية في تقييم مشاريع الاستخلاص البترولي المدعَّم الأولية التي تتم على جزء من الحقل قبل تطبيق تلك المشاريع على الحقل بكامله.

طبقت تقنية المسح الزلزالي رباعية الأبعاد في حقل نورن (Norne) الواقع في القسم النرويجي من بحر الشمال. فقد تمت مقارنة المسوح الزلزالية ثلاثية الأبعاد التقليدية المنفذة في الأعوام 1992 و 2001 والمسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد المتطور(Q- Marin) المنفذ في عام 2003، وبينت المقارنة أن المقطع الزلزالي من المسح المتطور (Q- Marin) (يسار الشكل- 6) يبين عواكس قوية، والمقطع الناتج عن الفرق بين مقطعي المسح التقليدي لعام 1992 والمسح المتطور لعام 2003 (وسط الشكل- 6) يكشف عن وجود عواكس قوية متعددة، إلاَّ أنه لا يشير إلى وجود تغيرات واضحة في المكمن، أمَّا المقطع الناتج عن الفرق بين مقطعي المسح التقليدي لعام 2001 والمسح المتطور لعام 2003 (يمين الشكل- 6) فيشير بوضوح إلى أجزاء المكمن التي قد تغيرت. فالمنطقة ضمن الشكل الإهليلجي الأخضر يمكن أن تكون قد تعرضت إلى انخفاض في تشبعها الغازي بسبب الإنتاج، والمنطقة ضمن الدائرة الحمراء تشير إلى ازدياد ضغط المكمن بسبب حقن المياه، أمَّا المنطقة ضمن الشكل الإهليلجي الأزرق فتبين انخفاض السرعة نتيجة حقن المياه أعلاها (34).



الشكل- 6 تكرارية المسوح الزلزالية البحرية ثلاثية الأبعاد التقليدية والمتطورة (Q- Marin) (34)

1 - 4 المسوح الزلزالية في الآبار:

واكب التطور في تنفيذ المسوح الزلزالية تطوير أجهزة جس آبار زلزالية تحتوي على عدد كبير من المستقبلات الصوتية أمكن من خلالها الحصول على البيانات بدقة وتتبع تغير المواصفات الخزنية للمكامن بعيداً عن جدار البئر. وفي الربع الأخير من عام 2009 بدأت شركة بيكر هيوج (Baker Hughes) بنشر خدمتها الجديدة SeisXplorer Service، باستخدام جهاز صفيف رقمي زلزالي يحتوي على 100 مستوى من أجل حصاد بروفيلات زلزالية عمودية ثلاثية الأبعاد (3D VSPs)، وبروفيلات زلزالية عمودية متباعدة الخطوات (Walkaway VSPs). إن جهازاً يمتلك هذا العدد الكبير من المستويات يعني تغطية عمودية أكبر ويمكّن من الحصول على حجم أكبر من المعطيات دون الحاجة إلى تحريك الجهاز في البئر ثم إعادة تسجيل المعطيات (43).

وجهاز التصوير الزلزالي البئري Versatile Seismic Imager (VSI) لشركة شلمبرجير يقدم حتى 40 مستقبل صوتي ثلاثي المكونات، تدعى مغازل (Shuttles)، تبعد عن بعضها 46 متر، مشكلةً صفيفاً (Array)، طوله 1830 متر. وقد استخدم هذا الجهاز عدة مرات من أجل الحصول على VSP في خليج المكسيك (28).

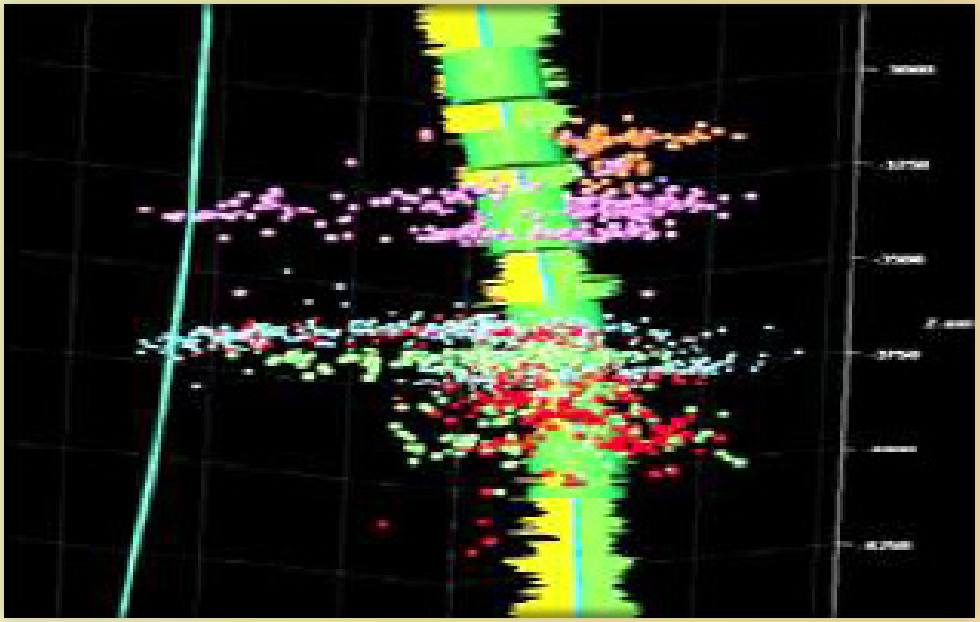
2 - التشقيق Fracturing

يعتبر التشقيق من التقنيات المعروفة وشائعة الاستخدام في الصناعة النفطية، وتهدف إلى زيادة نفاذية الطبقة عن طريق حقن سائل تحت ضغط مرتفع، يؤدي إلى توسيع الشقوق الموجودة وإحداث شقوق جديدة. وهذه التقنية تحافظ على إنتاجية الآبار أو تزيدها، وغالباً تعطي احتياطيات إضافية بتحسينها لمردود الطبقة من النفط أو الغاز. وسنوياً يحفر 70 ألف بئر تقريباً تمثل من 7 إلى 8 % من العدد الكلي للآبار المنتجة في العالم. لهذا فإن الحصول على إنتاج أعظمي من 830 ألف بئر أجريت فيها عمليات الإنهاء هو أمر أساس لتعزيز الإنتاج والإدارة المكمنية. إن أكثر من 30 % من عمليات التشقيق تجرى في الآبار القديمة، والكثير منها تجري في مجالات جديدة، وأخرى في مجالات منتجة أو في مجالات جديدة وأخرى منتجة (34).

وفي عام 2000 قامت شركة شلمبرجير بتنفيذ مشروع جديد للتشقيق يسمى التشقيق الهيدروليكي الموجَّه ضمن أحد الحقول البريطانية في بحر الشمال، الذي تديره شركة Amerada Hess. وقد تم استخدام القياسات الكهربائية البئرية لرسم شكل التوزيع المثالي المطلوب للشقوق اللازمة، ورافق العملية مواد مانعة لتشكل الرواسب الإسفلتية، مع مانع انغلاق للشقوق المتشكلة. ونتيجة للعملية ارتفع معدَّل الإنتاج الوسطي للآبار من 120 ب/ي إلى 2500 ب/ي، وذكر تقرير لشلمبرجير أن كافة تكاليف العملية استرجعت من فائض الإنتاج خلال 14 يوم فقط (56).

وفي عام 2005 صرفت الشركات النفطية حوالي 3.8 بليون دولار أمريكي على التشقيق الهيدروليكي في الولايات المتحدة الأمريكية وحدها. وهذا الإنفاق الضخم يتوقع أن يزداد في المستقبل القريب وينتشر في العالم (27).

وقد خطت بعض الشركات خطوات واسعة في تطبيق تقنية التشقيق الهيدروليكي، ولعل المراقبة الآنية لعملية التشقيق هي من أهم هذه الخطوات. وهذه المراقبة تعتمد على تسجيل الأمواج الزلزالية الميكروية، التي تتولد عن عملية التشقيق لحظة حدوثها، باستخدام جهاز المسح الزلزلي البئري متعدد المغازل Multishutle Versatile Seismic Imager (VSI)، وتعالج على الموقع لتوليد صورة حاسوبية ثلاثية الأبعاد لنظام الشقوق تمكّن من التحكم في عملية التشقيق وتعديلها حسب المطلوب (الشكل- 7). وقد تم استخدام هذه التقنية في تكساس في الولايات المتحدة الأمريكية في تشكيلة Cotton Valley Sand الغنية بالغاز، والواقعة على عمق يتراوح من 2450 إلى 2750 متر. وهذه المراقبة الآنية ساهمت في تعديل معايير التشقيق، وأدت العملية إلى رفع الإنتاجية بمعدل 35 % مقارنة مع الآبار الأخرى (55).



الشكل- 7 صورة آنية ثلاثية الأبعاد للشقوق لحظة تشكلها

3- الحفر Drilling

حدثت في السنوات الأخيرة تطورات تقنية هامة في الحفر، وتعددت أنواعه حتى أصبح كل منها نوعاً قائماً بحد ذاته له أهدافه وخصائصه الفريدة. ومن أهم هذه الأنواع: الحفر الأفقي والحفر النحيف والحفر بالأنابيب الملتفة والحفر بمواسير التغليف والحفر تحت ضغط التوازن.

3 - 1 الحفر الأفقي:

لم يعد أحد يشكك بجدوى وفاعلية الحفر الأفقي. ومع أن حفر البئر الأفقية أعلى كلفة وأصعب فنياً من حفر البئر العمودية، إلا أن نسبة حفر الآبار الأفقية إلى مجموع عدد الآبار المحفورة حول العالم في تزايد مستمر، ووصلت إلى 80 % في كل من عمان و قطر والإمارات،

وإلى 100 % لدى بعض شركات عقود الخدمة العاملة في سوريا. والسبب الأساس وراء هذا التزايد السريع في حفر الآبار الأفقية هو عائد الاستثمار (ROI) الأفضل. فبئراً أفقية واحدة محفورة في خزان نفطي غير مشقق تنتج وسطياً ثلاثة أضعاف ما تنتجه بئر عمودية مكافئة، وقد تنتج اثنا عشر ضعفاً أو أكثر إذا كان الخزان مشققاً تشقيقاً طبيعياً. وكذلك، سيقل معدَّل هجوم المياه الطبقية إلى النصف كون تأثير المخروط المائي سينخفض بشكل كبير. صحيح أن التكلفة الإجمالية للبئر الأفقية عالية، حوالي ضعف تكلفة البئر العمودية، إلاّ أنها تعوَّض كثيراً بسبب خفض كثافة الحفر. وعلاوة على ذلك، يتطلب الحفر البحري منصات حفر أقل بسبب التغطية الجانبية الواسعة للآبار الأفقية (32).

وأدى النجاح المضطرد في استخدام تقنية الحفر الأفقي إلى تطوير تقنية جديدة تسمى (الحفر متعدد الجذوع Multilateral drilling). فقد أدى تطبيق هذه التقنية الجديدة إلى زيادة العائد الاقتصادي للمكامن الصعبة، وتلك التي تحتوي على احتياطيات كبيرة من النفط الثقيل من خلال زيادة طاقتها الإنتاجية، وتخفيض تكاليف التطوير، وكذلك المكامن المتواجدة في المناطق المغمورة. وبذلك تمت إضافة ملايين البراميل إلى الاحتياطي القابل للإنتاج لحقول تلك المنطقة، وكذلك تطوير حقول كانت تعتبر غير اقتصادية باستخدام التقنيات التقليدية. وفيما يلي بعض الأمثلة على نجاح تقنية الحفر الأفقي:

- **سوريا**: تحقق نجاح كبير في السيطرة على زيادة نسبة المياه المصاحبة للنفط في حفر الآبار الأفقية في حقل السويدية، وهو أكبر الحقول السورية، وفي زيادة إنتاج حقول النفط الثقيل في شمال شرق البلاد، وكذلك زيادة إنتاج النفط من المكامن ذات النفاذية الضعيفة. فمنذ عام 2004 ولغاية عام 2008 قامت شركة كوكب بحفر 41 بئراً أفقية جديدة في حقل كبيبة النفطي في سوريا، منها 37 بئراً منتجة للنفط وأربع آبار مائية، أي أن نسبة نجاح الحفر كانت 90 %. ومن بين الآبار المنتجة للنفط 11 بئراً ذات إنتاج أولي أكثر من 100 م^3/يوم، و 22 بئراً ذات إنتاج أولي من النفط أكثر من 30 م^3/يوم. وفي عام 2009 تم حفر 19 بئراً أفقية كانت نسبة نجاحها 100 %، وبمتوسط إنتاج أولي من النفط 51 م^3/يوم للبئر الواحدة.

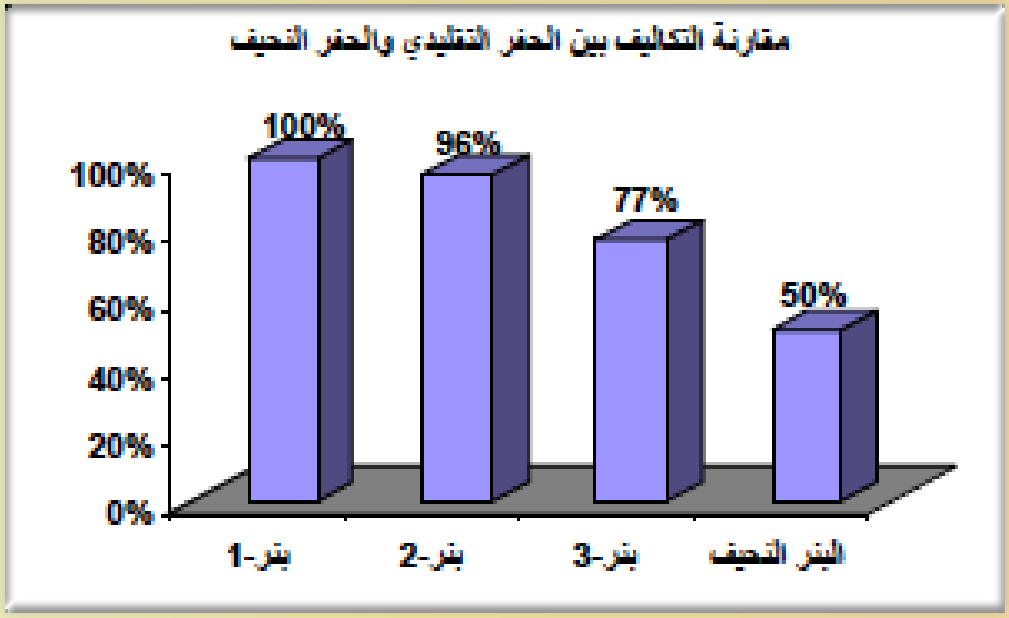
ومن الجدير ذكره، أن الاحتياطي الجيولوجي الأولي من النفط، المقدَّر بنهاية عام 2003 قد ازداد بنسبة 23 % وفق معطيات شركة كوكب المقدرة بنهاية عام 2008. وازداد الاحتياطي القابل للإنتاج أكثر من الضعف.

- **قطر**: في عام 2008 أعلنت شركة «ميرسك قطر للبترول»، التي تعمل في حقل الشاهين القطري، عن حفرها بنجاح للبئر الأفقي «بي دي- 40 أ» بطول 10.9 كيلو متر كأطول بئر أفقية في العالم، مستهدفة طبقة خازنة لا يتجاوز سمكها 6 أمتار، محطمةً الرقم القياسي للبئر الأفقي السابق، الذي تم تحقيقه من قبل الشركة ذاتها بأكثر من ثلاثة كيلو مترات. علماً أن تقنية الحفر الأفقي المستخدمة في هذا الحقل أسهمت بشكل فاعل في تقليل عدد الآبار ومنصات الإنتاج، فكل ما يتعلق بالبنية التحتية المطلوبة في عمليات تطوير الحقل تتركز حالياً في ستة مواقع بفضل التقنيات الحديث، التي لولاها لتطلّب الأمر بناء مرافق بحرية دائمة في عشرين موقع على الأقل وبتكلفة عالية وتأثير سلبي على البيئة (5).

3 - 2 الحفر النحيف Slimhole Drilling:

البئر النحيف هو البئر الذي يحفر 90 % منه (أو أكثر) برأس حفر يقل عن 7 بوصات (53). ومن ميزات هذا النوع من الحفر أن حفارة البئر النحيف تشغل مساحة أقل ممَّا تشغله حفرة البئر العادية (الشكل- 8)، وأن تكلفة حفر البئر النحيف تقل إلى النصف تقريباً مقارنة بتكلفة البئر العادي (الشكل- 9) (16).

الشكل- 8 مقارنة المساحة التي تشغلها حفارة البئر التقليدي والبئر النحيف (16)



الشكل- 9 مقارنة التكاليف بين الحفر التقليدي والحفر النحيف (16)

وبشكل رئيس، ازداد الاهتمام باستخدام هذه التقنية بعد انتشار الحفر الأفقي والحفر المتشعب على نطاق واسع، وقد تحقق انجاز هام في سلطنة عمان، لأول مرة في العالم، في شهر أيار عام 2002 عندما حفرت بئر جانبية نحيفة بقطر 1/8 6 بوصة وبطول 4712 قدماً في حقل صفا، لاختبار تقنية جديدة للحفر النحيف الموجه من الأعلى تدعى Slimhole Rotary Stearable Drilling system، وتحقق في نفس التاريخ انجاز آخر في بحر الشمال، عندما استخدمت نفس التقنية في حفر بئر بعمق 2377 قدم في زمن قياسي قدره 43.5 ساعة، أي بمعدل 67 قدم في الساعة.

واستطاعت شركة الفرات للنفط في سوريا من تخفيض تكاليف الحفر خلال الفترة ما بين 1995 - 2000 بنسبة 31 % نتيجة استخدام تقنيات جديدة في الحفر كان أهمها الحفر النحيف.

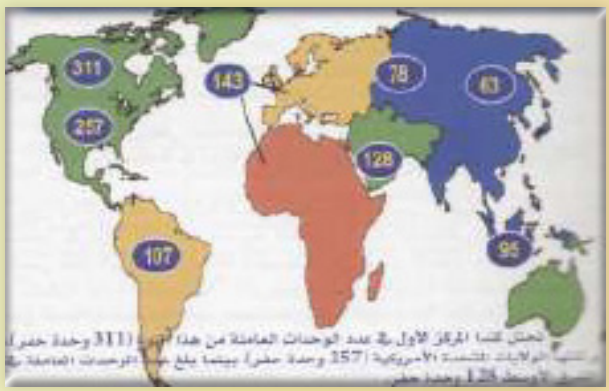
3 - 3 الحفر بالأنابيب الملتفة Coil Tubing Drilling :

بدأ استخدام هذه التقنية بشكلها المعروف الحالي في عام 1994 في مقاطعة ألبرتا في كندا، ومع التطورات الحديثة في صناعة التعدين باتت هذه التقنية اليوم رائدة في عمليات الحفر.

وقد استخدمت تقنية الحفر بالأنابيب الملتفة بنجاح في سلطنة عمان للوصول إلى مكامن مستنزفة يصعب الوصول إليها من الآبار المحفورة. ففي عام 1999 تم تنفيذ حفر جانبي في ثمانية آبار في حقل يبال، ووصل معدل الحفر حتى 80 متر في الساعة في آبار جانبية تجاوز طولها 1000 متر.

كما نفذ خلال الفترة 1998 - 2000 مشروع تجريبي لحفر أربع آبار أفقية متشعبة في حقل ميلن بونيتMilne Point في ألاسكا باستخدام تقنية الحفر بالأنابيب الملتفة، وأكملت الآبار الأربع بنجاح ووصل معدل تقدم الحفر إلى 250 قدم بالساعة. وأثبت المشروع أنه يمكن الحفر بشكل جانبي بسرعة من خلال مواسير الإنتاج وبطول يصل إلى 2500 قدم، ويمكن الحصول على معدلات إضافية بتكاليف قليلة. وقد أثبت المشروع بأنه يمكن تطوير احتياطي إضافي من الحقل الذي يصل احتياطيه الجيولوجي إلى 15 مليار برميل من النفط اللزج والثقيل (API 16) وتحقيق معدلات إنتاجية إضافية، حيث وصل إنتاج كل بئر إلى 1000 ب/ي من النفط، وحقق المشروع زيادة في الإنتاج قدرها 8 %.

وحسب توزع وحدات الحفر باستخدام المواسير الملتفة في عام 2005 تحتل كندا المركز الأول في العالم (311 وحدة حفر)، تليها الولايات المتحدة الأمريكية (257 وحدة حفر) بينما بلغ عدد الوحدات العاملة في الشرق الأوسط 128 وحدة حفر (الشكل- 10) (3).



الشكل- 10 توزع وحدات الحفر في العالم عام 2005 باستخدام المواسير الملتفة (3).

3 - 4 الحفر بمواسير التغليف Casing Drilling:

الشكل- 11 يبين وحدة حفر باستخدام مواسير التغليف (38).

استخدمت هذه التقنية في حفر 17 بئراً تطويرية في حقل لوبو جنوب تكساس اعتباراً من منتصف عام 2001. وباستخدامها أمكن التغلب على معظم مشاكل استعصاء المواسير أثناء الحفر، وإنزال مواسير التغليف، وحوادث اندفاع الغاز وفقدان سائل الحفر، والزمن الطويل المطلوب للتحكم بحفرة البئر. وقد تم اختصار الزمن اللازم لحفر الآبار العشرة الأولى بنسبة تراوحت ما بين 8 و 33 %.

وتشير دراسة الآبار، التي حفرت باستخدام هذه التقنية حتى عام 2005، إلى أنها تستطيع تخفيض زمن الحفارة غير الإنتاجي قرابة 50 % في كل بئر، وإنقاص زمن الحفر من 10 % إلى 35 % لكل بئر. ووحدة الحفر باستخدام مواسير التغليف ململمة أكثر من وحدة الحفر العادية، ويحتاج نقلها إلى 12 حملاً بدلاً من 23 حمل التي تتطلبها الحفارة العادية (38).

3 - 5 الحفر تحت ضغط التوازن Under Balance Drilling:

تهدف هذه التقنية إلى حفر الآبار العمودية أو الأفقية بضغط لعمود سائل الحفر المستخدم في حفر البئر أقل من ضغط الطبقة، بهدف تجنب حدوث تهريب في سائل الحفر عند احتراق الطبقات الحاملة للنفط، وعدم تضرر نفاذيتها.

تم تطبيق هذه التقنية في **الإمارات العربية المتحدة** في حقل السجعة، المنتج للغاز من تشكيلة ثمامة الكربوناتية، التي تقع على عمق 3660 متر تقريباً. فبدأ من عام 2003 وحتى 2005 تم حفر 22 بئراً أفقية متعددة الجذوع باستخدام غاز النتروجين والماء لإيجاد شروط الحفر تحت ضغط التوازن. وكان هذا الحقل الأول في العالم الذي يتم فيه فتح نوافذ في مواسير التغليف باستخدام هذه التقنية. فخلال عام 2004 تم فتح نوافذ في 19 بئراً، تحقق نتيجتها توفير 60 % من الزمن اللازم مقارنة بأعمال فتح نوافذ مشابهة تمت في بعض الآبار.

وفي **الجماهيرية العربية الليبية** استخدمت تقنية الحفر تحت ضغط التوازن في حفر بئر صباح ج- 55، بهدف الوصول إلى مكمن ناضج استثمر عند ضغط أولي بلغ 2256 ليبرة/البوصة مربعة، وانخفض بعد فترة من الإنتاج إلى 1050 ليبرة/بوصة مربعة. وفي نهاية عام 2004 وضع هذا البئر في الإنتاج بمعدل أولي بلغ 600 ب/ي، ثم استقر عند 450 ب/ي، بينما بلغ معدل الإنتاج من بئر أفقي ينتج من نفس المكمن وهو البئر ج- 53 حوالي 200 ب/ي، والبئر العمودي ج- 46 حوالي 160 ب/ي (2).

وفي **سلطنة عمان** استخدمت هذه التقنية، في الفترة 2000- 2001، في حفر جذوع أفقية من آبار عمودية محفورة (صفا- 158 و صفا- 170)، وارتفع إنتاج البئر الأولى من 200 ب/ي

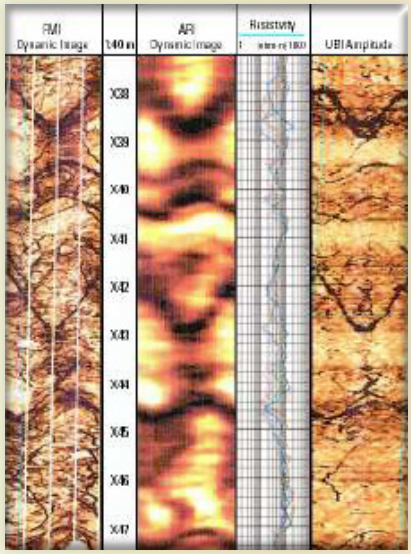
إلى 800 ب/ي نتيجة إضافة الجذع الأفقي الذي حفر تحت التوازن، أما البئر الثانية فقد أعيدت إلى صفوف الآبار المنتجة وبلغ معدل إنتاجها 1500 ب/ي بعد أن كانت مغلقة لكونها غير منتجة (3).

4 - القياسات الجيوفيزيائية البئرية Well Logging

يعتمد تقييم التشكيلات، إلى حد كبير، على القياسات الجيوفيزيائية البئرية [1] التي دخلت الصناعة النفطية منذ بدايات الربع الثاني من القرن الماضي عندما قام دول (Doll) بإجراء أول قياس كهربائي في عام 1927 (48).

ومع مرور الزمن استحدثت قياسات جديدة وتطورت وأصبحت واحدة من أهم طرق اكتشاف الطبقات الحاملة للنفط والغاز وتقييمها. ونتيجة لتطور صناعة استكشاف وإنتاج النفط والغاز، تفرعت القياسات إلى عدة فروع، وشكّل كلٌ منها مجالاً مستقلاً تقريباً للعمل الجيوفيزيائي البئري (القياسات في الآبار العمودية غير المغلفة، والقياسات في الآبار المغلفة، والقياسات في الآبار الأفقية، والقياسات أثناء الحفر) يتصف بخصوصيته في السابرات المستخدمة وباستجاباتها لموصفات الطبقة، وفي طريقة إجراء القياسات وتفسير نتائجها.

القياسات في الآبار العمودية غير المغلفة: في مطلع التسعينات من القرن الماضي حدثت قفزة نوعية كبيرة في مجال تطوير الأجهزة الجيوفيزيائية البئرية المستخدمة في الآبار العمودية غير المغلفة على وجه الخصوص. فقد بدئ باستخدام مجموعة من أجهزة التصوير الجيوفيزيائية المتطورة، نذكر منها: مصوِّر الصفيف التحريضي Array Induction Imager (AII) والمصوِّر الصوتي الجزِّي ثنائي القطب Dipole Shear Sonic Imager (DSI) والمصوِّر الزلزالي القابل للإدماج Combinable Seismic Imager (CSI) ومصوِّر المقاومة الكهربائية الدقيقة للطبقة Fullbore Formation MicroImager (FMI) ومصوِّر المقاومة الكهربائية السمتي Azimuthal Resistivity Imager (ARI) والمصوِّر البئري فوق الصوتي Ultrasonic Borehole Imager (UBI). وقد مكنت هذه السابرات من الحصول على تصور أوضح وأدق لحفرة البئر ولمواصفات الطبقات المخترقة كالمسامية والتشبع والكشف عن الشقوق وتحديد عواملها المختلفة وغيرها من المواصفات الهامة (الشكل- 12).



الشكل- 12 مقارنة بين القياسات التصويرية البئرية FMI و ARI و UBI تبين الميز الدقيق لقياس FMI حيث الشقوق والصفات الترسيبية واضحة جيداً، أمَّا ميز ARI فهو ضعيف، حيث تظهر الصفات الرئيسة فقط، وميز UBI وسط، حيث تظهر الصفات الرئيسة وعدم انتظامية حفرة البئر (65).

1 * للاختصار ستستخدم لاحقاً كلمة القياسات للدلالة على القياسات الجيوفيزيائية البئرية.

القياسات في الآبار المغلَّفة (الإنتاجية): في الثمانينات من القرن الماضي قامت شركة شلمبرجير بتعديل مخبار الطبقة المتكرر (RFT) ثم مخبار ديناميكية الطبقة المركَّب (MDT) لاستخدامهما في تثقيب مواسير التغليف وقياس الضغط الطبقي وأخذ عينات من محتوى الطبقة في الآبار الإنتاجية المغلفة. وحالياً، يستعمل مخبار ديناميكية الآبار المغلفة Cased Hole Dynamics Tester (CHDT)، المطوَّر من قبل شلمبرجير والمعهد التقني للغاز Gas Technology Institute (GTI) بشكل مشترك. وهو أول جهاز يقوم باختراق مواسير التغليف والإسمنت والصخر ويقيس ضغط الخزان ويأخذ عينات منه ويسد الثقوب التي قام بفتحها برحلة عمل بئرية واحدة (31).

وفي مطلع التسعينات بُدئ باستخدام جهاز التصوير بالأمواج فوق الصوتية Ultra Sonic Imager (USI)، الذي يستخدم الأمواج فوق الصوتية عالية التردد، ويقيس مدى تماسك الإسمنت ذاته، وترابطه مع مواسير التغليف، إضافة إلى تآكل مواسير التغليف وتشوهاتها.

وفي عام 1992 أدخلت خدمة سابرة تشبع الخزان RST service بسابرة النيترون النبضي Pulsed Neutron Tool التي تمر عبر مواسير الإنتاج، وتستطيع قياس كل من تشبع الخزان ونسبة الكربون إلى الأوكسجين (C/O). وتفسير نتائج القياس بوجود ظروف طبقية وبئرية مناسبة يعطي تقييماً كمياً للتشبع بالنفط. إن مولِّد النيترون عالي الطاقة وجهاز الكشف المزدوج عالي الكفاءة يعطيان معدلات حساب أشعة غاما أعلى، وبالتالي إحصاء أفضل من الأجيال السابقة لأجهزة النيترون النبضية. وهذا قاد إلى تطوير تطبيقات أخرى كثيرة، وتقييم ومراقبة أدق للخزان في ظروف سبر صعبة مثل الملوحة المتغيرة للمياه الطبقية والليتالوجيا المعقَّدة (20).

وفي نهاية التسعينات من القرن الماضي قامت شركة شلمبرجير بتطوير سابرة الخدمات الإنتاجية Production Servieces Tool (PS PLATFORM)، التي تستخدم لإعطاء قياسات مفصلة عن معدلات جريان الماء والنفط والغاز على موقع البئر. وهذه السابرة قابلة للدمج مع السابرات الأخرى المستخدمة في سبر الآبار الإنتاجية.

ومن أهم القياسات الكهربائية في الآبار الإنتاجية هو قياس المقاومة الكهربائية للطبقة خلف مواسير التغليف Cased Hole Formation Resistivity (CHFR)، الذي دخل الخدمة عام 2000. ومن الاستخدامات الهامة لهذا القياس هو مراقبة الخزانات وتطور استنضابها مع تقدم الإنتاج فيها. ويعتبر هذا القياس أداة ممتازة لتحديد المناطق المشبعة بالهيدروكربونات التي تم تجاوزها بعد فترة من الإنتاج.

القياسات في الآبار الأفقية: القياسات الجيوفيزيائية التي تجرى في الآبار الأفقية بعد انتهاء حفرها هي ذاتها تقريباً التي تُجرى في الآبار العمودية غير المغلفة، إلا أنها تختلف في طريقة التنفيذ وفي طرق التفسير. وأثناء حفر الآبار الأفقية تجرى أنواع كثيرة من القياسات الكهربائية. فقد أصبحت القياسات الحديثة تعطي تقييماً سريعاً للطبقات المخترقة بحساب نسبة التشبع بالهيدروكربون والسمك الفعَّال، إذ أنها تمكِّن من الحصول على قراءات ممثلة لمواصفات محتويات الصخور قبل إتمام إزاحة السوائل من الصخور بفعل رشاحة سائل الحفر، خاصة في المكامن ذات النفاذية العالية، والتي يتعرض الجذع الأفقي فيها إلى تأثير الاجتياح بسائل الحفر لفترة طويلة. وبالإضافة إلى ذلك، تعطي القياسات أثناء الحفر قيم ميل البئر

وسمته، وبالتالي توجيه الحفر الأفقي والمائل بحيث يبقى مسار البئر ضمن الصخور الخازنة، خاصة في التراكيب ذات التعقيد التكتوني التي يختلف فيها الوضع التركيبي للطبقات الخازنة عن مشروع الحفر المعد مسبقاً (18)، وفي البند التالي يتم تناول بعضاً من القياسات التي تجرى أثناء الحفر.

القياسات أثناء الحفر: من أهم التطورات التي حدثت في مجال القياسات الجيوفيزيائية البئرية هو السبر أثناء حفر الآبار Logging While Drilling (LWD). ففي عام 1988 قدمت شركة شلمبرجير هذه التقنية على شكل خدمة مشتركة لقسمي القياسات السلكية Wireline والأنادريل Anadrill التابعين لها. وفي عام 1989 دخلت حيز التطبيق العملي وكانت تضم قياس الإشعاع الطبيعي للصخر، وقياس المقاومة الكهربائية التعويضي المضاعف Compensated Dual Resistivity (CDR)، وقياس النيترون والكثافة التعويضي Compensated Density Neutron (CDN)، وقد خضعت أجهزة هذه القياسات لتحسينات هندسية عدة طالت عناصر القياس الأساسية فيها (المرسلات والمستقبلات). وكذلك الأجزاء والقطع الالكترونية المختلفة التي تدخل في تركيبها، مما أدى إلى زيادة متانتها ورفع قدرتها على تحمل ظروف الحفر (29).

وفي عام 2001 قدمت شركة شلمبرجير خدمة Provision LWD، التي تستطيع تقديم قياسات الرنين المغناطيسي النووي (NMR) أثناء الحفر، والتي تتصف بميزٍ عالٍ ودقيق (23).

ويبقى تفسير معطيات القياسات من أهم حلقات تطور العمل الجيوفيزيائي البئري، وبالتالي تقدم عملية البحث عن مكامن النفط والغاز واستكشافها. وعلى الرغم من التطور الكبير في القياسات الكهربائية البئرية بمختلف أنواعها، وما حققته عملية التفسير من تقدم كبير بفضل استخدام الحاسوب والبرامج الخاصة بذلك، لا بد في بعض الحالات من مصادر أخرى مساعدة من أجل التفسير الصحيح للقياسات، كالاختبارات، وتحليل العينات الأسطوانية، أو استخدام القياسات النوعية غير التقليدية، وفيما يلي مثالان يدلان على ذلك:

- بعد حفر البئر الاستكشافية الأولى في تركيب شمال الحسين الواقع في هضبة حلب شمال سوريا، اعتبرت النطاقات الرملية في تشكيلة أمانوس رمل (العائدة لحقب الباليوزوي، دور البرمي) حاملة للمياه الطبقية اعتماداً على تفسير القياسات الكهربائية التي أجريت في البئر، وخاصةً قياسات المقاومة الكهربائية، التي كانت قيمها منخفضة أمام تلك النطاقات، إلا أنه بعد اختبارها، أعطت كميات جيدة من الغاز وبدون مياه مرافقة. وقد تبين فيما بعد أن الحجر الرملي لتلك النطاقات من النوع المحب للمياه، وهذه النطاقات من صنف الخزانات ذات المقاومة الكهربائية المنخفضة جداً. ومن المعتقد أن قياسات الرنين المغناطيسي النووي ستكون فعالة في تحديد المياه اللاصقة ونسبة التشبع الغازي فيها.
- أجريت مقارنة لنتائج تفسير سجلات جس الآبار في حقل حابي في مصر مع نتائج تحليل العينات الأسطوانية، ووجد بأن النموذج المستخدم في حساب المسامية، من سجلات جس الآبار، لا ينسجم مع علاقة حساب التشبع بالماء المستخدم بسبب ارتفاع نسبة الغضار في صخور المكمن. وكانت التفسيرات الأولى تشير إلى احتواء مكمن الباليوسين على احتياطي يقدر بحوالي 989 مليار قدم مكعب من الغاز الطبيعي، وبعد إعادة التفسير ارتفع تقدير الاحتياطي إلى 2045 مليار قدم مكعب (18).

5 – الاستخلاص البترولي Oil Recovery

تسعى كافة الشركات النفطية في العالم إلى زيادة عامل الاستخلاص وإلى إنتاج المزيد من النفط من المكامن. وتتبع في ذلك استخدام وسائل الاستخلاص البترولي المحسَّن (IOR) Improved Oil Recovery، ووسائل الاستخلاص البترولي المعزَّز (المدعَّم) Enhanced (EOR) Oil Recovery. ومصطلح الاستخلاص البترولي المحسَّن (IOR) يعني شمولية تحسين الاستخلاص بأي وسيلة كانت مثل: استراتيجيات التشغيل كالحفر البيني والحفر الأفقي وتحسين معامل الكنس أفقياً وعمودياً، والتي تؤدي بمجموعها إلى زيادة استخلاص النفط، أما مصطلح الاستخلاص البترولي المدعم (EOR) فهو مصطلح أكثر تحديداً ويمكن اعتباره جزءاً من IOR، ويعني خفض في الإشباع بالنفط إلى ما دون الإشباع المتبقي (Sor)، وتعتبر طرق الامتزاج، والإفاضة بالكيماويات، والطرق الحرارية وسائل فعالة في خفض الإشباع المتبقي بالنفط. لذا يتم تصنيفها ضمن طرق استخلاص النفط المعزَّز(EOR) (13) .

والشكل- 13 يبين تصنيف طرق إنتاج النفط حسب التقنية المستخدمة، ومعامل الاستخلاص الوسطي (2).

الشكل- 13 تصنيف طرق إنتاج النفط حسب التقنية المستخدمة، ومعامل الاستخلاص الوسطي (2)

وسائل الاستخلاص البترولي المدعم (EOR): تهدف وسائل الاستخلاص البترولي المدعم إلى تغيير حركية السوائل الموجودة في المكمن وتقسم إلى نوعين، هما المعالجات الحرارية والمعالجات الباردة. وتهدف المعالجات الحرارية إلى تخفيض لزوجة النفط أكثر من لزوجة الماء، وبالتالي تحسن نسبة حركية النفط بالمقارنة مع الماء أو تسرع الدفع بالجاذبية، وبذلك تحدث زيادة في معدل الإنتاج، بالإضافة إلى زيادة هامة في الاستخلاص البترولي الأعظمي (Ultimate Recovery)، والمعالجات الحرارية هي: حقن الماء الساخن، وحقن بخار الماء (وهي

أفضل الطرق الحرارية)، والحرق في المكمن (In- Situ- Combustion). ومن أهم طرق المعالجات الباردة: الغمر بالبوليميرات، والغمر بمخفضات التوتر السطحي (Surfactant Flooding)، وحقن الغاز، والحقن المتناوب للماء والغاز.

تطبيقات الاستخلاص البترولي المحسَّن: تطبق تقنيات الاستخلاص البترولي المحسَّن على نطاق واسع في معظم الدول العربية المنتجة للنفط والغاز، وفيما يلي استعراض لبعض الأمثلة:

- **الحفر الأفقي:** انتشر الحفر الأفقي في البلدان العربية على نطاق واسع بسبب النجاح الذي حققه في العديد من الحقول المنتجة، والذي انعكس بوضوح من خلال زيادة معدلات إنتاج النفط وتراجع معدلات إنتاج المياه المرافقة للنفط، واختراق طبقات حاملة للنفط كان اختراقها في الآبار العمودية يعتبر غير اقتصادي. وقد تم فيما سبق استعراض بعض الأمثلة، التي تدلل على ذلك.

- **تدوير الغاز:** تهدف هذه التقنية إلى حقن الغاز الجاف بهدف إشباعه بالمركبات الخفيفة (المكثفات)، ثم فصل هذه المكثفات على السطح وإعادة حقن الغاز في المكمن مرة ثانية. وقد استخدمت هذه التقنية بنجاح في حقل الطابية الذي تديره شركة توتال الفرنسية في سوريا. فقد بلغ معدَّل حقن الغاز المدور فيه حوالي 6 مليون م^3 في عام 2005، ساهمت في الوصول بمعدل إنتاج المكثفات إلى 25 ألف ب/ي تقريباً (2).

- **حقن المياه:** تهدف هذه التقنية بشكل أساس إلى زيادة الاستخلاص الأعظمي للنفط من الحقول القديمة الموضوعة في الإنتاج، والتي غالباً ما تعاني من تراجع طبيعي في معدلات الإنتاج بسبب هبوط ضغوط مكامنها. وفيما يلي مثالان على حقن المياه:

سوريا: نجحت شركة الفرات للنفط (وهي شركة مشتركة مع الشركة السورية للنفط) تعمل على تشغيل وإدارة 40 حقلاً نفطياً في حوض الفرات شرق سوريا. نجحت في الحصول على معامل استخلاص بترولي من 50 % إلى 60 % من عدد من الحقول الموضوعة في الإنتاج. وبشكل أساس، جاء ذلك من خلال تنفيذ مشاريع لحقن المياه في تلك الحقول (2).

ليبيا: تم تطوير حقل انتصار- د المكتشف عام 1967 بتطبيق حقن المياه في قاع المكمن لدعم الضغط الطبقي بالإضافة إلى حقن الغاز في القسم العلوي من المكمن، وحتى نهاية عام 1995 وصل الإنتاج التراكمي من الحقل إلى ملياري برميل من النفط. ويتوقع أن يرتفع معامل الاستخلاص البترولي من الحقل نتيجة حقن المياه والغاز من 8 إلى 67.5 %، مع إمكانية استمرار حقن الغاز حتى عام 2011 وأن يتم استخلاص 100 مليون برميل أخرى من النفط.

تطبيقات الاستخلاص البترولي المدعَّم: كثيرة هي تطبيقات الاستخلاص البترولي المدعَّم، وسنعرض فيما يلي بعضاً من هذه التطبيقات على سبيل المثال لا الحصر.

- **حقن الغاز:** تهدف هذه التقنية إلى زيادة الاستخلاص الأعظمي للنفط من الحقول القديمة الموضوعة في الإنتاج، وإلى زيادة استخلاص سوائل الغاز الطبيعي من خلال مشاريع إنتاج الغاز الرطب وإعادة حقن الجاف منه في المكامن بعد استخلاص السوائل. وفيما يلي استعراض لبعض الأمثلة في بعض الدول العربية:

الإمارات العربية المتحدة: بدأ تنفيذ مشروع حقن الغاز في حقل أبو البخوش البحري في إمارة أبو ظبي عام 1997، والذي هدف إلى زيادة استخلاص النفط من المكمن الكربوناتي، وأشارت التقديرات الأولية للمشروع إلى إمكانية استخلاص حوالي 2 % من الاحتياطي الجيولوجي خلال عشر سنوات إذا ما تم حقن 70 مليون قدم مكعب في اليوم، ولوحظ بعد بدء حقن الغاز حدوث زيادة هامة في معدل إنتاج النفط من الحقل مع ارتفاع المعامل الغازي ونقصان نسبة المياه المصاحبة للنفط.

الجزائر: لوحظ في السنة الأولى من تنفيذ مشروع إعادة حقن الغاز، الذي بدأ عام 1996، في حقل غرد البغل، زيادة في إنتاج النفط من (23 ألف إلى 38.5 ألف برميل/يوم)، ويتوقع أن يصل معدل إنتاج الحقل إلى 100 ألف برميل/يوم، بالإضافة إلى تحقيق زيادة في الاستخلاص البترولي تصل إلى 500 مليون برميل من النفط خلال 25 سنة.

- **غاز ثاني أوكسيد الكربون** CO_2: يعتبر غاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2 عاملاً نشطاً في مجال الاستخلاص البترولي المدعَّم (EOR)، خاصةً عند حقنه كغاز قابل للامتزاج لإزاحة النفط المتبقي حبيساً في المكمن تحت تأثير الإفاضة بالماء. وقد قامت شركة رويل داتش شل مؤخراً بإجراء دراسة لاختيار تقنيات الاستخلاص البترولي المدعَّم لمنطقة الشرق الأوسط، شملت أكثر من 100 حقل نفطي تمثل حوالي 25 % من الاحتياطي النفطي الجيولوجي في المنطقة، وقد أشارت نتائج الدراسة إلى توفر إمكانيات كبيرة لتطبيق طرق EOR المعتمدة على حقن الغاز، خاصة الحقن المتبادل للماء والغاز القابل للامتزاج باستخدام الغازات الهيدروكربونية المحسنة أو على غاز CO_2 (4).

وحالياً يجري حقن حوالي 30 مليون طن من غاز CO_2 سنوياً حول العالم لاستخدامه في تقنية الاستخلاص البترولي المدعَّم. ويتوفر لدى الولايات المتحدة الأمريكية تاريخ طويل من النجاح في زيادة معامل الاستخلاص في بعض المناطق نتيجة حقن غاز CO_2. وتشير الخبرة المكتسبة من التجربة الأمريكية ومن مناطق أخرى في العالم (تركيا وترينيداد) إلى أن هذه التقنية يمكن أن ترفع معامل الاستخلاص من 7 إلى 15 % مقارنةً مع معامل الاستخلاص في حال استخدام تقنية الإفاضة بالماء لوحدها (14).

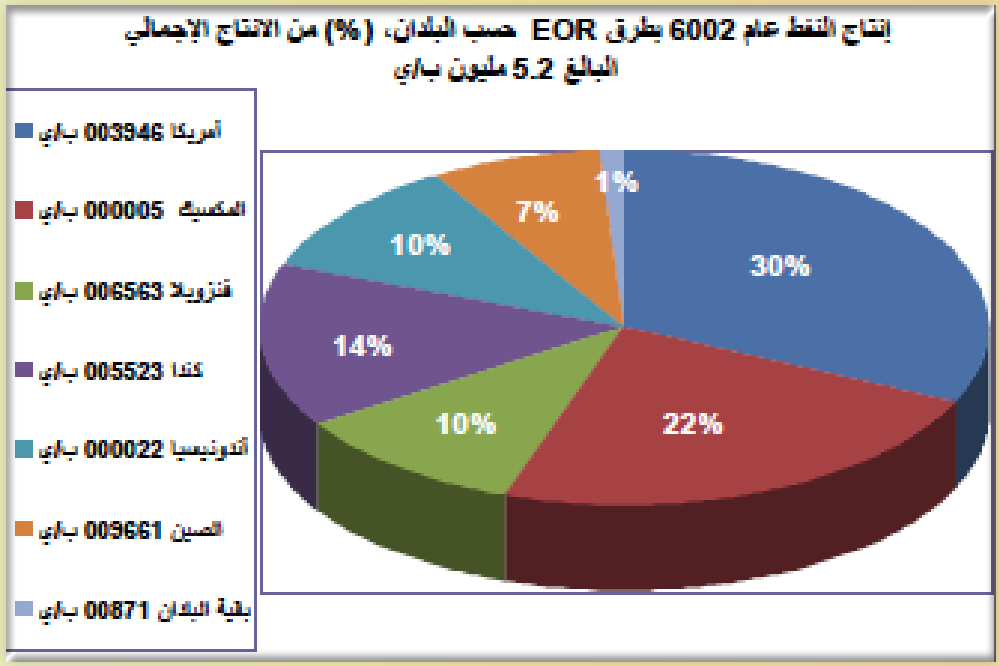
وفي تقرير لغوديير وآخرون (Goodyear et al) عام 2002 فإن الزيادة في معامل الاستخلاص نتيجة حقن غاز CO_2 تتراوح بين 4 و 12 % من إجمالي النفط في المكان (15).

التحفيز بالبخار: تقوم هذه التقنية على حقن حجم معين من البخار ضمن البئر المنتج، وإغلاق البئر لفترة معينة، ثم وضع البئر في الإنتاج مرة ثانية. وقد حققت شركة Tanganyika Oil Co. Ltd. الكندية نتائج جيدة في تطبيق هذه التقنية في سوريا. ففي الربع الثالث من عام 2006 بدأت بتطبيق تقنية التحفيز بالبخار في حقلي عودة وتشرين الواقعين شمال- شرق سوريا، وحتى منتصف عام 2008 ارتفع معدَّل إنتاج النفط 54.5 % في حقل عودة و 230 % في حقل تشرين (2).

وفي النهاية، لا بد من التنويه إلى أن الولايات المتحدة الأمريكية تحتل المرتبة الأولى في العالم باستخدام تقنيات الاستخلاص النفطي المدعَّم (EOR)، وتساهم الطرق الحرارية بالقسط الأكبر من إجمالي الإنتاج الناتج عن ذلك. ويشكل إجمالي الإنتاج باستخدام طرق

الاستخلاص النفطي المدعَّم فيها حوالي 12 % من إجمالي إنتاجها المحلي من النفط.

ويقدر الإنتاج العالمي من النفط عام 2006 بحوالي 84.5 مليون برميل/يوم، تساهم فيه طرق الاستخلاص النفطي المدعَّم بحوالي 2.5 مليون برميل/يوم، يأتي معظمها من الولايات المتحدة الأمريكية والمكسيك وفنزويلا وكندا وإندونيسيا والصين (الشكل- 14)، علماً أن الطرق الحرارية تسود في البلدان الخمسة الأولى، في حين تسود الطرق الكيماوية في الصين (13).



الشكل- 14 يبين انتاج النفط عالمياً عام 2006 بطرق EOR حسب البلدان، (%)
من الانتاج الاجمالي البالغ 2.5 مليون ب/ي (13)

الفصل الثاني

المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد

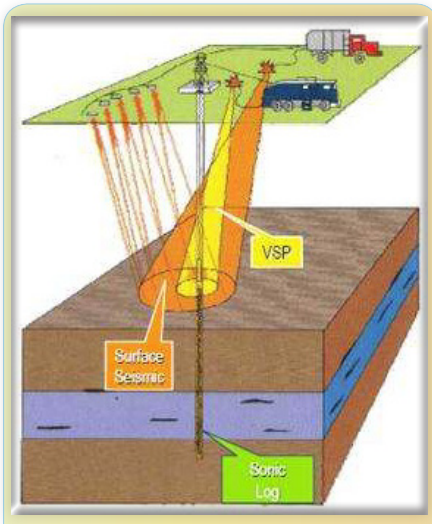
3D Seismic Survey

من بين كافة الانجازات التقنية التي تحققت في صناعة استكشاف وانتاج النفط والغاز، كانت ولاتزال تقنية المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد أكثرها تأثيراً. فمقارنة بالمسح الزلزالي ثنائي الأبعاد (2D)، أتاحت هذه التقنية الحصول على تصور أكثر دقة وصحة لجيولوجيا ما تحت سطح الأرض، وخاصةً للتراكيب الجيولوجية الصغيرة والمعقدة، والتي تشكل في الوقت الحاضر أحد الأهداف الأساسية لأعمال البحث والتنقيب عن النفط والغاز.

إن العالم الذي نعيشه هو عالم ثلاثي الأبعاد وفقط تقنية المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد (3D) توفر تصوراً كافياً ودقيقاً ومفصلاً للبنية تحت السطحية مما يجعل عملية تطوير الحقول النفطية والغازية اقتصادية بشكل كبير وفعَّال.

أهمية المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد

يتضمن استكشاف المكامن النفطية والغازية وتطويرها لاحقاً، تقييم أنواع مختلفة من المعلومات، التي يمكن اكتسابها بطرق مختلفة ومتنوعة. وتعتبر طرق المسح الزلزالي الانعكاسي من أهمها، كونها تستخدم لخلق صور (Images) لطبقات الأرض تحت السطحية ولتغيراتها الجيولوجية عمودياً وأفقياً. وهذه الصور يمكن أن تساعد في إكمال لوحة ما تحت سطح الأرض وتعزز قدرة المستكشف على الاختيار الناجح لمواقع الآبار الاستكشافية والتطويرية للحقول النفطية والغازية. والمسح الزلزالي، خاصة ثلاثي الأبعاد، يشكل بديلاً فعالاً عن الحفر الإضافي غير المضمون. إن مصادر المعلومات الجيولوجية والخزنية الحقلية المستقاة من الآبار كفتات الصخر الناتج عن عمليات الحفر أو التلبيب والعينات الصخرية اللبابية أو نماذجها وكذلك القياسات الكهربائية البئرية كلها تتصف بتقديمها معلومات تفصيلية لمناطق محددة محيطة بحفرة البئر (الشكل- 15).



الشكل- 15 مقارنة بين المناطق التي تسبرها القياسات الجيوفيزيائية البئرية (Sonic Log وVSP) ومناطق المسح الزلزالي السطحي. (22)

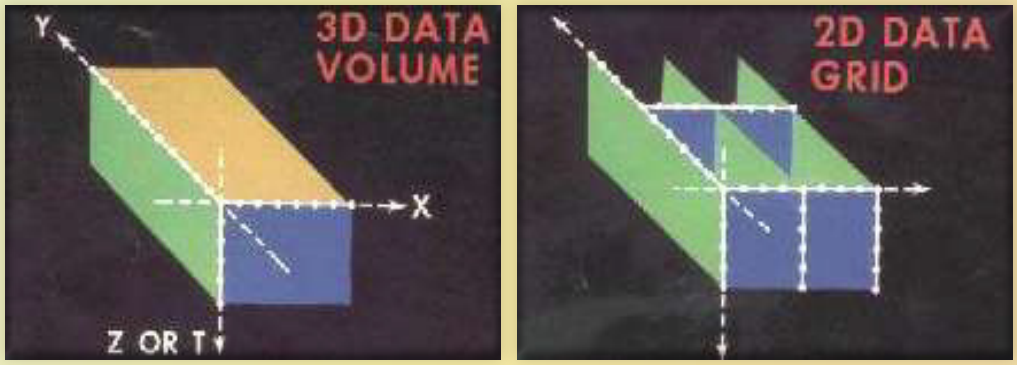
إن المسح الزلزالي أداة فعالة إذ أنه يقدم صوراً مفيدة وذات معنى للأماكن المرغوبة. وقد أصبح المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد أداة استكشاف وإنتاج شائعة الاستخدام. «تقنيات المسح الزلزالي والتصوير بالأقمار الصناعية، التي تسهّل اكتشاف مكامن جديدة واعدة من الغاز الطبيعي، ضاعفت تقريباً معدل النجاح للآبار الأولى في الحقول الجديدة في الولايات المتحدة الأمريكية خلال العشر سنوات الماضية» (63).

إن الهدف الأساس من المسح الزلزالي ومعالجة معطياته هو الحصول على تصور حقيقي للتركيب الجيولوجي تحت سطح الأرض. وباعتبار أن ذلك التركيب ثلاثي الأبعاد، فإن نتائج المسح ثنائي الأبعاد غير كافية لإعطاء التصور الصحيح لذلك التركيب. فنتائج المسح ثنائي الأبعاد تحتم على المفسِّر، في كثير من الأحيان، أن يعتمد على الحدس والخبرة لملء المناطق عديمة المعلومات ضمن منطقة المسح، وفي حال كان التركيب معقّداً جيولوجياً تبقى هناك درجة عالية من عدم الموثوقية حتى بعد استخدام شبكة مكثّفة من خطوط المسح الزلزالية (الشكل- 16).

الشكل- 16 يبين مقارنة بين 3D و 2D تظهر أن خريطتي المسح 2D تعرض البنية التركيبية الإجمالية. أمَّا خريطتي المسح 3D فهما أكثر تفصيلاً والفوالق فيهما أكثر عدداً وفي أماكن مختلفة (33).

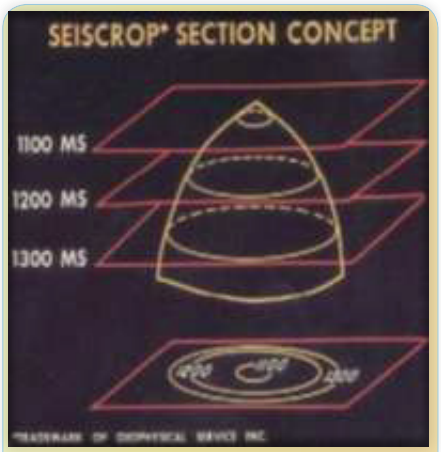
إن المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد وحده يمكنه أن يحل العديد من المشاكل الجيولوجية للتراكيب تحت السطحية المعقدة، فهو يزودنا بكثافة معلوماتية عالية على شكل مكعب، يمثل الشكل الحجمي للأرض، ويمكن عرضها وتفحصها بطرق مختلفة، بدلاً من الاعتماد على مقاطع عمودية ثنائية البعد محدودة.

يظهر الشكل- 17 حجم المعطيات الثلاثية الأبعاد بالمقارنة مع شبكة المعطيات الثنائية البعد، والذي يقدم حلاً حيزيّاً (فراغياً) للمشكلة ثلاثية الأبعاد ويزودنا بتصوّر مركّز ودقيق للتشكيلات الصخرية تحت السطح، الأمر الذي يحسّن عملية الاختيار الفعّال والصحيح لمواقع الآبار خلال عملية تطوير الحقول.



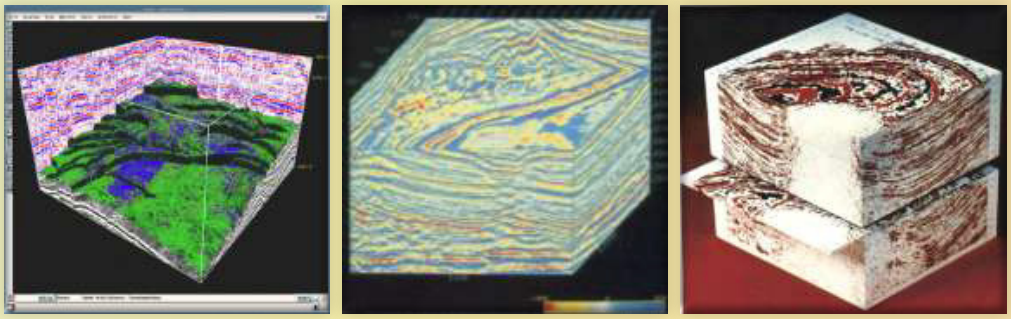
الشكل- 17 حجم المعلومات ثلاثية الأبعاد بالمقارنة مع ثنائية الأبعاد (6)

وبالإضافة إلى الوصف التركيبي، يقدم المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد منظوراً أفقياً لما تحت السطح، من خلال الحصول على شرائح أفقية لمشاهدة كامل منطقة المسح من خلال عمق أحادي وهذا يشبه عملية إزاحة الطبقات الجيولوجية العلوية حتى الوصول إلى العمق الهدف ورؤية ما تحت التشكيلات الصخرية. هذا العرض الأفقي يسمى بمقطع السايزكروب (Seiscrop Section) ويستطيع المفسّر رؤية الإغلاق التركيبي، والميل أو الانحدار الجيولوجي، والاتجاهات العمودية، ودرجة الميل ومراقبة مسارات الفوالق من خلال صورة وحيدة (الشكل- 18).



الشكل- 18 مفهوم العرض الأفقي (Seiscrop section)(6)

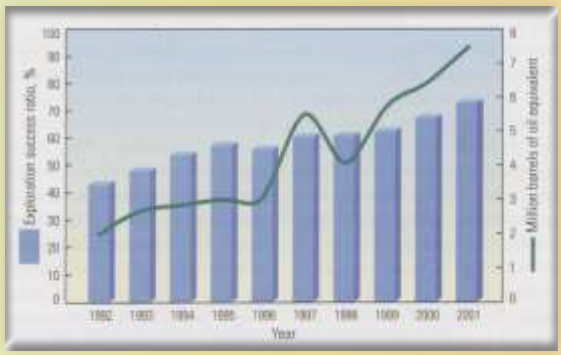
ويظهر الشكل- 19 حجم معلومات زلزالية ثلاثية الأبعاد لمسح في خليج المكسيك تظهر من خلاله قبة ملحيّة (Salt Dome) مع حواف التقعرات المرافقة (الشكل- 19- أ)، وعاكس أساسي على جانبي الأخدود، في المقدمة، حول الأسطح المختلفة لحجم المعلومات حيث يمكن الحصول على ربط محدّد عبر الفالق (الشكل- 19- ب) (6). وقنال متعرجة لتوضعات الميوسين (الشكل- 19- ج) (59).


آ ب ج

الشكل- 19 حجم معلومات إهتزازية ثلاثية الأبعاد لمسح في خليج المكسيك يظهر قبة ملحية (آ)، والثاني يبدو عليه عاكس أساسي على جانبي أخدود (ب)، والثالث يظهر قنال متعرجة (ج)

إن الحاجة إلى التحديد الدقيق للأشكال الجيولوجية ثلاثية الأبعاد هي التي دفعت إلى التحول من استخدام المسح ثنائي الأبعاد إلى المسح ثلاثي الأبعاد، والذي أصبح يستخدم كوسيلة استكشاف للهيدروكربون وأداة لتطوير الحقول المكتشفة، وتأتي أهميته من خلال تخفيض عامل المخاطرة وتكاليف استكشاف وتطوير المكامن النفطية. إن معظم أعمال الاستكشاف موجهة نحو البحث والتنقيب عن الحقول الأكثر تعقيداً حيث يتطلب هذا تحديداً أكثر دقّة للبنية تحت السطحية من أجل التعيين الصحيح للمكامن الهيدروكربونية وتحديد امتدادات الحقول المنتجة (6).

وكأداة استكشاف، أصبح المسح الزلزالي ناجحاً بامتياز. وخبراء الاستكشاف والانتاج يصنفون المسح الزلزالية ثلاثي الأبعاد (3D) كالتقنية ذات التأثير الأعظم على صناعة الاستكشاف والانتاج. والشكل- 20 يبين تزايد نجاح الحفر منذ أن أصبح تطبيق المسح الزلزالي 3D واسع الانتشار، والمعطيات تمثل عينة لسبعين شركة نفطية تعمل في مجال الاستكشاف والانتاج حول العالم. ونسبة النجاح هي العدد الكلي للآبار الاستكشافية المصنفة كآبار ناجحة تجارياً مقسوماً على العدد الكلي للآبار المحفورة (ارتفع معدَّل نجاح الاستكشاف من 40 % في عام 1992 إلى 70 % في عام 2001). والقياس الآخر لنجاح الاستكشاف هو زيادة عدد براميل الاحتياطيات النفطية لكل بئر (ازداد العدد الوسطي لبراميل النفط الاحتياط أربع مرات لكل بئر ناجحة) (40).



الشكل- 20 تزايد نجاح الحفر منذ إدخال المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد في مجال استكشاف وتطوير الحقول النفطية (40)

ونظراً لأهمية المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد وتنامي فوائده سواء في استكشاف الحقول النفطية والغازية أو في تطوير الحقول القائمة تطور انتشاره ولا يزال بسرعة متزايدة في كافة أنحاء العالم على اليابسة وفي المغمورة (الشكل- 21).

الشكل- 21 يبين توزع وكثافة المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد في العالم في الأعوام 2003 ولغاية 2007 (51).

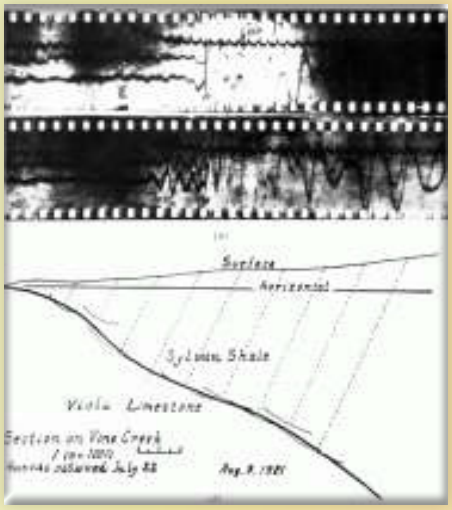
تاريخ المسح الزلزالي

خلال منتصف القرن التاسع عشر طوِّرت الأجهزة الزلزالية لتسجيل وقياس حركات الأرض خلال الزلازل لأول مرة. وقد أعطى جون س كارتشر (John C. Karcher) مولد المعادلة التي هي أساس علم الزلازل الانعكاسي. وقد استخدم المخترع الكندي رينالد فيسيندين (Reyinald Fessenden)، الفيزيائي الرئيس في شركة Submarine في بوسطن، الأمواج الصوتية لقياس أعماق المياه والجبال الجليدية. وفي عام 1913، استخدمت الأجهزة الزلزالية التي اخترعها لتسجيل كل من الأمواج المنكسرة والأمواج المنعكسة عبر التشكيلات الأرضية بالقرب من فرامنغهام (Framingham).

وخلال الحرب العالمية الأولى اخترع المسَّاح المنجمي الألماني لودجر مينتروب (Ludger Mintrop) مرسمة زلزالية (Seismograph) محمولة لصالح الجيش الألماني، لاستخدامها في تعيين مواقع مدفعية الحلفاء. وبتسجيل ارتجاجات الأرض من المواقع المقابلة للمدفعية القديمة للحلفاء، استطاع مينتروب حساب مواقع المدفعية بدقة. وقد استخدمه بنجاح في الكشف عن القبب الملحية، وفي عام 1920 أسس شركة سيسموس (Seismos)، التي استخدمت في القيام بالاستكشاف الزلزالي في تكساس ومكسيكو، ونتج عن ذلك أول اكتشاف تجاري لحقل نفطي أسفل القبة الملحية ناش Nash في إقليم برازوريا (Brazoria) في تكساس (Texas)، اعتماداً على المعطيات الزلزالية وحيدة التغطية عام 1924 (39).

وبتاريخ 4 حزيران 1921 أجرى كارتشر (J. C. Karcher) أولى الاختبارات الحقلية لطريقة المسح الزلزالي الانعكاسي للبحث عن النفط. ويبين الشكل- 22 أدناه نصباً تذكارياً شيِّد من قبل الجمعية الجيوفيزيائية لمدينة أوكلاهوما الأمريكية بمناسبة اليوبيل الذهبي (1921-1971) لمولد أولى الاختبارات الحقلية، التي أجريت بتاريخ 4 حزيران من عام 1921 من قبل كارتشر (J. C. Karcher)، بالقرب من مكان تشييد هذا النصب، والتي أثبتت صلاحية طريقة المسح الزلزالي الانعكاسي في البحث عن النفط (60).

الشكل- 22



الشكل- 23

أمَّا الشكل- 23 المجاور فيبين في قسمه العلوي تسجيلين زلزاليين انعكاسيين مبكرين سجلا عام 1921 في بيللي لسلي Belle Isle (مدينة أوكلاهوما Oklahoma City)، وفي قسمه السفلي تفسيراً للمسح أجري من قبل كارتشر نفسه (60).

وفي عام 1925 ساعد كارتشر في تأسيس مؤسسه البحث الجيوفيزيائيGeophysical (GRC) Research Corporation. وفي عام 1930 ترك هذه الشركة وقام بالمساعدة في تأسيس شركة الخدمات الجيوفيزيائية Geophysical Service Incorporated (GSI) والتي كانت من أكثر الشركات نجاحاً لمدة أكثر من 50 سنة (35).

وفي عام 1930 أسس الأخوة شلمبرجير والجمعية الجيوفيزيائية للبحث المنجمي شركة CGG الفرنسية المشهورة (45).

وفي عام 1933 قام أحد موظفي GSI بترك الشركة وأسس شركة ويسترن جيوفيزيكال (Western Geophysical) (35).

وفي عام 1934 أجريت أولى الاختبارات لطريقة المسح السايزمي الانعكاسي في تونس (45).

وفي الثلاثينيات كانت تلك التقنية الإبداعية المفتاح لاكتشافات العديد من المكامن البترولية وأصبحت إجراءً عملياً قياسياً (21).

وبعد الحرب العالمية الثانية حصلت GSI على رخصة بناء ترانزستورات التي أدت في النهاية إلى ميلاد شركة تكساس إنسترومينتس (Texas Instruments). إن الانتقال إلى الجهاز المزود بالترانزستورات خفف بشكل حاد حمل الفرق الحقلية. والتحسين الثاني الذي حدث في منتصف الخمسينات كان تسجيل الإشارات الزلزالية في مسارات ممغنطة بشكل متغير على طول شريط مغناطيسي. والتحسين الثالث في الخمسينات كان اختراع هاري ماين (Harry Mayne) تكديس معطيات نقطة العمق المشتركة (CDP)، وهذا الاختراع أثبت أن تقنية تعزيز الإشارة إلى التشويش أساسية في الاكتشاف الزلزالي. وكان التحسين الرابع تطوير شركة كونوكو للرج، جاعلة إياه ممكناً ليحل محل الرج المولَّد من قبل الإنسان أو الأمواج الزلزالية المولَّدة بالديناميت (39).

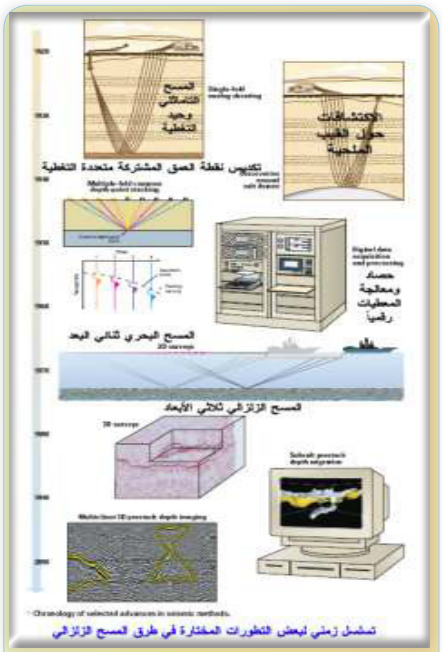
وفي الستينيات قُدِّم الحصاد والمعالجة الرقمية للبيانات بدلاً من الطرق الضوئية والتماثلية. وهذا خلق تحسينات أساسية في نوعية البيانات الزلزالية وقاد إلى اكتشافات جديدة عديدة في العالم (21).

ففي عام 1961 قدمت شركة GSI بالاشتراك مع شركة تكساس انسترومينت (Texas Instruments) وعدة شركات نفطية قدمت أول نظام رقمي حقلي وحاسب من أجل معالجة المعطيات الزلزالية، وبعد ثلاث سنوات قدمت IBM سلسلة حواسبها الرقمية- 360. إن تطور التقنية الزلزالية النفطية الحديثة وتطور تقنية المعلومات (IT) متعلقة ببعضهما بقوة، فقد نمت الملفات الحاسوبية بسرعة، وتطورت قواعد البيانات وأنظمة المعالجة والتجميع الرقمي، وتحسنت كمية المعلومات الحقيقية تحت السطحية المتاحه بشكل حاد.

وفي السنوات المبكرة من السبعينات طورت الصناعة عملية معالجة المعطيات، والتي تضمنت برامج معالجة وحيدة ومتعددة القنوات، والترشح العكسي (Deconvolution)، وترشيح السرعة، والتصحيحات الستاتيكية الآلية، وتحليل السرعة، والتهجير .... وغيرها (39).

وخلال السبعينيات أصبحت البيانات الرقمية والمسح ثنائي البعد (2D) شائعة. وهذه التقنيات معاً كشفت الحقول النفطية في بحر الشمال وفي مناطق أخرى (21).

لقد أجري المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد الاول من قبل إكسون (Exxon) لحقل فريندزوود (Friends wood) بالقرب من هيوستون Huoston في عام 1967. وفي عام 1972 أجرت شركة GSI تجربة بحثية كبيرة في حقل بيل ليك (Bell Lake Field) في جنوب شرق نيومكسيكو، لتقييم المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد. وقد استغرق اكتساب المعطيات شهراً واحداً تقريباً، وتطلبت معالجة نصف مليون من الآثار الزلزالية سنتين، وكان تفسير المعطيات وإنتاج خرائط زمنية مهجَّرة عملية طويلة أيضاً. وبرغم ذلك، كان المشروع حدثاً جلياً في تاريخ المسح الزلزالي، إذ أن الخرائط الناتجة أثبتت وجود الآبار التسعة المنتجة والآبار الثلاثة الجافة في الحقل، وكشفت عن وجود عدة مواقع جديدة للحفر في الحقل. إن تطور المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد كان واحداً من أهم مراحل التقدم التقني في الصناعة التي ترتبط فيها المنفعة بالإبداع والتقنية (39).



الشكل- 24 (21)

وفي عام 1975 وضعت في الاستخدام حزمة من التقنيات المتطورة لإجراء المسح الزلزالي البحري ثلاثي الأبعاد في خليج المكسيك وفي بحر الشمال، وقد أجري المسح في خليج المكسيك أولاً وأصبح أول مسح زلزالي بحري 3D تجاري في العالم. أما المسح الذي أجري في بحر الشمال فقد كان عرضة لكثير من التجارب والأفكار. وفي السنة التالية، بدأ المسح الزلزالي 3D التجاري بالانتشار جدياً على اليابسة والبحار حول العالم (50).

ومع انتشار وتطور المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد تعززت وتطورت التغطية الحيِّزية (Spatial Coverage)، وتشريح حجم المعطيات أفقياً عند أزمنة انعكاس محدَّدة، والتهجير ثلاثي الأبعاد، وتفسير المعطيات، وهذا أعطى المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد قيمة أكبر من أجل الاستكشاف والإنتاج النفطي.

واليوم، تطبق تقنية المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد لحل المشاكل وإنقاص الشكوك عبر مجال كامل للاستكشاف والتطوير وعمليات الإنتاج. وتستخدم المسوح لوصف ونمذجة المكامن ولتخطيط وانجاز استراتيجيات المردود النفطي المعزَّز ولمراقبة حركة السوائل في المكامن الهيدروكربوناتية. وقد أصبحت هذه الإمكانيات ممكنة بفضل التحسينات في حصاد المعطيات ومعالجتها وتفسيرها.

إن الانخفاض في زمن حصاد معطيات المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد قد انقص سعر المعطيات وزاد بشكل حاد مقدار المعطيات المتاحة. فالتجهيزات الأفضل والأكثر موثوقية وشرائط المستقبلات الأحسن والأكثر عدداً في كل رواق (سواث Swath) حسَّن وسرَّع معالجة معطيات الإبحار ومراقبة النوعية على متن سفن المسح، وقد أنقصت معالجة المعطيات الزمن اللازم لذلك بشكل حاد.

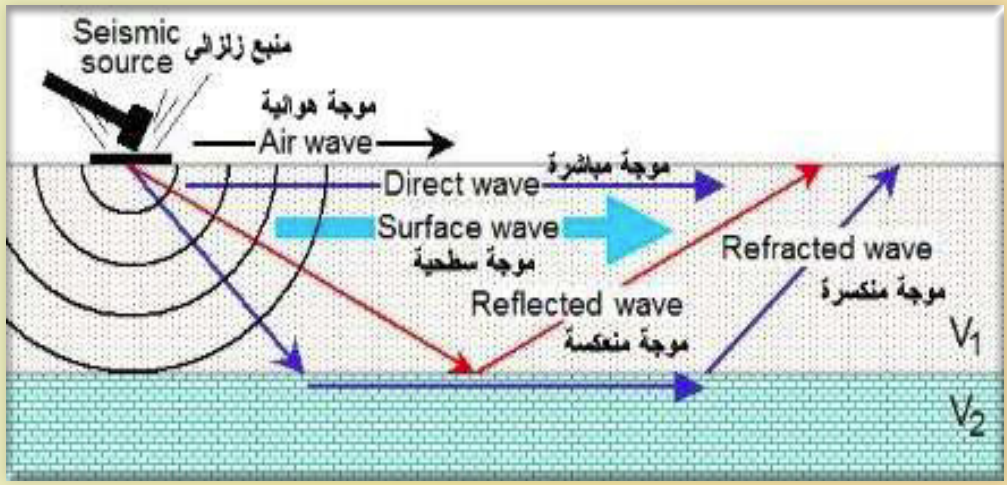
ومنذ التسعينات أصبح المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد عملاً روتينياً لدى الكثير من الشركات النفطية، وطُوِّر التهجير الزمني بعد التكديس ليصبح إجراءً عملياً قياسياً، وقدِّم التهجير العمقي قبل التكديس من أجل حالات خاصة. والشكل- 24 يوجز بعضاً من مراحل تطور الطرق الزلزالية (21).

هندسة المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد

يتكون المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد من ثلاث مراحل أساسية هي: حصاد المعطيات Data Acquisition، ومعالجة المعطيات Data Processing، وتفسير المعطيات Interpretation، وفيما يلي وصف موجز لهذه المراحل الثلاث.

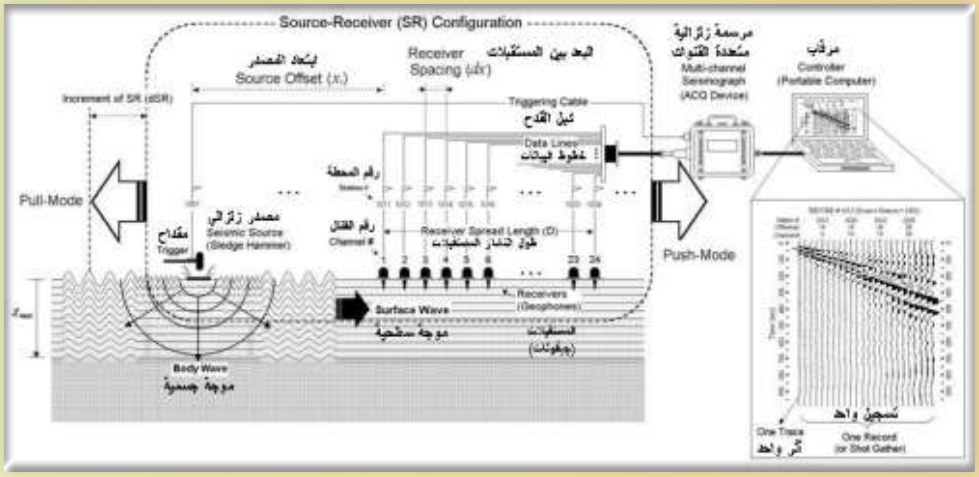
1 - حصاد المعطيات Data Acquisition

يساعد المسح الزلزالي في قياس المواصفات الأرضية باستخدام نظرية المرونة، واستنتاج مواصفات الصخور تحت السطحية بقياس استجابتها للاضطرابات المرنة التي تدعى الأمواج الزلزالية. وبناءً على آلية انتشار الأمواج الزلزالية النموذجية المستخدمة في المسح الزلزالي تجمع الأمواج الزلزالية بشكل أولي في الأمواج المباشرة والمنعكسة والمنكسرة والسطحية (الشكل- 25).



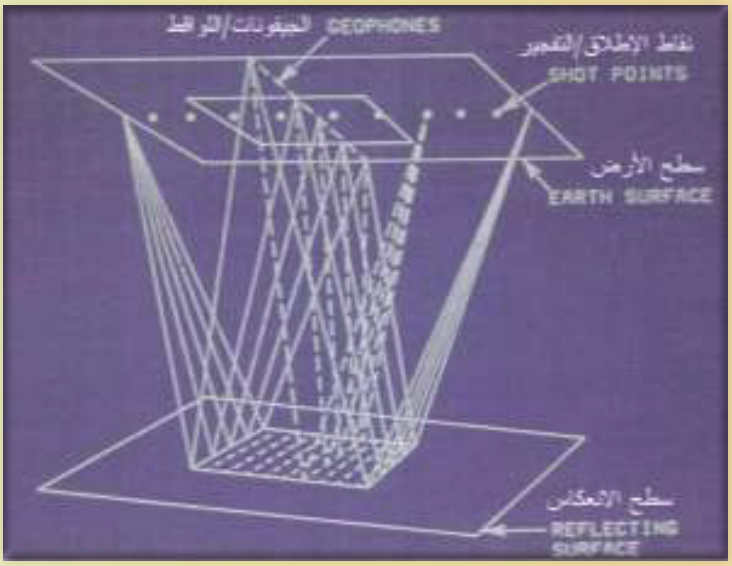
الشكل- 25 الأنواع الأساسية للأمواج الزلزالية بناءً على خصائص انتشارها (66)

ويجري المسح الزلزالي بإحداث موجة زلزالية على سطح الأرض على طول خط محدَّد مسبقاً باستخدام شحنة متفجرات موضوعة في آبار ضحلة، أو برجاجات. فتنتقل الموجة الزلزالية في الأرض وتنعكس بواسطة الطبقات تحت السطحية وتعود إلى السطح حيث تسجل بواسطة المستقبلات (اللواقط) تدعى الجيوفونات المنتشرة وفق هندسة انتشار محددة (تدعى صف المستقبلات)، وبتحليل الزمن الذي تستغرقه الأمواج الزلزالية لتنعكس عن الطبقات تحت السطحية وتعود إلى السطح، يستطيع الجيوفيزيائيون رسم خارطة الطبقات تحت السطحية والتنبؤ بالأماكن التي يمكن أن يتواجد فيها النفط أو الغاز للقيام بالأنشطة الاستكشافية اللاحقة. والشكل- 26 يلخص تخطيطياً لعملية المسح الزلزالي بشكل عام.



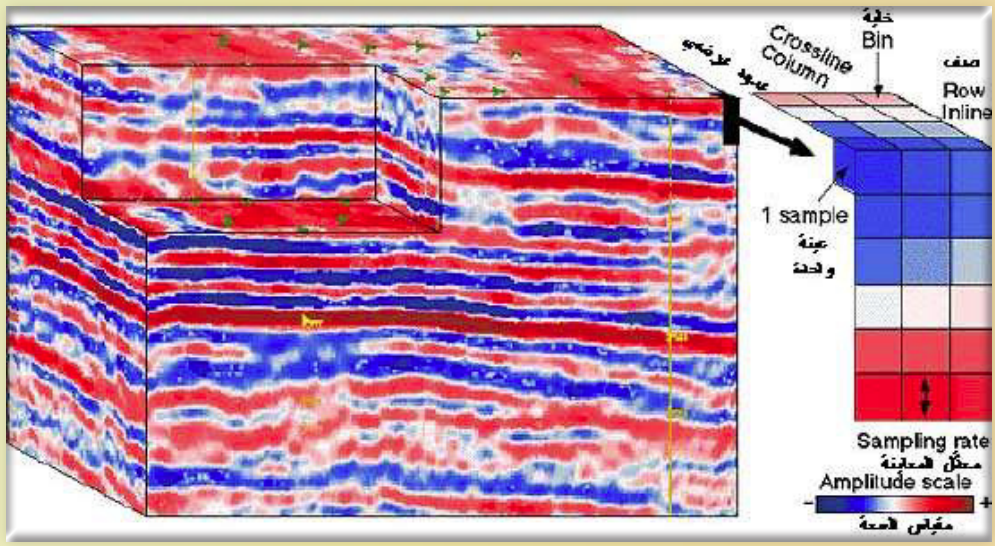
الشكل- 26 مخطط عام للمسح الزلزالي (66)

ويظهر الشكل- 27 المخطط الفراغي للمسح الزلزالي الثلاثي الأبعاد، ومنه يتبين اختلاف المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد عن المسح الزلزالي ثنائي البعد بكون المعطيات تجمع فوق سطح وليس على طول خط، والمعطيات تعالج



الشكل- 27 المخطط الفراغي للمسح ثلاثي الأبعاد (49)

في مكعب مقسم إلى خلايا مشكَّلة بواسطة خطوط طولية وخطوط عرضية (الشكل- 28).

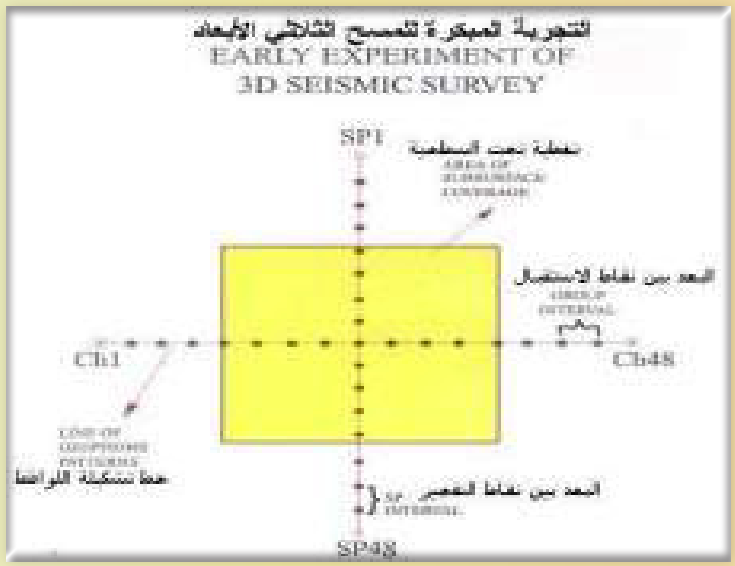


الشكل- 28 مكعب زلزالي ثلاثي الأبعاد يدعى الكرسي مع تكبير لجزء من المعطيات «مبيناً» عينات السعات المنظمة في خطوط طولية وعرضية (64)

وفيا يلي وصف مختصر للطرق الأساسية المستخدمة في حصاد المعطيات الزلزالية في المسح ثلاثي الأبعاد، ووصف لأهم العناصر والمفاهيم المستخدمة :

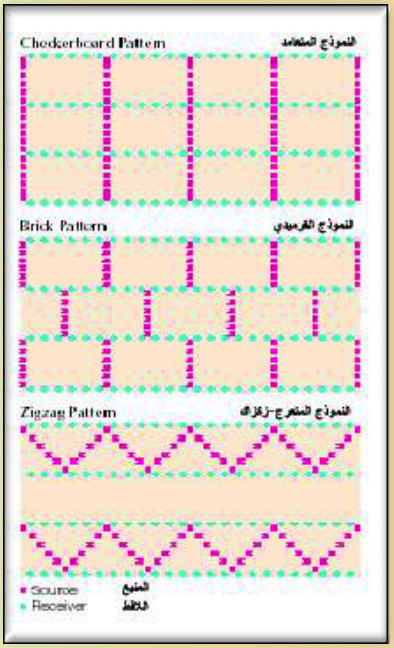
1 - الطرق الأساسية للمسح الزلزالي الثلاثي الأبعاد

يظهر الشكل- 29 الطريقة المبكرة للمسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد، وهي الطريقة الأساسية، والمشكّلة من خط تفجير عمودي على خط الإستقبال، وتبدو المساحة تحت السطحية التي يغطيها هذا المسح بوضوح (اللون الأصفر)، وتعتبر جميع الأنظمة الحقلية أشكالاً متغيّرة لهذه الطريقة.



الشكل- 29 الطريقة المبكرة الأساسية للمسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد (6)

ففي أواخر فترة الثمانيات وبداية التسعينيات جرى تطوير واستخدام تقنيات أخرى للمسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد، تختلف باختلاف الهدف الجيولوجي وطبيعة منطقة المسح. ومن بين تلك التقنيات الطريقة العمودية (Cross Geometry) التي يظهرها الشكل- 30 في الأعلى والطريقة الأجرية أو طريقة القرميد (Brik Geometry) في الوسط، والطريقة المتعرجة (Zigzag Geometry) في الأسفل (26). وهناك طرق أخرى بدئ في استخدامها في السنوات الأخيرة كالطريقة المتعرجة المضاعفة (Double Zigzag Geometry) والطريقة العمودية الأجرية المختلطة وغيرها. والطريقة الأكثر شيوعاً في تنفيذ المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد هي



الشكل- 30 تقنيات متطورة للمسح ثلاثي الأبعاء (26)

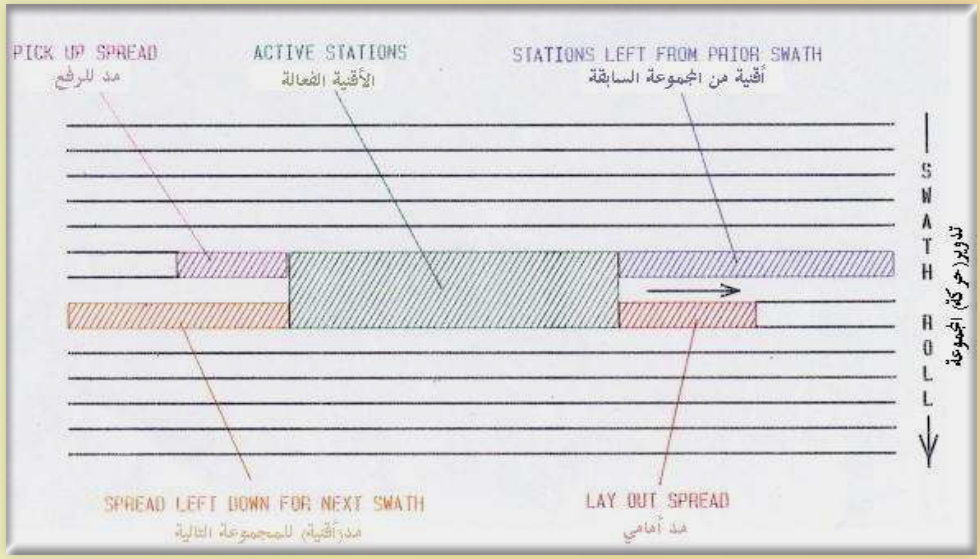
طريقة المسح باستخدام مجموعة الخطوط المتوازية (Swath Shooting Method). حيث تعتبر الرجاجات مصدر الطاقة المفضّل وتتطلب وجود تسهيلات في الوصول إلى أماكن الاستقبال وأن تكون هناك مسافة سهلة أمام الرجاجات وبجانب خطوط الاستقبال.

تعتمد هذه التقنية على استخدام عدد من الخطوط المتوازية من أجل الحصول على تغطية في الاتجاهين، باتجاه الخط (In Line) والاتجاه العمودي. وتستخدم عدة خطوط استقبال وكل خط يتألف من عدد كبير من نقاط الاستقبال للحصول على البعد المطلوب Offset بمسافات قصيرة بشكل معقول بين محطّات الاستقبال. وعادةً، يتم تحريك مصدرٍ الطاقة بين خطوط الاستقبال (أو خارجها) بشكل عمودي أو مائل. والشكل- 31 يمثل رواقاً (Swath) مؤلفاً من

الشكل- 31 طريقة المسح وفق الخطوط المتوازية (49)

أربعة خطوط متوازية وخط تفجير خارج تلك الخطوط وعامودي عليها. كما يتم تحريك خط استقبال واحد أو أكثر (Rolling) بعد الانتهاء من تسجيل كل مجموعة خطوط. ويعتمد عدد الأقنية وخطوط الاستقبال على الشروط السطحية ودرجة التغطية المطلوبة.

تنفذ تقنية الخطوط المتوازية في المسوحات الكبيرة والتراكيب الجيولوجية البسيطة نسبياً وتتميز هذه الطريقة بسهولة التحكم والمراقبة. والشكل- 32 يمثل العملية النموذجية لإجراء المسح بهذه الطريقة.

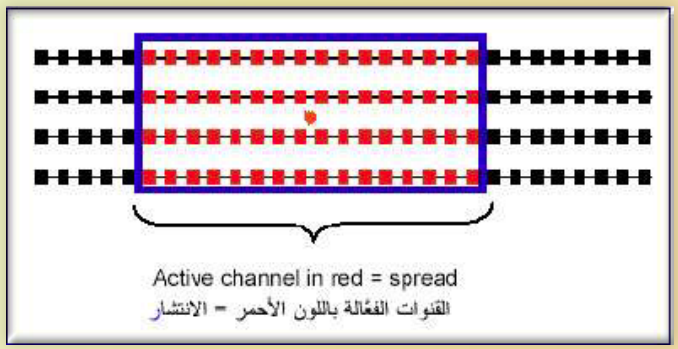


الشكل- 32 الطريقة النموذجية للتسجيل وفق تقنية مجموعةالخطوط المتوازية (6)

2 - العناصر الأساسية لحصاد المعطيات

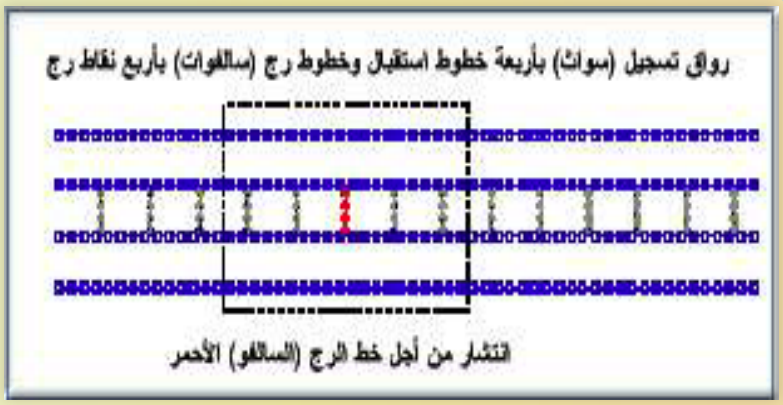
- **الانتشار أو المد** (Spread): هو مجموعة من نقاط الاستقبال (الأقنية) الحيَّة أو الفعَّالة أثناء التسجيل عند الرج من نقطة واحدة. وفي هذا النوع من المسوح، تنتشر نقاط الاستقبال الفعَّالة على أكثر من خط استقبال، وتتوضع نقطة الرج بين خطوط الاستقبال هذه (الشكل- 33).

- **خط الرج والرواق** (Salvo and Swath): خط الرج (سالفو Salvo) يطلق عادة على مجموعة نقاط الرج المسجلة على نفس خطوط الاستقبال وتستعمل نفس الانتشار النظري. والرواق أو الصف (السواث Swath)



الشكل- 33 نظام انتشار مؤلف من أربع خطوط استقبال و 16 قنال في كل خط (45)

هو مجموعة من خطوط الاستقبال وخطوط الرج. والرسم يوضح خطوط رج من أجل رواق واحد، وكل نقاط الرج تكون مسجلة على نفس خط الاستقبال (الشكل- 34).

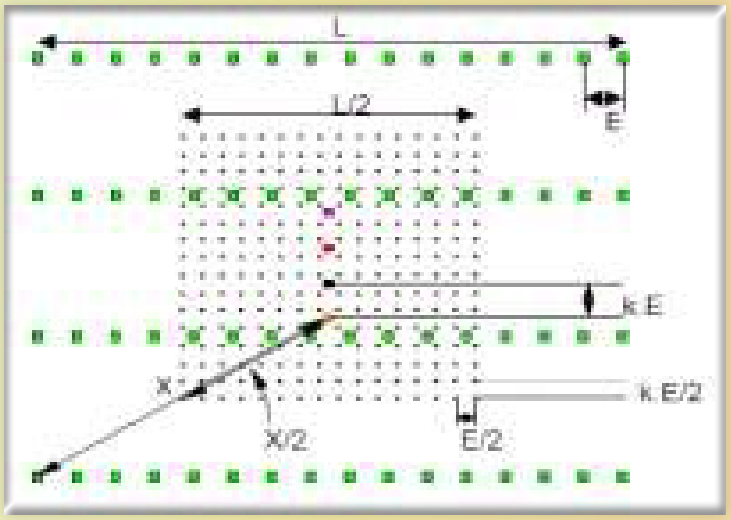


الشكل- 34 رواق تسجيل (Swath) بأربعة خطوط استقبال وخطوط رج (Salvo) بأربع نقاط رج (45)

- **نقاط الانعكاس واستمرارية التغطية** Reflection Points and Coverage Continuity:

كما في المسح ثنائي البعد، المسافات تحت السطح تساوي نصف المسافات على السطح، ودقة التمييز الفراغي (المسافة بين نقاط الانعكاس) ستكون نصف المسافة بين نقاط الاستقبال (في الاتجاه الأفقي) ونصف المسافة بين نقاط الرج (في الاتجاه العرضي أو العمودي عليه).

وفي المسح ثلاثي الأبعاد، توجد استمرارية للتغطية تحت السطحية في كلا الاتجاهين (الأفقي و العرضي) على خط الرج (السالفو)، ومساهمة التغطية من أجل كل نقطة رج تكون مكمّلة أو متممّة لتغطي بشكل نهائي تحت السطح المستمر، علماً أن تحت السطح المغطى هو عبارة عن نصف الانتشار السطحي (الشكل- 35).

