الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي
جامعة دمشق/كلية العلوم
قسم الجيولوجيا

تقييم التشكيلات المخترقة في حقل شمال الحسين باستخدام القياسات الجيوفيزيائية البئرية

Evaluation of penetrated formations in North Hussein Field by Using Well-Logging.

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في الجيوفيزياء التطبيقية

إعداد: الطالب محمد علي حسن حسن

بإشراف:
د. علي العجي
أستاذ مساعد في كلية العلوم قسم الجيولوجيا.

إشراف مشارك:
د. ماجدة البكور
مدرس في الجامعة السورية الخاصة.

١٤٤٣ هـ/٢٠٢٢ م

إهداء

إلى فرحة العمر، وسبب إصراري للتقدم إلى ابنتي إيڤ.

إلى من جمعنا في أوج تفككنا، إلى لوني المفضل، وصوتي الأجمل، إلى من اختصر الله الكون بها، إلى أمي هدى.

إلى القلب الحنون، والسند العظيم، إلى من علمني أن الاعتماد على الذات خير من ألف اعتماد، إلى أبي حسن.

إلى من شاركني كل شيء، وعاش معي الحزن قبل الفرح، إلى زوجتي زينب.

إلى عائلتي الثانية التي رسخت بداخلي الكرم والطيبة وكل شيء جميل، إلى عمي عماد وخالتي سوريه.

إلى من جعلتهم الحياة لي أخوة، إلى من شاركوني مصاعب حياتي إلى الأوفياء، إلى فاطر، قيس، محسن، تامر، وأيهم.

شكر وتقدير

أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى الدكتور علي العجي، والدكتورة ماجدة البكور لموافقتهما الإشراف على هذه الرسالة، وتوجيهاتهما المستمرة لإتمام هذا البحث.

كما أتقدم بخالص الشكر إلى رئاسة جامعة دمشق التي وافقت على اعتماد موضوع هذه الدراسة وإنجازها.

الشكر وكل التقدير إلى عمادة كلية العلوم، ورئاسة قسم الجيولوجيا، وأتقدم بكامل الشكر إلى أعضاء لجنة التحكيم.

كما أتقدم بجزيل الشكر إلى الشركة السورية للنفط لتعاونها ومساعدتها لي بتقديم البيانات اللازمة لإنجاز هذا البحث.

محمد علي حسن حسن.

	المحتويات
iv	المحتويات
vi	قائمة الأشكال
ix	قائمة الجداول
x	ملخص البحث
xi	Abstract
	الفصل الأول
٢	١- مقدمة
٢	٢- منطقة الدراسة
٤	٢-١- المقطع الستراتغرافي والمواصفات الليثولوجية في منطقة الدراسة
٨	٢-٢ الخزانات الحاملة للهيدروكربون
١٠	٣- الهدف والغاية من الدراسة
١١	٤- الدراسات السابقة
	الفصل الثاني
١٤	١- القياسات البئرية
١٤	١-١- قياس قطر البئر
١٥	١-٢- قياس إشعاعات غاما الطبيعية
١٦	١-٣- قياسات المقاومية الكهربائية
١٧	١-٤- قياس الكثافة
١٨	١-٥- قياس النترون
١٩	١-٦- القياس الصوتي
٢٠	٢- تقييم التشكيلات
٢٠	٢-١- تسجيل سائل الحفر
٢٠	٢-٢- اللباب
٢١	٢-٣- التسجيلات البئرية
٣٣	٣- الذكاء الصنعي
٣٣	٣-١- التقنيات المستخدمة في الذكاء الصنعي
٣٤	٣-١-١- المنطق الترجيحي
٣٤	٣-١-٢- مفهوم الشبكات العصبونية
	الفصل الثالث
٤١	١- منجية البحث وطرائقه
٤٢	١-١- جمع المعطيات
٤٣	١-٢- البرامج الحاسوبية المستخدمة
٤٣	١-٣- تفسير القياسات الجيوفيزيائية البئرية
٤٣	١-٣-١- التقييم الكيفي
٤٤	١-٣-١-١- المخططات التقاطعية
٤٤	● المخطط التقاطعي لقياسي كثافة-نترون
٥٤	● المخطط التقاطعي لقياسي كثافة-مقطع امتصاص كهروضوئي
٦٣	● المخطط التقاطعي Rhomaa-Umaa
٧١	١-٣-١-٢- تحديد نوع الشيل
٧١	●المخطط التقاطعي لتركيز الثوريوم-بوتاسيوم

●المخطط التقاطعي لنسبة ثوريوم على بوتاسيوم أمام مقطع الامتصاص الكهروضوئي	٧٢
١-٣-١-٣- تحديد نمط توضع الشيل	٧٤
١-٣-٢- التقييم الكمي	٧٧
١-٣-٢-١- حساب حجم الشيل	٧٧
١-٣-٢-٢- حساب المسامية بأنواعها	٧٩
١-٣-٢-٣- حساب الإشباع	٨٤
١-٣-٢-٤- حساب القيم الحدية وتحديد نسبة Net/Gross	٨٥
١-٣-٢-٥- وضع النموذج البتروفيزيائي	٨٧
١-٣-٣- الشبكات العصبونية في تقييم التشكيلات	٩٤
١-٣-٣-١- تدريب الشبكة العصبونية	٩٤
١-٣-٣-٢- اختبار نتائج تنبؤ تدريب الشبكة العصبونية وتعميمها	٩٥
الفصل الرابع	
النتائج والتوصيات	٩٩
المراجع	١٠١

قائمة الأشكال

الشكل (١-١): بلوك الرصافة الذي يضم حقل شمال الحسين [٤].
الشكل (١-٢): التراكيب المحفورة في هضبة حلب، منخفض عفرين، منخفص حمص، الغاب، ومنخفض الكبير الشمالي [٤].
الشكل (١-٣): المقطع الستراتغرافي لمنطقة الدراسة [٤].
الشكل (٢-١): مخطط Thomas-stiber لتحديد نمط توضع الشيل، من خلال المسامية النترونية على المحور X، والمسامية الكثافية على المحور Y [٣٦].
الشكل (٢-٢): مخطط ثوماس-ستيبر [٣٤].
الشكل (٢-٣): طريقة حساب أس الإشباع [٣٥].
الشكل (٢-٤): طريقة حساب أس السمنتة [٣٥].
الشكل (٢-٥): مخطط بيكيت لحساب مقاومية المياه الطبقية [٣٥].
الشكل (٢-٦): تحديد درجة العضوية للمسامية النترونية باستخدام المنطق الترجيحي [١٦].
الشكل (٢-٧): العصبون البيولوجي [٢٥].
الشكل (٢-٨): الخلية العصبية الصنعية [٢٢].
الشكل (٢-٩): دالة سيغمويد [٢٢].
الشكل (٣-١): توزع آبار حقل شمال الحسين مع جزء تم تكبيره يشمل توزع مجموعة الآبار التي استُخدمت من أجل إنجاز هذا البحث [٤].
الشكل (٣-٢): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة نترون لتشكيلة جدالا-باليوجين أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كيرماف-باليوجين أسفل (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٣): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة نترون لتشكيلة شيرانيش-كريتاسي أعلى (الجزء اليميني)، وسحنة ارك مارل-كريتاسي أعلى من تشكيلة السخنة (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٤): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة نترون لسحنة رماح شيرت-كريتاسي أعلى من تشكيلة السخنة (الجزء اليميني)، لتشكيلة جوديا-كريتاسي أعلى (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٥): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة نترون لتشكيلة حيان-كريتاسي أعلى (الجزء اليميني)، لتشكيلة الرطبة-كريتاسي أسفل (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٦): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة نترون لتشكيلة كامشوكا-جوراسي (الجزء اليميني)، لتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٧): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة نترون لتشكيلة بطمة-تریاسي أعلى (الجزء اليميني)، لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-تریاسي أوسط (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٨): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة نترون لتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط.
الشكل (٣-٩): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة نترون لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-تریاسي أوسط (الجزء اليميني)، لتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط (الجزء اليساري).
الشكل (٣-١٠): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة نترون لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-تریاسي أوسط (الجزء اليميني)، لتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط (الجزء اليساري).
الشكل (٣-١١): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة نترون لتشكيلة كامشوكا-جوراسي.
الشكل (٣-١٢): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة نترون لتشكيلة سرجلو-تریاسي أعلى (الجزء اليميني)، ولتشكيلة موس-تریاسي أعلى (الجزء اليساري).
الشكل (٣-١٣): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة نترون لتشكيلة أدايا-تریاسي أعلى (الجزء اليميني)، ولتشكيلة بطمة-تریاسي أعلى (الجزء اليساري).
الشكل (٣-١٤): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة نترون لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-تریاسي أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط (الجزء اليساري).
الشكل (٣-١٥): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهرضوئي- كثافة لتشكيلة جدالا-باليوجين أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كيرماف-باليوجين أسفل (الجزء اليساري).
الشكل (٣-١٦): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهرضوئي- كثافة لتشكيلة شيرانيش-كريتاسي أعلى (الجزء اليميني)، ولسحنة ارك مارل-كريتاسي أعلى من تشكيلة السخنة (الجزء اليساري).
الشكل (٣-١٧): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهرضوئي-كثافة لسحنة رماح شيرت-كريتاسي أعلى من تشكيلة السخنة (الجزء اليميني)، ولتشكيلة جوديا-كريتاسي أعلى (الجزء اليساري).

الشكل (٣-١٨): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهرضوئي-كثافة لتشكيلة حيان-كريتاسي أعلى (الجزء اليميني)، ولتشكيلة رطبة-كريتاسي أسفل (الجزء اليساري).
الشكل (٣-١٩): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهرضوئي- كثافة لتشكيلة كامشوكا-جوراسي (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٢٠): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهرضوئي- كثافة لتشكيلة بطمة-تریاسي أعلى (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا أنهدريت-تریاسي أوسط (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٢١): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهرضوئي- كثافة لتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط.
الشكل (٣-٢٢): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهرضوئي-كثافة لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-تریاسي أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٢٣): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهرضوئي-كثافة لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-تریاسي أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٢٤): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهرضوئي-كثافة لتشكيلة كامشوكا-جوراسي.
الشكل (٣-٢٥): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهرضوئي-كثافة لتشكيلة سيرجيلو (الجزء اليميني)، ولتشكيلة موس-تریاسي أعلى (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٢٦): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهرضوئي-كثافة لتشكيلة أدايا-تریاسي أعلى (الجزء اليميني)، ولتشكيلة بطمة-تریاسي أعلى (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٢٧): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهرضوئي-كثافة لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-تریاسي أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٢٨): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة جدالا-باليوجين أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كيرماف-باليوجين أسفل (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٢٩): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة شيرانيش-كريتاسي أعلى (الجزء اليميني)، ولسحنة ارك مارل-كريتاسي أعلى من تشكيلة السخنة (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٣٠): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لسحنة رماح شيرت-كريتاسي أعلى من تشكيلة السخنة (الجزء اليميني)، ولتشكيلة جوديا-كريتاسي أعلى (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٣١): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة حيان-كريتاسي أعلى (الجزء اليميني)، ولتشكيلة رطبة-كريتاسي أسفل (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٣٢): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة كامشوكا-جوراسي (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٣٣): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة بطمة-تریاسي أعلى (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا أنهدريت-تریاسي أوسط (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٣٤): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط.
الشكل (٣-٣٥): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة كامشوكا-جوراسي.
الشكل (٣-٣٦): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة سرجلو-تریاسي أعلى (الجزء اليميني)، ولتشكيلة موس-تریاسي أعلى (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٣٧): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة أدايا-تریاسي أعلى (الجزء اليميني)، ولتشكيلة بطمة-تریاسي أعلى (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٣٨): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-تریاسي أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٣٩): نتائج المخطط التقاطعي لتركيز الثوريوم بوتاسيوم لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-تریاسي أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٤٠): نتائج المخطط التقاطعي لتركيز الثوريوم بوتاسيوم لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-تریاسي أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٤١): نتائج المخطط التقاطعي لنسبة الثوريوم على البوتاسيوم – مقطع الامتصاص الكهروضوئي لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-تریاسي أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط (الجزء اليساري).

الشكل (٣-٤٢): نتائج المخطط التقاطعي لنسبة الثوريوم على البوتاسيوم – مقطع الامتصاص الكهروضوئي لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-تریاسي أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط (الجزء اليساري).
الشكل (٣-٤٣): نمط توضع الشيل في تشكيلة الكوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط للبئر NH-٣
الشكل (٣-٤٤): نمط توضع الشيل في تشكيلة الكوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط للبئر NH-٧
الشكل (٣-٤٥): نمط توضع الشيل في تشكيلة الكوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط للبئر NH-١٠
الشكل (٣-٤٦): نمط توضع الشيل في تشكيلة الكوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط للبئر NH-٢٤
الشكل (٣-٤٧): نمط توضع الشيل في تشكيلة الكوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط للبئر NH-٢٥
الشكل (٣-٤٨): منحني حجم الشيل للآبار NH-٣ المنحني الأيسر، NH-٧ للمنحني الوسط، NH-١٠ للمنحني الأيمن.
الشكل (٣-٤٩): منحني حجم الشيل للآبار NH-٢٤ المنحني الأيسر، NH-٢٥ للمنحني الأيمن.
الشكل (٣-٥٠): منحنيات المسامية للبئر NH-٣.
الشكل (٣-٥١): منحنيات المسامية للبئر NH-٧.
الشكل (٣-٥٢): منحنيات المسامية للبئر NH-١٠.
الشكل (٣-٥٣): منحنيات المسامية للبئر NH-٢٤.
الشكل (٣-٥٤): منحنيات المسامية للبئر NH-٢٥.
الشكل (٣-٥٥): المسامية الثانوية مظللة باللون الأصفر لتشكيلة الكوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط للبئر NH-٣، في الجزء الأيسر، وللبئر NH-٧ في الجزء الأيمن.
الشكل (٣-٥٦): المسامية الثانوية مظللة باللون الأصفر لتشكيلة الكوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط للبئر NH-١٠، في الجزء الأيسر، وللبئر NH-٢٤ في الجزء الأيمن.
الشكل (٣-٥٧): المسامية الثانوية مظللة باللون الأصفر لتشكيلة الكوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط للبئر NH-٢٥.
الشكل (٣-٥٨): مخطط بيكيت لحساب قيمة مقاومية المياه الطبقية في الجزء اليساري، ومقاومية راشح سائل الحفر في الجزء اليميني للبئر NH-٢٥.
الشكل (٣-٥٩): منحنيات الإشباع المائي، والحجم الكلي للمياه في القطاعين النظيف والمغسول لتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط في البئر NH-٢٥.
الشكل (٣-٦٠): تحديد القيمة الحدية لحجم الشيل من خلال المخطط التقاطعي للمسامية الفعالة-حجم الشيل.
الشكل (٣-٦١): تحديد القيمة الحدية للإشباع المائي من خلال المخطط التقاطعي للمسامية الفعالة-إشباع مائي.
الشكل (٣-٦٢): مجموعة الشروط التي على أساسها يتم اختيار النموذج الخالي من الإشباعات.
الشكل (٣-٦٣): نتائج التفسير النهائي للبئر NH-٣
الشكل (٣-٦٤): نتائج التفسير النهائي للبئر NH-٧
الشكل (٣-٦٥): نتائج التفسير النهائي للبئر NH-١٠
الشكل (٣-٦٦): نتائج التفسير النهائي للبئر NH-٢٤
الشكل (٣-٦٧): نتائج التفسير النهائي للبئر NH-٢٥
الشكل (٣-٦٨): منحنيات دخل تدريب الشبكة العصبونية والمجالات العمقية المستهدفة في عملية التدريب في البئر NH-٣
الشكل (٣-٦٩): منحنيات دخل تدريب الشبكة العصبونية والمجالات العمقية المستهدفة في عملية التدريب في البئر NH-١٠
الشكل (٣-٧٠): منحنيات دخل تدريب الشبكة العصبونية والمجالات العمقية المستهدفة في عملية التدريب في البئر NH-٢٥
الشكل (٣-٧١): نتائج اختبار تدريب الشبكة العصبونية على البئر NH-٧.
الشكل (٣-٧٢): مخطط تقاطعي لقياس التسجيل الصوتي الهدف والقيم التي تم التنبؤ بها للبئر NH-٧.
الشكل (٣-٧٣): المدرجات التكرارية لقيمة خطأ التنبؤ بتسجيل القياس الصوتي في البئر NH-٧
الشكل (٣-٧٤): قياس التسجيل الصوتي الذي تم التنبؤ به للبئر NH-٣٥، في الجزء اليساري، وللبئر NH-٣٦، في الجزء اليميني.