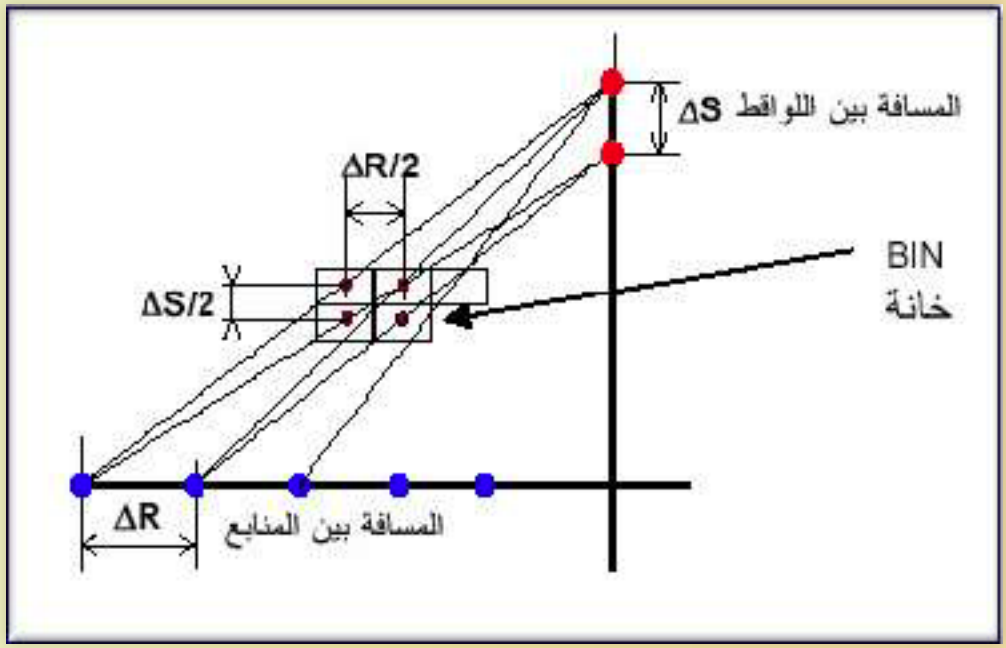


الشكل- 35 يبين التغطية السطحية والتغطية تحت السطحية (45)

- **الخانة** (Bin):

تكون التغطية في المسح الزلزالي ثنائي البعد على شكل نقاط عمق مشتركة (CDPs)، أما في المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد فإن نقاط العمق المشتركة تصبح مساحة ثنائية البعد يطلق عليها الخانة (Bin). وكل نقاط الوسط التي تقع داخل الخانة يفترض أنها تنتمي إلى نفس نقطة الوسط المشتركة، وكل موضع نظري لنقطة الوسط المشتركة هو عبارة عن مركز الخانة. وعادة، تكون مساحة الخانة مساوية إلى

ΔR/2*ΔS/2 (ΔR= البعد بين نقاط الاستقبال، ΔS=البعد بين نقاط الرج) (الشكل- 36).



الشكل- 36 يبين خانة الانعكاس وعلاقتها بالبعد بين نقطتي رج والبعد بين قناتي استقبال (45)

- **التغطية المتكررة (درجة التغطية** Multiple Coverage (Fold: التغطية المتكررة هي ملاحظة أو انتشار نفس الخانة باستعمال مسارات مختلفة. وجمع أو مجموع عدد المسارات هو عبارة عن درجة التغطية. وهي حاصل جداء التغطية المتكررة في اتجاه التسجيل (درجة التغطية الطولية) 3D In- Line Fold والتغطية المتكررة في الاتجاه العرضاني (درجة التغطية العرضية) 3D Cross- Line Fold.

وتحسب درجة التغطية في اتجاه التسجيل بالعلاقة P=C/2X حيث:

C =عدد القنوات في الخط الواحد في الانتشار، و X= المسافة بين خطي رج متتاليين.

أمّا درجة التغطية في الاتجاه العرضي فتحسب بالعلاقة Q=V*L/2A حيث:

V=عدد القطع في السالفو (Number of segment/salvo). والقطعة في السالفو عبارة عن مجموعة من نقاط الرج المنتمية إلى السالفو بطول يساوي المسافة بين خطوط الاستقبال.

L=عدد خطوط الاستقبال في الرواق (Number of receiver line/swath)

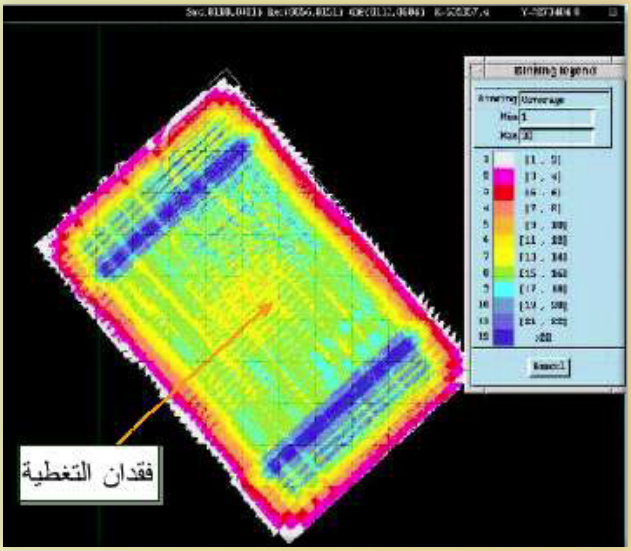
A=انتقال الرواق (Swath) بالاتجاه المتقاطع أو العرضي ويعبر عنه بعدد خطوط الاستقبال.

- **درجة التغطية الاسمية** (Nominal Fold): تساوي حاصل جداء درجتي التغطية في الاتجاهين الطولي والعرضي:

$$P*Q = VLC/4AX$$

- **استدقاق التغطية أو هامش التغطية** (Fold Taper or Fold Margin) : هامش التغطية هو عبارة عن مساحة سطحية إضافية نحتاج إليها للوصول إلى التغطية الكاملة. وهناك نوعان من الهوامش: هامش طولي وهامش عرضي.

- **خريطة التغطية** Coverage Map: تمثل ترتيب التغطية من أجل كل خانة بألوان مختلفة، وإذا وجد أي فقدان للتغطية فإنه سيظهر على هذه الخريطة بكل وضوح (الشكل- 37). ويتم رسم هذه الخريطة بواسطة برامج حاسوبية خاصة مثل Geoland.



الشكل- 37 خريطة التغطية (45)

3 - منابع الطاقة الزلزالية Seismic sources

تُصنّف المنابع الزلزالية إلى قسمين رئيسيين هما: المنابع التفجيرية (الديناميت) والمنابع غير التفجيرية (الرجاجات، والمدفع الهوائي، والمدفع المائي).

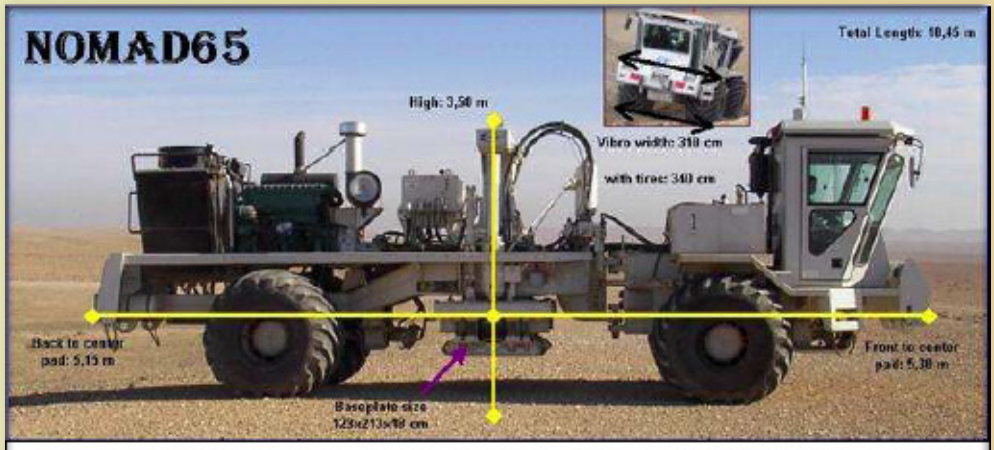
- **المنابع التفجيرية (الديناميت)** (Dynamite) Explosive sources :

تستخدم في التفجير عدة أنواع من المواد المتفجرة. ويتم اختيار هذا النوع أو ذاك من المواد المتفجرة بعد إجراء عدد من التجارب أو الاختبارات فيما يخص متطلبات الطاقة، وردة الفعل على شروط المناخ المحيطة، وشروط الاستعمال، والسعر، .....وغيرها (الشكل- 38).

الشكل- 38 أحد أنواع المتفجرات المستخدمة في توليد الطاقة الزلزالية (45)

- **المنابع غير التفجيرية** Non- explosives sources : بعد عام 1956 كانت طريقة الأوزان الثقيلة الساقطة أول الطرق التي استخدمت كمنابع زلزالية غير تفجيرية. وفي بداية الستينات

استخدمت الرجاجات كمصدر زلزالي أثبتت فيما بعد فاعليتها وفائدتها الكبيرة مقارنة بالمنابع التفجيرية، التي لاتزال تستخدم أحياناً حتى الآن. والشكل- 39 يبين صورة لأحد الرجاجات المستخدمة في فرقة المسح الزلزالي 3D التابعة للشركة السورية للنفط.



الوزن الإجمالي للرجاج 29950 كغ	وزن الكتلة 4082 كغ	قوة الرج القابلة للاستخدام 80%
قوة الرج القصوى 27600 كغ	وزن الصفيحة القاعدة 1560 كغ	السرعة 28 كم/ساعة
وزن التحميل على الأرض 27600 كغ	شوط الكتلة 7.62 سم	نصف قطر الدوران 10.15 متر

الشكل- 39 أحد الرجاجات المستخدمة في فرقة المسح ثلاثي الأبعاد التابعة للشركة السورية للنفط

4 – أجهزة استقبال المعطيات الزلزالية

تحوي التشكيلات المستخدمة لتسجيل الأمواج المنعكسة (Spreads) في المسح الزلزالي الأرضي عدداً كبيراً من أجهزة الاستقبال الزلزالية (الجيوفون Geophone) المنفردة، يُسجل كل منها أثراً زلزالياً منفصلاً.

- **الجيوفون** Geophone: هو لاقط زلزالي يزرع في الأرض بثبات، ويقوم بتحويل حركة الأرض الميكانيكية إلى تيار كهربائي. فهو يحتوي على مغناطيس محاط بوشيعة معلقة بنابض، وعندما تصل إليه الموجة الصوتية، يتبع المغناطيس الحركة العمودية للأرض، بينما تميل الوشيعة لتبقى ثابتة بواسطة العطالة، ويتولد في الوشيعة تيار تحريضي وقوة محركة كهربائية متناسبة مع الحركة الاهتزازية للمغناطيس (الشكل- 40).

الشكل- 40 جيوفون مفرد وتشكيلات من الجيوفونات موصولة على التسلسل

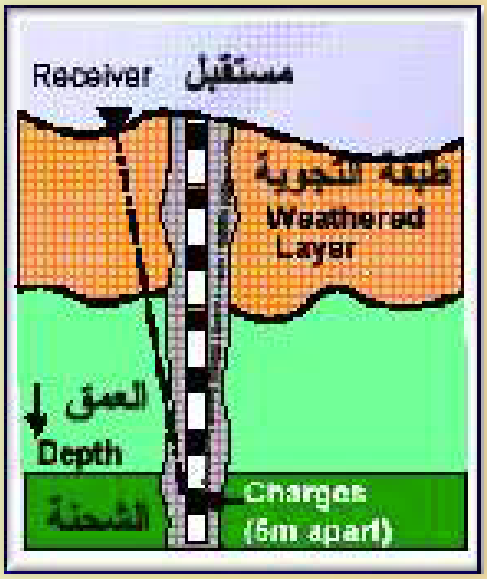
- **محطة التسجيل:** تتضمن وحدة مركزية Central Unit تقوم بترتيب الرج والتحكم في تجميع المعطيات، وإعادة صياغة المعطيات ونقلها إلى أشرطة التسجيل المغناطيسية، وتسمح للمسجل بتسيير الرج والتحكم بأطوار التسجيل المختلفة (الشكل- 41).

الشكل- 41 محطة التسجيل في فرقة المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد التابعة للشركة السورية للنفط

5 - مسح منطقة التجوية Weathering Zone Survey:

تطابق منطقة التجوية الطبقات المتغيرة أو المتحولة بالقرب من سطح الأرض. ومن الضروري امتلاك معرفة دقيقة لهذه الطبقات لتحديد المشاكل قرب سطح الأرض التي تتولد عنها وبالتالي حذف تأثيرها على المسح. وتتم دراسة منطقة التجوية بإحدى طريقتين: الطريقة البئرية (Uphole Method) التي يستعمل فيها إمَّا الرج في البئر والجيوفون على السطح، أو الرج على السطح والجيوفونات في البئر (الشكل- 42).

والطريقة الأخرى هي المسح الانكساري الصغير Small Refraction Shooting: حيث تستخدم تشكيلة استقبال مصمّمة لتسجيل الانكسارات الضحلة ويكون الانتشار(Spread) الإجمالي من رتبة عدة مئات من الأمتار، ويعطي تحليل الوصولات المنكسرة السرعة وثخانة الطبقات المختلفة القريبة من سطح الأرض.



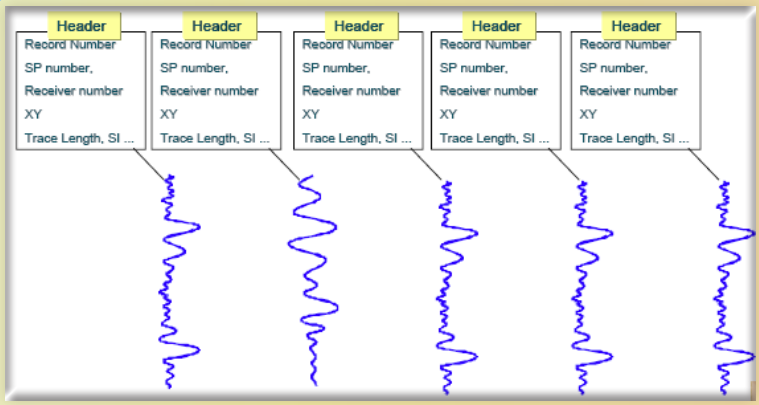
الشكل- 42 المسح الزلزالي لمنطقة التجوية بالطريقة البئرية (Up Hole) (45)

II- معالجة المعطيات الزلزالية Data Processing

المرحلة الثانية للمسح الزلزالي هي معالجة المعطيات الزلزالية، والتي يتم فيها تنفيذ مجموعة من عمليات المعالجة المختلفة بهدف تحويل المعطيات المسجلة في الحقل إلى مقاطع زلزالية مكدسة، تعكس الصورة الجيولوجية لما تحت سطح الأرض. وكذلك تهدف إلى رفع قدرة التمييز على المقطع الزلزالي النهائي لإعطاء أفضل صورة ممكنة للتراكيب تحت السطحية. ومن أهم عمليات المعالجة:

1 - تحضير المعطيات الحقلية للمعالجة:

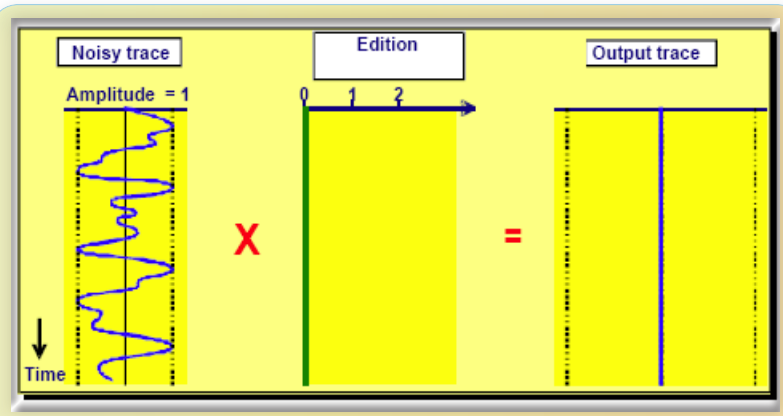
يتم خلال هذه المرحلة إعادة صياغة وترتيب المعطيات بما يتلاءم مع برنامج المعالجة المستخدم، وتحديث المعلومات الموجودة في الملف Shell Processing Suport (SPS) (الذي يحتوي على إحداثيات كل من نقطة الرج والاستقبال والانتشار) في ترويسة الآثار الزلزالية. وتصبح ترويسة كل أثر زلزالي حاوية على معلومات إضافية كما في الشكل- 43



الشكل- 43 ترويسات الآثار الزلزالية المحدثة وفق معلومات SPS (57)

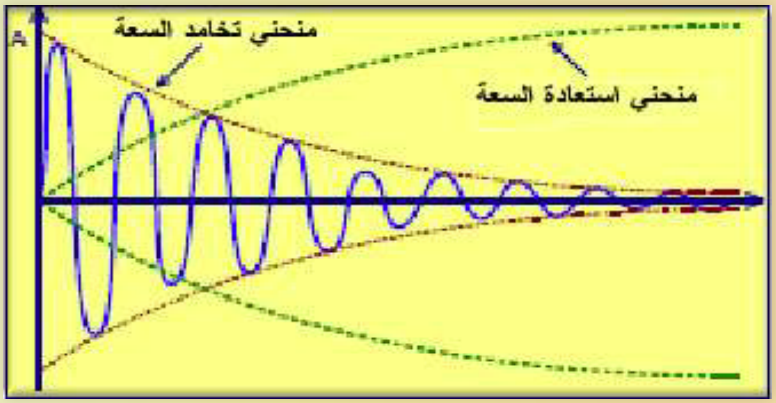
2 - عمليات ما قبل المعالجة (Preprocessing)

- **تحرير الأثر الزلزالي** (Trace Editing): تطبق هذه المرحلة، نتيجة وجود آثار تحتوي على ضجيج عال وتتم إما بتعديل أو بحذف الأثر (الشكل- 44).



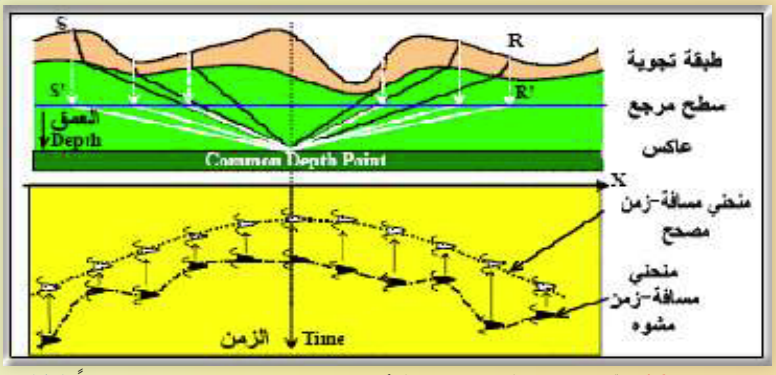
الشكل- 44 يبيّن عملية حذف أثر زلزالي عالي الضجيج بضربه بأثر صفري (57)

- **استعادة السعة الحقيقية** (Amplitude Recovering): تطبق هذه المرحلة، نتيجة وجود ظاهرة تخامد سعة الأثر الزلزالي مع مرور الزمن وتزايد المسافة (الشكل-45).



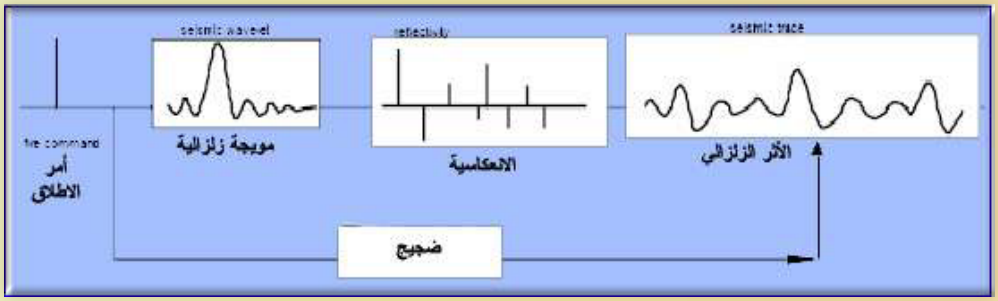
الشكل- 45 يبين منحنيات تخامد واستعادة السعة للمعطيات الزلزالية (57)

- **التصحيحات الستاتيكية** Static Corrections: تشمل التصحيحات التي تجرى على المعطيات الزلزالية المسجلة من أجل وجود طبقة التجوية ووجود اختلاف في الارتفاع من نقطة إلى أخرى وبالنسبة للسطح المرجع (الشكل-46).



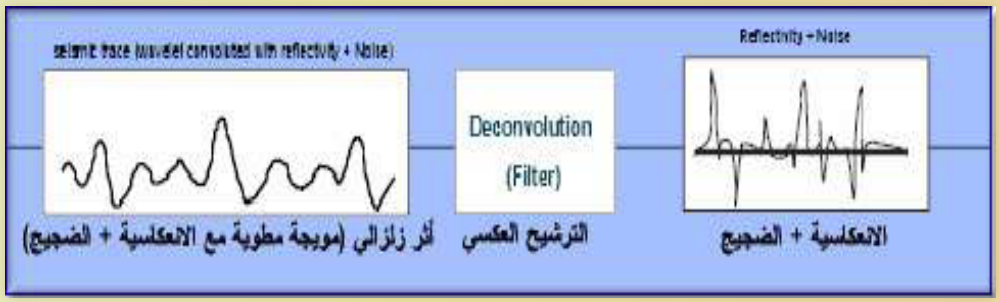
الشكل- 46 يبيّن منحنيين (زمن- مسافة) أحدهما مشوّه والآخر مصحّح ستاتيكياً (57)

- **الطي العكسي (الترشيح العكسي)** (Deconvolution): هي تقنية الترشيح التي تزيل أنواع محددة من الضجيج وتنتج أثاراً زلزالية بصفات توافق العواكس التي تواجهها بدقة أكبر. وهي عكس عملية الطي وتبطل تأثيراتها (الشكل- 47).



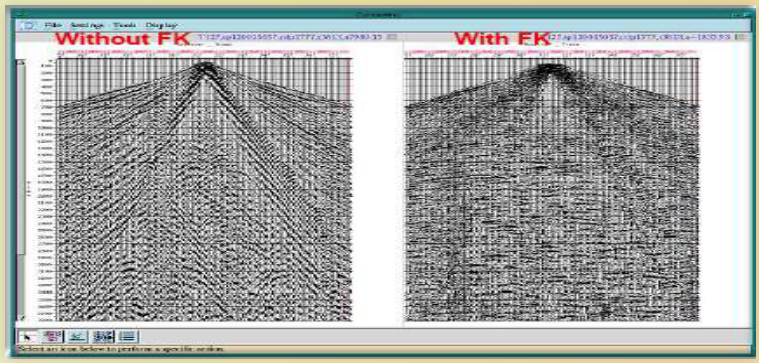
الشكل- 47 أثر زلزالي بدون طي عكسي (57)

أما الأثر الزلزالي مع طي عكسي فهو عبارة عن الانعكاسية مع الضجيج (الشكل- 48).



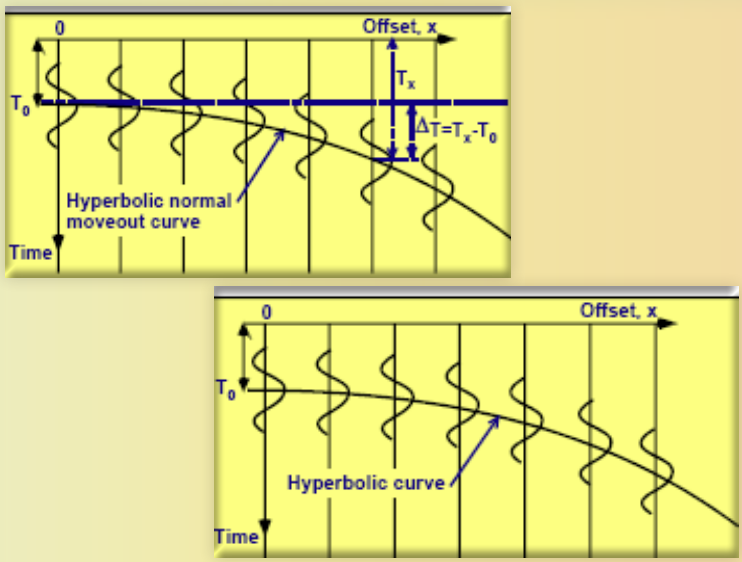
الشكل- 48 أثر زلزالي مطبق عليه الترشيح العكسي (57)

- **الترشيح F- K**: الغاية من إجراء هذا الترشيح هي فصل الإشارة النافعة عن الضجيج السطحي وخاصة أمواج التعرج الأرضي (Ground roll) ويحسِّن نسبة الإشارة إلى الضجيج (الشكل- 49).



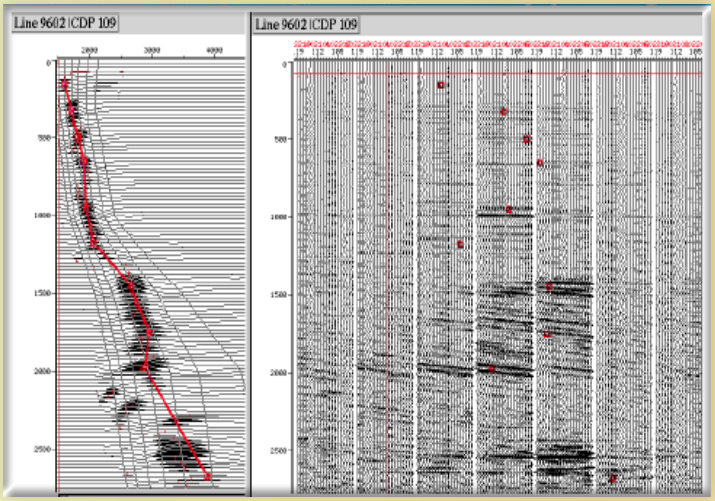
الشكل- 49 يبيّن تأثير الترشيح F- K على المعطيات الزلزالية (57)

- **التباعد الناظمي** (Normal Move Out): تطبق هذه المرحلة، نتيجة وجود تأثير التباعد (Offset Effect) (الشكل- 50).



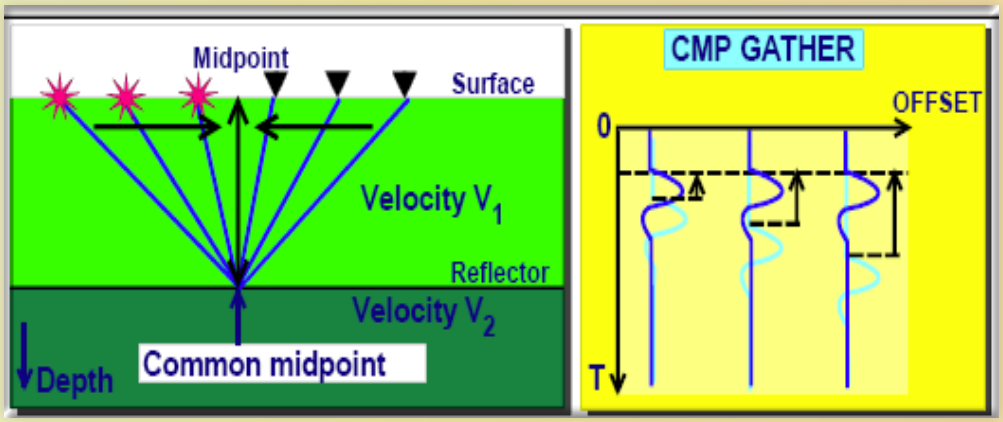
الشكل- 50 يوضح منحنيات التباعد الناظمي (NMO) (57)

- **تحليل السرعة** (Velocity analysis): تكديس سلسلة من تجمّعات نقاط العمق المشتركة باستعمال سلسلة من السرعات الثابتة (الزمن ثابت) يؤدي إلى سرعات محدّدة من أجل كل انعكاس. أما عملية انتقاء السرعات (Velocity picking) فتكافئ تابع سرعة صحيح أو مضبوط كما في الشكل- 51



الشكل- 51 تحليل السرعة (57)

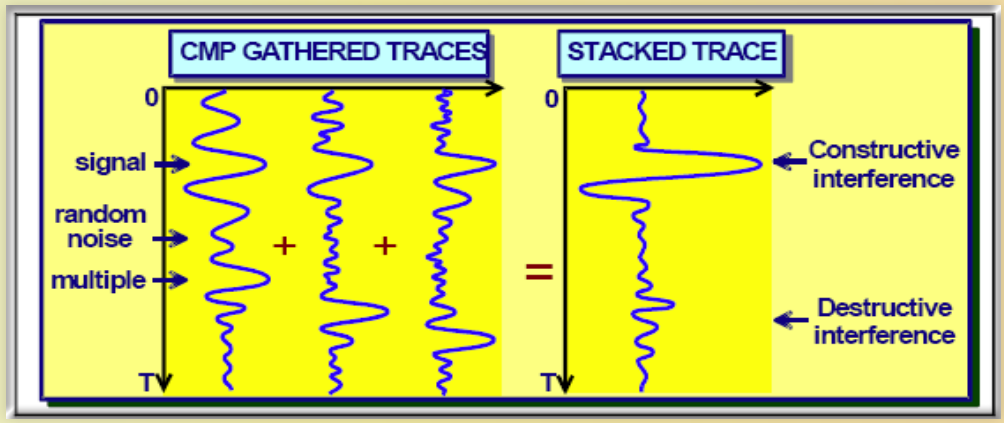
- **التصحيحات الديناميكية** (Dynamic Corrections): عندما تكون السرعة فوق السطح العاكس V1 محدّدة، وتأثير الإزاحة من أثر لآخر مصحّحاً مع التباعد الناظمي (NMO)، يكون التصحيح مختلفاً من أجل كل انعكاس ممَّا يدل على أن عملية التباعد الناظمي (NMO) هي عبارة عن تصحيح ديناميكي (الشكل- 52).



الشكل- 52 يبين ترتيب الآثار الزلزالية حسب نقاط العمق المشتركة قبل وبعد تصحيح التباعد الناظمي (57)

- **القص** (Mute): يطبق القص نتيجة وجود أمواج غير مرغوب فيها وتعتبر أمواج ضجيج يجب التخلص منها. ويتم إجراء عملية القص بعد تجميع نقاط العمق المشترك وعملية التباعد الناظمي (NMO). ويؤدي تطبيق القص إلى حذف كلٍ من: ضجيج المحيط الخارجي (Ambient noise)، وطاقة الانكسار عالية السعة (high amplitude refraction energy) ومنطقة المعطيات الممتدة نتيجة تطبيق NMO stretched data (NMO)

- **التكديس** (Stack): تتم عملية تكديس نقاط العمق المشتركة بعد تطبيق عمليتي القص والتصحيحات الديناميكية وهي عملية تكديس لآثار نقطة عمق مشتركة مجمّعة (CDP Gathered Traces) نحصل من خلالها على أثر مكدّس واحد. والشكل- 53 يبين أن جمع الإشارات النافعة (المتوافقة في الطور) يؤدي إلى تداخل بنّاء ويزيد من سعة الإشارة الناتجة، على عكس الأمواج المتكررة والضجيج العشوائي، التي يؤدي اختلافها في الطور إلى تخميدها في الإشارة الناتجة.

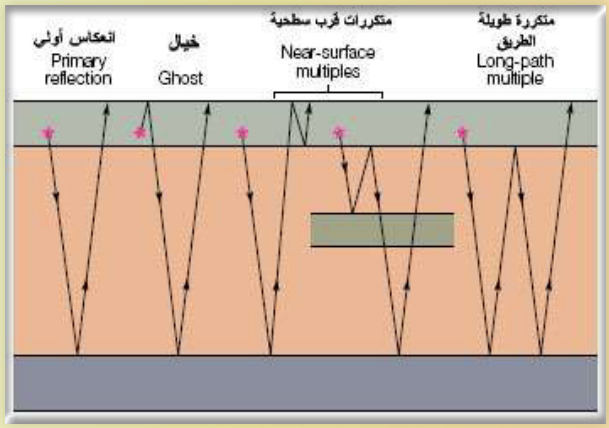


الشكل- 53 يبين أثراً مكدساً ناتجاً عن ثلاثة آثار زلزالية (57)

ونتيجة تطبيق عمليات المعالجة السابقة نحصل على مقطع زلزالي مكدّس أولي (Brut stack).

3 - المعالجة المتقدمة (Advanced Processing)

- **تخميد الأمواج المتكررة** (Multiples attenuation): يبين الشكل- 54 بعض أنواع الأمواج المتكررة، والتي يتم تخميدها باستخدام عملية الترابط المتصالب Cross- Correlation والتكديس (الشكل- 53).



الشكل- 54 أنواع الأمواج المتكررة (26)

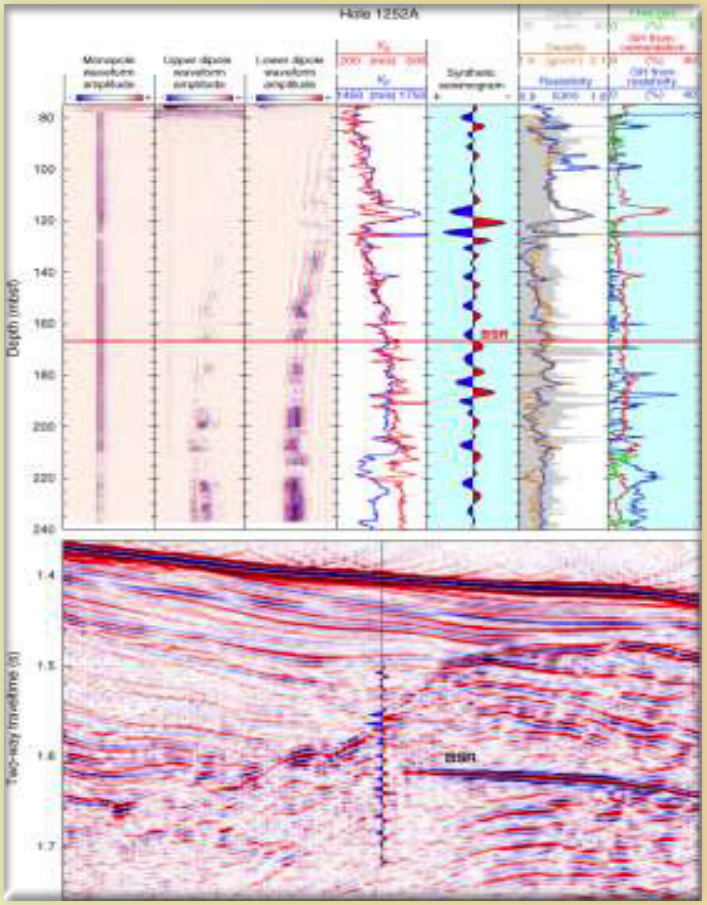
- **عملية التهجير** Migration: هي مرحلة هامة، ومن أكثر مراحل المعالجة تعقيداً، وتطبق قبل مرحلة التكديس النهائي للمعطيات أو بعدها، والغاية منها تهجير نقاط العاكس الظاهرية إلى مواقعها الأصلية قدر الامكان، لكون العاكس غير أفقي، أي لا تكون نقطة الانعكاس متوضعة تحت اللاقط مباشرة أو في مسقط منتصف المسافة بين اللاقط والمنبع.

III- تفسير المعطيات Interpretation

بعد تحميل معطيات المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد في الحواسب أو المحطات الحاسوبية وتعيين الموضع الجيوغرافي لكل أثر زلزالي، يتم تحميل المعطيات الإضافية المتوفرة، والتي تتضمن مواقع الآبار وميولها، والقياسات الكهربائية، وأعالي الطبقات، والسرعات المكدَّسة من المعالجة الزلزالية، ومعطيات العمق – الزمن من المسوحات الزلزالية البئرية.

إن تحديد المجال الخازن وتعليم السطوح البينية الهامة فوقه وضمنه وأسفله، يعتبر جزأً هاماً من التفسير الحقيقي للمسح الزلزالي. وأيضاً، يتضمن التفسير تحديد الفوالق، والقبب الملحية والسطوح الحتية التي تقطع المستويات. وتأتي معرفة أية مستويات توافق الخزان من التجربة السابقة في المنطقة. وعادةً، ينجز هذا بربط معطيات المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد مع خطوط المسح الزلزالي ثنائي البعد الموجودة أو مع معطيات أحد الآبار المحفورة في المنطقة. إن ربط خط زلزالي مع أحد الآبار يتم بمقارنة أثر زلزالي متوقع عند البئر مع معطيات زلزالية حقيقية، ويتم بلوغ هذا با لسيسمو غرا ما ت الصنعية (Synthetic Seismograms) - الصنعيات Synthetics - المنشأة باستخدام القياسات البئرية التي تغطي المستويات الهدف (الشكل- 55).

ولمقارنة السيسموغرام الصنعي مع المعطيات الزلزالية في البئر، تعين الحدود الجيولوجية، كأعلى الخزان مثلاً، على القياسات الأصلية، وتقارن مع قياسات تحويل الزمن، وقياس الممانعة الصوتية، وثم السيسموغرام الصنعي.



الشكل- 42 قياسات كهربائية متعلقة بوجود هيدرات غاز في البئر 1252A ، السيسمو غرام الصنعي وبروفيلات تركيز هيدرات الغاز حسبت من هذه القياسات والسيسموغرام الصنعي موضوع فوق مقطع عرضي لمسح زلزالي ثلاثي الأبعاد من أجل تحديد المضاهاة، وBSR عاكس محاكي – سفلي (46)

وتقارن خصائص شكل الموجة للسيسموغرام الصنعي مع الأثر الزلزالي الحقيقي لتحديد التمثيل الزلزالي وزمن الارتحال إلى الحدود الجيولوجية على موقع البئر.

ولتتبع مستوى، يجري تتبع خصائص الأثر الزلزالي أفقياً عبر المسح الزلزالي كله. والخاصية شائعة الاستخدام هي القطبية (Polarity) أو التغير في قطبية الأثر. وإذا كانت الإشارة الزلزالية مستمرة بما فيه الكفاية يمكن تتبع المستوى آلياً باستخدام أداة المتتبع الآلي (Autotracker)، وذلك يتطلب تحديد خصائص إشارة المستوى التي يجب تتبعها، وهي تتضمن القطبية ومجال السعة والنافذة الزمنية العظمى التي يبحث فيها عن هكذا إشارة.

وحالما يلتقط المستوى يدوياً أو آلياً يمكن أن يربط بمعلم طبقي محدَّد في القياسات البئرية، واستخدام هذا الربط فيما بعد من أجل تحويل الزمن للعمق أو من أجل تحديد مواصفات الطبقة بعيداً من الآبار (47).

وتقنية التفسير الأخرى، تدعى تحليل المواصفة (Attribute Analysis). إن كل اثر زلزالي يمتلك خصائص، أو صفات، يمكن تحديدها كمياً ورسمها خرائطياً وتحليلها على مستوى المستوي. وبما أن الرسم الخرائطي للمستوى يعتمد بهذا القدر أو ذاك على استمرارية العاكس الزلزالي فان المواصفات يمكن أن تتغير بطرق كثيرة على طول المستوى. والمواصفات التقليدية للأثر الزلزالي تتضمن سعة العاكس والطور والتردد. لقد قدمت مواصفات الأثر هذه منذ سنوات عديدة مضت من أجل إلقاء الضوء على الاستمرارية وعدمها في المقطع الزلزالي ثنائي البعد. والآن مع وجود المحطات الحاسوبية والحواسب ذات السرعات الهائلة فان المفسرين يستطيعون استكشاف أنواع جديدة من المواصفات. والمواصفات مثل ميل وسمت المستويات يمكنها أن تكشف عدم الاستمرارية والفوالق بسرعة (47).

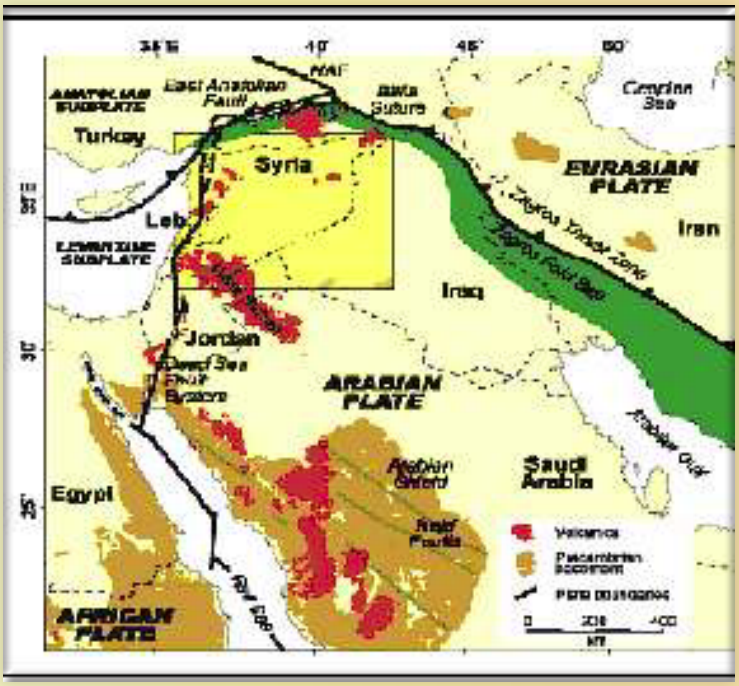
وحالما تفسَّر المستويات والتراكيب زمنياً، تكون الخطوة التالية هي تحويل الزمن إلى عمق. والعلاقة بين الزمن والعمق هي السرعة، وأغلب برامج التفسير الزلزالية تعرض تحويلات هندسية بسيطة من الزمن إلى العمق بناءً على موديلات السرعة التي يمكن أن تتغير عمودياً وأفقياً. وإذا وجب تحويل أكثر من مستوى إلى عمق عندها يجب تقييم السرعة الوسطية لكل مستوى. وفي حال غياب القياسات الكهربائية أو المسح الزلزالي البئري، يمكن للسرعات الزلزالية المكدَّسة أن تستبدل السرعات العمودية الوسطية. ويمكن للسيسموغرام الصنعي أن يقدم أثر مقارنة من أجل تحويل الزمن إلى عمق. وتكون السيسموغرامات الصنعية أكثر فائدة عندما تعاير بمسح تفجير اختباري (Check- Shot Survey)، الذي يحسِّن تحويل الزمن إلى العمق. إن موديلات السرعة والصور (images) من بروفيلات المسوح الزلزالية البئرية العمودية (VSPs) هي المعطيات الأفضل من أجل تحويل الأزمنة الزلزالية السطحية إلى عمق. فهذه المسوح تعاين السرعات على أعماق أكثر من التفجير الاختباري. وبخلاف السيسموغرامات الصنعية، تمتلك VSPs محتوىً ترددياً مشابهاً لذاك في الأمواج الزلزالية السطحية. وفوق كل ذلك، فإن VSPs تقدم التصورات التي يمكن ربطها مباشرة مع المقاطع الزلزالية السطحية (47).

الفصل الثالث

تأثير المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد على استكشاف وإنتاج النفط في حقل كبيبة

1 - الوضع الجيولوجي العام

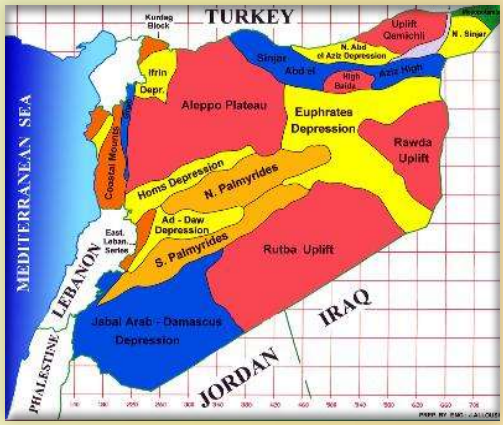
تقع سوريا شمال الجزء المتحرك من الصفيحة العربية، ممَّا كان له أثراً كبيراً على تشكُّل بنيتها الجيولوجية وتطورها. وتقع منطقة الدراسة ضمن الصفيحة العربية في الأطراف الخارجية لمنخفض نهر الفرات. وترتبط الحركات التكتونية التي حصلت في المنطقة بحركات الصفيحة العربية، التي تشكل نجداً عريضاً جداً اتجاه شمال - جنوب وينتشر في المسافة الفاصلة بين البحر الأبيض المتوسط ومنخفض مابين النهرين - الخليج العربي (الشكل- 56).



الشكل- 56 الموقع التكتوني لسوريا ضمن الصفيحة العربية (30)

فقد تشكَّلت مجموعة من المرتفعات والمنخفضات ونطاقات الطي أدت إلى تباين واختلاف في نوعية وسمك الرسوبيات في المقطع الجيولوجي لأراضي القطر. فخلال حقب الباليوزوي، وقع القطر في نطاق الرصيف القاري حيث ترسبت الصخور الرملية والغضارية. وخلال عصري الترياسي والجوراسي السفلي خضعت أراضي القطر لطغيان بحري شامل سادت فيه بيئات رسوبية مختلفة، أدت إلى تنوع الرسوبيات بدأ من الكربوناتية وحتى المتبخرات. وبنهاية عصر الجوراسي وبداية عصر الكريتاسي السفلي تعرض القطر إلى مرحلة طفو شامل مع حركات بلوكية للقاعدة أدت إلى نهوض أراضي القطر وتقسيمها إلى وحدات تكتونية رئيسة، معظمها متواجد حتى تاريخه (الشكل- 57).

ثم حدث تجاوز بحري بمياه أعمق بدءاً من نهاية الابتيان واستمر خلال الالبيان والسينومانيان، وفي نهاية السينونيان تعرضت الصفيحة العربية إلى قوى قص متنامية، ونتيجة ذلك تطورت أحزمة من الانهدامات والهضاب الاندفاعية ذات اتجاه شرق–غرب يمكن متابعتها في شمال شرق سورية.



الشكل- 57 خريطة مبسطة تبين الوحدات التكتونية الرئيسة في سوريا (9)

ومن ثم تجاوز بحر الإيوسين الأعلى على سطح الكريتاسي العلوي الحتي، وبعد انقطاع قصير تجاوز بحر الأوليغوسين.

إن معظم الصخور العائدة للأعمار الجيولوجية السابقة هي صخور كربوناتية. أما توضعات عصر الميوسين فهي لاغونية تبخرية. وقد نتج عن الحركات التكتونية التي حصلت في زمن الثلاثي طيات ذات أبعاد وارتفاعات تركيبية واتجاهات تناظر متباينة. وهذه التراكيب موزعة بشكل غير منتظم ويفصل بينها أما مقعرات عريضة ومسطحة أو منخفضات شديدة العمق تشكلت من انهدامات فالقية في الكريتاسي العلوي.

2 - المقطع الليثوستراتيغرافي

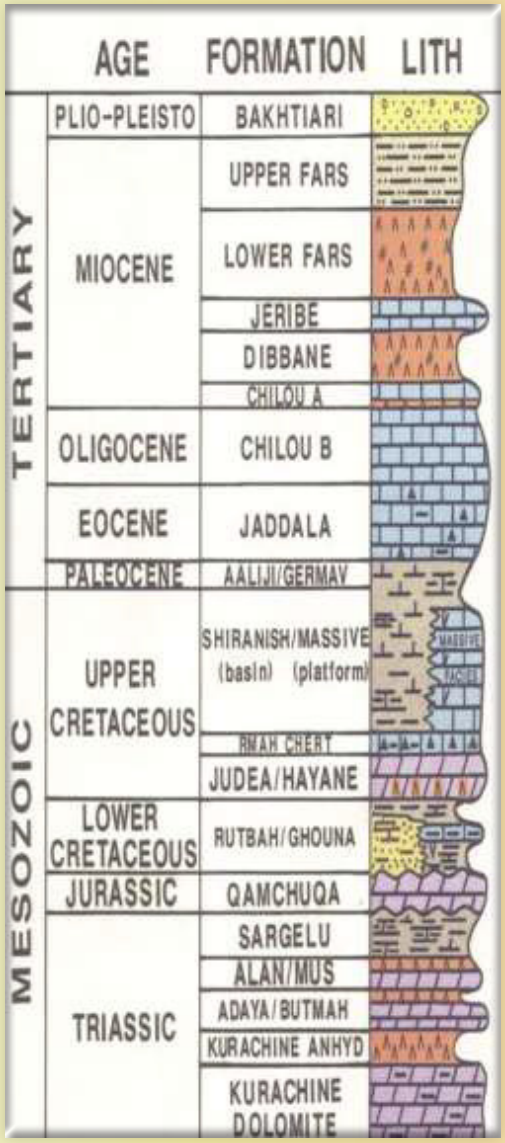
يتشابه المقطع الليثوستراتيغرافي المخترق في كافة تراكيب منطقة الجبسة. وفيما يلي وصف مختصر لهذا المقطع من الأسفل إلى الأعلى (الشكل- 58):

1 – حقب الميزوزوي

1-1- دور الترياسي: يضم عدة تشكيلات تعود لعصر الترياسي الأوسط (تشكيلتي الكوراشين دولوميت والكوراشين انهدريت) ولعصر الترياسي العلوي (تشكيلات: البطما وآدايا وموس والان وسرجيلو).

- **الكوراشين- دولوميت:** تتكون بشكل رئيسي من الدولوميت مع بعض طبيقات من الجص والانهدريت وبعض النطاقات الشيلية، وقد اخترق منها 343 م في بئر كبيبة- 101 ومن 85 إلى 318 م في آبار الجبسة، وهي حاملة ومنتجة للغاز في بعض آبار الجبسة.
- **الكوراشين- أنهيدريت:** تتكون من أنهيدريت وغضار وشيل مع تداخلات دولوميت أحياناً. وتبلغ سماكتها 167 م في بئر كبيبة- 101، ومن 150 إلى 260 م في تركيب الجبسة.
- **البطما:** تتكون من الدولوميت والحجر الكلسي والغضار والمارل وتداخلات من الأنهيدريت. وتبلغ سماكتها 229 م في بئر كبيبة- 101، ومن 124 إلى 310 م في تركيب الجبسة، وهي حاملة للنفط في بعض آبار الجبسة.

- **الأدايا**: تتكون من أنهيدريت وشيل، وتداخلات من الحجر الكلسي والدولوميت. وبلغت سماكتها 111 م في بئر كبيبة- 101، ومن 25 إلى 120 م في تركيب الجبسة.
- **الموس**: تتكون من دولوميت نقي، مسامي، جزئياً فجوي مع حجر كلسي، وقد بلغت سماكتها71 م في كبيبة- 101، وفي تركيب الجبسة من 30 إلى 100 م.
- **الان**: تتكون من تداخلات الدولوميت والكلس والأنهيدريت. وقد بلغت سماكتها 31 م في كبيبة- 101. أما في تركيب الجبسة من 15 إلى 110 م
- **السرجيلو**: تتميز بظهور الشيل والغضار مع تداخلات متعاقبة من الدولوميت والأنهيدريت، وتحتوي في أوسطها على تداخلات من الرمل. وقد اخترقت هذه التشكيلة فقط في بئر كبيبة- 101، حيث بلغت سماكتها 292 م. أما في تركيب الجبسة من 220 إلى 510 م.



الشكل- 58 مقطع ليثوستراتيغرافي عام (36)

1 – 2- دور الجوراسي: يقتصر على تشكيلة الكامشوكا المتوضعة بعدم توافق فوق تشكيلة السيرجيلو (الترياسية)، وتتكون من صخور دولوميتية وكلسية وصخور رملية وغضارية مع بعض النطاقات الانهدريتية، وتبلغ سماكتها في كبيبة- 101 حوالي 176 م، وفي غونا- 4 تصل إلى 543 م. وفي تركيب الجبسة بين 200 و450 م.

1–3- عصر الكريتاسي الأسفل: يضم تشكيلة غونا، التي تتكون من صخور غضارية متداخلة مع طبقات من الدولوميت والحجر الكلسي. وتبلغ سماكتها في كبيبة- 101 حوالي 132 م. وسماكتها في بئر غونا- 3 تساوي 83 م أما في بئر غونا- 4 فتساوي 612 م، وفي تركيب الجبسة بين 80 و230 م.

1–4- عصر الكريتاسي العلوي: ويضم تشكيلتي السخنة والشيرانيش.

- تشكيلة السخنة: وتتكون من صخور كلسية مارلية وغضارية، ومن مارل يتداخل مع شيل سيليكاتي خاصة في الجزء السفلي من التشكيلة. وصلت سماكتها في بئر كبيبة 101 إلى 468 م. وفي بئر غونا- 3 تبلغ 160 م، أما في بئر غونا- 4 فتساوي 350 م. وفي تركيب الجبسة بين 100 و256 م وهي تتوضع بعدم توافق على تشكيلة غونا التي تليها من الأسفل.
- تشكيلة الشيرانيش: تعود إلى أعلى الكريتاسي، وتتألف من توضعات سميكة من الصخور الكلسية الغضارية والمارلية. وقد اخترقت فقط في بعض الآبار العميقة التي حفرت في التراكيب الثلاثة. وتتراوح سماكتها في كبيبة بين 1105 و 1172 م، وفي غونا بين 630 م و 966 م، وفي الجبسة بين 930 و 1350 م. وهي منتجة للنفط والغاز في بعض آبار تركيب الجبسة.

2 – الحقب الحديث:

يضم عدة تشكيلات تعود لدور الباليوجين (تشكيلة الجدالا) ودور النيوجين (الشيلو والدبانة والجريبة والانتقالية والفارس الأسفل والفارس الأعلى) .

- الجدالا: تعود إلى عصر الإيوسين، وتتكون من حجر كلسي غني بالغضار، مع وجود بعض الغلوكونيت والصوان. وتتراوح سماكتها بين 260 و460 م في التراكيب الثلاثة، وهي منتجة للنفط والغاز في بعض الآبار في التراكيب الثلاثة.
- الشيلو: عامةً، تتكون من صخور كلسية مارلية مدلمتة أحياناً، عالية المسامية وقليلة النفاذية، باستثناء المجالات المشققة منها، وتعد المنتج الرئيس للنفط والغاز في حقلي كبيبة وغونا وفي بعض آبار حقل الجبسة، وتتراوح سماكتها بين 306 و 322 م في غونا ومن 275 إلى 406 م في كبيبة ومن 120 إلى 220 م في الجبسة.
- الدبانة: وتعود أيضاً إلى الميوسين الأسفل وتتكون عامةً من توضعات أنهيدريتية وملحية مع تداخلات رقيقة من الصخور الكربوناتية، وتتفاوت سماكتها الكلية من 120 م في الجبسة إلى 300 م في كبيبة.
- الجريبة: تتكون من صخور كربوناتية، تتداخل مع طبيقات من الأنهيدريت. وهي حاملة للنفط في جبسة، وتتراوح سماكتها في التراكيب الثلاثة من 40 إلى 50 م.
- الانتقالية: تتميز بظهور الحجر الكلسي الغضاري. تتكون من الأنهيدريت والجص وبعض الطبيقات الكلسية الرقيقة ونطاقات ملحية في الأسفل. وتبلغ سماكتها في التراكيب الثلاثة من 60 إلى 90 م.
- الفارس الأسفل: تعود هذه التشكيلة إلى الميوسين الأوسط، وتتكون من الجص والأنهيدريت والغضار والصخور الكربوناتية ويلاحظ وجود توضعات ملحية في قسمها السفلي. وتتراوح سماكتها في تركيب كبيبة بين 608 و 470 م، وفي غونا بين 375 و 712 م وفي تركيب الجبسة بين 325 و 550 م. وعامةً، يلاحظ أن هذه السماكة تزداد باتجاه أطراف التركيب.
- الفارس الأعلى: وتظهر هذه التشكيلة بشكل واضح في تركيب كبيبة وتعود إلى الميوسين العلوي. وتتألف من غضار ورمل مع تداخلات من السيلت وتتراوح سماكتها بين 20 و 232

م في كبيبة، بينما تتراوح سماكتها من 60 إلى 260 م في غونا. ويلاحظ غياب هذه التشكيلة في أغلب آبار تركيب الجبسة.

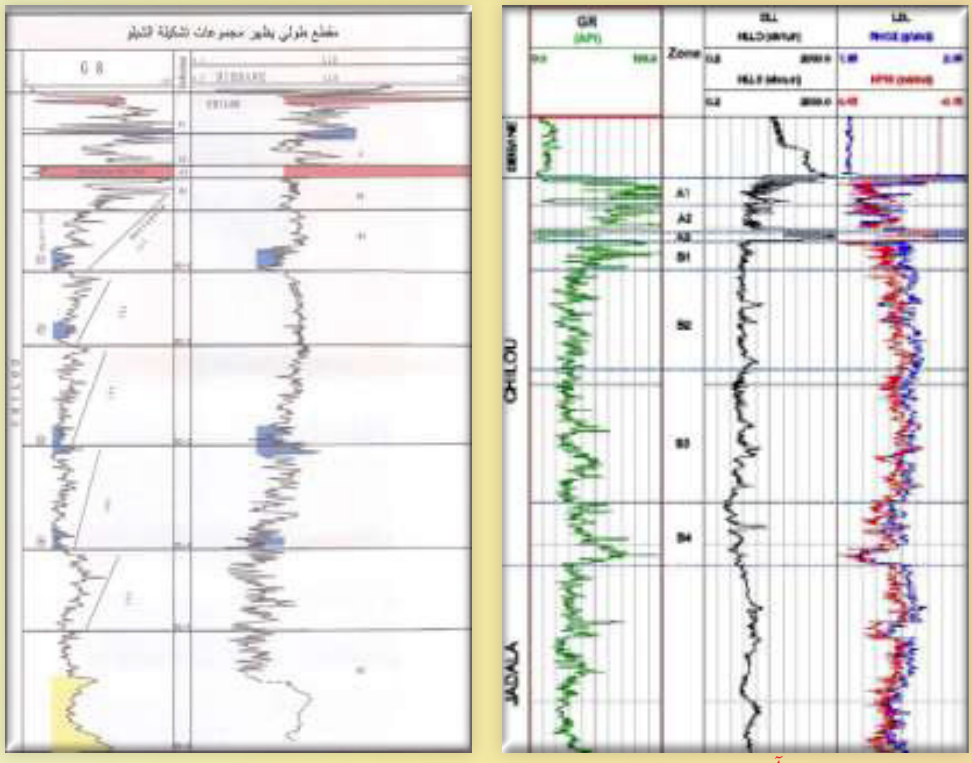
3- منطقة الدراسة (حقل كبيبة)

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي- الشرقي من سوريا في منطقة طيات تشرين- جبسة، التي تمثّل عنصراً تكتونياً كبيراً من الجزء الشمالي- الشرقي لمنخفض الفرات.

وتتميز منطقة الدراسة بوضع طوبوغرافي غير معقد نسبياً فهي منطقة سهلية يبلغ متوسط ارتفاعها حوالي 300 متر فوق سطح البحر، ويتجه ميلها الطوبوغرافي بلطف نحو الجنوب، وتبرز فيها عدة تلال على شكل محاور شبه متوازية. ومن هذه التلال: كبيبة وغونا وجبسة، تعكس المظاهر المورفولوجية للتراكيب الموجودة في المنطقة. وأيضاً، يوجد في المنطقة جبل كوكب الذي هو عبارة عن بركان خامد يقع إلى الغرب من مدينة الحسكة وله مظهر تضاريسي مميز في المنطقة، وقد سميت الشركة السورية الصينية المشتركة التي تقوم باستثمار حقل كبيبة باسمه (الشكل- 59).

الشكل- 59 يبين موقع منطقة الدراسة (44)

تشكيلة الشيلو: هي إحدى أهم التشكيلات الحاملة للنفط والغاز في هذه التراكيب وتتكون أساساً من الحجر الكلسي بالإضافة إلى طبيقات من الشيل والأنهيدريت والدولوميت. وبموجب معطيات العينات الصخرية الأسطوانية والقياسات الجيوفيزيائية البئرية قسمت هذه التشكيلة إلى قسمين: القسم- A (الميوسين الأسفل، ويقسم بدوره إلى ثلاث مجموعات هي A1 و A2 و A3) والقسم- B (إيوسين- أوليغوسين، ويقسم بدوره إلى أربع مجموعات هي B1 و B2 و B3 و B4) (الشكل- 60- آ)، علماً أن دراسة (beicip franlap،1995) اعتبرت المجموعات B2 و B3 و B4 مجموعة واحدة سمتها B2، أمّا شركة كوكب فقد اعتبرت المجموعات الثلاث B2 و B3 و B4 مجموعة واحدة وقسمتها إلى ستة أقسام من B_{2-1} إلى B_{2-6} (الشكل- 60- ب) (42).



الشكل- 60 تقسيمات تشكيلة الشيلو

وتزداد سماكة التشكيلة من (130 - 150 م) في تركيب الجبسة إلى (306 - 322 م) في تركيب غونا وإلى (327 - 377 م) في تركيب كبيبة (11 و 12). وفيما يلي المواصفات العامة لمجموعات التشكيلة في تركيب كبيبة (7 و 12):

المجموعة- A1 (22 - 29 م): تتكون في قسمها العلوي من الأنهيدريت والدولوميت وفي قسميها الأوسط والأسفل من شيل وحجر كلسي ميكريتي ذي مسامية دقيقة. ومواصفاتها الجيوفيزيائية شديدة التغير. فالإشعاعية الطبيعية 10 - 150 وحدة قياس أمريكية (API)، والمقاومة الكهربائية 1 - 20 أوم م، والكثافة الحجمية 2.15 - 2.50 غ/سم^3، ومسامية النيترون 25 - 35 %.

المجموعة- A2 (4 - 12 م): تتكون أساساً من حجر كلسي عضوي، ويتوضع في أسفلها دولوميت (1 - 1.5 م) عالي المسامية، ومواصفاتها: الإشعاعية الطبيعية 30 - 80 API، والمقاومة الكهربائية 1 - 5 أوم م، والكثافة الحجمية 2.20- 2.50 غ/سم^3، ومسامية النيترون 18 - 30 %.

المجموعة- A3 (4 - 12 م): تتكون من الأنهيدريت المتصف بكثافة ومقاومة كهربائية عاليتين وبإشعاعية منخفضة جداً وبمسامية شبه معدومة.

المجموعة–B1 (10 - 20 م): مكونة من توضعات غير متجانسة أغلبها عبارة عن حجر كلسي ميكريتي خشن التبللور عضوي، ويتوضع في أعلاها دولوميت (1.5 - 2.0 م) مسامي

حامل للهيدروكربون أحياناً. وتتصف بإشعاعية عالية تصل حتى 80 API، وبمقاومة كهربائية 1 - 20 أوم م، وكثافة حجمية 2.20 - 2.60 غ/سم^3، ومسامية نيترون 18 - 27 %.

المجموعة–B2 (142 - 165 م): تتألف من سماكة متجانسة من الحجر الكلسي الأبيض الشبيه بالحواري مع وجود بقايا عضوية. وتتصف بإشعاعية 10 - 60 API، وبمقاومة كهربائية 3.0 - 3.5 أوم م، وكثافة حجمية 2.40 - 2.60 غ/سم^3.

المجموعة- B3 (91 - 120 م): تتكون من سماكة متجانسة من حجر كلسي أبيض عضوي شبيه بالحواري تتغير إشعاعيتها من 20 إلى 40 API، ومقاومتها الكهربائية من 0.5 إلى 2.0 أوم م، وكثافتها الحجمية من 2.27 إلى 2.40 غ/سم^3.

المجموعة- B4 (34 - 48 م): تتكون من حجر كلسي عالي الغضارية بشكل أساس، وهي كتيمة عامةً. وتتصف بإشعاعية مرتفعة -35 50 تصل إلى 70 - 75 (API) في قسمها السفلي، ومقاومتها الكهربائية من 1.0 إلى 3.0 أوم م، وكثافتها الحجمية من 2.30 إلى 2.45 غ/سم^3 تنخفض في أسفلها إلى 2.00 غ/سم^3.

ونظراً لأهمية هذه التشكيلة درست مواصفاتها البتروفيزيائية على عدد ليس بالقليل من العينات الصخرية المأخوذة من توضعات هذه التشكيلة من عدد من آبار كبيبة. كما قام الباحث بدراسة نتائج قياسات الكثافة والمسامية والنفاذية المنفَّذة في مخابر الشركة السورية للنفط على 523 عينة صخرية مأخوذة من 14 بئراً في تركيب كبيبة. و**الجدول- 1** يبين وسطي المواصفات البتروفيزيائية الأساس لمجموعات التشكيلة المأخوذ منها عينات أسطوانية صخرية. وبدراسة نتائج قياس النفاذية تبين أن نفاذية هيكل الصخر (Rock Matrix) لا تسمح بالرشح الكافي للموائع، إذ أن قيمتها الوسطية تساوي 0.28 ميلي دارسي، والمتوسطة (median value) تساوي 0.17 ميلي دارسي، ولهذا فإن الجزء الأساس (هيكل الصخر) لا يستطيع أن يكوِّن سعة فعَّالة كافية لتجمع الهيدروكربونات. ومن بين النماذج الصخرية المدروسة وجد 39 أنموذج صخري ذي تشقق دقيق بنفاذية أكبر بمرتبتين من نفاذية هيكل الصخر، والقيمة الوسطية لنفاذية هذه النماذج تساوي 24.6 ميلي دارسي، والمتوسطة تساوي 6.8 ميلي دارسي. كما وجد أن القيمة الحدية بين النفاذية الشقية ونفاذية هيكل الصخر تساوي واحد ميلي دارسي.

الجدول - 1 وسطي المواصفات البتروفيزيائية لمجموعات تشكيلة الشيلو

الوحدة	γ	ϱ	F	K_{ma}	K_{fr}	λ_{ma}	λ_{fr}
	غ/سم^3		%	ميلي دارسي			
A1	2.58	1.97	23.4	0.93	1.97	1.3	8.0
A2	2.58	2.17	15.8	0.38	2.17	1.8	6.1
B1	2.63	2.29	12.8	0.25	2.29	1.4	18.0
B2	2.66	2.39	10.1	0.17	2.39	1.3	8.2
B4	2.66	2.14	19.5	0.17	2.14	1.2	-

وباستخدام 38 أنموذج صخري مأخوذ من مقطع تشكيلة الشيلو من خمسة آبار من تركيب كبيبة درس الباحث التركيب المينرالوجي وهندسة الفراغ المسامي والمواصفات الفيزيائية والخزنية (7):

أ- **التركيب المينرالوجي والمواصفات الخزنية:** درست النماذج الصخرية بواسطة أشعة- X وكما هو ملاحظ من **الجدول- 2** يزداد محتوى الفلزات الغضارية بالانتقال من الحجر الكلسي الأرجيلي إلى المارل والمارل الأرجيلي فالشيل. أما الأوليريت (Aleurolite) فيأخذ مكاناً وسطاً بينها. والفلز الغضاري المسيطر هو الإيليت ومقداره يصل إلى 53 %، ثم الكاؤولينيت من آثار إلى 14 %، والكلوريت من آثار إلى 8 % أما الفلزات الغضارية المختلطة فتصل حتى 5 %. والملاحظ هو أن كل هذه الفلزات ليست من النوع المنتفخ، ومع الأخذ بعين الاعتبار الملوحة العالية للمياه الطبقية، فإن الفلزات الغضارية هي مكوِّن صخري ضعيف الفعَّالية.

الجدول- 2 نتائج التحليل البنيوي باستخدام أشعة إكس

الليتالوجيا	فلزات الغضار، نسبة حجمية					الفلزات اللاغضارية، نسبة حجمية					
	I	M	K	Ch	Mix	Quartz	FS	Cal	Dolomite	Analcime	Anh
حجر كلسي حجر كلسي أرجيلي	10	2	5	1	آثار	4/(5 - 3)	آثار	81	4/(5 - 3)	آثار	-
مارل	15	5	6	4	2	7/(10 - 5)	4/(5 - 3)	67	5	7/(10 5-)	-
مارل أرجيلي	22	6	8	3	آثار	8	آثار	45	7/(10 - 5)	آثار	-
شيل	53	2	14	8	آثار	5	آثار	15	-	-	-
أليروليت	27	3	9	آثار	5	20	آثار	32	7	-	-
أنهيدريت	-	-	-	-	-	5/(10 - 0)	-	8	12/(25 - 0)	-	50- 90

I- إيليت (Illite)، M- مونتمورلينيت (Montmorillonite)، K- كاؤلينيت (Kaolinite)، Ch- كلوريت (Chlorite)، Mix- فلز خليط من تعاقب غير منتظم لطبيقات الإيليت والمونتمورلينيت (Mixbedded)، (Quartz)، FS- فلدسبار (Feldspar)، Cal- كالسيت (Calcite)، Anh- أنهيدريت (Anhydrite)

ب- **التشقق:** درس التشقق بالعين المجردة على عشرة نماذج صخرية. وكانت الشقوق ذات اتجاهات مختلفة (مستقيمة ومنحنية)، وعرض مختلف من 0.1 إلى 1.5 مم. وهي مملوءة بالغضار والكالسيت، وأحياناً بمواد أوليريتية- أرجيلية أو بهيدروكسيد الحديد.

وفي الحجر الكلسي تتغير كثافة الشقوق من 27 إلى 75 م$^{-1}$ بمتوسط قدره 47.7 م$^{-1}$. وأحياناً، تستبدل الشقوق ببنيات ستيلوليتية يصل ارتفاع درزاتها 2 - 3 مم.

وباستخدام الطريقة المجهرية درست عوامل الشقوق على مقاطع شرائحية رقيقة من الحجر الكلسي، وحسبت هذه العوامل بموجب العلاقات المعروفة (7):

$$K_{fr} = Ab^3 L/S, \qquad \Phi_{fr} = 0.1b\ L/S, \qquad D_{fr} = 1570\ L/S$$

حيث: K_{fr} - النفاذية الشقية، A - ثابت يعتمد على نظام الشقوق ويساوي 0.0342 من أجل نظام الشقوق القطرية و 0.0171 لنظام الشقوق المتعامدة، b - عرض الشقوق، L - طول الشقوق في المساحة السطحية للمقطع الرقيق، S - المساحة السطحية للمقطع الرقيق، Φ_{fr} - المسامية الشقية، D_{fr} - كثافة الشقوق. و**الجدول- 3** يبين نتائج تحديد عوامل التشقق هذه.

الجدول- 3 عوامل التشقق الدقيق لصخور تشكيلة الشيلو

العمق م	b ميكرون	L مم	S مم²	D_{fr} م⁻¹	K_{fr} ميلي دارسي	Φ_{fr} %	λ_{kfr}	$l_{\Phi fr}$
1189- 1190	32.8	64.9	1230	78.5	63.7	0.17	2.6	1.10
	13.9	157.2	1578	157	9.2	0.14		
1307- 1308	7.6	241.2	1346	282.6	1.3	0.14	2.5	1.31
	14.4	228.8	1387	151.2	8.4	0.24		
1294- 1295	11.5	188.8	2085	141.3	2.4	0.10	1.2	1.10
	12.7	194.4	2084	146.0	2.3	0.12		
1254- 1255	72.5	89.1	2312	62.8	251.1	0.28	4.2	1.98
	152.9	146.3	2039	109.9	4387.0	1.10		
1202- 1203	6.5	42.7	1646	47.1	0.12	0.017	2.4	1.73
	8.2	141.8	1960	109.9	0.70	0.06		
الوسطي	33.3	150	1767	139	473	0.24	2.6	1.44

ج- **عدم التماثل (Anisotropy)**: أظهرت الحسابات أن عامل عدم تماثل نفاذية هيكل الصخر يساوي 1.4 وسطياً، ويساوي 9 وسطياً من أجل العينات الصخرية ذات الشقوق الجهرية، وهذا يشير إلى أن هذه الشقوق ذات اتجاه مسيطر في الصخور الكربوناتية لتشكيلة الشيلو. وبهدف دراسة عامل عدم التماثل لنفاذية الحجر الكلسي ذي التشقق الدقيق، أجري تحليل مضاعف لعدد من العينات الصخرية، ووجد أنه يتغير من 1.2 إلى 4.2 بمتوسط 2.6. وهذا الكبر يمكن أن يشير إلى نظام شقوق متعامدة أو عشوائية. وهذا يحمل على الاعتقاد أن الصخور الكربوناتية لتشكيلة الشيلو ذات سعة مسامية بين حبية وأخرى شقية- بين حبية.

د- **الإشعاعية**: بينت الدراسة أن الإشعاع الطبيعي يرتبط بمحتوى الصخر من الغضار، ويزداد من الصخور الكربوناتية إلى الصخور الكربوناتية الارجيلية إلى الشيل. وبيَّن التحليل الطيفي لأشعة غاما لعدد من العينات، أن مركبة اليورانيوم تنتج المشاركة الأعظم في الإشعاعية الطبيعية وخاصة في الشيل البيتوميني الأسود (تركيز اليورانيوم في العينات المدروسة كان أكبر ثلاث مرات من القيمة المعيارية). أما مركبتي البوتاسيوم والثوريوم فهما ليستا كبيرتين في كل من الصخور الكربوناتية والشيل.

ه- **المواصفات الصوتية**: درست سرعة الأمواج الصوتية (V) وزمن الارتحال المجالي (T) على عدد من العينات الصخرية الأسطوانية الجافة في الظروف السطحية. وقد لوحظ وجود علاقة محددة بين V و T مع المحتوى من $CaCo_3$ والمسامية. وكانت القيم الحدية لهيكل الصخر الكربوناتي: V=6250 m/s و T=160 μs/m

و- **مواصفات الصخر في الظروف الطبقية**: درست المسامية والنفاذية وسرعة الأمواج الصوتية والمقاومية الكهربائية في الظروف الطبقية والسطحية لعدد من العينات الصخرية المشبعة بالمياه، وتبين أن تأثير الظروف الطبقية المحاكاة على هذه المواصفات يمكن إهماله بسبب صغره الكبير جداً، إذ لا يتجاوز خطأ قياس العوامل الجيوفيزيائية في الآبار. وأيضاً، عامل انضغاطية المسام صغير جداً وقيمته الوسطية تساوي 1.2×10^{-3} ميغاباسكال$^{-1}$.

والنتيجة هي أن مجموعة العينات الصخرية الأسطوانية المدروسة تصف هندسة الفراغ المسامي وتسمح بتصنيف الصخور الكربوناتية والكربوناتية الأرجيلية لتشكيلة الشيلو كصخور خازنة مسامية- مشققة وذات مسامية متوسطة (وعالية المسامية من أجل الصخور الأرجيلية)، واستطاعة الفراغ المسامي للصخور الخازنة ناتجة عن مسامية هيكل الصخر، إلاَّ أن مسامية هيكل الصخر هذه غير نفوذه عملياً. أمَّا المسامية الشقية فهي صغيرة، إلاَّ أن الشقوق هي التي تؤمن المواصفات الرشحية.

تطور المسح الزلزالي في سوريا

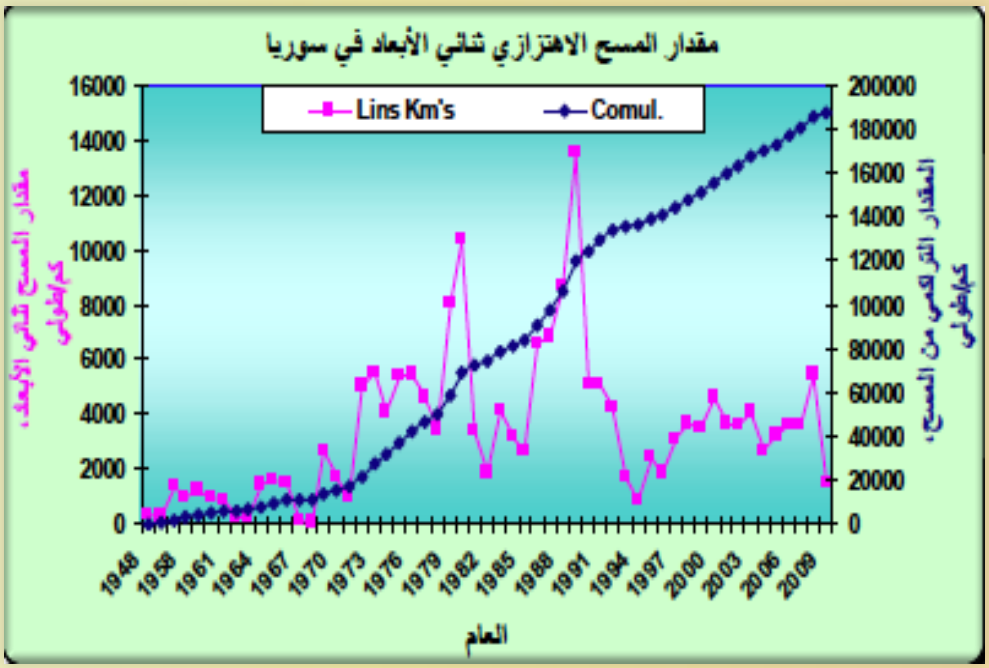
المسح زلزالي ثنائي البعد (2D): في عام 1948 أجري أول مسح زلزالي ثنائي البعد (2D) في منطقة الرقة في شمال سوريا، من قبل شركة روبرت ري (Robert Ray Company)، باستخدام طريقة التسجيل التماثلي، والديناميت كمصدر للطاقة، والتفجير البئري الواحد لكل نقطة تفجير. بعد ذلك، توقف المسح الزلزالي، ثم استؤنف في عام 1956 من قبل شركة براكلا سيسموس (Prakla Seismos) في شمال- شرق سوريا، واستمر إجراء هذا النوع من المسح خلال الأعوام التالية لغاية عام 1970، وبلغ مجموع ما تم مسحه 15946 كم طولي. وقد سجلت كل تلك المسوح تماثلياً وبطريقة التغطية المفردة، واتصفت بنسبة الإشارة إلى التشويش (S/N) ضعيفة، وتضمنت عدداً كبيراً من المتكررات والضجيج (52).

وفي عام 1971 أجري أول مسح زلزالي ثنائي البعد رقمي وبدرجة تغطية 6، ازدادت باضطراد في السنوات التالية من 12 إلى 24 إلى 60 إلى 96 إلى 120. الأمر الذي أدَّى إلى زيادة نسبة الإشارة إلى التشويش (S/N)، وتحسين مستمر في نوعية التصوير الزلزالي تحت السطحي. وفي عام 1975 استخدمت الرجَّاجات (Vibrators) كمصدر للطاقة بدلاً من الديناميت، مما أدى إلى خفض التكلفة وزيادة الإنتاجية. وفي عام 1978 اقتنت الشركة السورية للنفط فرقتي مسح زلزالي ثنائي البعد (واحدة باستخدام الرج والأخرى باستخدام الديناميت كمصدر للطاقة الزلزالية).

وبدءاً من عام 1978، بعد السماح للشركات الأجنبية العمل في مجال استكشاف وإنتاج النفط بالمشاركة مع الشركة السورية للنفط، قامت عدة شركات أجنبية بإجراء مسوح زلزالية ثنائية البعد عديدة في مناطق مختلفة من القطر، باستخدام عوامل مسح مختلفة أدت إلى الحصول على شبكة مسح زلزالي ثنائي البعد كثيفة.

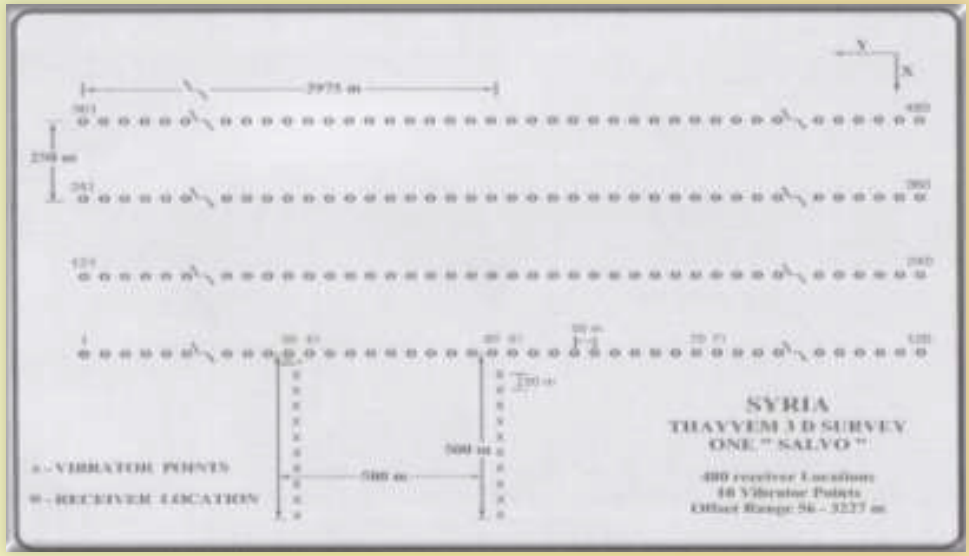
وفي عام 1996 جددت الشركة السورية للنفط فرقتي المسح مما أدى إلى زيادة الإنتاجية بشكل ملحوظ. واليوم، لا تزال الشركات النفطية الأجنبية والشركة السورية للنفط تحاول استخدام مسح زلزالي ثنائي البعد بعوامل مسح متطورة للحصول على معطيات أكثر دقة ونتائج أفضل.

وقد بلغ مجموع المسح ثنائي البعد الرقمي 171786 كم/طولي لغاية عام 2009. وإذا أضفنا إلى هذا الرقم مجموع المسح ثنائي البعد التماثلي يصبح المسح الكلي المنفذ منذ عام 1948 ولغاية عام 2009 هو 187732 كم/طولي. ومن هنا نجد أن معدل المسح يساوي 1.015 كم/طولي لكل كيلو متر مربع من مساحة سوريا، وهو يتجاوز قليلاً المعدل العالمي المساوي 1 كم/طولي لكل كم^2 (الشكل- 61).



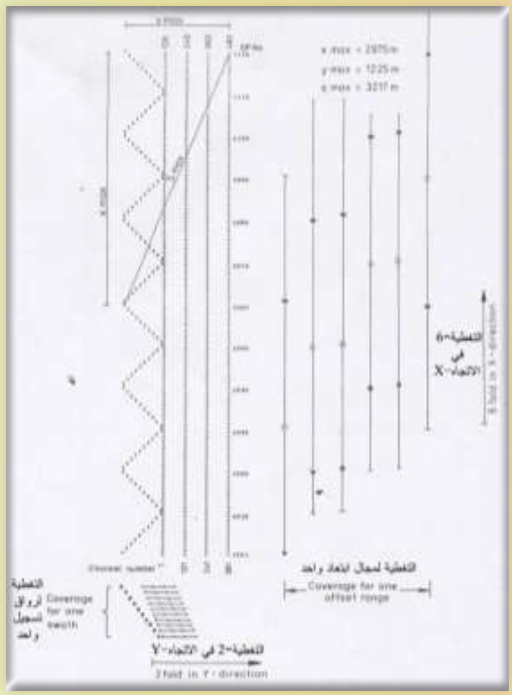
الشكل- 61 مقدار المسح الزلزالي ثنائي البعد السنوي والتراكمي في سوريا

المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد (3D): بدأ المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد في سوريا عام 1985 من قبل شركة الفرات (إحدى شركات عقود الخدمة المحدثة عام 1985 بين الشركة السورية للنفط وشركتي شل وهيمالايا إنيرجي سوريا). فقد تم مسح حوالي 175 كم^2 في حقل التيم، باستخدام الطريقة المتعامدة في المسح (Orthogonal method). وكانت درجة التغطية تساوي 12. وباستخدام نظام تسجيل بـ 480 قنال مع 4 خطوط بكل رواق (سواث Swath) وكانت المسافة بين الخطوط 250 متر وباستخدام 4 رجاجات (الشكل- 62). وكانت التحسينات مقارنة بالمسح ثنائي البعد 2D جيدة وتم الحصول على تصوير أفضل للحدود الفالقية وساعدت في حل مناطق الهبوط الفالقي المعقدة في التركيب (52).



الشكل- 62 الطريقة المتعامدة المستخدمة في المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد لحقل التييم (52)

وفي الفترة -1987 1990 أنجزت شركة الفرات مسوح زلزالية ثلاثية الأبعاد لعدة تراكيب مكتشفة، بما مجموعه 1107 كم^2 باستخدام الطريقة المتعرجة في المسح (Zigzag method)، وباستخدام 480 قناةٍ ونظام المسح Sercel 348. وأيضاً، كانت النتائج جيدة، شجعت الشركة على الاستمرار في الحفر التطويري في الحقول المعقدة والحصول على اكتشافات جديدة.



الشكل- 63 الطريقة المتعامدة المستخدمة في المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد لحقل الهول (52)

وبعد حصول شركة الفرات على نتائج جيدة من المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد قامت الشركة السورية للنفط (SPC) في عام 1990 بتنفيذ مسح زلزالي ثلاثي الأبعاد لمساحة 125 كم^2 في حقل الهول في شمال شرق سوريا، باستخدام الطريقة المتعامدة و4 رجاجات في كل VP و 4 خطوط في كل رواق (Swath) بمسافة 250 متر بين خطوط التسجيل و 500 متر بين خطوط الرج، ونظام تسجيل مكوَّن من 480 قناة، وكانت درجة التغطية 12 (الشكل- 63). وعلى ضوء نتائج التفسير حفرت الشركة السورية للنفط (SPC) آبار إضافية ناجحة في الحقل (52).

وفي الفترة 1989 – 1992 نفذت شركة دير الزور للنفط (وهي الشركة المنشأة بعقد الخدمة الموقع بين الشركة السورية للنفط وشركة توتال للاستكشاف والإنتاج- سوريا) مسحاً زلزالياً ثلاثي الأبعاد لعدة حقول تابعة لها في منطقة دير الزور بمساحة 1686 كم^2. وحققت بذلك نتائج استكشافية وإنتاجية جيدة (54).

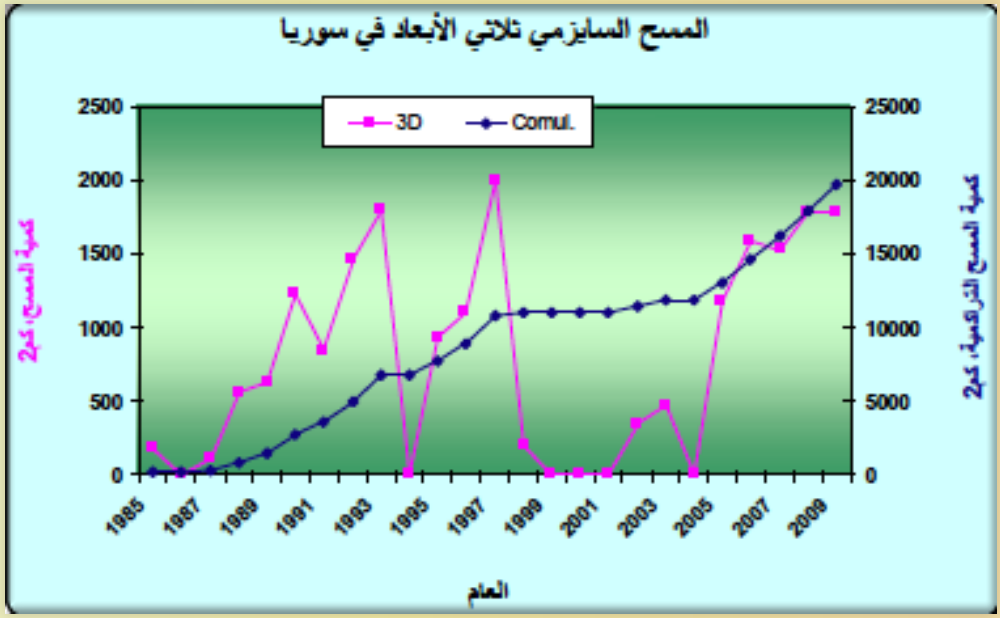
وفيما بعد استمرت شركات عقود الخدمة والشركة السورية للنفط بإجراء مسوح زلزالية ثلاثية الأبعاد باستخدام تقنيات وعوامل مسح مختلفة،

الجدول- 4 يتضمن بعضاً من هذه المسوح ويبين تطور العوامل المختلفة لها. أمَّا الشكل- 64 فيبين مقدار المسح السنوي والتراكمي، والذي بلغ 19737 كم^2 لغاية 2009.

ومن الجدير الإشارة إليه هو أنه بسبب الأهمية المتزايدة للمسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد قامت الشركة السورية للنفط باقتناء فرقة مسح زلزالي ثلاثي الأبعاد في عام 2004، وتعمل حالياً على شراء فرقة مسح أخرى أكثر تطوراً، وبأن العقود الموقعة مع الشركات النفطية التي تقوم بالاستكشاف عن النفط أصبحت تقضي بضرورة إجراء المسوح الزلزالية ثلاثية الأبعاد في مناطق استكشافها.

الجدول- 4 يتضمن بعضاً من المسوح الزلزالية ثلاثية الأبعاد، ويبين تطور عواملها المختلفة

الشركة	تاريخ المسح	المساحة كم^2	تقنية المسح المستخدمة	عدد الأقنية	التغطية	عدد الخطوط في الرواق	نظام المسح المستخدم
الفرات	1985	175	المتعامدة	480	12	4	
دير الزور	1989	126	المتعامدة	480	12	4	
	1990	432	المتعرجة	600	30	4	
SPC	1990	125	المتعامدة	480	12	4	
الفرات	1992	1244	المتعرجة	660	28	6	Ser- 368
SPC	1992	450	المتعرجة	480	12	4	
الفرات	1993	1803	المتعرجة	576	28	8	
SPC	1995	937	المتعامدة	560	28	4	Ser- 368
الفرات	1996	230	التعرج المزدوج	840	84	6	Ser- 388
حيان	2002	351	المتعامدة	-	30	6	
كوكب	2005	209	المتعامدة	1920	120	16	Ser- 408
SPC	2005/ 2009	2952	المتعامدة/القرميدية	840/ 2016	42- 84	614 -	
كوكب	2009	143.5	المتعامدة	1920	120	16	
حيان	2009	127	المتعامدة	2240	70	14	Ser- 428



الشكل- 64 مقدار المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد السنوي والتراكمي في سوريا

ومما سبق ذكره يمكن ملاحظة عدة محطات مفصلية هامة في تاريخ المسح الزلزالي وتطوره في سوريا:

1 – بدأ المسح الزلزالي في سوريا بشكل مبكر، وشكَّل الانتقال من المسح الزلزالي ثنائي البعد التماثلي إلى المسح الزلزالي ثنائيِّ البعد الرقمي متعدد درجة التغطية لنقطة العمق المشتركة (CDP) نقلة نوعية أتاحت الحصول على معطيات عالية الميزٍ ونسبة إشارة إلى التشويش (S/N) أفضل، ومكنت من استعمال طرق معالجة أكثر تطوراً وفاعلية.

2 – بلغ مجموع المسح الزلزالي ثنائي البعد بنوعيه التماثلي والرقمي 187732 كم/طولي. وبلغ معدَّله 1.015 كم/طولي لكل كيلو متر مربع.

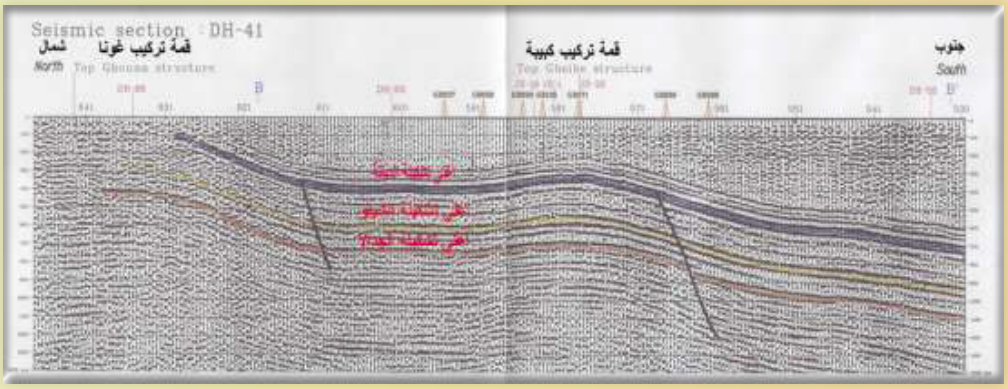
3 – بلغ مجموع المسح ثلاثي الأبعاد حوالي 19737 كم^2 أنجزته الشركة السورية للنفط ومختلف الشركات النفطية العاملة في سورية، الأمر الذي يشير إلى أهمية هذه التقنية وفاعليتها الكبيرة في عمليات الاستكشاف والتطوير النفطي.

2- المسح الزلزالي لحقل كبيبة

2 - 1- **المسح الزلزالي ثنائي الأبعاد (2D)**: أكثر المسوح الزلزالية المنفذة في منطقة الجبسة هي التي أجريت في عام 1973 من قبل شركة Petty Ray، وفي عام 1977 من قبل GSI. ومن أجل حقل كبيبة، مثَّل المسح حوالي 95 كم من الخطوط الزلزالية الطولية والعمودية، وكان التباعد بينها غير منتظم وتراوح من 2 حتى 5 كم. وقد تم تحديد أعلى تشكيلة الشيلو عند

(470 – 475) ميلي ثانية، طبقاً لقياس الصوت لبئر كبيبة- 127. والأفق الزلزالي القوي بجوار هذه القيمة على الخطين JE 26 و JE 4 القريبين من البئر يمكن أن يُفسَّر كأفق زلزالي لتشكيلة الشيلو. والأفاق الزلزالية المختلفة فوق وتحت "عاكس الشيلو" يمكن تتبعها بسهولة عندما تقطع المقاطع الزلزالية. مثل أفق أعلى الدبانة أو أفق أعلى الجدالا.

ومع ذلك، فإن معطيات هذه المسوح وبالتالي المقاطع الزلزالية ذات نوعية ضعيفة إلى وسط ولا تسمح بالتفسير الدقيق لشبكة الفوالق. فبعض الفوالق، التي وجدت في أبار متوضعة على خطوط زلزالية، لم يثبت وجودها على المقطع الزلزالي. فبئر كبيبة- 39 واجه فالقاً عادياً برمية 100 متر على الأقل، إلاَّ أنه لم يكتشف بوضوح على الخطين DH 41 و SP 576 (الشكل- 65) (41).



الشكل- 65 مقطع زلزالي مار من تركيبي كبيبة وغونا يظهر أعلى تشيكلات الدبانة والشيلو والجدالا

2 - 2- **المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد (3D)** (37): في عام 2005 قامت شركة BGP العالمية بتنفيذ مسح زلزالي ثلاثي الأبعاد لصالح شركة كوكب السورية–الصينية المشتركة للبترول، وتم مسح 209 كم^2 من حقل كبيبة النفطي، الذي تقوم شركة كوكب باستثماره. وقد استخدمت في تنفيذ المسح 10 رجاجات تستطيع الرج بقوة 62 ألف ليبرة، وموزعة على مجموعتين، في كل منهما 5 رجاجات (4 رجاجات عاملة وواحد احتياط). واستخدمت أجهزة تسجيل المعطيات الزلزالية نوع (version 7.1) Sercel 408 U1 وتم إجراء المسح باستخدام 1920 قنال (120 × 16). وأنجزت المراقبة النوعية الحقلية في مخيم العمل باستخدام جهاز LCL Seis (BGPs Soft Ware). وكذلك، أنجزت المعالجة في الموقع باستخدام برنامج معالجة landmark Graphics promax (Version 2003.1).

وكان موضوع برنامج الحصاد الزلزالي المفترض فوق حقل كبيبة هو اكتساب معطيات زلزالية ثلاثية الأبعاد جديدة بمساحة 209 كم^2 من أجل تعزيز التفسير البنيوي للحقل وبهدف:

1 – إيجاد شكل التركيب وعلاقة نظام الفوالق مع حمولة التركيب من النفط والغاز.

2 – التحقق من المناطق المفضلة حيث الشقوق متطورة جيداً.

3 – التنبؤ بتوزع الطبقة الخازنة.

4 – الدراسة المفصلة للنظام الفالقي وصفات تطور الفوالق في الآفاق العميقة.

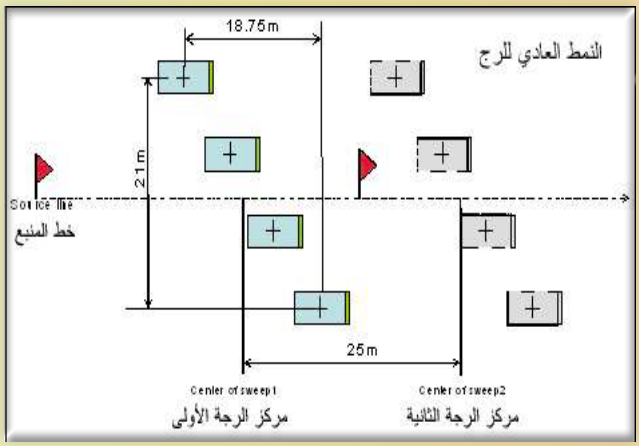
- **الإجراءات الحقلية** Field Procedures: استخدمت مجموعتان من الرجاجات (آ و ب)، وكل مجموعة تكوَّنت من 5 رجَّاجات (4 رجَّاجات عاملة والخامس احتياط) انتشرت على خطوط مختلفة، وكانت الرجاجات من نوع Sercel SM 26، والوزن الإجمالي للرجاج 65000 ليبرة، والقوى القصوى العاملة المطبقة 62000 ليبرة

الشكل- 66 منظر جانبي للرجاجات

وخلال عملية المسح، تقوم المجموعة- آ بالرج في حين تتحرك الأخرى إلى موقع الرج التالي وتنتظر لتقوم بالرج، وبهذه الطريقة تم اختصار الزمن اللازم لحصاد المعطيات.

والمجال الترددي للرج بقي ثابتاً خلال عملية تنفيذ المشروع. فقد استخدمت رجة ذات تردد 7- 70 هرتز وبطول 12 ثانية، بتزايد وتناقص تدريجي (استدقاق) لإشارة الرج مساوٍ 400 ميلي ثانية/400 ميلي ثانية.

وقد احتوى كل خط رج على 4 نقاط رج في معظم الأروقة (Swaths) البالغ عددها 98 رواق. ومن أجل معظم أجزاء المشروع استخدمت رجتان (2 Sweeps) في كل نقطة رج وسجلتا على الشريط كل على حدة قبل التكديس لكل نقطة رج. وحيث سمحت الأرض بالقيام بعمليات مسح سلسة تحركت الرجاجات 25 متر بين الرجات لتعزيز نسبة الإشارة إلى التشويش (S/N). وبشكلٍ أساس، أجري الرج وفق توضعٍ الرجَّاجات حسب النمط النموذجي المبين في الشكل- 67.

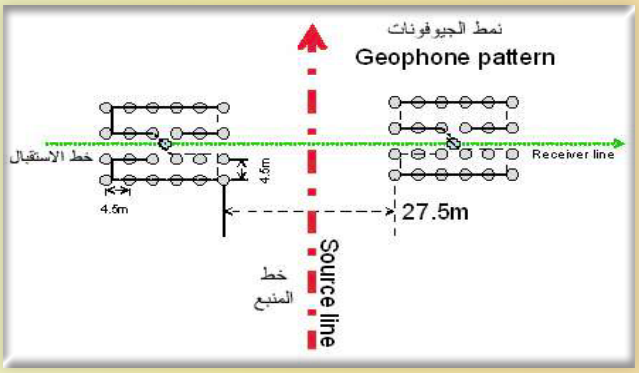


الشكل- 67 نمط الرج المستخدم

- **نظام التسجيل** Recording System: استعمل نظام التسجيل Sercel 408 UL، الذي استخدم وحدات رقمنة حقلية Field Digitizer Units (FDUs)، تكتسب كل منها المعطيات من مجموعة جيوفونات مفردة، وترسل المعطيات الرقمية إلى المسجِّل. واستخدمت وحدة تجميع وإرسال المعطيات على طول خط الاستقبال Line Acquisition Unit، Line (LAUL)،

وتوضعت LAUL بعد 40 محطة استقبال تقريباً لتزويد FDUs المجاورة بالطاقة، واستخدمت وحدة تجميع وإرسال المعطيات بشكل عرضي من الخطوط إلى وحدة التسجيل (LAUX) Line Cross Line، Acquisition Unit من أجل جمع المعطيات من كل خط استقبال فعَّال، ومن ثم تحويلها عبر كبل مستعرض إلى المسجِّل. وخلال تنفيذ المسح تم تسجيل 16 خط استقبال فعَّال لـ 1920 قنال، وكان العدد الكلي للأقنية في كل الخطوط الفعَّالة 1920 قنال (120×16). وقد دفنت كل الجيوفونات في التربة تحت سطح الأرض، وكل 12 جيوفون كانت مرتبط مع بعض بكبل واحد، وكان التردد الطبيعي لكل جيوفون 10 هرتزات.

وخلال المسح، تم مد خطين من الجيوفونات (12×2) في كل محطة استقبال. وقد مدَّا على جانبي خط الاستقبال الرئيس للجيوفونات، وتمت المحافظة على مسافة 4.5 متر بين وحدتي الجيوفونات، وكانت المسافة بين FDUs60 متراً، وهذه المسافة كانت كافية من أجل 50 متر بين محطتي استقبال متجاورتين في المشروع. وكان انتشار خطوط التسجيل وعواملها كما هو مبين في الشكل- 68 والجدول- 5



الشكل- 68 يبين نمط الجيوفونات

الجدول- 5 عوامل انتشار خطوط التسجيل

نوع الانتشار	رواق (Swath)
عدد الأقنية	1920
هندسة الانتشار	16 خط ب120 قنال في كل خط
درجة التغطية	120
مسافة الرج	25 متر
المسافة بين نقاط الرج	50 متر
المسافة بين نقاط الاستقبال	50 متر
المسافة بين خطوط المنبع	200 متر
عدد نقاط الرج في كل سالفو	4
مسافة الانتقال العرضي	200 متر
مجال الاستقبال	50 متر
المسافة بين خطوط الاستقبال	200 متر

- **المراقبة النوعية لمعالجة المعطيات:** أثناء تنفيذ المسح، تمت في المكان مراقبة نوعية المعطيات الزلزالية، ومعالجة حجم المعطيات قبل التكديس، ومعاملتها للحصول على مقطع أولي مكدَّس باستخدام برنامج ProMAX.

- **المعالجة** Processing: بعد تحميل المعطيات المكتسبة في العتاد الحاسوبي، جرى تفحص كمالية المعطيات على الشريط، وبعد التحقق من ذلك تم تحديث الملفات الزلزالية مع ملف Shell Processing Support (SPS)، الذي يتضمن معلومات عن المستقبلات والمنابع والعلاقة بينها.

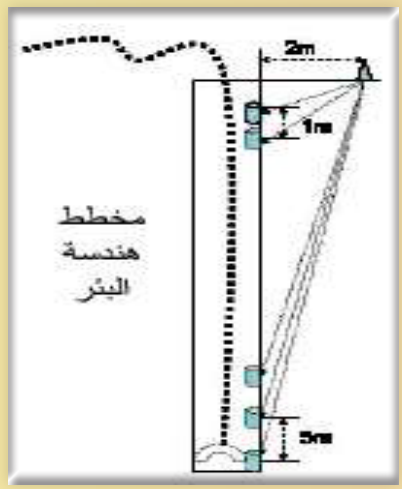
وقد تم إجراء عدة مراحل معالجة للمعطيات منها: عملية النشر العكسي قبل التكديس، وتحليل السرعة، والتصحيحات الستاتيكية والديناميكية. وفي نهاية هذه المراحل الحقلية تم الحصول على مقطع زلزالي أولي مكدَّس (Brut Stack)

- **مسح منطقة التجوية** Weathering Survey: جرت دراسة منطقة التجوية بطريقة قياس السرعة في 41 بئراً (up holes) (الشكل- 69). وكانت البارامترات الأساسية المستخدمة هي:

عمق البئر 60 - 100 متر وفقا لسماكة طبقة التجوية، والتي عادة يجب أن تكون 15 متر وثلاث عينات داخل الطبقة عالية السرعة.

مجال المعاينة طبقا للقواعد التالية: إذا كانت سرعة الوسط < 800 م/ثا، المجال 1 متر، وإذا كانت سرعة الوسط 800 م/ثا – 1800 م/ثا، المجال 2 متر، أمَّا إذا كانت سرعة الوسط > 1800 م/ثا، فإن المجال = 4 أمتار.

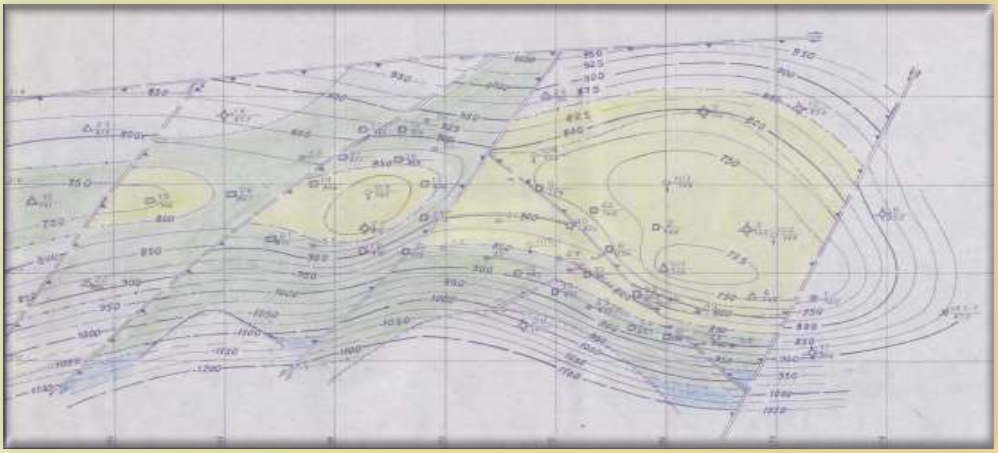
الابتعاد 2 متر، ومعدَّل المعاينة 0.25 ميلي ثانية، وطول التسجيل 250 ميلي ثانية، ومصدر الطاقة: مطرقة ثقيلة، والآبار متوضعة على شبكة 2×2 كم وفقاً لمدى تعقُّد طبقة التجوية، والعدد الكلي للآبار 41.



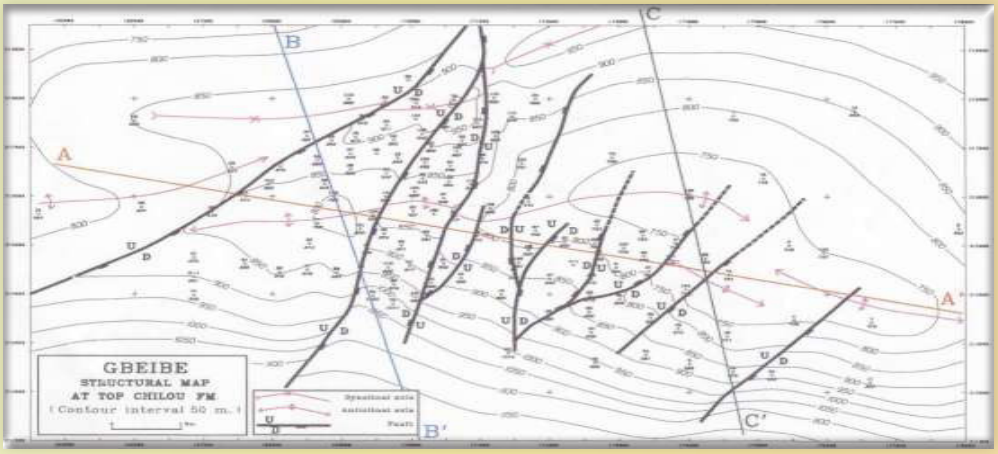
الشكل- 69 مخطط هندسة البئر وطريقة توليد الطاقة الزلزالية لدراسة منطقة التجوية

- **نتائج المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد لحقل كبيبة:** قبل دخول شركة كوكب في استثمار الحقل كانت الآبار الاستكشافية توقّع في الذرى التركيبية، ثم تنتشر باتجاه أجنحة التركيب على طول البروفيلات العرضية المارة من الذرى. وباستخدام هذا النوع من الطرق تم الحصول على بعض النتائج الجيدة، وتم استكشاف الحقل بشكل نهائي واستقر الإنتاج عند حجم معين. وكذلك، اكتشف أن الفوالق في هذا الحقل تلعب دوراً هاماً في التحكم بإنتاج النفط من الآبار. وبما أن كمية محدودة من الخطوط الزلزالية ثنائية البعد كانت متاحة في ذلك الوقت، فإن توزع الفوالق في هذا الحقل لم يكن مفهوماً فهماً كاملاً في هذه المرحلة عدا الفوالق الكبيرة.

وفيما يلي خارطتان تركيبيتان لأعلى تشكيلة الشيلو في حقل كبيبة رسمتا من قبل SPC عام 1983 (الشكل- 70) ومن قبل BEICIP- FRANLAB عام 1994 (الشكل- 71) بناءً على معطيات المسوح الزلزالية ثنائية البعد (2D) ومعطيات الآبار المحفورة آنذاك، وهما تظهران البساطة وعدم التعقيد وخاصة الخارطة الأولى.

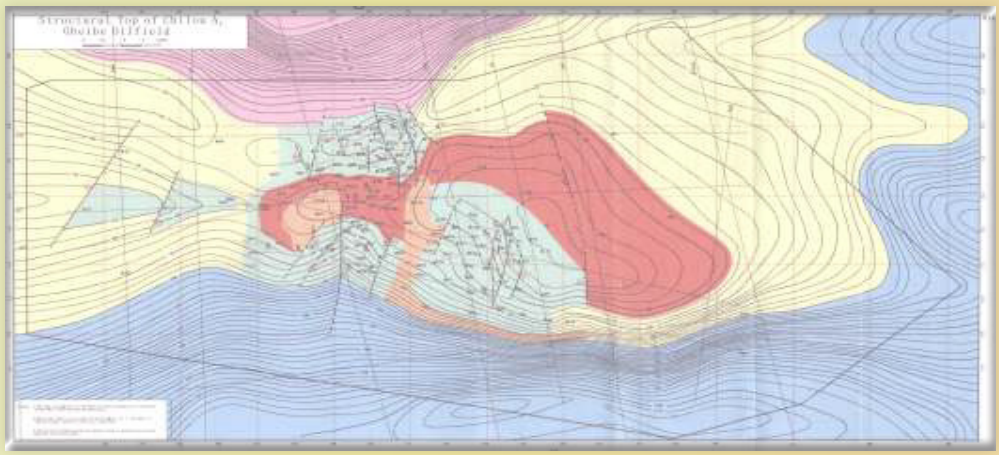


الشكل- 70 خريطة تركيبية لأعلى تشكيلة الشيلو في حقل كبيبة (SPC- 1983) (10)



الشكل- 71 خريطة تركيبية لأعلى تشكيلة الشيلو في حقل كبيبة (BEICIP- FRANLAB- 1994) (41)

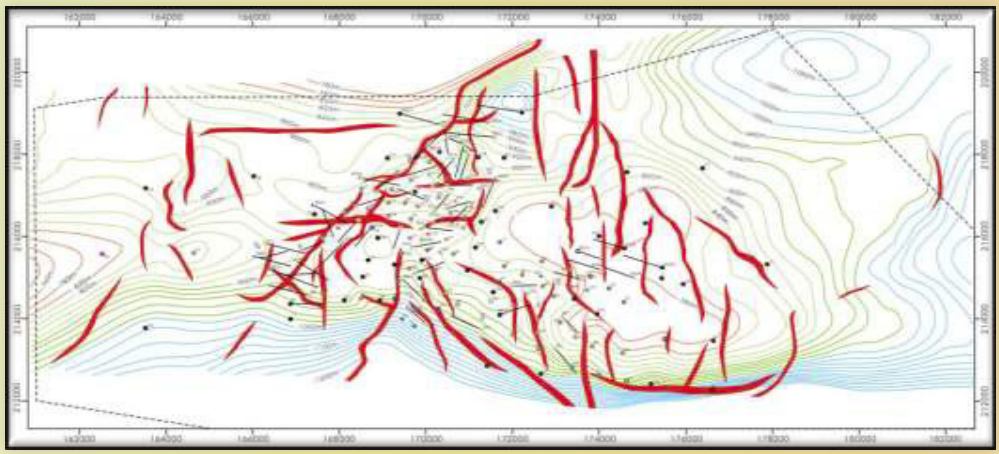
وبعد تأسيس ودخول شركة كوكب في تشغيل وتطوير الحقل في عام 2004 بذلت جهود كبيرة لدراسة التركيب والفوالق، وباستخدام معطيات المسوح الزلزالية ثنائية البعد (2D) والمسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد (3D) المنفذ في المنطقة من قبل شركة CGG ومعطيات الآبار المحفورة، قامت برسم خارطة تركيبية جديدة لأعلى تشكيلة الشيلو في حقل كبيبة كانت أفضل من سابقتيها إلاّ أنها لم تعكس البنية المعقدة للتركيب وخاصة الفوالق والشقوق التي تتصف بها تشكيلة الشيلو (الشكل- 72).



الشكل- 72 خريطة تركيبية لأعلى تشكيلة الشيلو في حقل كبيبة (Kawkab- 2004) (42)

وفي عام 2005 قامت شركة كوكب بإجراء مسح زلزالي ثلاثي الأبعاد للتركيب، ودمج مع معطيات المسح الزلزال ثلاثي الأبعاد المنفذ سابقاً في المنطقة المجاورة لجنوب – شرق حقل كبيبة، وبلغت المساحة الكلية للمسحين 327 كم^2، عولجا وفسرا مع بعض.

وقد حسَّن استخدام المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد إلى درجة كبيرة جداً الفهم حول التركيب وتوزع الفوالق فيه، وكشف عن وجود علاقة بين توزع الفوالق والإنتاج النفطي للآبار. وازدادت نسبة نجاح الحفر بشكل ملحوظ أيضاً (الشكل- 73) (44).



الشكل- 73 خارطة تركيبية لأعلى طبقة الشيلو- ب في حقل كبيبة (Kawkab- 2006)

وفي نهاية عام 2006 استخدمت في تفسير معطيات المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد لحقل كبيبة طريقة إبداعية لتتبع الفوالق والشقوق. وهي طريقة آلية تعتمد كلياً على بحث بعض أنواع الخصائص الزلزالية. والدراسة التالية للعلاقة بين الإنتاج النفطي وتوزع الفوالق أثبتت بوضوح تحكم الفوالق بإنتاج الآبار من النفط في هذا الحقل. فالآبار التي حفرت في المناطق الفالقية والمشققة تكون عادة ذات إنتاج عال أو متوسط. بينما الآبار التي لم تحفر في المناطق الفالقية والمشققة تكون عادةً غير منتجة أو قليلة الإنتاج.

ومنذ بداية 2007 حسِّنت أكثر طريقة تتبع الفالق الآلية وأدى ذلك إلى تحديد أكثر وضوحاً، وباستخدام الطريقة المحسَّنة لم يتم تحديد المناطق الفالقية-المشققة المستقلة فقط، بل مكنَّت من جعلها جزءً لا يتجزأ من الحجم الزلزالي العادي وأدت إلى الحصول على حجم زلزالي معزَّز بالفوالق والشقوق، وعرض أكثر وضوحاً للعلاقات بين الفوالق العواكس. وبناءً على الطريقة المحسَّنة أمكن تحديد أية أنظمة فوالق وشقوق متصلة مع بعض، وأية أنظمة منعزلة. وأدى استخدام هذه الطريقة إلى بلوغ نتائج حفر للآبار في هذا الحقل أفضل مما سبق.

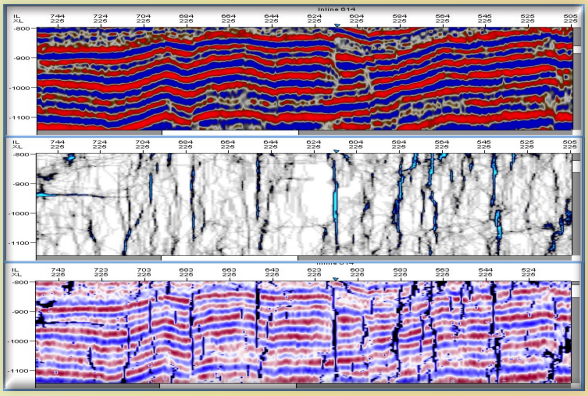
إن الطريقة المستخدمة في التتبع الآلي للفوالق والشقوق هي طريقة موسعة لمعالجة التصوير الزلزالي تصنف كطريقة خاصة لمعالجة المعطيات الزلزالية ثلاثية الأبعاد بعد التكديس. وقد تم الحصول على ثلاث نتائج أساسية لاستخدامها:

1 - استخلاص حجم معطيات 3D مباشرةً من المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد العادي. وحجم المعطيات هذا يصف توزع منظومة الشقوق والفوالق بالتفصيل في حقل كبيبة، ويمكن استخدام هذا الحجم لدراسة أشكال منظومات الشقوق والفوالق وتوزعها ثلاثي الأبعاد في الفراغ.

2 - الحجم الزلزالي المعزَّز للشقوق والفوالق الناتج عن إدخال منظومات الشقوق والفوالق المستخلصة في المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد العادي. وباستخدام هذه النتيجة فإن العواكس الزلزالية والشقوق والفوالق يمكن ملاحظتها على نفس المقطع في الوقت ذاته، وعرض علاقاتها بوضوح أكثر.

3 - بيان أنظمة الفوالق والشقوق المتصلة مع بعضها، والأنظمة المنعزلة. وكل نظام فوالق وشقوق متصل عبارة عن حجم معطيات مستقل مبين شكله وتوزعه في الفضاء ثلاثي الأبعاد. وقد لعبت هذه النتيجة دوراً هاماً في توقيع الآبار الجديدة وفي تطوير المكمن.

يبين الشكل- 74 مقارنة بين أنظمة الفوالق والشقوق المستخلصة

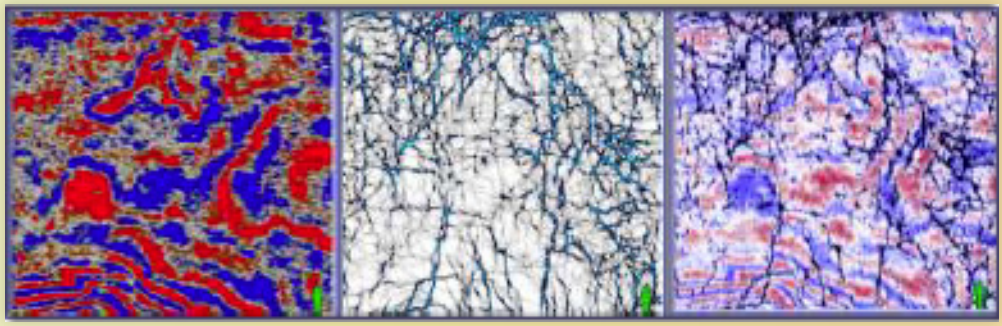


الشكل- 74 مقارنة بين أنظمة الفوالق والشقوق المستخلصة آلياً والمقطع العمودي الزلزالي الأصلي (44)

آلياً والمقطع العمودي الزلزالي الأصلي. فالشكل العلوي عبارة عن مقطع زلزالي، وفي الوسط الفوالق والشقوق، والشكل السفلي عبارة عن مقطع زلزالي معزَّز بالفوالق والشقوق. ومن هذا الشكل يمكن أن نرى أن الفوالق والشقوق الموجودة في المقطع الزلزالي، هي أيضاً موجودة في مقطع الفوالق والشقوق، وهي مبينة بوضوح أكثر. وفي الأماكن حيث لا توجد فوالق وشقوق في المقطع الزلزالي أيضاً لا توجد في مقطع الفوالق والشقوق.

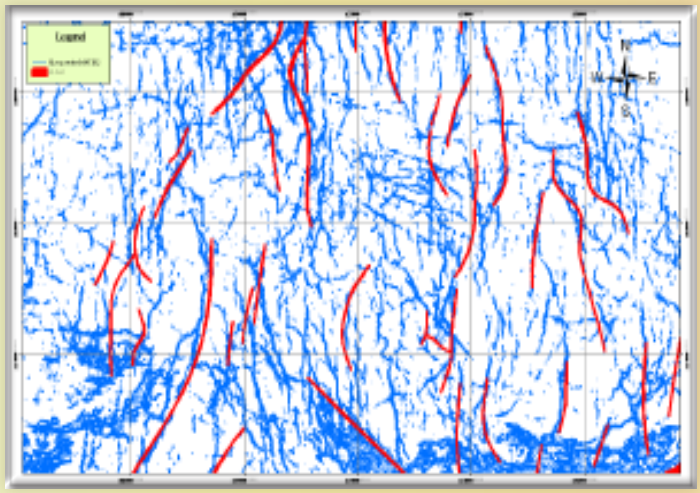
هذه الحقيقة تبين أن أنظمة الفوالق والشقوق المستخلصة آلياً هي موضوع انعكاسات زلزالية لأنظمة الفوالق والشقوق الموجودة أصلاً تحت السطح، وهي دقيقة جداً.

ويبين الشكل- 75 مقارنة بين شرائح أفقية لأنظمة الفوالق والشقوق المستخلصة آلياً ولمقطع زلزالي أصلي. ففي الشريحة الزلزالية الأصلية اليسرى يمكن التعرف على بعض الفوالق والشقوق اعتماداً على التجربة والتخيل، وفي الشريحة الوسطى لنظام فوالق وشقوق مستخلص آلياً، واليمنى المعزَّزة بالفوالق والشقوق، فإن الفوالق والشقوق مبينة بوضوح.



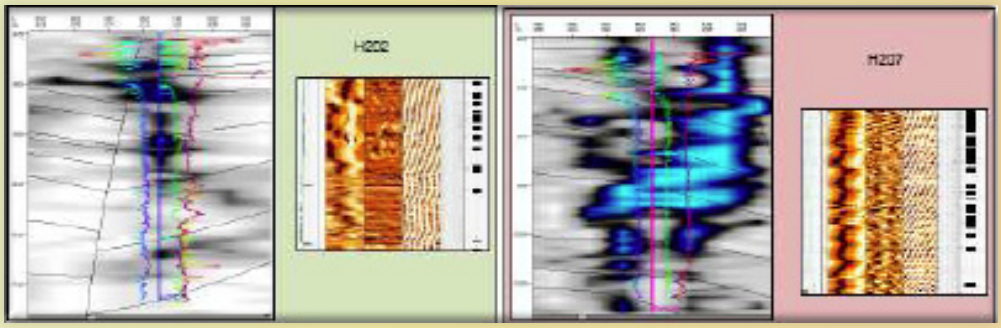
الشكل- 75 مقارنة بين شرائح أفقية لأنظمة الفوالق والشقوق المستخلصة آلياً ولمقطع زلزالي أصلي (44)

والشكل- 76 يبين مقارنة بين الفوالق والشقوق المستخلصة آلياً وتلك المفسرة يدوياً فالخطوط الحمراء تمثل الفوالق المفسرة يدوياً والزرقاء هي أنظمة الفوالق والشقوق المستخلصة آلياً. ومن هذا الشكل يمكن أن نرى أن الفوالق الكبيرة في كلا الطريقتين واحدة تقريباً، وهي تبين دقة طريقة الاستخلاص الآلي.



الشكل- 76 مقارنة بين الفوالق والشقوق المستخلصة آلياً وتلك المفسرة يدوياً (44)

أمَّا الشكل- 77 فيبين مقارنة بين الفوالق والشقوق المستخلصة آلياً وقياسات التصوير البئرية، وقد اختير البئران الأفقيان H202 و H207 عشوائياً. ومن هذا الشكل يمكن رؤية وجود علاقة قوية بين المناطق الفالقية – الشقية المستخلصة آلياً والمناطق الشقية البئرية على القياسات التصويرية.



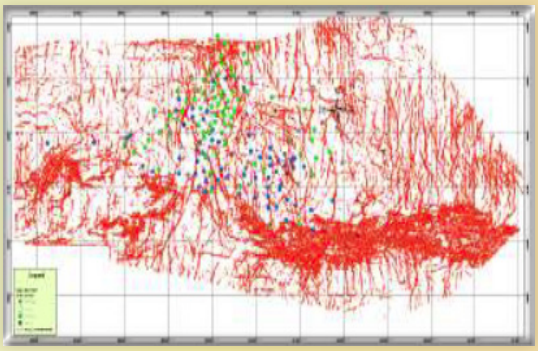
الشكل- 77 مقارنة بين الفوالق والشقوق المستخلصة آلياً وقياسات التصوير البئرية (44)

إن إحدى أهم حسنات دراسة الفوالق والشقوق لم يكن فقط نظام الفوالق والشقوق الذي يمكن عزله من المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد، بل أيضاً يمكن تحديد الأجزاء المتصلة لنظام الفوالق والشقوق. واعتماداً على هذه التقنية يمكن تمييز أية أجزاء من نظام الفوالق والشقوق تكون متصلة أو منعزلة، الأمر الذي يؤدي إلى فصلها بشكل مستقل إلى وحدات فوالق وشقوق متصلة (تدعى وحدات جريان flow units)، ويؤدي بالتالي إلى فهم أفضل حول توزع وحدات الجريان في الفضاء ثلاثي الأبعاد.

النتائج الجيولوجية الجديدة: أدى استخدام هذه الطريقة إلى الحصول على تصوير ثلاثي الأبعاد لأنظمة الفوالق والشقوق الموجودة تحت السطح، وساعد في فهم التوزيع الفراغي لأنظمة الفوالق والشقوق، ولعب دوراً هاماً في استكشاف وتطوير الحقل. وبناءً على تحليل العلاقات بين مواقع الآبار وإنتاج النفط وتوزع الفوالق والشقوق اكتشف أن شواهد النفط أثناء الحفر وإنتاج الآبار من النفط وتوزعها في الحقل كلها تضبط بتوزع الفوالق والشقوق، مما أدى إلى فهم أفضل لجيولوجية الحقل.

والشكل- 78 يبين خريطة توزع نظام الفوالق والشقوق لأعلى مجموعة الشيلو- B2 في حقل كبيبة، فالخطوط الحمراء تمثل أنظمة الفوالق والشقوق المستخلصة آلياً، والدوائر الملونة تمثل أنواعاً مختلفة من الآبار، أمَّا الدوائر الخضراء فتمثل الآبار المنتجة للنفط.

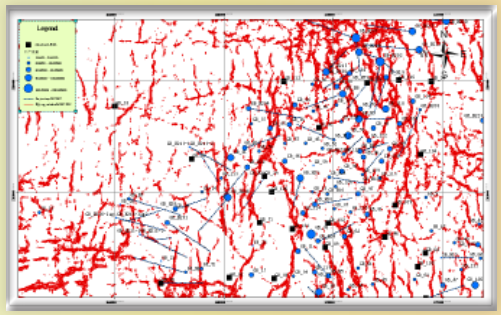
ومن هذا الشكل يمكن أن نرى أن أنظمة الفوالق والشقوق تكون ذات توزع أكثر كثافة مقارنة مع أي



الشكل- 78 خريطة توزع نظام الفوالق والشقوق لأعلى مجموعة الشيلو- B2 في حقل كبيبة (44)

تفسيرات سابقة وبناء على امتداد اتجاهاتها يمكن تقسيمها إلى مجموعتين: واحدة ذات امتداد شمال- جنوب والأخرى بامتداد شرق- غرب، علماً أن المجموعة الثانية أكثر تطوراً، فهي ذات كثافة توزع أكبر وامتداد أطول. كما أن الشقوق والفوالق في الجناح الجنوبي للتركيب وفي جزئه الشمالي المجاور للجناح الجنوبي لمحدَّب غونا تكون أكثر تطوراً مقارنة بتلك الموجودة في قمة التركيب وأجزائه الأخرى.

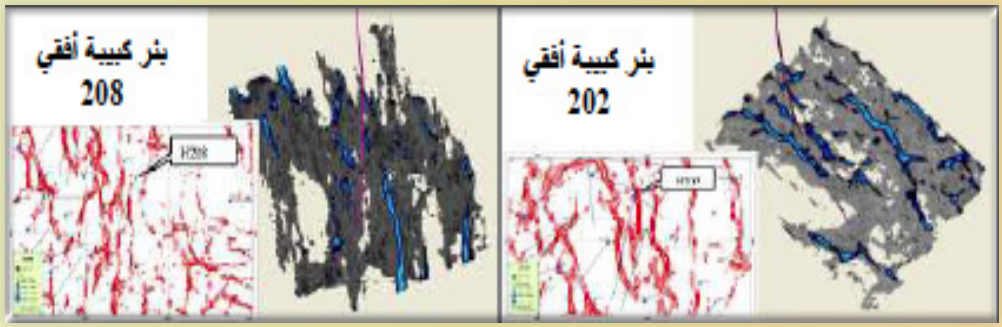
والشكل- 79 يمثل خارطة تبين العلاقة بين إنتاج الآبار الأولي من النفط وتوزع الشقوق والفوالق في المنطقة الغربية لحقل كبيبة. فالخطوط الحمر تمثل الشقوق والفوالق والدوائر الزرقاء تمثل الآبار المنتجة للنفط (يمثل قطر الدائرة الإنتاج الأولي من النفط، وكلما كانت الدائرة أكبر كان إنتاج النفط أعلى)، والمربعات السوداء تمثل الآبار الجافة.



الشكل- 79 العلاقة بين إنتاج النفط الأولي للآبار وتوزع الشقوق والفوالق في المنطقة الغربية لحقل كبيبة (44)

ومن هذا الشكل يمكن رؤية أن الآبار المنتجة للنفط وخاصة عالية الإنتاج تتوضع أساساً على طول أو قرب المناطق المشققة – الفالقية، خاصةً الفوالق الكبيرة، بينما تتوضع الآبار الجافة أساساً في الأماكن، التي لا وجود فيها لشقوق أو فوالق.

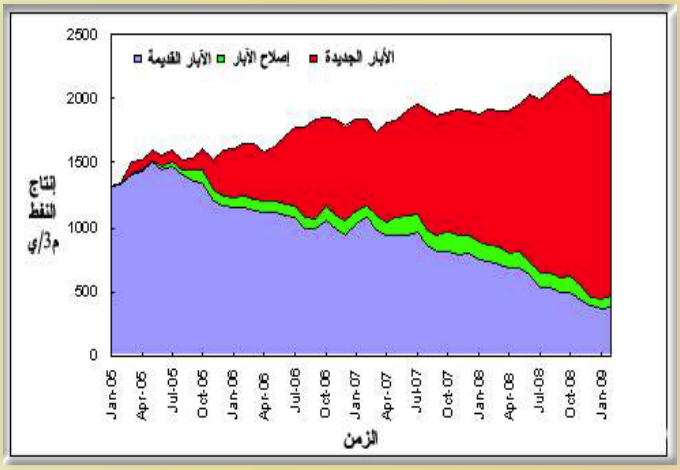
وللكشف عن العلاقات بين إنتاج الآبار وتوزع الشقوق والفوالق جرت دراسة الآبار الجديدة التي حفرت لغاية 2008. وفحصت مجالات المنطقة المشققة–الفالقية المنتجة والمخترقة بالآبار، وقورنت مع قابليتها لإنتاج النفط. وتبيَّن أن الآبار المنتجة للنفط هي الآبار ذات المجالات المارَّة عبر المناطق المشققة–الفالقية، وكلما كانت المجالات المارة عبر المناطق المشققة – الفالقية أطول كانت قدرة هذه الآبار على إنتاج النفط أعلى. وعلى العكس من ذلك، فإن الآبار ذات المجالات غير المارة بالمناطق المشققة–الفالقية، أو التي تمر بمسافة قصيرة، تكون، في العادة، آباراً جافة أو آباراً قليلة الإنتاجية (الشكل- 80).



الشكل- 80 يبين خارطة توضع بئر كبيبة أفقي- 202 في المنطقة الغربية في حقل كبيبة والتصوير الزلزالي ثلاثي الأبعاد لأنظمة الشقوق والفوالق المخترقة بهذه البئر (الشكل على اليمين)، ويبين خارطة توضع بئر كبيبة أفقي- 208 في الجزء الشرقي للمنطقة الغربية في حقل كبيبة والتصوير الزلزالي ثلاثي الأبعاد لأنظمة الشقوق والفوالق المخترقة بهذه البئر (الشكل على اليسار) (44)

ومن الشكل- 80 يمكن رؤية أن مجالات كبيرة من الجذع الأفقي لبئر كبيبة أفقي- 202 قد مرت عبر المناطق الشقية – الفالقية، وهذا يمكن أن يكون السبب الأهم المسؤول عن كونه يتصف بإنتاج أولي عالي من النفط (218 م^3/يوم). ومن خارطة توضع بئر كبيبة أفقي- 208 يبدو كأن جذعه الأفقي قد اخترق منطقة تشقق فالقية كبيرة، بينما التصوير الزلزالي ثلاثي الأبعاد يبين بوضوح أن جذعه الأفقي لم يخترق المنطقة المشققة–الفالقية. ومع ذلك، هذا البئر لا يزال ينتج كمية محدودة من النفط بسبب التحميض الذي وصل حفرة البئر بالمنطقة المشققة- الفالقية.

وبناءً على العديد من المعطيات الجيولوجية الحقلية والمسوح الزلزالية وخاصة المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد وتفسير معطياته باستخدام طريقة التتبع والاستخلاص الآلي للفوالق والشقوق، وباستخدام تقنية الحفر الأفقي قامت شركة كوكب بحفر 41 بئراً أفقية جديدة في الحقل منذ عام 2004 وحتى نهاية عام 2008. منها 37 بئراً منتجة للنفط وأربع آبار مائية، أي أن نسبة نجاح الحفر كانت 90 %. ومن بين الآبار المنتجة للنفط 11 بئراً ذات إنتاج أولي أكثر من 100 م^3/يوم، و 22 بئراً ذات إنتاج أولي من النفط أكثر من 30 م^3/يوم.

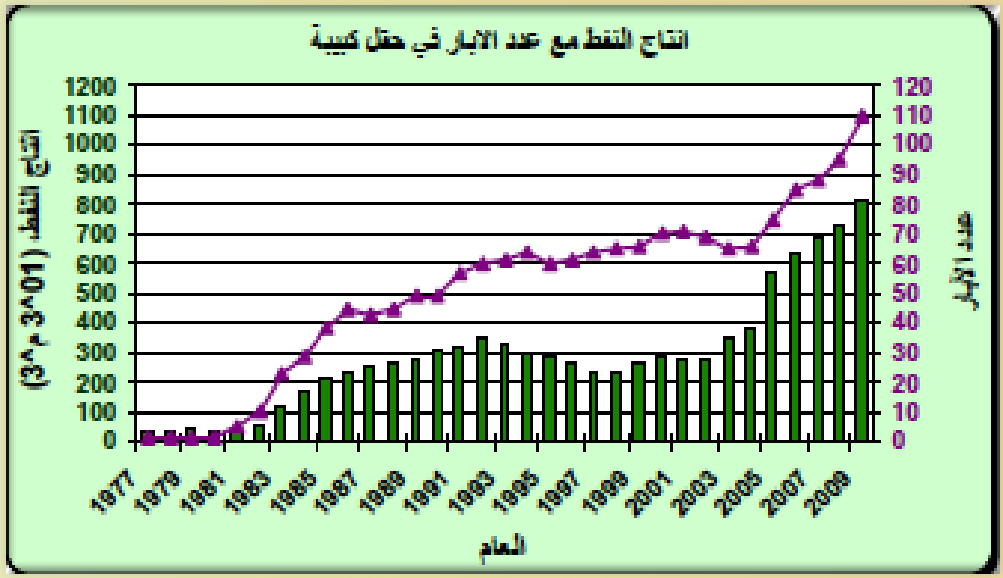


الشكل- 81 يبين مشاركة الآبار الجديدة في الإنتاج اليومي للحقل في نهاية 2008 (44)

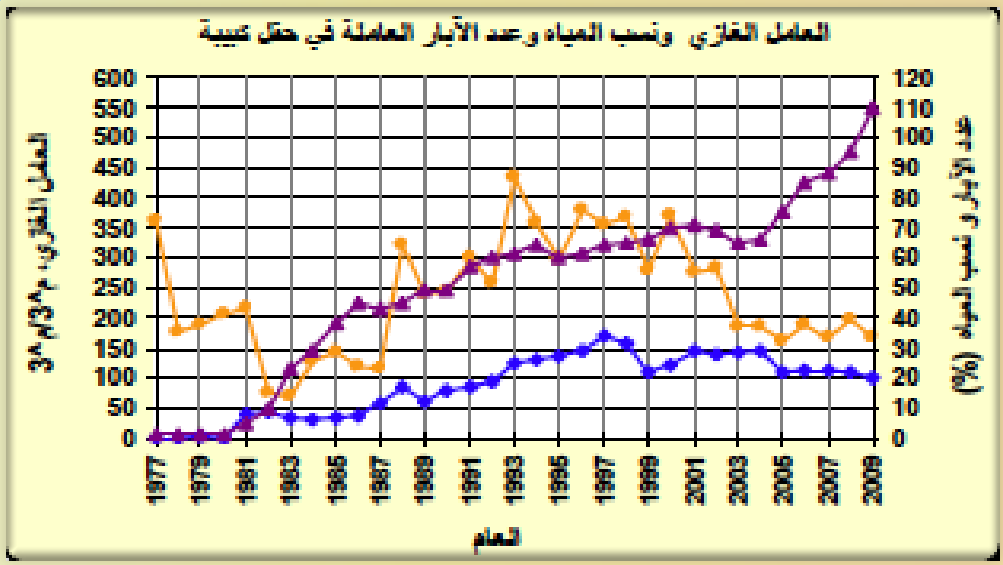
والشكل- 81 يبين مشاركة الآبار الجديدة في الإنتاج اليومي للحقل في نهاية 2008. ومنه يتبين أن مشاركة الآبار الجديدة تساوي أكثر من ثلثي الإنتاج اليومي للحقل كله مما يشير إلى أن حفر الآبار الجديدة كان ناجحاً جداً.

وبسبب النجاح الكبير في الحفر، ازداد الإنتاج السنوي من النفط في الحقل من 0.35 مليون متر مكعب في نهاية عام 2003 إلى 0.74 مليون متر مكعب في نهاية عام 2008 (أي أكثر من الضعف). كما تجدر الإشارة إلى أن مجموع الآبار التي حفرت في الحقل حتى نهاية عام 2003 بلغ 159 بئراً، منها 65 بئراً منتجاً بإنتاج وسطي 15.2 م^3/يوم من النفط للبئر الواحدة. بينما بلغ وسطي إنتاج الآبار الجديدة (37 بئر) المنتجة للنفط، التي حفر لغاية 2008 من قبل شركة كوكب 75 م^3/يوم. وفي عام 2009 تم حفر 19 بئر أفقية كانت نسبة نجاحها 100 %، وبمتوسط إنتاج أولي من النفط 51 م^3/يوم تقريباً. ومن الجدير ذكره، أن الاحتياطي الجيولوجي الأولي من النفط، المقدَّر بنهاية عام 2003 قد ازداد بنسبة 23 % وفق معطيات شركة كوكب المقدرة بنهاية عام 2008. وازداد الاحتياطي القابل للإنتاج أكثر من الضعف.

لقد أدى الحفر الأفقي في ضوء المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد وتفسير الخصائص الزلزالية، وخاصة الفوالق والشقوق، ليس إلى تحقيق نجاح كبير في تعيين الآبار التطويرية فقط، بل في زيادة الإنتاج والتقليل من نسب المياه الطبقية المرافقة وخفض العامل الغازي (الشكلان- 82 و - 83).



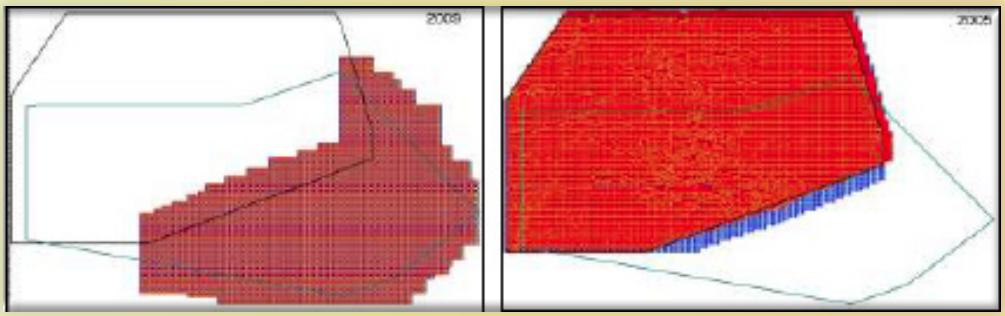
الشكل- 82 الإنتاج السنوي والتراكمي من النفط وعدد الآبار في حقل كبيبة منذ بداية استثمار الحقل عام 1977 ولغاية عام 2009



الشكل- 83 تطور العامل الغازي ونسب المياه وعدد الآبار سنوياً في حقل كبيبة منذ بداية استثمار الحقل عام 1977 ولغاية عام 2009

وبناء على النتائج الايجابية للمسح ثلاثي الأبعاد المنفذ عام 2005 من قبل الشركة الصينية (BGP) في الجزء الغربي لحقل كبيبة النفطي لصالح شركة كوكب السورية–الصينية المشتركة التي تستثمر الحقل بالمشاركة في الإنتاج مع الشركة السورية للنفط، طلب من شركة BGP ذاتها القيام بمسح الجزء الشرقي من الحقل، الذي أجري له مسح ثلاثي الأبعاد من قبل شركة CGG في الفترة 1997 - 1998، كون مجموعة معطيات CGG ذات نظام إحداثيات قياس مختلف والنوعية ليست جيدة كمعطيات BGP. فنظام الحصاد لمعطيات CGG كان مركزاً على طبقات الميزازوي، ولهذا لم تكن بارامترات الحصاد الزلزالي مكيفة بالنسبة لتشكيلة الشيلو. كما أن ميز المعطيات كان قليلاً جداً كي يحل مشكلة مرحلة تطوير الحقل مثل: الخصائص الحقيقية للتركيب، وتوزع نظام الفوالق والشقوق، والعلاقة المعقَّدة بين الموائع والمكمن.

وفي الفترة من 2009/11/1 ولغاية 2009/12/31 قامت شركة BGP بإجراء المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد باستخدام البارامترات ذاتها التي استخدمت في المسح الذي قامت به عام 2005 تقريباً. ومن أجل الدمج التام للمعطيات المكتسبة مع معطيات المسح المنفذ في عام 2005، وجب أن يكون سمت الخط نفسه. وكذلك، أعيد المسح في بعض النقاط في الأمكنة نفسها للحصول على توزع تغطية كاملة في المنطقة المشتركة، وهذا يعني وجود منطقة متداخلة تبلغ مساحتها حوالي 25 كم^2. ومن أجل الحصول على تغطية كامل وجب توسيع منطقة المسح قليلاً خارج حدود التركيب، وقد بلغت مساحة المنطقة الممسوحة 143 كم^2 (الشكل- 84)(61).



الشكل- 84 خريطة انتشار اللواقط والمنابع الزلزالية في المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد المنفَّذ في عام 2005 (على اليمين)، والمنفَّذ في عام 2009 (على اليسار) (61).

الفصل الرابع

اقتصادية المسح الزلزالي الثلاثي الأبعاد

3D Seismic Survey Economics

تكلفة المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد ومعالجة معطياته وتفسيرها هي، بلا شك، باهظة بسبب الأجهزة والمعدات المعقّدة المستخدمة في المسح وبسبب المعاملة لحجم هائل من المعطيات وتفسيرها. إلاّ أن عملية الحفر هي أيضاً باهظة التكاليف. وما يوفره المسح ثلاثي الأبعاد من معلومات كثيفة ودقيقة تساعد في تحديد ووصف التراكيب تحت السطحية المؤمَّلة هيدروكربوناتياً بشكل أفضل. وبالمقارنة مع الطريقة الزلزالية التقليدية، فإنه يقلل من المصاريف التي تنفق على حفر الآبار الجافة غير المنتجة في مرحلة تطوير الحقول المكتشفة، وذلك نتيجة الإختيار الصحيح لمواقع الآبار، وهذا بدوره يؤدي إلى سرعة الإنتاج وإلى دخل مادي كبير للشركات النفطية.

فالمسح ثلاثي الأبعاد يزودنا بنسبة عالية من المعلومات مقابل الدولار المصروف /Data Dollar، والمعادلة الاقتصادية التي تحكم عملية المسح ثلاثي الأبعاد ذات ثلاثة عناصر أساسية هي النفقات (Expenditur) والزمن (Time) والربح (Revenue). والهدف الأساس يكمن في الإستغلال الأقصى للعلاقة بين العناصر الثلاثة بحيث تكون النتيجة هي أكبر نسبة من الربح للمشروع وفي أقصر مدة زمنية (6).

وهناك عامل إقتصادي هام يجب أخذه بالإعتبار عند إتخاذ قرار المسح الثلاثي الأبعاد هو طريقة تنفيذ مشروع المسح، حيث توجد تقنيات عديدة لتنفيذه، تختلف باختلاف الشروط الجيولوجية والهدف من المسح، ويجب اختبار الأسلوب الأنسب اقتصادياً لحل المشكلة الجيولوجية وتطوير الحقول المكتشفة ووضعها في الإنتاج بأقصر مدة وأقل تكلفة ممكنة.

إنّ الوصف التركيبي الصحيح والدقة العالية التي يزودنا بها المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد مع إمكانية التفسير المحسَّنة لحجم المعلومات ثلاثية الأبعاد يؤدي بلا شك إلى اكتشاف فعّال للإحتياطات النفطية والغازية وإلى اقتصاد محسَّن خلال عملية تطوير الحقل والإنتاج. ولقد أثبتت نتائج المسح ثلاثي الأبعاد موثوقيته كأداة اقتصادية لتطوير الحقول وإدارتها بالشكل الأمثل.

ويمكن القول بأن تقنية المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد أثبتت فعاليتها من خلال آلاف المشاريع على اليابسة والبحر خلال السنوات القليلة الماضية، نظراً لما قدمته ولا تزال تقدمه من تفصيل أكثر وتصوّر أوضح للعلاقات التركيبية والستراتغرافية الموجودة تحت السطح مقارنة بالمسح الزلزالي التقليدي ثنائي البعد. ويعتبر المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد الطريقة الوحيدة والموثوقة في الكشف عن الملامح الجيولوجية الدقيقة، وهي الأداة الفعالة لاستكشاف الحقول النفطية والغازية وتطوير الحقول المكتشفة. واليوم تستخدم الشركات النفطية معلومات المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد من أجل الحفاظ على مستو منافس، والحصول على النفط بطريقة اقتصادية، ولا يوجد بديل عن المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد في إعطاء تصور شبه كامل عما تحت السطح.

مشروع مسح إهتزازي ثلاثي الأبعاد لتطوير حقل جبسة

بعد النجاحات، التي حققها المسح الاهتزازي الثلاثي الأبعاد، الذي نفذته الشركة الصينية في منطقة كبيبة المحاذية لحقل الجبسة، قامت الشركة السورية للنفط بتنفيذ المسح ثلاثي الأبعاد في حقل الجبسة المجاور، بهدف تطويره وتحديد المواقع المثلى للحفر فيه وفقاً للمعطيات التالية:

1- **الموقع الجغرافي:**

يقع حقل الجبسة في شمال شرق سوريا، على بعد 60 كم جنوب مدينة الحسكة، وعلى بعد 20 كم شرق منطقة الشدادة.

2- **الوضع الجيولوجي:**

تظهر طية الجبسة على شكل مرتفع موجب على السطح وتتكشف في قمتها توضعات تشكيلة الفارس الأسفل أمَّا جناحي الطية فيتكونان من توضعات تشكيلة الفارس الأعلى. ويتكون المقطع الجيولوجي للتركيب من العديد من الطبقات ذات الصخور الكربوناتية والمتبخرات، والعديد منها حامل ومنتج للنفط أو الغاز (الجريبة، والشيلو، والجدالا، والشيرانيش، والبطما، والكوراشين دولوميت).

3- **الوضع الطبوغرافي:**

تتميز منطقة الجبسة بكونها صحراء صخرية، ذات تضاريس هضبية خفيفة يبلغ ارتفاعها حوالي 350 م فوق مستوى سطح البحر تقريباً.

4- **المعلومات المطلوبة قبل البدء بعملية تخطيط المسح الثلاثي الأبعاد.**

المشكلة الجيولوجية المطلوب معالجتها: تتمثل هذه المشكلة في الحصول على تصور جيولوجي واضح ودقيق لمنطقة المسح.

مساحة المشروع تحت السطحية المطلوب تغطيتها بشكل كامل: 14.3 x 14.0 = 200 كم^2

عمق الهدف:4000 - 4500 م، السرعة المتوقعة: 4500 ميلي ثانية، الميل الأعظمي: 20°

الاتجاه المتوقع: غرب- شرق، التردد الأعظمي: 8 - 70 هرتز، درجة التغطية المطلوبة: 99

المشاكل الجيوفيزيائية: مسألة عبور الطاقة (Energy Transmition) ، والمشاكل قرب السطحية (Near-Surface Problems)، والمشاكل الستاتيكية (Statistical Problems)، وتغييرات السرعية الجانبية (Side velocity Changes).

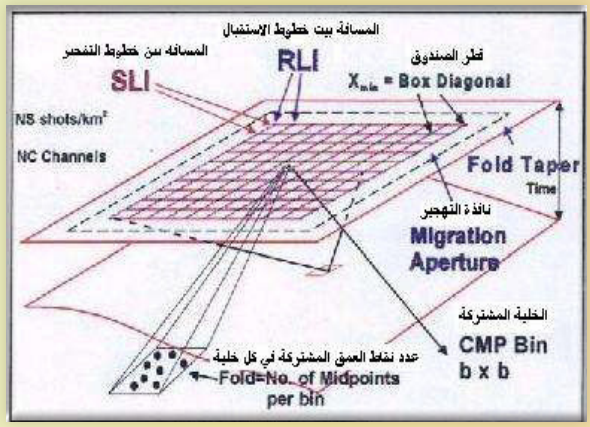
أهداف المسح الاهتزازي ثلاثي الأبعاد 3D Objectives: الحصول على كثافة عالية من المعلومات لتوضيح البنية التركيبية والتحديد الصحيح للتركيب، وعلى معلومات عالية الميز (High Resolution Data) من أجل تحديد المجالات المنتجة بشكل دقيق.

زمن الإنعكاس عن الهدف Reflection Time: 1.7 - 2 ثانية

5- **الخطوات الأساسية في تصميم الثوابت الحقلية لمشروع المسح ثلاثي الأبعاد**

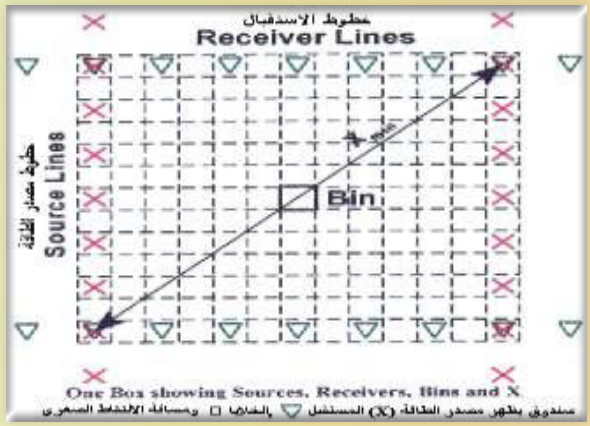
بعد توضيح الهدف الجيولوجي من المشروع، واعتماداً على الخصائص المتوفرة للإشارة

والتركيب الهدف في المنطقة، وعلى نتائج المسح ثلاثي الأبعاد، المنفذ من قبل الشركة الصينية في المنطقة المجاورة (حقل كبيبة)، تم تصميم النظام الهندسي للمسح ثلاثي الأبعاد من خلال تحديد الثوابت الرئيسية التي يظهرها الشكل- 85 ووفقاً للخطوات التالية:



الشكل- 85 المصطلحات المستخدمة في تصميم المسح ثلاثي الأبعاد (6)

1 – حساب المسافة بين نقاط الاستقبال(RI): يعتمد حساب البعد بين نقاط الاستقبال على السطح على المسافة بين نقاط الانعكاس تحت السطح أي نقاط العمق المشتركة (CDP)، والتي هيّ هنا عبارة عن خانات (BINS). ففي المسح ثلاثي الأبعاد الخانة هيّ قالب البناء الأساسي في المسح (الشكل- 86)، وتعتمد أبعادها على حجم الهدف، وعلى الميز الحيِّزي المطلوب (Spatial resolution)، وعلى العامل الاقتصادي (Economic factor). ويجب اختيار أبعاد الخانة بحيث تحقق لنا معاينة حيِّزية (Spatial Sampling) كافية، وذلك وفق نظرية المعاينة (Sampling Theorem)، التي تنص على أنه من أجل منع الترددات الخفيّة الحيِّزية (Spatial aliasing) نحتاج إلى أخذ عينتين على الأقل من طول الموجة، وباعتبار أبعاد الخانة متساوية في الاتجاهين، اتجاه الاستقبال واتجاه التفجير، أي br=bs، فإنّ أبعاد الخانة تعطى بالعلاقة التالية:



الشكل- 86 صندوق يظهر الخلية في المسح الثلاثي (6)

$$\text{Max Bin Size} = V_{min} / (4 \times F_{max} \times \sin\theta)$$

حيث:

V_{min}- السرعة الصغرى أو السرعة عند الطبقة الهدف، و F_{max}- التردد الأعظمي المطلوب تسجيله، و θ- زاوية الميل العظمى. وبالتعويض وفق المعطيات المتوفرة فإنّ:

$$br=bs= 4500 / (4 \times 70 \times \sin 20)$$

وبأخذ 4 عينات من طول الموجة بهدف الحصول على الدقّة المطلوبة تصبح العلاقة

$$br = bs = 4500/(8 \times 70 \times \sin 20) = 23.5 \text{ m}$$

وبالتالي يمكن اعتبار المسافة تحت السطحيّة بين نقاط الإنعكاس هي br = bs =25 m تقريباً.

وباعتبار أنّ المسافة بين نقاط الاستقبال والتفجير على السطح (SI، RI) تساوي ضعف المسافة بين نقاط الانعكاس تحت السطحيّة وفق مبدأ نقطة العمق المشتركة CDP فإن:

$$SI = 2bs = 50 \text{ m}، \qquad RI = 2br = 50 \text{ m}$$

لذلك فإنّ المسافة المقترحة بين نقاط الاستقبال ونقاط الرّج على السطح هي 50 م.

2- **البعد الأصغري لاستقبال الإشارة** (X_{min}): تعتبر مسافة الاستقبال الصغرى أو ما يسمى بمنطقة فرينل من أهم الثوابت الواجب أخذها بالاعتبار لما لها من أهمية في تحديد دقة المعلومات الناتجة عن المسح. حيث يمثل هذا الثابت المنطقة الأولى، التي يحدث فيها التداخل التراكيبي بين الأمواج، وهو يمثل أكبر مسافة صغرى للتسجيل ضمن رقعة المسح الثلاثي (Patch)، وله أهمية خاصة من جهة توضيحه للعواكس الضحلة (Shallow Reflector) بشكل مباشر، وهو يحسب بالعلاقة:

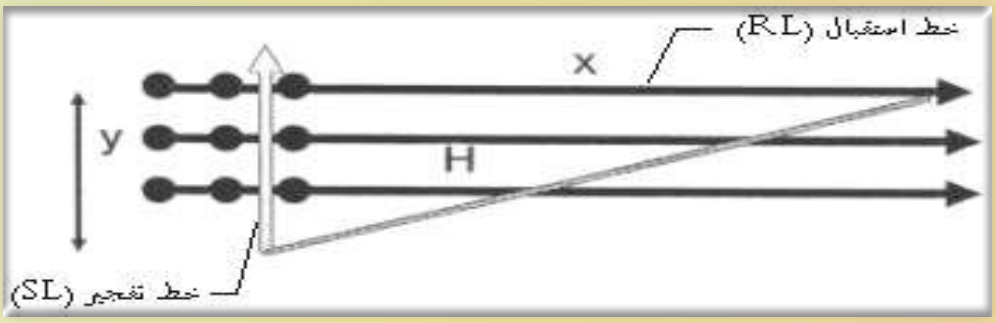
$$X\min = \frac{V}{2} \times \sqrt{\frac{T}{F}}$$

حيث: V- السرعة عند الهدف، و T - زمن العاكس، و F - التردد المطلوب

وبالتعويض بالمعلومات المتوفرة نجد:

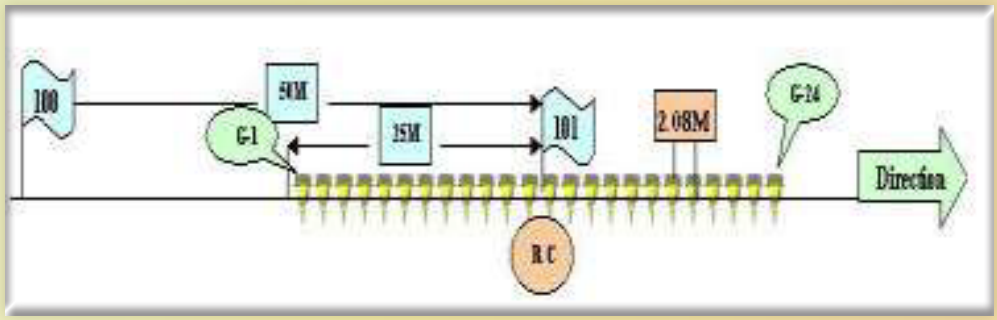
$$X\min = \frac{4500}{2} \times \sqrt{\frac{2}{70}} = 450m$$

3- **البعد الاعظمي لاستقبال الإشارة** X_{max}: يمثل هذا البعد المسافة بين نقطة التفجير وأبعد أثر لاقط ضمن رقعة المسح، أي أطول مسافة تسجيل ضمن الرقعة، (أي المسافة H في الشكل- 87). وهذا تابع لعمق الهدف، ويكون عادةً مساوياً أو أكبر من ذلك العمق. وهذا الثابت يحدّد طول خط التسجيل (عدد الأقنية في كل خط NC/L) وعدد خطوط التسجيل في كل رواق (RL/Swath)، وفي منطقة البحث فإنّ X_{max} يجب أن تكون أكبر من 4500 م.



الشكل- 87 مسافة الالتقاط العظمى (X_{max}=H) (6)

4- **ترتيب اللواقط** Geophone Array: الشكل المقترح هو الشكل الخطّي (Linear Array) الموضح في الشكل- 88، حيث المسافة بين اللواقط في هذه الحالة مساوية 2.08 م.



الشكل- 88 تشكيلة اللواقط –الشكل الخطي (6)

5- **حساب التردد الأصغري** (F_{min}): يتم اختيار التردد الأدنى، المطلوب تسجيله أثناء عملية المسح للحصول على الدقة المطلوبة، من التجارب الحقلية، التي تجرى قبل عملية المسح، حيث كان في هذا البرنامج 8 هرتز.

6- **تحديد التردد الأعظمي** (F_{max}): يتم تحديد هذا التردد من خلال الاختبار قبل البدء بالعمل حيث استخدمت عدة مجالات (80 - 40، -8 50، 8 - 60، 8 - 70، 8 - 80) هرتز. ومن خلال مقارنة المرقاب الحقلي لتلك المجالات اختير التردد الأعظمي الأفضل مساوٍ 70 هرتز.

ملاحظة: يتم إختيار شكل إشارة الرّج وطول الرّجة بواسطة التجارب الحقليّة عند تنفيذ المسح ثلاثي الأبعاد.

7- **حساب نافذة التهجير** (MA) MIGRATION APERTURE: نافذة التهجير هي المساحة السطحية التي تجب إضافتها إلى المساحة تحت السطحية المطلوبة لكي تكون عملية التهجير كاملة، وتعتمد هذه المساحة على الميل والسرعة والزمن عند العاكس الهدف، وتحسب بالعلاقة:

$$MA=(VT/2)Tan\theta$$

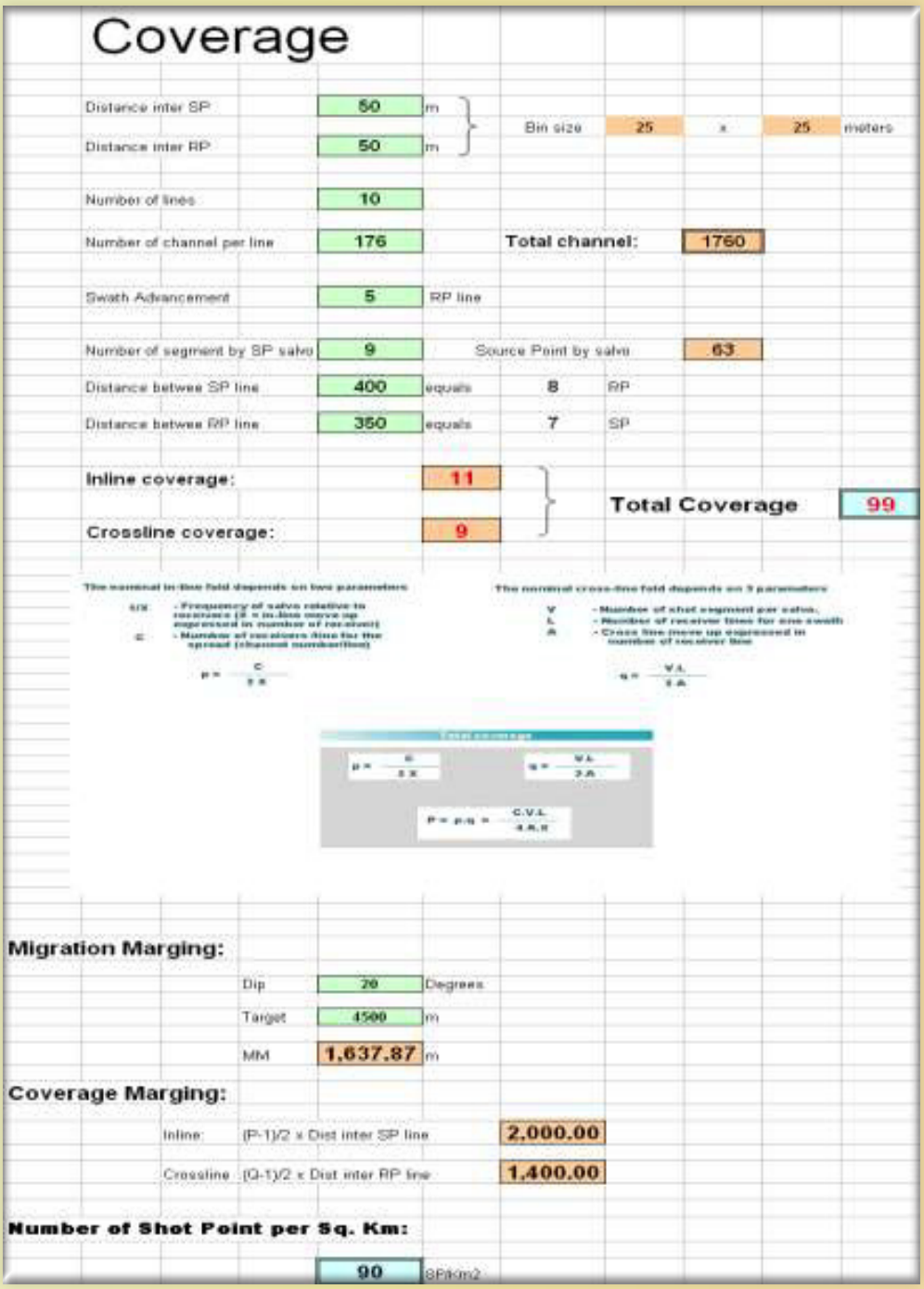
وبالتعويض نجد:

$$MA = (4500 \times 2/2) \times Tan\ 20 = 1637\ m$$

عوامل الرّج العمودي (الآجري) في برنامج الجبسة

يتألف هذا النظام من الثوابت التالية: عدد خطوط الاستقبال (NRL)=10، عدد الأقنية في كل خط (NC/L)=176، عدد الأقنية الكلي (NC)=1760، المسافة بين نقاط الاستقبال (RI)=50 م، المسافة بين خطوط الرج (SLI)=400 م، المسافة بين نقاط الرج (SI)=50 م، المسافة بين خطوط الاستقبال (RLI)=350 م، عدد نقاط الرج في خط الرج (NC/SL)=63، Rolling =5 RL=1400 m.

وقد تم التأكد من صحة وملائمة هذه الثوابت من خلال تطبيق برنامج جيولاند (Geoland). وهذه الثوابت موضحة في الشكل- 89 أدناه.



الشكل- 89 يبين عوامل المسح ثلاثي الأبعاد في الجبسة

والتغطية التي نحصل عليها من خلال تنفيذ هذا النظام هي 99 (11 في اتجاه التنفيذ و9 في الاتجاه العمودي) وتحسب كالتالي:

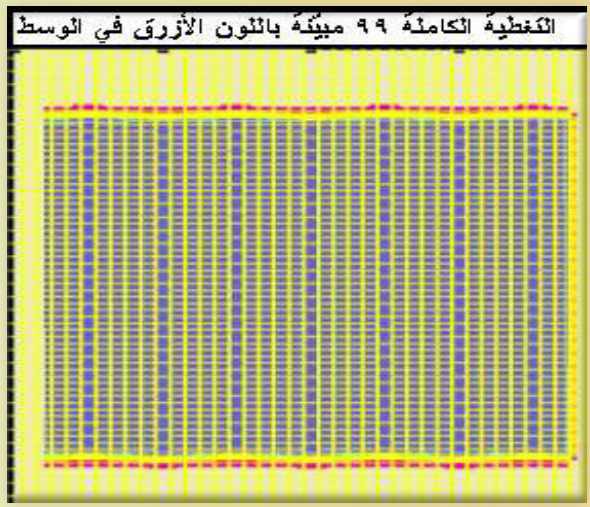
- التغطية في اتجاه التسجيل (In- line):

$$In\,Line\,Fold = \frac{Nc/L}{2\times SLI(in\,RI\,unit)} = \frac{176}{2\times 8} = 11$$

- في الاتجاه العمودي (Cross line)

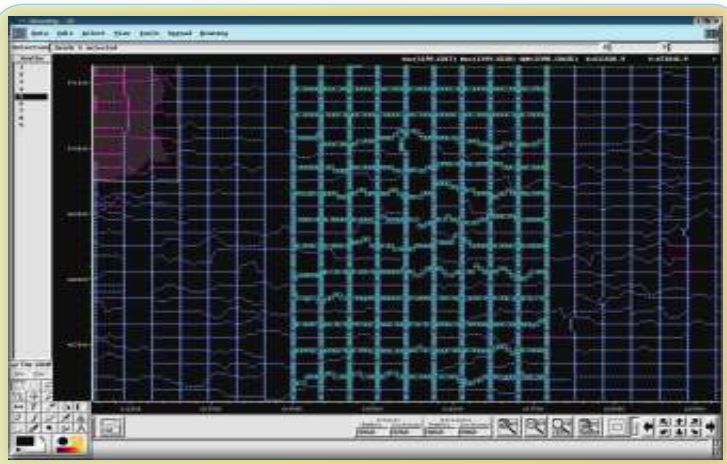
$$Cross\ Line\,Fold = \frac{NRL}{2}\times\frac{NS/SALVO}{ROL(in\,SI\,unit)} = \frac{10}{2}\times\frac{9}{5} = 9$$

- درجة التغطية الإجمالية (Total fold): 11× 9 =99 (الشكل- 90).



الشكل- 90 يبين مخطط التغطية الاجمالية في مشروع الجبسة

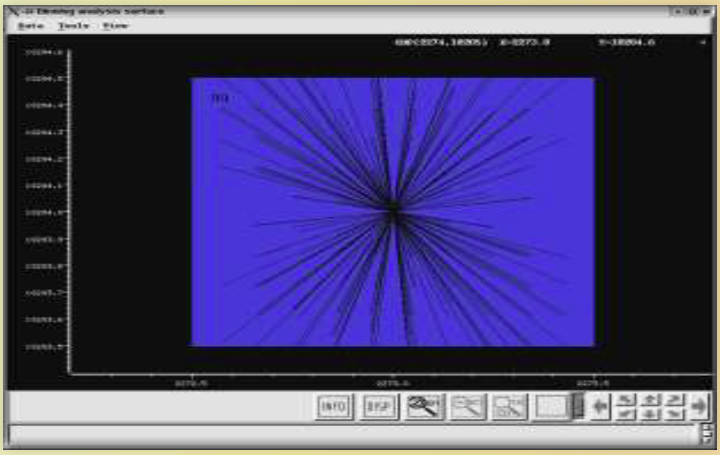
وهذا النظام يناسب المنطقة الهادئة أو المنبسطة نسبياً. وتتميز التشكيلة العمودية بشكل رئيسي بأنه يمكن الحصول بواسطتها على معلومات من كل الاتجاهات، ويمثل الشكل- 91 التشكيلة العمودية لرواق (سوات Swath) واحد في برنامج جيولاند (Geoland).



الشكل- 91 يبين رواق (Swath) واحد في النظام العمودي- الأجري للمسح

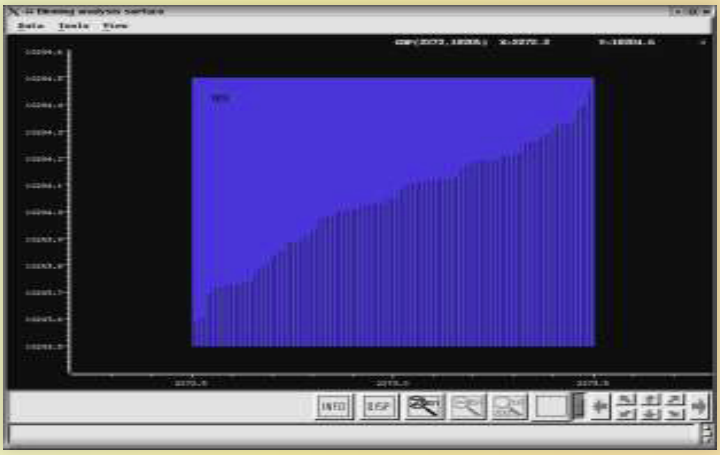
ويمكن تلخيص الفوائد الفنية للنظام العمودي (الآجري) المنفذ بما يلي:

1 ً – توزّع سمتي جيد، كما في الشكل التالي، مع مرونة تامّة في توجيه الشبكة (وهو مناسب لمسح التراكيب متعددة الاتجاهات) (الشكل- 92).



الشكل- 92 توزع السموت التابعة لخانة واحدة

2 ً – التوزّع المتوازن بشكل جيد للمسافات (Offset Distribution) القصيرة مما يمكّن من حذف الأمواج المضاعفة بشكل فعال (الشكل- 93).



الشكل- 93 توزع التباعدات في خانة واحدة

بالإضافة إلى الفوائد الفنية فهناك فوائد على صعيد التشغيل (Operation) تتمثل فيما يلي:

– استخدام التداخل بين خطوط الرّج بدلاً من خطوط الاستقبال من شأنه تقليل المشاكل المتعلقة بمدّ الكابلات ورفعها.

– استخدام شبكة واسعة بمسافة 400 م بين خطوط الرج يسهِّل تحديد مواقع نقاط الرّج.

– تسمح هذه التشكيلة بمدّ خطوط الاستقبال مرّة واحدة بدون عملية قفل (Zipper).

– مضاعفة عدد نقاط الرّج في هذه الطريقة تخفّض الانتقال من خط رّج إلى آخر إلى الحد الأدنى.

الدراسة الاقتصادية لمشروع الجبسة

تتم الدراسة الاقتصادية على عدة مراحل:

1 – حساب المساحة الكلية المغطاة على السطح:

- حساب المسافة الكلية للتغطية المضافة في اتجاه خط التسجيل In- line:

التغطية المضافة في اتجاه خط التسجيل=[(التغطية الطولية/2) – 05]*المسافة بين خطوط الرج

- حساب المسافة الكلية للتغطية المضافة في الاتجاه العرضي Cross- line:

التغطية المضافة في الاتجاه العرضي=[(التغطية العرضية/2) – 05]*المسافة بين خطوط الاستقبال

- حساب المسافة الكلية للتهجير المضافة في جميع الاتجاهات:

ظل زاوية الميل * عمق الهدف

- المساحة الكلية المغطاة على السطح.

2 – حساب عدد نقاط الرج في الكيلومتر المربع الواحد.

3 – حساب التكلفة الاقتصادية لمشروع المسح.

وكانت نتائج دراسة المراحل السابقة كالتالي:

1- المساحة الكلية لمشروع الجبسة بعد الإضافات المذكورة سابقاً: 200 كم^2

2- حساب عدد نقاط الرج في الكم^2 الواحد بالعلاقة التالية:

NS= U/(br*bs) * (total fold/NC)

حيث:

U: ثابت وقيمته 1000000، نتيجة التحويل من المتر إلى الكيلومتر

(br×bs): أبعاد الخانة وهي في مشروع الجبسة: (25×25)

Fold: التغطية الكلية وهي في مشروع الجبسة: 11×9=99

NC: عدد الأقنية الكلية في المد وتساوي في مشروع الجبسة: 1760 قنال

بالتعويض بالعلاقة السابقة: عدد نقاط الرج في الكم^2 الواحد=90 نقطة رج

- عدد نقاط الرج الإجمالي في المشروع=عدد نقاط الرج في الكم^2 الواحد × المساحة السطحية الكلية=90 × 200=18000 نقطة رج.

حساب التكلفة الاقتصادية لمشروع الجبسة

يتضمن حساب التكلفة الاقتصادية للمشروع ثلاث خطوات أساسية هي:

1 - حساب تكلفة العمل الحقلي: إذا افترضنا أن تكلفة نقطة المسح الواحدة هي 125 دولار أمريكي وفق الأسعار المحلية والعالمية، ستكون التكلفة الكلية للمسح

125 x 18000 =2250000 دولار أمريكي.

2 - حساب تكلفة معاملة معطيات المشروع: بفرض أن تكلفة معاملة النقطة الواحدة حسب الأسعار العالمية وسطياً = 10 دولار أمريكي، فستكون تكلفة معاملة المسح

10 x 18000 = 180000 دولار أمريكي.

3 - حساب تكلفة تفسير معطيات المشروع: إن التفسير العادي للمعطيات في هذا المشروع يكلف 50000 دولار أمريكي، وإذا كان التفسير متقدماً فإنه سيكلف حوالي 100000 دولار أمريكي وربما أكثر.

4 - حساب التكلفة الكلية للمسح: بفرض التفسير المتقدم لمعطيات المسح، تكون التكلفية الكلية مساوية لمجموع تكلفة العمل الحقلي والمعاملة والتفسير.

2250000 + 180000 + 100000 = 2530000 **دولار أمريكي**

وهذه التكلفة تبرر إجراء المسح ومعاملته وتفسيره كونها لا تعادل أكثر من تكلفة حفر بئر استكشافية واحدة.

الخاتمــة

ما ورد سابقاً من هذا البحث يدلل بشكل واضح وبما لا يدع مجالاً للشك على أهمية وتأثير تقنية المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد، وكذلكً الحفر الأفقي المبني على نتائج تفسير معطيات هذا المسح في حقل كبيبة. ومن المؤكد أن لهاتين التقنيتين التأثر نفسه في الحقول المشابهة ليس في سوريا وحدها بل في المناطق النفطية الأخرى في العالم. وقد يكون من المفيد قبل إنهاء هذا البحث ببعض الأمثلة الموجزة التي تعزز القناعة وتؤكدها حول جدوى وأهمية وتأثير هاتين التقنيتين.

حقل القهار

يمثل حقل القهار مثالاً ممتازاً على الاستكشاف والتطوير الناجح بالاستخدام المبكر للمسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد، وهو يؤكد على ضرورة الحصول على معلومات زلزالية متطورة ومكثفة ليتم تحديد البنى التركيبية على أتم وجه من بداية فترة الاستكشاف وحتى مرحلة التطوير. فعندما بدأت شركة إلف عمليات الاستكشاف في منخفض الفرات في عام 1989، مكنتها الدراسات النفطية مجتمعة من تحديد البنية التركيبية العامة للفوالق وللمنطقة ككل. وقد أنجزت الدراسات الأولية للخطوط الزلزالية ثنائية البعد المنفذة في عامي 1983 و 1985. وأعطت شبكة من المعلومات الزلزالية اللامنتظمة. وفي عام 1989 اكتسبت بعض الخطوط الزلزالية ثنائية البعد الإضافية في المنطقة بما فيها منطقة القهار وتم فيها تقليص المسافة بين الخطوط المعاملة للميل العام لحوالي 500 – 750 م. وقد حددت التفسيرات الأولية للمعلومات الزلزالية ثنائية البعد تركيب صغير استلزم تغطية زلزالية إضافية. وفي عام 1991 أجري مسح زلزالي ثلاثي الأبعاد، مكنت التفسيرات الدقيقة لمعطياته من تحديد المصائد الرئيسية وبشكل مغاير تماماً للمصائد الأولية المفسرة على المعلومات ثنائية البعد (الشكل- 94).

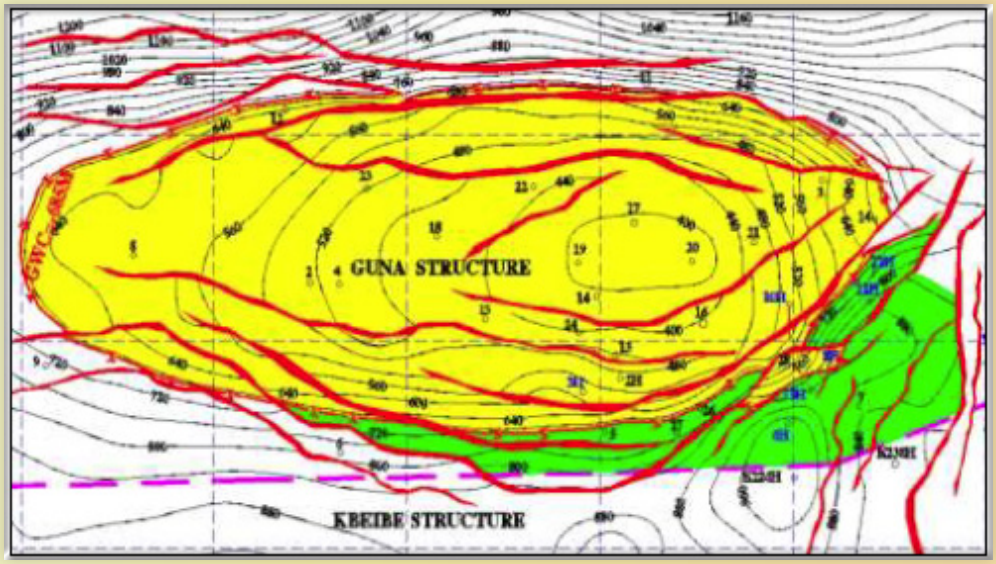
الشكل- 94 الخارطة التركيبية لحقل القهار (54)

وتم وضع خارطة لتركيب القهار باتجاه الشمال الغربي- الجنوب الشرقي مع الأخذ بعين الاعتبار الميول المستمدة للعواكس ودقة الفوالق في الخرائط من المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد، وفي عام 1992 حفر بئر القهار- 101 الاستكشافي في وسط التركيب، وأثبت وجود سماكة نفطية (232) متر في الحجر الرملي لتشكيلتي الرطبة والمولوسا- ف بشكل أساس. وبعد ذلك تم حفر 5 آبار تطويرية/تقييمية ايجابية متوضعة على خرائط المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد المعاد تفسيرها. وبلغ مستوى إنتاج «حقل القهار» في حينه (عام 1997) حوالي 30000 برميل/يوم (54).

إن الاكتشاف والتطوير الناجح لحقل القهار يظهران أهمية المسح الزلزالي الثلاثي الأبعاد في بداية مرحلة الاستكشاف للتمكن من تحديد أفضل للتراكيب وتحديد مواقع الآبار المستقبلية.

حقل غونا

يقع تركيب غونا بمحاذاة تركيب كبيبة من الجهة الشمالية، وهو عبارة عن طية محدبة اتجاهها شرق- غرب، ومساحته 154 كم^2، وهو مقسَّم بفوالق عرضية وطولية إلى عدة بلوكات (الشكل- 95).



الشكل- 95 الخارطة التركيبية لأغلى تشكيلة الشيلو- B في تركيب غونا (1)

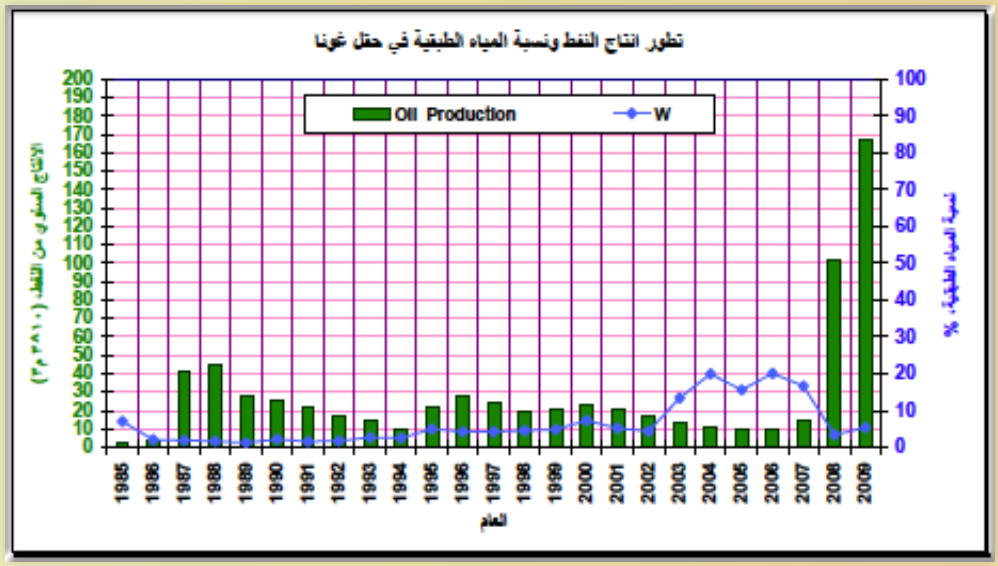
حفرت البئر الاستكشافية الأولى غونا- 1 عام 1949، وتم فيه اكتشاف الغاز في تشكيلة الشيلو. ثم توقف الحفر في التركيب إلى أن استؤنف من قبل الشركة السورية للنفط في عام 1972، وفي الفترة -1972 1980 تم حفر 9 آبار كانت نتائجها إيجابية في تشكيلتي الشيلو والجدالا.

تعتبر تشكيلة الشيلو في حقل غونا مماثلة لتشكيلة الشيلو في حقل كبيبة، والتي تمت دراستها بالتفصيل في الفصل الثالث من هذا البحث، أمَّا تشكيلة الجدالا (عمر الإيوسين)،

فتتكون من حجر كلسي عضوي، مارلي، نيموليتي، أحياناً غلوكوني مع عقد من الصوان. ومقطعها شبه متجانس، وهي تتوضع أسفل تشكيلة الشيلو وبعدم توافق على رسوبيات الكريتاسي العلوي. وقد اخترقت هذه التشكيلة بعدد محدود من الآبار في تركيب غونا وتتراوح سماكتها من حوالي 400 م.

وفي الثمانينات من القرن الماضي استكمل استكشاف التركيب من قبل شركة بلغارجيومين بحفر 6 آبار، تم الحصول على نفط تجاري في ثلاثة منها من الجزء السفلي من تشكيلة الشيلو والجزء العلوي من تشكيلة الجدالا. وفي عام 1995 حفرت أول بئر أفقية في التركيب في تشكيلتي الشيلو والجدالا كان إنتاجها الأولي من النفط 114 م^3/ي، وفي عامي 1998 و 2000 حفرت بئران أفقيتان كان الإنتاج الأولي لكل منهما حوالي 75 م^3/ي. وفي عام 2002 حفرت بئر أفقية أخرى كانت نتيجتها سلبية، الأمر الذي أدى إلى توقف الحفر الأفقي حتى عام 2007. وبعد إجراء المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد لتركيب كبيبة ولقسم من تركيب غونا من قبل شركة كوكب، والحصول على نتائج جيدة من الآبار الأفقية التي حفرت في الجزء الشمالي الشرقي من تركيب كبيبة المحاذي للجزء الجنوبي الشرقي من تركيب غونا، استؤنف الحفر مرة ثانية وحفرت 4 آبار أفقية لغاية عام 2009 كان إنتاجها الأولي من النفط يتراوح من 35 حتى 75 م^3/ي، ولا يزال الحفر الأفقي في التركيب مستمراً حتى تاريخه.

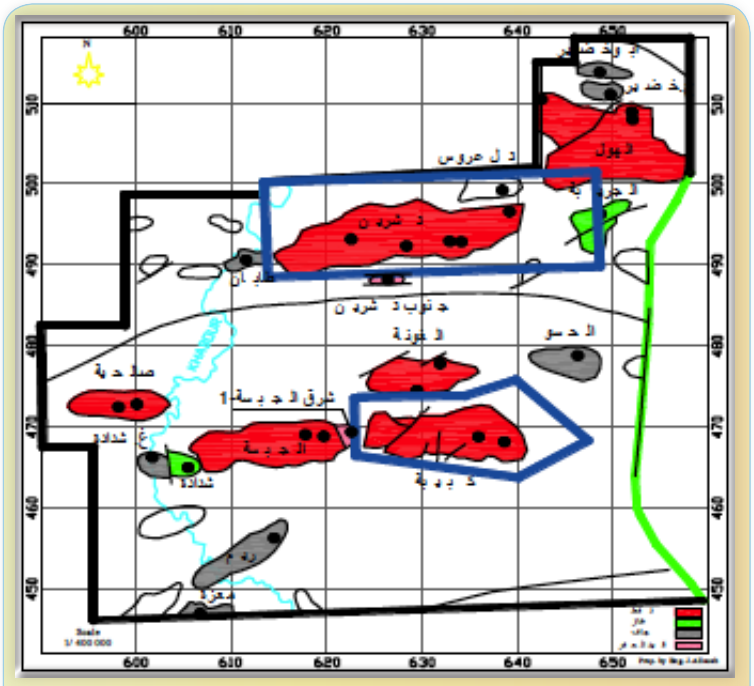
وبناءً على نتائج معطيات المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد المنفذ للحقل مع حقل كبيبة عام 2005 وإعادة تقييم بعض الآبار ومعطيات الآبار الأفقية والمؤشرات الإنتاجية للحقل ككل حصلت زيادة على الاحتياطي الجيولوجي للنفط والغاز الحر المقيَّم سابقاً بحدود 40 % للنفط و46 % للغاز الحر. والشكل- 96 يبين الزيادة الكبيرة في إنتاج حقل غونا من النفط بعد معاودة الحفر الأفقي في المنطقة المجاورة لحقل كبيبة.



الشكل- 96 تطور إنتاج النفط ونسب المياه في حقل غونا

حقل تشرين

يقع حقل تشرين في شمال شرق القطر في منطقة طيات تشرين-جبسة (الشكل- 97)، وهو محدب طولاني، بمساحة تقريبية 380 كم^2. وهو يقسم من الناحية الإنتاجية إلى جزأين: شرقي منتج للنفط من مكمن الشيرانيش (الكريتاسي الأعلى)، وغربي منتج للنفط من مكمني الشيلو والجدالا (الإيوسين والأوليغوسين). وقد تم اكتشاف النفط في الحقل عام 1975، وبدأ الإنتاج من تشكيلة الجدالا عام 1978، ومن مكمن الشيلو عام 1983. وهاتان التشكيلتان مشابهتان جيولوجياً وخزنياً لمثليتهما في حقلي كبيبة وغونا إلى حدٍ كبير.

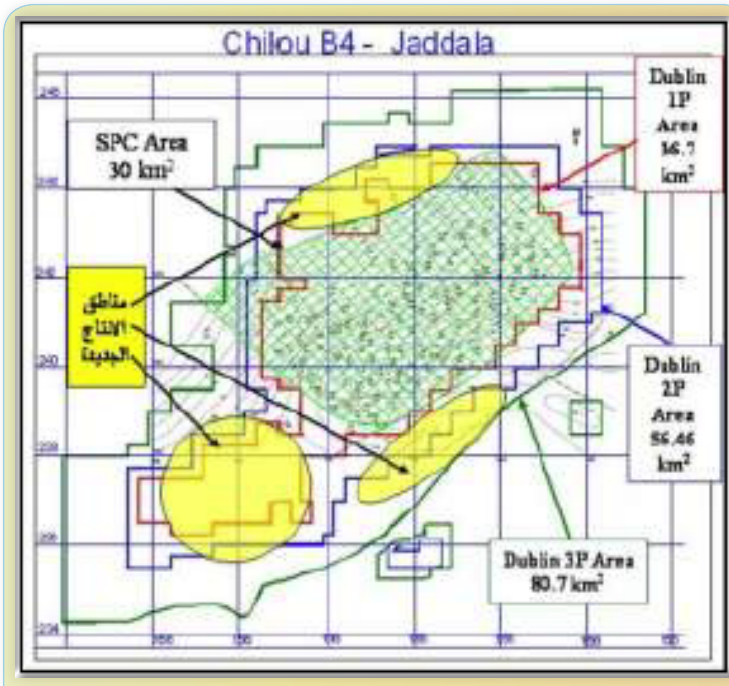


الشكل- 97 خريطة مواقع تراكيب منطقة تشرين- جبسة (المصدر مديرية الاستكشاف- spc)

وفي عام 2004 بلغ عدد الآبار المنتجة من مكمن الشيلو 36 بئراً، منها 3 آبار عمودية، و 24 بئراً أفقية و 9 آبار عمودية قديمة تم فيها فتح نوافذ وحفر جذوع مائلة- أفقية. وقد قيّم العديد من الآبار العمودية التي وصل عددها 35 بئراً، دخل منها بالإنتاج الميكانيكي 20 بئراً فقط، وعمل معظمها بمعدلات إنتاج منخفضة، وبلغ وسطي إنتاج البئر الواحدة 2.3 م^3 يومياً من النفط، وعمل بعضها بشكل دوري نتيجة انخفاض مستويات السوائل بسبب سوء المواصفات الخزنية وطبيعة النفط الثقيل (API = 17) وعالي اللزوجة، وقد تم توقيف معظم الآبار نتيجة انخفاض الإنتاجية إلى ما دون الحد الاقتصادي. وبهدف زيادة الإنتاج وتحسين المردود أجريت عدة دراسات بينت أن الحفر الأفقي سيكون مناسباً في مثل ظروف مكمن الشيلو الجيولوجية والخزنية.

وفي عام 1997 حفرت البئر الأفقية الأولى، ثم توالى حفر الآبار الأفقية حتى أصبح عددها 24 بئراً بنهاية عام 2003، وبناءً على النتائج الايجابية لتلك الآبار، تم فتح نوافذ وحفر جذوع أفقية في 9 آبار عمودية موجودة داخل المساحة النفطية دخلت كلها في الإنتاج، وبلغ وسطي الإنتاج اليومي من البئر الواحدة بحدود 20 م^3/ي مقابل 3.8 م^3/ي للبئر العمودية، وبنسبة مياه وسطية منتجة مع النفط من الآبار الأفقية 6.5 % مقابل 26.2 % من الآبار العمودية (8).