قائمة الجداول

الجدول (٢-١): قيم الكثافة، وأزمنة الارتحال الصوتي، ومقطع الامتصاص الكهروضوئي لبعض الصخور، والموائع.
الجدول (٣-١): مجموعة الآبار التي تم اختيارها لإنجاز هذا العمل.
الجدول (٣-٢): التشكيلات التي أخذ قياسات بئرية لها في كل بئر.
الجدول (٣-٣) متوسط قيم المسامية الفعالة والثانوية وأكبر قيمة لهما في آبار منطقة الدراسة
الجدول (٣-٤): يوضح قيم مقاومية المياه الطبقية، ومقاومية راشح سائل الحفر في آبار منطقة الدراسة لتشكيلة الكوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط.
الجدول (٣-٥): نتائج تطبيق القيم الحدية على تشكيلة الكوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط في آبار منطقة الدراسة.

ملخص البحث

تم في هذا البحث التعرف على منطقة الدراسة من حيث الموقع والوضع الجيولوجي، والتشكيلات التي اخترقتها آبار الدراسة، مع ذكر الدراسات السابقة، وهدف البحث ومبرراته.

قدمت الدراسة النظرية مجموعة القياسات الجيوفيزيائية البئرية التي اعتُمد عليها خلال البحث، وأهمية كل قياس وتطبيقاته، وعلاقته مع القياسات الأخرى، وتم شرح تقنية الشبكات العصبونية في الذكاء الصنعي وأهميتها في القطاع النفطي.

قُيّم في هذا البحث التشكيلات المخترقة في حقل شمال الحسين، حيث قُسِّمت عملية التقييم إلى مرحلتين، وهما تقييم كيفي شمل مجموعة من العروض التقاطعية، وتقييم كمي شمل حساب حجم الشيل، والمساميات (كلية، فعالة، أولية، ثانوية) والإشباعات في القطاعين النظيف والمغسول وحجم الموائع، بالإضافة إلى استخدام تقنية الشبكات العصبونية للتنبؤ بمنحني قياس التسجيل الصوتي الذي كان مفقوداً في بئرين.

شملت النتائج العامة في نهاية البحث نتائج التقييم البتروفيزيائي ونتائج استخدام الشبكات العصبونية الصنعية في عملية التقييم.

Abstract

In this research, the studied area was identified in terms of the location, the geological situation, and the formations that are penetrated by the studied wells, mentioning previous studies, the research objective, and its justifications.

The theoretical study presented a set of well geophysical measurements that were relied upon during the research, the importance of each measurement and its applications, and its relationship with other measurements. The technique of neural networks in artificial intelligence and its importance in the oil sector was also explained.

In this research, the penetrated formations were evaluated in the North Al-Hussein field. The evaluation process was divided into two stages: a qualitative evaluation that included a set of cross plots, and a quantitative evaluation that included calculating the volume of shale, porosities (total, effective, primary, secondary) and saturations in the clean and washed zones and the volume of fluids, in addition to using neural network technology to predict the transit time log curve that was missing in two wells.

The research conclusion included the results of the petrophysical evaluation and the use of artificial neural networks in the evaluation process

الفصل
الأول

١- مقدمة:

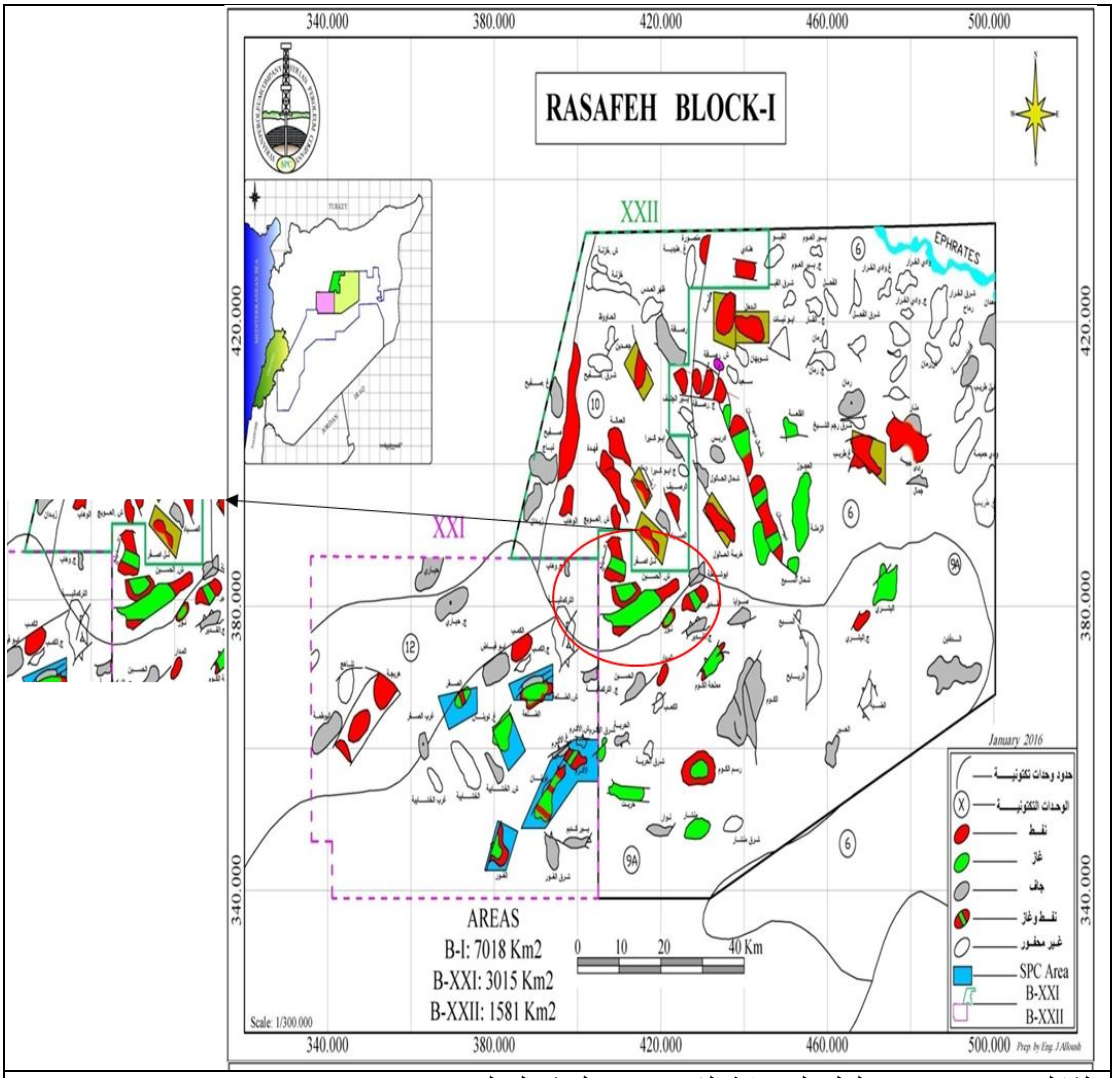
يُعدّ تقييم التشكيلات أساساً لفهم الآبار المحفورة في أي حقل، وتقديم صورة متكاملة لإنتاجية كل بئر، وحساب احتياطي الحقل، والحصول على بارامترات تفيد في حساب ما سبق، وإن تشابه خطوات تقييم التشكيلات لا تعني بالضرورة الوصول إلى النتائج نفسها، وإن كانت للبئر ذاته، فهي بحد ذاتها عملية بحثية ذات ديمومة، ولسببية ارتباطها بالنفط والغاز فقد نالت نصيباً هائلاً من التطوير والبحث المستمرين لتقديم أفضل النتائج بأقل وقت وجهد ومال، وأحد أهم هذه العمليات التطويرية هي استخدام تقنيات الذكاء الصنعي بما يخدم عمليات التقييم والتفسير لقدرته العالية في التصنيف والتنبؤ، ولاختزاله الكثير من الوقت والجهد، وتوفيره لكثير من المال للحصول على بارامترات مهمة في هذه العملية.

٢- منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة في الجمهورية العربية السورية، حيث تقع أراضيها في الجهة الشمالية الغربية من قارة آسيا، حيث تمتد بين خطي عرض ٤٢,٣٢، و٢٠,٣٧، وخطي طول ٤٣,٣٥، و٣٥,٤٣، وهي تمثل من الناحية الجيولوجية جزءاً مهماً من شمال غرب الصفيحة العربية، ويزيد من أهمية هذا الجزء موقعه المتميز إلى جانب خط تصادم الصفيحة الأوراسية، مع الصفيحة العربية، كما يضفي هذا التنوع البيئي والجيولوجي، والبنيوي الذي تتميز به الأراضي السورية على الرغم من صغر مساحتها، والتي هي ١٨٥ ألف كم^2 أهمية خاصة على هذا الجزء من شمال غرب الصفيحة العربية، وتتميز الجمهورية العربية السورية من الناحية الجيولوجية بجزأين رئيسين هما:

- جزء مستقر نسبياً ويضم كلّاً من نهوض الأردن، ومنخفض جبل العرب، ونهوض الرطبة.
- جزء متحرك نسبياً، ويضم كلّاً من هضبة حلب، ونطاق الطي التدمري، ونطاق طي سنجار-عبد العزيز، ونطاق الكتل الجبلية ما بعد السطيحية لشرق البحر الأبيض المتوسط، ومقدمة حفرة ما بين النهرين، وتعد الفوالق العميقة ذات اتجاه شمال شرق- جنوب غرب الحدود الجنوبية لنطاق الطي التدمري، الحد الفاصل بين هذين الجزأين.

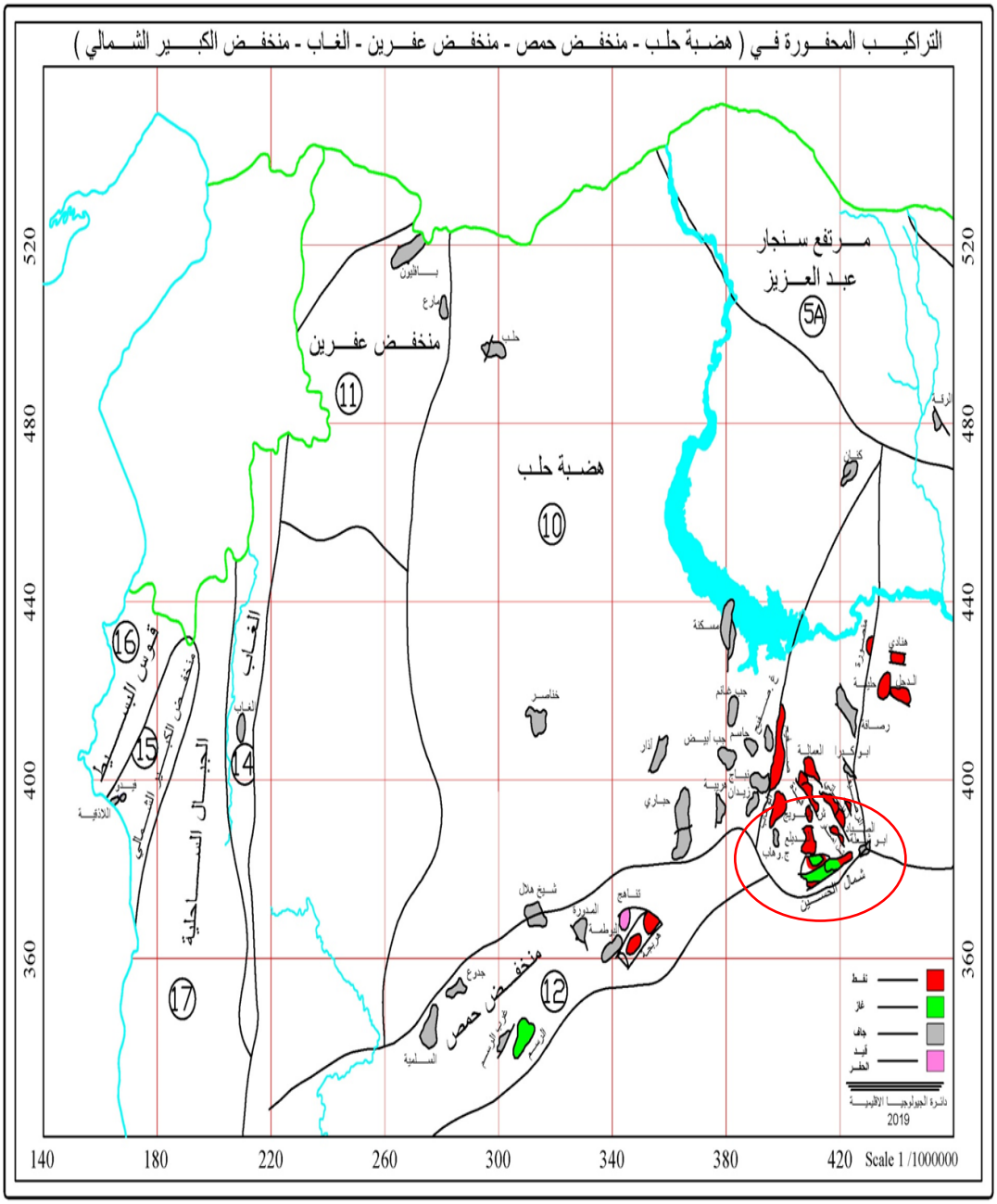
يوجد تركيب شمال الحسين ضمن قطاع يدعى بلوك الرصافة، وهو تسمية محلية من قبل الشركة السورية للنفط، وجيولوجيّاً يتمركز تركيب حقل شمال الحسين في أقصى الجزء الجنوبي الغربي من هضبة حلب المتاخمة لوحدة التدمرية الشمالية من جهة الشمال، وعلى تماس مع الامتداد الغربي لمنخفض الفرات من جهة الغرب (شكل ١-١).