وفي عام 2005 دخلت شركة دبلن الكندية في عقد مشاركة في الإنتاج لحقل تشرين مع الشركة السورية للنفط، وقامت في عام 2006 بإجراء مسح ثلاثي الأبعاد لمساحة 330 كم^2،



الشكل- 98 الخارطة التركيبية لتشكيلة الشيلو B4 – جدالة في كل من الشركة السورية للنفط وشركة دبلن (عودة حالياً) (62).

وبناءً على نتائج تفسير معطيات هذا المسح قامت بحفر العديد من الآبار الأفقية من منصات تتضمن المنصة الواحدة من بئرين حتى ثمانية آبار وقد حققت نتائج جيدة جداً وخاصة في الكشف عن امتدادات للتركيب أدت إلى زيادة الاحتياطي والإنتاج من النفط (الشكل-98)، وكانت نسبة نجاح الحفر الأفقي في المناطق الجديدة من الحقل عالية (77 %)، فقد تم لغاية 2009 حفر 44 بئراً أفقية في مكمني الشيلو والجدالا، 43 بئراً منها أعطت إنتاجاً أولياً جيداً من النفط وصل في بعضها إلى أكثر من 1000 برميل/يوم.

والخلاصة التي يمكن استنتاجها من هذا البحث هي أن تقنية المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد ذات تأثير إيجابي كبير ليس على عملية تطوير الحقول النفطية والغازية فقط بل على عملية استكشافها أيضاً، وهي تقنية حديثة نسبياً وفي تطور مستمر، وتطبيقها ينتشر باضطراد لما حققته وتحققه من نجاحات غير مسبوقة في تحديدها الدقيق للبنى التركيبية وفي تمكينها من دراسة وتحديد الكثير من خصائص ومواصفات المكامن النفطية والغازية كالشقوق والفوالق ... وغيرها.

وفي سوريا، دخلت هذه التقنية بشكل مبكر وسرعان ما أعطت نتائج جيدة ومتميزة مقارنة بتقنية المسح الزلزالي ثنائي البُعد ممَّا أدى إلى انتشار تطبيقها بشكل واسع وأصبحت أداة رئيسة لدى كافة الشركات النفطية العاملة في القطر بما فيها الشركة السورية للنفط.

وبالنسبة لتقنية الحفر الأفقي فهي أيضاً ذات تأثير بالغ على عملية إنتاج النفط والغاز، وخاصة عند استخدامها في ضوء التفسير المتقدم لمعطيات المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد، وقد وصل الأمر ببعض الشركات النفطية العاملة في سوريا إلى الاعتماد على الحفر الأفقي بنسبة عالية جداً كشركة كوكب في حقل كبيبة وشركة عودة في حقل تشرين والشركة السورية للنفط في حقل السويدية.

المراجع المستخدمة

المراجع باللغة العربية

1. احتياطي النفط والغاز في مكامن مديرية حقول الجبسة موقوفاً في 2009/1/1، مديرية حقول الجبسة، الشركة السورية للنفط.
2. الاستخلاص البترولي المحسن. إدارة الشؤون الفنية، منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول "أوابك"، الكويت 2009، 92 صفحة.
3. تركي الحمش: "ملامح تطور تقنيات حفر آبار البترول". مجلة النفط والتعاون العربي، المجلد 34، العدد 126، صيف 2008، ص 33 - 79.
4. جان أرك ودي ريس: «اصطياد الكربون من مصادر الانبعاثات الصناعية لاستخدامه في تطبيقات الإفاضة بـ CO2 القابل للامتزاج في الشرق الأوسط". مجلة النفط والتعاون العربي، المجلد 33، العدد 123، خريف 2007، ص 81 - 90.
5. حفر أطول بئر نفطي أفقي عالمياً في المياه الإقليمية القطرية

http://www.arabic.xinhuanet.com/arabic/2008- 0518//content_634985.htm

6. حمزة الدنيا: "دراسة البنية الجيولوجية لحوض الدو باستخدام المعطيات الاهتزازية"، رسالة ماجستير بإشراف د. حكمت محمد، جامعة البعث، 2002.
7. خالد أحمد خلف: "المواصفات الليتالوجية والبتروفيزيائية للصخور الكربوناتية الحاملة للهيدروكربون في تشكيلة الشيلو في تراكيب الجبسة في سوريا". المؤتمر السوري المصري الثامن، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، جامعة البعث، سوريا، 13 - 2009/10/15.
8. خالد مضيها: "تعزيز الانتاج وزيادة معامل الاستخلاص في مكمن الشيلو- حقل تشرين"، مجلة النفط والتعاون العربي، المجلد 31، العدد 114، صسف 2005، صفحة 9 - 34
9. خارطة الوحدات التكتونية الرئيسة في سورية، مديرية الاستكشاف، الشركة السورية للنفط.
10. خرائط وجداول حساب الاحتياطي للنفط والغاز في تراكيب مديرية حقول الجبسة حتى 1983/12/31، مديرية حقول الجبسة، الشركة السورية للنفط، 1984.
11. دراسة المخطط التكنولوجي لتطوير تشكيلتي الجريبي والشيلو في حقل بترول الجبسة. المجلد الأول (الخواص الجيولوجية للحقل وتقييم الاحتياطي الجيولوجي للنفط والغاز)، معهد الدولة لعلوم وأبحاث وتصاميم الصناعة النفطية، أوكروغيبرونينيفت، كييف-1979، (نقله من الانكليزية إلى العربية م. هيثم السباعي و د. م. محمد مختار اللبابيدي و م. فرج مناشي، مديرية هندسة البترول- SPC، دمشق- 1979).

12. دراسة جيولوجية وحساب احتياطي النفط والغاز في تشكيلة الشيلو في تركيبي كبيبة وغونا. المجلد الأول، 128 صفحة، دمشق، 1981، (الشركة السورية للنفط، مديرية الدراسات الاستكشافية، بإشراف د. م. محمد مختار اللبابيدي).

13. سارة توماس: "استخلاص النفط المعزَّز EOR: نظرة شاملة". مجلة النفط والتعاون العربي- المجلد 34 العدد 126 صيف 2008 ص 9 - 31.

14. غيير هـ هار: «إدارة غاز ثاني أكسيد الكربون Co_2: مفتاح التنمية المستدامة". مجلة النفط والتعاون العربي- المجلد 33 العدد 123 خريف 2007 ص 91 - 108

15. فرانسوا كالايجيان: «الاستخلاص البترولي المدعَّم باستخدام غاز ثاني أكسيد الكربون Co_2: فرصة للتطوير المستدام للحقول الناضبة". مجلة النفط والتعاون العربي- المجلد 33 العدد 123 خريف 2007 ص 109 - 122.

16. محمد مختار اللبابيدي: «مبادئ التنقيب عن البترول». الملتقى العشرون لأساسيات صناعة النفط والغاز، 22 - 26 آذار/مارس 2009 دولة الكويت، منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك)

17. منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك)، تقرير الأمين العام السنوي الخامس والثلاثون 1429/1428 هجري- 2088 ميلادي، صفحة 80 - 81.

18. نور الدين الخلقي: "التقنيات الحديثة في مجال الاستكشاف والإنتاج ونتائج تطبيقها في الدول العربية". مجلة النفط والتعاون العربي- المجلد 30 العدد 108 شتاء 2004 ص 87 - 138.

المراجع باللغة الانكليزية

19- Ait- Messaoud M, Boulegroun M, Gribi A, Kasmi R, Touami M, Anderson B, Baaren P, El- Emam A, Rached G, Laake A, Pickering S, Moldoveanu N and Ozbek A "New Dimension in Land Seismic Technology", Oilfield Review 17, n 3 (Autumn 2005): 42- 53

20- Albertin I, Darling H, Mahdavi M, Plasek R, Cedeno I, Hemingway J, Richter P, Markley M, Olesen J- R, Roscoe B and Zeng W: "The Many Facets of Pulsed Neutron Cased- Hole Logging", Oil field Review 8, no. 2, (Summer 1996): 28- 41.

21- Albertin U, Kapoor J, Randah R, Smith M, Brown G, Soufleris C, Whitfield P, Dewey F, Famsworth J, Grubitz G and Kemme M.:"The Time for Depth Imaging", Oilfield Review 14, no. 11 (Spring 2002): 2- 15.

22- Anderson B.: "High Resolutrion structural and property mapping from surface seismic", Presented on Symposium on Developments in Oil Exploration and Production Technology. Organized Jointly by OAPEC and NOGA> Manama – Kingdom of Bahrain, 10- 12 Nov. 2008

23- Alvarado J, Dagaard A, Hansen P, Raven M, Heidler R, Hoshun R, Kovats J, Morriss C, Rose D and Wendt W: "Nuclear Magnetic Resonance Logging While Drilling", Oil field Review 15, no. 2, (Summer 2003): 40- 51.

24- Anderson B.:"High Resolutrion structural and property mapping from surface seismic", Presented on Symposium on Developments in Oil Exploration and Production Technology, organized Jointly by OAPEC and NOGA, Manama – Kingdom of Bahrain, 10- 12 Nov. 2008

25- Aronsen H, Osdal B, Dahi T, Eiken O, Goto R, Khazanehdari J, Pickering S and Smith P: "Time Will Tell: New Insights from Time- Lapse Seismic Data", Oilfield Review16, no. 2 (Summer 2004): 6- 15.

26- Ashton P, Bacon B, Mann A, Maldoveanu N, Deplante C, Reson D, Sinclair T and Redekop G.:"3D Seismic Survey Design", Oilfield Review 6, no. 2 (Apri 1994): 19- 32.

27- Bennett L, Calvez J, Sarver D, Tanner K, Birk W, Waters G, Drew J, Michaud G, Primiero P, Eisner L, Jones R, Leslie D, Williams M., Govenlock J, Klem R and Tezuka K:"The Source for Hydraulic Fracture rization", Oilfield Review17, no. 4 (Winter 2005/2006): 42 - 57.

28- Blackburn J, Hampden- Smith G, Menkiti H, Daniels J, Leaney S, Calvez J, Nutt L, Sanchez A, Dingwall S and Schinelli M :"Borehole Siesmic Surveys: Beyond the Vertical Profile", Oilfield Review19, no. 3 (Autumn 2007): 20- 33.

29- Bonner S, Clark B, Holenka J, Voisin B, Dusang J, Hansen R, White J and Walsgrove T: "Logging While Drilling: A Three- Year Perspective", Oil field Review 4, no. 3, (July 1992): 4- 21.

30- BREW, G., BARANZAGI, M., AL- MALEH, A., K. & SAWAF, T. (2001): Tectonic and Geologic Evolution of Syria. GeoArabia, Vol. 6, No.4,

31- Burgess K, Fields T, Harrigan Ed, Golich G. M, MacDougall T, Reeves R, Smith S, Thornsberry K, Ritchie B, Rivero R and Siegfried R: "Formation Testing and Sampling Through Casing", Oil field Review 14, no. 1, (Spring 2002): 46- 57.

32- Clvier, C., 1991, The Challenge of Logging Horizontal Wells: The Log Analyst, v. 32, no.2 , p. 63- 84

33- Dam C. G. and Graebner R. J.:"Field Development with Three Dimentional Seismic Methods in the Gulf of Thailand – A Case Study", The paper was presented at the 11th Annual Offshore Technology Conference in Houston Texas, April 30- May 3, 1979.

34- Dozier G, Elbel J, Fielder E, Hoover R, Lemp S, Reeves S, Siebrits E, Wisler D and Wolhart S: "Refracturing Works", Oilfield Review15, no. 3 (Autumn 2003): 38- 53.

35- Editing Reflection Seismology (section) – Wikipedia, The free encyclopedia.htm

36- EXPLORATION POTENTIAL OF THE EL HASEKAH CONCESSION, NORTH EAST SYRIA, Volume I, UNOCAL, MEA NORTHERN DISTRICT, April 1989

37- FINAL OPERATION REPORT, FOR SSKOC ON GBEIBE 3D Survey, 2005, BGP INC. SYRIA, Crew 8628

38- Fontenot K, Lesso B, Strickler R and Warren T : "Using Cassing to Drill Directional Wells", Oilfield Review17, no. 2 (Summer 2005): 44- 59.

39- Frontiers of Technology,

http://www.spe.org/jpt/199902//frontiers_seismic.htm

40- Gibson D. and Rice S.:"Promoting Environmental Responsibility in Seismic Operations", Oil field Review 15, no. 2, (Summer 2003): 10- 21.

41- GBEIBE FIELD, Phase one, Geological Model, Integrated Petroleum Engineering Studies, Prepared for SPC, beicip franlab, March 1995

42- Gbeibe Oilfield Development Plan for Enhancing Oil Recovery, Petromax International Ltd., May- 2004)

43- Innovation in acquisition geometries, telemetry improve complex imaging, seismic logging. DRILLING CONTRACTOR Magazine, vol. 65, No. 5, Sept/Oct 2009, p. 96- 99.

44- Integrated Geologic Study on Gbeibe Oil Field, Kawkab Company, Damascus, 2008

45- Introduction to Land Seismic Acquisition, Geoscience Training Centre, CGG, February- 2002

46- Images for Seismic Survey

http://images.google.co.uk/images?q=seismic+survey&um=1&hl=en&gbv=2&tbs=isch:1&sa=N&start=100&ndsp=20

47- James H, Tellez M, Schaetzlein G and Stark T:"Geophysical Interpretation: From Bits and Bytes to the Big Picture", Oilfield Review 6, no. 3 (july 1994): 23- 31.

48- Maute R. E: "Electrical Logging: State- of- the- ART", The Log Analyst, vol. 33, No. 3, (May- June 1992): 206- 227.

49- Morgan N.:"3D Seismic Data Aquisitio for The Practicing Explorationist", March- 1996

50- Nessim M.:"Fundamentals of 3D Seismic", IHRDC, 3- 7 October, 1992, for SPC

51- Oristaglio M.:"Challenges in resource exploration for the applied earth sciences",

http://earth.geology.yale.edu/alumni/presents/oristaglio.pdf

52- Otri M.: "Development in Seismic surveying in Syria and their impact on cost cutting and quality control using update methods and processing", OAPEC- IFP JOINT WORKSHOP, Cost Reduction in Exploration – Production, September 22- 24, 1998, IFP, Rueil- Malmaison, France

53-Prensky S. E: "A Survey of Recent Developments and Emergent Technology in Well Logging and Rock Characterization", The Log Analyst, v. 35, no. 2, March- April 1994, p. 27

54- Resent Development in 2D and 3D Seismic Surveys in Deir Ez Zor Area, Deir Az Zor Oil Company, Syrian Arab Republic, Technical Paper Presented at OAPEC Seminar on "New Technologies and their Impact on Increasing Petroleum Reserves and Production Capacities in the Arab Counties", Damascus- Syria: 28- 30 September, 1997.

55- Schlumberger, Gas Production Increases by 35 % in Cotton Valley Sand Formation, Case Study: Optimize fracturing treatment using StimMAP data.

http://www.slb.com/media/services/resources/casestudies/stimulation/stimmap_gas_cs.pdf

56- Schlumberger, Case Study: Oriented perforating and fracturing success, SMP 5400, May 2001,

http://www.slb.com/media/services/resources/casestudies/perforating/oriented_ perforating_northsea.pdf

57- Seismic Data Processing Overview, Geoscience Training Centre, CGG, 2002

58- Seismic Equipment Solution, One Source For Seismic Equipment Rentals

http://www_globalses_com- graphics- vio_Page_8_Image_0001_jpg.mht

59- Seismic interpretation,

http—www_unil_ch- webdav- site- igp- shared- stampfli_research- seismic- Geoviz_s_554_png.mht

60- Seismic Reflection Method, http:/www.principles_ou_edu- seismic_ explo- reflect- 3- d- seismic- slices_gif.htm

61- Technical Design for Gbeibe Oil Field 3D Seismic Survey, Syria- Sino Kawkab Oil Company, October, 2009

62- Tishreen OIP and Reserves - SPC Comparison, OUDEH Petroleum Company presentation, April- 2009

63- 3 - D seismic imaging,

http://www.enermaxine.com/3d- seismic- imaging/.

64- 3D seismic survey,

http://www_unil_ch- webdav- site- igp- shared- stampfli_teaching- 3D_Cube_s_554_png.mht

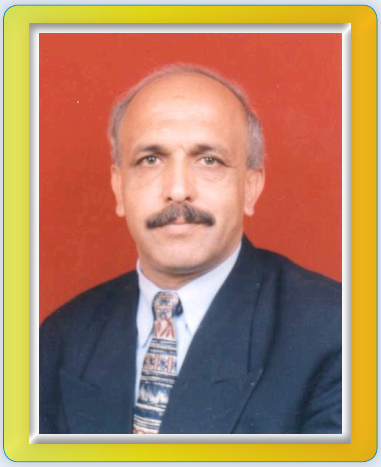
65- Well Logging Service Catalog.

http://www.jamstec.go.jp/chilyu/jp/Expedition/logging/logging_ service_catalog.pdf

66- What is seismic survey?

http://www.parkseismic.com/whatisseismicsurvey.htm

نبذة عن صاحب البحث



أعد هذا البحث المهندس خالد أحمد خلف من مواليد محافظة ريف دمشق عام 1954.

حصل على شهادتي الماجستير في عام 1980 والدكتوراه في عام 1986 في هندسة العلوم الجيولوجية من الاتحاد السوفيتي السابق – جمهورية أذربيجان.

حصل على شهادة الماجستير في هندسة البترول من كلية امبريال/ جامعة لندن (Imperial College London) في عام 1997.

يعمل في الشركة السورية للنفط منذ عام 1980 وقد تسلم مهمة رئاسة دائرة الجيولوجيا في مديرية حقول الجبسة منذ 2011/7/1 وحتى تاريخه.

عضو في جمعية مهندسي البترول العالمية (SPE)، وجمعية مفسري القياسات الجيوفيزيائية البئرية العالمية (SPWLA)، ونقابة المهندسين السوريين والجمعية الجيولوجية السورية.

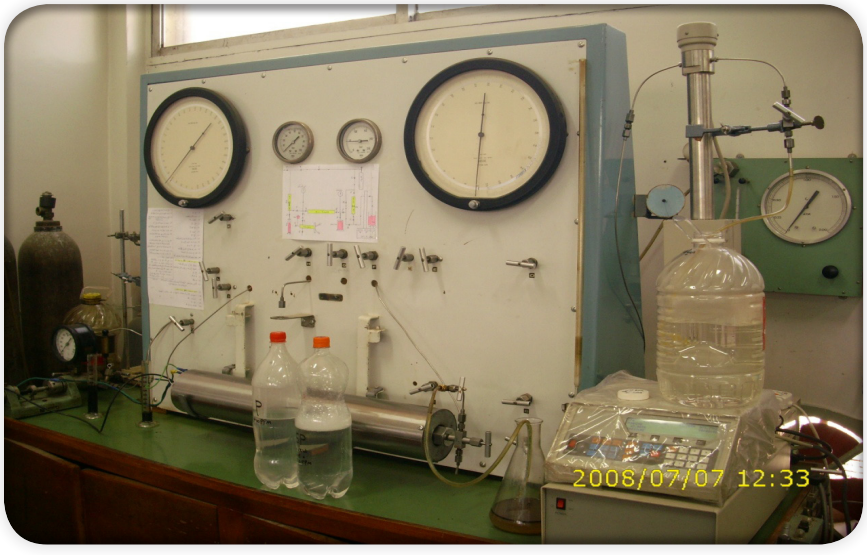
يجيد اللغتين الروسية والانجليزية بالاضافة إلى اللغة العربية.

جائزة
أوابك العلمية لعام 2010

الدراسة الثانية الفائزة
بالجائزة الثانية (مناصفة)

استخدام طريقة الحقن الكيميائي ASP*

لزيادة عامل الإزاحة النفطي في حقل ديرو (سوريا)



إعداد الدكتور المهندس
مصعب بدر الدين البريدي

* فازت هذه الدراسة بالجائزة الثانية (مناصفة) علماً بأن لجنة تحكيم جائزة أوابك العلمية لعام 2010 كانت قد قررت حجب الجائزة الأولى.

من إصدارات المنظمة

استخدام طريقة الحقن الكيميائي ASP *

لزيادة عامل الإزاحة النفطي في حقل ديرو (سوريا)

بحث علمي تطبيقي في مجال
Enhanced Oil Recovery (EOR)

إعداد
الدكتور المهندس
مصعب بدر الدين البريدي
PHD In Enhanced Oil Recovery(EOR)

نضوب النفط حقيقة علمية.ليس في سورية فقط بل في جميع البلدان المنتجة لهذه الثروة.ولعل في إحصائيات منظمة أوبك فيصلاً لهذه الحقيقة ، حيث أكدت في دراسة لها أن النفط العالمي سينضب عام 2050 رغم المحاولات في هذا البلد أو ذاك لتأخير أجل الزيت الأسود، كما أن زيادة الاستهلاك ستسرع من تاريخ النضوب، فالنفط موجود في تجاويف محددة ضمن طبقات الأرض وليس ثمة بحار نفطية .

أنجز هذا البحث بتاريخ 2010/2/23
E.mail : mosab853331@yahoo.com

* فازت هذه الدراسة بالجائزة الثانية (مناصفة) علماً بأن لجنة تحكيم جائزة أوابك العلمية لعام 2010 كانت قد قررت حجب الجائزة الأولى.

المقدمة

نضوب النفط حقيقة علمية.ليس في سورية فقط بل في جميع البلدان المنتجة لهذه الثروة. ولعل في إحصائيات منظمة أوبك فيصلاً لهذه الحقيقة ، حيث أكدت في دراسة لها أن النفط العالمي سينضب عام 2050 رغم المحاولات في هذا البلد أو ذاك لتأخير أجل الزيت الأسود، كما أن زيادة الاستهلاك ستسرع من تاريخ النضوب، فالنفط موجود في تجاويف محددة ضمن طبقات الأرض وليس ثمة بحار نفطية .

يشكل تدني إنتاج و تصدير النفط الخام عائقاً أمام تقدم الاقتصاد السوري في المستقبل المنظور و ذلك بسبب نضوب المخزون النفطي وعدم قدرة قطاعات الاقتصاد الرئيسة الأخرى كالصناعة والزراعة والسياحة التعويض عما يقدمه قطاع النفط للاقتصاد الوطني . لقد بدأنا نلمس حسب الدراسات المستمرة تناقص إنتاج النفط منذ عام 1998 وقت كان في الذروة أي 600 ألف برميل يومياً ، في حين لا يتجاوز إنتاجنا اليوم 350 ألف برميل يومياً ، ويتوقع أن يتناقص هذا الإنتاج بشكل كبير ابتداءً من العام 2008، وستصبح سورية بسبب تدني إنتاجها النفطي وتزايد استهلاكه محلياً مستورداً صافياً للنفط وذلك في حوالي العام2015 ، فالدراسات التي قامت بها الشركة السورية للنفط أكدت أن إنتاج النفط سيستمر بالتناقص وسينحدر إلى حوالي250 ألف برميل يوميا بحلول العام 2020 .

عملياً تستطيع طرق الإنتاج الأولي (PrimaryProduction) أن تحقق مردوداً يتراوح بين15-25 % في حين أن طرق الإنتاج الثانوي(SecondaryProduction) يمكن أن تحقق مردوداًإضافياً يتراوح بين10-20 % وهذا يعني بقاء كميات من النفط ضمن الطبقة المنتجة لايمكن استخراجها إلا بتطبيق طرق الإنتاج الثالثي (الإنتاج المدعم للنفط) والتي تشكل الطرق الكيميائية أحد أنواعها الهامة .

وهذا مادفعنا إلى البحث في سبل تطوير طرق إنتاج النفط في الحقول السورية وذلك عن طريق التوجه لدراسة إمكانية استخدام طرق الاستثمار المدعم للنفط (EOR)، وبصورة خاصة الطرق الكيميائية منها Chemical EOR والتي يمكن أن ترفع مردود الطبقة بشكل أكبر وبالتالي تمكن من استخراج الكميات المتبقية من النفط في الطبقة المنتجة . تتميز الطرق الكيميائية بما يلي :

- **سهولة تطبيقها، حيث لا تحتاج إلى معدات سطحية كثيرة ومعقدة كباقي طرق الاستثمار المدعم للنفط الأخرى مثل حقن CO_2، حقن البخار.... الخ، إضافة إلى استخدامها الآمن.**
- **إمكانية تطبيقها في مختلف مراحل استثمار الحقل، كما أن الشروط الحدية التي تفرض استخدامها تمتاز بالمرونة مما يجعلها مؤهلة لتشمل حقولاً واسعة .**
- **الانتشارالواسع لاستخدام هذه الطرق في الوقت الحالي عالمياً وخاصة مع ارتفاع أسعار النفط مؤخراً، مما جعل هذه الطرق اقتصادية وفتح المجال أمامها بعد أن كان استخدامها في الماضي محدوداً بأسعار النفط المنخفضة(العامل الاقتصادي).**

- إمكانية تطبيق هذه الطرق مع الحقن المائي الواسع الانتشار عالمياً في حقول كثيرة، إضافة إلى كون طريقة الحقن المائي مطبقة حالياً في بعض الحقول السورية لزيادة عامل الإزاحة النفطي، حيث يؤدي استخدام هذه الطرق مع الحقن المائي إلى تحسين فعالية الكسح (SweepEfficiency)، وبالتالي زيادة المردود النفطي بشكل أفضل من استخدام الحقن المائي لوحده.

- التنوع الكبير لهذه الطرق وبالتالي التنوع الواسع في شروط استخدامها الأمر الذي يجعلها تشمل حقولاً كثيرة لتطبيقها (Alkaline، Polymer، Surfactant، ASP، MAP، MP، SP، AP، ....).

تُشكل مخفضات التوتر السطحي ، البوليميرات ، والقلويات المكونات الرئيسة لأية عملية استثمار مدعم للنفط كيميائياً ، ويمكن أن تكون تفاعلات هذه المواد مهمةً جداً بالنسبة للنتيجة النهائية للتجارب الحقلية حيث يمكن أن تعزز أو تقلل من التأثير المرغوب لكل مادة عندما تختلط دفعات هذه المواد المختلفة في المكمن. قد يكون المطلوب في بعض الحالات حقن هذه المواد الكيميائية المختلفة معاً في ذات الدفعة كما هو الحال في الطريقة موضوع البحث (ASP) وذلك لكي يكون لها تأثير مضاعف و لتقصير المدة اللازمة للحقن وبالتالي تطوير هذه العملية اقتصادياً. وبما أن حقن محاليل مخفضات التوترالسطحي والقلويات والبوليميرات يعتمد على مبدأ الإزاحة بالامتزاج فإن دراسة السلوك الطوري لهذه المحاليل مع النفط ضرورية جداً من أجل تشكيل أنظمة تُبدي مناطق ثنائية الطور ذات حجوم صغيرة .

تُعتبر طريقة الحقن الكيميائي(ASP) تقنية حديثة في الاستثمار المدعم للنفط ، مُطورة عن طريقة حقن البوليميرات وحقن القلويات وحقن مخفضات التوتر السطحي، فهي تجمع بين محاسن هذه الطرق جميعها، وتلقى هذه الطريقة في الوقت الحالي اهتماماً كبيراً من حيث البحث والتطبيق. كما أن استخدام هذه الكيماويات معاً يمكن أن يحقق مردوداً مرتفعاً للنفط وبكلفة منخفضة نسبياً، وذلك نتيجة لاستخدام القلويات ذات الثمن الأقل، مما يقلل من استخدام المواد المخفضة للتوتر السطحي الأغلى سعراً ، ويؤدي الغرض ذاته بكفاءة عالية ، ومع الأخذ بعين الاعتبار أهمية وجود البوليمير في محلول الحقن ASP.

يوجد حالياً أكثرمن27 مشروعاً للحقن الكيميائي(ASP) في العالم موزعة في كل من حقول ألبرتا، كاليفورنيا، الصين،كولورادو، إندونيسيا،الهند، لويزيانا، أوكلاهوما، فنزويلا ووايومينغ وغيرها. إضافة لذلك هناك حالياً 12 مشروعاً للحقن الكيميائيASP في طريقها للتطبيق في الولايات المتحدة الأمريكية .

أتمنى أن أكون قد وفقت في تقديم خطوة على طريق تطبيق طرق الاستثمار المدعم للنفط في الحقول السورية والتي أصبحنا بحاجة ملحة جداً لتطبيقها خلال الأعوام القليلة القادمة .

والله ولي التوفيق

الدكتورالمهندس

مصعب بدر الدين البريدي

ملخص البحث

تم في هذه البحث دراسة إمكانية استخدام طريقة الحقن الكيميائي ASP كإحدى طرق الاستثمار المدعم للنفط Enhanced Oil Recovery(EOR) بهدف زيادة عامل الإزاحة في حقول النفط السورية . بدايةً أجري مسح مرجعي لطرق (EOR) بشكل عام والكيميائية منها(Chemical EOR) بشكل خاص، متضمناً بصورة خاصة المسح المرجعي لطريقة الحقن الكيميائي ASP (الدراسات المخبرية والمشاريع الحقلية التي تخص هذه الطريقة) كما أجري أيضاً مسح مرجعي لطرق الاستثمار المدعم للنفط المنفذة والمخطط لها في الحقول السورية . وبعد دراسة المؤشرات الخزنية للحقول السورية ومقاطعتها مع شروط تطبيق طريقة الحقن ASP اختير أحد الحقول المناسبة للدراسة والتطبيق(حقل ديرو)، حيث أحضرت منه عينات صخرية وسائلة، وقيست خصائصها الفيزيائية والكيميائية . استخدم في الدراسة المخبرية 14 نوع من مخفضات التوتر السطحي و7 أنواع من البوليميرات و6 أنواع من القلويات ومن خلال قياس المؤشرات الفيزيائية والكيميائية لمحاليلها تم التوصل إلى تحديد التركيز المثالي لكل مادة في النظام المحقون(فيما إذا تم حقنها بشكل منفصل)، ومن ثم التركيز المثالي لهذه المواد (فيما إذا تم حقنها كمزيج في الطبقة (ASP)) والتي تحقق أقل توتر بين سطحي من جهة وأعلى لزوجة من جهة أخرى . ونظراً لأن دراسة السلوك الطوري مهمة جداً لتفسير عمليات الإزاحة، كما أن ربط نتائج عمليات الإزاحة والسلوك الطوري مع الاختبارات الحقلية يُعتبر من العوامل الحاسمة لنجاح عملية الحقن الكيميائيASP، فقد درس في هذا الإطار تأثير إضافة كل مكون من مكونات محلول الحقن الكيميائي ASP على خاصية الامتزاج(نفط/محلولASP) إضافة إلى دراسة تأثير درجتي الحرارة والملوحة الطبقيتين على الخاصية المذكورة. ونتيجة لهذه الدراسة فقد تم تحديد التركيز الأمثل لمكونات محلول الحقن الكيميائي ASP المختارة في المرحلة السابقة ، ولكن من وجهة نظر سلوك الأطوار(أي التراكيز التي تحقق أكبر حجم لمنطقة الطور الواحد) . وفي المرحلة اللاحقة تم حقن المحلول المثالي المحقق سابقاً ضمن نموذج صخري يحاكي الطبقة المنتجة للحقل المدروس وذلك بأشكال وطرق مختلفة ، وقورنت نتائج عمليات حقن المحلولASP بعملية حقن المياه . ومن ثم تم تحديد الحجم المثالي لدفعة محلولASP التي يجب حقنها في الطبقة .وأخيراً تم إجراء دراسة اقتصادية تضمنت اختيار نموذج مصغر(PILOT) في الحقل المدروس ،وتحديد حجوم المواد المحقونة ،والتسلسل المقترح لحقنها إضافة إلى تصميم مخطط الحقن المقترح ، ومن ثم حساب كلفة المواد المحقونة ضمن البايلوت ، وكمية النفط المتوقع إنتاجها منه بعد حقن دفعة محلول ASP. وبمحصلة ماسبق فقد تم التوصل إلى مجموعة هامة من النتائج صنفت في آخر البحث .

مخطط البحث

الدراسة النظرية

و تضمنت المحاور الرئيسة التالية :

1 - تعريف طريقة الحقن الكيميائي ASP
2 - مبررات وأسباب اختيار طريقة الحقن الكيميائي ASP كإحدى طرق الاستثمار المدعم للنفط EOR .
3 - آليات تأثير طريقة الحقن الكيميائيASP.
4 - المؤشرات الخزنية للطبقة المنتجة في حقل ديرو
5 - الشروط الحدية (Screening Criteria) لاستخدام طريقة الحقن الكيميائي SP. ومقاطعتها مع المؤشرات الخزنية لحقل ديرو.
6 - مبررات وأسباب اختيار حقل ديرو لتطبيق طريقة الحقن ASP .
7 - دراسة جيولوجية وتركيبية لحقل ديرو .

الدراسة العملية

وتضمنت مايلي:

1 - تحليل الموائع الطبقية لحقل ديرو وقياسات الأكوار
2 - اختيار النوع من (POLYMERS) ، (SURFACTANTS) ، (ALKALINES) الأكثر فعالية لتطبيق طريقة الحقن ASP في حقل ديرو
3 - تحديد التراكيز المثالية لمكونات محلول الحقن ASP التي تعطي أعلى فعالية عند حقنها في حقل ديرو
4 - دراسة السلوك الطوري (نفط ديرو/محلول ASP)
5 - تحضيرات عمليات الإزاحة :وتضمنت
6 - تحضير موديل فيزيائي للطبقة المنتجة لحقل ديرو
7 - تحضير موديل فيزيائي للنفط الطبقي
8 - تحضير الموديل الطبقي لعمليات الازاحة
9 - عمليات الإزاحة (Displacement)
10 - المردود الاقتصادي لعملية الحقن ASP في حقل ديرو
11 - الاستنتاجات والتوصيات .

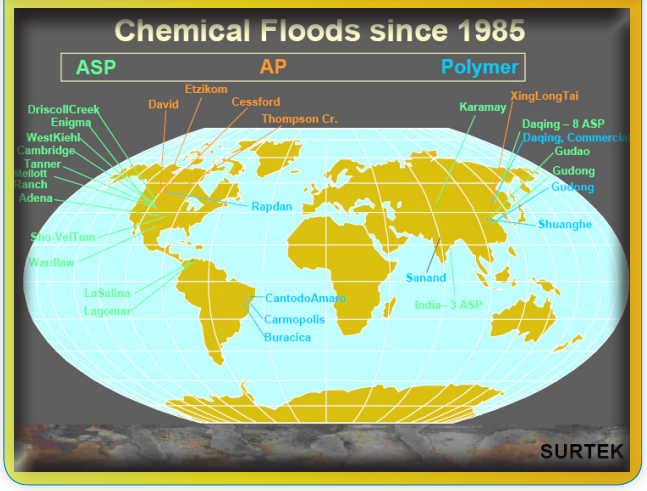
الدراسة النظرية

1- تعريف طريقة الحقن الكيميائي ASP

تُعتبر طريقة الحقن الكيميائي(ASP) تقنية حديثة في الاستثمار المدعم للنفط EOR، وهي مُطورة عن كل من طريقة حقن البوليميرات ، حقن القلويات وحقن مخفضات التوتر السطحي، فهي تجمع بين محاسن هذه الطرق جميعاً حيث يمكن الاستفادة من أهمية وجود البوليميرات والقلويات والمواد المخفضة للتوتر السطحي مجتمعة، وتلقى هذه الطريقة في الوقت الحالي اهتماماً كبيراً من حيث البحث والتطبيق.

إن استخدام هذه الكيماويات معاً يمكن أن يحقق مردوداً مرتفعاً للنفط وبكلفة منخفضة نسبياً وذلك نتيجة استخدام القلويات ذات الثمن الأقل مما يقلل من استخدام المواد المخفضة للتوتر السطحي الغالية الثمن(بعض الأنواع) ويؤدي ذات الغرض بكفاءة عالية ، مع الأخذ بعين الاعتبار أهمية وجود البوليمير في محلول الحقن ASP. هناك أكثر من27 مشروعاً للحقن الكيميائي(ASP) في العالم موزعة في كل من حقول ألبرتا، كاليفورنيا، الصين، كولورادو، إندونيسيا، لويزيانا، أوكلاهوما، فنزويلا وويومينغ. إضافة إلى ذلك هناك 15 مشروعاً تم اعتمادها في تشرين الأول2003، وفي الوقت الحالي هناك 12 مشروعاً للحقن الكيميائي(ASP) في طريقها للتطبيق في الولايات المتحدة الأمريكية .

الشكل(1) : مشاريع الحقن الكيميائي ومن ضمنها طريقة الحقن(ASP)



يبين الشكل التالي توزعاً لبعض مشاريع الحقن الكيميائي(ASP) في الحقول النفطية لبعض دول العالم.

2- أسباب اختيار طريقة الحقن ASP كإحدى طرق الاستثمار المدعم للنفط.

تعتبر طريقة الحقن الكيميائيASP إحدى طرق الاستثمار المدعم للنفط EOR التي لاقت في الآونة الأخيرة اهتماماً كبيراً من قبل شركات النفط العالمية ومهندسي البترول في مراكز الأبحاث النفطية وخاصة مع الارتفاع الكبير لأسعار النفط مؤخراً. يبين الشكل التالي مشاريع الحقن الكيميائي في مجموعة من دول العالم لعام 2004 .

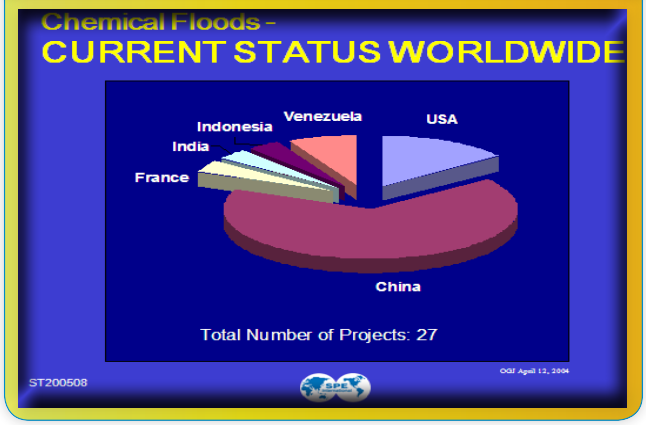
لقد أدى استخدام الطرق الكيميائية إلى زيادة معدل الإنتاج ووصل إلى أكثر من 25 % منOOIP في بعض الخزانات، وهذه تعتبر نسبة كبيرة بالمقارنة مع الطرق الأخرى.

يوضح الشكل التالي مردود استخدام الطرق الكيميائية في عمليات الإنتاج لبعض الدول حيث وصل إلى 300،000bbl/ day ومعدل إنتاج النفط يعتبر مقياساً لنجاح هذه الطرق الكيميائية.

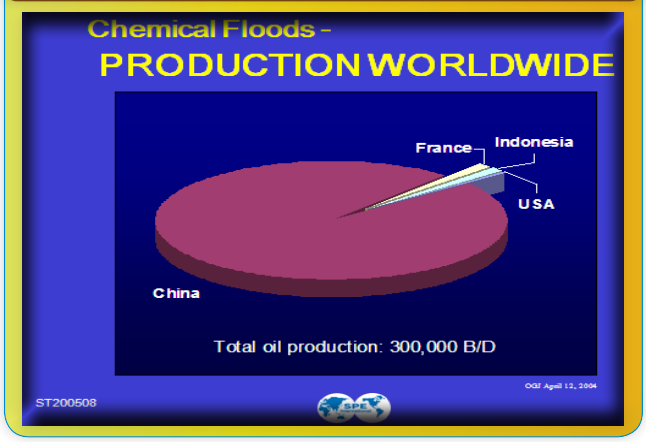
أما الشكل التالي فيوضح الاستثمار المدعم للنفط بالطرق الكيميائية ChemicalEOR لمجموعة من الدول بدءاً من المملكة العربية السعودية فالولايات المتحدة الأمريكية، إيران ..... فرنسا، وذلك بفرض أن المردود الأولي(33.3 %) من(OOIP)، والمردود باستخدام الطرق الكيميائية (33.3%) من (OIP)

يتضح من كافة الأشكال السابقة أن عمليات الاستثمار المدعم للنفط باستخدام الطرق الكيميائية Chemical EOR ومنها طريقة الحقن ASP لها تأثير إيجابي على عمليات استخراج النفط، ولهذا فإن هذه الطريقة تعتبر هامة جداً في تحسين إنتاج النفط وزيادة عامل الإزاحة النفطي.

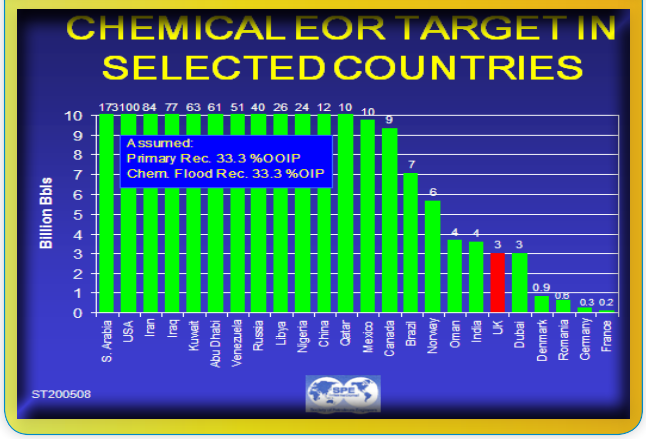
الشكل(2): توزع مشاريع الحقن الكيميائي في بعض دول العالم لعام 2004.



الشكل(3): مردود استخدام الطرق الكيميائية لبعض دول العالم.



الشكل(4): الاستثمار المدعم الكيميائي للنفط المستهدف لمجموعة من الدول.



إضافة لما سبق فإن طريقة الحقن ASP تتميز بما يلي:

1 - سهولة تطبيقها، حيث لا تحتاج إلى معدات سطحية كثيرة ومعقدة كباقي طرق الاستثمار المدعم للنفط الأخرى مثل حقن CO_2، حقن البخار.... الخ، إضافة إلى استخدامها الآمن.

2 - يمكن تطبيقها في مختلف مراحل استثمار الحقل، إضافة إلى أن الشروط الحدية التي تفرض استخدامها تمتاز بالمرونة مما يجعلها مؤهلة لتشمل حقولاً واسعة وذات مواصفات مختلفة.

3 - الانتشار العالمي الواسع لاستخدام هذه الطريقة في الوقت الحالي وخاصة مع ارتفاع أسعار النفط مؤخراً، مما جعل هذه الطريقة اقتصادية وفتح المجال أمامها بعد أن كان استخدامها في الماضي محدوداً بأسعار النفط المنخفضة (العامل الاقتصادي).

4 - إمكانية تطبيق هذه الطريقة مع الحقن المائي الواسع الانتشار عالمياً في حقول كثيرة، إضافة إلى كون طريقة الحقن المائي مطبقة حالياً في حقل ديرو لزيادة عامل الإزاحة النفطي فيه، حيث يؤدي استخدام هذه الطريقة مع الحقن المائي إلى تحسين فعالية الكسح (SweepEfficiency)، وبالتالي زيادة المردود النفطي بشكل أفضل من استخدام الحقن المائي لوحده.

5 - التنوع الكبير للطرق الكيميائية وبالتالي التنوع الواسع في شروط استخدامها الأمر الذي يجعلها تشمل حقولاً كثيرة لتطبيقها (Alkaline، Polymer، Surfactant، MAP، MP، SP، AP، ASP، ....).

3- آليات تأثير طريقة الحقن ASP وميكانيكية الإزاحة:

- تخفيض التوتر بين السطحي (Interfacial Tension) بين النفط والمياه
- تخفيض نسبة الحركية (Mobility Ratio) بين النفط والماء
- زيادة الرقم الشعري (Capillary Number N_c)
- إستحلاب النفط (Emulsification Of Oil)
- تغيير خاصية التبلل (Wet ability alteration)

ميكانيكية الإزاحة باستخدام طريقة الحقن الكيميائي(ASP)

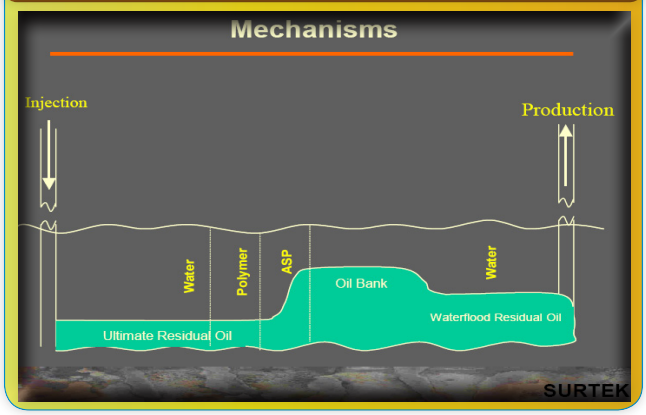
إن التأثير المشترك لكل من القلويات ومخفضات التوتر السطحي والبوليمير في محلول الحقن (ASP) يؤدي إلى إزاحة للنفط كما هو مبين في الشكل التالي.

نشير هنا إلى أن الحقن الكيميائي(ASP) يمكن تطبيقه بطريقتين:

1- **الطريقة الأولى**: تحضير مزيج من القلوي ومخفض التوتر السطحي والبوليمير معاً بتراكيز محددة لكل منها على السطح ومن ثم حقن هذا المزيج دفعة واحدة، يليه دفعة من محلول بوليميري ثم حقن سائل الإزاحة، يُطلق على هذه الشكل اسم(premixed injection)

2-**الطريقة الثانية**: حقن متناوب لكل من القلويات ومخفضات التوتر السطحي والبوليمير بتراكيز محددة وبحجوم محددة ومدروسة مخبرياً يليها حقن دفعة البوليمير ومن ثم حقن سائل الإزاحة (Drive Water)، وهذه الطريقة يطلق عليها(Sequence Injection).

الشكل(5): آلية الإزاحة وفق طريقة الحقن (Premixed Slugs) (ASP).



4 - المؤشرات الخزنية للطبقة المنتجة في حقل ديرو

الجدول(1): المؤشرات الخزنية لحقل ديرو

الطبقة	الجريبي	الانتقالية
عام الإنتاج	1982	1985
المساحة	3.6 Km^2	54 Km^2
السماكة الفعالة	4.55 m	
متوسط التشبع بالنفط حتى نهاية 2008	(65%)	
API	35.1	
لزوجة النفط بالشروط السطحية	15.5 C.P	
لزوجة النفط بالشروط الطبقية	4.5 C.P	
المردود النفطي الأولي	15 %	
المردود النفطي الحالي	8.8 %	
الاحتياطي القابل للاستخراج	$2.56.10^6$ m^3	$1.299.10^6$ m^3
الاحتياطي الجيولوجي	$17.064.10^6$ m^3	$8.662.10^6$ m^3
نسبة المياه الحالية حتى نهاية 2008	34.5%	
الضغط الطبقي الأولي	54 atm	

الضغط الطبقي الحالي	45 atm
ضغط القاع	42 atm
حرارة الطبقة	33 °C
عدد الآبار الكلي	59
عدد الآبار المنتجة	34
عدد الآبار العاملة	37
الإنتاج التراكمي من النفط حتى عام 2006	$1.507685.10^6$ m^3
الاحتياطي المتبقي	$2.407.10^6$ m^3
كثافة شبكة الآبار	91.4
السحب السنوي	2.2%
معدل الاستنضاب	58.9%
وصف الطبقة	حجر كربوناتي مسامي فجوي مشقق
عمق الطبقة	600m
عامل حجم النفط	(1.01)

5 - الشروط الحدية (Screening Criteria) لاستخدام طريقة الحقن الكيميائي (ASP):

الجدول(2):الشروط الحدية لاستخدام طريقة الحقن الكيميائي (ASP).

API > 20
μ < 35(c.p)
S_o > 35%
K > 10(m.D)
Depth < 9000(ft)
Temperature less 200 F
h (m) غير محددة
الكميات الكبيرة من الجص والأنهيدريت والغضار غير مرغوب بها
تُفضل التشكيلات التي لا تحوي شقوقاً وفوالق بشكل كبير

من خلال مقاطعة الشروط الحدية لتطبيق طريقة الحقن الكيميائي(ASP) مع مواصفات الطبقة المنتجة والسوائل الطبقية في حقل ديرو وجدنا أنه يمكن فعلياً تطبيق طريقة الحقن الكيميائي (ASP) على حقل ديرو حيث تتطابق مواصفات هذا الحقل تماماً مع شروط تطبيق هذه الطريقة .

الجدول(3) : مقارنة بين مواصفات حقل ديرو وشروط تطبيق طريقة الحقن ASP

مواصفات حقل ديرو	شروط تطبيق الطريقة
API = 35.1	API > 20
μ (سطحية) =15.5 C.P (30 °C) μ (طبقية) = 4.5 C.P	μ < 35 (C.P)
S_o الحالية = 65%	S_o > 35%
K = 89.6 (mD)	K > 10 (mD)
Depth = 600 m	Depth < 9000 (ft)
T= 33 °C = 91.4F°	Temperature less 200 F
h = 4.55 m	h (m) N.C

6 - مبررات وأسباب اختيار حقل ديرو لتطبيق طريقة الحقن ASP .

1- إن مواصفات حقل ديرو(المواصفات الخزنية ومواصفات السوائل الطبقية) تتطابق تماماً مع شروط استخدام طريقة الحقن الكيميائي(ASP) كما هو موضح سابقاً.

إضافة إلى ذلك فإن الشرطين(9،8) المذكورين سابقاً في الجدول(2) محققين في حقل ديرو.

2- تداخلات الجص والأنهيدريت والغضار ضمن المجال المنتج قليلة جداً حسب الوصف الليتولوجي.

3- الإنتاج من حقل ديرو يتم من طبقة الجريبي التي وصفها : حجر كربوناتي مسامي شقي فجوي قليل الفوالق والشقوق كما هو واضح من خلال الخارطة التركيبية للحقل المعروضة لاحقاً .

4- يتمتع حقل ديرو بمسامية جيدة (22 %).

5- وجود احتياطي جيولوجي يعادل($17.064.10^6 m^3$) أما الاحتياطي المتبقي ($2.407.10^6 m^3$).

6- المردود الحالي ضعيف لا يتجاوز(8.8 %) بالرغم من الكثافة العالية لشبكة الآبارحيث تبلغ (91.4 %)، (عدد الآبار العاملة حالياً 37 بئراً).

7- ارتفاع نسبة الإماهة تدريجياً (28.5 %) حتى تاريخ 2006/12/31. (بنهاية 2008 بلغت 34.5 %) .

8- وجود حقن مياه حالياً في حقل ديرو لدعم الضغط الطبقي وهذا عامل مساعد في تطبيق هذه الطريقة، لكن حقن المياه غير كافٍ مستقبلاً وحالياً لأسباب كثيرة تتعلق بانخفاض المردود النفطي .

9- إن (PH) الوسط لحقل ديرو قلوي بحدود (PH≈8.5) وهذا الوسط مناسب جداً لحقن مخفضات التوتر السطحي(الكمية الضائعة بالامتزاز أقل ما يمكن، لا يحصل ترسيب، فعالية عظمى)، إضافة لكونه يُعتبر وسطاً ملائماً ومناسباً جداً للمحافظة على لزوجة محلول البوليمير المضاف إلى محلول الحقن(ASP).

7 - دراسة جيولوجية وتكتونية لحقل ديرو:

يقع حقل ديرو إلى الشمال من مدينة دير الزور بمسافة (36Km) وفي نهوض مستقل سمي نهوض الذرو. اكتشف هذا التركيب لأول مرة عام 1934 من قبل الجيولوجيين (T.F.Williamson، F.E.Willing) اللذين قاما بمسح المنطقة جيولوجياً ووضعا خارطة جيولوجية لها، وفيها يظهر التركيب على شكل مجموعة قبب تأخذ اتجاه جبل البشري، وتظهر في قمة التركيب تشكيلة الفارس الأسفل بينما تظهر توضعات الفارس الأعلى في المنحدر الشمالي للتركيب.

جرت في منطقة ديرو والمناطق المجاورة لها عدة مسوحات اهتزازية من قبل شركة الحيو (1974- 1975)، والفرق الوطنية(1979- 1982) . تم حفر بئر ديرو- 2 بتاريخ 1983/3/5 ثم استُؤنف الحفر في تركيب ديرو مرة أخرى بناءً على خطة عمل مديرية الاستكشاف لعام 1983 لاستكشاف تشكيلتي الجريبي والانتقالية وذلك بحفر الآبار(3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10). في الربع الثاني من عام 1984 أُعيد تفسير منطقة ديرو من قبل دائرة التفسيرات في مديرية الاستكشاف، وعلى أساسها تم حفر الآبار التالية (15- 16- 17- 18- 19) جنوب ديرو حيث دلّت نتائجها الإيجابية على وجود تجمعات هيدروكربونية في إغلاقات جديدة منتشرة على محور موازٍ لمحور حقل ديرو الرئيسي، كما تم حفر الآبار التالية (11- 12- 13) في ذات العام.

تكتونية حقل ديرو:

تقع منطقة ديرو من الناحية التكتونية على المنحدر الغربي لمرتفع دير الزور، وبسبب التكسير التكتوني يُقسّم التركيب إلى ثلاثة نطاقات ذات طبيعة متدرجة مع هبوط بالاتجاه الجنوبي- الشرقي.

تتوضع التكسرات(الفوالق) الإقليمية الطابع من جهة منخفض الفرات باتجاه شمال شرق، وهي من النوع الكلسي. الفالق الأول ذو رمية (20-35m) والثاني يقع إلى الشمال وهو ذو رمية (80-100 m). إن رمية هذه الفوالق تكون أقل بالاتجاه الجنوبي الغربي.

الدراسات الليتوستراتغرافية التفصيلية لتشكيلتي الجريبي والانتقالية:

A. **تشكيلة الجريبي**: اعتماداً على الدراسة الستراتغرافية والبتروغرافية الترسيبية المفصّلة للعينات الاسطوانية المقتطعة من هذه التشكيلة أمكن تقسيم هذه التشكيلة إلى النطاقات الأربعة التالية:

النطاق الأول(JE1): تتكون صخور هذا النطاق من كربونات ميكريتية كلسية، أما الدولوميت الميكريتي فإن انتشاره محدود وتحتوي صخوره أيضاً على عقد من الأنهيدريت بالاضافة إلى بلورات من البيريت، تتراوح سماكة هذا النطاق بين (39m) في بئر ديرو6 و(33.5m) في بئر ديرو15.

النطاق الثاني(JE2): تتكون صخور هذا النطاق من صخور كلسية من نوع بيوميكروسباريت بالإضافة إلى الدولوميت وحشوات من الأنهيدريت، سماكة هذا النطاق(20m) في بئر ديرو8، و(12m) في بئر ديرو18.

النطاق الثالث(JE3): عبارة عن طبقة من الأنهيدريت سماكتها(2m).

النطاق الرابع(JE4): يتكون من صخور بيوميكريتية كلسية، وبيوميكروسباريتية أحياناً خاضعة لعملية الدلمتة. سماكة هذا النطاق(28m) في بئر ديرو5، و(23.5m) في بئري ديرو2 و6.

B. المنطقة الانتقالية: تتوضع المنطقة الانتقالية مباشرة فوق تشكيلة الجريبي وتعكس تناوباً في البيئة الترسيبية من بحرية ضحلة إلى بحيرية، ونتيجةً لهذا التناوب أمكن تمييز النطاقات التالية من الأسفل للأعلى

النطاق(TR1): يتميز بوجود صخور كلسية من نوع دولوميكريت، وتبلغ سماكته الوسطية بحدود(2m).

النطاق(TR2): يشبه النطاق الأول مع تحول في بنية الصخر إلى ميكاروسباريت، سماكته الوسطية(3m)

النطاق(TR3): عبارة عن حجر كلسي ميكروسباريتي، سماكته الوسطية بحدود(5m).

النطاق(TR4): صخور هذا النطاق مشابهة للنطاق(TR3)، سماكته الوسطية (6m) وثبُت أنه حامل للنفط استناداً لعمليات الإنهاء التي تمت في آبار ديرو(6- 7- 8).

الخصائص البتروغرافية والترسيبية لتشكيلتي الجريبي والانتقالية:

يمكن تمييز ثلاث نطاقات من الأسفل للأعلى هي:

نطاق أ، ويمثل (JE1): يتكون من صخور كربوناتية ميكريتية، ويشكل الكلس المجهري(70%) من حجم الصخر الكلي، الخصائص الخزنية للصخور المدروسة متوسطة، حيث تتراوح نسبة الفراغات من (10–15%) وأبعاد(0.02–0.8mm) كما تُلاحظ تشققات عمودية قليلة من مرتبة ميليمترية في الصخر.

نطاق ب، ويمثل (JE2): يتكون من صخور كلسية ميكروسباريتية، حيث يتكون من كلس ميكروسباريتي وأحياناً ميكريتي بين (50–60%) من حجم الصخر الكلسي، نسبة الفراغات تتراوح بين (15–25%)، وأبعادها من (0.02–1.5mm) مع وجود كهوف تصل أبعادها إلى (9mm).

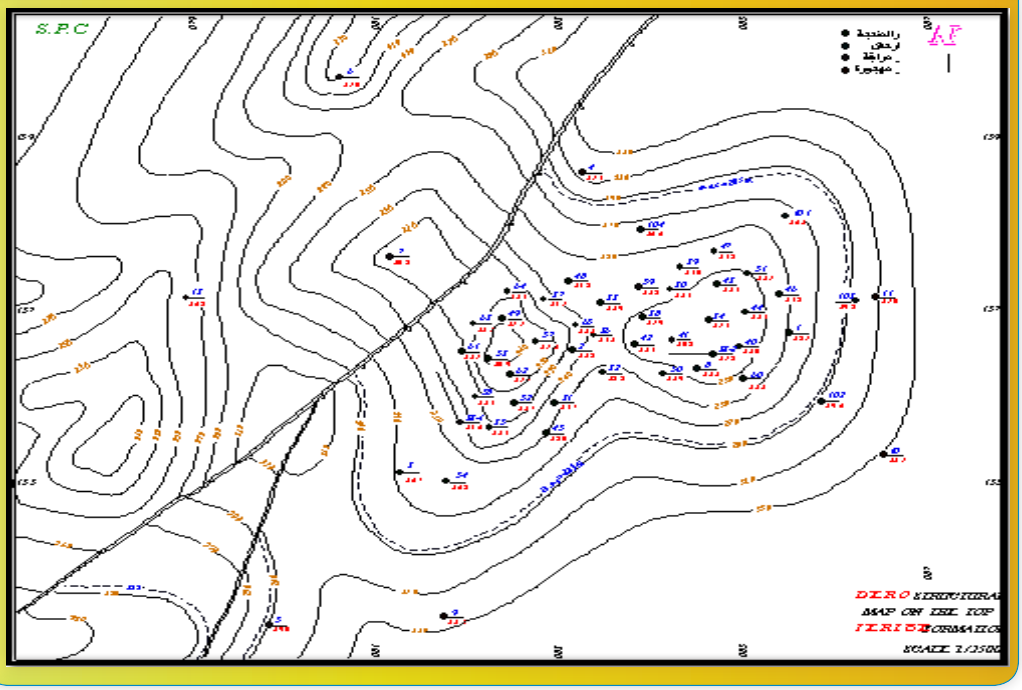
نطاق ج، ويمثل (JE3): عبارة عن طبقة من الأنهيدريت سماكتها من(2–4m)، خصائص هذا الصخر الخزنية سيئة ولا توجد شواهد نفطية.

نطاق د، ويمثل (JE4): تتكون صخوره من كلس ميكريتي إلى ميكروسباريتي مع دلمتة، تُشكل الصخور الميكريتية والميكروسباريتية نسبة تتراوح بين(50–80%) من حجم الصخر الكلي، الخصائص الخزنية سيئة بشكلٍ عام بالقسم العلوي وجيدة في القسم السفلي.

الخارطة التركيبية لحقل ديرو:

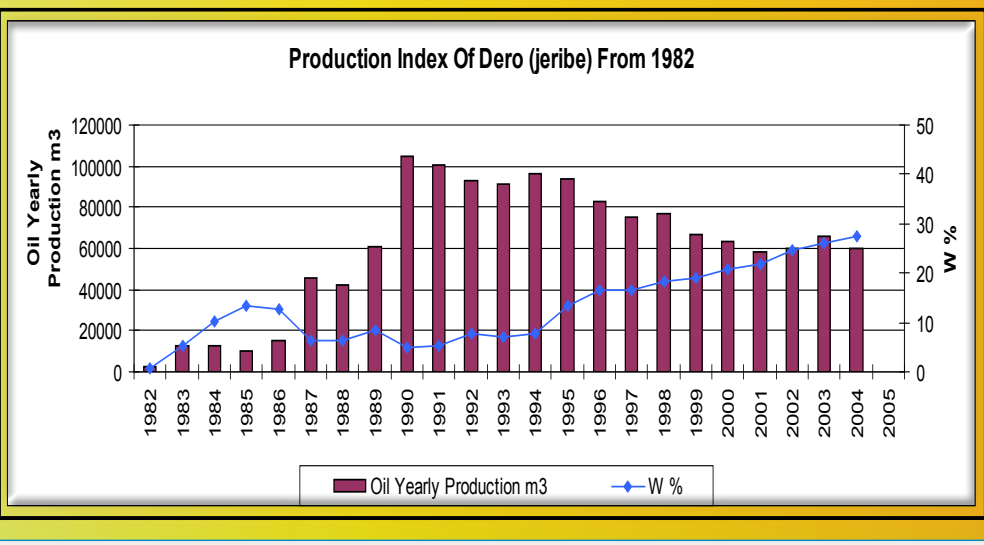
يبين الشكل التالي الخارطة التركيبية لتشكيلة الجريبي في حقل ديرو.

الشكل(6): الخارطة التركيبية لحقل ديرو(تشكيلة الجريبي).



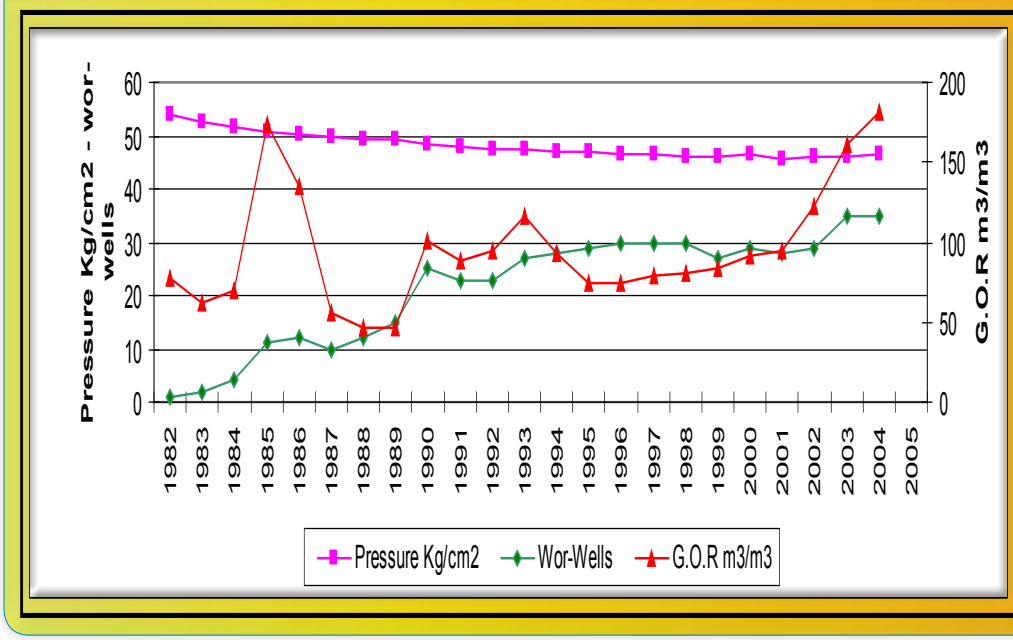
كما يبين الشكل التالي الإنتاج السنوي من النفط لحقل ديرو وذلك بين عامـي 1982 و 2005.

الشكل(7): مؤشر الإنتاج السنوي لحقل ديرو بين عامي 1982و 2005.



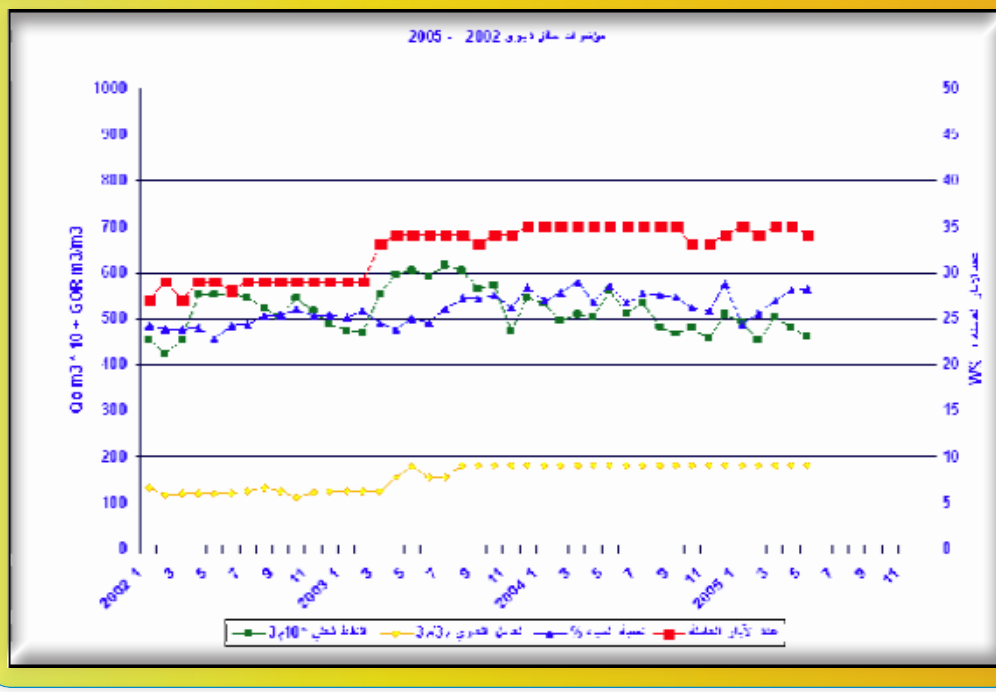
أماالشكل التالي فيُبين تغير الضغط الطبقي للحقل المذكور مابين عامي 1982 و 2005.

الشكل(8): تغير الضغط الطبقي، والعامل الغازي لحقل ديرو بين عامي1982و2005.

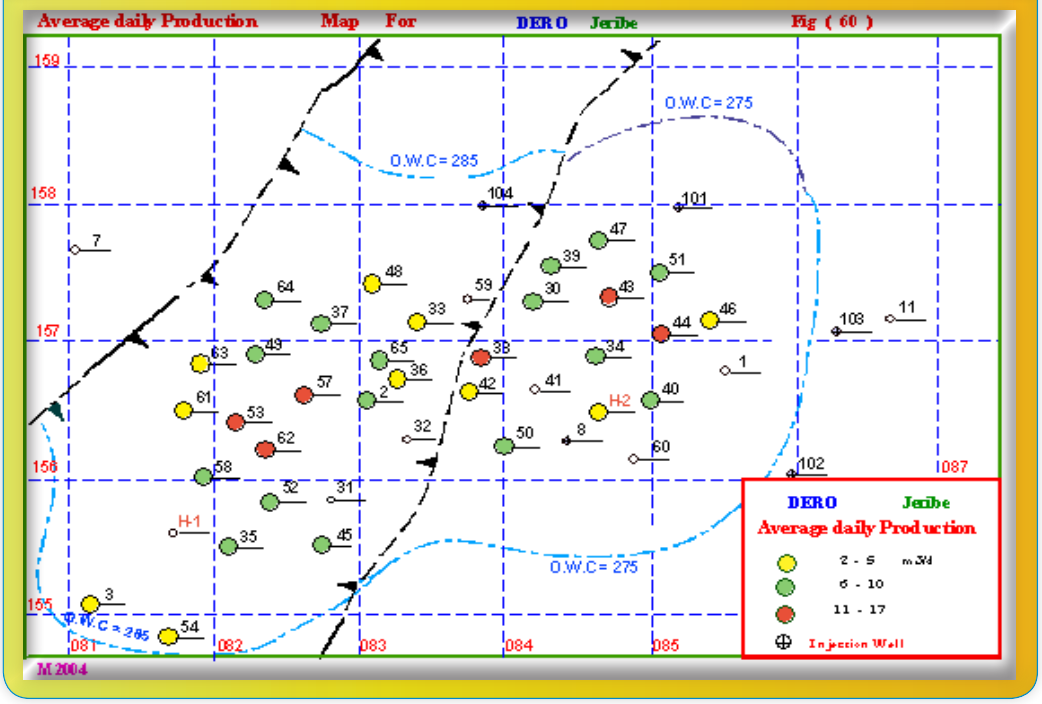


كما يبين الشكل التالي مؤشرات أخرى للحقل المذكور مابين عامي (2002 و2005) .

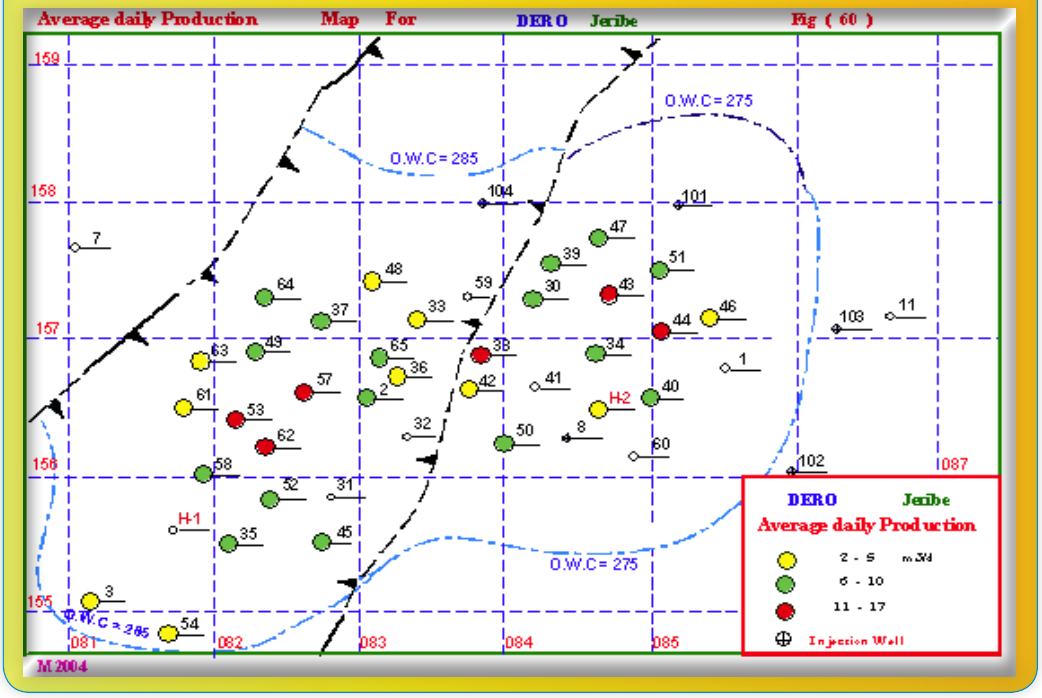
الشكل(9) : مؤشرات حقل ديرو(عدد الآبار العاملة – نسبة المياه–العامل الغازي –النفط الفعلي) مابين عامي 2002-2005



الشكل(10) : آبار ديرو(نسبة المياه المنتجة)



الشكل(11) : آبار ديرو(الإنتاج اليومي)



طرق الانتاج الثانوي المطبقة حالياً في حقل ديرو:

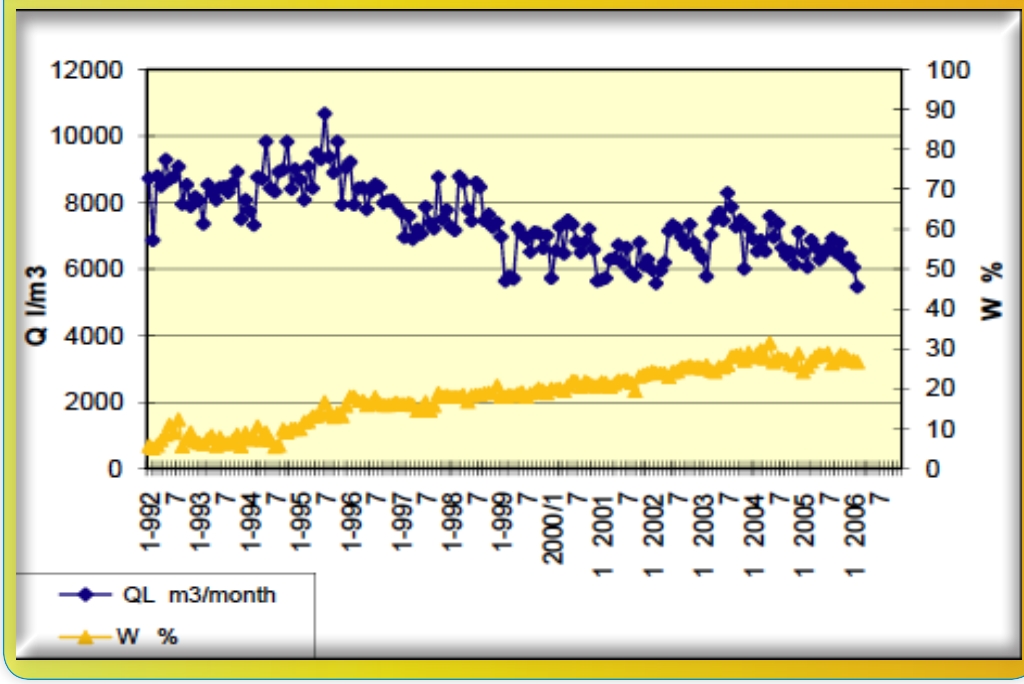
حقن المياه :

بدأ حقن المياه في تشكيلة الجريبي من خلال بئر ديرو- 101 بتاريخ 1993/3/12، واستمر الحقن بشكل غير منتظم ومعدلات منخفضة ($30m^3/day$) حتى تاريخ 1/17/ 1996 حيث أصبح الحقن في ثلاثة آبار معاً (101،102، 103) بمعدل يومي ($100m^3$) مياه مرقدة ومعالجة حتى تاريخ 3/8/ 1996، حيث استمر الحقن في كل بئر على حدى بذات المعدل ($100m^3$)، وقد تم خلال العام 1998 إضافة بئر ديرو- 8 ليصبح عدد آبار الحقن أربعة، ثم تم حفر بئر أخرى ديرو104 في العام 1999 ليصبح عددها خمسة آبار يحقن فيها بشكل وسطي كمية ($300m^3/day$)، وتجري الآن دراسة إمكانية حقن ($500m^3/day$) مستقبلاً، وقد تم تجهيز بئر ديرو32 لحقن المياه المفصولة في محطة المعالجة، حيث بدأ الحقن فيه عام 2005.

وقد بلغت الكمية المحقونة السنوية ($77752m^3$) والتراكمية ($658857m^3$)، مقابل إنتاج تراكمي من الموائع (10703.10^6m^3)، وهذا يُشكل نسبة ضئيلة لا تزيد عن(38.5 %).

من خلال دراسة الآبار العاملة يُلاحظ أن حركة المياه في المكمن جانبية وهي نشيطة في الجزأين الشرقي والجنوبي من منطقة الآبار(2- 60- 50) القريبة من بئر الحقن 8 ومنطقة الآبار(2- 57- 46)، حيث يُلاحظ تقدم مخروطي لمستوى التقاء النفط بالماء بمقدار(18-20m)، وكذلك في الجزء الغربي من منطقة بئر ديرو 58 يُلاحظ تقدم لمستوي التقاء النفط بالماء بمقدار(15-20m)، وكذلك في منطقة الآبار(51-44-43) يُلاحظ تقدم للمياه، أما في باقي الأجزاء فلا تُلاحظ حركة ذات أهمية لخط التقاء النفط بالماء.

الشكل(12) : كمية المياه المحقونة ونسبة المياه المنتجة بالعلاقة مع الزمن مابين عامي 1992-2007



الدراسة العملية

1- تحليل الموائع الطبقية لحقل ديرو وقياسات الأكوار

وتتضمن مايلي :

- **تحليل المياه الطبقية لحقل ديرو:** قمت بإجراء تحليل للمياه الطبقية مبين نتائجه بالجدول التالي:

الجدول(4): نتائج تحليل عينة مياه مرافقة (produced water) مأخوذة من حقل ديرو.

المؤشر	القيمة	(الواحدة)
Density	1.106	(gr/cm^3)
Viscosity	0.96	(C.P)
Ca^{++}	141.0	(Mgeq/L)
Mg^{++}	163	(Mgeq/L)
$Na^{+}+K^{+}$	2690.3	(Mgeq/L)
Total Cations	2994	(Mgeq/L)
Cl^{-}	2989	(Mgeq/L)
HCo_3^{-}	5	(Mgeq/L)
So_4^{--}	0	(Mgeq/L)
Total Anions	2994.3	(Mgeq/L)
H_2S	429	(ppm)
PH	9.36	-
conductivity	163.6	$(\mu s/cm)$
Turbidity	15.3	(NTU)
T.D.S	82	(gr/L)
D.O	43	% (15 °C)

- **تحليل نفط حقل ديرو:** أما نتائج تحليل النفط التي أجريتها فهي مبينة بالجدول التالي:

الجدول(5): نتائج تحليل عينة نفط مأخوذة من محطة تجميع حقل ديرو.

المؤشر	القيمة	الواحدة
Density(15c)	0.8493	gr/cm^3
API	35	API
الكبريت	4	% Wt
البارافينات	6.1	% Wt
الإسفلت	1.5	% Wt
الراتنجات	8	% Wt
الزيوت	84.5	% Wt
μ(33c)	4.5	C.P
Acid Number	0.21	mg KOH/gr oil
σ (33c)	27.5	mN/M
IFT(oil/water)at33c	12.7	mN/M

- **قياسات الأكوار :** وتتضمن

أولاً قياسات المسامية: وهي موضحة في الجدول التالي :

الجدول(6): نتائج قياس المسامية للعينات الاسطوانية المأخوذة من آبار حقل ديرو .

رقم العينة	رقم البئر	المجال (m)	المسامية (٪)
H26	D-3	573.37- 573.2	26.22
H27	D-3	573.37- 573.2	27.51
H28	D-3	564.10-564.00	29.84
H29	D-3	564.10-564.00	30.26
H30	D-3	574.50-574.40	27.38
H31	D-3	578.75-578.50	24.55
H32	D-3	578.75-578.50	25.73
H33	D-3	578.75-578.50	22.1
H34	D-3	578.75-578.50	16.21
H21a	D-60	586.6-586.5	34.79
H21b	D-60	586.6-586.5	30.97
H22	D-60	587.15-587.00	5.39
H23	D-60	587.15-587.00	26.51
X1	D- 34	565.15-565	27.13
Y1	D- 2	577.10-577	23.53
Z1	D- 52	558.35-558.2	25.51
A1	D- 49	527.5-527.2	28.81

ثانياً : قياسات النفوذية: وهي موضحة في الجدول التالي:

الجدول(7): نتائج قياسات النفوذية المطلقة للعينات الاسطوانية المأخوذة من آبار حقل ديرو.

رقم العينة	رقم البئر	المجال (m)	النفوذيةK (mD)
H1	D- 3	573.37- 573.2	79.13
H2	D- 3	573.37- 573.2	163.9
H3	D- 3	574.10- 574	65.71
V1	D- 60	586.6- 586.5	401.14
V2	D- 60	586.6- 586.5	151.18
V3	D- 60	587.15- 587	6.67
X1	D- 34	565.15-565	93.1
X2	D- 34	565.15-565	68.5
X3	D- 34	565.15-565	41.1
Y1	D- 2	577.10-577	61.42
Y2	D- 2	578.2-578	104.2
Y3	D- 2	578.2-578	106.45
Z1	D- 52	558.35-558.2	86.3
Z2	D- 52	558.35-558.2	78.3
Z3	D- 52	558.7-558.5	57.6
A1	D- 49	527.5-527.2	35.4
B1	D- 33	585.5-585.2	79.7
C1	D- 30	571.5-571.3	34.6
C2	D- 30	571.5-571.3	56.3
D1	D- 38	567.15-567	48.0
D2	D- 38	566.5-566.2	64.3

ملاحظة: تم اختيار الآبارالتي أخذت منها الأكوار بحيث تغطي كامل التركيب المنتج في حقل ديرو

النتائج :

- بلغ متوسط المسامية لحقل ديروالمحددة من قياسات الأكوار 25.4 %
- بلغ متوسط النفوذية لحقل ديرو المحددة من قياسات الأكوارD 89.66m

المواد الكيميائية المستخدمة في البحث :

وتتضمن مايلي :

أولاً : مخفضات التوتر السطحي المستخدمة في البحث:

قمت بتأمين14 نوع من مخفضات التوترالسطحي (وذلك من الأسواق المحلية والشركات الأجنبية المصنعة لها) وهي مبينة في الجدول التالي :

الجدول(8): أنواع مخفضات التوتر السطحي المدروسة

SUR 1	دوديسيل سلفات الصوديوم DDSNa
SUR 2	نونيل فينول8 NP8
SUR 3	دوديسيل بنزن سلفونيك أسيد DDBSA
SUR 4	سبان80 SPAN80
SUR 5	لوريل إيتر سلفات الصوديوم
SUR 6	لوريل سلفات الصوديوم
SUR 7	إيتوكزيلات الكحول (Wetconol)
SUR 8	كوكو دي إيتانول أميد (كمبرلان)
SUR 9	دوديسيل بنزن سلفونات الصوديوم DDBSNa (محضر مخبرياً)
SUR 10	دوديسيل بنزن سلفونات الكالسيوم DDBSCa - وتيكونات (P1220EH)
SUR 11	توين 80 TWEEN80
SUR 12	نونيل فينول 10 NP10
SUR 13	دوديسيل بنزن سلفونات الصوديوم DDBSNa ويتكونات (1223L)
SUR 14	نونيل فينول 100 NP100

ثانياً :البوليميرات المستخدمة في البحث:

الجدول(9) : أنواع البوليميرات المعدة للدراسة

POL1	بولي أكريل أميدPAM (BDH)
POL11	بولي أكريل أميد PAM (SS120H)
POL2	Xanthan gum
POL3	ميتيل السيللوز MC (تيلوز).
POL4	كربوكسي متيل السيللوز عالي اللزوجة C.M.C.H.V
POL5	بولي فينيل بيريدون.PVB
POL6	النشاء.
POL8	هيدروكسي إيتيل السيللوز HEC
POL9	بولي أكريل أميد(SS120H) + Xanthangum بنسبة 1:1.
POL10	بولي أكريل أميد(SS120H) + هيدروكسي إيتيل السيللوز HE بنسبة1:1

ثالثاً: القلويات المستخدمة في البحث:

الجدول(10): أنواع القلويات المدروسة

ALK1	هيدروكسيد الصوديوم.
ALK2	بيكربونات الصوديوم.
ALK3	كربونات الصوديوم.
ALK4	بنتا ثلاثي فوسفات الصوديوم
ALK5	ثلاثي إيتانول أمين .
ALK6	كربونات الصوديوم + بيكربونات الصوديوم بنسبة 1:1

2- اختيار النوع من (POLYMER)،(SURFACTANT)،(ALKALINE) الأكثر فعالية لتطبيق طريقة الحقن ASP في حقل ديرو

A. إختيار البوليمير الأنسب والذي سيتم من خلال :

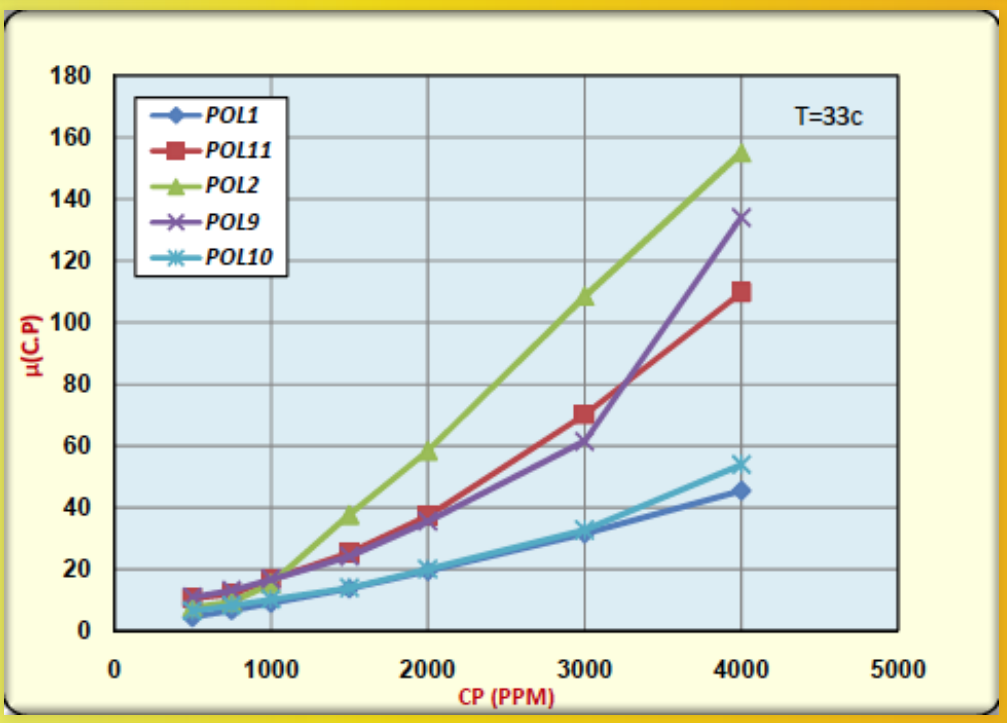
دراسة العلاقة بين كل من (التركيز Cp ، تركيز Ca^{++} ، درجة PH ، الحرارة T) واللزوجة μ للمحاليل البوليميرية المدروسة وذلك عند سرعات قص مختلفة:

تهدف هذه الدراسة إلى اختيار نوع البوليميرالذي يحقق أعلى لزوجة من جهة وأكبر مقاومة لكل من تأثير الكاتيونات Ca^{++} ، الحرارة T ، درجة الحموضة PH من جهة أخرى وذلك عند أدنى تركيز.

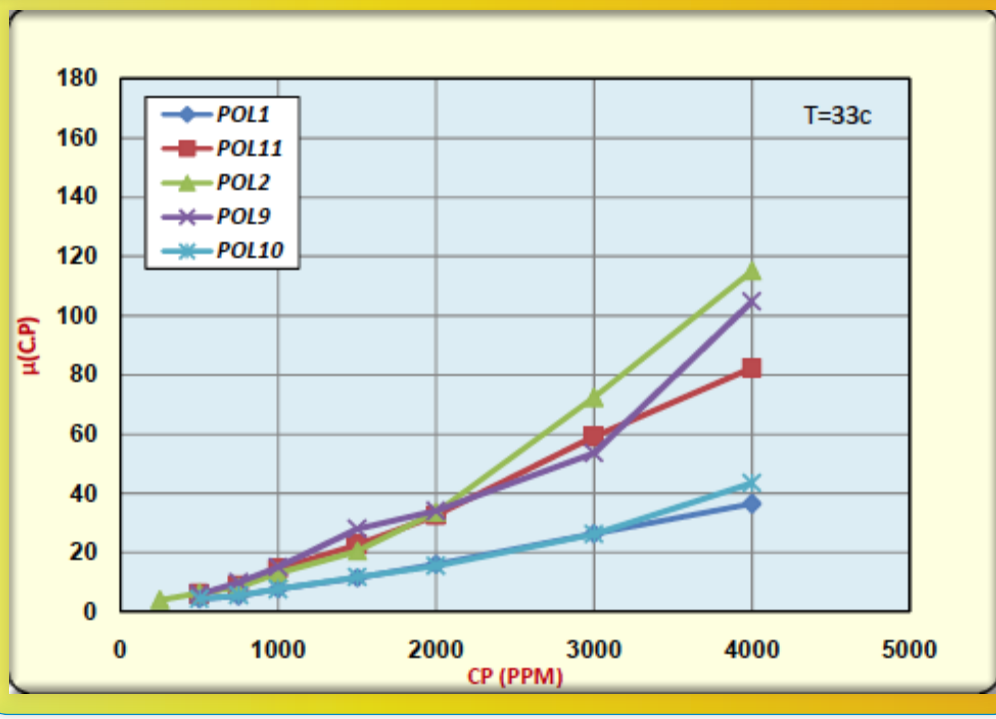
- التراكيز المقترحة للدراسة لكل نوع من البوليميرات:
(500- 750- 1000- 1500- 2000- 3000- 4000 ppm)
- جهاز قياس اللزوجة (Viscometer- HAAKE 550) مجهز بحمام مائي وموصول بكمبيوتر لمعالجة النتائج وهومن أحدث الأجهزة المتطورة لقياس الخصائص الريولوجية للمحاليل البوليميرية.

تبين الأشكال التالية تغير اللزوجة بالعلاقة مع التركيز للأنواع المدروسة من البوليميرات عند كل سرعة من سرعات القص المدروسة.

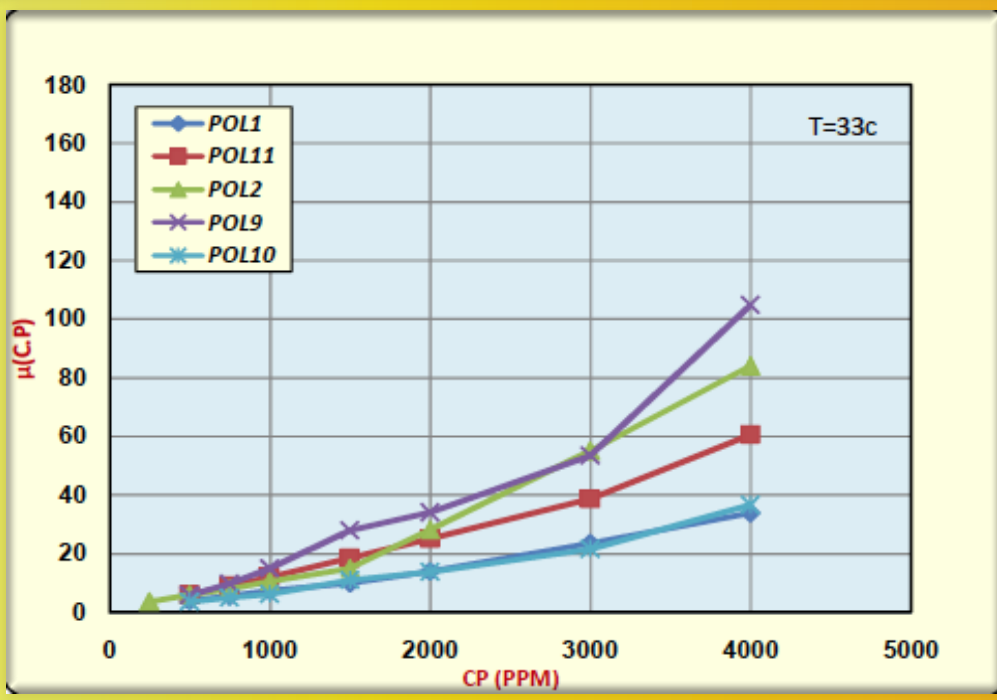
الشكل(13): تغير اللزوجة بالعلاقة مع التركيز للأنواع المدروسة من البوليميرات عند سرعة القص (21 RPM).



الشكل(14): تغير اللزوجة بالعلاقة مع التركيز للأنواع المدروسة من البوليميرات عند سرعة القص (32 RPM).



الشكل(15): تغير اللزوجة بالعلاقة مع التركيز للأنواع المدروسة من البوليميرات عند سرعة القص (50 RPM).



النتيجة:

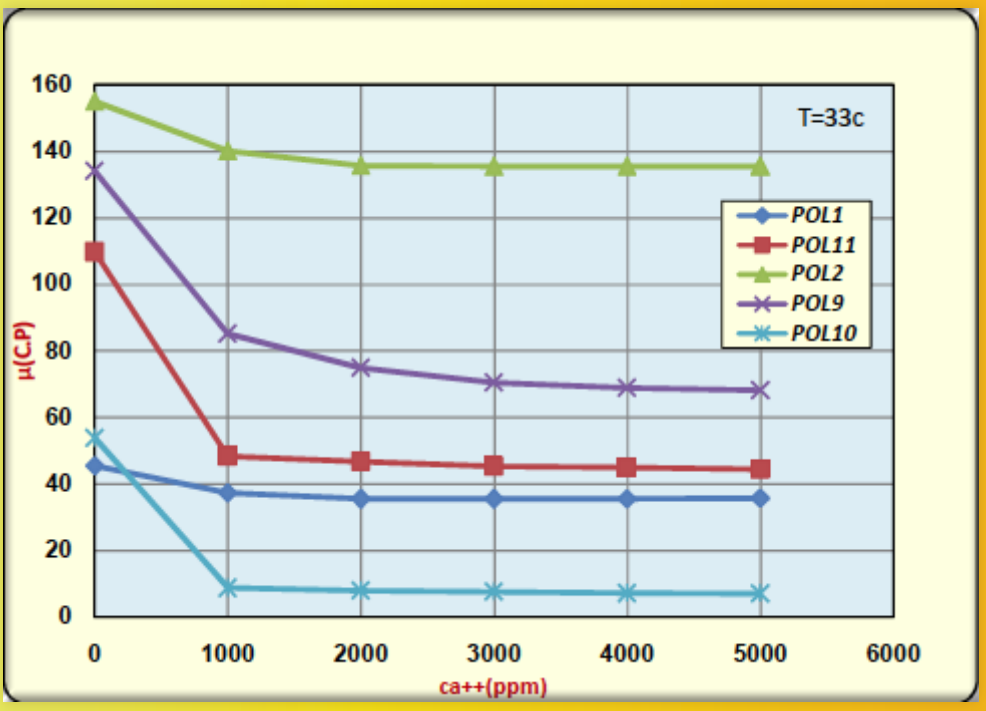
يعتبر البوليمير(Xanthan Gum) من أفضل الأنواع المدروسة لأن محلوله يعطي :

- ✓ أعلى لزوجة.
- ✓ أعلى مقاومة لإجهادات القص.

دراسة تأثير الملوحة على لزوجة المحاليل البوليميرية المدروسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد النوع من البوليميرات المدروسة الأكثر مقاومة للأملاح. من أجل ذلك فقد تم تحضير محاليل بوليميرية لكافة الأنواع بتركيز ثابت للبوليمير، وبوجود تراكيز مختلفة من الكاتيونات (دُرس بشكلٍ خاص تأثير الكاتيونات ثنائية التكافؤ على خاصية اللزوجة لكون تأثيرها أكبر من تأثير الكاتيونات أحادية التكافؤ) ، نتائج القياسات موضحة في الشكل التالي :

الشكل(16): تغير اللزوجة بالعلاقة مع تركيز(Ca^{++}) في المحلول للبوليميرات المدروسة.