الشكل (١-١): يوضح بلوك الرصافة الذي يضم حقل شمال الحسين [٤].

يتبع تركيب شـمال الحسـين من الناحية التكتونية لوحدة هضـبة حلب (شـكل ١-٢)، تعدّ هضبة حلب جزءاً ناهضـاً من الرصيف القاري يقع شمال غرب سوريا، تشكلت بفعل نهوض في جسـم القاعدة البلورية خلال الحركة الهرسـينية (الباليوزوي الأعلى)، مما أدى إلى تراجع البحر خلال عصـر الـديفوني عنهـا، ونشـاط عمليـات الحـت، والتعريـة الجويـة. إن التأثير الكبير في تشكلها يعود للحركات الإلبية، وقد أدت هذه الحركة إلى رفع المنطقة خلال الجوراسي الأعلى، وكانت عمليات النهوض أكثر وضوحاً في الأجزاء المركزية حيث أدت إلى فقدان أجزاء مهمة من توضعات الترياسي الأوسط، وكامل الترياسي الأعلى، والجوراسي [١].

كما تعرضت الهضبة في نهاية الكريتاسي الأعلى، وخلال الباليوجين إلى قوى ضغط تمثلت في انهدام الغاب، الانزلاقات الأوفيولتية، وحركة الصفيحة العربية، والتي نتج عنها تشكل الأحواض الهامشية على أطراف الهضبة، وبدأت الطيات خلال هذه المدة تتشكل، فأخذت شكلها الحالي خلال دور النيوجين، لتأخذ هذه الهضبة بنية تركيبية على شكل محدب كبير هادئ الميول باتجاه الأطراف.



الشكل (١-٢): يوضح التراكيب المحفورة في هضبة حلب، منخفض عفرين، منخفض حمص، الغاب، ومنخفض الكبير الشمالي [٤].

٢-١- المقطع الستراتغرافي، والمواصفات الليثولوجية في منطقة الدراسة من الأسفل إلى الأعلى (شكل ١-٣):

٢-١-١- حقب الباليوزوي، وتنتشر رسوبياته في الأراضي السورية كافة، وتقدر سمكاتها في منطقة هضبة حلب بحدود ٣٠٠٠ م، وهي توضعات حطامية بشكل عام (غضارية، رملية)، وقُسّم الباليوزوي في سوريا إلى باليوزوي سفلي، وعلوي تفصل بينهما فترة انقطاع ترسيبي، تمثل ثغرة ستراتغرافية إقليمية تشمل مناطق سوريا كافة نتج عنها غياب رسوبيات دور الديفوني بشكل كامل، والسلوري، أو أجزاء منه.

٢-١-١-١- الباليوزوي الأسفل، ويتمثل بأدوار الكامبري، الأوردوفيشي، السلوري:

● دور الكامبري: اخترق في سوريا من خلال بئرين هما خناصر، وبصرى، واخترق منه ٩٧٨م في بئر خناصر (هضبة حلب)، وقسّم إلى ثلاثة أجزاء بناءً على اعتبارات ليثولوجيةجية بشكل أساسي لعدم توفر الدليل المستحاثي بشكل واضح.

○ الكامبري الأسفل (تشكيلة زابوك): وتتألف رسوبياته من كوارتزيت، وحجر رملي كوارتزي وسلت.

○ الكامبري الأوسط (تشكيلة البورج): وهي توضعات حجر كلسي، وطبقات من الدولوميت الكتلي.

○ الكامبري الأعلى (تشكيلة سوسنيك): وتتألف رسوبياته من حجر رملي كوارتزي، وسلت، مع تناوبات من الشيل.

● دور الأوردوفيشي: تقدر سمكاته بـ ١٦٠٠ م وهي رسوبيات حطامية قسمت إلى:

○ الأوردوفيشي الأسفل:

- تشكيلة خناصر: تتألف من تداخلات من الحجر الرملي، والشيل.

- تشكيلة صواب: تتألف من طبقات من الشيل، وهي السحنة السائدة، وتتداخل معها نطاقات من الحجر الرملي في الجزء الأعلى من التشكيلة.

○ الأوردوفيشي الأعلى (تشكيلة الأفندي): تتألف من تناوبات من الحجر الرملي، والشيل، وتتوضع رسوبيات هذا الدور بتوافق فوق صخور الكامبري ضمن بيئة بحرية ضحلة سيطرت عليها رسوبيات ذات منشأ قاري مع ملاحظة تعمق الحوض الرسوبي في الجزء العلوي للأوردوفيشي الأسفل حيث سادت السحنة الشيلية.

● دور السيلوري (تشكيلة التنف)، وتقدر سماكتها بين ٢٠٠ إلى ٢٥٠م، تتكون هذه التشكيلة من الشيل، مع طبيقات من الحجر الرملي الناعم، أو السيلت، ويصادف ضمنها اندساسات لصخور نارية كما في بئر الصوانة-٢ التدمرية الجنوبية، وتتوضع رسوبيات السيلوري بعدم توافق فوق صخور الأوردوفيشي، وبيئة ترسيبها تعود للبحر المفتوح، والعميق، ويعزى تشكل حوض السيلوري العميق نسبياً إلى ذوبان الجليديات التي تشكلت في نهاية دور الأوردوفيشي. إنّ التشابه الكبير في السحنة الرسوبية للسيلوري يقود إلى القول إنّ تناقص رسوبيات السيلوري أو غيابها في المرتفعات وبعض المناطق يعود لعوامل التعرية.

٢-١-١-٢- الباليوزوي الأعلى: ويتمثل بأدوار الديفوني، الكربوني، البرمي:

● دور الديفوني لم يثبت حتى تاريخه وجود توضعات تعود لعمر هذا الدور ضمن أراضي القطر العربي السوري (ستراتغرافية سوريا)، فالمنطقة كانت خلال الديفوني في مرحلة طفو، ومعرضة لعمليات التعرية.

● دور الكربوني (تشكيلة مرقدة) تقدر سماكتها بين ٣٠٠ إلى ٥٠٠م، تسود السحنة الشيلية في الجزء السفلي للتشكيلة مع تناوبات من الشيل السلتي، والحجر الرملي الناعم، والكربونات، مع وجود رقاقات من الفحم، بينما يتألف الجزء العلوي من تناوبات من الحجر الرملي، والشيل،

والدولوميت على شكل متواليات رسوبية. أما بيئة الترسيب فهي تتراوح ما بين البحرية إلى القارية، والشاطئية.

● دور البيرمي (تشكيلة رمل الأمانوس)، وتقدر سماكتها بين ٢٠٠ إلى ٢٥٠م، تتكون من حجر رملي تتداخل معه طبقات من الغضار، والشيل وطبيقات من الدولوميت.

٢-١-٢- حقب الميزوزوي، وهي رسوبيات بحرية تغلب عليها السحنة الكربوناتية، تقدر سماكتها في آبار شمال الحسين بين ١٨٠٠ إلى ٢٢٠٠م، ويقسم إلى ثلاثة أدوار هي الترياسي، الجوراسي، والكريتاسي:

٢-١-٢-١- دور الترياسي: يتوضع بعدم توافق فوق السطح الحتي للباليوزويك الأعلى، ويشكل الترياسي دورة رسوبية تبدأ بتجاوز بحري وتنتهي بانحسار بحري، ورسوبيات الترياسي توضعت في بحار ضحلة إلى متوسط العمق ارتبطت بمناطق الرصيف القاري، واللاغونات ذات أجواء دافئة وحارة.

● الترياسي الأسفل (تشكيلة الأمانوس شيل): وتتألف من شيل بشكل رئيسي، يتداخل معه نطاق، أو نطاقان من الحجر الكلسي الغني بالمادة العضوية.

● الترياسي الأوسط والأعلى:

○ تشكيلة الكوروشينا دولوميت: ورسوبياتها ذات سحنة بحرية متوسطة إلى قليلة العمق، وأسفلها ذات سحنة بحر مفتوح تتحول تدريجياً إلى سحنة اللاغون في أعلى التشكيلة، قسمت هذه التشكيلة ليثولوجيّاً إلى قسمين رئيسين هما:

- القسم السفلي: يتألف من حجر كلسي كتيم مع نطاقات من الشيل والجزء العلوي منه يتكون من دولوميت مع تناوبات من الحجر الكلسي.

- القسم العلوي: ويتألف من دولوميت ناعم التبلور مشقق مع طبيقات حجر كلسي، وحجر كلسي مدلمت، مع تناوبات من الأنهدريت، والشيل خاصةً في أعلى التشكيلة.

○ تشكيلة الكوروشينا أنهدريت، وهي من عمر أعلى الترياسي الأوسط وأسفل الترياسي الأعلى، ورسوبياتها تتألف من الأنهدريت، والجص، والغضار، مع قليل من الكربونات، وهي ذات سحنة تعود لتراجع بحري أدى إلى تشكل أحواض اللاغونات، والبحار الداخلية المغلقة تناوبت مع فترات تغذية متعددة تعكسها النطاقات الغضارية، والشيلية.

○ تشكيلة البطمة، وتتألف من دولوميت غضاري يترافق مع تناوبات متكررة من الشيل، والأنهدريت في أعلى التشكيلة وأسفلها، ووسط التشكيلة يتألف من نطاقين من الدولوميت والدولوميت الكلسي ويفصل بينهما طبيقات من الشيل.

○ تشكيلة الأدايا، وهي تتألف من الأنهدريت بشكل رئيسي مع طبيقات من الدولوميت والشيل.

○ تشكيلة الموس، وهي تتكون من طبقات من الدولوميت النقي.

○ تشكيلة السيرجيلو، وهي تتألف من غضار، وشيل، وحجر رملي مع تناوبات من الدولوميت، والحجر الكسي، وتمثل سحنة تراجع بحري.

٢-١-٢-٢- دور الجوراسي (تشكيلة كامشوكا)، ويلاحظ تنوع كبير في سماكتها لكونها سطح حتي، وهي تتألف من دولوميت، ودولوميت كلسي، يتناوب مع طبقات من الحجر الكلسي الغضاري، مع وجود رقائق من الأنهدريت في أسفل التشكيلة.

٢-١-٢-٣- دور الكريتاسي: مع بدايته حدث تجاوز بحري عام بعد فترة انقطاع عن الترسيب، وحدث ذلك في عصر الجوراسي الأعلى نتج عنه توضع رسوبيات سميكة في منطقة وسط وشرق سورية وصلت ل ٢٠٠٠ إلى ٢٥٠٠م، وفي منطقة الدراسة تركيب شمال الحسين الواقعة على أطراف الحوض التدمري كانت سماكة الكريتاسي فيها بين ٦٠٠ إلى ٧٥٠م:

- الكريتاسي الأسفل (تشكيلة الرطبة)، وتتألف من حجر رملي يتناوب مع نطاقات من الغضار، وتمثل رسوبيات الرطبة سحنة تجاوزية شاطئية وقارية مختلطة.

- الكريتاسي الأعلى:

- تشكيلة حيان، تتألف رسوبياتها من الدولوميت، والكلس الدولوميتي، مع دولوميت أنهدريتي، أو نطاقات أنهدريت تميز أعلى التشكيلة، بينما يتألف الجزء السفلي (أسفل الحيان) من دولوميت يتناوب مع توضعات أنهدريت، وشيل.

- تشكيلة الجوديا، تتألف من حجر كلسي، مع طبيقات من الدولوميت.

- تشكيلة السخنة، وقسمت إلى تشكيلتين هما:

- تشكيلة رماح شيرت وهي رسوبيات حجر كلسي غضاري، تكثر فيه النطاقات الصوانية بشكل عام، مع قليل من الدولوميت.

- تشكيلة آرك مارل، وهي رسوبيات حجر كلسي مارلي، ومارل.

- تشكيلة الشيرانيش من عمر الكريتاسي الأعلى طابق الماستريخت، وهي تمثل سحنة تجاوز بحري عام، وواسع في المنطقة، وهي مكونة من حجر كلسي مارلي مستحاثي، ومارل، وعضويات كلسية.

٢-١-٣- حقب السينوزوي، وتتكشف رسوبياته على السطح بشكل واسع في هضبة حلب، ويتألف من الأدوار:

٢-١-٣-١- الباليوجين سماكته بحدود ٥٠٠ م، يتألف من المارل، والحجر الكلسي المارلي، وهي تتألف من التشكيلات الآتية من الأسفل إلى الأعلى:

- تشكيلة الكيرماف من عمر الباليوجين الأسفل طابق البليوسين يتألف من المارل، والحجر الكلسي المارلي مع طبيقات من الغضار.