النتيجة:

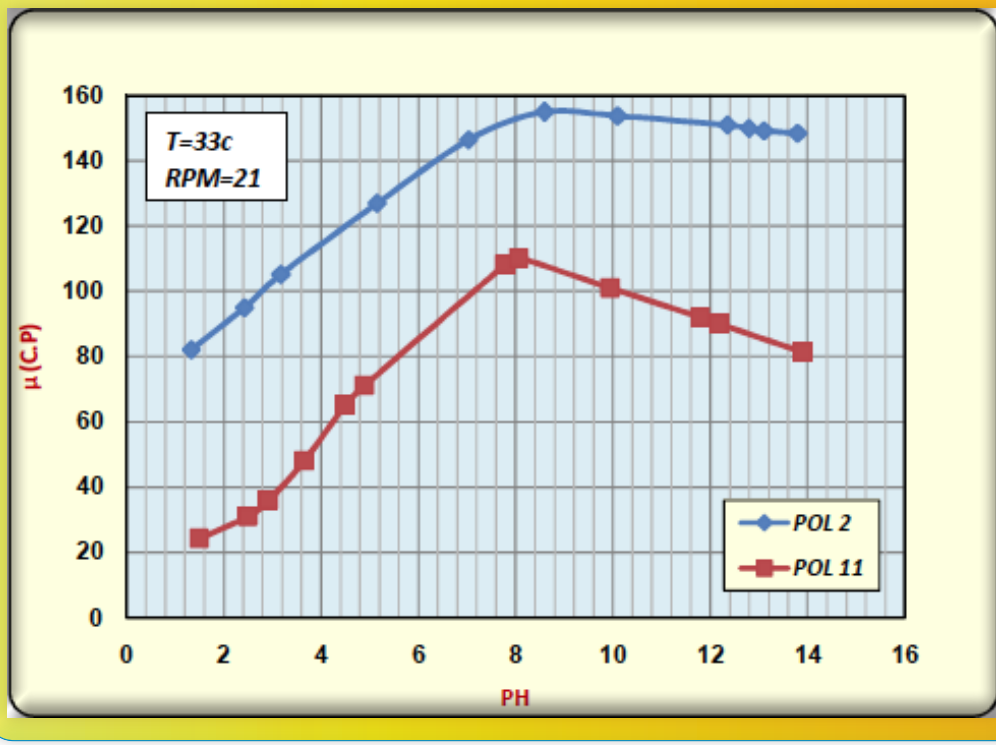
من دراسة المنحنيات البيانية نجد أن :

البوليمير(Xanthan Gum) أكثر مقاومةً للملوحة من بقية الأنواع الأخرى.

دراسة تأثير درجة حموضة الوسط (PH) على لزوجة المحاليل البوليميرية المدروسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد تأثير درجة الحموضة PH على خاصية اللزوجة للمحلول البوليميري، لأجل ذلك تم تحضير عدة محاليل بوليميرية من النوعين POL2 و POL11 (راجع جدول الأسماء) وبتركيز ثابت للبوليمير، مع تغيير قيم(PH) بالإتجاهين الحمضي والقلوي، ومن ثم قيست لزوجات هذه المحاليل المحضرة عند درجة حرارة الطبقة، ورُسمت العلاقات البيانية التي تُمثل تغير اللزوجة بالعلاقة مع درجة الحموضة (PH) عند تركيز ثابت للبوليمير، علماً أن تغيير حموضة الوسط بالإتجاه القلوي تمت عن طريق إضافة(NaOH)، بينما بالإتجاه الحمضي عن طريق إضافة(HCl 15%). نتائج القياسات موضحة في الشكل التالي :

الشكل(17): تغير اللزوجة بالعلاقة مع درجة الحموضة (PH) للمحلولين البوليميريين POL2 وPOL11عند سرعة قص (21 RPM).



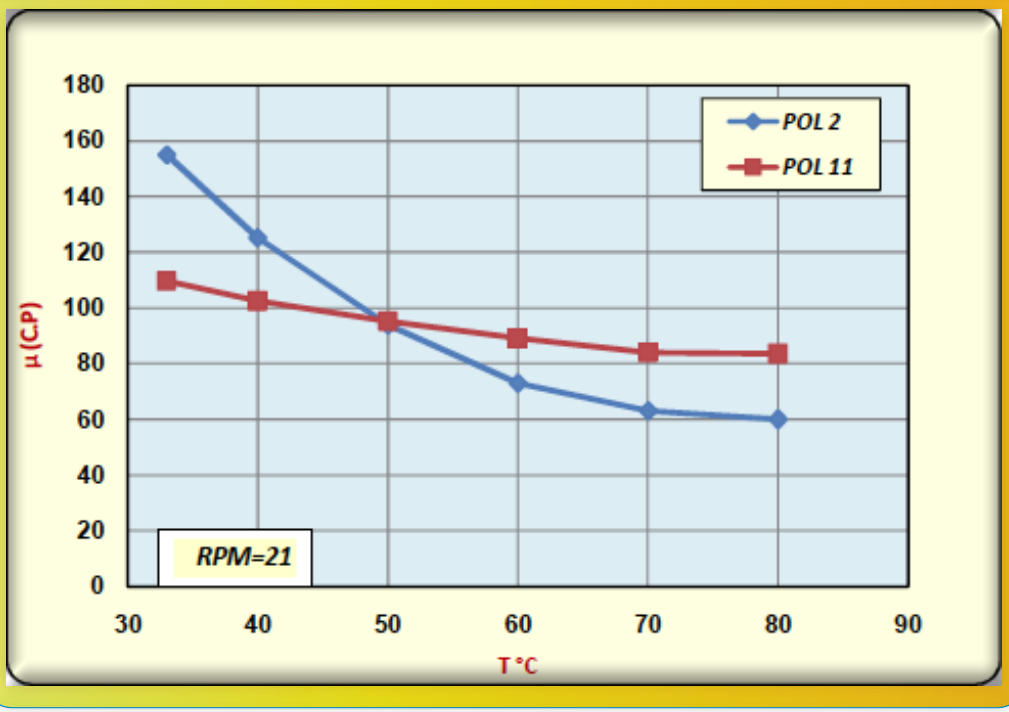
النتائج:

- ✓ يبدي محلول البوليمير(POL2) تأثراً أقل بكثير بالوسط القلوي مقارنة بالنوع (POL11).
- ✓ إن درجة حموضة الوسط التي تحافظ على لزوجة المحلول البوليميري (POL2) عند قيمتها العظمى تقابل (PH=8.59) أما بالنسبة للنوع (POL11) فإن درجة حموضة الوسط هي (PH=8.07). **الخلاصة** : يجب أن درجة حموضة الوسط المثالية التي تحافظ على لزوجة المحاليل البوليميرية المدروسة بحدود (PH~ 8- 9) .

دراسة تأثير درجة الحرارة على لزوجة المحاليل البوليميرية المدروسة:

تهدف هذه المرحلة إلى دراسة تأثير درجة الحرارة على لزوجة المحلول البوليميري واختيار النوع الأكثر مقاومة للحرارة ، لذلك تم تحضير محاليل بوليميرية من النوعين (POL2) و(POL11) - (راجع جدول الأسماء) بتركيز ثابت (4000ppm)، وتم قياس تغير لزوجة هذه المحاليل البوليميرية المذكورة عند درجات الحرارة التالية(80 -70 -60 -50 -40 -33). نتائج القياسات موضحة في الشكل التالي :

الشكل(18): تغير اللزوجة بالعلاقة مع درجة الحرارة للنوعين المدروسين من البوليميرات عند سرعة قص(21RPM).



النتائج:

بمقارنة تأثير درجة الحرارة على لزوجة النوعين المدروسين نجد أن تأثيرها على لزوجة المحلول البوليميري(POL2) أكبر منه بالنسبة للنوع (POL11) وذلك في المجال الحراري (33-80°C) المدروس. ومنه نستنتج أن : تأثير درجة الحرارة على لزوجة المحلول البوليميري (XanthanGum) أكبر منه بالنسبة للنوع (PAM).

B. إختيار مخفض التوتر السطحي الأنسب والذي سيتم من خلال :

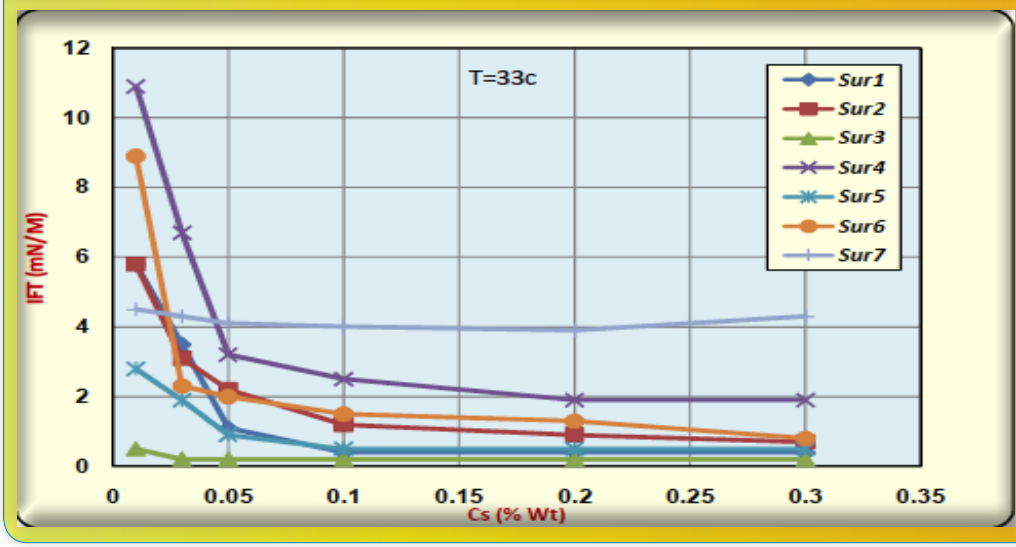
دراسة العلاقة بين (IFT) والتركيز Cs للأنواع المدروسة من مخفضات التوتر السطحي:

تهدف هذه الدراسة إلى اختيار نوع مخفض التوتر السطحي الذي يحقق أدنى(IFT) على الحد الفاصل مع النفط عند أدنى تركيز، وذلك عن طريق تحديد التركيز المثالي(CMC) لكافة أنوع مخفضات التوتر السطحي.

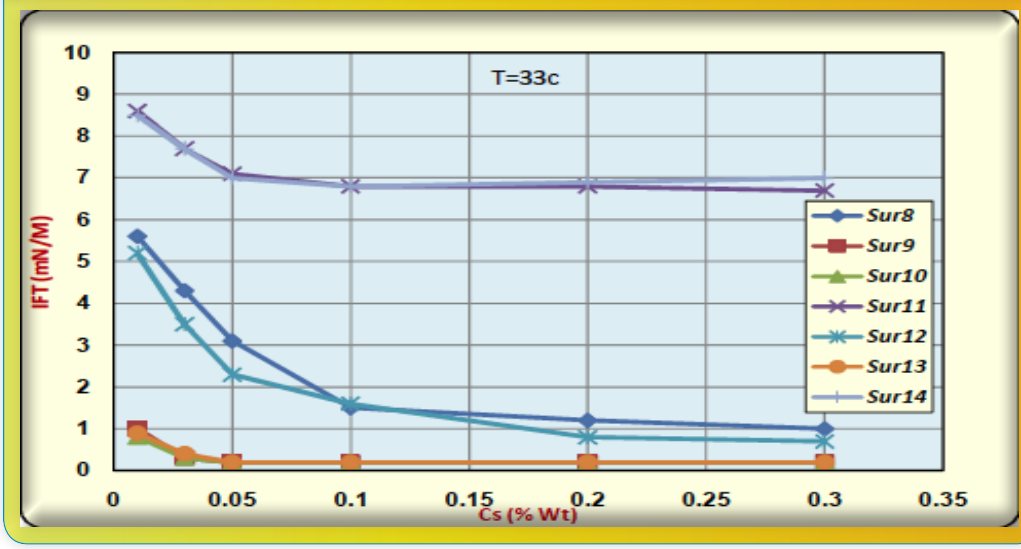
- التراكيز المقترحة للدراسةCs هي : (0.01- 0.03- 0.05- 0.1- 0.2- 0.3 % Wt).
- الحجوم المحضرة لكل نوع (500ml).
- الحجم اللازم للقياس (30ml).
- جهاز قياس(IFT): (KRUSS Tensiometer K-10) موصول بحمام مائي مبرمج حرارياً.

جميع القياسات أجريت بدرجة حرارة الطبقة ونتائجها مبينة في الأشكال التالية:

الشكل(19): تغير(IFT) على الحد الفاصل مع النفط بالعلاقة مع التركيزCs لمخفضات التوتر السطحي من (Sur 1)-(Sur 7).



الشكل(20): تغير(IFT) على الحد الفاصل مع النفط بالعلاقة مع التركيزCs لمخفضات التوتر السطحي من (Sur 8)-(Sur 14).



النتائج:

يمكن تلخيص نتائج دراسة الأنواع الـ 14 من مخفضات التوتر السطحي في الجدول التالي:

الجدول (11): ملخص نتائج دراسة الأنواع الـ 14 لمخفضات التوتر السطحي.

CMC wt%	IFT_{min} mN/M	نوع مخفض التوتر السطحي
0.05	1.1	SUR 1 (DDSNa)
0.1	1.2	SUR 2 (NP8)
0.03	0.2	SUR 3 (DDBSA)
0.05	3.2	SUR 4 (SPAN80)
0.05	0.9	SUR 5 (LESNa)
0.03	2.3	SUR 6 (LSNa)
0.05	4.1	SUR 7 (إيتوكزيلات الكحول)
0.1	1.5	SUR 8 (كمبرلان)
0.05	0.2	SUR 9 (DDBSNa)
0.05	0.2	SUR10 (DDBSCa)
0.05	7.1	SUR 11 (TWEEN80)
0.1	1.6	SUR 12 (NP10)
0.05	0.2	SUR 13 (DDBSNa)wetconat1223L
0.05	7	SUR 14 (NP100)

إن أفضل الأنواع التي يمكن الاعتماد عليها في هذه الدراسة هي:

A. الأنواع (Sur13) – (Sur9) – (Sur10) ولها ذات التركيب العام. (أفضلية أولى) .

B. النوع (Sur3) (أفضلية ثانية).

C. النوع (Sur1) (أفضلية ثالثة).

وذلك للأسباب التالية:

A. تبدي الأنواع (Sur13– Sur9– Sur10) أدنى(IFT) عند أدنى تركيز، وكذلك النوع (Sur3) يعطي ذات القيمة لـ (IFT) عند التركيز ذاته ، أما النوع (Sur1) فيعطي (IFT) مساوية (1.1) عند ذات التركيز.

B. جميع مخفضات التوتر السطحي المختارة أنيونية وتتوافق مع شحنة الصخر المدروس.

C. جميع مخفضات التوتر السطحي المختارة عدد ذرات الكربون فيها أكثر من 8 ذرات.

D. درجة حرارة الطبقة المدروسة (تشكيلة الجريبي- حقل ديرو) أعلى من حرارة كرافت لكافة المخفضات المختارة. حيث أن حرارة الطبقة (33°C) وحرارة كرافت تقريباً(29°C).

بناءً على ماسبق نجد أن الأنواع (Sur10- Sur9- Sur13- Sur3) هي المرشحة لاختيار أحدها للدراسة، من جهة أخرى سيتم استبعاد مخفض التوتر السطحي(Sur3) وذلك لأن محلوله يشكل عند تراكيز معينة وسطاً حمضياً ، وبالتالي تبقى الأنواع (Sur10- Sur9- Sur13) هي المرشحة لاختيار أحدها للدراسة.

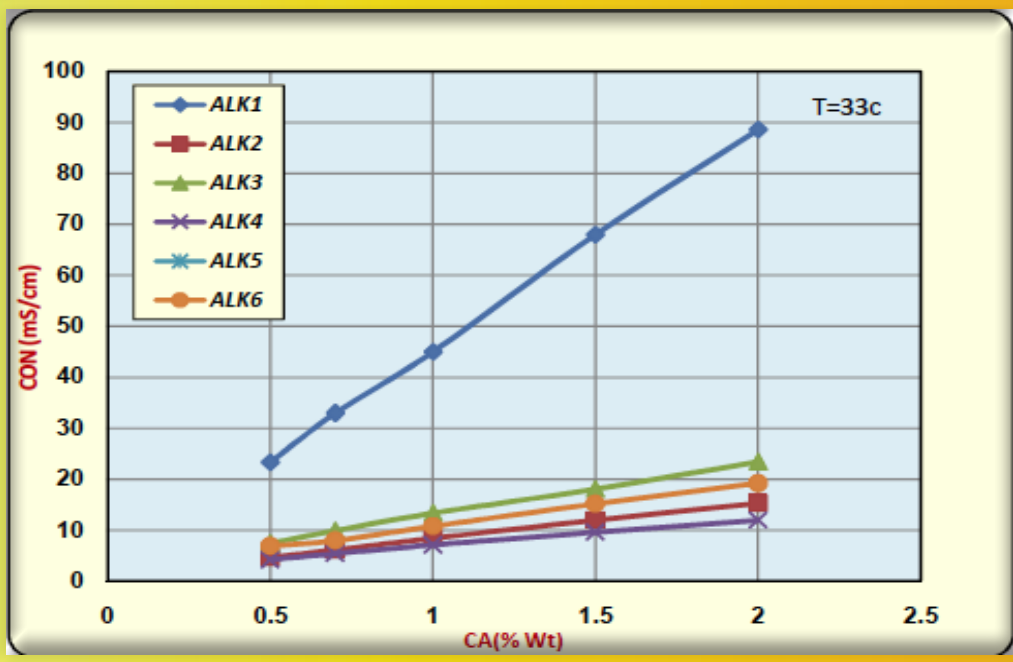
C . إختيار القلوي الأنسب والذي سيتم من خلال :

دراسة العلاقة بين كل من(PH ، TuR ، con ، IFT) والتركيز C_A للأنواع المدروسة من القلويات:

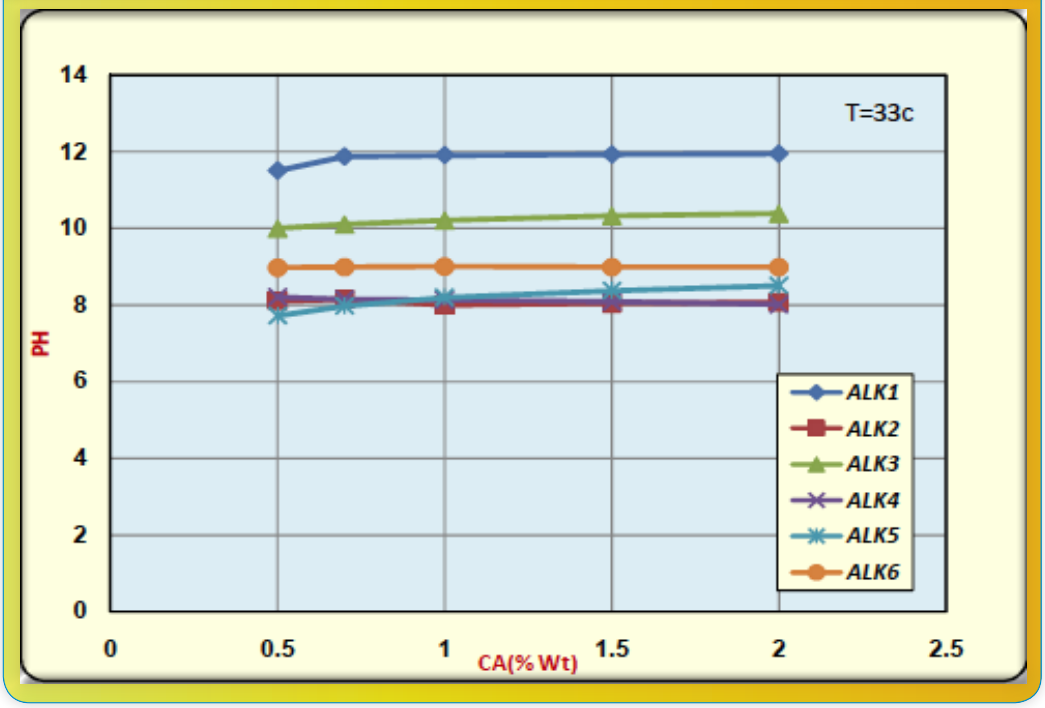
تهدف هذه الدراسة إلى اختيار نوع القلويات الذي يحقق أدنى(IFT) على الحد الفاصل مع النفط عند أدنى تركيز من جهة، ومن جهة أخرى النوع الذي يحقق أفضل المؤشرات بالنسبة لكل من (PH ، TUR ، con)

أجريت كافة القياسات بدرجة حرارة الطبقة ومثلت النتائج في الأشكال التالية:

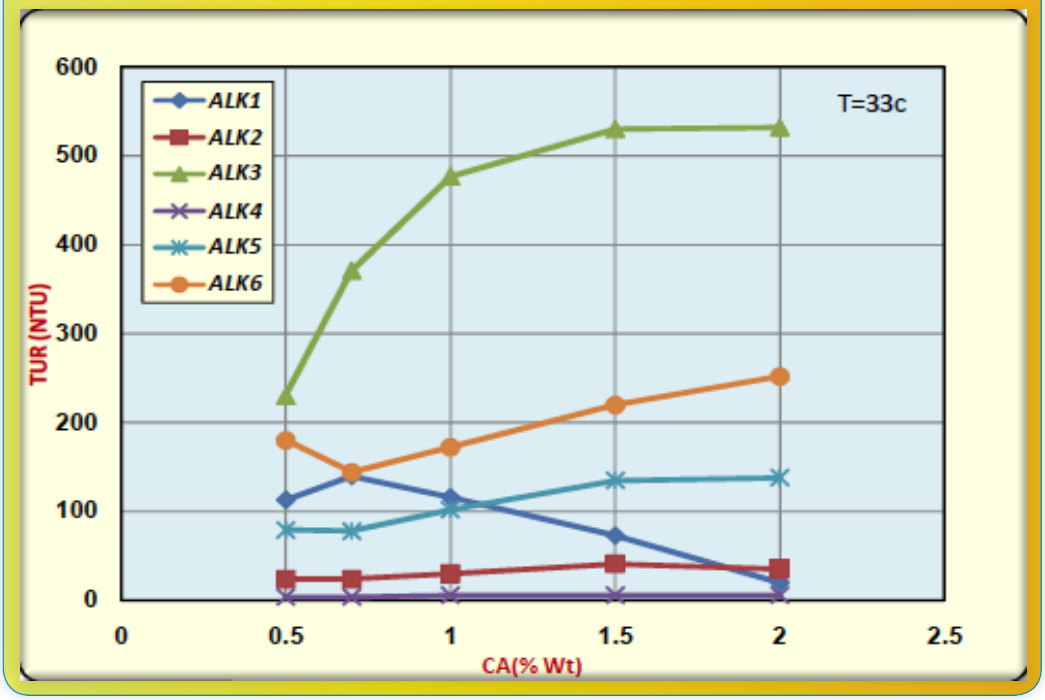
الشكل(21): تغير الناقلية الكهربائية (CON) بالعلاقة مع التركيزCA للأنواع المدروسة من القلويات.



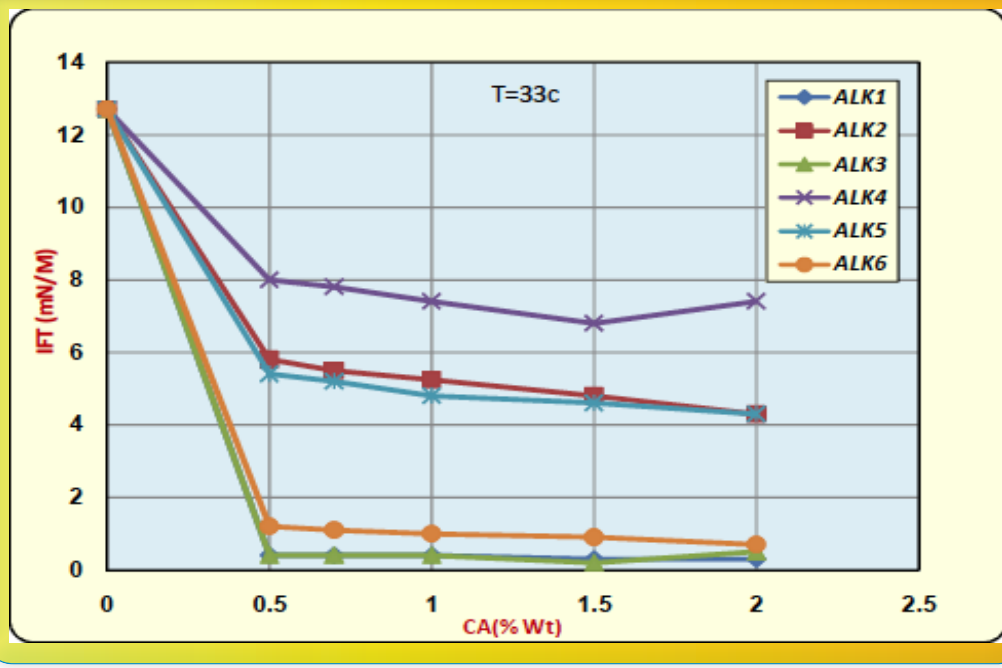
الشكل(22): تغير (PH) بالعلاقة مع التركيزCA للأنواع المدروسة من القلويات.



الشكل(23): تغير درجة العكارة بالعلاقة مع التركيز CA للأنواع المدروسة من القلويات.



الشكل(24): تغير(IFT) على الحد الفاصل مع النفط بالعلاقة مع التركيزCA للأنواع المدروسة من القلويات.



النتائج ومناقشتها:

يمكن تلخيص نتائج دراسة الأنواع الستة من القلويات في الجدول التالي:

الجدول(12): ملخص نتائج دراسة الأنواع الستة من القلويات المدروسة.

نوع القلوي	IFT (mN/M)	CMC (%Wt)	CON (μ_s/cm)	PH	TUR (NTU)	ملاحظات
ALK1=NaOH	0.4	0.5	23.3×10^9	11.5	113	CoN الناقلية الكهربائية للمحلول الموافقة للتركيز الجزيئي الحدي.
ALK2=$NaHCO_3$	5.8	0.5	4.61×10^9	8.11	24	TUR: درجة العكارة للمحلول الموافقة للتركيز الجزيئي الحدي.
ALK3=Na_2CO_3	0.4	0.5	7.33×10^9	10	230	PH: درجة حموضة المحلول الموافقة للتركيز الجزيئي الحدي.
ALK4=$Na_5P_3O_{10}$	8	0.5	4.11	8.21	4	IFT: التوتر بين السطحي الموافق للتركيز الجزيئي الحدي.
ALK5= $C_6H_{15}NO_3$	5.4	0.5	452	7.72	79	CMC: التركيز الجزيئي الحدي
ALK6=$NaHCO_3$+ Na_2CO_3 1:1	1.2	0.5	6.88×10^9	8.97	180	

تم اختيار كلاً من **القلوي**(NaOH) **والقلوي**(Na_2CO_3) حيث يبدي القلوي(NaOH) أدنى قيمة لـ (IFT) ، وكذلك أعلى ناقلية كهربائية ودرجة حموضة وذلك عند التركيز(0.5%Wt)، أما درجة عكارة محلوله عند ذات التركيز فتساوي(113NTU) وهي تعتبر مقبولة. أما بالنسبة للقلوي(Na_2CO_3) فإن قيمة(IFT) له عند التركيز (0.5%Wt) لها ذات قيمة القلوي(NaOH)، لكن درجة الـ (PH) له والناقلية الكهربائية أقل مقارنة بالنوع (NaOH)، في حين يبدي محلوله درجة عكارة عالية عند التركيز(0.5%Wt) مقارنة بالنوع (NaOH).

الخلاصة:

1- بالنسبة لاختيار البوليمير الأنسب:

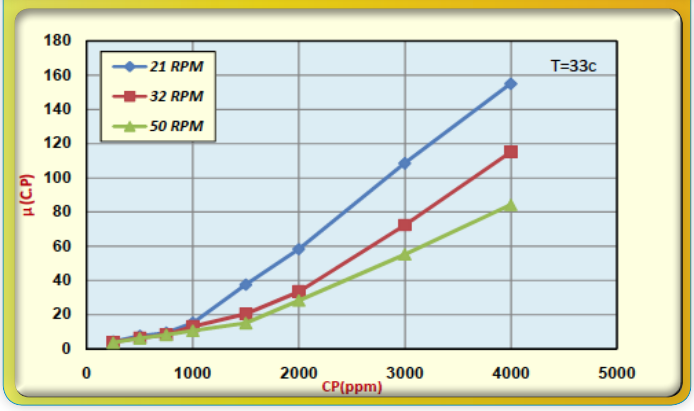
تم اختيار البوليمير(Xanthan Gum) وذلك للأسباب التالية:

- مقاومته للملوحة أكبرمن الأنواع الأخرى المدروسة.
- بزيادة تركيز البوليمير(XanthanGum) في المحلول فإنه يعطي قيماً للزوجة أعلى بالمقارنة مع الأنواع الأخرى وخاصةً عند التراكيز القليلة.
- مقاومته لاجهادات القص أكبر من الأنواع الأخرى المدروسة.
- تبدي لزوجة محاليله تأثراً أقل بالوسط القلوي بالمقارنة مع البولي أكريل أميد.
- التوتر السطحي لمحاليله أقل بالمقارنة مع الأنواع الأخرى المدروسة .

- **ومن أجل تحديد التركيز المثالي للبوليمير**(Xanthan Gum) :

تم رسم العلاقة بين اللزوجة والتركيز Cp عند سرعات قص مختلفة كما هو مبين في الشكل التالي:

الشكل(25): تغيراللزوجة بالعلاقة مع التركيز للبوليمير(XanthanGum) عند سرعات قص مختلفة.



وبنتيجة دراسة الشكل وجدنا أن التركيز المثالي للبوليمير الذي يعطي لزوجة موافقة للزوجة نفط الحقل المدروس (حقل ديرو) بالشروط الطبقية والمساوية(4.5cp) يتراوح بين(300-400 ppm).

2- بالنسبة لإختيار مخفض التوتر السطحي الأنسب :

تم اختيار مخفض التوتر السطحي (DDBSNa -Wetconat1223L) للأسباب التالية:

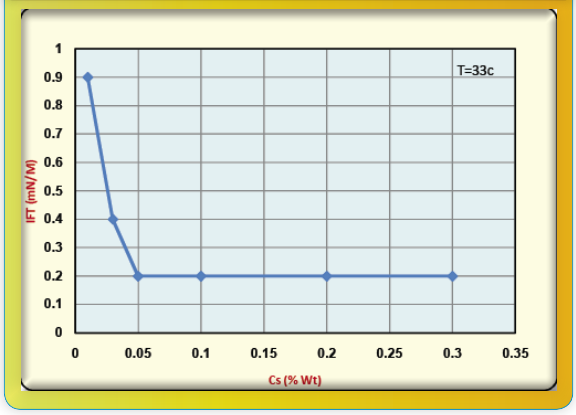
- التركيز المذيلي الحدي (CMC) له أقل من الأنواع الأخرى المدروسة.
- يعطي أدنى (IFT) عند أدنى تركيز بالمقارنة مع الأنواع الأخرى من المخفضات المدروسة .
- أنيوني مناسب للصخور الكربوناتية والكلسية.
- توافق شاردة Na في تركيبه مع شاردة Na في القلوي(NaOH) الذي سيستخدم في المحلول(ASP)

- امتزازه قليل على سطح الصخر(المواد الفعالة سطحياً الأنيونية بشكلٍ عام).
- رخيص الثمن ويمكن تحضيره مخبرياً.

ومن أجل تحديد التركيز المثالي للمخفض DDBSNa (Wetconat 1223L) :

تم رسم العلاقة بين تركيز المخفض Cs والتوتر بين السطحي(IFT) على الحد الفاصل مع النفط كما هو مبين في الشكل التالي :

الشكل(26): تغير(IFT) على الحد الفاصل مع النفط بالعلاقة مع التركيزCs للمخفض(DDBSNa).



وبنتيجة دراسة الشكل نجد أن التركيز المثالي الذي يعطي أدنى(IFT) عند أدنى تركيزهو(Cs=0.05 % Wt).

3- بالنسبة لإختيار القلوي الأنسب:

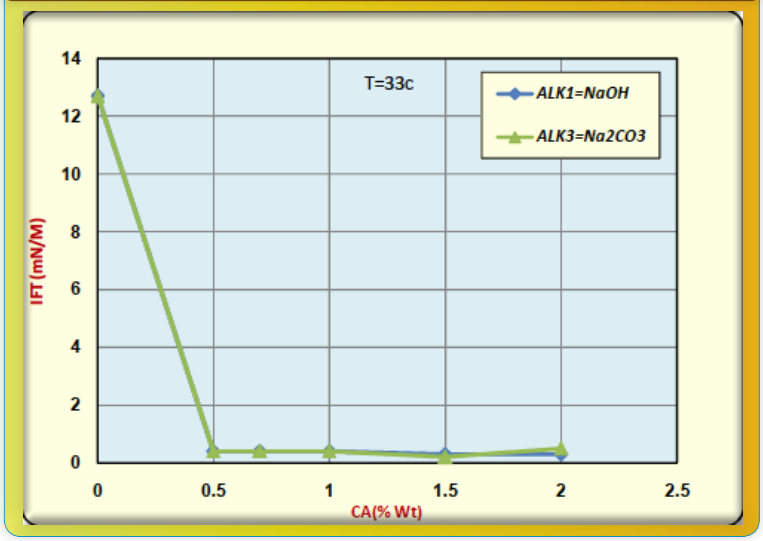
تم اختيار القلوي(NaOH) كأفضلية أولى(مع اختيار Na_2CO_3 كأفضلية ثانية) للأسباب التالية:

- يعطي محلول القلوي (NaOH) أدنى (IFT) على الحد الفاصل مع النفط عند أدنى تركيز ، كذلك يشترك القلوي (Na2CO3) مع هيدروكسيد الصوديوم في هذه الميزة .
- PH محلول القلويNaOH بحدود (11.5) وهذا مناسب لتقليل الكمية الضائعة بالامتزاز من مخفض التوتر السطحي المستخدم في المحلول (ASP)على سطح الصخر، إضافةً إلى دوره الفعال في تغيير قابلية التبلل.
- تناقص درجة عكارة محلول NaOH مع زيادة تركيزه فيه.

ومن أجل تحديد التركيز المثالي للقلوي NaoH :

تم دراسة تغير(IFT) على الحد الفاصل مع النفط بالعلاقة مع التركيزCA للنوعين ($NaOH.Na_2CO_3$) كما هو مبين بالشكل التالي :

الشكل(27): تغير(IFT) على الحد الفاصل مع النفط بالعلاقة مع التركيزCA للنوعين($NaOH.Na_2CO_3$).



وبنتيجة دراسة الشكل وجدنا أن التركيز المثالي للقلوي(NaOH) والقلوي(Na_2CO_3) الذي يعطي أدنى(IFT) هو (CA=0.5%Wt).

3- تحديد التراكيز المثالية لمكونات محلول الحقن ASP التي تعطي أعلى فعالية عند حقنها في حقل ديرو

بعد أن تم في المرحلة الأولى اختيار البوليمير(XanthanGum) والقلوي(NaOH) ومخفض التوتر السطحي(DDBSNa) وذلك من بين كل الأنواع المدروسة سابقاً ، وبعد أن تم تحديد التركيز المثالي لكل نوع منهم والمبينة في الجدول التالي :

الجدول(13) : التراكيز المثالية للأنواع المختارة

النوع	التركيز المثالي
البوليمير(Xanthan Gum)	Cp=300- 400 ppm
القلوي(NaOH)	CA=0.5 %Wt
المخفض(DDBSNa)	Cs=0.05 %Wt

فإنه سيتم في هذه المرحلة تحديد التركيز المثالي لكل نوع من الأنواع المذكورة ولكن ضمن المحلول(ASP)، بمعنىً آخر تحديد التركيز المثالي لكل مكون بوجود بقية مكونات المحلول الأخرى، والهدف من ذلك هو دراسة ومعرفة تأثير مكونات المحلول(ASP) على تحديد قيمة الـ (CMC) لأحد هذه المكونات. ولأجل تحقيق هذا الهدف فقد تم اختيار أربعة تراكيز لكل مكون من مكونات المحلول(ASP) المذكورة سابقاً والمختارة بناءً على نتائج المرحلة الأولى، وبحيث تتضمن هذه التراكيز الأربعة لكل مكون التركيز المثالي الذي تم التوصل إليه بالمرحلة الأولى من الدراسة، هذه التراكيز موضحة في الجدول التالي:

الجدول(14) : التراكيز المختارة للدراسة لمكونات المحلول (ASP) بناءً على نتائج المرحلة الأولى

المادة	التراكيز المختارة للدراسة
البوليمير(Xanthan Gum)	500- 1000- 2000- 4000 ppm
القلوي(NaOH)	0.3- 0.5- 0.7- 1.5 %Wt
المخفض(DDBSNa)	0.03- 0.05- 0.1- 0.2 %Wt

يمكننا تمثيل جميع هذه التراكيز على شكل مصفوفة:

$$\begin{cases} P_1 = 500 & A_1 = 0.3 & S_1 = 0.03 \\ P_2 = 1000 & A_2 = 0.5 & S_2 = 0.05 \\ P_3 = 2000 & A_3 = 0.7 & S_3 = 0.1 \\ P_4 = 4000 & A_4 = 1.5 & S_4 = 0.2 \end{cases}$$

وبما أنه لدينا ثلاثة متغيرات هي(P،S،A) ولكل متغير أربعة تراكيز وبالتالي فإن احتمالات المحاليلASP التي يمكن تشكيلها هو($64=4^3$) احتمال مبينة كالتالي :

الجدول(15): نتائج حل المصفوفة الرياضية واحتمالات المحاليل ASP التي يمكن تشكيلها

المجموعة الأولى	المجموعة الثانية	المجموعة الثالثة	المجموعة الرابعة
$P_1A_1S_1$	$P_2A_1S_1$	$P_3A_1S_1$	$P_4A_1S_1$
$P_1A_1S_2$	$P_2A_1S_2$	$P_3A_1S_2$	$P_4A_1S_2$
$P_1A_1S_3$	$P_2A_1S_3$	$P_3A_1S_3$	$P_4A_1S_3$
$P_1A_1S_4$	$P_2A_1S_4$	$P_3A_1S_4$	$P_4A_1S_4$
$P_1A_2S_1$	$P_2A_2S_1$	$P_3A_2S_1$	$P_4A_2S_1$
$P_1A_2S_2$	$P_2A_2S_2$	$P_3A_2S_2$	$P_4A_2S_2$
$P_1A_2S_3$	$P_2A_2S_3$	$P_3A_2S_3$	$P_4A_2S_3$
$P_1A_2S_4$	$P_2A_2S_4$	$P_3A_2S_4$	$P_4A_2S_4$
$P_1A_3S_1$	$P_2A_3S_1$	$P_3A_3S_1$	$P_4A_3S_1$
$P_1A_3S_2$	$P_2A_3S_2$	$P_3A_3S_2$	$P_4A_3S_2$
$P_1A_3S_3$	$P_2A_3S_3$	$P_3A_3S_3$	$P_4A_3S_3$
$P_1A_3S_4$	$P_2A_3S_4$	$P_3A_3S_4$	$P_4A_3S_4$
$P_1A_4S_1$	$P_2A_4S_1$	$P_3A_4S_1$	$P_4A_4S_1$
$P_1A_4S_2$	$P_2A_4S_2$	$P_3A_4S_2$	$P_4A_4S_2$
$P_1A_4S_3$	$P_2A_4S_3$	$P_3A_4S_3$	$P_4A_4S_3$
$P_1A_4S_4$	$P_2A_4S_4$	$P_3A_4S_4$	$P_4A_4S_4$

يتم بالنسبة لكل محلول من أصل (64) قياس كلٍ من (IFT،μ) بدرجة حرارة الطبقة ثم تُرسم العلاقة بين (Cs،IFT) لكل زمرة في كل مجموعة بحيث نحصل على أربعة منحنيات في كل مجموعة، نختار من كل مجموعة المنحني الذي يمثل المحلول الذي يعطي أدنى(IFT) بالعلاقة مع تركيز المخفض(Cs) وبالتالي سنحصل على أربعة منحنيات نهائية، ثم تُرسم هذه المنحنيات ضمن جملة محاور واحدة يتم منه أخيراً اختيار المنحني الذي يمثل المحلولASP الذي يعطي أدنى(IFT) بالعلاقة مع التركيز، ومنه يحدد التركيز المثالي للمخفض ضمن المحلول والذي يتضمن بذات الوقت تركيز القلوي ضمن المحلول، وبذلك نكون قد حددنا التركيز المثالي لكل من(A،S) ضمن محلولASP ويبقى تحديد التركيز المثالي للبوليمير ضمن المحلول المذكور. يُحدد هذا التركيز الذي يتوافق مع التراكيز المثالية لكل من(A،S) ضمن محلول ASPكما يلي: تُدرس العلاقة بين(μ،Cp) لمحلول البوليمير الذي يحتوي التراكيز المثالية(A،S)، ومن تقاطع قيمة اللزوجة الموافقة للزوجة نفط الحقل المدروس (حقل ديرو) يتم تحديد(Cp) المثالي ضمن محلولASP . النتائج موضحة في الجدول التالي:

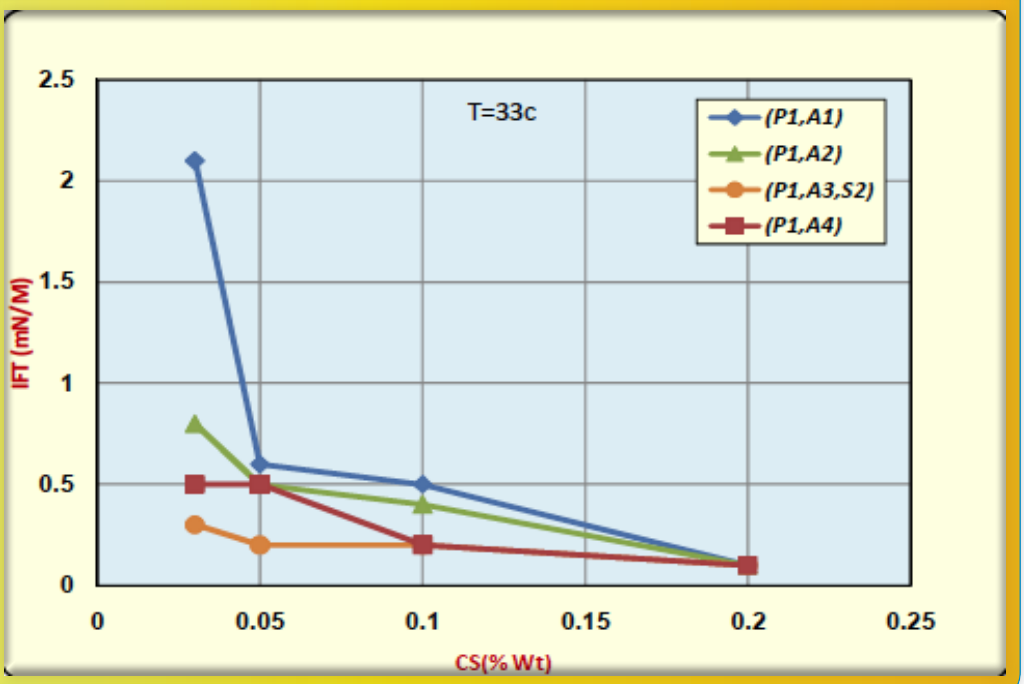
الجدول(16) : نتائج قياس كل من IFT واللزوجة عند سرعات قص مختلفة للمحاليل ASP المشكلة

المجموعة لأولى	IFT mN/M	μ_{21} (C.P)	μ_{32} (C.P)	μ_{50} (C.P)	المجموعة الثانية	IFT mN/M	μ_{21} (C.P)	μ_{32} (C.P)	μ_{50} (C.P)
$P_1A_1S_1$	2.1	6.54	5.82	4.95	$P_2A_1S_1$	2.2	17.46	16.17	15.4
$P_1A_1S_2$	0.6	6.31	5.82	4.94	$P_2A_1S_2$	0.7	17.27	16.11	15.1
$P_1A_1S_3$	0.5	6	5.82	4.72	$P_2A_1S_3$	0.6	17.15	16.1	15
$P_1A_1S_4$	0.1	5.92	5.82	4.38	$P_2A_1S_4$	0.2	17	16.05	14.9
$P_1A_2S_1$	0.8	6.54	4.92	4.72	$P_2A_2S_1$	1.1	17	15.6	15
$P_1A_2S_2$	0.5	5.5	4.8	4.65	$P_2A_2S_2$	0.6	16.9	15.2	14.9
$P_1A_2S_3$	0.4	5.13	4.62	4.61	$P_2A_2S_3$	0.5	16.8	14.9	14.3
$P_1A_2S_4$	0.1	4.34	4.28	4.25	$P_2A_2S_4$	0.3	16.7	14.8	14.1
$P_1A_3S_1$	0.3	4.48	4.48	4.3	$P_2A_3S_1$	0.8	16	14.3	14
$P_1A_3S_2$	0.1	4.37	4.28	4.17	$P_2A_3S_2$	0.4	15.4	14.1	11.6
$P_1A_3S_3$	0.1	4.35	4.23	3.76	$P_2A_3S_3$	0.4	14.9	13.9	11.1
$P_1A_3S_4$	0.1	4.3	4.19	3.18	$P_2A_3S_4$	0.4	14.8	13.7	10.9
$P_1A_4S_1$	0.5	4.38	4.2	3.76	$P_2A_4S_1$	0.7	14	13.6	10.8
$P_1A_4S_2$	0.5	4.34	4.15	3.31	$P_2A_4S_2$	0.7	13.8	13.4	10
$P_1A_4S_3$	0.2	4.11	4.1	3.13	$P_2A_4S_3$	0.4	13.5	13.1	9.8
$P_1A_4S_4$	0.1	3.74	3.94	2.82	$P_2A_4S_4$	0.4	13.2	12.8	9.7

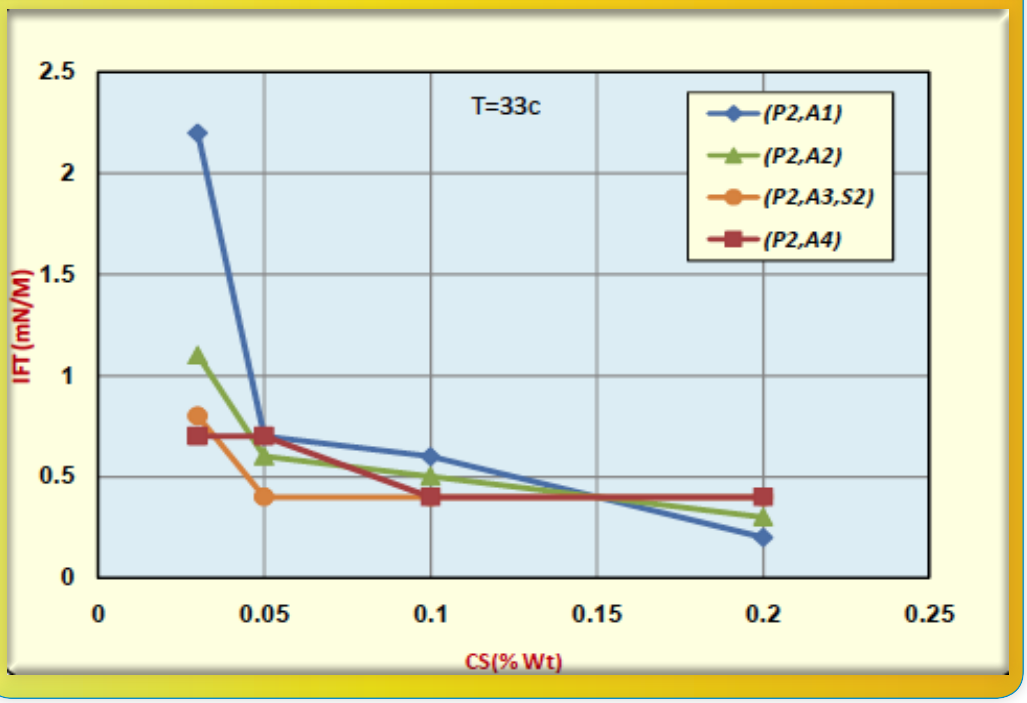
تابع الجدول(16) : نتائج قياس كل من IFT واللزوجة عند سرعات قص مختلفة للمحاليل ASP المشكلة

المجموعة الثالثة	*IFT* mN/M	μ_{21} (C.P)	μ_{32} (C.P)	μ_{50} (C.P)	المجموعة الرابعة	*IFT* mN/M	μ_{21} (C.P)	μ_{32} (C.P)	μ_{50} C.P)
$P_3A_1S_1$	2.3	52.6	42.9	28.4	$P_4A_1S_1$	5.1	144	112	83.05
$P_3A_1S_2$	1.7	51.5	42	27.6	$P_4A_1S_2$	5.1	143.2	111.5	82.8
$P_3A_1S_3$	1.3	50.8	41.7	26.8	$P_4A_1S_3$	5.1	142.8	110.8	82.2
$P_3A_1S_4$	1.1	50.7	41.0	26.3	$P_4A_1S_4$	5.1	141	109	79
$P_3A_2S_1$	1.5	52.3	41	27.1	$P_4A_2S_1$	5.1	138	105	76.5
$P_3A_2S_2$	1.3	51.7	40.8	26.9	$P_4A_2S_2$	5.1	137	104.1	75
$P_3A_2S_3$	1.2	50.3	40.4	26.3	$P_4A_2S_3$	5	136.8	104	74.7
$P_3A_2S_4$	0.8	50.2	40.2	26.2	$P_4A_2S_4$	4.7	136.2	103	72.7
$P_3A_3S_1$	1.2	49.7	40.8	26.8	$P_4A_3S_1$	5.2	134.1	101	71.8
$P_3A_3S_2$	0.9	49.1	40.3	26.4	$P_4A_3S_2$	5	133.4	100.1	71
$P_3A_3S_3$	0.9	49	39.7	25.9	$P_4A_3S_3$	5	132.8	99.7	69.3
$P_3A_3S_4$	0.8	48.9	38.9	25.2	$P_4A_3S_4$	4.8	132	99	66.5
$P_3A_4S_1$	1.7	48.5	38.3	25	$P_4A_4S_1$	5.1	131	98	65.7
$P_3A_4S_2$	1.5	48.1	37.9	24.7	$P_4A_4S_2$	5.1	130.3	97.8	64.8
$P_3A_4S_3$	1.3	47.8	37.5	24.1	$P_4A_4S_3$	5	129.7	97	64.5
$P_3A_4S_4$	1.2	47.1	37.4	23.8	$P_4A_4S_4$	4.7	128.2	97	64.4

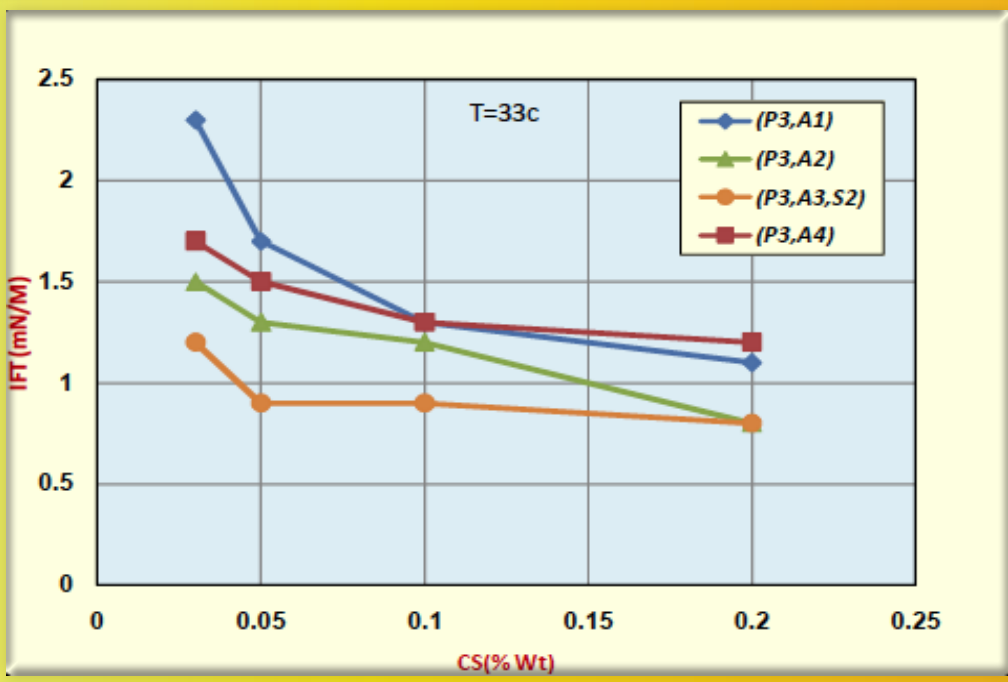
الشكل(28): تغير(IFT) على الحد الفاصل مع النفط بالعلاقة مع التركيزCs لمخفض التوتر السطحي (DDBSNa) "المجموعة الأولى".



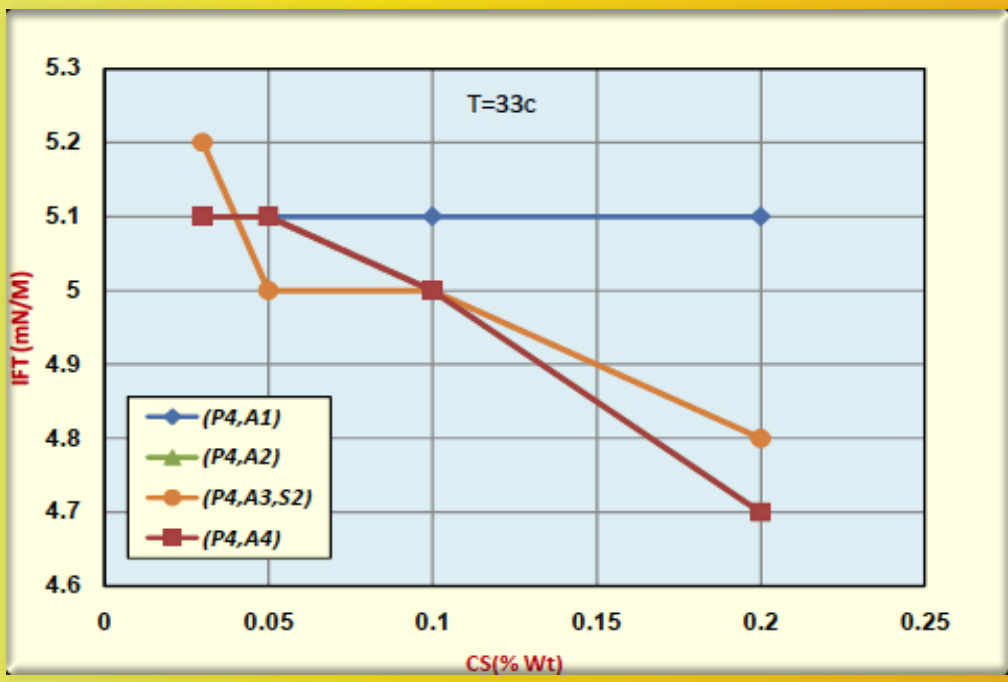
الشكل(29): تغير(IFT) على الحد الفاصل مع النفط بالعلاقة مع التركيزCs لمخفض التوتر السطحي (DDBSNa) "المجموعة الثانية".



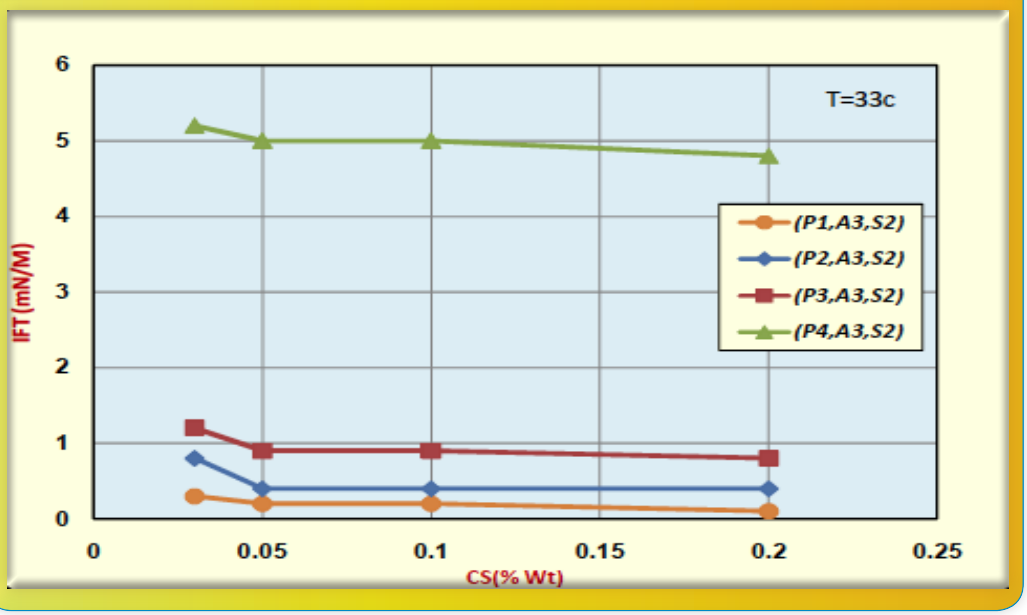
الشكل(30): تغير(IFT) على الحد الفاصل مع النفط بالعلاقة مع التركيزCs لمخفض التوتر السطحي (DDBSNa) "المجموعة الثالثة".



الشكل(31): تغير(IFT) على الحد الفاصل مع النفط بالعلاقة مع التركيزCs لمخفض التوتر السطحي (DDBSNa) "المجموعة الرابعة".



الشكل(32): تغير(IFT) بالعلاقة مع التركيزCs لمخفض التوتر السطحي (DDBSNa) للمنحنيات الأربعة المختارة من كل مجموعة.



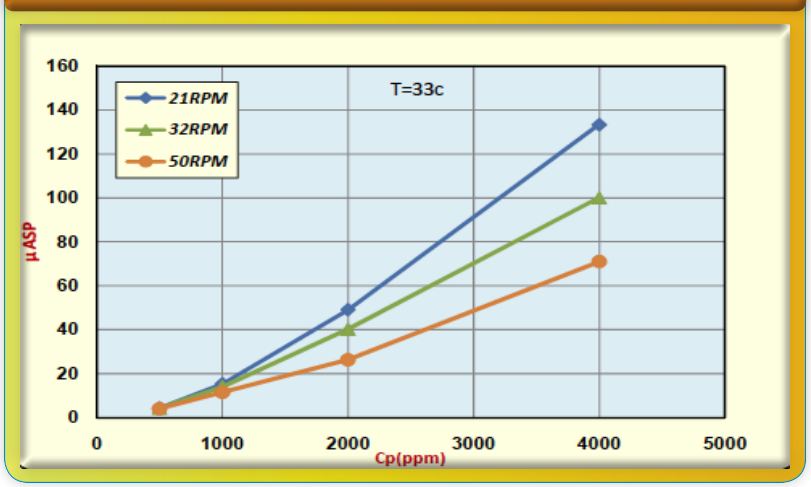
مناقشة النتائج:

يُلاحظ من الأشكال الأربعة الخاصة بالمجموعات الأربع، ومن الشكل الأخير الذي يضم المنحنيات الأربعة المختارة من كل مجموعة أن أدنى قيمة للتوتر بين السطحي في المجموعة الأولى يمثلها التركيز(A_3S_2) وكذلك الأمر في المجموعات الثانية والثالثة والرابعة، وبالتالي فإن التركيز المثالي لمخفض التوتر السطحي في كل المجموعات المدروسة هو التركيز(Cs_2=0.05%Wt) والمتوافق تماماً مع تركيز القلوي (CA_3=0.7%Wt). إذاً يمكننا القول أن التركيز المثالي للمخفض (DDBSNa) ضمن المحلولASP هو (Cs=0.05%Wt)، والتركيز المثالي للقلوي (NaOH) ضمن المحلولASP هو (CA=0.7%Wt) .

بقي علينا تحديد التركيز المثالي للبوليمير ضمن المحلولASP والذي يحقق الشرطين التاليين:

1- أن يُوافق لزوجة نفط الحقل المدروس(حقل ديرو).

الشكل(33): تغير(µASP) بالعلاقة مع (Cp) للبوليمير(Xanthan Gum) عند سرعات قص مختلفة.



2- أن يتوافق مع التراكيز المثالية لكل من(S،A) ضمن المحلول والمحددين بيانياً.
ولأجل ذلك تم رسم العلاقة بين(μ_{ASP}،Cp) ضمن المحلول الذي يحوي التراكيز المثالية لكل من(S،A) . التمثيل البياني للنتائج موضح في الشكل التالي:

بمقاطعة قيمة اللزوجة (μ_o=4.5CP) (لزوجة نفط الحقل المدروس بالشروط الطبقية) مع المنحنيات الثلاثة نجد أن:

$$Cp_1\left(\Omega_1 = 21\frac{1}{min}\right) = 510\ ppm$$
$$Cp_2\left(\Omega_2 = 32\frac{1}{min}\right) = 525\ ppm$$
$$Cp_3\left(\Omega_3 = 50\frac{1}{min}\right) = 550\ ppm$$

يمكننا القول أن التركيز المثالي للبوليمير (XanthanGum) ضمن المحلولASP الذي يحوي التراكيز المثالية لـ (S،A) يتراوح بين (510~550ppm) وذلك تبعاً لسرعة القص.

بمعنى آخر: إن التركيز المثالي للبوليمير ضمن المحلول تابع لسرعة القص، ومع زيادة سرعة القص يتطلب استخدام تركيز أكبر من البوليمير.

(نتائج المرحلتين الأولى والثانية):

يمكننا مقارنة التراكيز المثالية التي حصلنا عليها في المرحلتين الأولى والثانية كما هو مبين في الجدول :

الجدول(17): مقارنة بين نتائج المرحلتين الأولى والثانية لاختيار التراكيزالمثالية لكل من (P،S،A).

المرحلة	CA (Wt %)	Cs (Wt %)	Cp (ppm)
المرحلة الأولى (التراكيز المثالية بشكلٍ منفصل)	0.5	0.05	300~400 حسب سرعة القص
المرحلة الثانية (التراكيز المثالية ضمن المحلول)	0.7	0.05	510~550 حسب سرعة القص

قياس مؤشرات محلول الحقن ASP الذي تم تحديد تراكيزه المثالية :

بناءً على النتائج التي توصلنا إليها فقد تم تحضير محلول(ASP) بالتراكيز المثالية المشار إليها سابقاً، وتم قياس المؤشرات التالية لهذا المحلول والمبينة في الجدول التالي:

الجدول(18): نتائج قياس مؤشرات محلول(ASP).

المؤشر	القيمة	الواحدة
C_A	0.7	%Wt
C_s	0.05	% Wt
C_p	550	ppm
σ	28.5	mN/M
IFT	0.2	mN/M
d	1.0086	gr/cm^3
Turbidity	63.9	NTU
$\mu_{21\ RPM}$	4.9	C.P
$\mu_{32\ RPM}$	4.7	C.P
$\mu_{50\ RPM}$	4.5	C.P
PH	11.8	-
CON	45.3	µs/cm
D.O	82	%
D.O	3.2	mg/Liter
Salinity	33	%
TDS	22.7	gr/Liter

4 - دراسة السلوك الطوري Phase Behavior (نفط ديرو/ محلول ASP)

إن دراسة السلوك الطوري وإعداد البيانات اللازمة عند التوازن الطوري (نفط ديرو/محلول ASP) ضروري جداً لتكوين نظام يُقلل من حجم المناطق متعددة الأطوار ويزيد من حجم منطقة الطور الواحد، كما أن دراسة السلوك الطوري بالشروط الطبقية (حرارة- ملوحة) تعطي طريقة مهمة جداً للتنبؤ بتكوين الأطوار المختلفة داخل الطبقة . ونظراً لأن معرفة السلوك الطوري مهمة جداً لتفسير عمليات الإزاحة كما أن ربط كل من نتائج عمليات الإزاحة والسلوك الطوري مع الاختبارات الحقلية يُعتبر من العوامل الحاسمة لنجاح عملية الحقن الكيميائي لذلك كان لا بد من التوجه لإجراء هذه الدراسة.

تمت دراسة العوامل التالية المؤثرة على السلوك الطوري (نفط/ محلولASP):

1. تأثير تغير تركيز مخفض التوتر السطحي(DDBSNa-Wetconat1223L) في المحلول(ASP) على السلوك الطوري(نفط/ محلولASP).
2. تأثير تغير تركيز القلوي(NaOH) في المحلول(ASP) على السلوك الطوري (نفط/ محلول ASP).
3. تأثير تغير تركيز البوليمير(XanthanGum) في المحلول(ASP) على السلوك الطوري (نفط/ محلولASP).
4. تأثير تغير درجة الحرارة على السلوك الطوري (نفط/ محلولASP).
5. تأثير تغير الملوحة على السلوك الطوري (نفط/ محلولASP).

كما تم تحديد التركيز الأمثل لكل من (A، S، P) ضمن محلول (ASP) من وجهة نظر السلوك الطوري

ولقد تم عرض النتائج التي تم التوصل إليها باختصار في فقرة النتائج آخر البحث .

5 - تحضيرات عمليات الإزاحة

وتشمل :

- تحضير موديل فيزيائي للطبقة المنتجة لحقل ديرو
- تحضير موديل فيزيائي للنفط الطبقي
- تحضير الموديل الطبقي لعمليات الازاحة

تحضير موديل فيزيائي للطبقة المنتجة لحقل ديرو:

تم في هذه المرحلة من الدراسة اختيار وتحضير الموديل الصخري المناسب الذي يحقق نفوذية ومسامية موافقة لنفوذية ومسامية الطبقة المنتجة في حقل ديرو.

المواد المستخدمة في تحضير الموديل مع أبعاد حبيباتهاهي:

1- $\mu M\ 63 < (\ Marble\ ) < \mu M\ 75$

2- $\mu M\ 75 < (Silica\ floor) < \mu M\ 150$

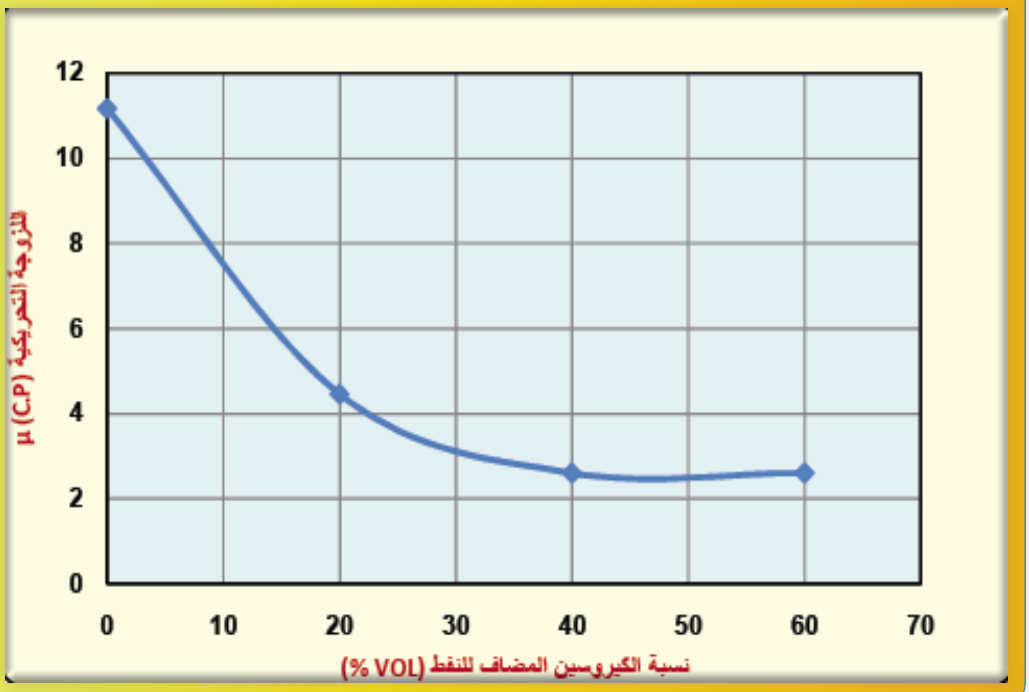
وجدنا بعد كثير من التجارب التي أجريت والتي لايتسع المجال لذكرها أن النسبة المثالية لكل من المكونين الأساسي(الماربل) والثانوي(السيليكا فلور) التي تحقق موديلاً صخرياً له نفوذية موافقةً للنفوذية الوسطية لحقل ديرو والمساوية 89.66mD هي:

- نسبة المكون الأساسي: 89% (Marble) .
- نسبة المكون الثانوي: 11% (Marble OR silica floor) .

تحضير موديل فيزيائي للنفط الطبقي لحقل ديرو:

من المعلوم أن للنفط الطبقي كثافة ولزوجة وقوة توتر سطحي معينة وبالتالي فإنه أثناء إجراء التجارب المخبرية وعمليات الإزاحة لا يجوز استخدام النفط الميت(السطحي) وذلك نتيجةً لتأثره بالشروط السطحية ، وبالتالي فإنه في مثل هذه الحالة يُؤخذ النفط الميت ويُضاف إليه كيروسين لتخفيض لزوجته وجعلها مساوية للزوجة النفط الطبقي لحقل ديرو كما هو موضح بالشكل التالي:

الشكل(34): تغير اللزوجة التحريكية للنفط المحضر بالعلاقة مع النسبة الحجمية للكيروسين المضاف.



من خلال مقاطعة قيمة اللزوجة الطبقية لنفط الحقل المدروس (حقل ديرو) والمساوية (4.5C.P) وجدنا أن النسبة الحجمية المثالية للكيروسين المضاف تساوي C_k=19.5%voL .

تحضير الموديل الطبقي لعمليات الازاحة: وقد تضمن الخطوات التالية

- إشباع النموذج بالمياه لتحقيق المياه المترابطة
- إزاحة المياه الحرة من النموذج
- إشباع النموذج بالنفط
- رفع درجة حرارة الموديل الطبقي إلى الدرجة المطلوبة (درجة حرارة حقل ديرو) قبل ساعة من بدء الحقن لتحقيق توزع حراري متجانس على كامل طول الموديل

النتائج :

- حجم الموديل الصخري : $V=F.L=5.064 \times 75=379.8cm^3$
- بلغ حجم المياه المترابطة في النموذج $Vw = 16.6cm^3$
- ومنه فان نسبة المياه المترابطة في النموذج تساوي 12.82 %
- وبالتالي فانه إذا تم إشباع الموديل الصخري بالنفط فستكون درجة التشبع بالنفط مساوية 87.18 %
- بمقارنة درجة التشبع بالنفط التي حصلنا عليها للموديل الصخري مع متوسط التشبع بالنفط للحقل المدروس(حقل ديرو) والمساوية (85 %) (حسب مؤشرات عام 2006 للحقل المذكور) نجد أن هناك فرق يُعادل(2.18 %) وبالتالي فإن الخطأ النسبي في تعيين (S_o) هو 2.5 % وهي نسبة خطأ صغيرة، وبالتالي يمكن اعتماد درجة التشبع بالنفط التي حصلنا عليها عن طريق إشباع الموديل الصخري بالنفط كأساس للدراسة كونها قريبة من درجة التشبع بالنفط في الحقل المدروس .

6 - عمليات الإزاحة :

أجريت العمليات التالية باستخدام محطة الإزاحة المبينة في الشكل 35على النموذج المشبع بالنفط:

1 - حقن المياه (Water Flooding). W.F. (للمقارنة).

2 - ASP Flooding بدون إزاحة مسبقة بالمياه. ASPF1 .

3 - ASP Flooding بعد إزاحة مسبقة بالمياه (بعد انتهاء فعالية الإزاحة بالمياه) ASPF2 .

4 - ASP – P– Flooding بدون إزاحة مسبقة بالمياه. ASP–PF1 .

5 - ASP– P– Flooding بعد إزاحة مسبقة بالمياه (بعد انتهاء فعالية الإزاحة بالمياه) ASP–PF2.

ملاحظات:

1 - تم حقن محلولASP بالنسب التالية PV(15%، 30%، 50%) وذلك عند كل عملية إزاحة مذكورةأعلاه

2 - تمت متابعة الحقن بسائل الإزاحة (Produced Water) حتى النسبة PV(250 %) .

3 - توضيح الرموز المستخدمة في الأشكال اللاحقة :

ODF: عامل الإزاحة (%).(oil Displacement factor)

W: نسبة المياه في السائل المنتج (نفط + مياه) $w\%=vw/vT . 100$

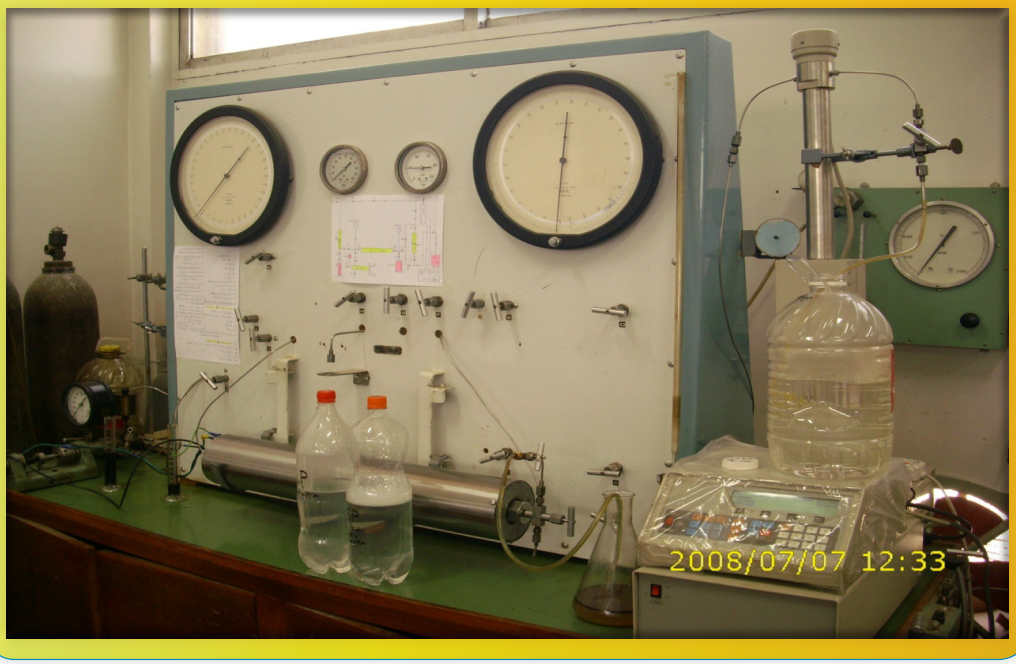
Ra: عامل مقترح (Recoverability) يمثل نسبة النفط في السائل المنتج (النسبة بين حجم النفط التراكمي

Vpv : نسبة حجم السائل المحقون إلى حجم الفراغات المسامية (%).

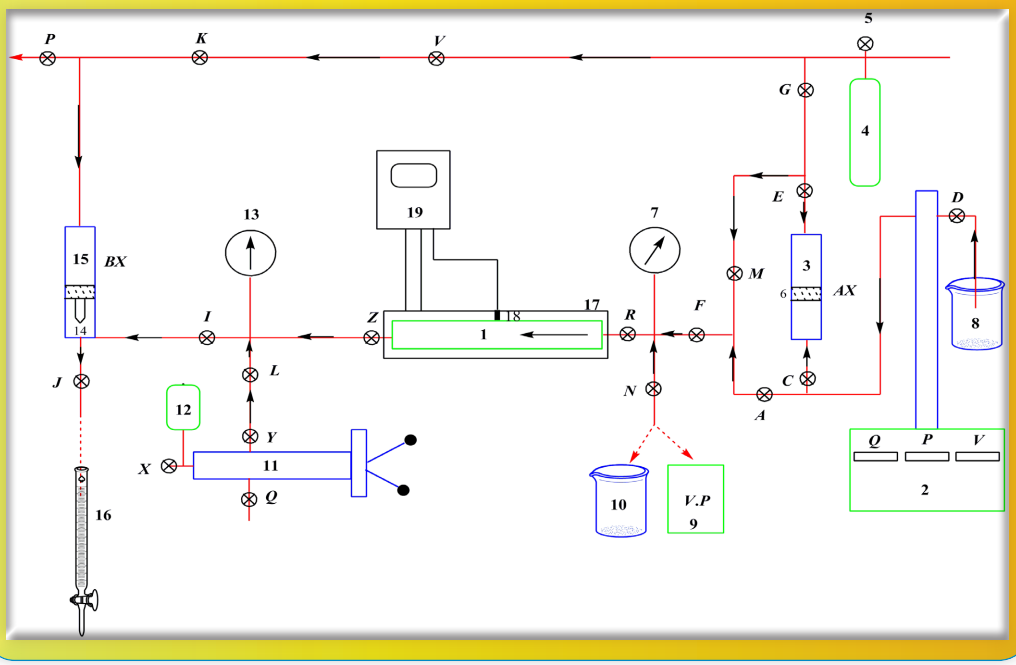
المنتج في كل مرحلة حقن إلى حجم السائل التراكمي المحقون في ذات المرحلة) .

4 - تم تصنيع المحطة المبينة في الشكل 35 محليا من قبل الباحث وأعطت نتائج لاتقل دقتها عن تلك المصنعة في الخارج.

الشكل(35): صورة تبين محطة الإزاحة مع مضخة الحقن وملحقاتها



الشكل (36): مخطط محطة الإزاحة والحقن مع الملحقات



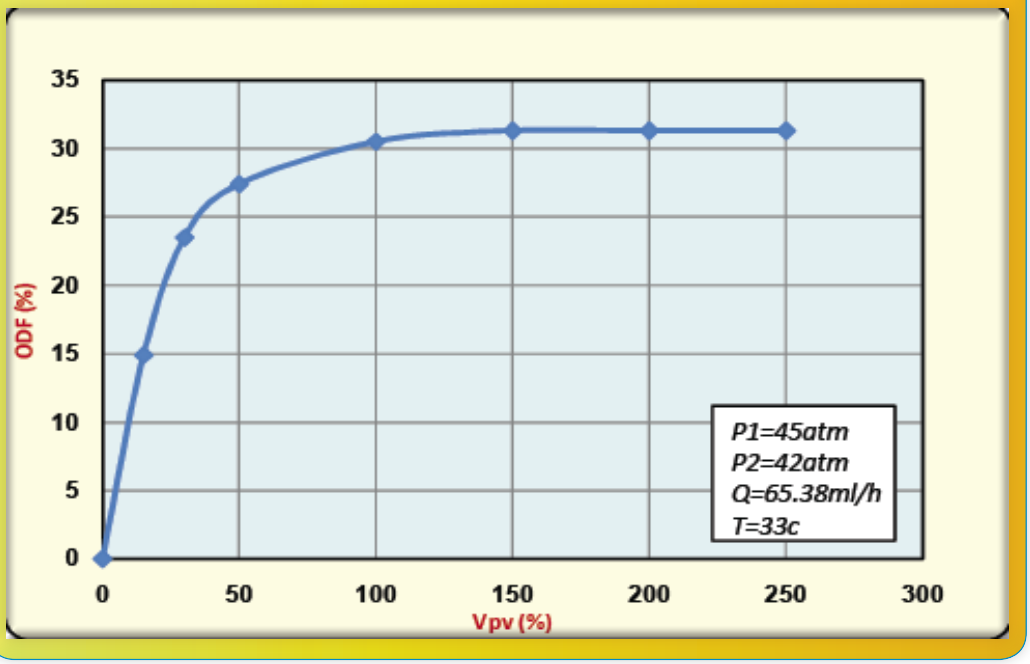
أجزاء محطة الإزاحة :

1 - الموديل الطبقي الصخري الموجود ضمن نموذج معدني مصنوع من الستانلس ستيل .
2 - مضخة الحقن: وهي مضخة مكبسية متطورة يتم من خلالها التحكم بالضغط والحجم والغزارة آلياً .
3 - اسطوانة المادة الفعالةAX : وبداخلها مكبساً يفصل بين المادة الفعالة بالأعلى وسائل الإزاحة بالأسفل .
4 - اسطوانة هواء .
5 - صمام تنظيم الضغط .
6 - مكبس اسطوانة المادة الفعالة .
7 - مقياس ضغط مدخل النموذج .
8 - سائل الإزاحة .
9 - مضخة تفريغ .
10 - وعاء تصريف .
11 - مضخة النفط وهي عبارة عن مضخة مكبسية تستعمل لإشباع النموذج بالنفط .
12 - وعاء حامل للنفط .
13 - مقياس ضغط مخرج النموذج .
14 - الصمام الإبري .
15 - الاسطوانة BX .
16 - سحاحة مدرجة بأجزاء الميليلتر .
17 - جهاز رفع حرارة النموذج .
18 - حساس حراري .
19 - جهاز التحكم بحرارة النموذج .
20 - الصمامات: D-C-A-G-E-M-F-N-R-Z-L-I-Y-Q-X-J-K-P-V .

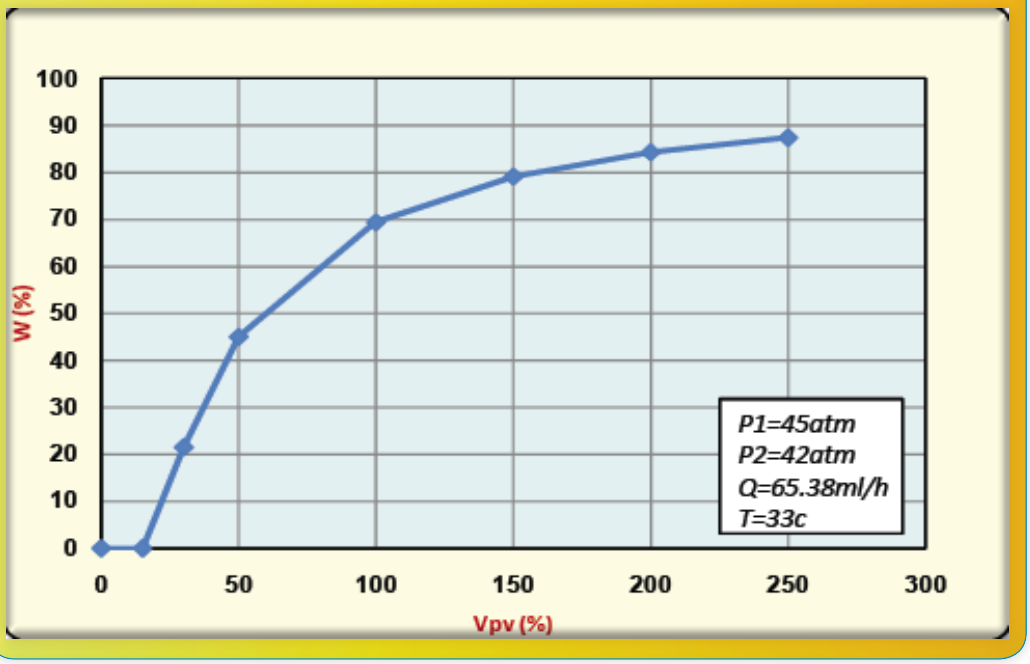
حقن المياه (Water Flooding): (للمقارنة)

التمثيل البياني للنتائج موضح في الأشكال التالية :

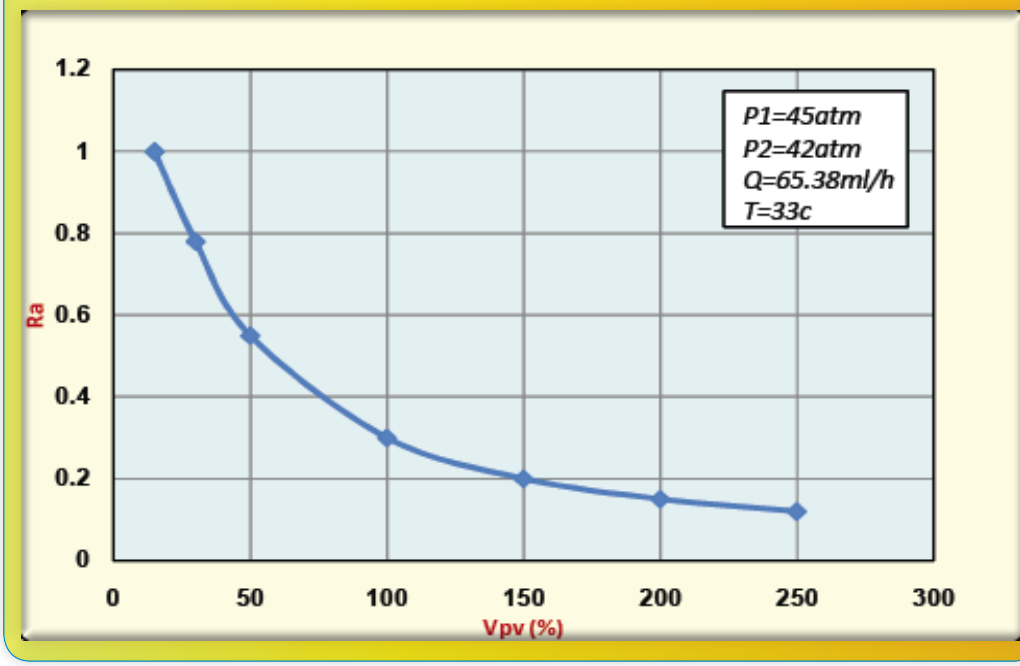
الشكل(37): تغير عامل الإزاحة ODF بالعلاقة مع (نسبة حجم السائل المحقون إلى حجم الفراغات المسامية % Vpv) (Water Flooding)



الشكل(38): تغيرنسبة المياه المنتجة مع النفط W بالعلاقة مع (نسبة حجم السائل المحقون إلى حجم الفراغات المسامية % Vpv) (Water Flooding)



الشكل (39): تغير العامل Ra بالعلاقة مع (نسبة حجم السائل المحقون إلى حجم الفراغات المسامية % Vpv) (Water Flooding)



ملخص نتائج عملية حقن المياه:

يمكن تلخيص نتائج عملية حقن المياه (water flooding) من خلال الجدول التالي :

Ra(min)	Ra(max)	W(max) %	ODF(max) %
0.12	1	87.4	31.3

عملية الحقن ASP (Alkaline/ Surfactant/ Polymer Flooding):

أجريت طريقة الحقن الكيميائي (ASP) بالأشكال التالية:

الشكل الأول: الحقن الكيميائي (ASP) بدون إزاحة مسبقة بالمياه.

الشكل الثاني: الحقن الكيميائي (ASP) بعد إزاحة مسبقة بالمياه (بعد انتهاء فعالية الإزاحة بالمياه).

الشكل الثالث: الحقن الكيميائي (ASP) متبوع بدفعة محلول بوليميري(ASP– P) وبدون إزاحة مسبقة بالمياه.

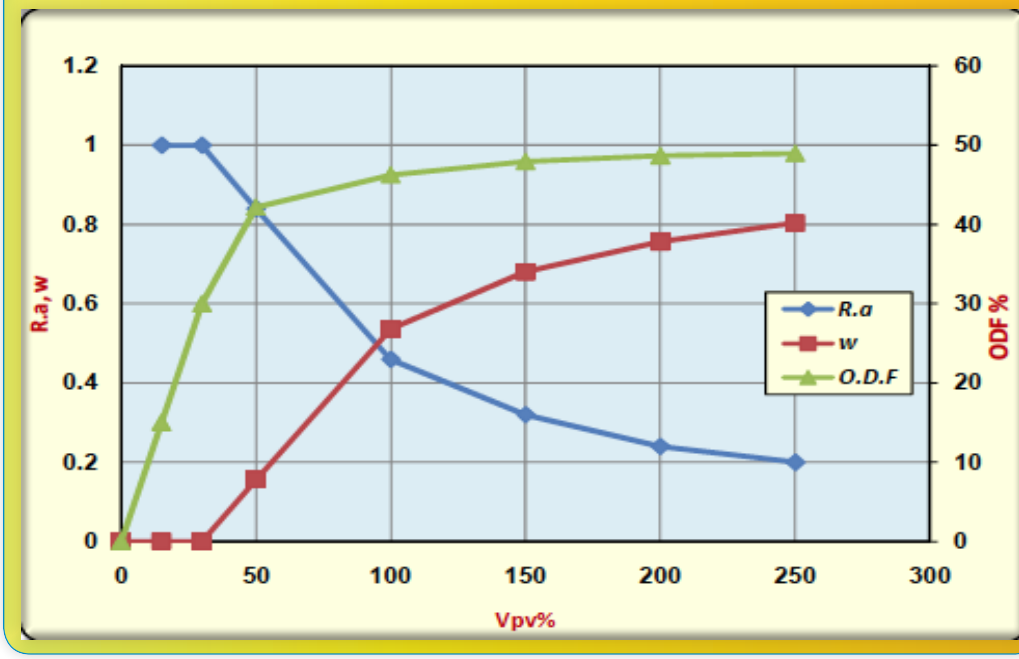
الشكل الرابع: الحقن الكيميائي (ASP) متبوع بدفعة محلول بوليميري (ASP–P) وبعد إزاحة مسبقة بالمياه (بعد انتهاء فعالية الإزاحة بالمياه). توضيح الأشكال الأربعة للحقن مبين في الجدول التالي:

الجدول (19): أشكال عملية الحقن (ASP) المنفذة مخبرياً.

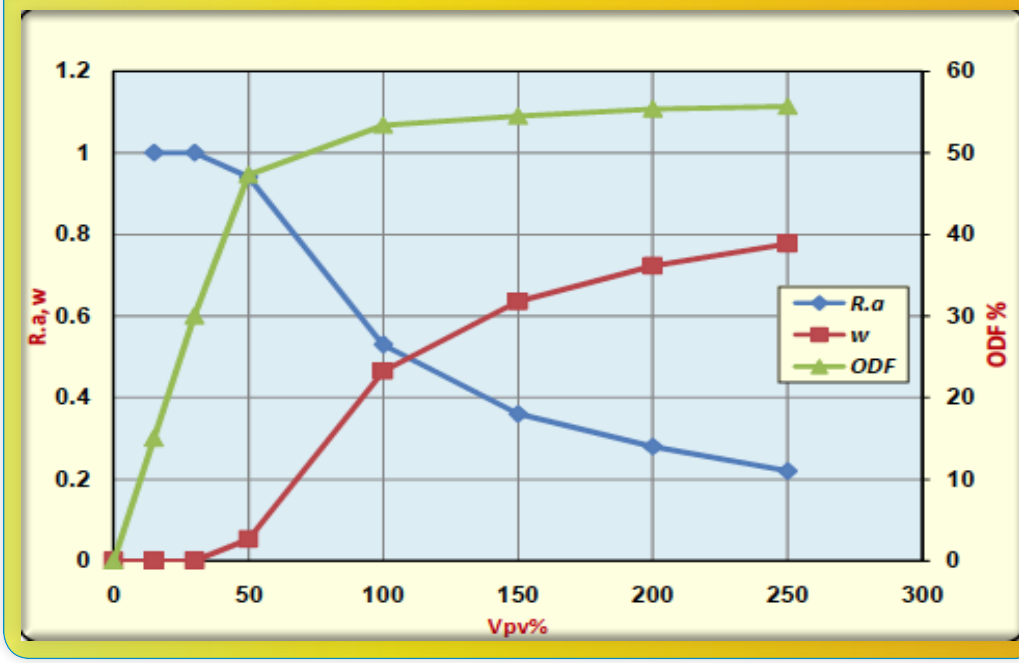
المرحلة الشكل	المرحلة الأولى	المرحلة الثانية	المرحلة الثالثة	المرحلة الرابعة
الشكل الأول	حقن (ASP) بنسب حجمية مختلفة من حجم الفراغات المسامية 50–30–15%PV	حقن مائي مستمرحتى pv 250% (سائل الإزاحة)	–	–
الشكل الثاني	إزاحة كاملة بالمياه Water Flooding250% Pv	حقن (ASP) بنسب حجمية مختلفة من حجم الفراغات المسامية 50–30–15%PV	حقن مائي مستمر حتى Pv 250% (سائل الإزاحة)	–
الشكل الثالث	حقن (ASP) بنسب حجمية مختلفة من حجم الفراغات المسامية 50–30–15%PV	حقن دفعة بوليمير Pv % 15	حقن مائي مستمر حتى Pv 250% (سائل الإزاحة)	–
الشكل الرابع	إزاحة كاملة بالمياه Water Flooding250% Pv	حقن (ASP) بنسب حجمية مختلفة من حجم الفراغات المسامية 50–30–15%PV	حقن دفعة بوليمير Pv % 15	حقن مائي مستمر حتى Pv 250% (سائل الإزاحة)

1-الحقن الكيميائي (ASP) بدون إزاحة مسبقة بالمياه.