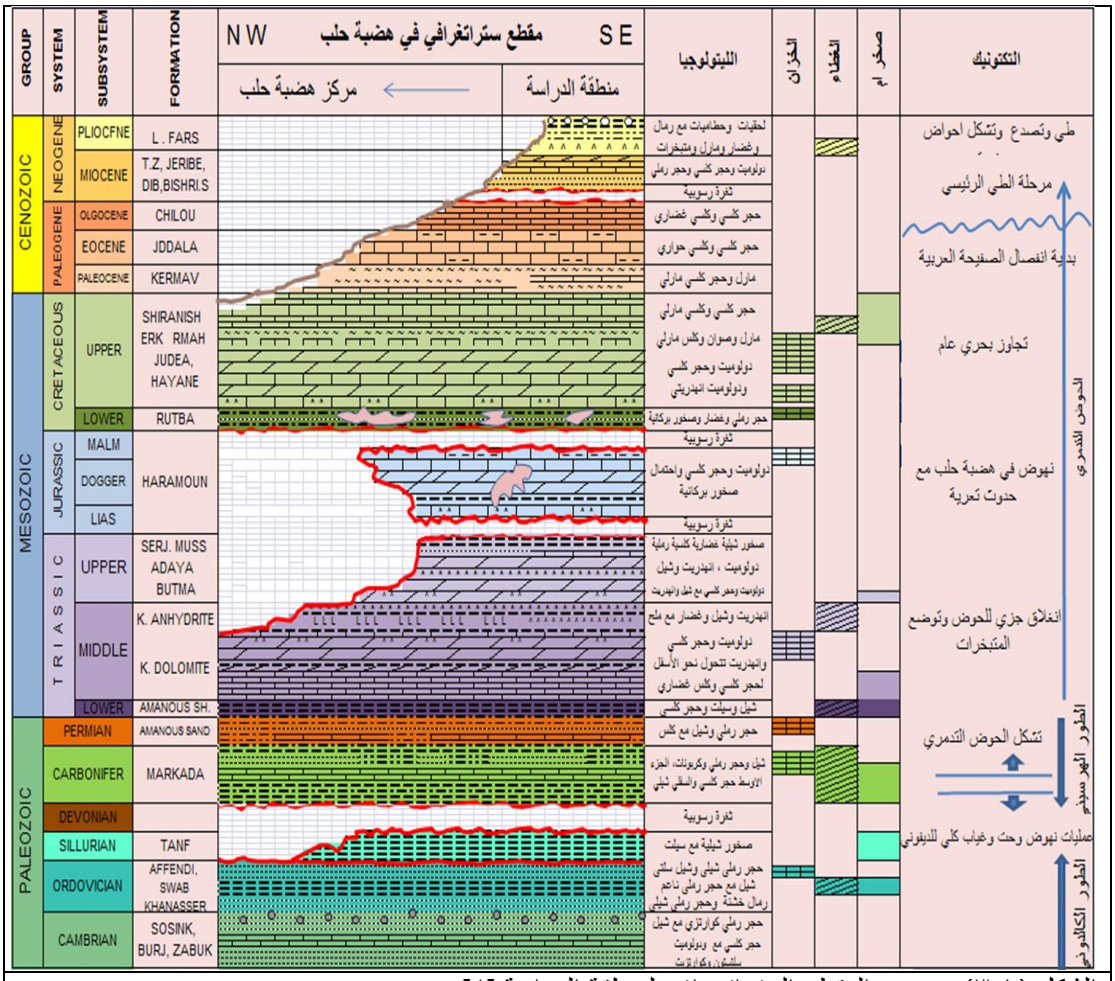
- تشكيلة الجدالا من عمر الباليوجين الأوسط طابق الميوسين تتألف من حجر كلسي، وحجر كلسي غضاري حواري، وحجر كلسي عضوي يحوي على البيريت والعقد الصوانية.

- تشكيلة الشيللو من عمر الباليوجين الأعلى تتألف من حجر كلسي، وحجر كلسي غضاري إلى حواري، وهي تمثل سحنة بحر عميق تتحول باتجاه الأعلى لتأخذ سحنة بحر مغلق أقرب إلى اللاغون، حيث تزداد نسبة الدولوميت والمتبخرات.

٢-١-٣-٢- النيوجين ويتكشف على السطح في منطقة شمال الحسين، سماكة المخترق منها بين ٢٠٠ إلى ٢٥٠م، وقاعدة رسوبيات النيوجين في المنطقة ذات سحنة قارية شاطئية.

● تشكيلة البشري من عمر الميوسين الأسفل تتوضع بعدم توافق فوق رسوبيات الباليوجين، وهي رسوبيات أفقية بشكل عام تتألف من الحجر الرملي، وقليل من الغضار، وهي طبقة علام تفصل بين الميوسين والباليوجين (الأوليغوسين) في المنطقة الممتدة بين حوض الفرات والحوض التدمري.

● تشكيلة الجريبة، وهي من عمر النيوجين طابق الميوسين الأوسط، وتتكشف بشكل واسع في منطقة الدراسة، تبدأ بحجر كلسي حطامي عضوي ودولوميت يتحول ليصبح صخراً حطامياً عضوياً دولوميتياً مع طبيقات رقيقة من الأنهدريت، أو الدولوميت الأنهدريتي، مع وجود فجوات كبيرة مملوءة بالأنهدريت والجزء السفلي من الجريبة يتألف من حجر كلسي.



الشكل (١-٣): يوضح المقطع الستراتغرافي لمنطقة الدراسة [٤].

٢-٢- الخزانات الحاملة للهيدروكربون:

٢-٢-١- تشكيلة الكورشينيا دولوميت، وهي حاملة للهدركربون في مساحة واسعة من القطر العربي السوري (التدمرية – شمال شرق سوريا – منخفض الرقة – أطراف هضبة حلب)، تنتشر توضعاتها على كامل مساحة القطر باستثناء قمم مرتفع الرطبة، ومنطقة انهدام الفرات جنوب شرق القطر، سماكتها العظمى اخترقت في آبار حوض الدو حيث وصلت إلى ٩٠٠م في بئر

قارة-١، وتتناقص باتجاه الشرق وأطراف التدمرية إلى ١٠٠ م في بئر خناصر مركز هضبة حلب، وسماكتها الوسطية في آبار حقل شمال الحسين ٤٥٠م، هي من عمر التریاسي الأوسط، وتتكون من صخور كربوناتية (دولوميت وحجر كلسي) مع طبيقات من الأنهدريت والشيل، يسيطر الحجر الكلسي على القسم الأسفل منها، والدولوميت، والأنهدريت على القسم الأعلى من التشكيلة.

لقد أمكن تقسيم مقطع الكوروشينا دولوميت ليثولوجيا إلى قسمين علوي، وسفلي يتضمن كل منهما نطاقين هما من الأعلى باتجاه الأسفل:

٢-٢-١-١- القسم العلوي، ويتألف من النطاقين C٢، و D١:

● النطاق C٢ من القسم العلوي يتألف من دولوميت، وأنهدريت وطبيقات من الشيل، مشكلاً دورات ترسيبية قليلة السماكة، وهو حامل للغاز (آبار شمال الحسين ٦، ١٦، ١٨) تبلغ سماكة هذا النطاق بين ١٥٠ إلى ١٧٠م.

● النطاق D١، ويتألف من دولوميت فجوي مشقق، وهو يشكل الخزان الرئيسي الحامل للنفط في آبار شمال الحسين، وسماكة هذا النطاق بين ١٢ إلى ٢٠م، ومن الآبار المنتجة للنفط من هذا النطاق آبار رقم ٧، ٢٣، ٢٤، ٢٥، ٢٦، ٣١، ٣٣، ٣٧، والآبار الأفقية ١٠، ٣٦، ٣٨.

٢-٢-١-٢- القسم السفلي، ويتألف من النطاقين D٢، و D٣:

● النطاق D٢، ويتألف من دولوميت في جزئه العلوي بسماكة ١٥ إلى ٢٠م، ثم تناوبات من الدولوميت، ومن الحجر الكلسي، وهو كتيم بشكل عام عدا الجزء العلوي منه، سماكته الكلية بحدود ١٠٠م، يفصل بين النطاق D١، و D٢ طبيقات من الشيل، ومن الآبار المنتجة للنفط من هذا النطاق بئري رقم ٢ و٢٤.

● النطاق D٣ من القسم السفلي يتألف بشكل رئيسي من الحجر الكلسي، حيث تزداد نسبة الشيل مع العمق لتتحول إلى شيل كلسي، سماكة هذا النطاق بحدود ٢٠٠م، لقد دلت دراسة العينات الصخرية لآبار مختلفة في منطقة وسط سوريا إلى وجود مجالات من الشيل الكربوناتي في الجزء السفلي من تشكيلة الكوروشينيا دولوميت متوسطة إلى غنية بالمادة العضوية حيث قدرت النسبة الوسطية للمادة العضوية بين (٠,٦٥ -٢,٢) %، وهي من النمط المختلط (ليبيدي – هيومي) القادرة على توليد النفط والغاز.