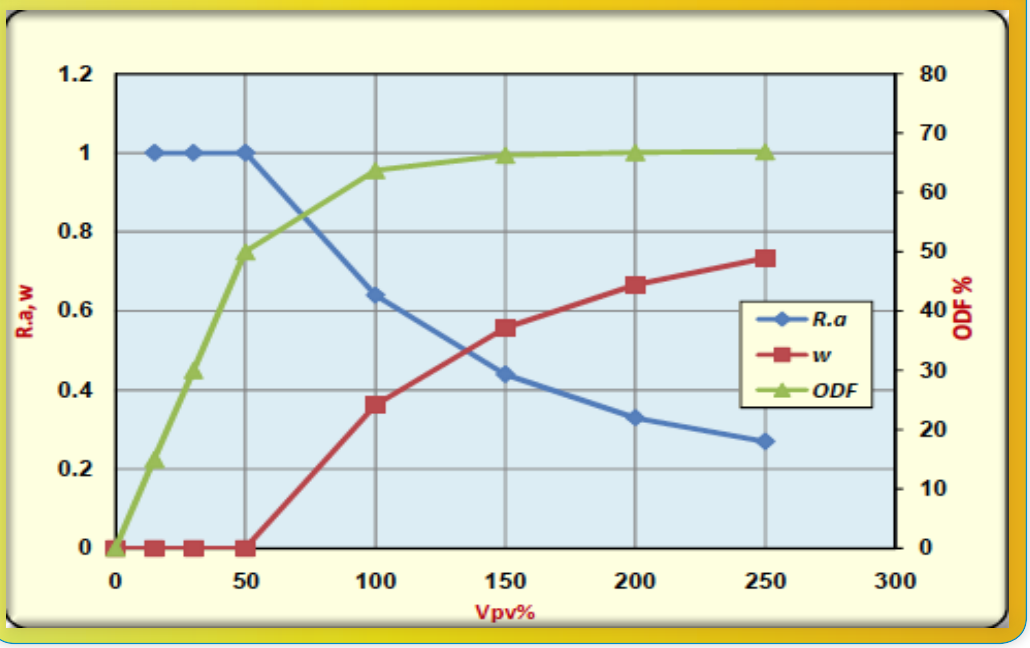
الشكل (40) : تغير كل من O.D.F و R.a و W بالعلاقة مع (Vpv%)
(الشكل الأول لعملية الحقن ASP - ASP flooding 15%PV)



الشكل (41) : تغير كل من O.D.F و R.a و W بالعلاقة مع (Vpv%)
(الشكل الأول لعملية الحقن ASP - ASP flooding 30%PV)

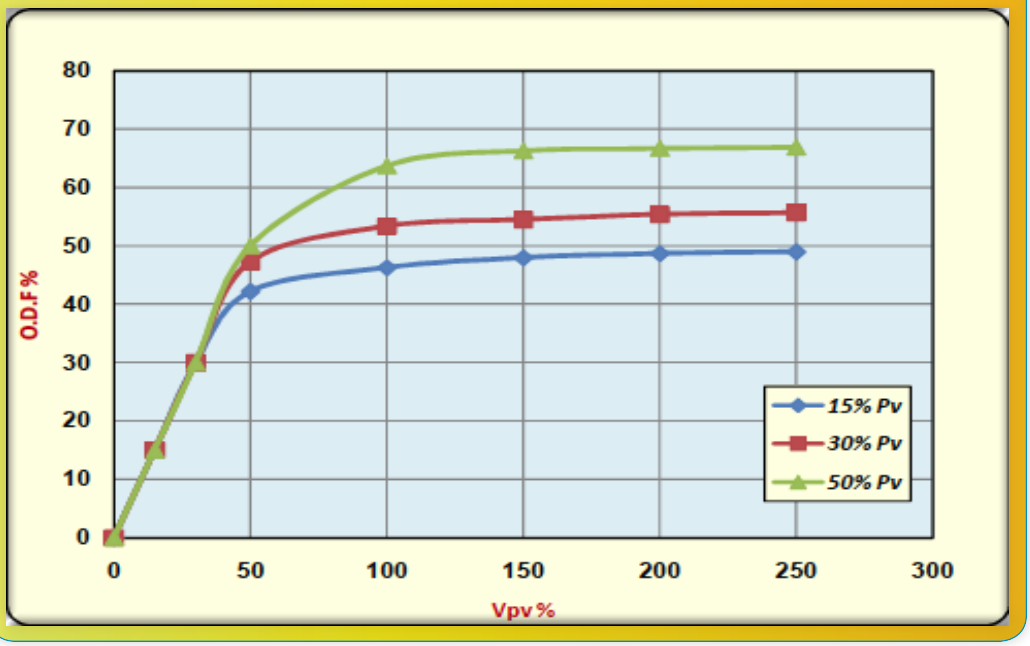


الشكل (42) : تغير كل من O.D.F و R.a و W بالعلاقة مع (Vpv%)
(الشكل الأول لعملية الحقن ASP - ASP flooding 50%PV)

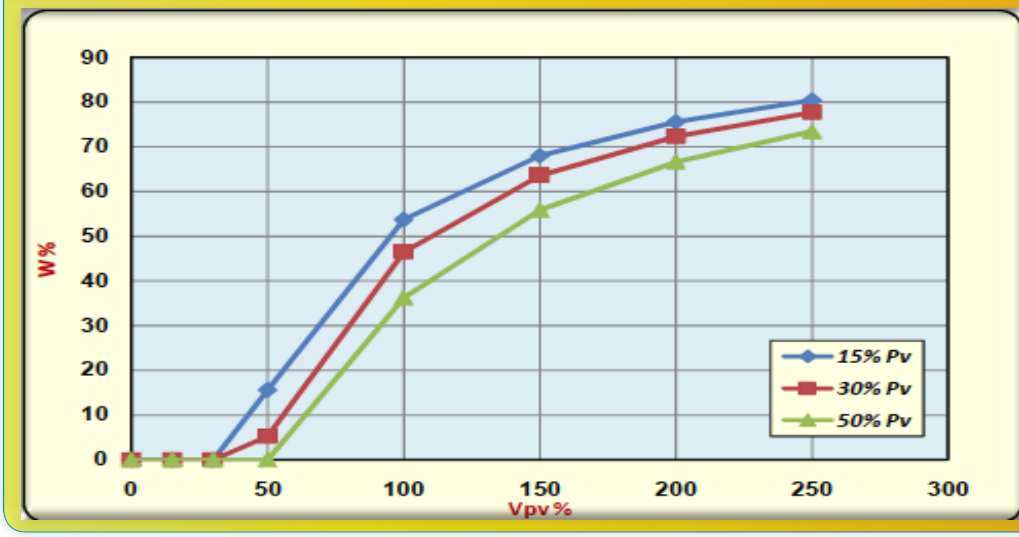


التمثيل البياني لنتائج عملية الحقن ASP (الشكل الأول)عند جميع النسب المحقونة موضح في الأشكال التالية

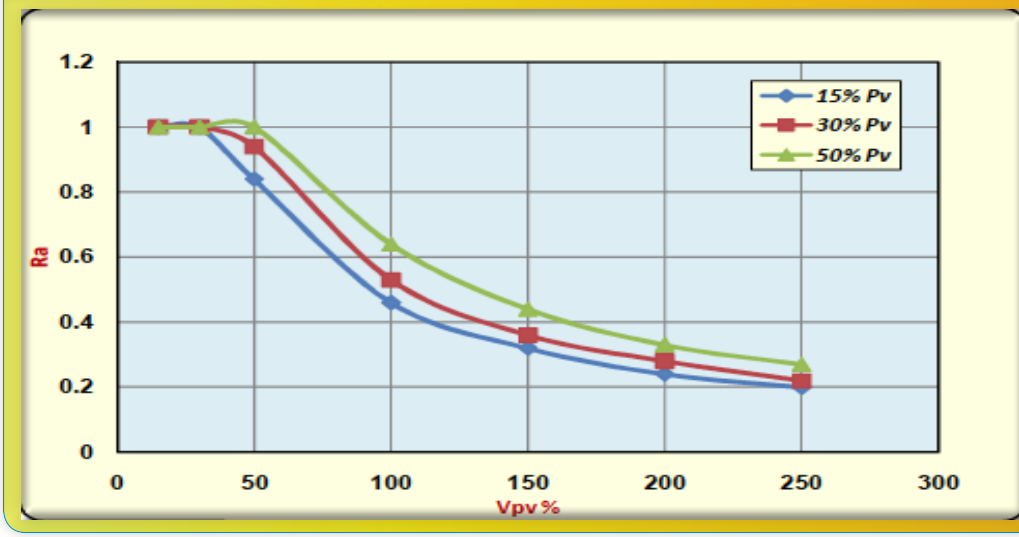
الشكل (43): تغير ODF بالعلاقة مع (Vpv%) عند جميع النسب المحقونة
(الشكل الأول لعملية الحقن ASP).



الشكل (44): تغير Wبالعلاقة مع (Vpv%) عند جميع النسب المحقونة
(الشكل الأول لعملية الحقن ASP).



الشكل (45): تغير Raبالعلاقة مع (Vpv%)عند جميع النسب المحقونة
(الشكل الأول لعملية الحقن ASP).

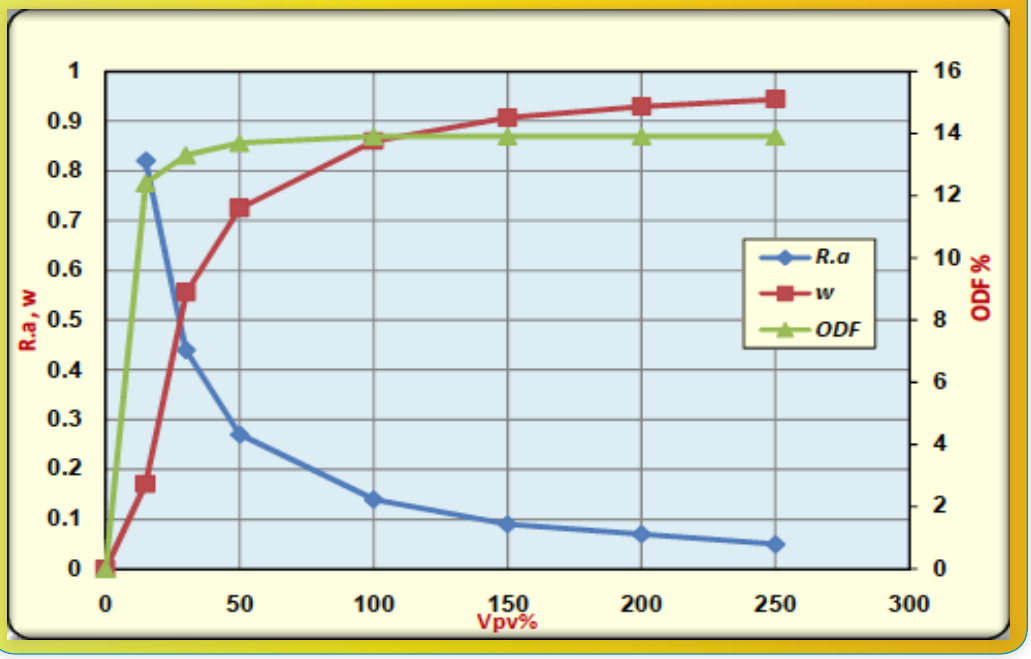


ملخص نتائج عملية الحقن ASP (الشكل الأول):

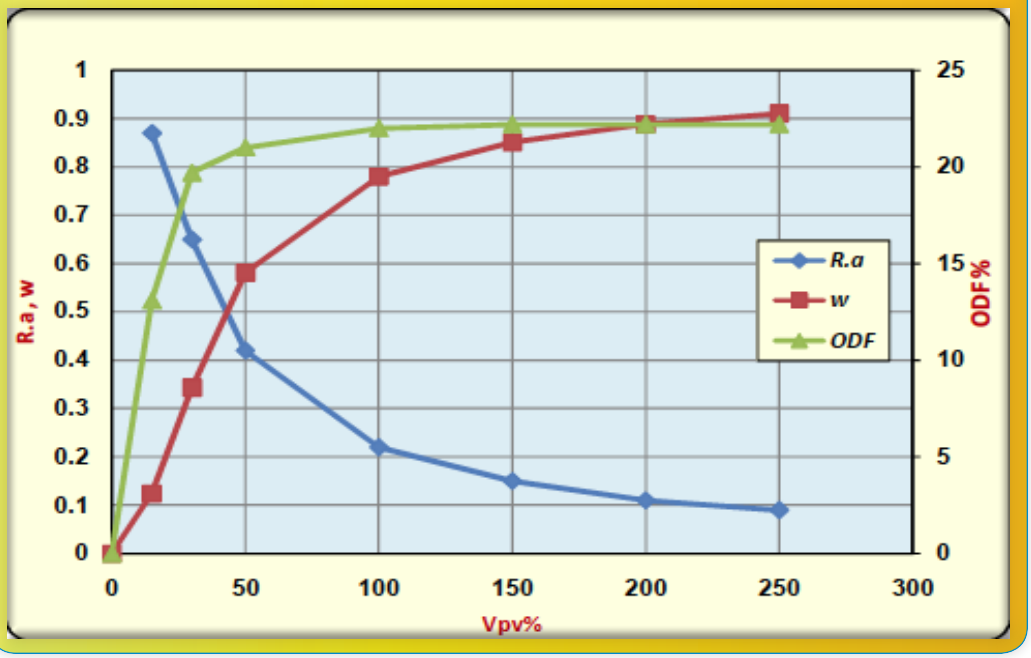
Ra(min)	Ra(max)	W(max) %	ODF(max) %	نسبة حجم المحلول ASP المحقون إلى حجم الفراغات المسامية PV%
0.2	1	80.4	49	15
0.22	1	77.7	55.7	30
0.27	1	73.4	66.9	50

2 - الحقن الكيميائي(ASP) بعد انتهاء فعالية الإزاحة بالمياه .

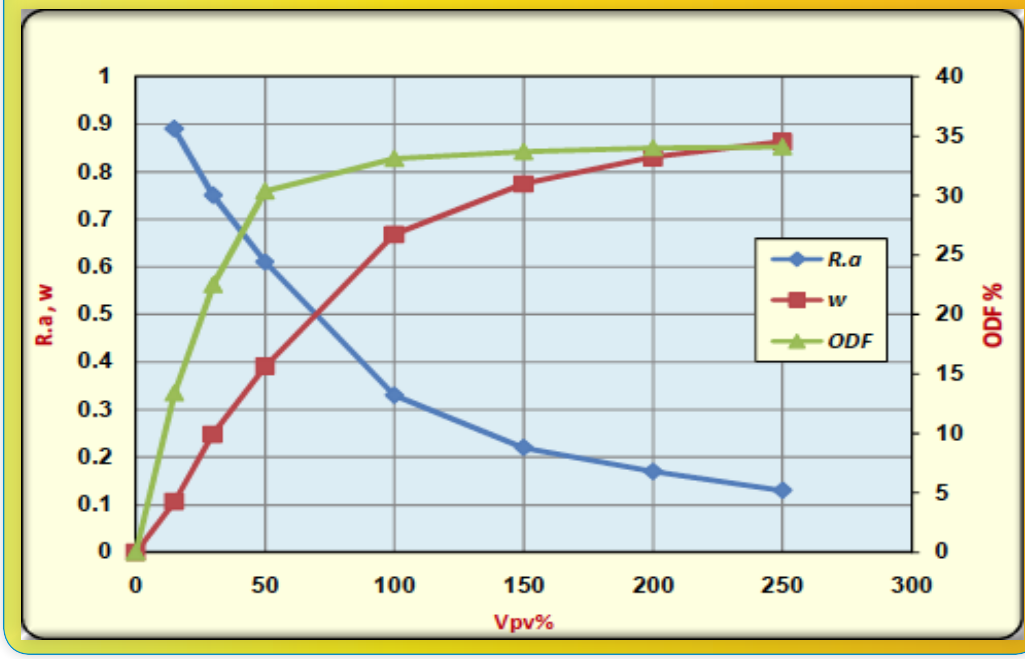
الشكل (46) : تغير كل من O.D.F و R.a و W بالعلاقة مع (Vpv%)
(الشكل الثاني لعملية الحقن ASP - ASP flooding 15%PV)



الشكل (47) : تغير كل من O.D.F و R.a و W بالعلاقة مع (Vpv%)
(الشكل الثاني لعملية الحقن ASP - ASP flooding 30%PV)

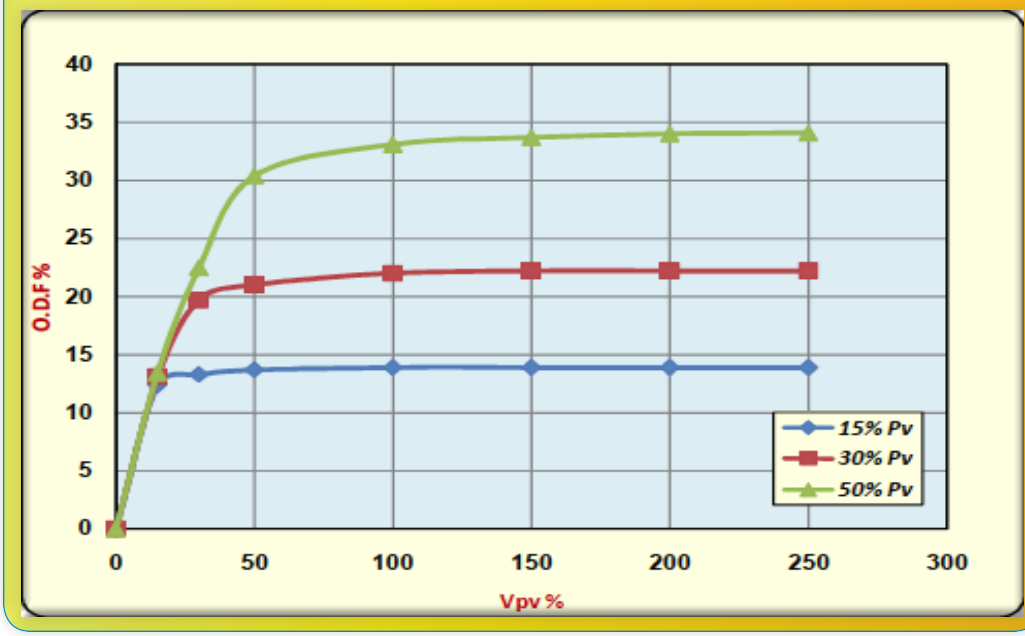


الشكل (48) : تغير كل من O.D.F و R.a و W بالعلاقة مع (Vpv%)
(الشكل الثاني لعملية الحقن ASP - 50%PV flooding ASP)

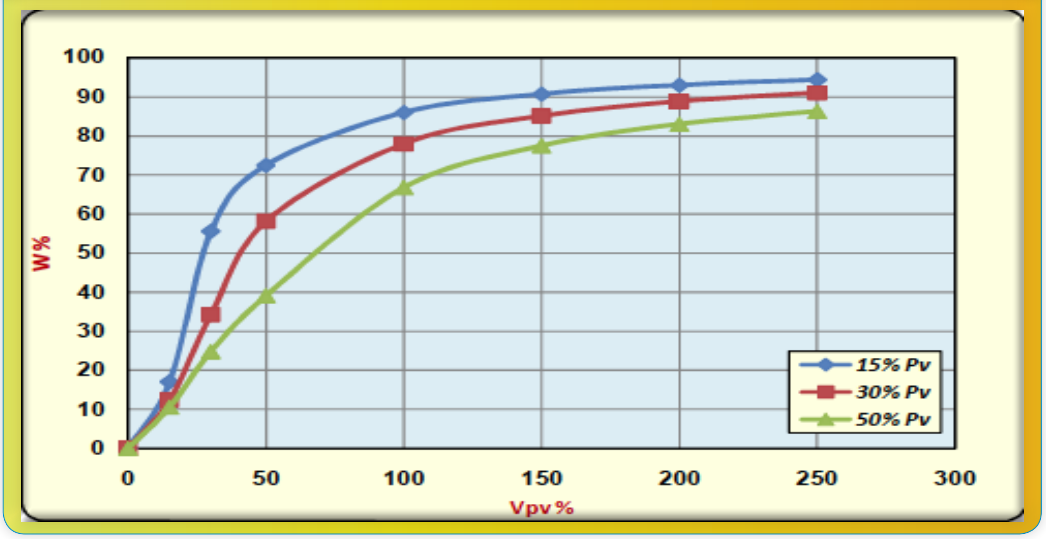


التمثيل البياني لنتائج عملية الحقن(ASP) (الشكل الثاني)عند جميع النسب المحقونة موضح في الأشكال التالية

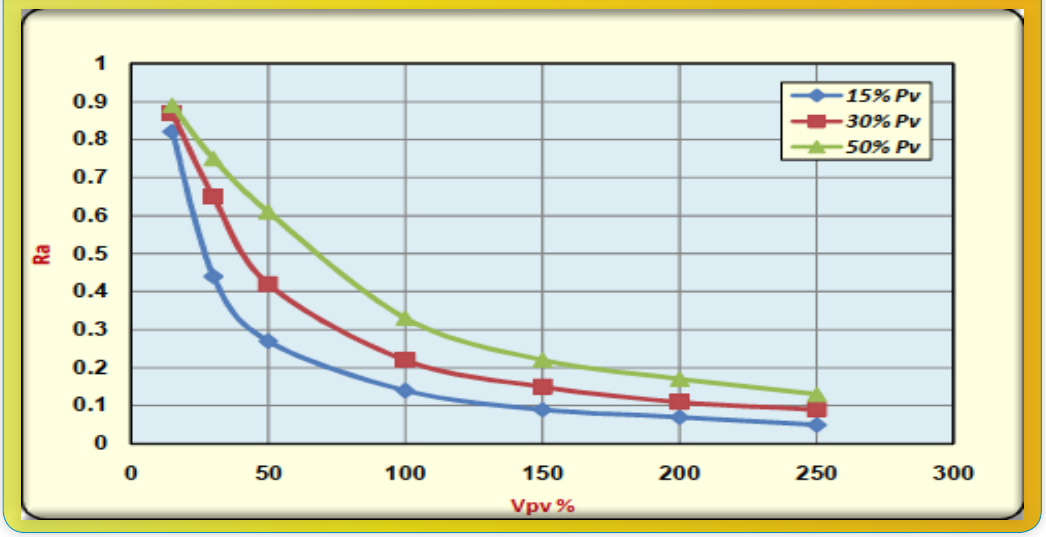
الشكل (49): تغيرODF بالعلاقة مع (Vpv%)عند جميع النسب المحقونة
(الشكل الثاني لعملية الحقن ASP).



الشكل (50): تغير W بالعلاقة مع(Vpv%)عند جميع النسب المحقونة
(الشكل الثاني لعملية الحقن ASP).



الشكل (51): تغير Ra بالعلاقة مع(Vpv%)عند جميع النسب المحقونة
(الشكل الثاني لعملية الحقن ASP).

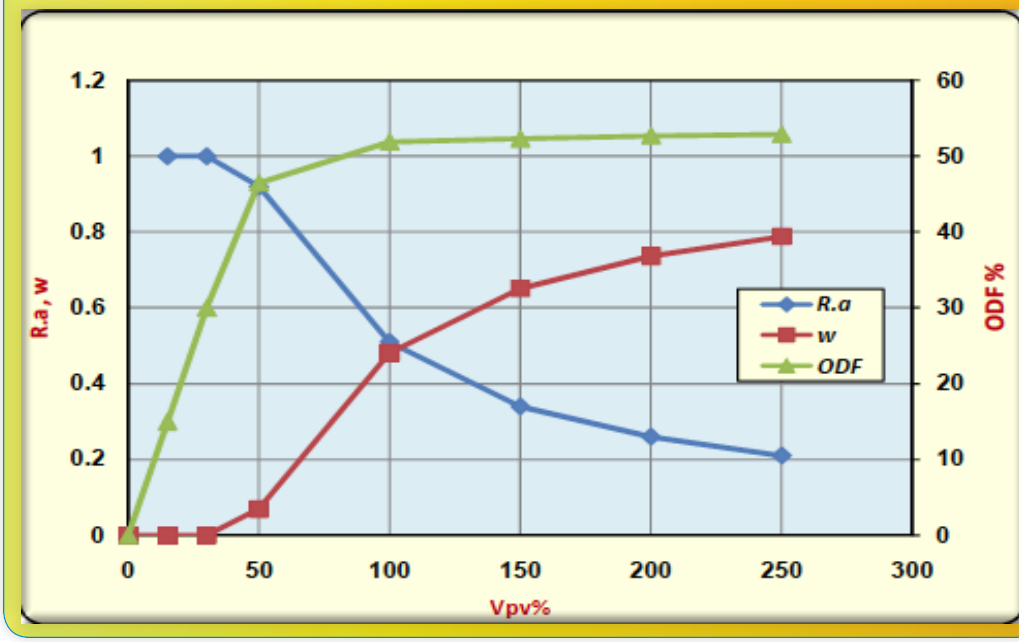


ملخص نتائج عملية الحقن (PSA) (الشكل الثاني):

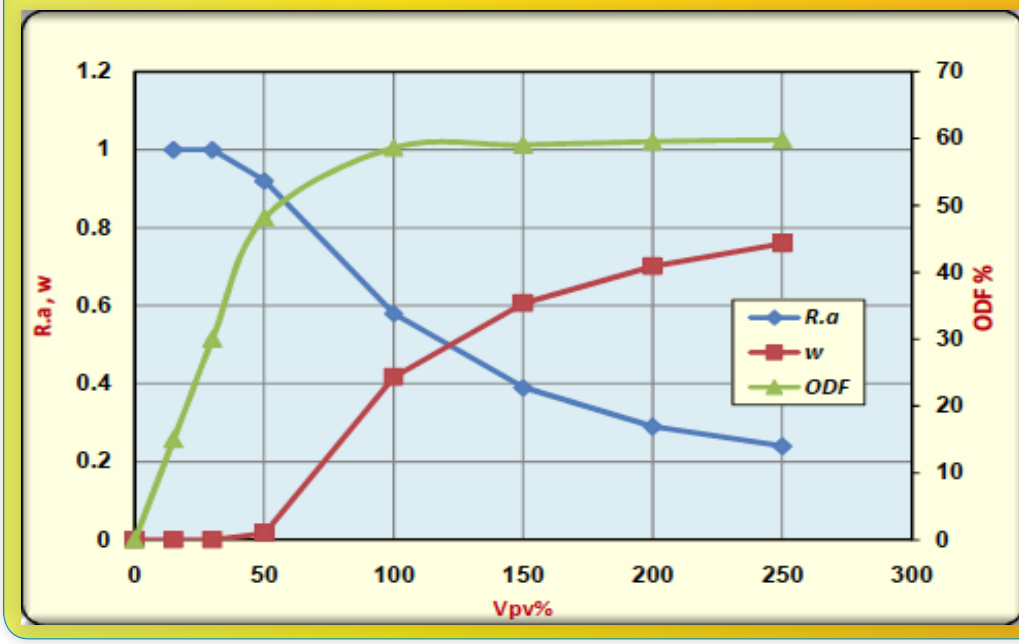
Ra(min)	Ra(max)	W(max) %	ODF(max) %	نسبة حجم المحلول ASP المحقون إلى حجم الفراغات المسامية PV%
0,05	0,82	94,4	13,91	15
0,09	0,87	91	22,2	30
0,13	0,89	86,3	34,1	50

3 - الحقن الكيميائي (ASP) متبوع بدفعة محلول بوليميري (ASP- P) وبدون إزاحة مسبقة بالمياه

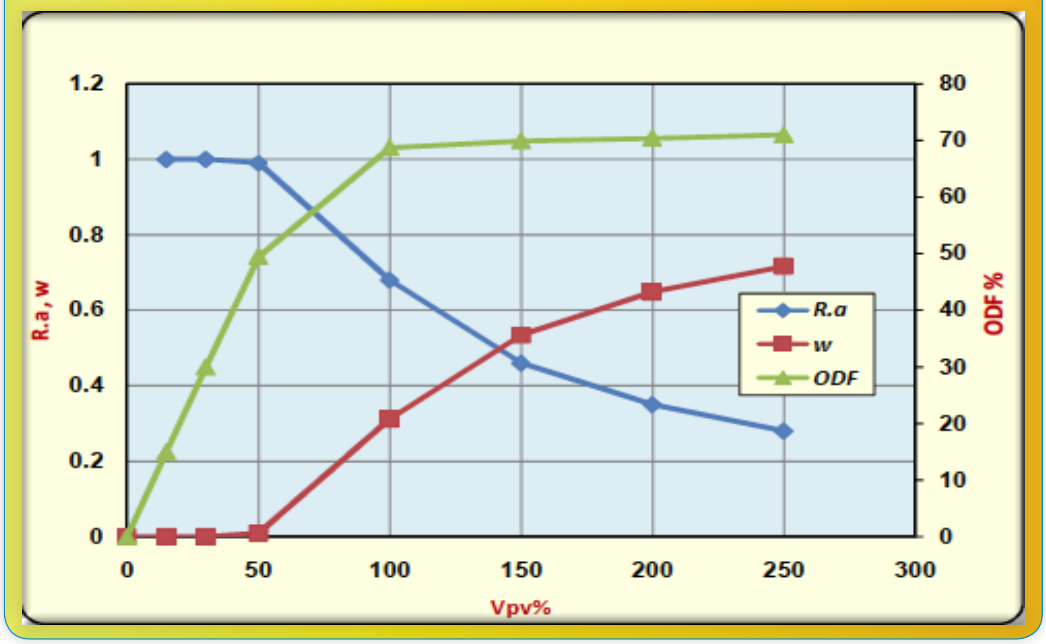
الشكل (52) : تغير كل من O.D.F و R.a و W بالعلاقة مع (Vpv%)
(الشكل الثالث لعملية الحقن ASP - ASP flooding 15%PV)



الشكل (53) : تغير كل من O.D.F و R.a و W بالعلاقة مع (Vpv%)
(الشكل الثالث لعملية الحقن ASP - ASP flooding 30%PV)

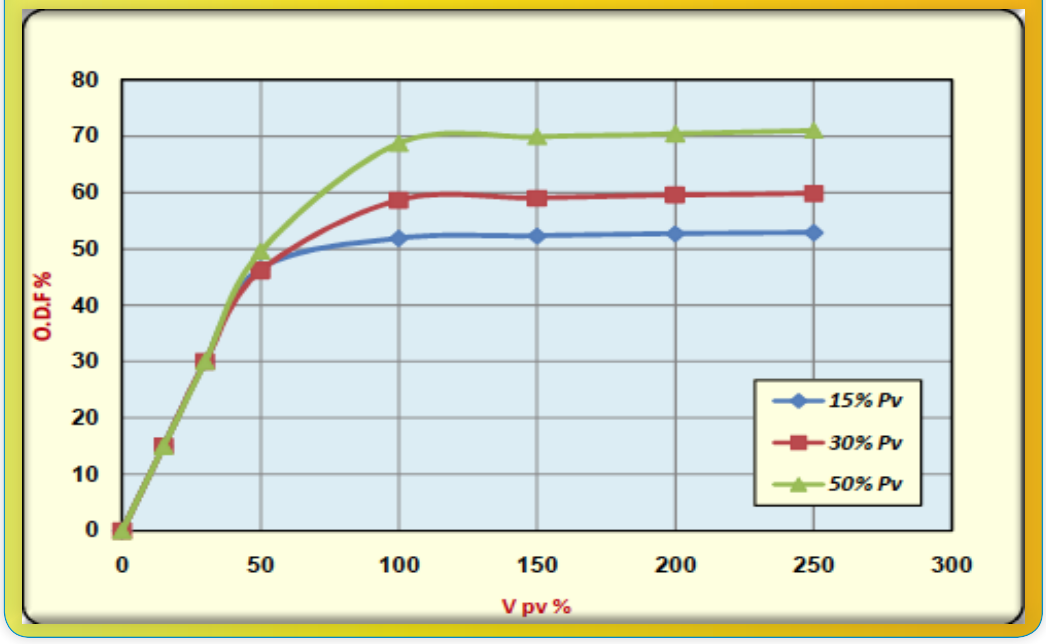


الشكل (54) : تغير كل من O.D.F و R.a و W بالعلاقة مع (Vpv%)
(الشكل الثالث لعملية الحقن ASP - ASP flooding 50%PV)

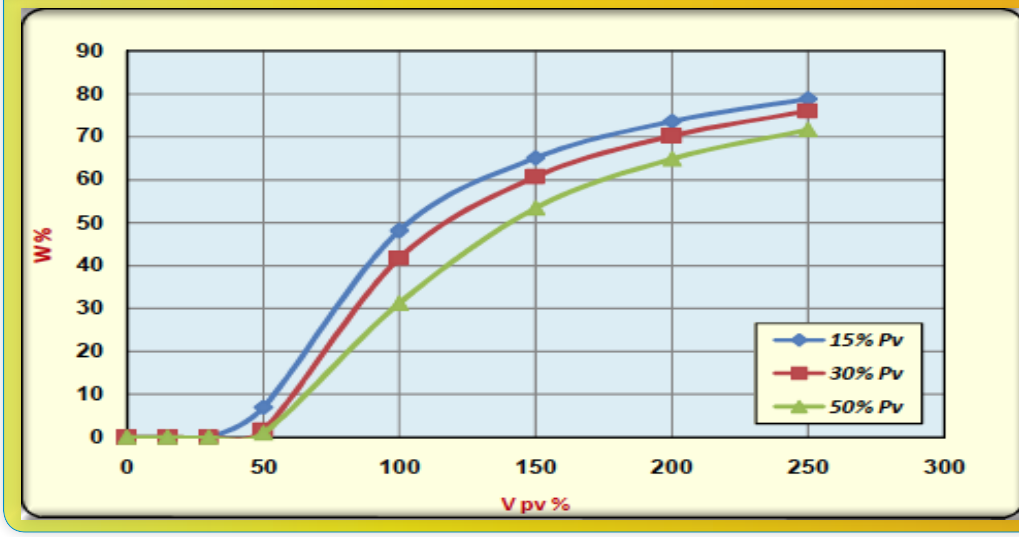


التمثيل البياني لنتائج عملية الحقن(ASP)(الشكل الثالث)عند جميع النسب المحقونة موضح في الأشكال التالية

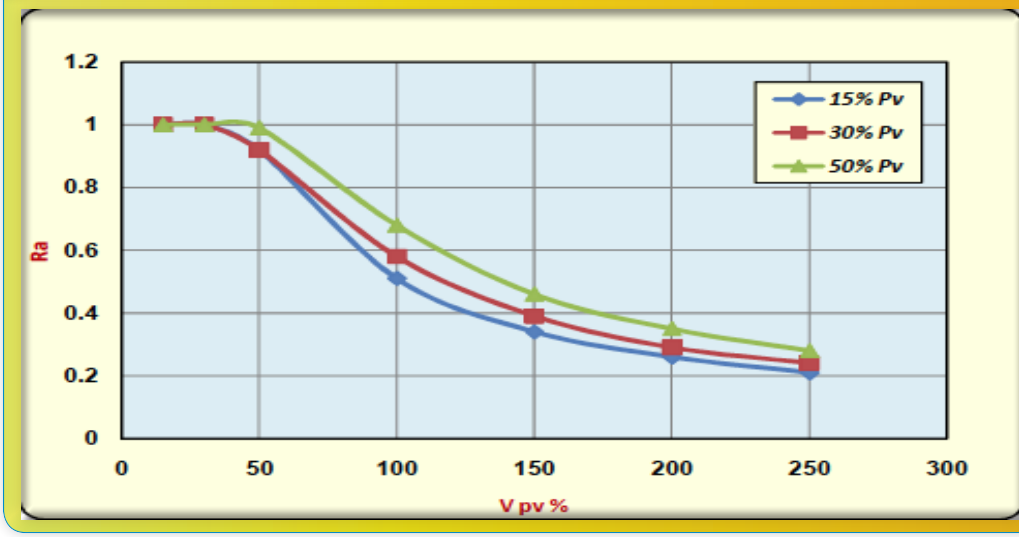
الشكل (55):تغيرODF بالعلاقة مع (Vpv%) عند جميع النسب المحقونة
(الشكل الثالث لعملية الحقن ASP).



الشكل (56): تغيرWبالعلاقة مع(Vpv%)عند جميع النسب المحقونة
(الشكل الثالث لعملية الحقن ASP).



الشكل (57): تغيرRa بالعلاقة مع(Vpv%)عند جميع النسب المحقونة
(الشكل الثالث لعملية الحقن ASP).

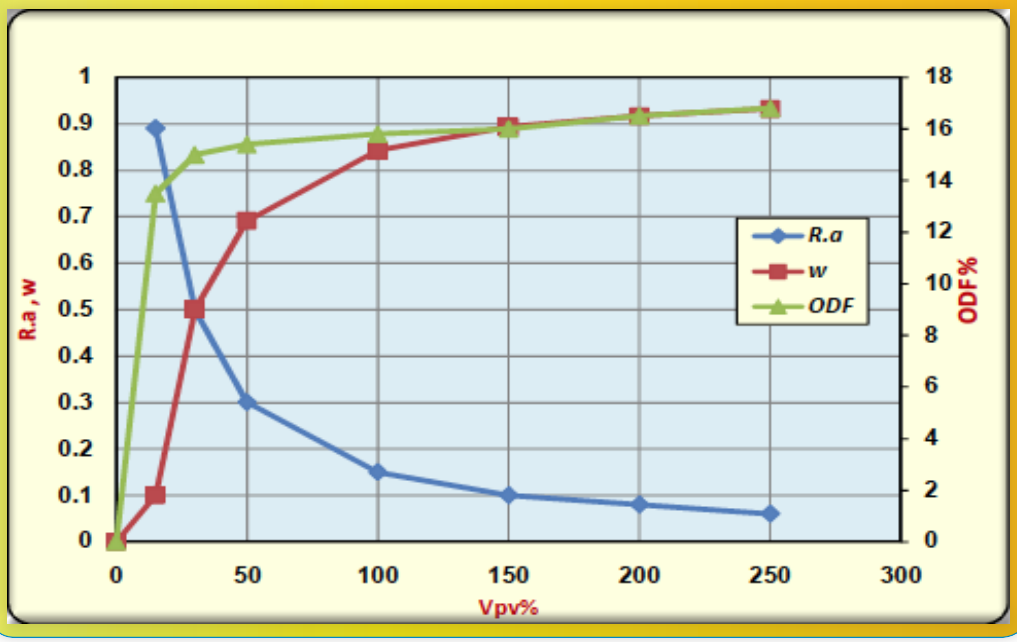


ملخص نتائج عملية الحقن (PSA) (الشكل الثالث):

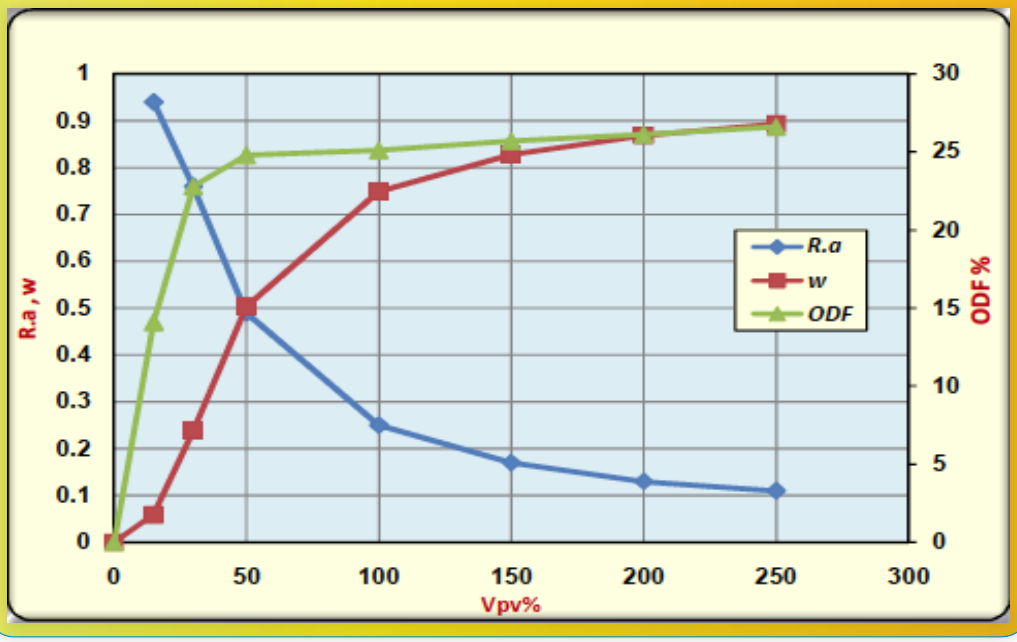
Ra(min)	Ra(max)	W(max) %	ODF(max) %	نسبة حجم المحلولASP المحقون إلى حجم الفراغات المسامية PV%
0,21	1	78,8	52,9	15
0,24	1	76	59,8	30
0,28	1	71,6	71	50

4 - الحقن الكيميائي (ASP) متبوع بدفعة محلول بوليميري (ASP- P) وبعد انتهاء فعالية الإزاحة بالمياه

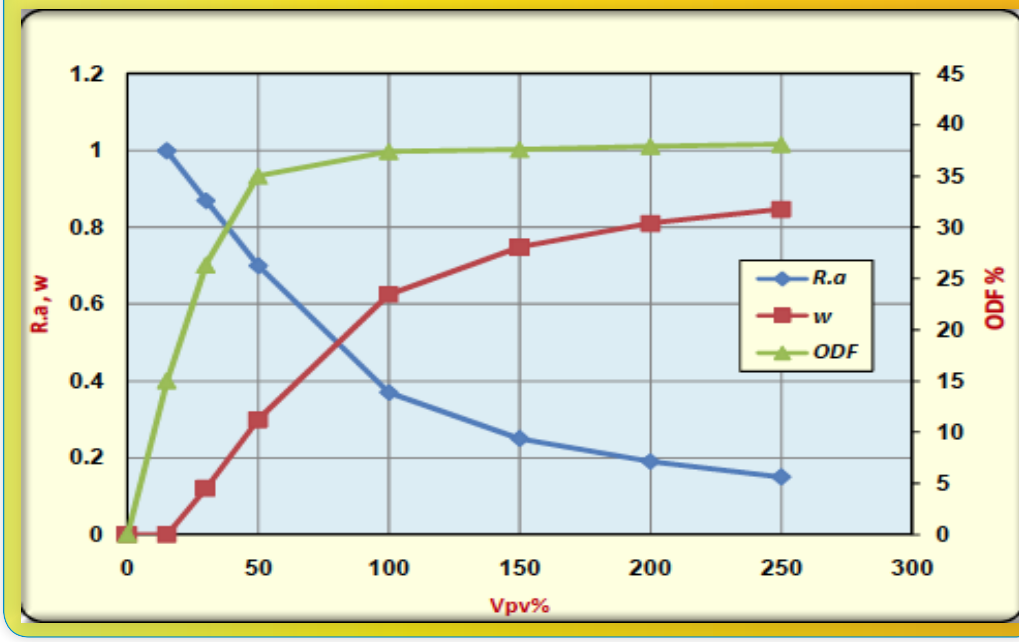
الشكل (58) : تغير كل من O.D.F و R.a و W بالعلاقة مع (Vpv%)
(الشكل الرابع لعملية الحقن ASP - ASP flooding 15%PV)



الشكل (59) :تغير كل من O.D.F و R.a و W بالعلاقة مع (Vpv%)
(الشكل الرابع لعملية الحقن ASP - ASP flooding 30%PV)

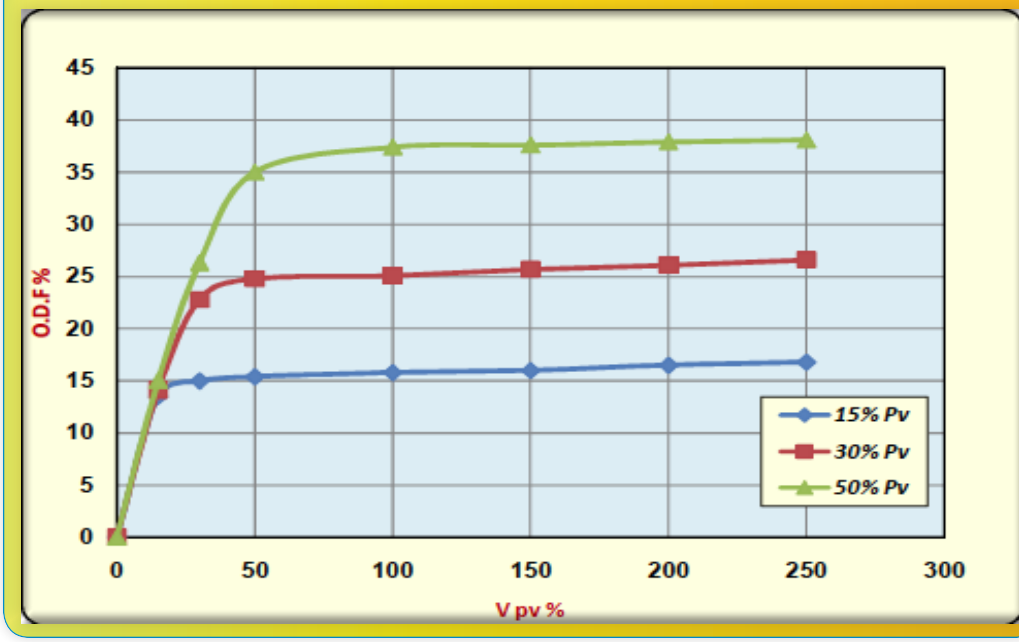


الشكل (60) : تغير كل من O.D.F و R.a و W بالعلاقة مع (Vpv%)
(الشكل الرابع لعملية الحقن ASP - ASP flooding 50%PV)

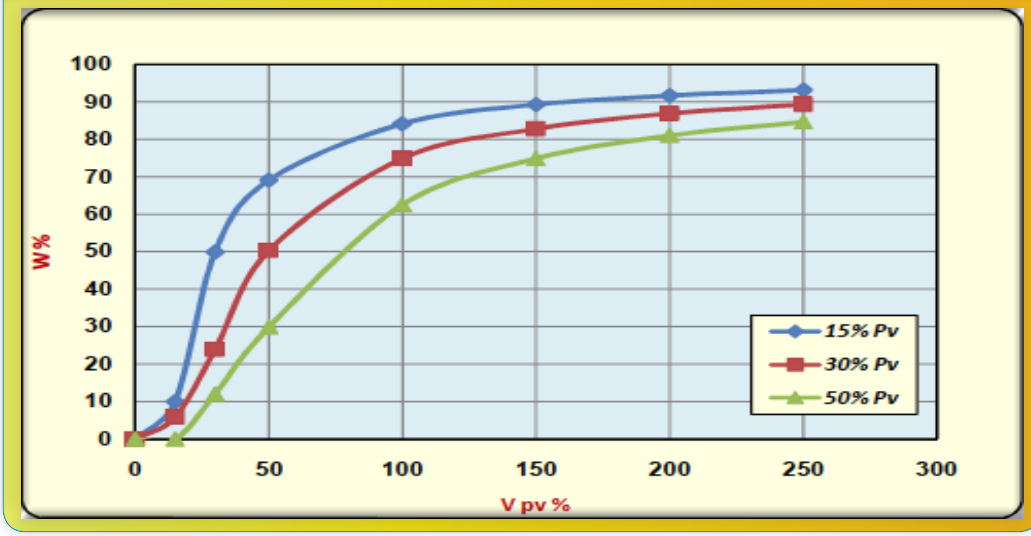


التمثيل البياني لنتائج عملية الحقن(PSA)(الشكل الرابع) عند جميع النسب المحقونة موضح في الأشكال التالية

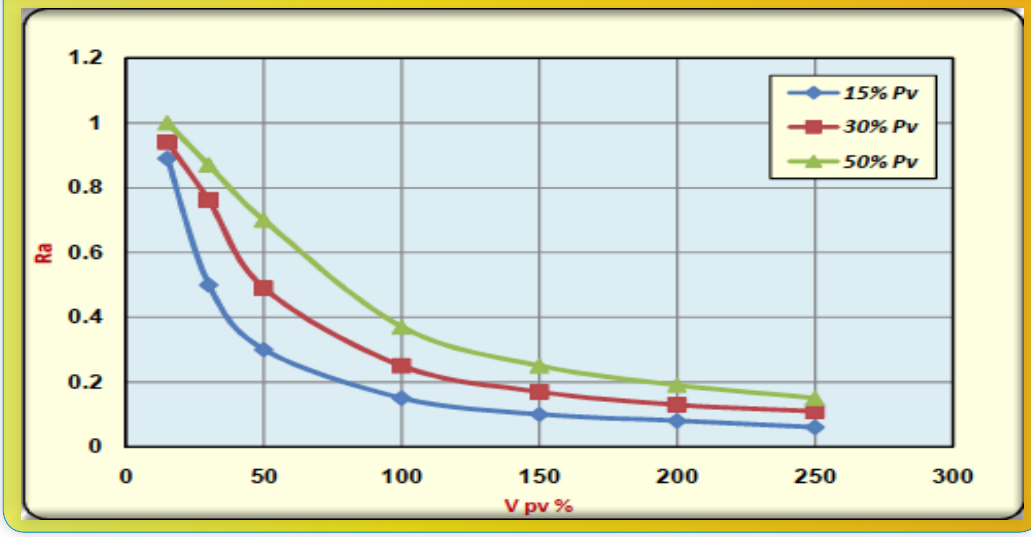
الشكل (61): تغيرODF بالعلاقة مع (Vpv%)عند جميع النسب المحقونة
(الشكل الرابع لعملية الحقن ASP).



الشكل (62): تغير Wبالعلاقة مع(Vpv%)عند جميع النسب المحقونة
(الشكل الرابع لعملية الحقن ASP).



الشكل (63): تغيرRa بالعلاقة مع (Vpv%)عند جميع النسب المحقونة
(الشكل الرابع لعملية الحقن ASP).



ملخص نتائج عملية الحقن (PSA) (الشكل الرابع):

Ra(min)	Ra(max)	W(max) %	ODF(max) %	نسبة حجم المحلولASP المحقون إلى حجم الفراغات المسامية PV%
0,06	0,89	93,2	16,8	15
0,11	0,94	89,3	26,6	30
0,15	1	84,7	38,1	50

مقارنة بين عمليات الحقن المدروسة :

1 – حقن المياه (Water Flooding) .W.F للمقارنة

2 - ASP Flooding بدون إزاحة مسبقة بالمياه. ASPF1 .

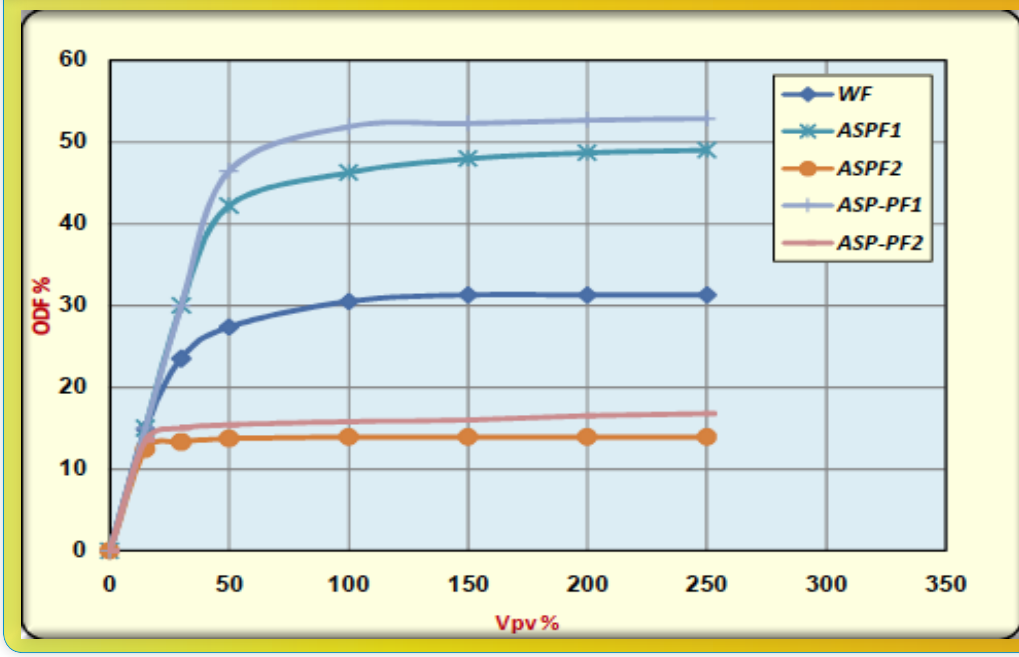
3 - ASP Flooding بعد إزاحة مسبقة بالمياه (بعد انتهاء فعالية الإزاحة بالمياه) ASPF2 .

4 - ASP– P– Flooding بدون إزاحة مسبقة بالمياه. ASP–PF1.

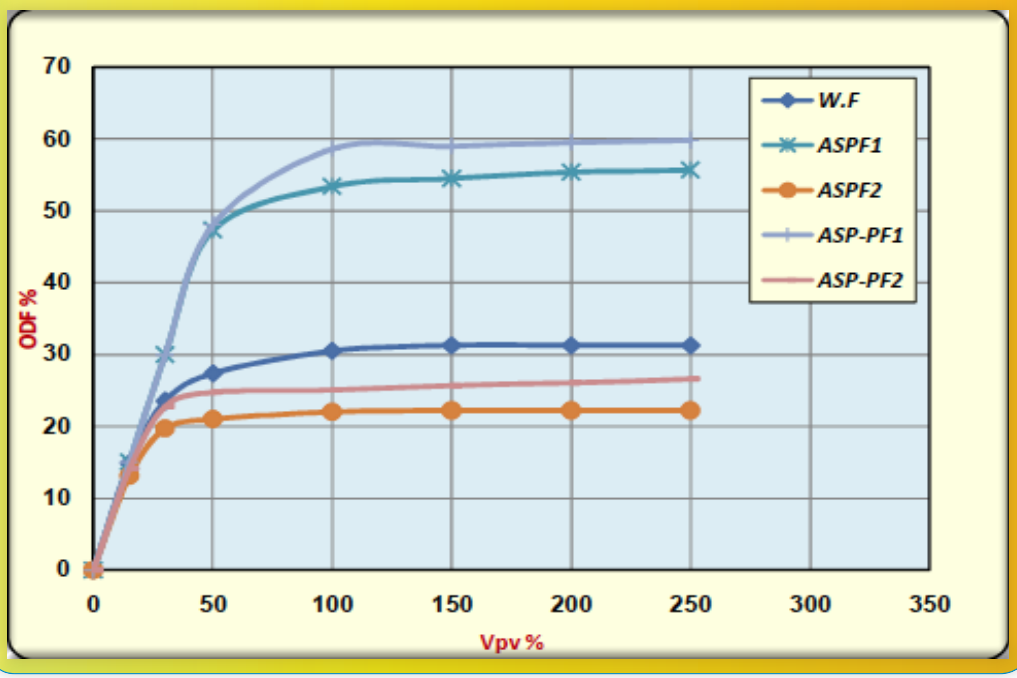
5 - ASP– P– Flooding بعد إزاحة مسبقة بالمياه (بعد انتهاء فعالية الإزاحة بالمياه) ASP–PF2.

ستتم عملية المقارنة بين أشكال الحقن ASP من حيث فعاليتهاعن طريق رسم العلاقة بين كل من (ODF % ، %W ، Ra) ونسبة حجم السائل المحقون إلى حجم الفراغات المسامية %Vpv وذلك لجميع أشكال الحقن المدروسة. ومقارنتها مع الحقن المائي . النتائج موضحة في الأشكال التالية :

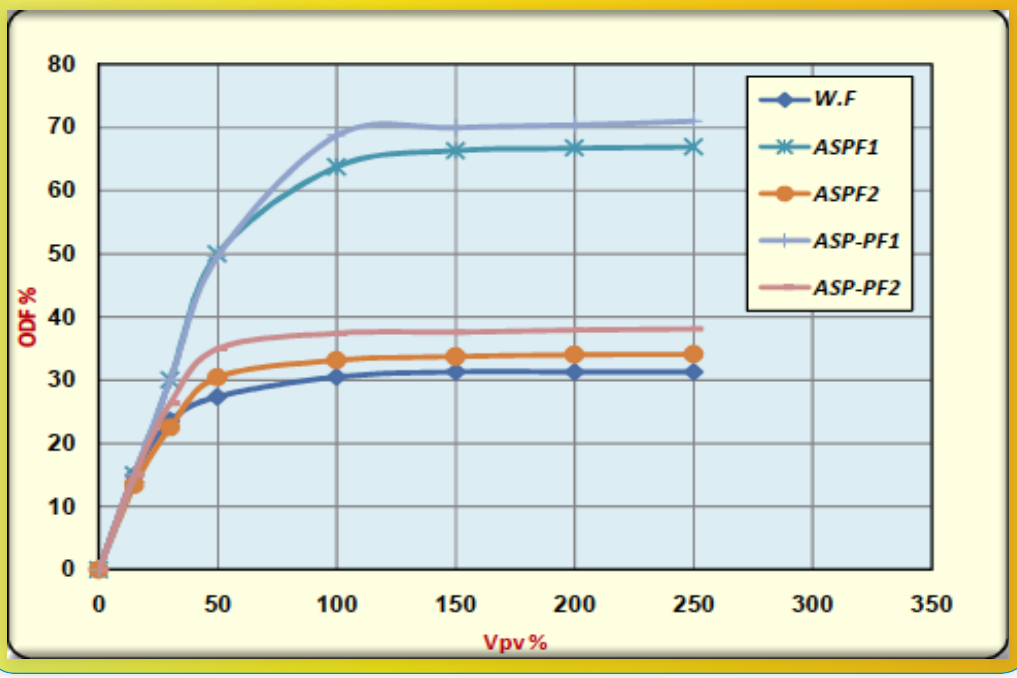
الشكل (64): تغيرODF بالعلاقة مع (Vpv%) لجميع الطرق المدروسة عند حقن المحلولASP بنسبة (15%pv)



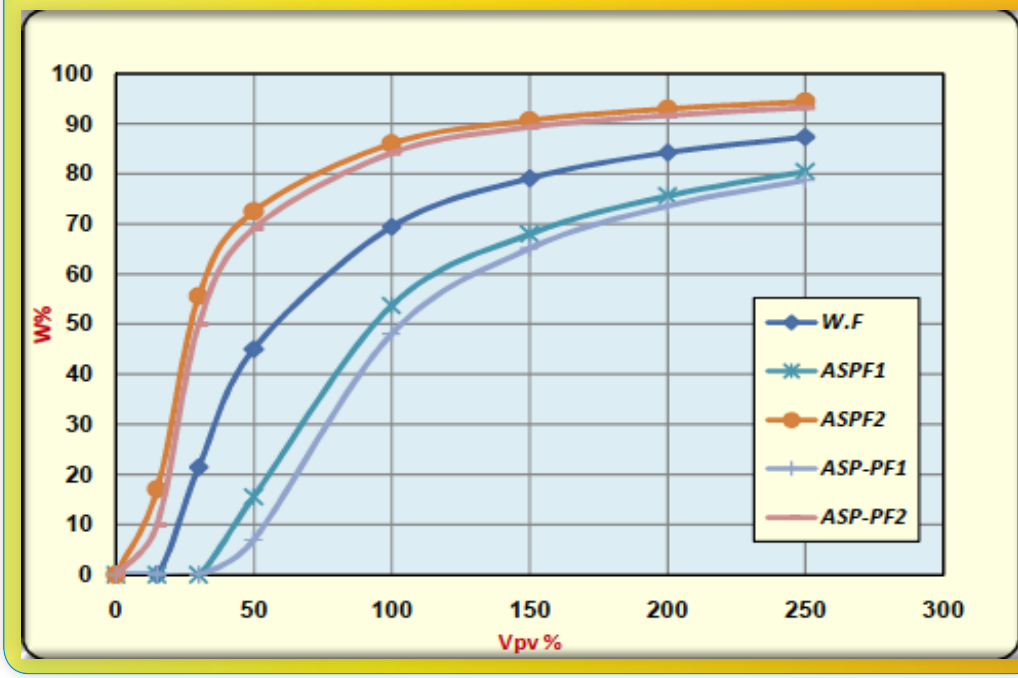
الشكل (65): تغير ODF بالعلاقة مع (Vpv%) لجميع الطرق المدروسة عند حقن المحلولASP بنسبة (30%pv) .



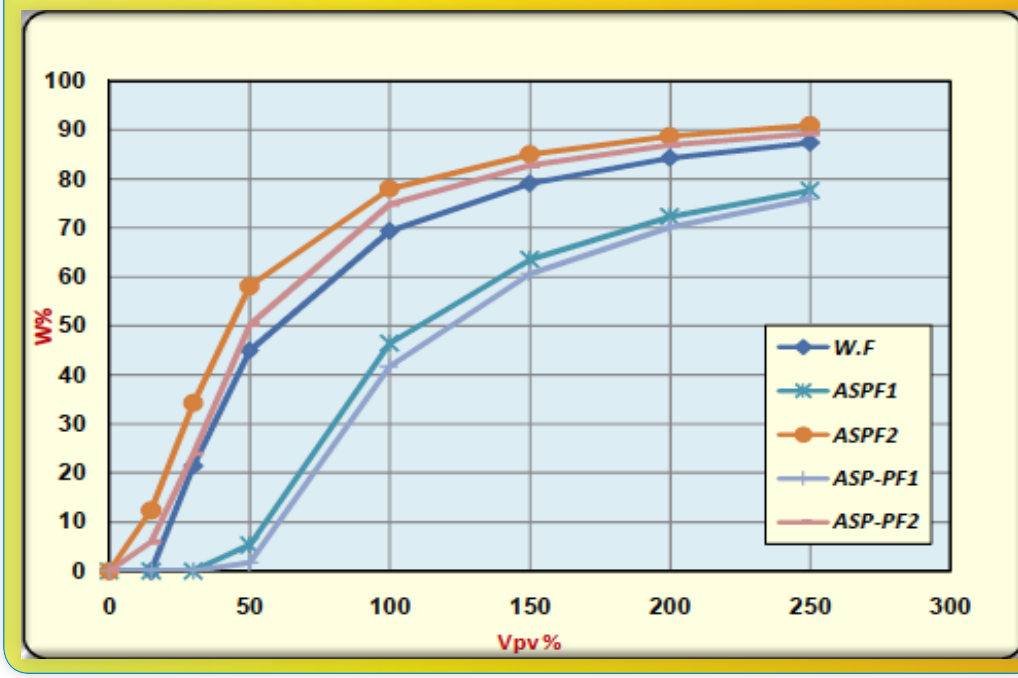
الشكل (66): تغير ODF بالعلاقة مع (Vpv%) لجميع الطرق المدروسة عند حقن المحلولASP بنسبة (50%pv) .



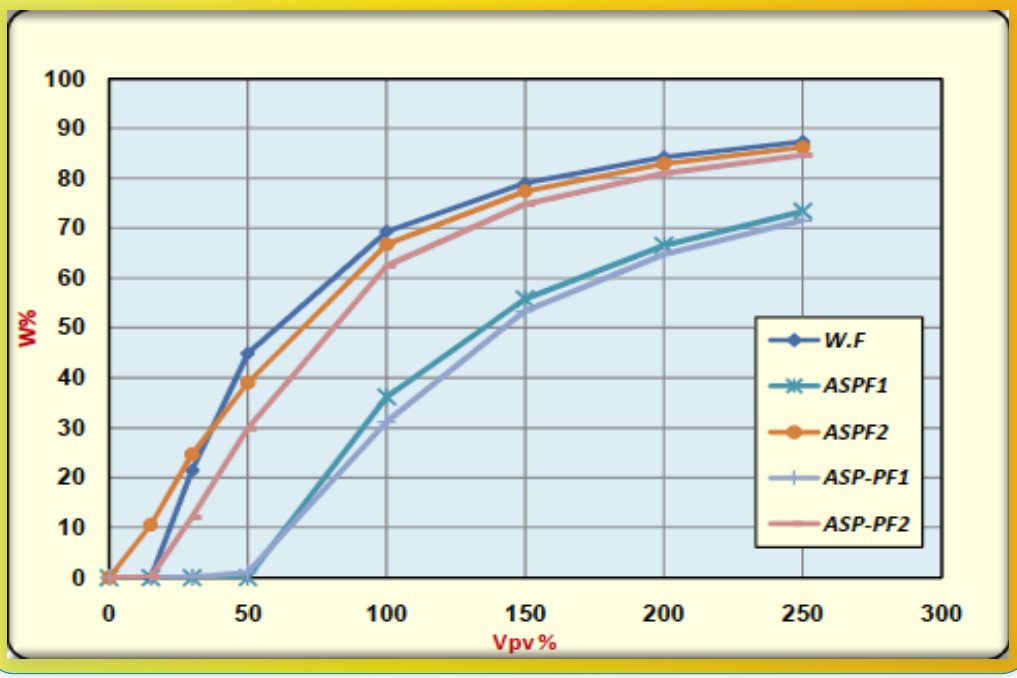
الشكل(67): تغير Wبالعلاقة مع (Vpv%) لجميع الطرق المدروسة
عند حقن المحلولASP بنسبة (15%pv) .



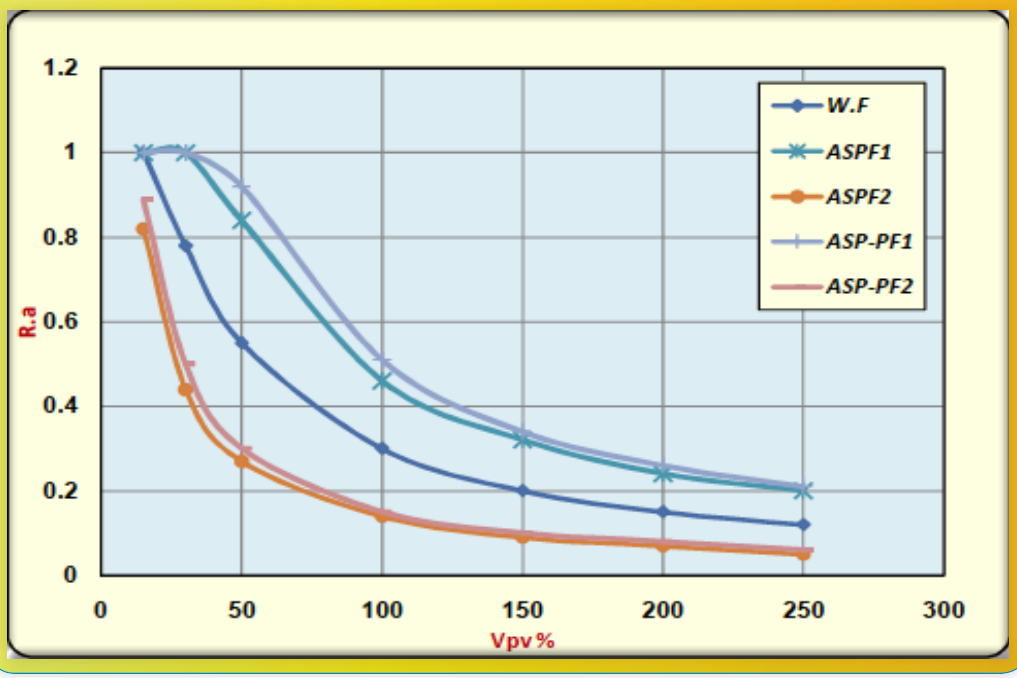
الشكل(68): تغير W بالعلاقة مع (Vpv%) لجميع الطرق المدروسة
عند حقن المحلولASP بنسبة (30%pv).



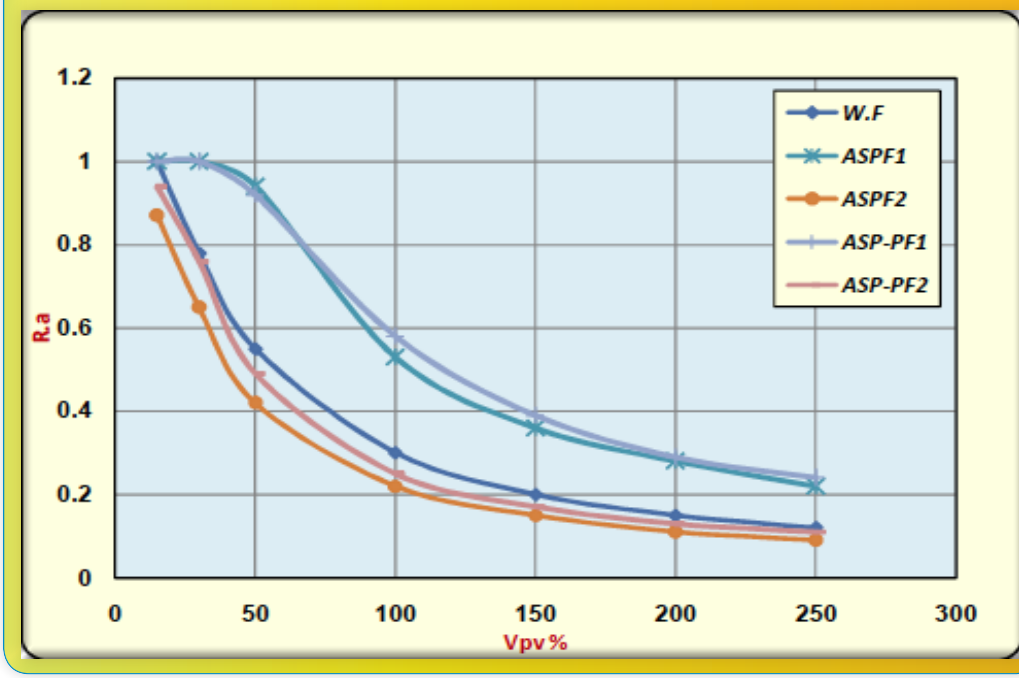
الشكل(69): تغير W بالعلاقة مع (Vpv%) لجميع الطرق المدروسة
عند حقن المحلولASP بنسبة (50%pv)



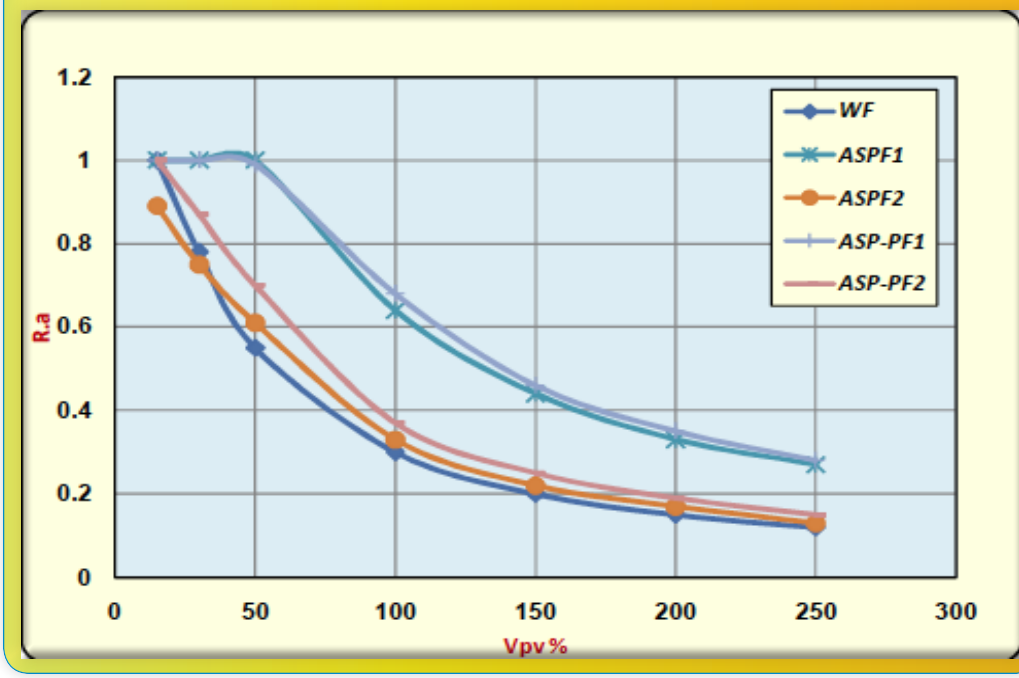
الشكل(70): تغير Ra بالعلاقة مع (Vpv%) لجميع الطرق المدروسة
عند حقن المحلولASP بنسبة (15%pv) .



الشكل(71): تغير Ra بالعلاقة مع (Vpv%) لجميع الطرق المدروسة
عند حقن المحلولASP بنسبة (30%pv) .



الشكل(72): تغير Ra بالعلاقة مع (Vpv%) لجميع الطرق المدروسة
عند حقن المحلولASP بنسبة (50%pv) .



نتائج المقارنة :

من حيث قيم عامل الإزاحة النهائي عند كل نسبة لحجم محلولASP بالنسبة لحجم الفراغات المسامية فإن:

%pv	المتراجحة
15	ASP-PF1>ASPF1>WF>ASP-PF2>ASPF2
30	ASP-PF1>ASPF1 >WF>ASP-PF2>ASPF2
50	ASP-PF1>ASPF1 > ASP-PF2>ASPF2>WF

من حيث قيم نسبة المياه المنتجة عند كل نسبة لحجم محلولASP بالنسبة لحجم الفراغات المسامية فإن :

%pv	المتراجحة
15	ASP-PF1<ASPF1< WF<ASP-PF2<ASPF2
30	ASP-PF1<ASPF1< WF<ASP-PF2<ASPF2
50	ASP-PF1<ASPF1 <ASP-PF2<ASPF2<WF

ومن حيث قيم R.a النهائي عند كل نسبة لحجم محلولASP بالنسبة لحجم الفراغات المسامية فإن :

%pv	المتراجحة
15	ASP-PF1>ASPF1>WF>ASP-PF2>ASPF2
30	ASP-PF1>ASPF1 >WF>ASP-PF2>ASPF2
50	ASP-PF1>ASPF1 > ASP-PF2>ASPF2>WF

من خلال قراءة الجداول السابقة نجد :

- إن عملية الحقن من الشكل ASP–P F1 قد حققت أعلى عامل إزاحة وأقل نسبة مياه منتجة مع النفط وبذات الوقت أعلى نسبة نفط في السائل المنتج .وهذا يعود إلى الأسباب التالية :

1 – التأثير التكاملي والمتضافر لكل من مخفض التوتر السطحي والقلوي والبوليمير في محلول الحقن ASP

2 – تأثيرضبط الحركية الناتج عن دفعة محلول البوليمير المحقونة خلف دفعة محلول ASP .

- وأما بالنسبة لعملية الحقن من الشكل ASP F1 فقد كانت نتائج مؤشراتها أقل من العملية المذكورة سابقاً وذلك بسبب غياب دفعة محلول البوليمير خلف دفعة محلول ASP .

- بمقارنة نتائج مؤشرات عملية الحقن WF مع مؤشرات عمليات الحقن السابقة نجد أن جميع عمليات الحقن السابقة كانت نتائج مؤشراتها أفضل بكثير .
- بمقارنة نتائج مؤشرات عمليات الحقن السابقة مع عمليتي الحقن ، ASP-PF2 ASPF2 نجد أن مؤشرات هاتين العمليتين كانت أقل من طرق الحقن المذكورة سابقاً وعند جميع نسب الحقن المدروسة باستثناء عملية الحقن WF حيث كانت مؤشراتها أفضل من مؤشرات العمليتين المذكورتين وذلك عند النسب 15%PV و 30%PV فقط ، بينما عند النسبة 50%PV فقد كانت مؤشرات العمليتين المذكورتين أفضل من مؤشرات عملية الحقن WF وهذا يعود إلى أن كلاً من عمليتي الحقن ، ASP-PF2 ASPF2 قد أجريتا بعد إزاحة مسبقة للنموذج بالمياه أي بعد انتهاء فعالية عملية الحقن المائي ، في حين أن عمليات الحقن الأخرى قد تم إجراؤها دون إزاحة مسبقة للنموذج بالمياه .

7 - المردود الاقتصادي لعملية الحقن ASP في حقل ديرو

ويتضمن المحاور التالية :

- تسلسل المواد المحقونة المقترح لعملية حقنASP كتجربة مصغرة (PILOT) في حقل ديرو .
- حجوم المواد المحقونة المقترح لعملية حقنASP كتجربة مصغرة في حقل ديرو .
- تحديد الحجم المثالي لدفعة محلول ASP التي يجب حقنها في الطبقة .
- مخطط الحقن المقترح .
- اختيار(PILOT) في الحقل المدروس وتحديد مؤشراته الخزنية الرئيسة .
- حساب كلفة المواد المحقونة في بئر الحقن ضمن البايلوت .
- حساب كمية النفط المتوقع إنتاجها من البايلوت بعد حقن دفعة محلول ASP والكلفة الإضافية لبرميل النفط نتيجة استخدام المواد الكيميائية.
- كلفة المواد الكيميائية المحقونة في البايلوت

تسلسل المواد المحقونة المقترح لعملية حقنASP كتجربة مصغرة (PILOT) في حقل ديرو:

- Maine slug : دفعة محلول ASP الرئيسة
- Mobility buffer : دفعة محلول بوليميري لضبط حركية الدفعة الرئيسة
- Fresh water : دفعة مياه عذبة لحماية كل من دفعة المحلول البوليميري ودفعة محلول ASP من تأثير ملوحة سائل الإزاحة .
- Cashe water : سائل الإزاحة .

حجوم المواد المحقونة المقترح لعملية حقن ASP كتجربة مصغرة في حقل ديرو :

- Maine slug : (سيتم شرح كيفية تحديد الحجم المثالي لهذه الدفعة في الفقرة التالية)
- Mobility buffer : الحجم الذي أقترحه لهذه الدفعة حتى 15%PV .
- Fresh water : أقترح حقن هذه الدفعة بحجم من 5-10%PV (حقن هذه الدفعة اختياري في حال استخدام البوليميرXanthan gum) .

- Cashe water: يتم متابعة حقن سائل الإزاحة بعد دفعة المياه العذبة وبحجم كلي لهما يساوي100%PV

تحديد الحجم المثالي لدفعة محلول ASP التي يجب حقنها في الطبقة :

إن تحديد الحجم المثالي لدفعة محلول ASP مرتبط بشكل أساسي بتحقيق :

- أكبر (recoverability-R.a) .
- أكبر (oil displacement factor –O.D.F%) .
- أقل (produced water –W%) .

لذلك فإن تحديد الحجم المثالي لدفعة محلول ASP سيتم وفق المراحل التالية :

1 – ترسم العلاقة البيانية المشتركة بين كل من O.D.F و R.a و W بالعلاقة مع نسبة حجم السائل المحقون إلى حجم الفراغات المسامية Vpv% وذلك عند جميع نسب الحقن للمحلول ASP .

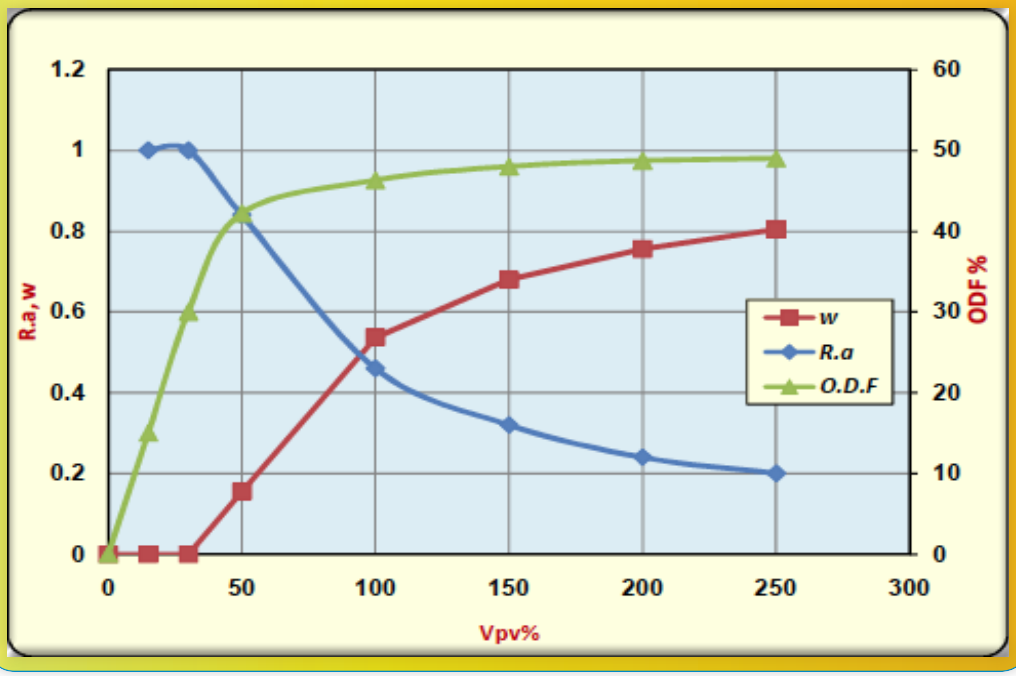
2 – تقارن قيم كل من عامل الإزاحة ونسبة المياه المنتجة مع النفط والعامل R.a عند كل نسبة حقن ASP .

3 – يتم اختيار النسبة التي تحقق أعلى قيمة لعامل الإزاحة وللعامل R.a وبذات الوقت أقل قيمة لنسبة المياه المنتجة مع النفط .

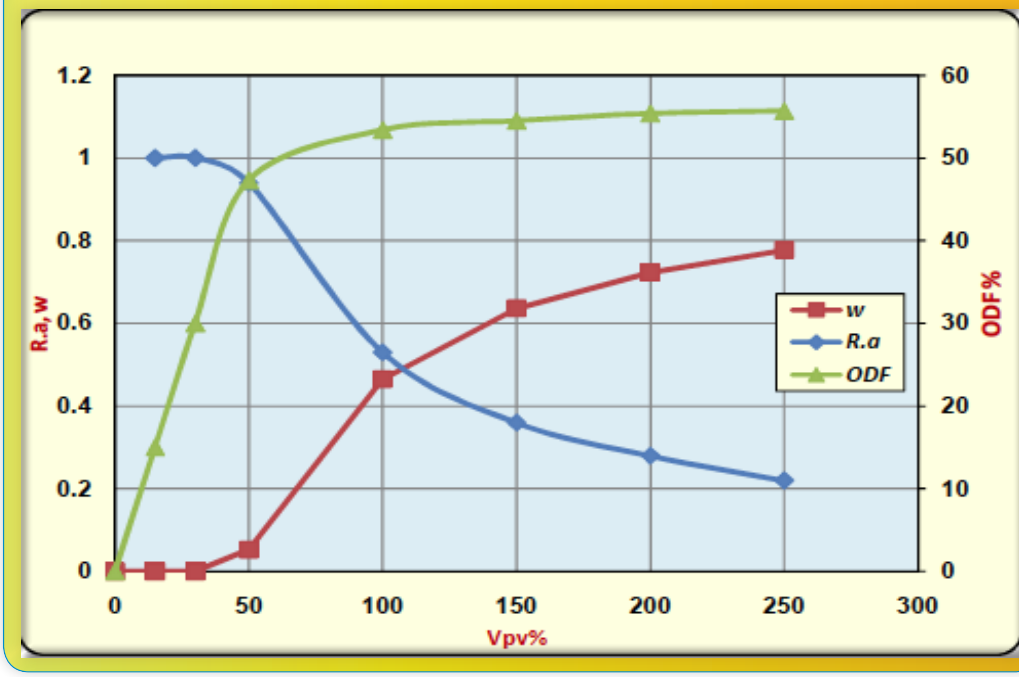
بالنسبة للشكل الأول من عملية الحقن ASP (ASPF1):

فإن التمثيل البياني للنتائج موضح في الأشكال التالية :

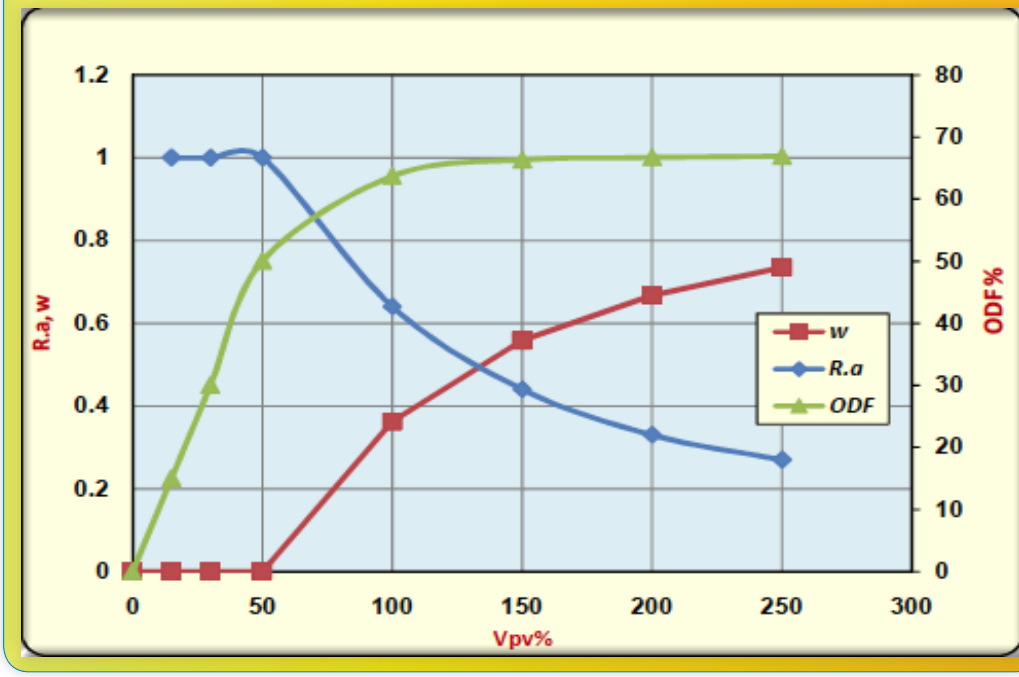
الشكل (73) : تغير كل من O.D.F و R.a و W بالعلاقة مع (Vpv%)
(الشكل الأول) ASP flooding 15%PV



الشكل (74) : تغير كل من O.D.F و R.a و W بالعلاقة مع (Vpv%)
ASP flooding 30%PV (الشكل الأول)



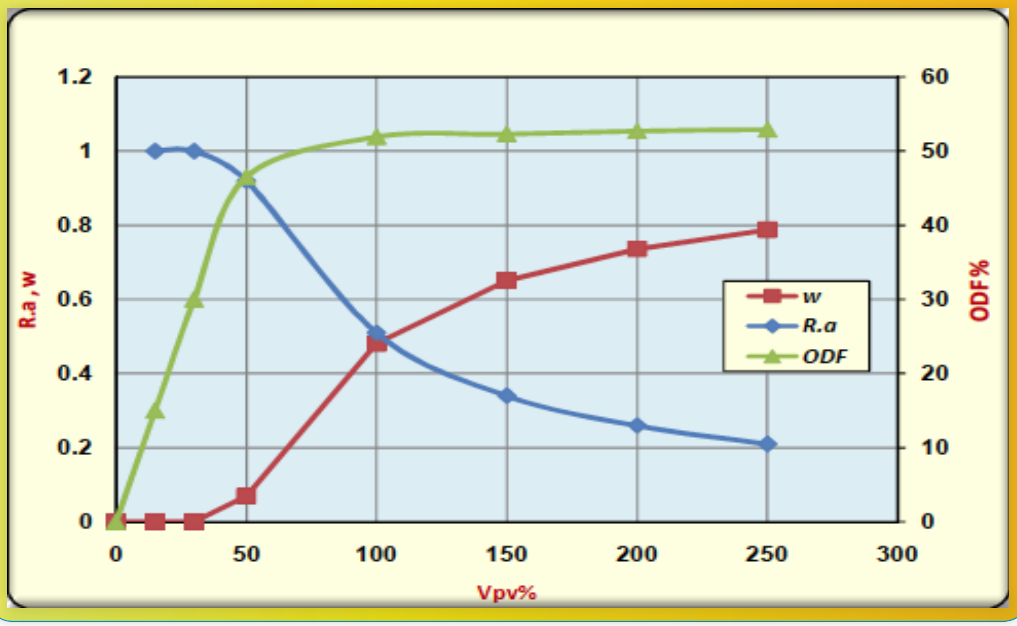
الشكل (75) : تغير كل من O.D.F و R.a و W بالعلاقة مع (Vpv%)
ASP flooding 50%PV (الشكل الأول)



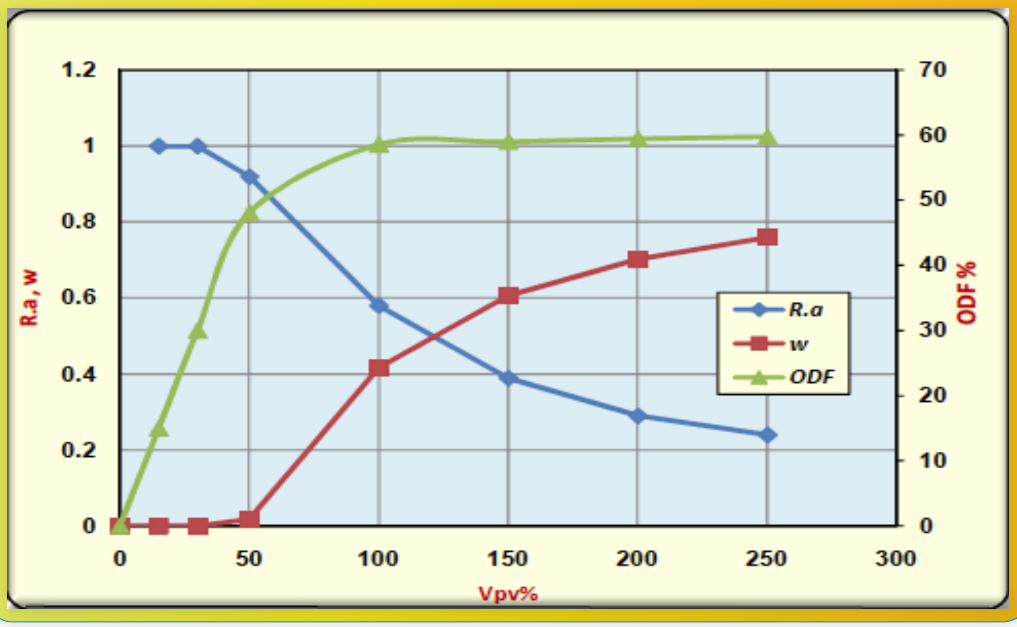
أما بالنسبة للشكل الثالث من عملية الحقن ASP (ASP-PF1):

فإن التمثيل البياني للنتائج موضح في الأشكال التالية :

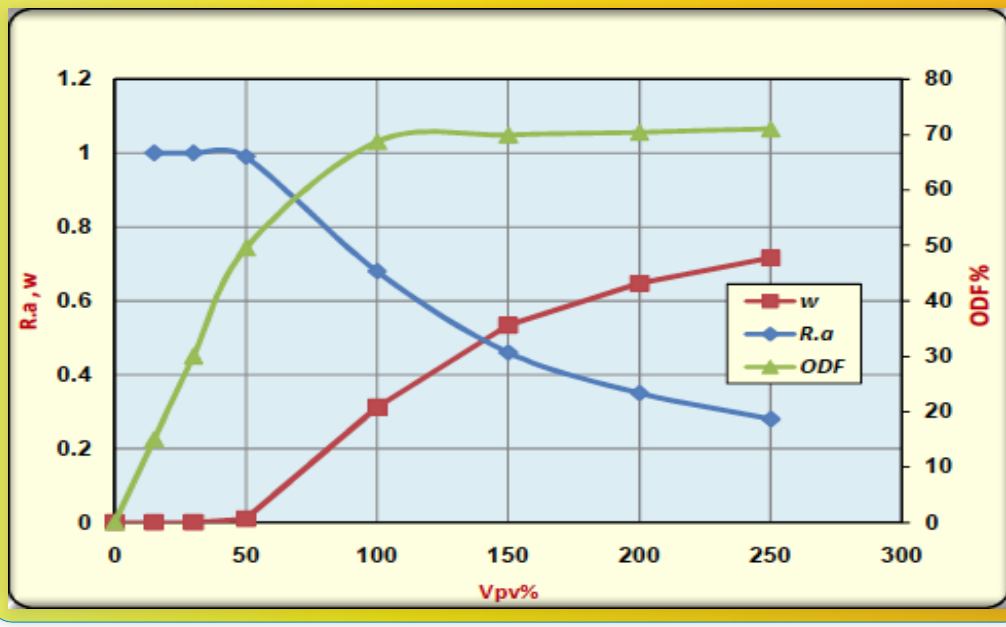
الشكل(76) : تغير كل من O.D.F و R.a و W بالعلاقة مع (Vpv%)
ASP flooding 15%PV (الشكل الثالث)



الشكل(77) : تغير كل من O.D.F و R.a و W بالعلاقة مع (Vpv%)
ASP flooding 30%PV (الشكل الثالث)



الشكل(78) : تغير كل من O.D.F و R.a و W بالعلاقة مع (Vpv%)
(الشكل الثالث) ASP flooding 50%PV



النتائج :

كما هو واضح من الأشكال السابقة فإن :

الحجم الأدنى لدفعة محلول ASP الذي يحقق المؤشرات المطلوبة هو 30%PV في حين أن الحجم الأقصى لدفعة محلول ASP الذي يحقق المؤشرات المطلوبة هو 50%PV . وهذا يعني باختصار أن الحجم المثالي يتراوح بين 30-50%PV . وذلك لأنه ضمن هذا المجال المذكور يمكن تحقيق:

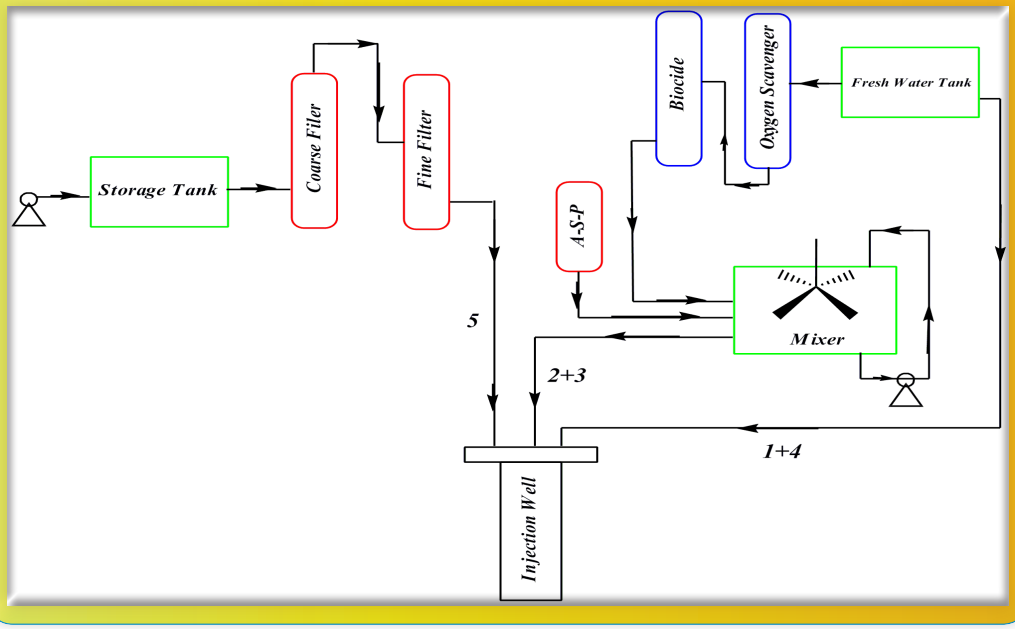
1 - أكبر عامل إزاحة ODF .

2 - أقل نسبة مياه منتجة مع النفط W .

3 - أكبر قيمة للعامل R.a .

مخطط تسلسل المواد المحقونة المقترح :

الشكل(79): مخطط مفترض ومبسط للتجهيزات السطحية اللازمة لإنجاز عملية الحقن ASP



اختيار (PILOT) في حقل ديرو وتحديد مؤشراته الخزنية الرئيسة:

تم اختيار نموذج حقن تجريبي رباعي النقاط معكوس عبارة عن مثلث تضم رؤوسه الآبار المنتجة التالية :

البئر D2 (منتج) - البئر D60 (منتج)- البئر D50 (منتج)

وبداخل البايلوت يوجد بئر الحقن D8 كما هو مبين في الخارطة التركيبية لحقل ديرو

مؤشرات الآبار المنتجة ضمن البايلوت :

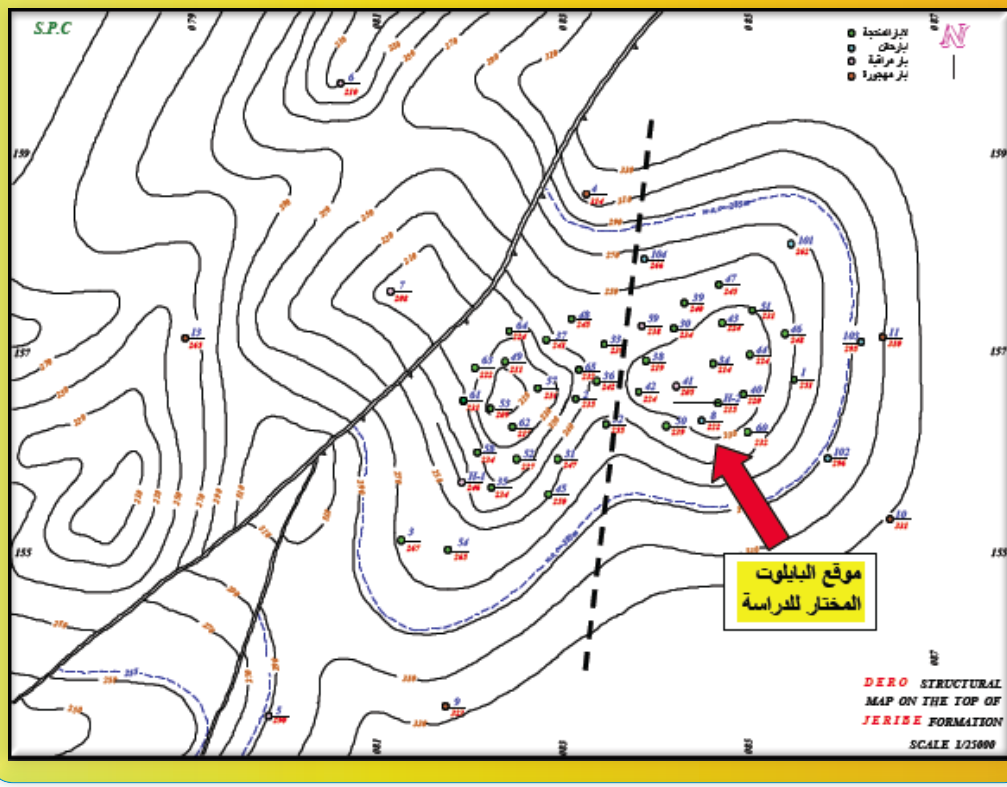
الجدول(20): المؤشرات الإنتاجية للآبار الواقعة ضمن البايلوت المدروس لعام 2007

W %	Q_T m3/day	Q_w m3/day	Q_o m3/day	البئر
58.5	7	4.1	2.9	D2
62.1	4	2.48	1.52	D60
34.2	5	1.71	3.29	D50

الجدول(21) : المؤشرات الإنتاجية للآبار الواقعة ضمن البايلوت المدروس لعام 2008

W %	Q_T m3/day	Q_w m3/day	Q_o m3/day	البئر
65	8	5.2	2.8	D2
64	6	3.2	1.8	D60
33	5	1.98	4.02	D50

الشكل(80): الخارطة التركيبية لحقل ديرو



مواصفات البايلوت :

الجدول(22): مواصفات البايلوت المدروس في حقل ديرو

المسافة بين الآبار	900m = D60 و D50 425m = D2 و D60 675m = D50 و D2
عمق الطبقة المنتجة ضمن البايلوت	576m وسطياً
متوسط مسامية الطبقة المحسوبة من الأكوار	25.43%
مساحة البايلوت	$135000m^2$
كميةالمياه المحقونة يومياً في بئر الحقن D8	$100m^3$
حرارة الطبقة المنتجة ضمن البايلوت	33C
درجة التشبع بالنفط الحالية (نهايةعام 2008)	65%
حجم النفط ضمن البايلوت	F.h.m.So=135000x4,5x0,254x 0,65 = $100298m^3$
متوسط سماكة الطبقة المنتجة الفعالة	4.5m

حساب حجوم المواد المحقونة في البايلوت :

1 - حجم محلول ASP (Maine slug) :

$V_{Maine\ slug}$= 0.50x100298=50149 m^3

2 - حجم محلول البوليمير خلف الدفعة الرئيسة (Mobility buffer) :

$V_{mobility\ buffer}$= 0.15x 100298=15044.7 m^3

3 - حجم دفعة المياه العذبة خلف جبهة المحلول البوليميري (fresh water) وهي عبارة عن جزء من سائل الإزاحة :

$V_{fresh\ water}$ = 0.05x 100298=5014.9 m^3

4 - حجم دفعة سائل الإزاحة (Cashe water) :

$V_{Cashe\ water}$=0.95x100298=95283.1m^3

كميات النفط المتوقع إنتاجها من البايلوت لدى إجراء عملية الحقن ASP :

- كمية النفط المتوقع إنتاجها من البايلوت بعد حقن محلول (ASP) بالشكل الأول:

Qo=0.663 x 100298 =66497.5m^3

- كمية النفط المتوقع إنتاجها من البايلوت بعد حقن محلول(P– ASP) بالشكل الثالث:

Qo=0.70 x 100298 =70208.6m^3

ملاحظة1 : الرقم 0.663 يمثل عامل الإزاحة النهائي عند حقن ASP بالشكل الأول وذلك عند حجم كلي للسوائل المحقونة بالنسبة لحجم الفراغات المسامية يساوي 150%pv وهي تمثل :

(حجم دفعة ASP +حجم دفعة المياه العذبة + حجم سائل الإزاحة) .

ملاحظة 2 : الرقم 0.70 يمثل عامل الإزاحة النهائي عند حقن ASP بالشكل الثالث وذلك عند حجم كلي للسوائل المحقونة بالنسبة لحجم الفراغات المسامية يساوي 155%pv وهي تمثل: (حجم دفعة ASP + حجم دفعة البوليمير خلف دفعة ASP +حجم دفعة المياه العذبة + حجم سائل الإزاحة) .

كلفة المواد الكيميائية المحقونة في البايلوت (حالة حقن محلول ASP – الشكل الأول) :

وتتضمن مايلي :

1 – كلفة القلوي المستخدم في تحضير محلول ASP .

2 – كلفة مخفض التوتر السطحي المستخدم في تحضير محلول ASP إضافة للكمية الضائعة بالامتزاز.

3 – كلفة البوليمير المستخدم في تحضير محلول ASP إضافة للكمية الضائعة بالامتزاز.

4 – كلفة المواد الكيميائية اللازمة لمعالجة المياه المستخدمة في تحضير محلولASP وهي : (مواد ماصة للأوكسجين+مضاد بكتيريا)

أولاً :كلفة القلوي المستخدم في تحضير محلول ASP :

- كمية القلوي اللازمة لتحضير50149 m^3 من محلول ASP تساوي 351043 Kg
- ثمن 1Kg من القلوي NaOH يساوي : 0.8$
- ثمن القلوي اللازم لتحضير50149 m^3 من محلول ASP تساوي 280834 $

ثانياً : كلفة مخفض التوتر السطحي المستخدم في تحضير محلول ASP:

- كمية مخفض التوتر السطحي الأساسية اللازمة لتحضير 50149 m^3من محلول ASP تساوي 25074.5Kg
- يضاف كمية مخفض التوتر السطحي المحسوبة على أساس الكمية الضائعة بالامتزاز واللازمة لتحضير 50149 m^3من محلول ASP والتي تساوي : 3259.6 kg
- الكمية الكلية للمخفض تساوي : 28334.1 kg
- ثمن 1Kg من مخفض التوتر السطحي DDBSNa يساوي : 2.04 $
- ثمن الكمية الكلية من مخفض التوتر السطحي تساوي : 57801.56 $

ثالثاً : كلفة البوليمير المستخدم في تحضير محلول ASP :

- كمية البوليمير الأساسية اللازمة لتحضير $50149m^3$ من محلول ASP تساوي 27581.9Kg
- يضاف كمية البوليمير المحسوبة على أساس الكمية الضائعة بالامتزاز واللازمة لتحضير $50149m^3$ من محلول ASP والتي تساوي : 2507.45kg
- الكمية الكلية للبوليمير تساوي : 30089.35kg
- ثمن 1Kg من البوليمير Xanthan gum يساوي : 8.4 $
- ثمن الكمية الكلية من البوليمير تساوي : 252750.54 $

رابعاً : كلفة المواد الكيميائية اللازمة لمعالجة المياه المستخدمة في تحضير محلولASP :

- كمية مادة Oxygen Scavenger الماصة للأوكسجين اللازمة لمعالجة $50149m^3$ من محلول ASP تساوي : 401.19liter
- ثمن 1liter من المادة يساوي : 0.517 $
- ثمن الكمية الكلية يساوي : 207.4 $
- كمية مادة Biocid 1 المضادة للبكتيريا اللازمة لمعالجة $50149m^3$ من محلول ASP تساوي : 6519liter
- ثمن 1liter من المادة يساوي : 2.65 $
- ثمن الكمية الكلية يساوي: 17275 $

النتائج :

- الكلفة الإجمالية للمواد الكيميائية: 608868.5 $
- كمية النفط المنتجة من البايلوت عند إجراء الحقن ASP : $66497.5m^3$
- الحجوم الكلية للسوائل المحقونة نتيجة لتطبيق عملية الحقن ASP وتشمل :

1 - حجم محلول ASP (Maine slug)

2 - حجم دفعة المياه العذبة (fresh water) خلف محلول ASP وهي عبارة عن جزء من سائل الإزاحة

3 - حجم دفعة سائل الإزاحة (Cashe water)

إن مجموع هذه الحجوم اللازمة لإتمام عملية الحقن ASP هو $150447m^3$

- معدل الحقن اليومي في بئر الحقن D8 الواقع ضمن البايلوت هو 100 مترمكعب يومياً وبالتالي فان الحجم الكلي $150447m^3$ لو كان مياه فقط فانه سينتج نفطاً يساوي :

$8.62m^3 \times 1504.47m^3$ أي مايعادل $12968.53m^3$

- كمية النفط الإضافية المنتجة زيادة عن كمية النفط المنتجة من البايلوت بسبب الحقن المائي $66497.5m^3 - 12968.53m^3$ أي مايعادل $53528.9\ m^3$ أي مايعادل 336161.9bbl
- سعر برميل النفط الحالي : 55 $ حسب أسعار(2008/11/3)
- سعر كمية النفط الإضافية المنتجة نتيجة الحقن ASP : 18488904 $
- سعر كمية النفط المنتجة نتيجة الحقن المائي فقط : 4479330 $
- العائد : 14009574 $
- الكلفة الإضافية لبرميل النفط بسبب استخدام المواد الكيميائية عند الحقن ASP تساوي 1.811$/bbl

كلفة المواد الكيميائية المحقونة في البايلوت (حالة حقن محلول ASP-P الشكل الثالث)

وتتضمن مايلي :

1 – كلفة القلوي المستخدم في تحضير محلول ASP .

2 – كلفة مخفض التوتر السطحي المستخدم في تحضير محلول ASP إضافة للكمية الضائعة بالامتزاز.

3 – كلفة البوليمير المستخدم في تحضير محلول ASP إضافة للكمية الضائعة بالامتزاز.

4 – كلفة البوليمير المستخدم في تحضير محلول الدفع .

5 – كلفة المواد الكيميائية اللازمة لمعالجة المياه المستخدمة في تحضير محلولASP وهي : (مواد ماصة للأوكسجين+مضاد بكتيريا) .

أولاً :كلفة القلوي المستخدم في تحضير محلول ASP :

- كمية القلوي اللازمة لتحضير$50149m^3$ من محلول ASP تساوي 351043 Kg
- ثمن 1Kg من القلوي NaOH يساوي : 0.8 $
- ثمن القلوي اللازم لتحضير$50149m^3$ من محلول ASP تساوي 280834 $

ثانياً : كلفة مخفض التوتر السطحي المستخدم في تحضير محلول ASP :

- كمية مخفض التوتر السطحي الأساسية اللازمة لتحضير $50149m^3$ من محلول ASP تساوي 25074.5Kg
- يضاف كمية مخفض التوتر السطحي المحسوبة على أساس الكمية الضائعة بالامتزاز واللازمة لتحضير $50149m^3$ من محلول ASP والتي تساوي : 3259.6kg
- الكمية الكلية للمخفض تساوي : 28334.1kg

- ثمن 1Kg من مخفض التوتر السطحي DDBSNa يساوي : 2.04 $
- ثمن الكمية الكلية من مخفض التوتر السطحي تساوي : 57801.56 $

ثالثاً : كلفة البوليمير المستخدم في تحضير محلول ASP :

- كمية البوليمير الأساسية اللازمة لتحضير $50149m^3$ من محلول ASP تساوي 27581.9Kg
- يضاف كمية البوليمير المحسوبة على أساس الكمية الضائعة بالامتزاز واللازمة لتحضير $50149m^3$ من محلول ASP والتي تساوي : 2507.45kg
- الكمية الكلية للبوليمير تساوي : 30089.35kg
- ثمن 1Kg من البوليمير Xanthan gum يساوي : 8.4 $
- ثمن الكمية الكلية من البوليمير تساوي : 252750.54$

رابعاً :كلفة البوليمير المستخدم في تحضير محلول الدفع البوليميري :

- كمية البوليمير اللازمة لتحضير $15044.7m^3$ من محلول الدفع البوليميري تساوي : 8274.5Kg
- ثمن 1Kg من البوليمير Xanthan gum يساوي : 8.4 $
- ثمن البوليمير اللازم لتحضير $15044.7m^3$ من محلول الدفع البوليميري تساوي: 69505.8$

خامساً : كلفة المواد الكيميائية اللازمة لمعالجة المياه المستخدمة في تحضير محلولASP :

- كمية مادة Oxygen Scavenger الماصة للأوكسجين اللازمة لمعالجة $50149m^3$ من محلول ASP تساوي : 401.19liter
- ثمن 1liter من المادة يساوي : 0.517 $
- ثمن الكمية الكلية يساوي : 207.4 $
- كمية مادة Biocid 1 المضادة للبكتيريا اللازمة لمعالجة $50149m^3$ من محلول ASP تساوي : 6519liter
- ثمن 1liter من المادة يساوي : 2.65 $
- ثمن الكمية الكلية يساوي : 17275 $

النتائج :

- الكلفة الإجمالية للمواد الكيميائية : 678374 $
- كمية النفط المنتجة من البايلوت عند إجراء الحقن ASP-P : $70208.6m^3$
- الحجوم الكلية للسوائل المحقونة نتيجة لتطبيق عملية الحقن ASP-P تشمل :

1 – حجم محلول ASP (Maine slug)

2 – حجم محلول البوليمير خلف الدفعة الرئيسة (Mobility buffer)

3 – حجم دفعة المياه العذبة خلف دفعة المحلول البوليميري (fresh water) وهي جزء من حجم سائل الإزاحة .

4 – حجم دفعة سائل الإزاحة (Cashe water) .

إن مجموع هذه الحجوم اللازمة لإتمام عملية الحقن ASP هو : $165491.7m^3$

- معدل الحقن اليومي في بئر الحقن D8 الواقع ضمن البايلوت هو 100 مترمكعب يومياً وبالتالي فإن الحجم الكلي لو كان مياه فقط فإنه سينتج نفطاً يساوي :

$1654.917m^3 x 8.62\ m^3 = 14265.38m^3$

- كمية النفط الإضافية المنتجة زيادة عن كمية النفط المنتجة من البايلوت بسبب الحقن المائي :

$70208.6m^3 - 14265.38m^3 = 55943.22m^3 = 351323.4bbl$

- سعر برميل النفط الحالي : 55$ حسب أسعار(2008/11/3)
- سعر كمية النفط الإضافية المنتجة نتيجة الحقن ASP–P : 19322787 $
- سعر كمية النفط المنتجة نتيجة الحقن المائي فقط : 4927262.2 $
- العائد : 14395525$
- الكلفة الإضافية لبرميل النفط بسبب استخدام المواد الكيميائية عند إجراء الحقن ASP–P تساوي 1.93$/bbl

8 – الاستنتاجات والتوصيات :

أولاً: الاستنتاجات :

1. التركيزالأمثل لمخفض التوترالسطحي DDBSNa ضمن محلولASP والذي يحقق أعلى امتزاجية (نفط/ASP) هو 0.05%wt وبالتالي هناك توافق بين التركيزالأمثل للمخفض المدروس والمحدد من خلال قياس IFT على الحد الفاصل مع النفط (0.05%wt) والتركيز المحدد من خلال دراسة السلوك الطوري .

2. 2– التركيز الأمثل للقلوي NaOH ضمن محلولASP والذي يحقق أعلى امتزاجية (نفط/ ASP) هو 0.7%wt وهذا التركيز يتوافق مع التركيزالمحدد من خلال قياس IFT على الحد الفاصل مع النفط .

3. 3– تبدي محاليل البوليميرXanthan gum تأثراً أقل بكثير بالوسط القلوي مقارنة بمحاليل PAM .

4. إن درجة حموضة الوسط المثالية التي تحافظ على لزوجة المحلول البوليميري Xanthangum يجب أن تكون بحدود(9 –8 ~PH) .

5. استخدام البوليمير Xanthangumبتركيز يتراوح بين(1000ppm –0) لا تُرافقه زيادة كبيرة في الكمية الضائعة بالامتزاز، في حين أنه إذا إستخدم بتركيزمن(1000ppm) وحتى (5000ppm) فإن الضياع بالامتزاز سيكون كبيراً ويجب أخذه بعين الإعتبار.

6. إن مخفض التوتر السطحي DDBSNa من أفضل الأنواع الأربعة عشر المدروسة وذلك للأسباب التالية :

- يعطي المخفض المذكورأدنى(IFT) عند أدنى تركيز.
- توافق شحنة الصخر المدروس مع شحنة المخفض المذكورعند قيم PH المرتفعة .
- توافق شاردة الصوديوم (Na^+) في تركيبه مع شاردة الصوديوم في القلوي (NaOH) المستخدم في المحلول(ASP) .
- امتزازه قليل على سطح الصخر(المواد الفعالة سطحياً الأنيونية بشكلٍ عام).
- رخيص الثمن ويمكن تحضيره مخبرياً.

7. إن القلوي(NaOH) من أفضل أنواع القلويات المدروسة وذلك للأسباب التالية :

- يعطي القلوي المذكور أدنى(IFT) عند أدنى تركيز مقارنة بالأنواع الأخرى.
- يعطي محلوله أعلى ناقلية كهربائية وأعلى درجة حموضة (PH) عند أدنى تركيز .
- درجة عكارة محلوله قليلة نوعاً ما .

8. البوليميرXanthanGum من أفضل أنواع البوليميرات المدروسة وذلك للأسباب التالية:

- مقاومته للملوحة أكبر من الأنواع الأخرى.
- بزيادة تركيز البوليميرXanthanGum في المحلول فإنه يعطي قيماً للزوجة أعلى بالمقارنة مع الأنواع الأخرى وخاصةً عند التراكيز القليلة .
- مقاومته لإجهادات القص أكبر من الأنواع الأخرى .
- تبدي لزوجة محاليله تأثراً أقل بالوسط القلوي بالمقارنة مع محاليل البولي أكريل أميد.

9. يؤثر محلول القلوي NaOH بشكل ضعيف على لزوجة محلول البوليميرXanthangum في محلول الحقنASP وهذا التأثير ناجم برأيي عن سببين :

الأول: إن الوسط القلوي الذي يحققه وجود(NaOH) بالمحلول يُؤثر بشكل سلبي وضعيف على لزوجة المحلول البوليميريXanthan gum .

الثاني: إن تشردNaOH في المحلول يعطي شاردة (Na^+) التي لها تأثير ضعيف أيضاً على لزوجة المحلول البوليميريXanthan gum .

10. التركيز الأمثل للبوليمير Xanthan gum الذي يحقق أعلى امتزاجية (نفط/محلولASP) هو 550PPm

11. إن استخدام البوليميرXanthangum بتراكيز عالية يؤثر بشكل سلبي على حجم منطقة الطور الواحد(نفط/ASP) .

12. التراكيزالمثالية لكل من(A،S،P) ضمن محلول(ASP) والتي تحقق أعلى قيمة لحجم منطقة الطور الواحد (نفط/ASP) متوافقة تماماً مع التراكيز التي تم الحصول عليها لكل من(A،S،P) ضمن المحلول (ASP) والتي تحقق أدنى(IFT) وأعلى لزوجة موافقة للزوجة نفط الحقل المدروس .

13. تؤثر ملوحة الوسط بشكل سلبي على خاصية الامتزاج (نفط/ASP) ويكون هذا التأثير واضحاً عند تراكيزالملوحة المنخفضة والعالية على حد سواء .

14. تأثير الحرارة على خاصية الامتزاج (نفط/ASP) سلبي ويؤدي إلى تقليل حجم منطقة الطور الواحد .

15. الخليط المكون من الماربل و/أو الرمل بالنسب وأقطار الحبيبات التالية :

89% (طور أساسي) 63 μM < (Marble) < 75 μM

11% (طور ثانوي) 75 μM < (silica floor or Marble) < 150 μM

يشكل نموذجاً صخرياً يحاكي الطبقة المنتجة للحقل المدروس من حيث النفوذية والمسامية .

16. إن تحديد الحجم المثالي لدفعة محلولASP مرتبط بشكل أساسي بتحقيق :

- أعلى (recoverability-R.a)
- أعلى (oil displacement factor–O.D.F %)
- أقل (water percent W%)

17. الحجم المثالي لدفعة محلول ASP الذي يحقق أكبر O.D.F وبذات الوقت أعلى Ra وأقل W يتراوح بين 30–50%PV .

18. إن حقن دفعة من محلول البوليمير خلف الدفعة ASP الرئيسة يساهم في زيادة عامل الإزاحة بشكل واضح عند جميع نسب الحقن المدروسة .

19. إن أكبر عامل إزاحة حققته عملية الحقن ASP من الشكل الثالث(ASP–PF1) تليها عملية الحقن ASP من الشكل الأول(ASPF1) فعملية الحقنASP من الشكل الرابع(ASP–PF2) وأخيراً عملية الحقن ASP من الشكل الثاني(ASPF2) وذلك عند جميع نسب الحقن المدروسة .

20. إن أقل نسبة للمياه المنتجة مع النفط حققته عملية الحقن ASP من الشكل الثالث تليها عملية الحقن ASP من الشكل الأول فعملية الحقن ASP من الشكل الرابع وأخيراً عملية الحقن ASP من الشكل الثاني وذلك عند جميع نسب الحقن المدروسة .

21. الكلفة الإضافية لبرميل النفط نتيجة استخدام المواد الكيميائية في محلول الحقن ASP هي : 118.1$/lbb عند الحقن ASP و 39.1$/lbb عند الحقن ASP–P .

22. بالمقارنة بين جميع الطرق المدروسة :

- ✓ Water flooding (W.F)
- ✓ ASPF1 (بدون إزاحة مسبقة بالمياه – الشكل الأول) .
- ✓ ASPF2 (بعد انتهاء فعالية الإزاحة بالمياه – الشكل الثاني) .
- ✓ ASP–PF1 (بدون إزاحة مسبقة بالمياه– الشكل الثالث) .
- ✓ ASP–PF2 (بعد انتهاء فعالية الإزاحة بالمياه – الشكل الرابع) .
- ✓ من حيث قيم عامل الإزاحة النهائي عند كل نسبة لحجم محلولASP بالنسبة لحجم الفراغات المسامية

%pv	المتراجحة
15	ASP-PF1>ASPF1>WF>ASP-PF2>ASPF2
30	ASP-PF1>ASPF1 >WF>ASP-PF2>ASPF2
50	ASP-PF1>ASPF1 > ASP-PF2>ASPF2>WF

- ✓ من حيث قيم نسبة المياه المنتجة عند كل نسبة لحجم محلولASP بالنسبة لحجم الفراغات المسامية

%pv	المتراجحة
15	ASP-PF1<ASPF1< WF<ASP-PF2<ASPF2
30	ASP-PF1<ASPF1< WF<ASP-PF2<ASPF2
50	ASP-PF1<ASPF1 <ASP-PF2<ASPF2<WF

- ✓ ومن حيث قيم R.a النهائي عند كل نسبة لحجم محلولASP بالنسبة لحجم الفراغات المسامية

%pv	المتراجحة
15	ASP-PF1>ASPF1>WF>ASP-PF2>ASPF2
30	ASP-PF1>ASPF1 >WF>ASP-PF2>ASPF2
50	ASP-PF1>ASPF1 > ASP-PF2>ASPF2>WF

ثانياً : التوصيات:

1. البدء بتطبيق نتائج هذا البحث على حقل ديرو وذلك عن طريق إجراء تجربة صناعية مصغرة لحقن محلول ASP الذي تم التوصل إليه مخبرياً في البايلوت الذي تم اختياره للدراسة وذلك بالتنسيق مع إدارة حقول الجبسة والشركة السورية للنفط مع المتابعة الميدانية لنتائج عملية الحقن .

2. تعميم نتائج الدراسة التجريبية لهذا البحث لتشمل بقية الحقول النفطية القابلة لتطبيق طريقة الحقنASP .

3. إجراء أبحاث لاحقة تهدف إلى إمكانية استخدام طرق الحقن الكيميائي الأخرى مثل: MAPFlooding–MPFlooding–Emulsion Flooding وحتى الطرق الأساسية Alkaline Flooding – Surfactant Flooding – Polymer Flooding وذلك بهدف زيادة عامل الإزاحة .

4. التركيز على استخدام البيوبوليميرXanthan gum في الخزانات الكربوناتية كأساس للدراسات اللاحقة نظراً لنتائجه الإيجابية الأفضل من البولي أكريل أميد على تلك الخزانات .

5. توسيع البحث والدراسة في مجال استخدام القلويات العضوية إلى جانب استخدام القلويات التقليدية .

6. التركيز في الأبحاث اللاحقة على استخدام مخفضات التوتر السطحي الأنيونية فقط .

7. ضرورة اعتماد الأبحاث اللاحقة على دراسة السلوك الطوري كأساس لاختيار التراكيز المثالية للمواد الكيميائية في أي عملية حقن كيميائي .

8. التأكيد على أهمية وضرورة إجراء تحاليل مخبرية للمياه التي ستستخدم في تحضير محلول الحقن الكيميائي ASP ومن أهمها(TDS–TSS–DO إضافة إلى التحليل البكتري) .

9. ضرورة اتباع المعالجة الصحيحة المتكاملة (الميكانيكية والكيميائية) لمياه الحقن المستخدمة في الحقول السورية لما تقدمه من نتائج إيجابية في نجاح عمليات الحقن الكيميائي.

10. ضرورة وأهمية معالجة المياه المستخدمة في تحضير محلول البوليميرXanthan gum وبالتالي المياه المستخدمة في تحضير محلول الحقن ASP بمواد ماصة للأوكسجين ومضادة للبكتيريا .

11. التأكيد على استخدام مخفض التوتر السطحي DDBSNa المحضر مخبرياً من قبل الباحث في الدراسات والأبحاث اللاحقة كونه فعال واقتصادي بذات الوقت .

المراجع(REFERENCES)

1-Songwanchao، Yang Chengzhi "Alkaline-Surfactant-Polymer Combination Flooding For Improving Recovery of The Oil" SPE 1995.

2-D.L.Zang،Sliu"Favorable AttributesOfAlkaline - Surfactant - PolymerCombinationFlooding"SPE 2006.

3-H.S.Alhashim، H.Y.Al- Yousef " Alkaline-Surfactant-Polymer Formulation For Saudi Arabia Arabian Carbonate Reservoirs" SPE 1996.

4-WeiWang،YonganGu"DetectionAnd Reuse Of Produced Chemicals In Alkaline/Surfactant/Polymer Floods" SPE 2003.

5-Yaun Shiyi، Yang Hau "Effects Of Important Factors On Alkaline/Surfactant/ Polymer Flooding" SPE 1998.

6-Gau Shut Ang، Li Huabin " Alkaline/Surfactant/Polymer Pilot Performance Of The West Central Saertu، Daqing Oil Field" SPE 1996.

7-P.H.Krumrine، J.S.Falcone "Surfactant، Polymer And Alkaline Interactions In Chemical Flooding Processes" SPE 1983.

8-P.D.Berer And C.A.Lee "Improved ASP Process Using Organic Alkaline" SPE 2006.

9-Gao، Shutang، Li Huabin "Laboratory InvestigationOfCombinationOf Alkaline/Surfactant/Polymer Technology For Daging EOR" SPE 1995.

10-I.M.Mihcakan، C.W.Van Kirk "Blending Alkaline And Polymer Solutions Together Into A Single Slug Improve EOR" SPE 1986.

11-Mahendra Protap "Field ImplementationOfAlkaline/Surfactant/ Polymer(ASP)Flooding: Amaiden Effort In India" SPE 2004.

12-Wang Demin، Cheng Jiecheng "An Alkaline/Surfactant/Polymer Field Test In A Reservoir With A Long Term 100 % Water Cut" SPE 1998.

13-Jir Ui Hou، Zhong Chun Liu "Restudy Of Main Factors Of Effects On ASP Floods And Expansion Of Capillary Theory In Heterogeneous Reservoirs" SPE 2002.

14-Yuan Shiyi، Yang Puhua "Numerical Simulation Of Alkaline/Surfactant/ Polymer Flooding" SPE 1995.

15-N.Arihara، T.Yoneyama "Oil Recovery Mechanisms Of Alkaline/Surfactant/ Polymer Flooding" SPE 1999.

16-Zhengshin Tong، ChengzhiYang "A Study Of Microscopic Flooding Mechanism Of ASP" SPE 1998.

17-H.A.Nasr- Eldin، B.F.Hawkins "Viscosity Behavior Of Alkaline/Surfactant/ Polyacrylamid Solutions Used For Enhanced Oil Recovery" SPE 1991.

18-M.J.Pitts، P.dowling " Alkaline/Surfactant/Polymer Flood Of The Tanner Field" SPE 2006.

19-Li Hong Fu، Liao Guangzhi " Alkaline/Surfactant/Polymer (ASP) Commercial Flooding Test In Central Xing2 Area Of Daqing Oil Field" SPE 2003.

20-Han Dong، Yuan Hong "The EffectOfWettability On Oil Recovery Of Alkaline/Surfactant/Polymer Flooding" SPE 2006.

21-Zhongchun Liu، Xiang Y ue "Comparison Of Displacement Oil Mechanism Of Polymer، ASP And Foam Of ASP In Micro Pores And Dead Ends Of Pores" SPE 2002.

22-Wang Demin،Cheng Jiecheng "Alkaline Bio Surfactant Polymer Pilots In Daqing Oil Field" SPE 1999.

23-M.delshad، W.HanXingiang"Alkaline/Surfactant/ PolymerFloodPredictionsForThe Karmary Oil Field" SPE 1998.

24-H.L.Chang، Z.Q.Zhang "Advances In Polymer Flooding And Alkaline/ Surfactant/Polymer Processes As Developed And Applied In The People's Republic Of China" JPT 2006.

25-JayVargo،JimTurner"Alkaline/Surfactant/Polymer Flooding Of The Cambridge Minnelusa Field" SPE 2000.

26-Wang، Chang Long، Li Huanchen "Application And Deign Of Alkaline/ Surfactant/Polymer System To Close Well Spacing Pilot Gudong Oil Field" California 1997.

27-Wang Demin، Yang Zhenyu "Summary Of ASP Pilots In Daqing Oil Field" SPE 1999.

28-French، Tory R "A Method For Simplifying Field Application Of ASP" SPE 1996.

29-Wu Di، Zhaofengling "Emulsification And Stabilization Of ASP Flooding Produced Liquid" SPE 2001.

30-Wang Demin، Zhang Zhenhua "Pilot Tests Of Alkaline/Surfactant/Polymer Flooding In Daqing Oil Field" SPE 1997.

31-Zhijian، Zhang، Qu Yigen "A Successful ASP Flooding Pilot In Gudong Oil Field" SPE 1998.

32-Clara Hernandez، Larry J "ASP System Design For An Offshore Application In The La Salina Field" SPE 2001.

33-Hou Jir Ui، Ziu Zhongchun "Study Of The Effect Of ASP Solution Viscoelasticity On Displacement Efficiency" SPE 2001.

34-Hongjun، Yang "Study On Reservoir Engineering: ASP Flooding Pilot Test In Karmary Oil Field" SPE 1998.

35-Manrique E " Alkaline/Surfactant/Polymer At VLA Field In Maracaibo Lake" SPE 2000.

36-Qiao Qi، Hongjun "The Pilot Test Of ASP Combination Flooding In Karamary Oil Field" SPE 2000.

37-S.R.Clark، M.J.Pitts "Design And Application Of An Alkaline/Surfactant/Polymer Recovery System To The West Kiehl Field" SPE 1993.

38-Meyers، M.J.Pitts " Alkaline/Surfactant/Polymer Flood Of The West Kiehl ، Minnelusa Unit" SPE 1992.

39-Sui Jun، Yang Cheng- Zhi " Surfactant/ Alkaline /Polymer Flooding Pilot Project In Non Acidic Paraffin Oil Field In Daqing" SPE 2000.

40-WanLi Kang، Demin Wang "Emulsification Characteristic And De-Emulsifiers Action For Alkaline/Surfactant/Polymer Flood" SPE 2001.

41-Jia Qing، Zhou Bin "Development And Application Of Silicate Scale Inhibitor For ASP Flooding" SPE 2002.

42-Wyatt، Malcolm " Alkaline/Surfactant/Polymer Technology Potential Of The Minnelusa Trend، Powder River Basin" SPE 1995.

43-Clara Hernandez، Larry Chacon "Single Well Chemical Tracer Test To Determine ASP Injection Efficiency At Lagomar VLA Area" SPE 2002.

44-XiaomingYang،GuangzhiLiao"AnExtendedFieldTestStudyOn Alkaline/Surfactant/Polymer Flooding In Beiyiduanxi Of Daqing Oil Field" SPE 2003.

45 - مديرية حقول الجبسة " تقارير دائرة هندسةالمخزون" .

46- أ. د. جورج عبد الأحد «فيزياء الطبقة النفطية والغازية»، جامعة البعث 1998

47 - م. مصعب البريدي، «تحسين إنتاج النفط من الطبقات الخازنة بالطرق الكيميائية» -2000

الدكتور مصعب بدر الدين البريدي في سطور

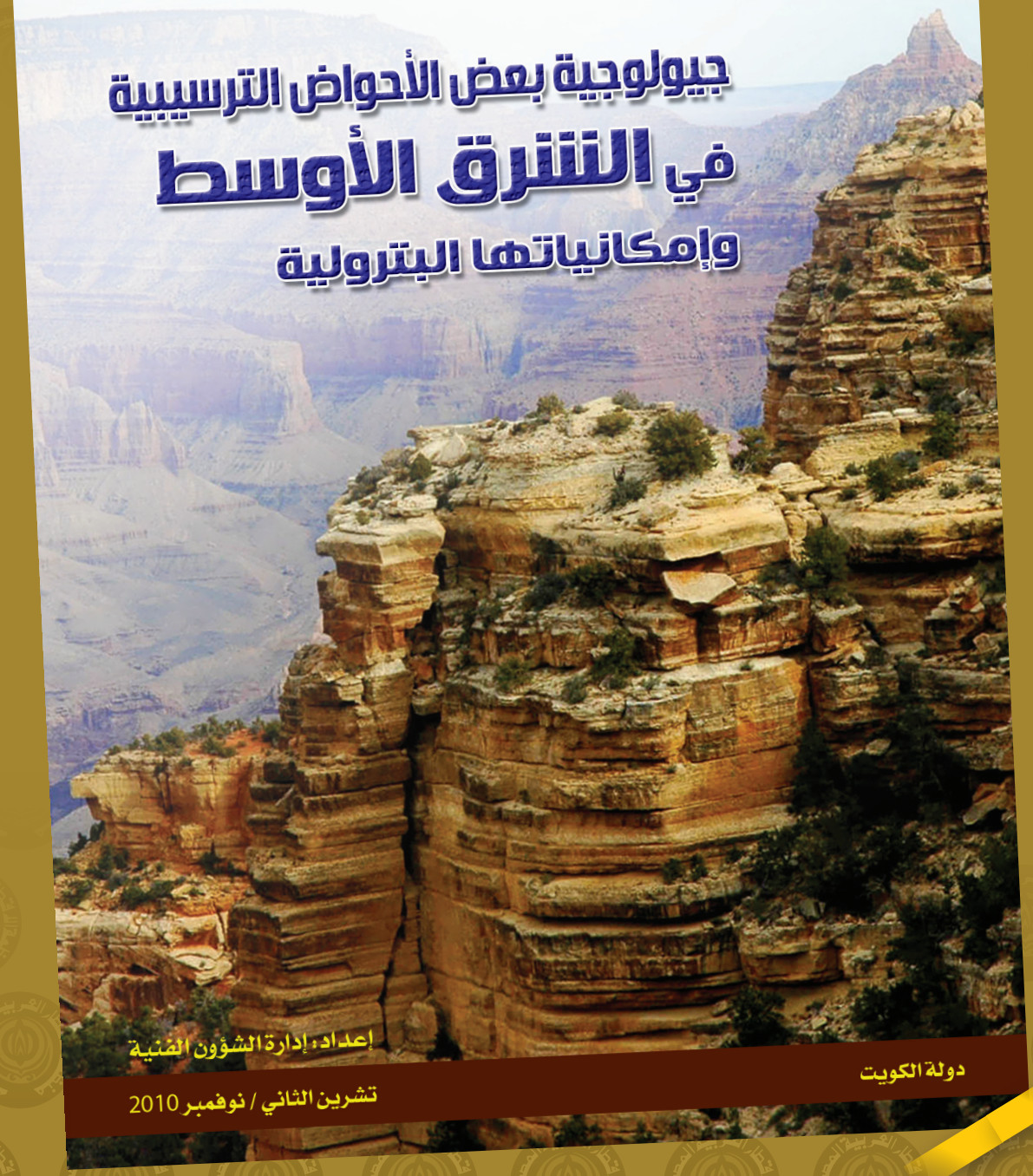
درس الدكتور **مصعب بدر الدين البريدي** في كلية الهندسة والبترول في مدينة حمص، حيث حصل على إجازة الهندسة البترولية في عام 1988، ثم دبلوم دراسات عليا في عام 1995، ثم ماجستير في الهندسة البترولية (EOR) في عام 2000، ونال شهادة الدكتوراة في عام 2010، وكان عنوان أطروحة الدكتوراه "إستخدام طريقة الحقن الكيميائي ASP لزيادة عامل الإزاحة في بعض الحقول السورية».

يعمل الدكتور **مصعب بدر الدين البريدي** حالياً في كلية الهندسة الكيميائية والبترولية كعضو هيئة تدريس، وخلال الفترة الممتدة من عام 1988 حتى عام 2010، درّس العديد من المقررات للسنوات الرابعة والخامسة في قسم الهندسة البترولية، في مجال هندسة مخزون الغاز، والاستثمار المدعم للنفط (EOR)، وهندسة الإنتاج، وجيوكيمياء النفط والغاز، وجيولوجيا البترول الاقليمية، والبتروغرافيا وجيوفيزياء الآبار، والجيوفيزياء العامة.

نشر الدكتور **مصعب بدر الدين البريدي** تسعة أبحاث علمية في مجلات علمية محكمة، وله مشاركات علمية في مؤتمرات متخصصة بالهندسة الكيميائية وهندسة البترول.

منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك)

جيولوجية بعض الأحواض الترسيبية في الشرق الأوسط وإمكانياتها البترولية



إعداد: إدارة الشؤون الفنية

دولة الكويت

تشرين الثاني / نوفمبر 2010

من إصدارات المنظمة

تقرير حول المنتدى الثاني لشركات النفط الوطنية وشركات النفط العالمية :

الجمع بين الكفاءات المتميزة لمواجهة التحديات المشتركة

إعداد: عبد الفتاح دندي *

باريس، فرنسا

7 – 8 أبريل 2011

بناء على الدعوة الموجهة من معالي الأمين العام لمنتدى الطاقة العالمي، السيد نوي فان هوست (Noe Van Hulst) شاركت الأمانة العامة لمنظمة الاقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك)، في المنتدى الثاني لشركات النفط الوطنية و شركات النفط العالمية الذي عقد في الفترة 7 – 8 أبريل 2011 في مدينة باريس، فرنسا. وقد مثل الأمانة العامة في المنتدى سعادة أمين عام المنظمة الأستاذ عباس علي نقي، والمشرف على الإدارة الاقتصادية السيد عبدالفتاح دندي.

* المشرف على الإدارة الاقتصادية – أوابك – الكويت

يشار إلى أن الأمانة العامة لمنظمة أوابك قد شاركت في اجتماع عقد بعد هذا المنتدى، وهو اجتماع المائدة المستديرة الآسيوي الرابع على مستوى الوزراء، وكان موضوعة النمو المستدام و الاعتماد المتبادل على الطاقة، الذي انعقد في الكويت يوم 18 أبريل 2011. كما كانت قد شاركت من قبل في الاجتماع الوزاري الاستثنائي لمنتدى الطاقة العالمي الخاص بتوقيع ميثاق الأمانة العامة للمنتدى، الذي استضافته وزارة البترول والثروة المعدنية السعودية وذلك في 22 فبراير2011، تزامنا مع الاحتفال بذكرى مرور عشرين عاماً على انطلاق الحوار بين الدول المصدرة للبترول والدول المستهلكة للبترول. وفيما يلي إستعراض لفعاليات هذه النشاطات:

أولا: خلفية عن منتدى شركات النفط الوطنية وشركات النفط العالمية

قام الوزراء في منتدى الطاقة العالمي الحادي عشر الذي عقد في مدينة روما (أبريل 2008) بمناقشة الكيفية التي يمكن من خلالها تهيئة الظروف الإطارية المناسبة لتحسين التعاون بين شركات النفطية الوطنية وشركات النفط العالمية من أجل تحسين قدراتها وإمكانياتها، بشكل يضمن احترام القوانين والحقوق والتوقعات لجميع الأطراف. وقد دعا وزراء وقادة الصناعة إلى زيادة التعاون بين شركات النفط الوطنية وشركات النفط العالمية من أجل التغلب على التحديات الرئيسية التي تواجه الصناعة.

ونظرا للطبيعة المتعددة الأبعاد للتحديات التكنولوجية، والاقتصادية، والبيئية، والسياسية القادمة، فإن تظافر الجهود التي تبذلها جميع الجهات المعنية ذات الصلة ستوفر فرص واعدة للتغلب على مثل هذه التحديات. كما أن تحسين التعاون بين شركات النفط الوطنية وشركات النفط العالمية سوف يتيح فرص أفضل للاستثمار في صناعة النفط والغاز لتأمين التطورات المرتقبة لهذه الصناعة.

وفي عام 2008، دعا المشاركون في الاجتماعين غير العاديين لمنتدى الطاقة العالمي الأول في شهر يونيو الذي عقد في مدينة جدة، والاجتماع الثاني الذي عقد في شهر ديسمبر في لندن، إلى تعزيز التعاون بين الشركات النفطية الوطنية وشركات النفط العالمية في البلدان المنتجة والبلدان المستهلكة في مجالات الاستثمار والتكنولوجيا وتنمية الموارد البشرية.

وقد تم التأكيد في المنتدى الأول لشركات النفط الوطنية وشركات النفط العالمية ، الذي عقد في شهر مارس 2009 في دولة الكويت، على تعزيز الحوار العالمي حول الطاقة باعتباره خطوة هامة نحو تعزيز أمن الطاقة العالمي. وقد تمت الإشارة إلى أن العلاقة بين شركات النفط الوطنية وشركات النفط العالمية قد تغيرت على مر السنين. ولتسليط الضوء على الأمثلة الناجحة للتعاون طويل الأمد بين شركات النفط الوطنية وشركات النفط العالمية، تبادل المشاركون في المنتدى الأول وجهات النظر حول كيفية تهيئة الظروف الإطارية المناسبة للتعاون بين الجانبين. وقد أكد المشاركون على أن الاتصالات واللقاءات المنتظمة بين الطرفين تقدم منبراً مهماً للصناعة لمناقشة بيئة العمل المتغيرة وتأثيرها على العلاقات بين أصحاب المصالح المشتركة.

ثانيا: وقائع اجتماع المنتدى الثاني للشركات النفطية الوطنية وشركات النفط العالمية

عقد المنتدى الثاني للشركات النفطية الوطنية والشركات النفطية العالمية المنبثق عن منتدى الطاقة العالمي برعاية مشتركة بين شركة أرامكو السعودية و شركة توتال، بمشاركة نحو 100 مشارك من كبار صناع القرار من الشركات النفطية الوطنية وشركات النفط العالمية وشركات الخدمات، فضلا عن عدد من الخبراء وممثلين عن الدول المنتجة والدول المستهلكة للنفط.

و قد كان الموضوع الرئيسي للمنتدى «الجمع بين الكفاءات المتميزة لمواجهة التحديات المشتركة».

الجلسة الافتتـاحية

استهلت وقائع المنتدى الثاني بجلسة افتتاحية تحدث فيها رئيس مجلس الإدارة والمدير التنفيذي لشركة توتال، السيد كريستوف دي مارجي عن التغيرات الرئيسية التي حدثت منذ اجتماع كانكون – المكسيك، واجتماع الكويت، وأشار إلى استمرار التقلبات في أسعار النفط، وأوضح أن قضايا السلامة والبيئة تأتي في صلب الحوار والمناقشة بين الطرفين. ويظل الاستثمار تحدي كبير للشركات النفطية الوطنية والشركات النفطية العالمية على حد سواء، إذ يجب أن تأخذ الخطط الاستثمارية في الاعتبار التطوير الاقتصادي والاجتماعي.

وبين أمين عام منتدى الطاقة العالمي، السيد نوي فان هوست، في كلمته الهدف من عقد المنتدى الثاني للشركات النفطية الوطنية والشركات النفطية العالمية، وهو تعزيز الحوار والمناقشة لفهم بعض أهم القضايا والتحديات الرئيسية المشتركة التي تواجه صناعة النفط والغاز. وأشار إلى أن المنتدى جمع كبار صناع القرار من شركات النفط الوطنية وشركات النفط العالمية، على منبر واحد لتبادل الآراء من أجل الوصول في نهاية المطاف الى توصيات من شأنها تحديد السبل والوسائل الكفيلة لتعزيز التعاون بين الأطراف المختلفة في الجوانب ذات الصلة بالاستثمار والتكنولوجيا وإدارة المشاريع المعقدة والأمور الأخرى ذات الاهتمام المشترك.

ثم ألقى كبير الإداريين والرئيس التنفيذي لشركة أرامكو السعودية المهندس خالد الفالح كلمته التي سنأتي على أهم ما جاء فيها عند استعراض الحلقة النقاشية الأولى.

حلقات النقاش

تم النقاش و المداولات بشأن الموضوع الرئيسي للمنتدى على مدار يومين من خلال ثلاث حلقات نقاشية، تحدث فيها أكثر من 14 متحدثا يمثلون شركات نفطية كبرى مثل أرامكو السعودية، توتال، شيفرون، شلومبيرجير، تكنيب، ستات أويل، وفوستر ويلرو، وعدد من الشركات الأخرى.

وفيما يلي استعراض موجز لأهم ما تناولته الحلقات النقاشية الثلاث:

2-1: حلقة النقاش الأولى: الشركات النفطية الوطنية والشركات النفطية العالمية: تحديات واحدة ومصالح مشتركة

تناولت الحلقة النقاشية الأولى، التي ترأسها السيد جيرون فان دير فير، المدير التنفيذي السابق لشركة شل، عدد من المحاور من أهمها القضايا الأساسية و التحديات الرئيسية التي تواجها صناعة النفط والغاز الطبيعي العالمية، و الكيفية التي يمكن من خلالها مقابلة الطلب المتنامي على الطاقة بشكل مستدام، و تطرقت الى دور الشركات النفطية الوطنية والشركات النفطية العالمية، والحكومات، في تحقيق الاستقرار في السوق، وتحقيق الشفافية، والخوض في الاستثمارات اللازمة. كما تم مناقشة الكيفية التي تمكن صناعة النفط والغاز من مواجهة تطوير رأس المال البشري، والاستفادة من بعض الإخفاقات السابقة وتجنب الوقوع فيها من جديد، وكيفية الاستفادة من التطورات التقنية وتوظيفها التوظيف الأمثل. وأخيرا تم مناقشة كيف يمكن للتطورات في المصادر غير الاحفورية أن تؤثر على العلاقة بين شركات النفط الوطنية وشركات النفط العالمية.

الكلمة الرئيسية في الحلقة النقاشية الأولى

كان المتحدث الرئيسي في حلقة النقاش الأولى المهندس خالد الفالح ، كبير الإداريين والرئيس التنفيذي لشركة أرامكو السعودية ، الذي تناول عدد من المحاور ذات العلاقة بموضوع المنتدى، حيث قال في مستهل كلمته « نحن نجتمع اليوم وجزء كبير من دول العالم تواجه معدلات بطالة مرتفعة، والحاجة الملحة إلى إعادة التوازن إلى اقتصاداتها لتعزيز الاستقرار والنمو، وتجتاح الاضطرابات السياسية والاجتماعية مناطق مختلفة من منطقة الشرق الأوسط، وقد ضرب اليابان مؤخراً زلزالاً وتسونامي مدمراً. إن أحداث العالم والكوارث الطبيعية تؤكد أن العالم يتغير باستمرار، ويزداد ترابطاً واعتماداً على بعضه بعضاً على نحو مستمر.

وأضاف، بالطبع هناك قاسم مشترك يجمع بين جميع الأطراف تقريبا في عالم اليوم ألا وهو عامل الطاقة التي تعد في غاية الأهمية للحياة الحديثة. ويمكن أن يكون لهذه الأحداث الخطيرة تأثيرات حادة في مجال الطاقة، وبالتالي على الاستقرار الاقتصادي، الأمر الذي يتطلب إتخاذ إجراءات سريعة وحاسمة من جانب شركات الطاقة وصناع القرار على حد سواء. وقد نوه الفالح على أنه لا ينبغي أن تصرفنا هذه الأحداث الطارئة عن مهمتنا الرئيسية على المدى الطويل والمسؤوليات الأساسية كمزودي العالم باحتياجاته من الطاقة. وسيكون من الخطأ المبالغة في ردة الفعل على الأحداث بطريقة تنحرف بنا عن مسار أهدافنا المستقبلية. وأضاف، ينبغي أن يُنظر إلى التقلبات التي تشهدها أسواق النفط يوماً بعد يوم والأخبار التي تتناقلها وسائل الإعلام بمنظور حقيقي وإبقائها في سياقها الصحيح، ففي الوقت الذي لا بد فيه أن نُظهر مرونة وسرعة في الحركة على المدى القريب فإن علينا عدم الاكتفاء بردود الأفعال بل تكثيف الجهود لمواصلة الطريق من أجل مستقبل أمثل للطاقة.

وقال المهندس الفالح «أعتقد أنه يتعين علينا العمل بجد ، بشكل فردي وجماعي، سواء شركات نفط وطنية، أو شركات نفط عالمية، أو شركات خدمات، أو مطوري التكنولوجيا، أو

مقاولين، من أجل تحقيق الرؤية البعيدة المدى لمستقبل النفط. موضحاً أنه من الضروري أن تتسم هذه الرؤية بالشمولية بما يحقق أقصى قدر من الاستدامة في مجال الطاقة والأعمال، وبما يشمل مستويات المعيشة والتقدم الاجتماعي وحماية البيئة، فضلاً عن الربحية التي تُعتبر عاملاً حاسماً للوفاء بالالتزامات الأخرى.

وتطرق الفالح في كلمته إلى الاتجاهات الاقتصادية المستجدة والحاجة إلى إعادة التوازن إلى الاقتصاد العالمي لتحقيق الاستقرار وتعزيز النمو المستدام.

وأضاف أن تطور هذه الصناعة مر بثلاث مراحل متميزة ومتعاقبة. شهدت المرحلة الأولى، إقتصار مهمة شركات النفط على استكشاف وإنتاج النفط والتكرير والنقل وتقديم المنتجات للمستهلكين. فالشركات ببساطة تحاول انجاز عملياتها بكفاءة وفعالية من حيث التكلفة من أجل الحفاظ على رأس المال وتعظيم الأرباح لمساهميها.

وفي المرحلة الثانية، تزايدت الأهمية بالصحة العامة ذات الصلة بالمنتجات النفطية، والضمانات البيئية، وسلامة العاملين وهي جميعها خطوات ايجابية. وعلى الرغم من هذه التحسينات التي شهدتها المرحلة الثانية، إلا أن مساهمة صناعة النفط في نمو الناتج المحلي الإجمالي في الدول المنتجة، و في بناء القدرات، و في التحول الاقتصادي العام وخلق فرص العمل، ظلت محدودة ما أدى ذلك إلى استياء في العديد من البلدان المنتجة، وزاد من حدة التوتر، وتقويض لعامل الثقة.

ونتيجة لهذا القصور، نرى اليوم ظهور الجيل الثالث من التوقعات المجتمعية التي توسع فيه دور الشركات النفطية بشكل كبير في تعزيز التنمية الاقتصادية والتقدم الاجتماعي. وبعبارة أخرى ، فإنه من الواضح بشكل متزايد أن الجميع على استعداد لمنح صناعة الطاقة و النفط ترخيص للعمل الاجتماعي إذا كانت أنشطتهم التجارية لها تأثير واسع النطاق وأكثر إيجابية في الأسواق والمجتمعات التي تمارس فيها أعمالها.

وما أكد عليه المهندس خالد الفالح هو أن التغيرات المجتمعية وزيادة التطلعات إلى الرخاء تفرض على شركات النفط التحوُّل من كونها شركات منتجة إلى مؤسسات مسؤولة عن تعزيز التقدم الاجتماعي والاقتصادي المستدام. وأوضح أنه لم تعد هناك حلول سهلة لشركات النفط، معرباً عن اعتقاده أن الاستدامة الحقيقية للطاقة يجب أن تعامل بوصفها مفهوماً يشمل مجموعة واسعة من الأولويات المتعلقة بالطاقة والاقتصاد والمجتمع والتقنية والبنية الأساسية والبيئة. وفي دعوته لإيجاد حلول عملية لتحديات الطاقة العالمية ذكر الفالح أنه يمكن المواءمة بشكل أكبر بين احتياجات المنتجين والمستهلكين للخروج بنتائج مقبولة لخدمة مصالح صناعة الطاقة والمجتمعات حول العالم.

وفيما يتعلق بأرامكو السعودية قال الفالح: لدى الشركة قناعة راسخة بإمكانية الاستفادة من فرص التعاون ذات النفع المتبادل مع شركات النفط، ونحن فخورون بشراكاتنا مع كل من الشركات متعددة الجنسيات وشركات النفط الوطنية التي تعمل داخل المملكة وخارجها، والعمل في قطاعات تشمل الغاز الطبيعي والتكرير والتسويق والبيع بالتجزئة والبتروكيماويات. وأضاف بأن النهج التعاوني بين شركات النفط العالمية والوطنية يمكن أن يساعد على ضمان موثوقية إمدادات الطاقة في تلبية احتياجات الأعداد المتزايدة من سكان العالَم، مع الحفاظ

على ربحية الصناعة. وأكد أن الشركات ستستفيد من خلال تطوير فَهْم أكثر وضوحاً لعالم الطاقة المستقبلي؛ ليشمل مصادر الزيت والغاز التقليدية وغير التقليدية إلى جانب مصادر الطاقة البديلة والمتجددة. وفي ختام كلمته قال الفالح: المستقبل يحمل العديد من المتغيرات، وسيكون بانتظارنا مفاجآت عديدة، ولكن الشيء المؤكد هو أن قطاع النفط في المستقبل لن يكون مثلما كان في الماضي، كما لن تكون توقعات المجتمعات التي نخدمها مستقبلاً فيما يتعلق باحتياجاتها ورغباتها كتوقعات الأجيال السابقة.

مداخلة الأمانة العامة

لقد كان للأمانة العامة لمنظمة أوابك مداخلة في الحلقة النقاشية الأولى تمت الإشارة من خلالها إلى تنوع وتعدد طبيعة القضايا والتحديات الرئيسية التي تواجه صناعة النفط والغاز، و المتمثلة في حالات عدم اليقين المكتنفة للطلب على النفط، وأمن الطاقة بشكل عام، والتقلبات الحادة والمستمرة في أسعار النفط، وحالات عدم اليقين المتعلقة بالمتطلبات الاستثمارية، ومخاطر المشاريع الاستثمارية الكبيرة وتعقيداتها، وتزايد بواعث القلق إزاء قضايا البيئة العالمية، وزيادة تكاليف الخدمات في جميع مجالات الصناعة. فضلا عن الحاجة المستمرة والملحة لتكنولوجيات جديدة، فالتكنولوجيا هي القوة الدافعة وراء قدرة الصناعة النفطية على مواصلة ضمان إمدادات النفط وزيادة إنتاج الغاز بشكل آمن وفعال، وبطريقة سليمة بيئيا.

وفيما يخص الكيفية التي يتم بها تلبية الطلب المتزايد على الطاقة بطريقة مستدامة، تمت الإشارة في المداخلة إلى أن موارد النفط والغاز ستستمر في تلبية الجزء الأكبر من الاحتياجات العالمية من الطاقة لعقود قادمة. وتلبية الطلب المتزايد على الطاقة بنحو مستدام يستلزم أولا التعاون المثمر بين جميع اللاعبين الرئيسيين في صناعة النفط والغاز بما في ذلك شركات النفط العالمية ، وشركات النفط الوطنية والحكومات، وثانيا استمرار الحاجة إلى اختراعات تكنولوجية جديدة، يمكن أن تساعد على الاستفادة من النفط الصعب استخراجه حاليا، و من موارد الغاز الطبيعي بما في ذلك الغاز الطبيعي من المصادر غير التقليدية.

2-2: حلقة النقاش الثانية: هل الصناعة تواجه تشريعات و قوانين أكثر صرامة، وتحديات جديدة لقضايا السلامة، ما هي الانعكاسات المحتملة.

ترأس حلقة النقاش الثانية السيد أوليفي أبير الرئيس والمدير التنفيذي لمعهد البترول الفرنسي – الطاقات الجديدة، حيث دار النقاش فيها حول مواجهة صناعة النفط والغاز الطبيعي لتشريعات وقوانين أكثر صرامة من ذي قبل، ومواجهتها لتحديات جديدة فيما يتعلق بموضوع السلامة، وما هي الانعكاسات المحتلمة على الأفاق المستقبلية للصناعة. ومن المواضيع المهمة التي طرحت «Deep Water Horizon» التابعة لشركة بريتش بتروليوم، والتي كانت تقوم باستخراج النفط في خليج المكسيك على بعد 80 كم من السواحل الأميركية. و دار النقاش حول كيف يمكن للصناعة إعادة بناء الثقة من جديد، وتبين إنها قادرة على الإنتاج في بيئة آمنة ومسئولة، وكيف يمكن لإجراءات السلامة في المنشآت النفطية أن تصبح موضوع مهم للتعاون بين الشركات النفطية الوطنية والشركات النفطية العالمية.

2-3: حلقة النقاش الثالثة: تجديد العلاقة بين الشركات النفطية الوطنية والعالمية من أجل خلق قيمة اقتصادية مضافة لجميع الأطراف»

تناولت حلقة النقاش الثالثة التي ترأسها السيد نادر سلطان، رئيس مجلس إدارة شركة إيكاروس للصناعات النفطية، موضوع تجديد العلاقة بين الشركات النفطية الوطنية والعالمية من أجل خلق قيمة اقتصادية مضافة لجميع الأطراف. وقد تم التطرق فيها إلى عدد من المحاور من أهمها الدروس المستفادة من أنواع العلاقات الحالية التي تربط بين الشركات النفطية الوطنية والعالمية، وماهية الوصفات الناجحة لتحقيق تعاون مثمر وناجح في المستقبل. و إلى أي مدى يمكن للشركات النفطية الوطنية والعالمية مراجعة نماذج التعاون الحالية القائمة، والنظر في استحداث نماذج جديدة لتعزيز هذا التعاون.

ثالثا: النتائج و التوصيات

و من أهم النتائج والتوصيات التي تم التوصل إليها في هذا المنتدى ما يلي:

1 - التحديات الواحدة والمصالح المشتركة

• من المتوقع أن يشهد الطلب العالمي على الطاقة الأولية نموا ملحوظا في المستقبل، و سيظل الوقود الأحفوري المصدر الرئيسي للطاقة في مزيج الطاقة الأولية خلال العقود القادمة. ومن الملاحظ التحول في الطلب العالمي على الطاقة نحو البلدان المستهلكة من خارج منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية ، حيث يتوقع أن يأتي معظم الطلب الإضافي من البلدان الآسيوية ومنطقة الشرق الأوسط.

- إن الاستثمار الملائم و الضروري، وفي الوقت المناسب، على طول سلسلة الامدادات أمر حاسم لأمن الطاقة العالمي. حيث يشير أحدث تقرير لوكالة الطاقة الدولية حول « آفاق الطاقة العالمي 2010» إلى أن حجم الاستثمارات المطلوبة لتلبية الزيادة في الطلب المتوقع على الطاقة خلال الفترة 2010-2035 سيصل إلى 33 تريليون دولار، أي ما يعادل 1.3 تريليون دولار سنويا في المتوسط. و لا ريب بأن توظيف مثل هذا المستوى من الاستثمار يشكل تحديا رئيسيا لصناعة النفط والغاز الطبيعي في ظل مواجهة حالات عدم اليقين المتعلقة بالمحددات الرئيسية للصناعة.

- إن التقلبات التي شهدتها السوق خلال السنوات الأخيرة جعلت من اتخاذ القرارات الاستثمارية أكثر صعوبة. وستضيف نتائج مفاوضات التغير المناخي التي لم تتبلور بعد إلى حالة عدم اليقين في مزيج الطاقة في المستقبل. كما يمكن لتأثير الحوادث الأخيرة على الرأي العام، مثل تسرب النفط في حقل ماكوندو في خليج المكسيك أو المحطات النووية لتوليد الطاقة في فوكوشيما والتغيرات في سياسات الطاقة واللوائح والتشريعات المختلفة في بعض البلدان، ان تنعكس بشكل كبير أيضا على قطاع الطاقة بشكل عام. و يمكن لتطوير موارد جديدة مثل الغاز الطبيعي من المصادر غير التقليدية أن تكون بمثابة التغير في قوانين اللعبة.

- على الرغم من التغير في المشهد الاقتصادي العالمي، إلا أن المنتدى يحذر من حلول المدى القصير لمواجهة تحديات المدى الطويل، ويحث المنتدى فرقاء صناعة الطاقة

على مواصلة مسيرة التعاون لضمان أن الموارد المكتشفة والجديدة يمكن أن تنتج بشكل اقتصادي، وبطريقة سليمة بيئيا لتلبية الطلب الإضافي وتعويض الانخفاض الطبيعي لإنتاجية الحقول القائمة، على الرغم من بيئة العمل المضطربة بشكل مستمر في صناعة الطاقة.

- تعد التكنولوجيا المفتاح الرئيسي الذي تمتلكه الصناعة للوصول إلى الموارد التي كانت بعيدة المنال، وستظل عاملا مهما في تأمين الإمدادات في المستقبل. بالإضافة إلى الدور الذي تقوم به شركات النفط الوطنية، هناك دور آخر كبير تقوم به شركات الخدمات وموردي التكنولوجيا بشكل متزايد على مر السنين. و قد أصبحت شركات النفط الوطنية الكبرى من الجهات الفاعلة و النشطة في مجال تطوير التكنولوجيا، ولا سيما في المراحل الأولى من الإنتاج.
- من أجل تلبية الطلب المستقبلي ، تدفع الصناعة حدود عملياتها الاستكشافية وتنمية الموارد في ظروف قاسية على نحو متزايد، مما يتطلب عمالة و خبرات على درجة عالية من الكفاءة والخبرة لتنفيذ مثل هذه المشاريع المعقدة. إن إدارة الموارد البشرية ، وخاصة في فترات «الرواج والكساد» ، تعد من أهم التحديات الرئيسية لشركات النفط الوطنية وشركات النفط العالمية وكذلك الشركات الخدمية.
- إن الأطر التنظيمية الأكثر صرامة، التي جاءت في أعقاب التسرب النفطي في خليج المكسيك، ستؤدي دون أدنى شك إلى رفع تكاليف المشاريع من جهة، وتأخير تنفيذ بعضها من ناحية أخرى. وهذا الأمر يستوجب من اللاعبين الرئيسين والمنظمين في صناعة الطاقة العمل سويا لمعالجة مسائل السلامة حيثما كان ذلك ممكنا وفعالا.

2 - التعاون بين الشركات النفطية الوطنية و الشركات النفطية العالمية وشركات الخدمات.

- لدى شركات النفط الوطنية وشركات النفط العالمية مهارات وخبرات محددة، وقد تختلف أهدافهما الإستراتيجية، ولكن من خلال معرفة القدرات المتوفرة لدى كل جانب والأهداف التي يصبو إلي تحقيقها كل طرف، يمكن الجمع بين نقاط القوة والكفاءات المتميزة والتركيز على المصالح المشتركة التي تؤدي إلى إقامة شراكات ناجحة بين الطرفين. ويمكن لنهج تعاوني بين شركات النفط الوطنية وشركات النفط العالمية المساعدة على ضمان كفاية و مقدرة إمدادات الطاقة لتلبية الطلب المتزايد الناجم عن الارتفاع في عدد سكان العالم، مع الحفاظ على ربحية الصناعة.
- إن التحديات الراهنة التي تواجه هذه الصناعة وشركات النفط الوطنية وشركات النفط العالمية، وشركات الخدمات على حد سواء، توفر فرصا جديدة للجميع للمشاركة في شراكات وتحالفات مستدامة على المدى الطويل، وتقاسم المخاطر في جميع مراحل الصناعة المختلفة.
- يمكن لشركات النفط الوطنية وشركات النفط العالمية التصدي للتحدي المتعلق بالموارد البشرية من خلال التعاون والتنسيق بين الأكاديميين والحكومات وأرباب الصناعة،

وكذلك من خلال تبني بعض السبل التي اقترحت في ندوة منتدى الطاقة العالمي بشأن الموارد البشرية التي عقدت في عام 2009 في دولة قطر.

- إن شركات النفط الوطنية والعالمية، بحاجة ملحة إلى استكشاف نماذج جديدة للتعاون تتجاوز تنمية الموارد البسيطة، وتتكامل مع تطلعات الدولة المضيفة نحو التنمية الاقتصادية ونقل التكنولوجيا وتطوير البنية التحتية ودعم الاقتصاد المحلي. كما أن احترام الثقافة المحلية والمشاركة في برامج المسؤولية الاجتماعية هي أبعاد هامة في تطوير العلاقة و تعزيز الثقة بين شركات النفط الوطنية والعالمية على المدى الطويل.

- يمكن للمشاريع المشتركة والشراكات المبنية على أساس الثقة والاحترام المتبادلين على امتداد سلسلة الإمدادات، أن تشكل أساس متين لعلاقات طويلة الأمد بين شركات النفط الوطنية والعالمية. ويمكن للترتيبات المبتكرة وترتيب المصالح أن يوفرا إطارا سليما للاستثمار في صناعة النفط والغاز، والمساعدة في تأمين تطوير الصناعة. كما يمكن للتحالفات الإستراتيجية و المشاركة في الصفقات المتبادلة أن تخلق «نموذج جديد» للتعاون بين شركات النفط الوطنية والعالمية.

- إن النظام الضريبي المتوازن والمستقر في البلدان المضيفة يمثل عنصر أساسي في خلق بيئة تكون فيها الشراكة بين شركات النفط الوطنية والعالمية مربحة للطرفين، كما ينبغي في هذا السياق تجنب التغيرات المفاجئة وغير المتوقعة في نظام الضرائب. وهناك حاجة أيضا لاستقرار الأطر التنظيمية في مجال التكرير والتسويق محليا وعالميا، لضمان أن تركيز نشاط البحث والتطوير يكون على التقنيات اللازمة لإيصال الإمدادات الضرورية في المستقبل مع مراعاة الأنظمة البيئية المتبعة.

- الاتصال وتبادل وجهات النظر بين شركات النفط الوطنية والعالمية وشركات الخدمات، من خلال اللقاءات المنتظمة مثل منتدى شركات النفط الوطنية والعالمية المنبثق عن منتدى الطاقة العالمي، يوفر منبرا مفيدا لمناقشة بيئة العمل المتغيرة وتأثيرها على العلاقات بين أطراف الصناعة المختلفة.

- ختاما تجدر الإشارة إلى أنه بناء على النتائج التي تم التوصل إليها في المنتدى الثاني لشركات النفط الوطنية و شركات النفط العالمية، ستعمل الأمانة العامة لمنتدى الطاقة العالمي مع اللجنة الاستشارية المعنية بصناعة النفط على صياغة مجموعة من المبادئ العامة لتحديد الأطر التعاونية الناجحة بين شركات النفط الوطنية و العالمية. وسوف يتم عرض هذه المبادئ التوجيهية على الاجتماع الوزاري الثالث عشر، و الاجتماع الخامس لمنتدى الأعمال، الذي سيعقد في دولة الكويت عام 2012 لمناقشته وإقراره.

اجتماع المائدة المستديرة الآسيوي الرابع على مستوى الوزراء: النمو المستدام و الاعتماد المتبادل على الطاقة

الكويت، 18 نيسان/ أبريل 2011

بدعوة كريمة موجهة من معالي وزير النفط و وزير الإعلام في دولة الكويت الشيخ أحمد العبدالله الأحمد الصباح، شاركت الأمانة العامة في اجتماع المائدة المستديرة الآسيوي الرابع على مستوى الوزراء الذي عقد في دولة الكويت بتاريخ 18 نيسان/ أبريل 2011، تحت عنوان «النمو المستدام و الاعتماد المتبادل على الطاقة».

شارك في الاجتماع وزراء النفط والطاقة في 18 دولة آسيوية منتجة ومستهلكة للنفط والطاقة، من أبرزهم وزراء النفط والطاقة من الدول الأعضاء في منظمة (أوابك) وهم أصحاب المعالي، وزير البترول والثروة المعدنية في المملكة العربية السعودية، وزير النفط ووزير الإعلام في دولة الكويت، وزير الطاقة والصناعة في دولة قطر، وزير الطاقة في دولة الإمارات العربية المتحدة، ووزير الطاقة في مملكة البحرين، بالإضافة إلى عُمان والأردن وإيران والهند وأندونيسيا واليابان والصين وفيتنام وغيرها. كما شارك ممثلون عن أربع منظمات دولية معنية بشؤون النفط والطاقة وهي منظمة أوبك، ووكالة الطاقة الدولية، ومنتدى الطاقة العالمي، ومنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك)، وذلك بهدف التشاور والتحاور وطرح الرؤى حول مستقبل الصناعة النفطية من ناحية، واستشراف المستقبل للنفط والغاز والطاقة والخروج برؤية كاملة تساعد صناع القرار على وضع خططهم المستقبلية من ناحية أخرى.

وقد أستهل الاجتماع بكلمة ترحيبية **لمعالي وزير النفط ووزير الإعلام في دولة الكويت الشيخ أحمد العبدالله الأحمد الصباح**، أشار فيها إلى أن الاجتماع يأتي في وقت يزداد فيه القلق حول تأمين وسلامة الطاقة بسبب عدم الاستقرار في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، ومأساة فوكوشيما في اليابان. وأشار معاليه إلى أن الأحداث الأخيرة تستدعي ضرورة وجود تعاون أكثر شمولية بين الدول المنتجة والمستهلكة للنفط في ظل مواجهة حالة عدم اليقين والتغير الواضح في أسواق الطاقة. وأكد معاليه أن الحوار بين الدول المنتجة والدول المستهلكة للنفط أصبح من أهم المؤشرات الايجابية في مشهد الطاقة موضحاً أن اجتماع المائدة المستديرة عنصر ومفتاح مهم في الحوار الإقليمي للطاقة.

وأعرب معاليه عن أمله في عدم ارتفاع أسعار النفط إلى مستويات قد تعوق نمو الاقتصاد العالمي مضيفا أن الطلب على الطاقة سيستمر في الارتفاع طالما استمرت الاقتصادات في التوسع في ظل ازدياد النمو السكاني العالمي مع تحسن مستويات المعيشة حول العالم. ولفت معاليه إلى أن الدول النامية ستكون وراء ارتفاع الطلب على النفط موضحا أن أكثر من ثلثي النمو في هذه الدول سيكون من قارة آسيا مشيرا إلى أن الوقود الاحفوري سيظل مهيمنا على خليط الطاقة وسينمو استهلاك النفط بمعدل اقل من جميع أنواع الوقود الأخرى. ونوه إلى

أن الغاز الطبيعي أصبح خياراً مناسباً بسبب وفرته وطبيعة الحرق النظيفة له وارتفاع التكلفة التنافسية للخيارات والبدائل الأخرى مبينا انه مع تسرب النفط في خليج المكسيك وكارثة منشأة (فوكوشيما) النووية أصبحت دواعي الأمان والسلامة في الطاقة من أهم التحديات التي تواجه صناعة الطاقة.

وأوضح أن هذه الاجتماعات تركز على قضايا الطاقة في المنطقة الآسيوية وتتيح الفرصة لتبادل الخبرات في مجالات كفاءة الطاقة والتوسع في مشاريع التعاون المشتركة، ومجالات التطوير في البدائل من عناصر الطاقة المتجددة، فضلاً عن تطوير وتأهيل الموارد البشرية.

ثم تحدث **معالي وزير البترول والثروة المعدنية المهندس علي النعيمي** حيث أشار في كلمته إلى أن المملكة لديها قدرة إنتاجية فائضة تمكنها من تلبية الطلب العالمي. وأوضح معاليه أن المملكة صاحبة أكبر احتياطي نفطي وأكبر منتج ومصدِّر للمواد البترولية السائلة تمكنت من الوصول إلى طاقة إنتاجية تبلغ 12.5 مليون ب/ي والمحافظة عليها مما يوفر غطاءً احتياطياً يبلغ نحو 3.5 ملايين ب/ي زيادةً على مستويات إنتاجها الحالية والتي يتم تعديلها تبعاً لظروف السوق العالمية. وأشار إلى أن موقف المملكة في سوق النفط العالمية يستند إلى التزامها بالاحتفاظ بطاقة إنتاج احتياطية من أجل المحافظة على استقرار الأسعار والأسواق على حدٍّ سواء، مبيناً أن لديها سياسة واضحة ومتسقة على الدوام تتمثل في توخي الاعتدال في جميع القرارات التي تتعلق بسوق النفط العالمية.

وأضاف معاليه إن منطقة آسيا تحتل مكانةً مهمة ومرموقة بالنسبة للمملكة، مشيرا إلى أنه مع تزايد معدلات النمو الاقتصادي في دول آسيا فقد زادت صادرات المملكة من البترول لهذه الدول حيث تستحوذ السوق الآسيوية حاليًا على نحو ثلثي صادرات المملكة من النفط الخام. وذكر أن المملكة تعد أكبر مورد للنفط لكل من الصين واليابان وكوريا والهند وتايوان، وتسعى لأن تكون هي المورِّد المفضل لدول آسيا لعدة عقود قادمة.

وفي كلمة له خلال الجلسة الثانية من اجتماع المائدة المستديرة الرابع لوزراء الطاقة في آسيا أكد **معالي الدكتور محمد بن صالح السادة وزير الطاقة والصناعة القطري** التزام دولة قطر بدورها القيادي في توفير احتياجات العالم من الطاقة الصديقة للبيئة وبصورة مستدامة. وقال إن قطر ستبقى ملتزمة بالاستثمار في مختلف قطاعات الطاقة باستخدام أحدث وسائل التكنولوجيا وتوفير فرص العمل والشفافية في سياسات الطاقة التي من شأنها أن تعزز التعاون الدولي في هذه الصناعات. ونوه إلى أن دولة قطر أصبحت أكبر منتج ومصدر للغاز الطبيعي في العالم ببلوغها الطاقة الإنتاجية للغاز بواقع 77 مليون طن سنويا. وأعرب عن ثقته بقدرة صناعة النفط والغاز الطبيعي على التكيف مع الظروف الحالية كما أن الارتفاع غير المسبوق في الطلب الآسيوي على الطاقة يمكن مواجهته إذا تم التخطيط بشكل سليم للاستثمارات وفي الوقت المناسب على نحو يجعلها مستديمة، مشيرا إلى أن وفرة الغاز الطبيعي ومزاياه التنافسية ستؤدي إلى مبادلات مربحة ومستدامة بين قطر والدول الآسيوية.

من جانبه توقع **الأمين العام لمنظمة أوبك الأستاذ عبدالله البدري**، أن دول المنظمة تستثمر نحو 29 مليار دولار في قطاع التنقيب والإنتاج. وقال إن الربع الأول من عام 2011 شهد عددا من الأحداث المؤثرة التي أثرت على السوق النفطية من بينها التسونامي والأزمة النووية في

اليابان والأحداث في شمال أفريقيا. وأوضح أن ارتفاع أسعار النفط خلال الفترة الراهنة كان نتيجة استمرار الشكوك حول الاقتصاد العالمي مؤكدا أن أسواق النفط العالمية استطاعت مواكبة الأحداث من حيث الحجم والنوعية. وأضاف أن مستويات الطاقة الإنتاجية الاحتياطية مرتفعة حيث تبلغ نحو4.5 مليون برميل يوميا، مبيناً أن ارتفاع الأسعار في الربع الأول من العام الحالي سببه نشاط المضاربين في بورصة نايمكس.

من جانبه أكد **معالي وزير الطاقة في دولة الإمارات العربية المتحدة، الأستاذ محمد بن ظاعن الهاملي** بأن سوق النفط العالمي مشبع بالمعروض النفطي، وأن دولة الإمارات العربية المتحدة ملتزمة بحصتها الانتاجية المقررة والمتفق عليها ضمن قرارات منظمة أوبك المتخذة بهذا الشأن.

وفي الحلقة النقاشية الثالثة المتعلقة بالتقلبات في أسعار الطاقة كانت مداخلة **الأمين العام لمنظمة أوابك الأستاذ عباس علي نقي** التي أشار فيها إلى أن التقلبات في أسعار النفط خلال الفترة الأخيرة كانت حادة وسريعة بشكل غير متوقع، ويصعب التنبؤ بها، وهذا الأمر يخلق فرص قوية للتعاون بشأن اتخاذ الإجراءات المناسبة للحد من تلك التقلبات. وأشار إلى أسعار النفط الخام والغاز الطبيعي والكهرباء عادة ما تكون أكثر تقلبا من أن أسعار السلع الأخرى، ويرجع ذلك أساسا إلى محدودية البدائل عندما يتعلق الأمر بمصادر الطاقة. ونوه إلى أنه بالنظر إلى صناعة النفط ، يلاحظ ان تقلبات أسعار النفط هي السبب الرئيسي وراء حالات عدم الاستقرار، حيث ساد عدد من المؤشرات التي تدل على حدة التقلبات في أسعار النفط. و كما يعلم الجميع أن حجم التقلبات في الأسعار لم يكن في جميع الأحوال متماشيا مع أساسيات السوق، فهناك عوامل أخرى أدت إلى التقلبات الشديدة في الأسعار من ضمنها التوترات السياسية والمشاكل التي تعاني منها بعض البلدان المنتجة الرئيسية، ولاسيما في منطقة الشرق الأوسط وشمال افريقيا. وزيادة نشاط المضاربة في أسواق السلع العالمية. والأزمة المالية والاقتصادية التي كان لها تأثير عميق على أسواق الطاقة ككل، وأسواق النفط بشكل خاص. وقد كان لجهود أوبك دورا رئيسيا في إعادة التوازن والاستقرار في سوق النفط، فالانخفاض الكبير في الحصص الإنتاجية الذي تم العمل به منذ يناير 2009، كان عاملا حاسما وراء الاتجاه الهبوطي في الأسعار. و قد نوه إلى ان لتقلبات أسعار النفط خلال السنوات القليلة الماضية تأثير واضح على العائدات النفطية التي تعد المحرك الرئيسي للتنمية الاجتماعية والاقتصادية للدول الأعضاء في أوابك، والدعامة الأساسية لاحتياطياتها من النقد الأجنبي، والمصدر الرئيسي لفوائض الميزانية.

واختتمت المداخلة بالإشارة إلى إن العمل على تحقيق الاستقرار في أسواق النفط من خلال الحفاظ على الأسعار عند مستويات معقولة ليست رغبة منتجي النفط فقط، و لكنها رغبة جميع فرقاء الصناعة، وهذا ما يتيح فرص أكبر لتعزيز الحوار و توطيد التعاون بين جميع الأطراف.

وفي ختام أعماله أوصى اجتماع المائدة المستديرة الرابع لوزراء النفط والطاقة في آسيا بالتأكيد على ضرورة توافر شروط الأمن والسلامة في محطات الوقود النووي والمحافظة على النفط الخام كمصدر رئيسي للطاقة في المستقبل.

وشدد الاجتماع على أن مصادر الطاقة بحاجة لتلبية متطلبات الطاقة العالمية المستقبلية لتلافي الحوادث غير المتوقعة كالتي حصلت في اليابان، مؤكدين أهمية تحسين امن وأمان منشآت الطاقة النووية التي ستبقى عنصرا مهما في مزيج الطاقة العالمية.

وأجمع المشاركون في البيان الختامي للاجتماع على أن النمو القوي في الطلب على الطاقة الذي ظهر مؤخرا في الإقليم الآسيوي سيستمر خلال العقود المقبلة بالرغم من الكفاءة العالية للطاقة متوقعين أن يكون لآسيا حصة الأسد من إجمالي نمو الطلب على الطاقة خلال الفترة المقبلة.

وأكد البيان التزام الدول المنتجة والدول المستهلكة للنفط في الحد من التقلبات الكبيرة في أسعار الطاقة، معتبرين أن التذبذبات في أسعار النفط غير مرغوبة من الطرفين. ودعا المنظمات الدولية المشاركة إلى الاستمرار في جهودها المشتركة لفهم الروابط بين السوق الفعلية للنفط والسوق المالية وتعزيز الحوار فيما بينهم.

كما أكد البيان دعم المشاركين (لمبادرة البيانات المشتركة للمنظمات الدولية) كوسيلة لتعزيز سوق الطاقة وشفافية بياناته للمساهمة في استقراره وتحسين أداء الدول الآسيوية في هذه المنظمات على مدى السنوات المقبلة عن طريق توفير بيانات متكاملة.

وشدد المشاركون على أهمية التسعير السليم للطاقة في البلدان المنتجة والبلدان المستهلكة للطاقة على حد سواء وضرورة تسعيرها بناء على آليات ومحددات السوق فضلا عن معالجة الاستهلاك المسرف لها. ودعا المشاركون إلى التعاون بين شركات النفط الوطنية ونظيرتها العالمية لتعزيز امن الطاقة للمنتجين والمستهلكين. وشددوا على ضرورة تدعيم مسألة الشفافية في أعقاب الأزمة المالية العالمية في 2008 باعتبارها من العناصر الرئيسية نحو الجهود الرامية إلى تحسين أداء سوق النفط. وأعربوا عن تطلع الدول الآسيوية المشاركة إلى بذل مزيد من الجهود في تعزيز الحوار بين المستهلكين والمنتجين للوصول إلى نتائج مثمرة تعزز التفاهم المتبادل لاسيما فيما يخص القضايا الرئيسية للطاقة بالرجوع إلى الميثاق الذي اعتمده (منتدى الطاقة العالمي).

الاجتماع الوزاري الاستثنائي لمنتدى الطاقة العالمي
تعزيز الحوار بين الدول المنتجة والمستهلكة للنفط

بناء على دعوة من **معالي وزير البترول والثروة المعدنية في المملكة العربية السعودية المهندس علي بن ابراهيم النعيمي**، شارك سعادة **الأمين العام لمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول أوابك الأستاذ عباس علي نقي** في فعاليات الاجتماع الوزاري الاستثنائي لمنتدى الطاقة العالمي الخاص بتوقيع ميثاق الأمانة العامة للمنتدى، الذي عقد تحت رعاية كريمة من خادم الحرمين الشريفين الملك عبدالله بن عبدالعزيز آل سعود عاهل المملكة العربية السعودية، والذي استضافته وزارة البترول والثروة المعدنية السعودية وذلك في 22 فبراير2011، تزامنا مع الاحتفال بذكرى مرور عشرين عاماً على انطلاق الحوار بين الدول المصدرة للبترول والدول المستهلكة للبترول .الجلسة الافتتاحيةاستهلت أعمال الجلسة الافتتاحية بتلاوةآيات من القران الكريم، ثم ألقى معالي المهندس علي بن ابراهيم النعيمي كلمة رحب فيها، باسم خادم الحرمين الشريفين الملك عبدالله بن عبدالعزيز آل سعود، بالمشاركين في الاجتماع. وأوضح أن لمنتدى الطاقة العالمي بدأ قبل عشرين عاماً اسهامات مهمة في مسار تغييرٍ طبيعة العلاقة بين منتجي ومستهلكي الطاقة من خلال تعزيز التعاون بين الطرفين. مؤكداً دور ومكانة المملكة كمنتج ومصدر رئيسي للنفط وهي بمبادئها الداعية للاعتدال والتوازن تعتبر من أكثر المتحمسين لإقامة حوار مفتوح وصريح في هذا المجال.

وقال معاليه بأنه من أجل الوصول إلى إقامة الحوار المستمر وتحقيق المزيد من الاستقرار في سوق الطاقة العالمية، قدم خادم الحرمين الشريفين الملك عبدالله بن عبدالعزيز آل سعود - حفظه الله - في كلمته الافتتاحية أمام الاجتماع السابع لمنتدى الطاقة العالمي الذي انعقد في الرياض في شهر نوفمبر من عام 2000م مبادرته بإنشاء أمانة دائمة لهذا المنتدى.

وأشار إلى أن الاجتماعين الوزاريين غير العاديين اللذان عقدا في كل من جدة ولندن عام 2008م أظهرا الحاجة إلى تكوين فريق من الخبراء يقدم توصياته إلى الاجتماع الوزاري الثاني عشر لمنتدى الطاقة العالمي من أجل تعزيز هيكل الحوار العالمي الذي يتبناه المنتدى والحد من التقلبات في سوق النفط. كما تقرر أن تقوم وكالة الطاقة الدولية ومنظمة البلدان المصدرة للبترول (أوبك) بتقديم ما تحتاجه الأمانة العامة لمنتدى الطاقة العالمي من مساندة فنية. وأوضح معاليه ان تأسيس الأمانة العامة لهذا المنتدى أدى إلى زيادة الوعي بمدى الاعتماد المتبادل بين الدول في مجال الطاقة، ومواجهة ما يمكن أن نتعرض له جميعاً من مصاعب في غياب مثل هذه التدابير كما أدى ذلك إلى تحسن مناخ التعاون على المدى البعيد، حيث أصبحت المسائل الصعبة تعالج بصورة فيها مزايدا من التشاور والتعاون.

وفي ختام كلمته عبر معاليه عن شكره وتقديره لصاحب السمو الملكي الأمير عبدالعزيز بن سلمان مساعد وزير البترول والثروة المعدنية لشؤون البترول رئيس الفريقين التوجيهيين ونائب الرئيس غراهام وايت وأعضاء الفريقين.عقب ذلك، ألقى صاحب السمو الملكي الأمير عبدالعزيز بن سلمان بن عبدالعزيز مساعد وزير البترول والثروة المعدنية لشؤون البترول في

المملكة العربية السعودية رئيس اللجنة الإشرافية العليا الموسعة لمنتدى الطاقة العالمي، كلمة أكد فيها على الجهود التي بذلها خادم الحرمين الملك عبدالله بن عبدالعزيز، لإعادة الاستقرار للأسواق البترولية، حينما دعا إلى ذلك في اجتماع جدة عام 2008، والذي ضم المنتجين والمستهلكين، مشيراً إلى أن وزراء البترول أبدوا دعمهم السياسي للتصدي لقضايا التقلب التي تشهدها الأسواق البترولية.

ولفت إلى أن ميثاق منتدى الطاقة العالمي سيعود بالفائدة على البلدان التي أقرته في غضون الـ 20 عاماً المقبلة، مشددا على الالتزام بما خلص إليه إعلان كانكون الذي عقد في ديسمبر الماضي، ودعا إلى دعم الحوار بين المنتجين والمستهلكين.

وأوضح مساعد وزير البترول أن الوثيقة تسعى لاستدامة تمويل أمانة منتدى الطاقة، لضمان قدرتها على القيام بالدراسات المطلوبة وتبادل المعلومات وتقديم بيانات أفضل إلى الدول الأعضاء، وهي خطط جديدة على طريق التعاون الدولي بين جميع أصحاب المصالح. جلسات المنتدىعقب ذلك انطلقت الجلسات بمقدمة عن تفعيل برنامج التعاون بين الأمانات العامة لكل من منظمة الأوبك ووكالة الطاقة الدولية ومنتدى الطاقة العالمي وتحدث فيها صاحب السمو الملكي الأمير عبدالعزيز بن سلمان بن عبدالعزيز مساعد وزير البترول والثروة المعدنية لشؤون البترول رئيس اللجنة الإشرافية العليا الموسعة لمنتدى الطاقة، وشاركه رئيس قسم الطاقة الدولية والتقنية بالمملكة المتحدة ونائب رئيس اللجنة العليا الإشرافية لمنتدى الطاقة العالمي غراهام وايت. كما شارك غراهام في الجلسة الأمين العام لمنظمة أوبك الاستاذ عبدالله البدري، والمدير التنفيذي لوكالة الطاقة الدولية السيد نوبو تاناكا، والأمين العام لمنتدى الطاقة العالمي السيد نوي فان هلست.بعدها عقدت الجلسة الأولى بعنوان (أسواق الطاقة الفعلية والمالية) في المملكة المتحدة السيد تشارلز هنري، وتم خلالها تقديم عرض عن ورشة العمل التي اشتركت في تنظيمها منظمة أوبك ووكالة الطاقة الدولية ومنتدى الطاقة العالمي وكان موضوعها: التداخلات بين أسواق الطاقة الفعلية والمالية وتنظيمات تلك الأسواق.

وجاءت الجلسة الثانية بعنوان (اتجاهات وتوقعات أسواق الطاقة) وترأسها معالي الشيخ أحمد العبدالله الأحمد الصباح وزير النفط في دولة الكويت. وتمت خلالها مناقشة ما خلصت اليه الندوة سابقة الذكر من استنتاجات بشأن اتجاهات وتوقعات أسواق الطاقة.

أما ثالث جلسات المنتدى فكانت بعنوان (الشفافية في أسواق الطاقة ودور مبادرة معلومات الطاقة في تحقيق الشفافية)، وترأسها وزير الطاقة المكسيكي خوسيه أنتو ميدا، وتم فيها تقديم عروض عن دور ومهام مبادرة معلومات الطاقة قدمها ممثلو المنظمات المشاركة في مبادرة بيانات الطاقة.ميثاق منتدى الطاقة العالمي

ولعل ابرز ما تم انجازه في هذا الاجتماع هو قيام 87 دولة بالتوقيع على ميثاق منتدى الطاقة العالمي والذي يهدف إلى تحقيق مجموعة من الأهداف والمبادئ العامة من بينها، تعزيز التفاهم المتبادل والواعي بمصالح الطاقة المشتركة فيما بين أعضائه، وتقديم فهم أفضل للآثار الإيجابية لاستقرار أسواق الطاقة وشفافيتها بالنسبة لتحفيز النمو الاقتصادي العالمي، وضمان أمن امدادات الطاقة والطلب عليها، والتوسع في التجارة الدولية والاستثمار في موارد الطاقة ونقل التكنولوجيا، إضافة إلى تحديد وترسيخ المبادئ والإرشادات التي تعزز شفافية

واستقرار واستدامة سوق الطاقة، وهو ما يؤدي إلى تضييق الخلافات بين الدول المنتجة والدول المستهلكة للطاقة، ودول العبور بشأن قضايا الطاقة العالمية وتعزيز الفهم الأكمل لمدى حاجتهم لبعضهم البعض، ومزايا التعاون التي يمكن جنيها من خلال الحوار فيما بينهم من جهة، وبينهم وبين الصناعات المرتبطة بالطاقة من جهة أخرى، وتعزيز حقل الدراسات وتبادل وجهات النظر بشأن العلاقات بين قضايا الطاقة والتقنية والبيئة والنمو الاقتصادي المستدام.

ويعد مبدأ بناء الثقة من خلال تحسين تبادل المعلومات بين الدول، وتسهيل جمع وتصنيف ونشر المعلومات والبيانات والتحليلات التي تسهم في تعزيز شفافية السوق واستقراره واستدامته من أهم الاهداف التي يؤسس الميثاق لتنفيذها.

النفوط الخام الثقيلة،

نظرة شاملة من التركيب الجيولوجي إلى تقنيات المعالجة

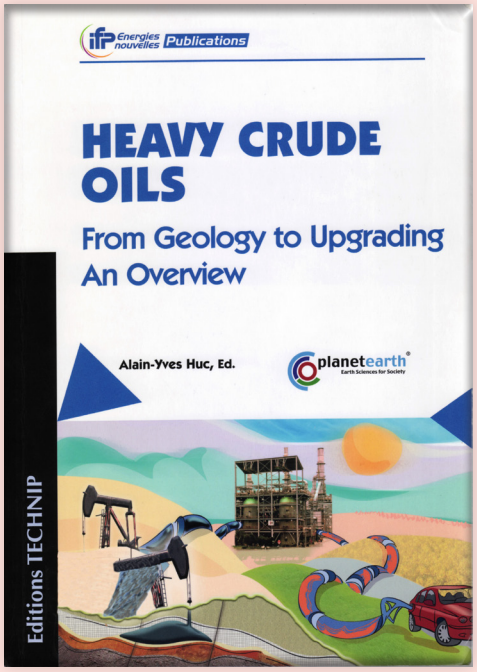
Heavy Crude Oils

from Geology to Upgrading, an Overview

مراجعة: عماد مكي*

يعتبر هذا الكتاب، الذي أصدره معهد البترول الفرنسي في مطلع عام 2011، أحد أهم المراجع العلمية الشاملة التي تتناول كافة الجوانب المتعلقة بالنفوط الخام الثقيلة، انطلاقاً من التعريف بخصائصها، وظروف تكونها في التشكيلات الجيولوجية، والصعوبات التي تعترض عملية استخراجها وإنتاجها، وحتى عملية نقلها من البئر إلى أماكن المعالجة والتكرير لتحويلها إلى مشتقات قابلة للإستهلاك.

* خبير صناعات نفطية ، إدارة الشؤون الفنية - أوابك



يشتمل الكتاب على ستة أجزاء مكونة من أربع وعشرين فصلاً. يتناول الجزء الأول التعريف بأهم خصائص الأنواع الثقيلة من النفط الخام، وظروف تكونها في التشكيلات الجيولوجية. أما الجزء الثاني فيتناول الخصوصية التي تميز هندسة المخزون عند التعامل مع عمليات إنتاج مثل هذه السوائل الثقيلة. كما يتناول الجزء الثالث أهم التحديات التي تعترض عملية نقل هذه السوائل اللزجة من حقول الإنتاج إلى أماكن التكرير والمعالجة. ويحتوي الجزء الرابع على مراجعة لأهم التقنيات المستخدمة لتحسين خصائص النفوط الثقيلة، في حين يتناول الجزء الخامس أهم الإنعكاسات البيئية المرتبطة بمراحل الإنتاج والمعالجة، وأخيراً يستعرض الجزء السادس أهم التطورات التكنولوجية المستقبلية المتوقعة في مجال تحسين إقتصادية استغلال هذه الأنواع الثقيلة من النفوط.

تصنيف النفوط الثقيلة

تصنف السوائل البترولية، التي تتجمع في الأحواض الرسوبية من القشرة الأرضية، إلى نفوط خفيفة أو متوسطة أو ثقيلة، ومنها ما يصل إلى شديدة الكثافة تسمى البيتومين، وتسمى أيضاً (رمال القار) Tar Sands نظراً لاحتوائها على نسبة عالية من الرمل. وهذا الإختلاف في التصنيف ينعكس على شكل فروقات في الخصائص الكيميائية والفيزيائية.

يعتمد تعريف النفوط الثقيلة على خاصتين فيزيائيتين أساسيتين هما الكثافة النوعية Specific Gravity و اللزوجة Viscosity. يعبر عن الكثافة النوعية في الصناعة البترولية بدرجة الكثافة API التي حددت من قبل معهد البترول الأمريكي (American Petroleum Institute)، وهي مقياس مشتق من الكثافة النوعية بالعلاقة التالية:

API Gravity= (141/Specific Gravity) -131.5

وبناء على ذلك يصنف معهد البترول الأمريكي السوائل البترولية على النحو التالي:

- **النفوط الخام الخفيفة Light Crude** وهي النفوط التي لها درجة كثافة أعلى من 31.1 API° أو مايعادل كثافة نوعية 0.87
- **النفوط الخام المتوسطةMedium Crude** وهي النفوط التي تتراوح درجة كثافتها مابين 22.3–31.1 API° أو مايعادل كثافة نوعية 0.87–0.92.
- **النفوط الثقيلة Heavy Crude** وهي نفوط ذات درجة كثافة أخفض من 22.3 API°

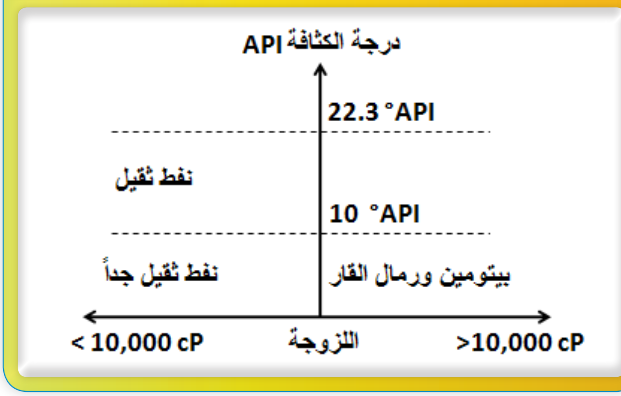
ويصنف المركز الكندي للطاقة النفوط الثقيلة في فئة مستقلة على النحو التالي: حسب ماهو موضح في **الشكل (1)**

النفوط الثقيلة Heavy Oil وهي النفوط ذات درجة كثافة أعلى من 10 °API، ودرجة لزوجتها أدنى من 10.000 ميغا باسكال في الثانية (mPa.s)، (سنتي بواز). وهذا يعني أنها في حالة سائلة عند درجة حرارة المخزون.

النفوط الثقيلة جداً Extra-Heavy Oil وهي نفوط ذات درجة كثافة أخفض من 10 °API ودرجة لزوجتها أدنى من 10.000 ميغا باسكال في الثانية (mPa.s)، (سنتي بواز).

البيتومين الطبيعي Natural Bitumen والذي يكون مترافقاً عادة مع الرمال، وتسمى رمال القار Tar Sand ودرجة كثافته أخفض من 10 °API ودرجة لزوجته أعلى من 10.000 ميغا باسكال في الثانية (mPa.s)، (سنتي بواز).

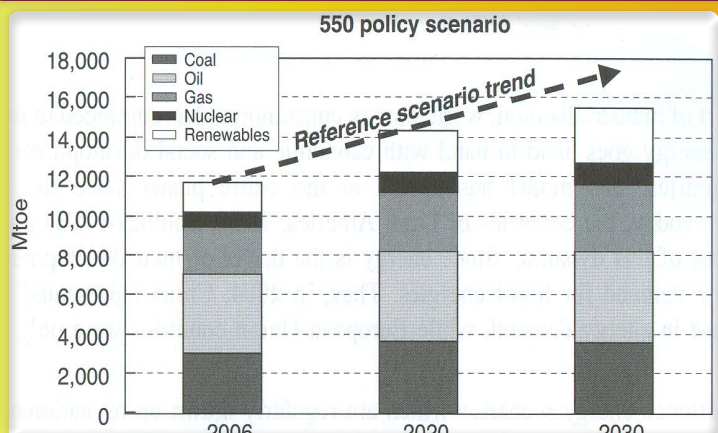
الشكل (1): تصنيف النفوط الثقيلة حسب المركز الكندي للطاقة



الأهمية المستقبلية للنفوط الثقيلة

في الفصل الأول من الكتاب يؤكد المؤلف على أهمية الدور المستقبلي للنفوط الثقيلة، من خلال استعراض نتائج العديد من الدراسات الإستشرافية التي تشير إلى أن النفوط المنتجة من المصادر الطبيعية ستبقى المصدر الأهم خلال العقدين القادمين، ويبين **الشكل (2)** توقعات وكالة الطاقة العالمية لنمو الطلب العالمي على النفط في الفترة (2008-2030).

الشكل (2):
توقعات نمو الطلب العالمي على النفط في الفترة (2008-2030)

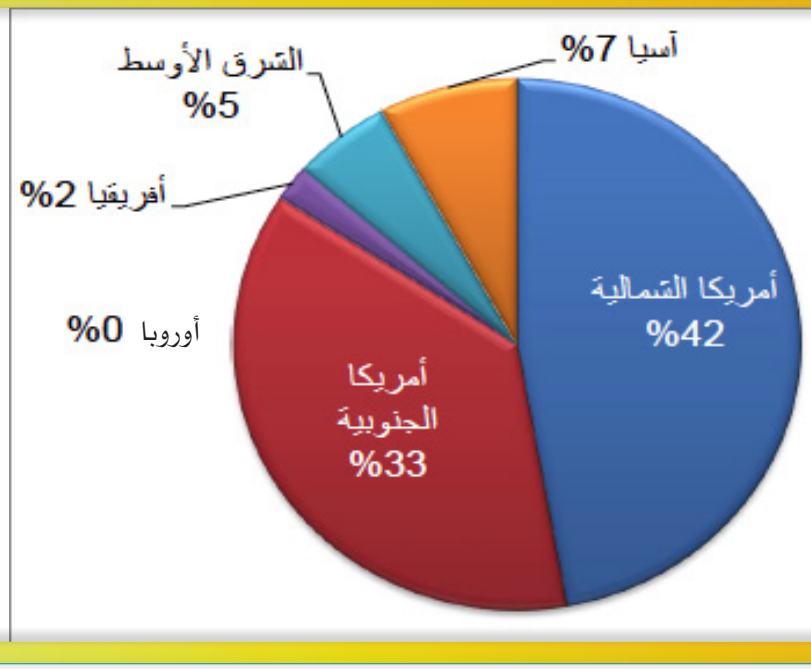


وتعود أسباب ذلك إلى النمو الكبير المتوقع على الطلب على وقود وسائل النقل، وخاصة في الدول النامية كالهند والصين، التي يتوقع فيها ارتفاع عدد السيارات نتيجة تحسن دخل الفرد.

كما تكتسب النفوط الثقيلة أهميتها من حقيقة أن الإحتياطي المؤكد للنفط الخام التقليدي في العالم سيبدأ بالتناقص، على الرغم من الإكتشافات الجديدة التي تظهر في مناطق مختلفة من العالم، والتطورات الهامة التي أدخلت على تحسين نسبة الإستخلاص من الآبار المنتجة الحالية.

ومن العوامل الأخرى التي يعتبرها المؤلف أنها تمنح النفوط الثقيلة أهمية مستقبلية هي أن هذه النفوط لاتتركز في منطقة الشرق الأوسط، على النحو الذي هو عليه بالنسبة للنفوط الخفيفة، بل هي منتشرة في مناطق مختلفة من العالم، وخاصة في أمريكا الشمالية التي تمثل 42 %، يأتي بعدها أمريكا الجنوبية بنسبى 33 % من إجمالي الكميات الموجودة في العالم . ويبين **الشكل (3)** التوزع الجغرافي لمصادر النفط الثقيل في مناطق العالم.

الشكل (3): التوزع الجغرافي لمصادر النفط الثقيل في مناطق العالم



خصائص النفوط الثقيلة

على الرغم من إيجابيات النفوط الثقيلة باعتبارها أحد مصادر الطاقة الهامة في المستقبل، إلا أن لها سلبيات كثيرة يأتي في مقدمتها ارتفاع تكاليف الإنتاج، مقارنة بالنفوط الخفيفة، نظراً لضخامة الإستثمارات اللازمة لعمليات الاستخراج والإنتاج والمعالجة، حيث وصلت في بعض المشاريع التي أقيمت في كندا إلى ما يقارب من 13 مليار دولار أمريكي للمشروع، وهناك مشاريع أخرى وصلت تكلفتها إلى 29 مليار دولار. ومن السلبيات الأخرى للنفوط الثقيلة صعوبة تكريرها في المصافي التقليدية لاحتوائها على نسبة عالية من المعادن والكبريت والشوائب الأخرى، فضلاً عن الانعكاسات السلبية التي تحدثها على البيئة. ويبين **الجدول (1)** مقارنة بين خصائص ومكونات النفط الخام الثقيل جداً والنفط الخفيف.

الجدول (1)
مقارنة بين خصائص النفط الخام الثقيل جداً والنفط الخفيف

	نفط ثقيل (Zuata)	نفط خفيف (Brent)
درجة الكثافة API°	8.5	38.5
اللزوجة Cst at 60°C	4.000	4
الكبريت (% وزناً)	4.1	0.4
نيتروجين (جزء بالمليون)	94	1
فاناديوم (جزء بالمليون)	450	5
الحموضة (ملغKOH/غ)	4.3	0.05

المنشأ الجيولوجي للنفوط الثقيلة

من المعروف أن السوائل البترولية قد تشكلت عبر التاريخ الجيولوجي نتيجة التحول الحراري الطبيعي للمواد العضوية الناتجة عن ترسب الكائنات العضوية الحية بعد موتها داخل، ثم انتقلت السوائل الناتجة عن التحول الحراري عبر الطبقات الرسوبية التي يطلق عليها إسم صخور المنشأ (Source Rocks) لتتجمع في مصائد، حيث يتم اكتشافها واستخراجها إلى سطح الأرض باستخدام الطرق التقنية المعروفة، وذلك عندما تكون عملية إستخراج الكمية المتجمعة في المصيدة مجدية إقتصادياً.

أما النفوط الثقيلة فيعتقد الباحثون أنها تشكلت نتيجة التحلل البيولوجي للنفوط التقليدية عندما تصل درجة حرارة البيئة الجيولوجية التي تحتضن هذه النفوط إلى قيمة تسمح للبكتريا الحية من ممارسة نشاطها، والتي تقدر بحوالي 65 م°، وتستمر فعالية هذا النشاط إلى أن تصل درجة الحرارة إلى 80 م°. وبالتالي فإن معظم النفوط الثقيلة تتواجد على أعماق قريبة لاتتجاوز مئات الأمتار، ونادرا ما تزيد عن 1500م°. ويلاحظ أن المكامن الضحلة تكون لزوجة النفط فيها عالية جداً إلى الدرجة التي تجعله في حالة صلبة غير قابلة للجريان.

تقنيات إستخلاص النفوط الثقيلة

بشكل عام تختلف آبار النفوط الثقيلة عن آبار النفوط التقليدية في أنها تحتاج إلى عمليات ضخ اصطناعي بعد فترة وجيزة من وضعها على الإنتاج، كما تحتاج إلى تقنيات معقدة لرفع السوائل الهيدروكربونية من طبقات المكمن إلى السطح. وبغض النظر عن نوعية النفط الخام، تحدث عدة ظواهر فيزيائية أثناء سحب النفط من المخزون، هي مايلي:

- هبوط الضغط وتمدد النفط.
- خروج الغاز المنحل من المحلول فور الوصول إلى نقطة الإشباع Bubble point .
- تدفق الغاز المنحل إلى البئر، مع احتمال تشكل قبة ثانوية.
- إذا كان الماء موجوداً تحت طبقة الزيت فيمكنه أيضاً أن يتدفق بسهولة إلى الآبار.
- تعزيز إنكماش صخور المخزون، بما في يذلك تناقص حجم الثقوب.

يطلق على الظاهرتين الأولى والثانية بعملية دفع الغاز/ المحلول (Solution–Gas Drive) ، أما الظواهر الثلاث الأخرى فيطلق عليها إسم دفع القبة الغازية (Gas–Cap Drive)، والدفع المائي (Water Drive) ، و الدفع الإنكماشي (Compaction Drive) على التوالي.

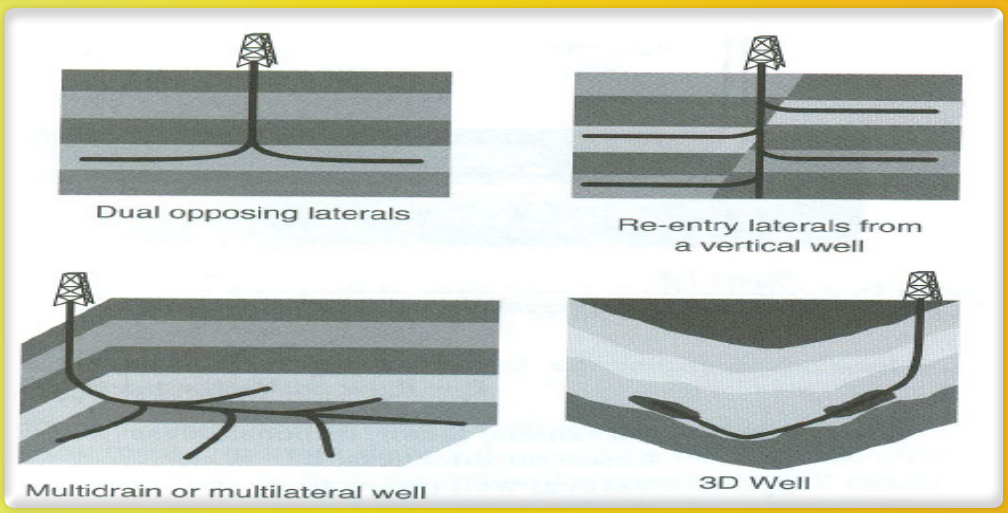
في حالة النفط الثقيل تكون قوة الدفع بالغاز ذات فعالية أقل بكثير من حالة النفط الخفيف، وذلك لسببين رئيسيين هما أن الغاز أقل قابلية للإنحلال في النفط الثقيل منه في النفط الخفيف، والثاني هو أن النفط الثقيل يكون عادة في طبقات أقل عمقاً، وبالتالي فإن الضغط يكون أخفض. وكذلك الحال بالنسبة لقوة الدفع المائي فإن تأثيرها ضعيف أيضاً، ولا يمكن الإعتماد عليه، بينما على العكس بالنسبة لقوة الإنكماش يمكن أن يكون لها تأثير بالغ في مرحلة الإستخلاص الأولي للنفوط الثقيلة.

حفر الآبار الأفقية

للتغلب على مشكلة ضعف قوة الدفع الطبيعية، وتعزيز نسبة استخلاص النفوط الثقيلة من المخزون تتبع طريقة حفر عدة آبار أفقية تتفرع من فوهة البئر العمودي الرئيسية، وبأشكال مختلفة تسمح بزيادة سطح التماس مع طبقات المخزون النفطي، حسب ماهو موضح في **الشكل (4)**، وذلك لتحقيق الفوائد التالية:

- زيادة معدلات الإنتاج نتيجة زيادة الإنتاجية.
- تسريع معدل استخلاص النفط نتيجة زيادة هذه المعدلات
- زيادة معدل استخلاص النفط في البئر الواحدة، وبالتالي تحسين إقتصادية الآبار العاملة.

الشكل (4): نماذج الحفر الأفقي لتعزيز نسبة إستخلاص النفط الثقيل



الإنتاج البارد بالرمل

من التقنيات الأخرى المتبعة لتحسين نسبة الإستخلاص الأولي للنفط الثقيل مايسمى بتقنية الإنتاج البارد للنفط الثقيل بالرمل (Cold Heavy Oil Production with Sand– CHOPS) ، التي تعتمد على ضخ الرمل مع السوائل في فوهة البئر بهدف زيادة النفاذية في طبقات المخزون، ومنع ترسب الأسلفتينات في ثقوب البئر. وقد أثبتت التجارب العملية أن هذه الطريقة أدت إلى رفع معدل الإستخلاص إلى أكثر من عشرة أضعاف.

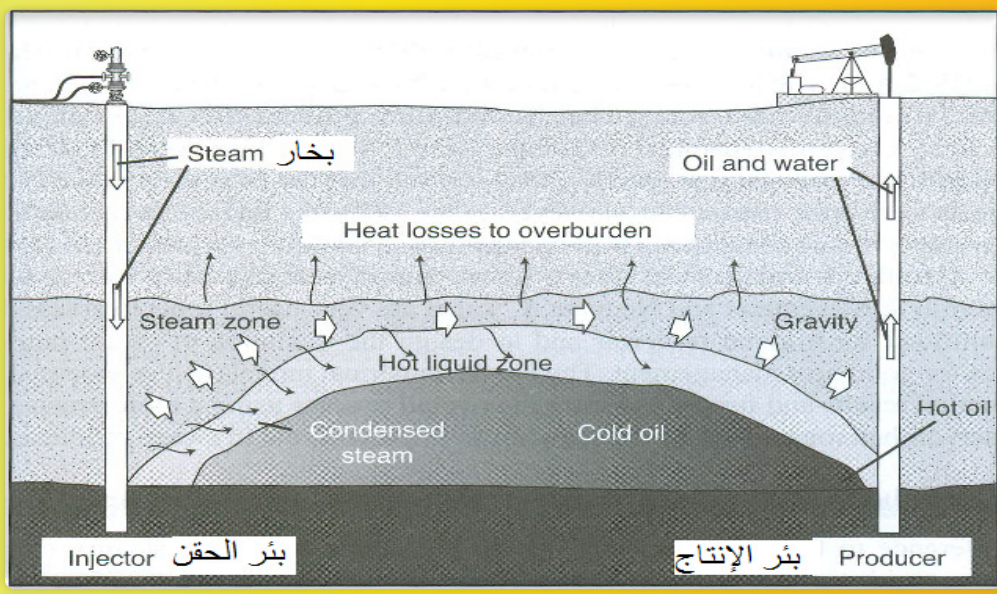
طرق الاستخلاص المعزز

للتغلب على مشكلة نقص فترة الإنتاج الذاتي لآبار النفوط الثقيلة والثقيلة جداً تم تطوير تقنيات تسمى عمليات الاستخلاص البترولي المعزز (Enhanced Oil recovery Processes) وهي تقنيات تطبق أيضاً على آبار إنتاج الأنواع الأخرى من النفوط ، وفيما يلي أهم هذه التقنيات:

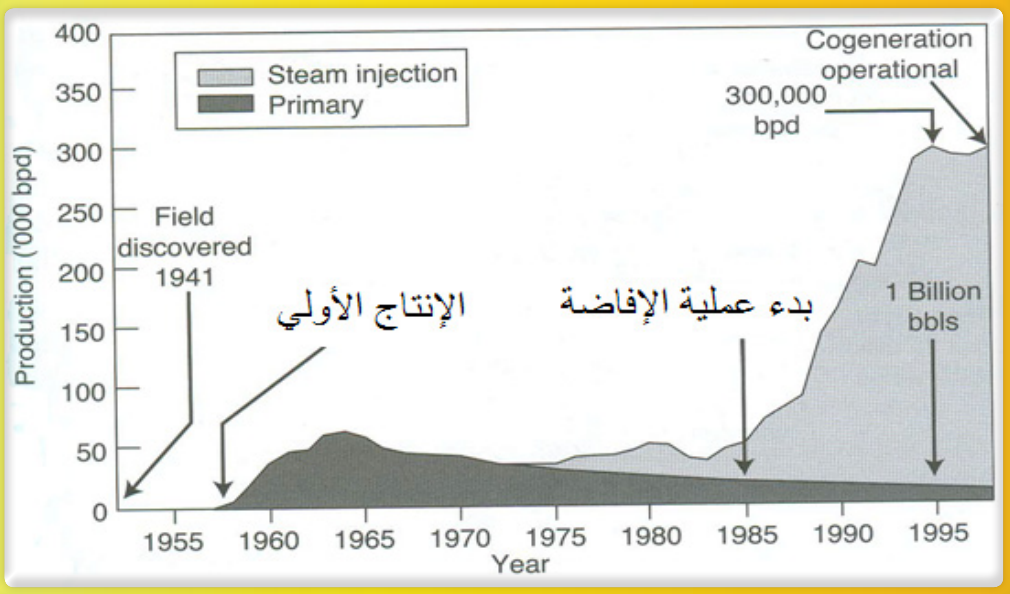
تقنية حقن السوائل الساخنة Hot fluid Injection

تعتمد هذه التقنية على مبدأ حقن سوائل ساخنة لرفع درجة حرارة النفط في المكمن، بهدف تخفيض لزوجته، وبالتالي تسهيل جريان النفط إلى فوهة البئر. وتستخدم لهذه الغاية عدة أنواع من السوائل الساخنة، الماء أو البخار أو المذيبات الهيدروكربونية. وتتم عملية الحقن إما بطريقة مستمرة باستخدام بئر للحقن وآخر للإنتاج، حسب ما هو مبين في **الشكل (5)**، أو تتبع بشكل دوري خلال فترات متقطعة في نفس البئر. على الرغم من الفوائد الكبيرة التي أمكن الحصول عليها من تطبيق الطريقة الحرارية إلا أنها تعاني من بعض السلبيات بسبب الضياع الشديد للحرارة داخل طبقات المكمن وتعقيد المعدات اللازمة لتنفيذ العملية. ويبين **الشكل (6)** مقدار تطور إنتاج أحد الآبار في ولاية كاليفورنيا الأمريكية باستخدام تقنية الإفاضة بالبخار.

الشكل (5): طرق حقن البخار في آبار النفط الثقيل



الشكل (6): تطور إنتاج بئر باستخدام تقنية الإفاضة بالبخار



تقنية الحرق في المكان In Situ Combustion

في هذه التقنية يحقن تيار من الهواء المشبع بالأكسجين لإشعال كمية من الزيوت داخل المكمن بهدف نشر حرارة تساهم في تخفيض لزوجة النفط وتسهيل جريانه إلى فوهة البئر.

حقن البوليمر Polymer Injection

إن فعالية تقنية الإفاضة بالماء Water flooding لتحفيز الإستخلاص في آبار النفوط الثقيلة تكون ضعيفة بسبب ارتفاع فرق اللزوجة بين الماء والنفط، وقد أثبتت التجارب العملية أن حقن المواد البوليرية مع الماء لرفع لزوجته تساهم في تحسين فعالية ومردود عملية الإفاضة.

حقن ثاني أكسيد الكربون

يحقن ثاني أكسيد الكربون CO_2 نظراً لقابليته الشديدة للانحلال في الزيت، فيقوم بدور تخفيض للزوجة، وهذا المبدأ سمح بإجراء مايسمى بعملية الإفاضة بغاز ثاني أكسيد الكربون لتنشيط إنتاج آبار النفط الثقيل، ومن ميزات هذه التقنية أنه يمكن حقن ثاني أكسيد الكربون في نفس البئر الذي يستخدم للإنتاج بطريقة مشابهة لتقنية الإفاضة بالبخار المتقطعة.

حقن المذيبات الهيدروكربونية

نظراً لما تعانيه التقنيات الحرارية من الضياع الشديد للحرارة داخل طبقات المكمن فقد اقترح الباحثون طريقة حقن مواد هيدروكربونية خفيفة جداً بدلاً من البخار، إلا أن هذه الطريقة مازالت قيد الإختبار ولم تظهر نتائجها الفعلية بعد.

نقل النفط الخام الثقيل بالأنابيب

تواجه عملية نقل النفط الخام الثقيل عبر خطوط الأنابيب صعوبات كبيرة مقارنة بالأنواع الخفيفة، وذلك بسبب ارتفاع درجة لزوجته. وتقسم هذه العمليات إلى عدة تقنيات، كالتقنيات الحرارية أو المزج مع محاليل منخفضة اللزوجة، أو باستخدام عمليات التحسين Upgrading التي تعتمد على تعديل مكونات النفط الخام الثقيل لتخفيض لزوجته، أو من خلال تعديل طريقة الجريان في الخط لتخفيف قوة الإحتكاك على سطح الأنبوب.

المعالجة الحرارية

تعتبر تقنية المعالجة الحرارية من الطرق الهامة نظراً للتأثير الفعال لرفع درجة الحرارة على تخفيض لزوجة النفط الخام، إلا أنها عملية معقدة نظراً لضرورة مراعاة عدة اعتبارات ترتبط بتمدد خطوط الأنابيب، وعدد محطات التسخين/الضخ ومشكلة الفاقد الحراري، فضلاً عن ارتفاع تكاليف الإنشاء والتشغيل، وازدياد معدل تآكل الأجزاء الداخلية للأنابيب، كما أثبتت الدراسات الحديثة أن الحرارة يمكن أن تحدث تغيرات على الخصائص الغرائية Colloidal Properties للنفط الخام.

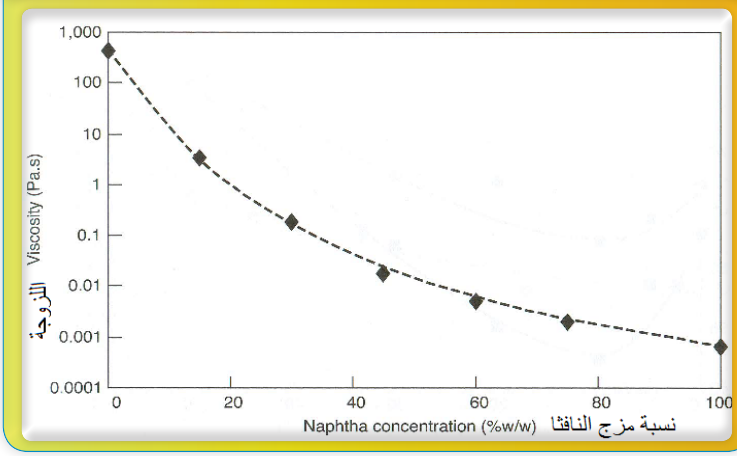
المزج بمحاليل منخفضة اللزوجة

تعتمد هذه التقنية على مزج النفط الخام الثقيل بمواد هيدروكربونية ذات درجة لزوجة منخفضة، كالمتكثفات والنافثا والكيروسين أو النفط الخام الخفيف، وبنسب مختلفة يمكن أن تصل إلى 30 % من كمية النفط الخام الثقيل، وهذه الزيادة تستوجب رفع طاقة استيعاب خط الأنابيب. ويبين **الشكل (7)** تأثير نسبة المادة المذيبة الممزوجة مع النفط الخام على درجة لزوجته. وتعتبر طريقة المزج فعالة وسهلة التطبيق، إلا أنها تتوقف على إمكانية توفير المواد القابلة للمزج مع النفط الخام في موقع الإنتاج. ويمكن تدوير المادة المذيبة لتخفيض التكلفة، إلا أن ذلك يحتاج إلى إجراء تقييم اقتصادي للعملية، وخاصة عند الحاجة إلى استثمارات جديدة لإنشاء خطوط أنابيب إضافية لإعادة المادة المذيبة.

تقنية الاستحلاب Emulsion

وهي طريقة تعتمد على مزج النفط الخام بالماء ويتم تثبيت المستحلب الناتج بواسطة مواد رابطة للتوتر السطحي Surfactants ، مما يؤدي إلى تخفيض كبير للزوجة. يتكون المزيج من 70 % من النفط الخام و30 % من الماء، وتتراوح نسبة إضافة المواد الكيماوية ضمن المجال 500–2000 جزء بالمليون.

الشكل (7):
تأثير نسبة مزج المادة المذيبة على لزوجة النفط الخام



تقنية التحسين الجزئي لخصائص النفط الخام الثقيل Partial Upgrading

تتكون هذه التقنية من تطبيق بعض العمليات التي تساهم في تحسين خاصة اللزوجة كعملية المعالجة الهيدروجينية (Hydrotreating Process) التي تستخدم في مصافي النفط التقليدية. ويطلق عليها تسمية التحسين الجزئي لأنها معالجة بسيطة تهدف إلى تحسين خاصة اللزوجة لتسهيل عملية نقل النفط بغض النظر عن الخصائص الأخرى.

تقنية الجريان الحلقي الأساسي Core Annular Flaw

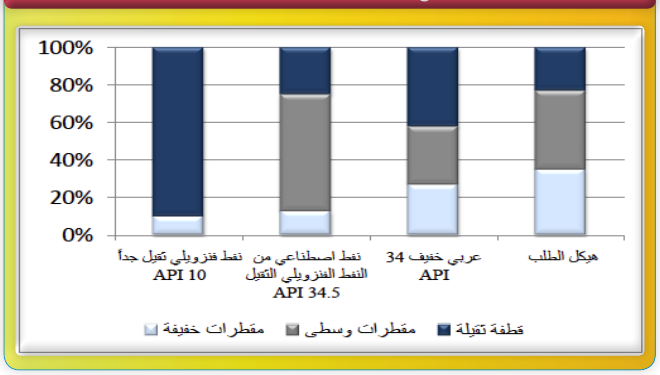
تعتمد هذه التقنية على تخفيف الإحتكاك بين النفط الخام وسطح الأنبوب الداخلي باستخدام غشاء من الماء يغلف طبقة الزيت وتقوم بدور مساعد على الإنزلاق. وعلى الرغم من تطبيق هذه التقنية في مشروعين في العالم إلا أنها غير مضمونة نظراً لصعوبة المحافظة على استمرار بقاء الغشاء المائي، مما يؤدي إلى التصاق النفط في بعض أجزاء الأنبوب، وبالتالي إعاقة الجريان.

عمليات تحسين خصائص النفط الثقيل Upgrading Processes

تختلف خصائص وتركيب النفوط الثقيلة عن النفوط الخفيفة مما يجعلها غير قابلة للنقل عبر الأنابيب أو التكرير مباشرة في مصافي النفط التقليدية، ولهذا لابد من تحسين تلك الخصائص، كرفع درجة كثافتها API، وتخفيض لزوجتها، وتخفيض نسبة القطفة الثقيلة فيها، وذلك من خلال تحويلها إلى نفط اصطناعي قابل للنقل والتكرير.

السبب الثاني للتحديات التي تواجه مصافي النفط عند تكرير النفوط الثقيلة يأتي من اختلاف نسب مكونات هذه النفوط عن هيكل الطلب على المشتقات النفطية في الأسواق العالمية، فعلى سبيل المثال تصل نسبة القطفات الثقيلة في النفط الفنزويلي الثقيل جداً (درجة كثافته API° 10) إلى حوالي 90 %، بينما تبلغ في النفط العربي الخفيف (درجة كثافته API° 34) حوالي 40 %، في حين أن هذه النسبة لاتزيد في هيكل الطلب عن 24 %، حسب ما هو مبين في **الشكل (8)**.

الشكل (8): نماذج مكونات النفوط من القطفات الخفيفة والثقيلة



تصنف تقنيات تعديل مكونات النفوط الثقيلة وتحسين خصائصها لتصبح قابلة للتكرير في المصافي التقليدية في المجموعتين التاليتين:

- فصل الجزء الثمين عن القطفات الثقيلة باستخدام عمليات فصل فيزيائية، مثل عملية نزع الأسفلتينات بالمذيب Solvent de-asphalting.
- تحويل القطفات الثقيلة إلى مكونات خفيفة باستخدام عمليات التكسير الحراري العميق(Thermal Cracking)، أو العمليات التي تستخدم عوامل حفازة (Catalytic processes).

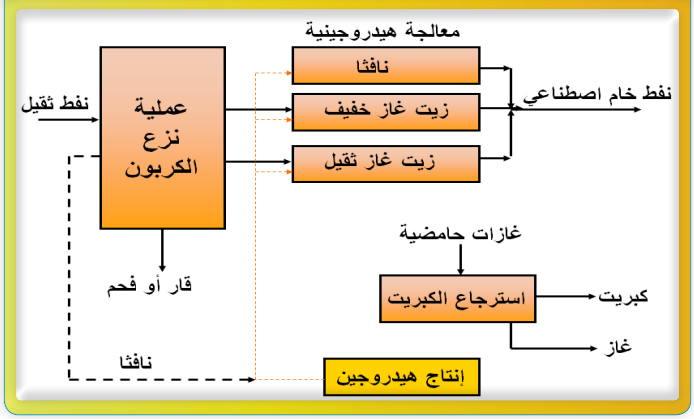
وقد تطبق عمليتي التكسير الحراري والمعالجة الهيدروجينية معاً للحصول على نفط خام

إصطناعي عالي الجودة على النحو المبين في الشكل (9).

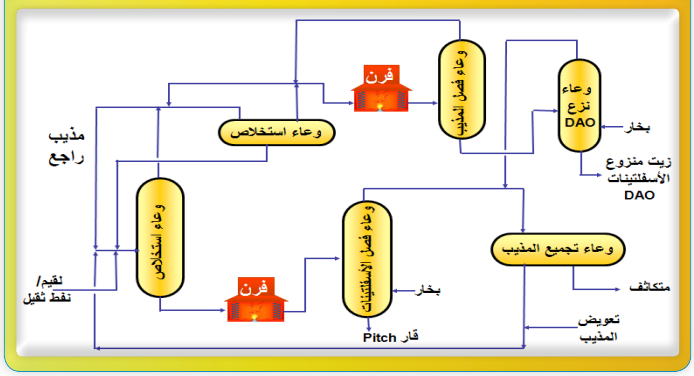
نزع الأسفلتينات بالمذيب Solvent de-asphalting

يعتمد مبدأ عملية نزع الأسفلتينات بالمذيب على ترسيب الأجزاء الأثقل من النفط (الأسفلتينات وجزء كبير من الراتنجات) باستخدام مذيب بارافيني يقوم بدور كسر الروابط بين هذه الأجزاء ودفعها إلى الترسيب، حاملة معها الشوائب الأخرى كالمركبات الكبريتية والنتروجينية والمعادن. أما المقطر الخفيف الناتج الذي يسمى بالزيت منزوع الأسفلتينات (De-asphalted Oil) فيحتوي على نسبة عالية من الهيدروجين، والمركبات المشبعة، والنافثينات، والهيدروكربونات العطرية، مع نسبة منخفضة جداً من المعادن والكبريت والنتروجين. ويعاد تدوير المذيب لاستخدامه مرة أخرى مع اللقيم بعد فصله في وعاء التبخير، الشكل (10).

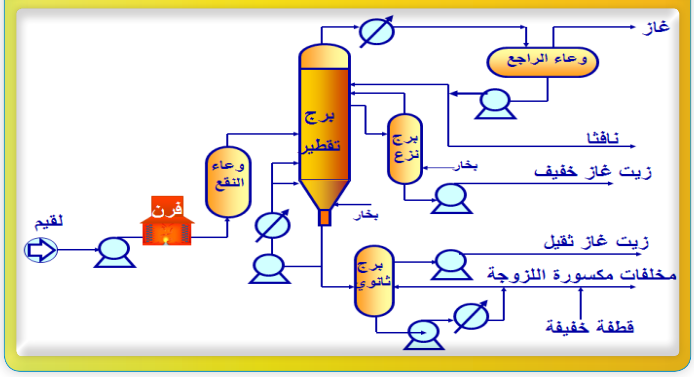
الشكل (9): تكامل عمليتي التكسير الحراري والمعالجة الهيدروجينية لتحسين النفط الثقيل



الشكل (10): مخطط عملية نزع الأسفلتينات بالمذيب



الشكل (11): مخطط عملية كسر اللزوجة



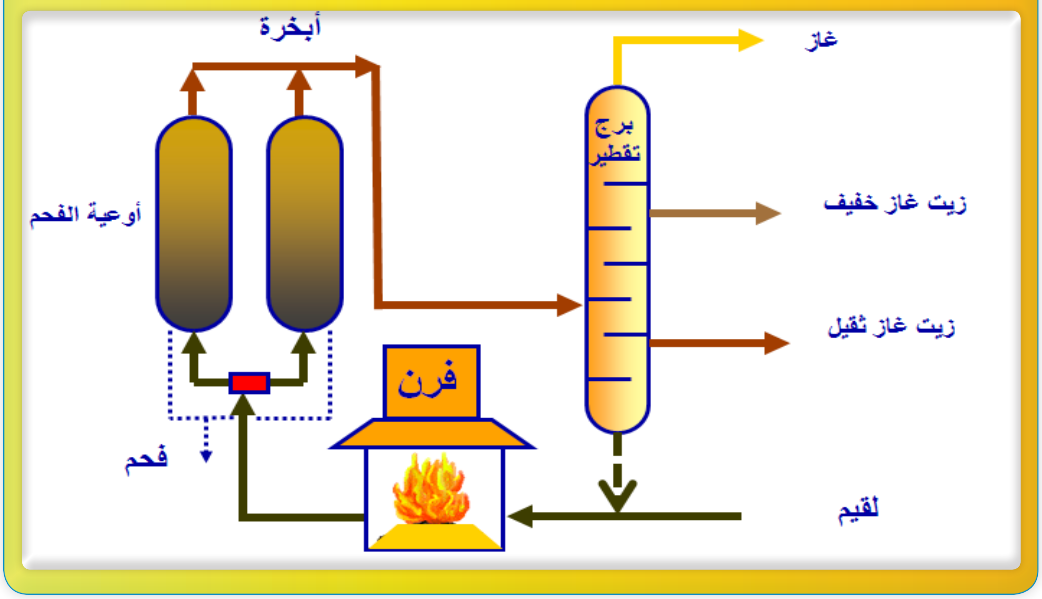
كسر اللزوجة Visbreaking

وهي عملية حرارية تتم باستخدام حقن البخار، حيث يسخن النفط الخام الثقيل في فرن، ثم يدخل إلى وعاء الترقيد لتأمين زمن بقاء ضمن ظروف مناسبة من الحرارة والضغط لعملية تكسير الجزيئات الكبيرة إلى أخرى صغيرة. بعد ذلك يؤخذ ناتج التفاعل إلى برج تقطير لفصله إلى منتجات منخفضة اللزوجة تتألف من الغاز، والمقطرات الوسطى، ومنتجات مكسورة اللزوجة، الشكل (11).

التفحيم Coking

هي عملية تكسير حراري بدون عامل حفاز، تهدف إلى فصل المقطرات الغنية بالهيدروجين عن المكونات الصلبة على شكل فحم يتجمع فيه معظم كمية الشوائب الكبريتية والنتروجينية والمعادن. يوجد عدة أنواع من عمليات التفحيم، إلا أن أكثرها شيوعاً عملية التفحيم المؤجل المبينة في الشكل (12)، حيث يسخن اللقيم في أفران لرفع درجة حرارته إلى 500 م° ثم يدخل المزيج إلى أحد الأوعية لترسيب الفحم في الأسفل، بينما تنطلق الأبخرة الخفيفة من أعلى الوعاء لتدخل إلى برج تقطير وتفصل فيه إلى منتجات (غاز، ونافثا، وزيت غازخفيف وثقيل).

الشكل (12): مخطط عملية التفحيم المؤجل



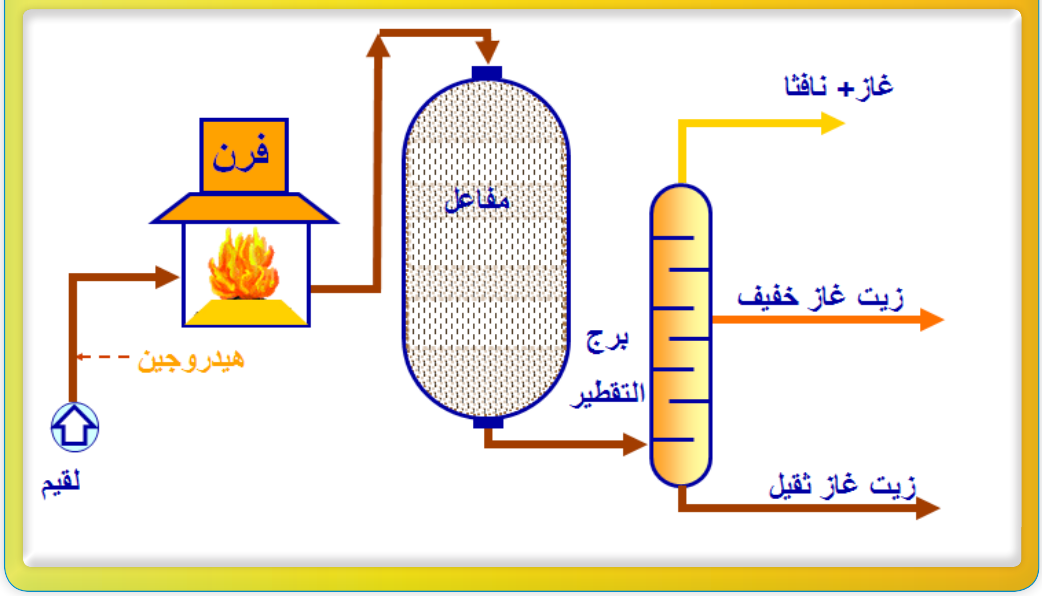
المعالجة الهيدروجينية بالعامل الحفاز Catalytic Hydroconversion

تختلف هذه العملية عن الطرق العمليات الحرارية في أنها تتم بوجود الهيدروجين وفي مفاعل يحتوي على عامل حفاز (Catalyst)، وهي تستخدم في مصافي التكرير التقليدية لتخليص المقطرات الخفيفة والوسطى من المركبات الكبريتية. وتتلخص التفاعلات التي تتم في هذه العملية بما يلي:

- هدرجة الحلقات العطرية.
- كسر الروابط بين الكربون ومركبات الكبريت والنتروجين، وتسمى نزع الكبريت بالهيدروجين (hydrodesulphurization–HDS) ونزع النتروجين بالهيدروجين(Hydrodenitrogenation–HDN) .
- إزالة المعادن (Hdrodemetalization–HDM)
- نزع الأسفلتينات (Hydrodeasphaltenes–HDA)
- تخفيض نسبة كربون كونرادسون (Conradson Carbon content)

تختلف فعالية وكفاءة التفاعلات تبعاً لنوعية العامل الحفاز المستخدم ونوع وعدد المفاعلات التي تجري فيها التفاعلات، ويبين **الشكل (13)** أحد النماذج المطبقة لعملية التكسير الهيدروجيني.

الشكل (13): نموذج عملية التكسير الهيدروجيني



القضايا البيئية

ينتج عن عمليات إنتاج ونقل وتكرير النفوط الثقيلة انعكاسات بيئية أكثر ضرراً من تلك التي تنتج عن العمليات المرتبطة بالنفط الخام التقليدي، وذلك لأسباب عديدة أهمها:

- **الحاجة إلى حفر عدد أكبر من آبار الحقن والاستخلاص** بالنسبة للنفوط الثقيلة والثقيلة جداً، كذلك المساحة الكبيرة التي تحتاجها عمليات استخلاص رمال القار، وكل هذه العمليات تؤدي إلى نزع التربة السطحية، مما يجعلها بحاجة إلى عمليات استصلاح لإعادة الحياة إليها.
- **ضخامة كمية النفايات الصلبة**، الناتجة عن عمليات نقلٍ وتكرير النفط الثقيل، وعمليات استخلاص النفط من رمال القار، وهي مواد تشكل خطراً على البيئة، وتحتاج إلى إجراءات خاصة للمعالجة قبل التخلص منها.
- **استهلاك كميات كبيرة** من المياه اللازمة لعمليات الحفر، وعمليات إنتاج البخار اللازم لعمليات الحقن، حتى مع تطبيق عملية تدوير المياه المستعملة، حيث يمكن أن تصل إلى (2–4) برميل ماء لكل برميل من النفط الاصطناعي المنتج من رمال القار، وهذه المياه تحتاج إلى عمليات معالجة مكلفة قبل طرحها إلى البيئة. كما يمكن أن تؤدي عمليات إنتاج النفوط الثقيلة إلى احتمال تلويث المياه الجوفية التي تتجمع في التشكيلات الجيولوجية المجاورة لعمليات الحفر والإنتاج.

- **ارتفاع نسبة الشوائب في النفوط الثقيلة**، كالمركبات الكبريتية والنتروجينية والمعادن، وهذه الشوائب تؤدي إلى إنطلاق إنبعاثات سامة إلى البيئة أثناء عمليات تحسين خصائص النفوط الثقيلة وتكريرها في المصافي، وبالتالي لابد من اتخاذ إجراءات وقائية باهظة التكاليف لتلبية متطلبات التشريعات الخاصة بحماية البيئة، وخاصة ما يتعلق بغازات الدفيئة (Green House Gases).

التطورات التكنولوجية المستقبلية

على الرغم من التطورات الكبيرة التي أدخلت على تقنيات تحسين خصائص النفوط الثقيلة مازال هناك الكثير من القضايا التي تحتاج إلى المزيد من البحث والتطوير لتحسين اقتصادية استغلال هذه الأنواع من النفوط، أهمها:

- الخصائص الحرارية والحركية (Thermodynamics) للسوائل الثقيلة.
- تصميم هيكل الآبار وطريقة حفرها.
- طرق تحفيز طبقات المخزون ووسائل التحكم بالعملية.
- تطبيق تقنية النانو في تصميم العوامل الحفازة لاستخدامها في عمليات المعالجة في الموقع.
- استخدام الطرق البيولوجية أو التي تعتمد على الأنزيمات في عمليات تحسين خصائص النفوط الثقيلة.
- مراقبة حركة السوائل والمخزون في التشكيلات الجيولوجية.
- تقنيات نقل السوائل اللزجة.

الخاتمة

يتميز الكتاب باحتوائه على معلومات شاملة ومكثفة حول كافة الجوانب المرتبطة بالنفوط الثقيلة، وعرض البيانات والأفكار بأسلوب مبسط يناسب شرائح واسعة من المهتمين بالصناعة البترولية، إضافة إلى تركيزه على دراسة الأسباب التي دفعت إلى الإهتمام بهذه الأنواع من النفوط. كما يحتوي الكتاب على العديد من الأمثلة العملية لمشاريع استخلاص النفوط الثقيلة والثقيلة جداً، ومشاريع استخلاص النفط من رمال القار في كندا وفنزويلا، مع الإشارة إلى الصعوبات التي اعترضت أعمال التنفيذ والحلول التي اتبعت لمعالجتها.

يكتسب هذا الكتاب أهميته بالنسبة للدول الأعضاء في منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك) في إطار سعيها لتنفيذ مشاريع تطوير المصافي القائمة بهدف تحسين قدرتها على تكرير النفوط الثقيلة، وخاصة في الدول التي تنتج كميات جديرة بالإعتبار من هذه الأنواع كالمملكة العربية السعودية، ودولة الكويت، والجمهورية العربية السورية.

البيبليوغرافيا

اعداد: عمر كرامة عطيفة
إدارة الإعلام والمكتبة

يشمل هذا القسم بيليوغرافيا بالمواضيع التي تطرقت إليها أحدث الكتب والوثائق ومقالات الدوريات العربية الواردة إلى مكتبة أوابك، مدرجة تحت رؤوس الموضوعات التالية:

- الاقتصاد والتنمية
- البتروكيماويات
- البترول (النفط والغاز)
- التجارة والعلاقات الاقتصادية الدولية
- قضايا حماية البيئة
- الطاقة
- المالية والمالية العامة
- نقل التكنولوجيا
- موضوعات أخرى

الاقتصاد والتنمية

أبرز التطورات والمستجدات الاقتصادية والمالية والنقدية والمصرفية من خلال التقرير الاقتصادي لبنك الكويت المركزي لعام 2009.-- **الاقتصادي الكويتي**.-- ع. 481 (2011/2).-- ص. 28-33.

إستراتيجية إعلامية لمواجهة الأزمات الاقتصادية.-- **الاقتصاد اليوم**.-- ع. 79 (2011/3).-- ص. 14-17.

الإمارات: التعديلات التشريعية تعزز الصناعة المحلية.-- **الاقتصاد اليوم**.-- ع. 79 (2011/3).-- ص. 22-23.

باطويح، محمد عمر. أبرز الانجازات الاقتصادية لدولة الكويت منذ الاستقلال.-- **الاقتصادي الكويتي**.-- ع. 481 (2011/2).-- ص. 21-27.

تأثير أحداث اليابان على اقتصاديات الدول العربية.-- **قضايا المال والأعمال في الكويت والخليج**.-- ع. 11 (2011/3/21).-- ص. 42-50.

تفاقم أزمة الغذاء في العالم العربي على خلفية الاضطرابات الأخيرة في العالم.-- **قضايا المال والأعمال في الكويت والخليج**.-- ع. 12 (2011/3/28).-- ص. 34-47.

التنوع يغير بنية اقتصادات الخليج.-- **الاقتصاد اليوم**.-- ع. 79 (2011/ 3).-- ص. 42-44.

جامعة الدول العربية. **المجلس الاقتصادي والاجتماعي- الدورة العادية 87**.-- القاهرة: جامعة الدول العربية، 2011.-- د: ت.-- 341.121 م ج ل.

شبح الركود الاقتصادي العالمي... هل يعود ثانية؟.-- **الاقتصادي الكويتي**.-- ع. 481 (2011/2).-- ص. 69-70.

الصانع، خالد. الكويت خسرت المليارات لأنها لم تضع أموالها في تنمية الصناعة.-- **الصناعي**.-- مج. 20، ع. 164 (2011/5).-- ص. 14-17.

الصناعة الكويتية بين المعوقات الظاهرية والحلول الهيكلية.-- **قضايا المال والأعمال في الكويت والخليج**.-- ع. 7 (2011/2/21).-- ص.-5 13.

العبد الجادر، عبدالله فهد. مستقبل الاقتصاد الخليجي شبابي.-- **الصناعي**.-- مج. 20، ع. 164 (2011/5).-- ص. 47-48.

العلاقة بين ارتفاع أجور القطاع الخاص الخليجي والتنمية الاقتصادية في دول مجلس التعاون

الخليجي.-- **قضايا المال والأعمال في الكويت والخليج**.-- ع. 10 (2011/3/15).-- ص. 15-23.

العلي، عادل. البطالة العربية تتجاوز الخطوط الحمراء.-- **الاقتصاد اليوم**.-- ع. 79 (2011/3).-- ص. 48-49.

العلي، عادل. التكامل الاقتصادي..مسيرة متواضعة تنتظر التفعيل.-- **الاقتصاد اليوم**.-- ع. 28 (2011/2).-- ص. 52-53.

علي، علي عبدالقادر. الطبقة الوسطى في الدول العربية.-- **جسر التنمية**.-- مج. 10، ع. 130 (2011/5).-- ص. 2-12.

الفطايري، أحمد. المشاريع الصغيرة والمتوسطة..عصب الاقتصاد الوطني.-- **الاقتصاد اليوم**.-- ع. 28 (2011/2).-- ص. 9-19.

القمة الاقتصادية العربية والالتزام بالاستراتيجيات التنموية.-- **الاقتصاد اليوم**.-- ع. 28 (2011/2).-- ص. 54-56.

كيف تستجيب دول مجلس التعاون الخليجي لمعدلات البطالة المرتفعة على خلفية التظاهرات الأخيرة؟.-- **قضايا المال والأعمال في الكويت والخليج**.-- ع. 11 (2011/3/21).-- ص. 20-31.

المعهد العربي للتخطيط: الاقتصاديات العربية متوسط الدخل تواجه ضغطا قويا وصعوبة في تحمل آثار الأزمة المالية.-- **الصناعي**.-- مج. 20، ع. 164 (2011/5).-- ص. 54-55.

نتائج المسح الميداني للقطاع الصناعي في دولة الكويت.-- **الاقتصادي الكويتي**.-- ع. 481 (2011/2).-- ص. 34-39.

البترول

أحمد، دينا علي. الأمن النفطي.-- **أخبار النفط والصناعة**.-- مج. 41، ع. 486 (2011/3).-- ص. 6-10.

حنظل، فالح. النفط في بلدان الخليج العربية.-- الحلقة الخمسون.-- **أخبار النفط والصناعة**.-- مج. 41، ع. 486 (2011/3).-- ص. 14-15.

داغر، نبيلة. 2010 تزايد الاحتياطي والإنتاج العالمي من البترول والغاز.-- **البترول**.-- مج. 48، ع. 3 و 4 (2011).-- ص. 36-37.

سامي، نيفين. الدول المنتجة والمصدرة للبترول: ماليزيا.-- **البترول** .-- مج. 48، ع. 3 و 4 (2011).-- ص. 42-43.

ستيفي، لورين. الغرق في النفط.-- **الاقتصاد اليوم**.-- ع. 79 (2011/3).-- ص. 64-65.

عمار، فادية. تكامل النفط والطاقة المتجددة لتحقيق التنمية المستدامة.-- **الاقتصاد اليوم**.-- ع. 28 (2011/2).-- ص. 28-33.

مستقبل النفط السوداني فيما بعد الانفصال.-- **الطاقة في الكويت والخليج العربي والعالم**.-- ع. 4 (2011/4/2).-- ص. 25-35.

مستقبل النفط الليبي ... في ضوء التوترات السياسية الراهنة.-- **قضايا المال والأعمال في الكويت والخليج**.-- ع. 14 (2011/4/11).-- ص. 50-61.

منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول. **وقائع الملتقى الحادي والعشرون لأساسيات صناعة النفط والغاز - 2011**.-- الكويت: منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول،2011.-- مجلدين.-- 665.5 دور.

البترول - استكشافات

التقوير: الولوج إلى قلب المكمن.-- **المنهل**.-- ع. 1 (2011).-- ص. 2-7.

الدسوقي، صلاح ابراهيم. التسجيل البئري للمقاومية مابين الاستقصاء الضحل والعميق.-- **أخبار النفط والصناعة**.-- مج. 41، ع. 486 (2011/3).-- ص. 11-13.

البترول - أسعار

تأثير الأوضاع في الشرق الأوسط على أسعار النفط العالمية والنمو الاقتصادي العالمي.-- **قضايا المال والأعمال في الكويت والخليج**.-- ع. 12 (2011/3/28).-- ص. 59-72.

تسعير النفط بالدولار.. وأثره على المداخيل النفطية: دول مجلس التعاون الخليجي نموذجا.-- **قضايا المال والأعمال في الكويت والخليج**.-- ع.18 (2011/5/09) .-- ص. 55-68.

البترول -- الجوانب الاقتصادية

تحليلات ورؤى غربية لتأثير الاضطرابات الحالية في العالم العربي على قطاع النفط.-- **الطاقة في الكويت والخليج العربي والعالم**.-- ع. 4 (2011/4/2).-- ص. 53-65.

البترول - جيولوجيا

منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول. **جيولوجية بعض الأحواض الترسيبية في الشرق الأوسط وإمكانياتها البترولية**.-- الكويت: منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول، 2010.-- 119 ص
.-- 559.8 (53) ج. ي. و.

البترول - تسويق

اضطراب أسواق النفط العالمية على خلفية الأزمة الليبية..المؤشرات والحلول.-- **قضايا المال والأعمال في الكويت والخليج**.-- ع. 10 (2011/3/15).-- ص. 6-18.

تأثير زلزال اليابان على أسواق النفط والغاز العالمية.-- **قضايا المال والأعمال في الكويت والخليج**.-- ع. 11 (2011/3/21).-- ص. 58-66.

الرابحون والخاسرون من اضطرابات السوق النفطية.-- **الطاقة في الكويت والخليج العربي والعالم**.-- ع. 4 (2011/4/2).-- ص. 6-24.

البترول - تكرير

منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول. **نظام الإدارة البيئية في صناعة تكرير النفط**.-- الكويت: منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول، 2010.-- 134 ص.-- 665.66: 711. 2 ن ظ.

التجارة والعلاقات الاقتصادية الدولية

التجارة الخارجية غير النفطية لدول الإمارات للأعوام 2000-2010.-- **صحيفة مصرف الإمارات الصناعي**.-- مج. 26، ع. 4 (2011/4) .-- ص. 1-3.

التجارة الخارجية لدول مجلس التعاون: دور مهم في خدمة الاقتصاد الوطني.-- **الاقتصادي الكويتي**.-- ع. 481 (2011/2).-- ص. 48-57.

الممارسات التجارية الخاطئة وقضايا الإغراق في مجلس التعاون الخليجي.. رؤية تحليلية.-- **قضايا المال والأعمال في الكويت والخليج**.-- ع. 12 (2011/3/28).-- ص. 15-25.

غاز

28.8 % احتياطات الغاز الطبيعي العربي من الإجمالي العالمي .-- **قضايا المال والأعمال في الكويت والخليج**.-- ع.18 (2011/5/09) .-- ص. 71-72.

الطاقة

إبراهيم، عادل محمود. توليفة الطاقة في مصر لاتواكب توليفة الطاقة في العالم.-- **البترول**.-- مج. 48، ع. 3 و 4 (2011).-- ص. 18-20.

الطاقة - اقتصاديات

الهند تراهن على الطاقة المتجددة لدفع عجلة النمو الاقتصادي وتمكين تنافسيتها.-- **أخبار النفط والصناعة**.-- مج. 41، ع. 486 (2011/3).-- ص. 40-41.

الطاقة - المصادر

إستراتيجية المملكة العربية السعودية الطاقوية في ضوء اضطرابات الشرق الأوسط.-- **صحيفة مصرف الإمارات الصناعي**.-- مج. 26، ع. 3 (2011/3).-- ص. 36-52.

الإمارات: لتوليد الكهرباء النظيفة من مزرعة رياح بحرية: «مصدر» تبدأ تركيب أول أساسات «مصفوفة لندن».-- **أخبار النفط والصناعة**.-- مج. 41، ع. 486 (2011/3).-- ص. 35-36.

أمريكا تسعى إلى إنعاش قطاع الطاقة المتجددة.-- **أخبار النفط والصناعة**.-- مج. 41، ع. 486 (2011/3).-- ص. 11-13.

الحربش، سليمان. تنويع مصادر الطاقة وقاعدة الاقتصاد الوطني.-- **البيئة والتنمية**.-- مج. 16، ع. 156 (2011/3).-- ص9-10.

الطاقة المتجددة خيار استراتيجي لإمارة ابوظبي.-- **الاقتصاد اليوم**.-- ع. 28 (2011/2).-- ص. 24-26.

القبندي، عنود. الطاقة الشمسية في الكويت: هل الغبار أهم المعوقات.-- **بيئتنا**.-- ع. 134 (2011/2).-- ص. 20-27.

مصباح، ضو سعد. مشروع عربي مشترك لبناء محطات نووية لتوليد الكهرباء.-- **الذرة والتنمية**.-- مج. 22، ع. 4 (2010).-- ص. 3-9.

معهد "مصدر" يسعى إلى نشر استخدام الطاقة الشمسية في الإمارات.-- **أخبار النفط والصناعة**.-- مج. 41، ع. 486 (2011/3).-- ص. 22-23.

الطاقة - سياسة

إستراتيجية المملكة العربية السعودية الطاقوية في ضوء اضطرابات الشرق الأوسط.-- **الطاقة في الكويت والخليج العربي والعالم**.-- ع. 4 (2011/4/2).-- ص. 36-52.

المالية والمالية العامة

2.5 مليار دينار هجرت الكويت خلال عامين.-- **الصناعي**.-- مج. 20، ع. 164 (2011/5).-- ص. 26-28.

الاتحاد العام لغرف التجارة والصناعة والزراعة للبلاد العربية. **موسوعة العمل المصرفي الإسلامي 2011**.-- بيروت: الاتحاد، 2011.-- 61 CD .

بنوك الإمارات تستشرف المستقبل بثقة.-- **الاقتصاد اليوم**.-- ع. 79 (2011/3).-- ص. 20-21.

البنوك تعزز دورها الحيوي بتمويل قطاع الأعمال.-- **الاقتصاد اليوم**.-- ع. 28 (2011/2).-- ص. 22-23.

دلائل اكتمال الدورة السعرية لسوق المال السعودي.-- **قضايا المال والأعمال في الكويت والخليج**.-- ع. 10 (2011/3/15).-- ص. 25-35.

دوغان، غاري. تردد المستثمرين وسط أنباء متفائلة.-- **الاقتصاد اليوم**.-- ع. 79 (2011/3).-- ص. 50-51.

رؤية تحليلية لأهم التحديات التي تواجه قطاع البنوك عام 2011.-- **قضايا المال والأعمال في الكويت والخليج**.-- ع. 11 (2011/3/21).-- ص. 5-17.

رؤية تحليلية لسبل تعافي سوق المال المصري.-- **قضايا المال والأعمال في الكويت والخليج**.-- ع. 10 (2011/3/15).-- ص. 45-54.

الفرص الاستثمارية الخليجية في القطاعات الغير نفطية في شمال وجنوب السودان.. الأبعاد والدلالات.-- **قضايا المال والأعمال في الكويت والخليج**.-- ع. 14 (2011/4/11).-- ص.18-32.

كركوتي، محمد . أشباه الدول والأموال المنهوبة.-- **الاقتصاد اليوم**.-- ع. 79 (2011/3).-- ص. 54-55.

الكويت - ديوان المحاسبة. **الكتاب السنوي لديوان المحاسبة - الإصدار الثاني** 2011.-- الكويت: ديوان المحاسبة، 2011.-- 258 ص.-- 657. 6(536.8) ك ت ا.

الموازنات الخليجية لعام 2011.-- **صحيفة مصرف الإمارات الصناعي**.-- مج. 26، ع. 3 (2011/3).-- ص. 1-3.

المؤتمر الرابع عشر لأصحاب الأعمال والمستثمرين العرب، عمان، الأردن 1-2 مارس 2011.-- **الاقتصادي الكويتي**.-- ع. 481 (2011/2).-- ص. 58-62.

المؤسسة العربية لضمان الاستثمار: ثورات العرب إيجابية استثماريا على المدى البعيد.-- **الصناعي**.-- مج. 164، ع. 164 (2011/5).-- ص. 52-53.

ويجلسويرث، روبن. أسواق الخليج بحاجة إلى اجتذاب مستثمري الأجل الطويل.-- **الاقتصاد اليوم**.-- ع. 79 (2011/3).-- ص. 44- 47.

هل تستطيع المحفظة العقارية إنقاذ العقار الكويتي من الانهيار؟.-- **قضايا المال والأعمال في الكويت والخليج**.-- ع. 14 (2011/4/11).-- ص. 6-15.

هل تقود دول مجلس التعاون الخليجي قاطرة التمويل الإسلامي عالميا؟.-- **قضايا المال والأعمال في الكويت والخليج**.-- ع.18 (2011/5/09) .-- ص. 8-24.

تلوث البيئة وحمايتها

اقتصاد أخضر وحوكمة بيئية.-- **البيئة والتنمية**.-- مج. 156، ع. 56 (2011/3).-- ص. 26-27.

حياصات، قاسم محمود. الأمن والضبط البيئي: عقبات عملية أم صعوبات تشريعية.-- **أخبار النفط والصناعة**.-- مج. 41، ع. 486 (2011/3).-- ص. 14-15.

الزهراني، يحيى. المسؤولية البيئية لشركات المناجم.-- **البيئة والتنمية**.-- مج. 16، ع. 157 (2011/4) .-- ص. 56-57.

ساكمار، سوزان. وآخرون. البصمة البيئية.-- **البيئة والتنمية**.-- مج. 16، ع. 157 (2011/4).-- ص. 20-27.

كينيدي، جوش. 8 خرافات عن طاقة الرياح.-- **البيئة والتنمية**.-- مج. 16، ع. 156 (2011/3).- - ص. 51-52.

نعوش، صباح . ضريبة الكربون في أوروبا- الجزء الأول.-- **أخبار النفط والصناعة**.-- مج. 41، ع. 486 (2011/3).-- ص. 16-18.

هلال، نداء. دعوة إماراتية لتبني اقتصاد أخضر.-- **البيئة والتنمية**.-- مج. 16، ع. 157(2011/4).-- ص. 28-32.

موضوعات أخرى

أبوزيد، أحمد محمد. تأثير التغير السكاني على الهوية الوطنية والأمن الوطني: دراسة حالة دولة الإمارات العربية المتحدة.-- **مجلة شؤون اجتماعية**.-- مج. 27، ع. 108 (2010).-- ص. 9-44.

تهافت على الموارد الطبيعية في أفريقيا.-- **البيئة والتنمية**.-- مج. 16، ع. 156 (2011/3).-- ص. 52-53.

جامعة الدول العربية. **الاجتماع الرابع للجنة الفنية العلمية الاستشارية للمجلس الوزاري العربي للمياه : على مستوى كبار المسؤولين**.-- القاهرة: جامعة الدول العربية،2011.-- 381 ص.-- (53) 628.11 ا ج ت.

جامعة الدول العربية. **قرارات مجلس جامعة الدول العربية على المستوى الوزاري في دورته العادية 135**.-- القاهرة: جامعة الدول العربية،2011.-- 175 ص.-- 341.121 ق ر ا.

جيلز، ديفيد. «فيس بوك» يعيد صياغة الصناعات إجتماعيا.-- **الاقتصاد اليوم**.-- ع. 79 (2011/3).-- ص. 56-58.

الحوار المتوسطي حول المياه.-- **البيئة والتنمية**.-- مج. 16، ع. 156 (2011/3).-- ص. 30-31.

زيادة تصنيف شركات المقاولات يعكس حيوية قطاع الإنشاءات.-- **الاقتصاد اليوم**.-- ع. 79 (2011/3).-- ص. 33-35.

الإمارات: مشروع قانون اتحادي لحماية المياه من الاستنزاف والتلوث.-- **أخبار النفط والصناعة**.-- مج. 41، ع. 486 (2011/3).-- ص. 30-31.

BIBLIOGRAPHY

Prepared by : Omar K. Ateefa
Information and Library Dept.

The bibliography presents a subject compilation of books, serials, documents, and periodical articles newly acquired by OAPEC's library. The entries are classified under the following subject headings.

COMMERCE & INTERNATIONAL ECONOMIC RELATIONS
ECONOMICS & DEVELOPMENT
ENERGY
FINANCE & PUBLIC FINANCE
PETROCHEMICALS
PETROLEUM (OIL & GAS)
POLLUTION & ENVIRONMENTAL PROTECTION
TECHNOLOGY TRANSFER
MISCELLANEOUS

COMMERCE & INTERNATIONAL ECONOMIC RELATIONS

The 2011 Arab uprisings: The outlook for business in the Middle East.-- **MEED**.-- Vol. 55, no. 10 (7/2011).-- p. 3-23.

Delimatsis, Panagiotis. The fragmentation of international trade law.-- **Journal of World Trade**.-- Vol. 45, no. 1 (2/2011).-- p. 87-116.

Drewry. **Ship operating costs annual review and forecast 2010/2011**.-- London: Drewry Shipping Consultants, 2010.-- 138 p.-- R058:387 SHI.

Foletti, Liliana (et al) . Smoke in the (Tariff) water.-- The **World Economy**.-- Vol. 34, no. 2 (2/2011).-- p. 248-264.

Grainger, Andrew. Trade facilitation: A conceptual review.-- **Journal of World Trade**.-- Vol. 45, no. 1 (2/2011).-- p. 39-62.

Ji, Wenhua and Huang, Cui. China's experience in dealing with WTO dispute settlement: A Chinese perspective.-- **Journal of World Trade**.-- Vol. 45, no. 1 (2/2011).-- p. 1-37.

Kennedy, Matthew. Why are WTO panels taking longer? And what can be done about it?.-- **Journal of World Trade.**-- Vol. 45, no. 1 (2/2011).-- p. 221-253.

MEED. **Rising to the challenge**.-- London: MEED, 2010.-- 26 p.-- Doc. 5544.

Patrick Neylan. **World shipbuilding 2010/2011: Annual review and forecast**.-- London: Drewry Shipping Consultants, 2010.-- 137 p.-- R058:387 WOR.

Sally, Razeen and Sen Rahul. Trade policies in Southeast Asia in the wider Asian perspective.-- **The World Economy**.-- Vol. 34, no. 4 (4/2011).-- p. 568-601.

Zhou, Weifeng and Cuyvers, Ludo. Linking international trade and labour standards: The European Union's GSP.-- **Journal of World Trade**.-- Vol. 45, no. 1 (2/2011).-- p. 63-85.

ECONOMICS & DEVELOPMENT

Al-Falih, Khalid . International cooperation at the new stage of economic globalization.-- **Middle East Economic Survey (MEES)**.-- Vol. LIV, no. 13 (28/3/2011).-- p. 28-30.

Kukulski, Jeffrey and Ryan, Michael. Investment history and market orientation effects in the TFP-FDI relationship.-- **The World Economy**.-- Vol. 34, no. 4 (4/2011).-- p. 546-567.

Saudi Arabia: Special report.-- **MEED**.-- Vol. 55, no. 07 (18/2/2011).-- p. 25-41.

Power & water: Special report.-- **MEED**.-- Vol. 55, no. 08 (25/2/2011).-- p. 31-41.

The way forward for Egypt.-- **MEED**.-- Vol. 55, no. 10 (7/2011).-- p. 20-21.

ENERGY

Aissaoui, Ali. WEF's repowering transport project: Review and implications.-- **Middle East Economic Survey (MEES)**.-- Vol. LIV, no. 18 (2/5/2011).-- p. 20- 23.

Alami, Randa . Arab electricity: New structures; old problems.-- **Energy & Geopolitical Risk**.-- Vol. 2, no. 4 (4/2011).-- p. 37- 40.

Angelini, Elrna (et al). Short-term forecasts of euro area GDP growth.-- **The Econometrics Journal**.-- Vol. 14, no. 1 (2011).-- p. C24-C44.

International Energy Agency. Libya is a major energy exporter, especially to Europe.-- **Arab Oil & Gas**.-- Vol. XL, no. 949 (1/4/2011).-- p. 43-46.

MEED. **Middle East power survey, 2010**.-- London: MEED, 2010.-- 26 p.-- Doc. 5591.

Petroleum Economist. **Energy map of the world, 2010.**-- London, 2010.-- V.p.-- Doc. 1411.

Qatar: Special report.-- **MEED**.-- Vol. 55, no. 09 (4/3/2011).-- p. 35- 49.

Robinson, David. **US Energy and climate legislation - the big deal.**-- Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, 2009.-- 27 p.-- 620.9: 711.2 (73) USA.

ENERGY - ECONOMIC ASPECTS

Aissaoui, Ali. Changing Arab political landscape impact on the energy investment climate.-- **Energy & Geopolitical Risk**.-- Vol. 2, no. 4 (4/2011).-- p. 26-33.

Bishop, Chris. Africa: no power, no growth.-- **Energy Economist**.-- No. 355 (5/2011).-- p. 24-26.

Energy price subsidies: Tehran crosses the Rubicon.-- **MENA Energy**.-- Vol. XLVIII, (1/2011).-- p. 34-38.

Haddad, Mohamed S. Capacity choice and water management in hydroelectricity systems.-- **Energy Economics**.-- Vol. 33, no. 2 (3//2011).-- p. 168-177.

Lee, Chien-Chiang. Nuclear energy consumption, oil prices, and economic growth: Evidence from highly industrialized countries.-- **Energy Economics**.-- Vol. 33, no. 2 (3//2011).-- p. 236-248.

Li, Fei (et al). Energy consumption-economic growth relationship and carbon dioxide emissions.-- **Energy Policy**.-- Vol. 39, no. 2 (2/2011).-- p. 568-574.

Narayan, Paresh Kumar (et al). Energy consumption at business cycle horizons: The case of the United States.-- **Energy Economics**.-- Vol. 33, no. 2 (3//2011).-- p. 161-167.

ENERGY - POLICY

Abdul-Wahab, Leheb Ata. Energy security: A dynamic concept.-- **Energy & Geopolitical Risk**.-- Vol. 2, no. 3 (3/2011).-- p. 47-53.

Strachan, Neil. Business-as-unusual : Existing policies in energy model baselines.-- **Energy Economics**.-- Vol. 33, no. 2 (3//2011).-- p. 153-160.

ENERGY – RESOURCES

Green, Richard and Vasilakos, Nicholas. The economics of offshore wind.-- **Energy Policy**.-- Vol. 39, no. 2 (2/2011).-- p. 496-502 .

Haggett, Claire. Understanding public responses to offshore wind power.-- **Energy Policy**.-- Vol. 39, no. 2 (2/2011).-- p. 503-510.

Japan nuclear crisis: A short story.-- **Sustainable Energy**.-- Vol. 11, no. 2 (3-4/2011).-- p. 9-17.

McCracken, Ross. Fossil fuel independence by 2050.-- **Energy Economist**.-- No. 355 (5/2011).-- p. 3-6.

McCracken, Ross. Underground coal gasification.-- **Energy Economist**.-- No. 355 (5/2011).-- p. 21-23.

MEED. **Arabian power & water - market report 2011**.-- London: MEED, 2011.-- 18 p.-- Doc. 5595.

Salman, Ramzi. The hazards of the nuclear option for energy security.-- **Energy & Geopolitical Risk**.-- Vol. 2, no. 4 (4/2011).-- p. 34-36.

Serletis, Apostolos. International evidence on aggregate short-run and long-run interfuel substitution.-- **Energy Economics.**-- Vol. 33, no. 2 (3//2011).-- p. 209-216.

Shihabedin, Adnan . Nuclear power programs in the Arab countries.-- **Sustainable Energy**.-- Vol. 11, no. 2 (3-4/2011).-- p. 19-35.

Stockle, M. What are the future fungible transportation fuels?.-- **Hydrocarbon Processing**.-- Vol. 90, no. 2 (2/2011).-- p. 51-55.

Thomas, Stephen. The nuclear renaissance.-- **Energy Economist**.-- No. 353 (3/2011).-- p. 23-26.

FINANCE & PUBLIC FINANCE

Banking on a change for the better.-- **MEED**.-- Vol. 55, no. 06 (11/2/2011).-- p. 18-19.

Banking: Special report.-- **MEED**.-- Vol. 55, no. 06 (11/2/2011).-- p. 32-41.

Benassy-Quere, Agnes and Bureau, Sophie. Rebalancing IMF quotas.-- **The World Economy**.-- Vol. 34, no. 2 (2/2011).-- p. 223-247.

Mazraati, Mohammad. Challenges and prospects of international marine bunker fuels demand.-- **OPEC Energy Review**.-- Vol. XXXV, no. 1 (3/2011).-- p. 1-26.

Pirani, Simon. **The impact of the economic crisis on Russian and CIS gas markets.**-- Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, 2009.-- 51 p.

UNCTAD. **Financial and economic crisis of 2008 - 2009 and developing countries**.-- New York: United Nations, 2010.-- 324 p.-- 336.3: 338 FIN.

GAS

Honore, Anouk. **European natural gas: Demand, supply and pricing**.-- Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, 2010.-- 477 p.-- 662. 767 (4) EUR.

Fattouh, Bassam and Stern, Jonathan P. **Natural gas markets in the Middle East and North Africa**.-- Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, 2011.-- 600 p.-- 662.69:658.8(53) NAT.

Bjerksund, Petter. Gas storage valuation: Price modeling v. optimization methods.-- **The Energy Journal**.-- Vol. 32, no. 1(2011).-- p. 203-228.

Boussena, Sadek and Locatelli, Catherine. Gas market developments and their effect on relations between Russia and the EU.-- **OPEC Energy Review**.-- Vol. XXXV, no. 1 (3/2011).-- p. 27-46.

Brinded, Malcolm. You can count on gas.-- **Middle East Economic Survey (MEES)**.-- Vol. LIV, no. 15 (11/4/2011).-- p. 33-34.

CEDIGAZ. **Natural gas in the world**.-- Cedigaz, 2010.--185 p.-- R058:662.69 NAT.

CEDIGAZ. Natural gas in the world review of developments in 2010.-- **Arab Oil & Gas**.-- Vol. XL, no. 952 (16/5/2011).-- p. 39-44.

EIA. World shale gas resources: An initial assessment of 14 regions outside the United States.-- **Arab Oil & Gas**.-- Vol. XL, no. 951 (1/5/2011).-- p. 44-50..

Finon, Dominique. The EU foreign gas policy of transit corridors: Autopsy of the stillborn Nabucco project.-- **OPEC Energy Review**.-- Vol. XXXV, no. 1 (3/2011).-- p. 47-69.

Israel's gas bonanza.-- **JPT**.-- Vol. 63, no. 3 (3/2011).-- p. 46-49.

Jensen, James T. Natural gas pricing: Current patterns & future trends.-- **Energy & Geopolitical Risk**.-- Vol. 2, no. 3 (3/2011).-- p. 24-39.

Lang, Miles. Qatar pins its LNG hopes on the East.-- **Petroleum Economist**.-- Vol. 78, no. 1 (2/2011).-- p. 20-21.

Liquefied natural gas (LNG).-- **Petroleum Economist**.-- Vol. 78, no. 2 (3/2011).-- p. 16-19.

Petroleum Economist & Statoil. **Gas map of Europe & the CIS.**-- London: Petroleum Economist, 2010.-- V.P.-- Doc.1413.

Petroleum Economist. **World LNG map, 2010/2011**.-- London: Petroleum Economist, 2011.-- V.p.-- Doc. 1411.

Ryan, Patrick. **The evolution and functioning of the traded gas market in Britain**.-- Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, 2010.-- 62 p.-- 662. 69 EVA.

PETROCHEMICALS

Beacham, Will. Chemicals smash old innovation paradigms.-- **ICIS chemical Business**.-- Vol. 279, no. 14 (18/4/2011).-- p. 32- 37.

Guzman, Doris de. Oleochemicals bounce back-- **ICIS chemical Business**.-- Vol. 279, no. 6 (6/2/2011).-- p. 28-33.

PETROLEUM

Attiga, Ali Ahmed and Chalabi, Fadhil. OAPEC: Attiga-Chalabi exchange of letters.-- **Energy & Geopolitical Risk**.-- Vol. 2, no. 4 (4/2011).-- p. 41-50.

Baron, Herve. **The oil & engineering guide**.-- Paris: Editions Technip, 2010.-- p. 200.-- 622. 24 OIL.

Energy Intelligence. **International crude oil market handbook, 2010**.-- New York: Energy Intelligence Research, 2010.-- V.p.-- R02:665.6 I61.

Energy Intelligence. **The energy intelligence top 100: Ranking the world's oil companies, 2011**.-- New York: Energy Intelligence, 2011.-- 292 p.-- R058:665.6 041.

Matthews, Cam. Heavy oil.-- **JPT**.-- Vol. 63, no. 3 (3/2011).-- p. 86- 94.

Petroleum Economist & BNP Paribas. **Oil & gas map of the Middle East & Africa**.--London: Petroleum Economist, 2010.-- V.p..-- Doc. 1415.

Ropital, Francois. **Corrosion and degradation of metallic materials**.-- Paris: Editions Technip, 2010.-- 257 p..-- 620.19 COR.

Vandecasteele, Jean-Paul. **Petroleum microbiology: Concepts environmental.**-- Paris, Editions technip, 2008.-- 2 Vols.-- 665.6: 576.8 PET.

PETROLEUM – ECONOMIC ASPECTS

Al-Saadi, Sabri Zire. Iraq's misuse of oil wealth and faulty economic policy fuel discontent.-- **Middle East Economic Survey (MEES)**.-- Vol. LIV, no. 9 (28/2/2011).-- p. 33-35.

Oil situation in 2010 and trends, by IFP.-- **Arab Oil & Gas**.-- Vol. XL, no. 947 (1/3//2011).-- p. 42-47.

Tracking global winter diesel fuel quality.-- **Petroleum Review**.-- Vol. 65, no. 769 (2/2011).-- p. 26-27.

PETROLEUM - GEOLOGY

Alikhan, Abbas Abdullateef. **Petroleum for non- petroleum engineers**.-- Kuwait: Kuwait University, 2004.-- 189 p.-- 665. 6 PET.

PETROLEUM & INTERNATIONAL ECONOMIC RELATION

Abd Allah, Hussein. Towards a new Egyptian oil policy after 25 January 2011.-- **Middle East Economic Survey (MEES)**.-- Vol. LIV, no. 12 (21/3/2011).-- p. 25-26.

Libya is a major energy exporter, especially to Europe.-- **Arab Oil & Gas**.-- Vol. XL, no. 949 (1/4/2011).-- p. 43-48.

Political turmoil in Arab countries: Hopes, worries and uncertainties.-- **Arab Oil & Gas**.-- Vol. XL, no. 949 (1/4/2011).-- p. 5-18.

Stanton, Chris. Egypt: Opposition splinters.-- **Energy Economist**.-- No. 353 (3/2011).-- p. 6-10.

Tempest, Paul. The Arab Revolt: Putting the Gulf into a Global Perspective.-- **Geopolitics of Energy**.-- Vol. 33, no. 2 (2/2011).-- p. 1-7.

The political crisis in MENA countries: Limited impact on the energy sector so far, but numerous uncertainties remind.-- **Arab Oil & Gas**.-- Vol. XL, no. 947 (1/3//2011).-- p. 3-10.

PETROLEUM – EXPLORATION

Iraq launches exploration round.-- **Middle East Economic Survey (MEES)**.-- Vol. LIV, no. 18 (2/5/2011).-- p. 1-4.

PETROLEUM - INDUSTRY

Facts on Libya: Oil and gas, by IEA.-- **Arab Oil & Gas**.-- Vol. XL, no. 947 (1/3//2011).-- p. 39-41.

From now on, there will be: Before and after the Arab revolts and Fukushima.-- **Arab Oil & Gas**.-- Vol. XL, no. 949 (1/4/2011).-- p. 3-5.

The role of the lender.-- **Petroleum Review**.-- Vol. 65, no. 769 (2/2011).-- p. 16-17.

The top 10 risks for oil and gas.-- **Petroleum Review**.-- Vol. 65, no. 769 (2/2011).-- p. 12-13.

Westgaard, Sjur (et al). Co-integration of ICE gas oil and crude oil futures.-- **Energy Economics**.-- Vol. 33, no. 2 (3//2011).-- p. 311-320.

PETROLEUM - MARKETING

Benghazi expands oil marketing operations amid intensified diplomacy.-- **Middle East Economic Survey (MEES)**.-- Vol. LIV, no. 16 (18/4/2011).-- p. 1-3.

PETROLEUM - PRICES

Aissaoui, Ali. Fiscal break-even prices: What more could they tell us about OPEC policy behavior?.-- **Middle East Economic Survey (MEES)**.-- Vol. LIV, no. 11 (14/3/2011).-- p. 28-34.

Ait-Laoussine, Nordine & Gault, John. Oil price reaction to Middle East turmoil is unjustified and dangerous.-- **Middle East Economic Survey (MEES)**.-- Vol. LIV, no. 10 (7/3/2011).-- p. 26-28.

Crude benchmark evolution.-- **Energy Economist**.-- No. 353 (3/2011).-- p. 15-19.

Edwards, William R. Are oil prices inviting price controls? .-- **Middle East Economic Survey (MEES)**.-- Vol. LIV, no. 12 (21/3/2011).-- p. 27-28.

Hammoudeh, Shawkat. Arab revolutions and oil price scenarios.-- **Middle East Economic Survey (MEES)**.-- Vol. LIV, no. 12 (21/3/2011).-- p. 26-27.

Lescaroux, Francois. The oil price - microeconomy relationship is alive and well.-- **The Energy Journal.**-- Vol. 32, no. 1 (2011).-- p. 25-48.

McCracken, Ross. Oil: $100/b moves from ceiling to floor .-- **Energy Economist**.-- No. 355 (5/2011).-- p. 11-13.

Naccache, Theo . Oil price cycles and wavelets.-- **Energy Economics**.-- Vol. 33, no. 2 (3//2011).-- p. 338-352.

Prices: Brent is at $125/b despite a 6-2 million barrel increase in U.S. crude stocks.-- **Arab Oil & Gas**.-- Vol. XL, no. 951 (1/5//2011).-- p. 3-5.

PETROLEUM - PRODUCTION

Jiyad, Ahmed Mousa. Comment on rumaila oilfield production.-- **Energy & Geopolitical Risk**.-- Vol. 2, no. 3 (3/2011).-- p. 40-41.

PETROLEUM - REFINING

Motaghi, M; Ulrich, B and Subramanian, A . Slurry-phase hydrocracking-possible solution to refining margins.-- **Hydrocarbon Processing**.-- Vol. 90, no. 2 (2/2011).-- p. 37-43.

Quinlan, Martin. European refinery sales accelerate.-- **Petroleum Economist**.-- Vol. 78, no. 2 (3/2011).-- p. 8-9.

PETROLEUM - SUPPLY AND DEMAND

Mazraati, Mohammad and Shelbi, Haithem. Impact of alternative fuels and advanced technology vehicles on oil demand in the United States up to 2030.-- **OPEC Energy Review**.-- Vol. XXXV, no. 1 (3/2011).-- p. 70-89.

Quinlan, Martin. OPEC uncertainty threatens Angola's expansion plans.-- **Petroleum Economist**.-- Vol. 78, no. 1 (2/2011).-- p. 9-11.

PETROLEUM- EXPLORATION

Lang, Miles. Jubilee lights the way for exploration hot-spots.-- **Petroleum Economist**.-- Vol. 78, no. 1 (2/2011).-- p. 17-19.

POLLUTION & ENVIRNMENTAL PROTECTION

Bao, Qun; Chen Yuanyuan and Song, Ligang. Foreign direct investment and environmental pollution in China: A simultaneous equations estimation.-- **Environment and Development Economics**.-- Vol. 16, no. 1 (2/2011).-- p. 71-92.

Bhore, Nazeer. It would be unrealistic to think that greenhouse gas emissions will be stabilized by 2030.-- **Arab Oil & Gas**.-- Vol. XL, no. 947 (1/3/2011).-- p. 22-25.

Brechet, Thierry; Gerard, Francois; and Tulkens, Henry. Efficiency vs. stability in climate coalitions: A conceptual and computational appraisal.-- **The Energy Journal**.-- Vol. 32, no. 1 (2011).-- p. 49-76.

Kettunen, Janne; Bunn, Derek W. and Blyth, William. Investment propensities under carbon policy uncertainty .-- **The Energy Journal**.-- Vol. 32, no. 1(2011).-- p. 77-117.

LECOMTE, Fabrice; BROUTIN, Paul and LEBAS, Etienne. **CO2 capture: Technologies to reduce greenhouse gas emissions**.-- Paris: Editions Technip, 2010.-- p. 176.-- 661.66 COT.

Linnerud, Kristin. The impact of climate change on nuclear power supply.-- **The Energy Journal**.-- Vol. 32, no. 1 (2011).-- p. 149-168.

Noy, Ilan. Fiscal storms: Public spending and revenues in the aftermath of natural disasters.-- **Environment and Development Economics**.-- Vol. 16, no.1 (2/2011).-- p. 113-128.

MISCELLANEOUS

Butt, Gerald. Revolutions update: Less euphoria, more questions.-- **Energy & Geopolitical Risk**.-- Vol. 2, no. 4 (4/2011).-- p. 7-12.

Butt, Gerald. Forward from the Arab revolutions.-- **Energy & Geopolitical Risk**.-- Vol. 2, no. 3 (3/2011).-- p. 11-15.

El Houry, Ramzi. Water security for the GCC.-- **Energy & Geopolitical Risk**.-- Vol. 2, no. 3 (3/2011).-- p. 44-46.

Hirst, David . Israel and the Arab awakening.-- Energy & **Geopolitical Risk**.-- Vol. 2, no. 3 (3/2011).-- p. 7-11.

Hammoudeh, Shawkat. Arab unification is the ultimate goal on the long march of Arab revolutions.-- **Middle East Economic Survey (MEES)**.-- Vol. LIV, no. 16 (18/4/2011).-- p. 25-26.

John, Roberts. The Arab revolution of 2011.-- **Energy Economist**.-- No. 353 (3/2011).-- p. 3-5.

Karum, Muhammad Nasr. Egypt's Islamic groups future plans.-- **Energy & Geopolitical Risk**.-- Vol. 2, no. 3 (3/2011).-- p. 17-21.

OIL AND ARAB COOPERATION

Volume 37 Issue 137 Spring 2011

Editor - in - Chief

Abbas Ali Naqi

Managing Editor

Aissa Siouda

EDITORIAL BORD

Hasan M. Qabazard
Usameh El-Jamali
Mamoun A. Halabi
Atif Al-Jamili

Saed Akashah
Ahmed Al-Kawaz
Jamil Tahir
Samir El Karaeish

Oil and Arab Cooperation, *a quarterly publication of General Secretariat of the* **Organization of Arab Petroleum Exporting Countries** *(OAPEC), address the role of petroleum in Arab Cooperation and development.*

Articles published in this journal reflect opinions of their authors and not necessarily those of OAPEC.

All right reserved. Reproduction in full or in part requires prior written consent from OAPEC. Quotations are permitted with due acknowledgement.

Prices

Annual Subscription (4 issues including postage)

Arab Countries:

Individuals: KD 8 or US $25

Institutions: KD 12 or US$45

Other Countries:

Individuals: US$ 30

Institutions: US$ 50

All Correspondences should be directed to:

the editor – in-Chief of Oil and Arab Cooperation.

OAPEC, P.O.Box 20501 Safat, 13066 State of Kuwait

Tel: (00965) 24959000

Fax: (00965) 24959747

E-mail: oapec@oapecorg.org / oapec@oapec.fasttelco.com

Website: www.oapecorg.org

GUIDELINES FOR CONTRIBUTORS TO OIL AND ARAB COOPERATION

Aims and scope

The Organization of Arab Petroleum Exporting Countries publishes Oil and Arab Cooperation each quarter with a view to enhancing the Arab reader's awareness of the interaction between petroleum and socioeconomic development. In research articles, book reviews, documents, and bibliographies, the journal examines the diverse issues involved in this relationship and in the economic integration to which the Arab nation aspires. This is to serve the interests of Arab society and the Arab individual. The bibliography section provided in each issue, presents a subject compilation of books, documents, and periodical article newly acquired by OAPEC's library. The entries are classified under the following subject headings.

Research articles

Oil and Arab Cooperation welcomes sound, creative research that helps to develop Arab economic thought within the framework of the journal's goals and philosophy. Persons researching petroleum and development issues and sharing our concern are invited to contribute research articles to our journal. The following points should be observed:

1. The article should not be previously published in Arabic.
2. The article should be about 20 - 40 pages typed . Arab contributors are expected to write in Arabic.
3. Three clear copies of the article must be supplied.
4. A descriptive **abstract** in English must also be supplied, summarizing the purpose, scope, and methods of the research and detailing the findings and conclusions. It should be 3 - 5 pages, and carry the information specified for the title page. It should be written in the third person and be intelligible without reference to the article.
5. A 40 word summary must be supplied in Arabic by Arab authors or in language of article by others.
6. The title page should be as accurate and informative but as concise as possible. Author name(s) must be supplied along with a brief C.V. and the titles of four publications by the author(s).

If the research has previously been presented at a conference or been published in another language, a note should so state, giving the conference name, place, and dates, or the journal name, date, and volume/issue numbers, and the foreign language title of the article.

7. ***Form and style:*** The journal's readers represent different disciplines. Writing should be simple and concise, and any abbreviations and technical terms must be defined. Tables and illustrations should be used only to support the text. They should be numbered consecutively, and each headed with a brief descriptive title.
8. ***List of references:*** The journal requires that authors cite accurately and completely all sources used.

Reports

Reports of 15 - 30 pages are accepted on conferences or symposiums related to petroleum, economics, or development which have been attended by the author. Prior permission must be obtained from the author's employer or the conference/symposium sponsor.

Book reviews

The journal also welcomes reviews of books on oil and development. A book reviewed for the journal must be a recent publication that contributes to the development of economic thought. The review, in about 15 -25 pages typed double-spaced, should include a description of the content and ideas of the book as well as critique of the author's treatment of his or her topic. The reviewer must provide, in the original language, the title of the book, the author's name, the publisher's name, and the place and date of publication

Publication

The following conditions apply to the publication of research articles and book reviews in Oil and Arab Cooperation:

I. The Editorial Board alone determines the suitability of articles and reviews for publication.
2. The published article or review becomes the property of the journal.
3. An honorarium is paid for each article or review published. Authors of articles receive 30 complimentary copies of the article and 5 copies of the issue in which it appears.

Articles and reviews should be directed to

Mr the Editor -in -Chief, Oil and Arab Cooperation,
OAPEC P.o.Box 20501 Safat, 13066 State of Kuwait.
E-mail: oapec@oapecorg.org
Website: www.oapecorg.org

OIL AND ARAB COOPERATION

Volume 37 Issue 137 Spring 2011

Contents

Special Issue Dedicated to the OAPEC's Scientific Research Award for the year 2010

Second Prize (Ex-aequo)

The Results of Applying 3D Seismic Survey and Horizontal Drilling technologies on Exploration and Oil Production Operations in Syria 9

Khaled Ahmed Khalaf

Abstract in English 6

Second Prize (Ex-aequo)

Using ASP Chemical Flooding Method for Increasing Oil Displacement Factor in Dero Oilfield (Syria) 105

Mosab Badr Al-Din Al-Barede

Abstract in English 8

Report

Second IEF, NOC-IOC Forum

Bringing Together Distinctive Competences for Common Challenges

Prepared by: Abdul Fattah Dandi 199

Book Review

Heavy Crude Oils from Geology to Upgrading, an Overview

Reviewed by: Imad Makki 215

Bibliograpy

Arabic 229

English 11

Abstract

The Results of Applying 3D Seismic Survey and Horizontal Drilling technologies on Exploration and Oil Production Operations in Syria

Dr. Eng. Khaled Ahmed Khalaf

3D seismic survey is one of the most effective technologies on exploration and production of oil and gas.

This research clearly indicates the positive impact of this technology on exploring and developing Gebaibe Oil Field, north-eastern Syria, which is operated by *Kawkab Oil Company* (one of the joint ventures with the Syrian Petroleum Company).

Chapter one denoted an overview of a number of techniques of effective impact on exploration and production industry, with some applied examples from Syria.

Chapter two illustrated the importance of 3D seismic survey, its emergence, history and development until present, and briefly identified the most important elements and principles of seismic data acquisition, processing and interpretation.

Chapter three included an introduction to the geology of the studied region and its general tithostratigraphiy, with special focus on Chilo Formation in Gebibe Oil Field. It also reviewed the history and development of 2D and 3D

seismic survey in Syria, and elaborated on acquisition and interpretation of 3D seismic survey in Gebaibe Oil Field, and showed its relation to the results of horizontal drilling in the structure, where 19 wells with 100% success rate were drilled in 2009.

Chapter four highlighted an economic study for a 3D seismic survey project that was undertaken in Q1 2010 by Syrian crew in Jbissa Oil Field adjacent to Gebaibe Oil Field. The economics showed that the cost of the survey is almost less than that of drilling one dry exploration well.

Finally, the research supported the importance of 3D seismic survey with three examples, and concluded that this technology is very effective especially when acquisition and interpretation factors are appropriately chosen, and when creative interpretation techniques are adopted, such as the auto- tracing of faults and fractures technique which was used in interpreting the 3D seismic survey of Gebaibe Oil Field.

THESIS ABSTRACT

USING ASP CHEMICAL FLOODING METHOD FOR INCREASING OIL DISPLACEMENT FACTOR IN DERO OILFIELD (Syria)

PHD In Enhanced Oil Recovery(EOR)

This work was conducted to study the feasibility of using ASP Chemical injection as Enhanced oil recovery method to increase the recovery factor from the Syrian oil fields At the beginning a Literature Review of the enhanced oil recovery methods in general was conducted, especially chemical methods, including ASP solution method (lab studies and field projects related to this method),

After studying reservoir characteristics of Syrian oil fields and the data were correlated with the requirements ASP chemical injection applications, a suitable field was selected (Diero field for lab experiments), and samples of the field pay formation and fluids were prepared, and their chemical and physical properties were defined.

In the lab experiments, 14 types of surfactants, 7 types of polymers, and 6 types of alkaline were used, chemical and physical parameters of their solutions were determined, to determine the optimum concentration for each component in the injection system (if were injected separately), then the optimal concentrations of their mixed solution in the formation (ASP) which can achieve the

Alkaline- Surfactant-Polymer- Screening criteria- Displacement-Station- Flooding Permeability-Porosity-Phase Behavior-Single Phase-Miscibility-Solution-Mixture- ChemicalEOR-InterfasialTension-SurfaceTension-Viscosity-Conductivity-Turbidity-Adsorption-Share Rate-Optimum Concentration-Anionic-Non Anionic-Simulation-Oil Recovery-Pilot-Slug-Cores-Recoverability-Water Percent-Injection-Economical- Cash water

lowest interfacial tension, and on the other hand the maximum viscosity.

Since studying the phase behavior is very important for displacement mechanism explanation, as well as correlation the displacement and phase behavior results with field testing are considered of the crucial factors in the success of ASP chemical injection. In this view the effect of addition every component of ASP solution on ASP solution/oil miscibility, the effect of formation salinity and temperature on the mentioned property were studied.

As a result of this study the optimum concentrations of ASP solution components (that are selected in the previous step) were determined from the phase behavior point of view (e.i the concentrations that meet the minimum multiphase area and maximum single phase area).

In the next step the chosen solution was injected in formation rock model which simulate the reservoir formation of the field in different methods and patterns , and the results of ASP solution injection were compared with dual component arrangements injection trials such as: water injection Then the optimal volume of the ASP solution slug to be injected in the reservoir was determined.

Finally economic study was conducted, included selection of pilot model of the field, determination of volume of injected chemicals, suggested plan of chemical injection sequence, in addition to design of suggested injection pattern, then the cost of chemical to be injected in the model was calculated, and the expected oil production volumes from the pilot after ASP solution slug injection.

As a result from the above mentioned, a very important group of results were obtained and classified at the end of this study.

منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك)

37

2010

تقرير الأمين العام السنوي

السابع والثلاثون

من إصدارات المنظمة

OIL AND ARAB COOPERATION

Volume 37 Issue 137 Spring 2011

Special Issue Dedicated to the OAPEC's Scientific Research Award for the year 2010

Second Prize (Ex-aequo)

The Results of Applying 3D Seismic Survey and Horizontal Drilling technologies on Exploration and Oil Production Operations in Syria

Khaled Ahmed Khalaf

Second Prize (Ex-aequo)

Using ASP Chemical Flooding Method for Increasing Oil Displacement Factor in Dero Oilfield (Syria)

Mosab Badr Al-Din Al-Barede

Report *Second IEF, NOC-IOC Forum*
Bringing Together Distinctive Competences for Common Challenges

Prepared by: Abdul Fattah Dandi

Book Review *Heavy Crude Oils from Geology to Upgrading, an Overview*

Reviewed by: Imad Makki

Bibliography: Arabic - English

Refereed Journal Published Quarterly by the Organization of Arab Petroleum Exporting Countries (Oapec)