تعدّ تشكيلة الكورشينيا أنهدريت صخر غطاء لتشكيلة الكورشينيا دولوميت، والمأمولية الهيدروكربونية في الكورشينيا دولوميت مرتبط بوجود الكورشينيا أنهدريت فوقها. تنتشر توضعات هذه التشكيلة حول محور يمتد من منطقة وسط سوريا حتى أقصى شمال شرق القطر، وأكبر سماكة وصلت إلى ١٤٦٥م في حوض الدو بئر الفيض-٢، وتتناقص باتجاه المرتفعات الجيولوجية حتى الانعدام حيث لم تلاحظ هذه التشكيلة في مناطق مرتفع الرطبة، مركز هضبة حلب، مرتفع الروضة، وانهدام الفرات، مرتفع القامشلي، ويتراوح عمرها بين أعلى التریاسي الأوسط وأسفل التریاسي الأعلى.

تتألف هذه التشكيلة عامةً من أنهدريت بلون أبيض، مع تناوبات من غضار، وشيل أسود، مع قليل من الدولوميت الغضاري (دولوميكريت)، وتترافق مع هذه التشكيلة طبقات من الملح في منطقة وسط سوريا (التدمرية)، سماكتها في تركيب شمال الحسين ١٥٠م وسطياً. البيئة الرسوبية لهذه التشكيلة بحر مغلق قليل العمق يتحول إلى لاغون.

٢-٢-٢- تشكيلة رمل الأمانوس، وهي تشكيلة حاملة للهيدركربون في مساحة متفرقة من القطر العربي السوري (التدمرية الجنوبية – منخفض حمص – منخفض الرقة – أطراف هضبة حلب)، تنتشر توضعاتها على كامل حوض التدمرية، وشمال شرق سوريا، وتتناقص سماكتها باتجاه المرتفعات الجيولوجية حتى تنعدم. سماكتها العظمى اخترقت في آبار التدمرية الجنوبية، حيث وصلت إلى ٦٠٠م، وسماكتها الوسطية في آبار حقل شمال الحسين ٢٠٠ إلى ٢٥٠م، وهي من عمر الباليوزوي الأعلى دور البيرمي، وتتكون من صخور حطامية بشكل عام غضار، وشيل، وحجر رملي، مع قليل من الدولوميت، والحجر الكلسي في وسطها، البيئة الرسوبية بحر مفتوح متوسط العمق إلى قليل العمق يتحول إلى بيئة تراجع بحري وبيئة شاطئية قارية.

تعدّ تشكيلة الأمانوس شيل من عمر الترياسي الأعلى تشكيلة الغطاء لتشكيلة رمل الأمانوس، وتصنف هذه التشكيلة من الصخور المولدة للهيدروكربون، وتتألف من الشيل الأسود، والغضار، ونثرات من البيريت، مع تداخلات من الدولوميت، والكلس. السماكة الوسطية لهذه التشكيلة هي بين ٥٠ إلى ٨٠م، والبيئة الرسوبية بحر مفتوح متوسط العمق إلى عميق.

٢-٢-٣- تشكيلة الرطبة، وهي من عمر الكريتاسي الأعلى تتألف هذه التشكيلة من تناوبات صخور اندفاعية فاسدة، غضار أحمر مع حجر رملي، وقليل من الدولوميت، مع وجود نطاقات من رمال كوارتزية ذات ملاط من الغضار الحديدي، أو الدولوميت، والسماكة الوسطية للتشكيلة هي بين ٤٥ إلى ٦٠م، والبيئة الرسوبية بيئة تجاوز بحري.

تشكيلة الغطاء تتمثل بطبقات الأنهدريت في الجزء السفلي من تشكيلة الحيان.

٢-٢-٤- تشكيلة الكامشوما من عمر الجوراسي الأوسط، تتألف هذه التشكيلة من تناوبات من الدولوميت، والكلس مع وجود أنهدريت ضمن المسامات والشقوق. إن الجوراسي في المنطقة هو من عمر الجوراسي الأوسط فقد عانت منطقة الدراسة، وهضبة حلب من عمليات نهوض خلال الجوراسي الأسفل والأعلى، وتعرضت لعمليات تعرية شديدة أدت إلى حذف كامل الجوراسي والترياسي الأعلى في مركز هضبة حلب. البيئة الرسوبية بيئة بحر مفتوح قليل إلى متوسط العمق.

تشكيلة الغطاء تتمثل بطبقات الغضار في الجزء السفلي من تشكيلة الرطبة.

٣- الهدف، والغاية من الدراسة:

تنظر الشركات الإنتاجية إلى الحقول النفطية من الوجهة التجارية، فهي عادة تكتفي بتقييم التشكيلة الهدف، وما تبقى من تشكيلات فتكتفي بتحديد قممها، ومع الأخذ بالحسبان أن بعض البارامترات المستخدمة في حساب الخواص الخزنية قد تتغير ضمن مجال التشكيلة نفسها، ومن ثم لا يجب اعتماد قيمة واحدة لهذه البارامترات لتمثل كامل التشكيلة، ففي أثناء عملية تسجيل القياسات البئرية قد يفقد جزء من هذه التسجيلات، أو تكون ذات جودة رديئة، ويجدر بالذكر أن هذه التسجيلات تبقى نقطية تعبر عن موقع البئر، وتعميم نتائج القياس على كامل آبار الحقل دون تلافي ما ذكر سابقاً ينعكس سلباً على تقييم التشكيلات، وخاصة الكربوناتية منها. وانطلاقاً من هذا الكلام جاء هدف البحث لتقييم التشكيلات المخترقة كافة في حقل شمال الحسين، والتنبؤ بالخواص البتروفيزيائية باستخدام تقنيات الذكاء الصنعي، واستكمال ما فقد من التسجيلات، وذلك بالتكامل مع التسجيلات المتوافرة.

يهدف هذا البحث إلى تقييم كامل التشكيلات المخترقة التي تتوافر لها بيانات تسجيلات القياسات الجيوفيزيائية البئرية في آبار حقل شمال الحسين، ووضع نموذج بتروفيزيائي لكل بئر، واستخدام تقنيات الذكاء الصنعي في التنبؤ بالخواص البتروفيزيائية للتشكيلات، والتي أصبحت تعد أساساً في تقييم التشكيلات، وعمليات تطوير الحقول، وذلك لتمتعها بالدقة العالية، والقدرة على تقليل التكلفة والوقت. وانطلاقاً من هذه الأهداف سيتم تشكيل صورة أوضح للتشكيلات المخترقة في حقل شمال الحسين.

٤- الدراسات السابقة:

٤-١- تم اكتشاف تركيب شمال الحسين عام ١٩٨٩، حيث قامت الشركة الأمريكية بكتن عام ١٩٨٠ بدراسات جيولوجية وجيوفيزيائية عدة معتمدة على تفسير خطوط مسح سيزمي ثنائية البعد، بالإضافة إلى تفسير خطوط المسح ثنائي البعد ببرنامج AM (خط العمالة) المنفذ عام ١٩٨٩ من قبل الشركة السورية للنفط، حيث أُنشئت خارطة زمنية لمنحنيات تساوي الزمن وخارطة تركيبية (عمقيه). تظهر هذه الخرائط تركيب شمال الحسين كبنية تحت سطحية تقع ضمن محور بنيوي يمتد شرق – غرب يتألف من أربعة قمم يجمعها إغلاق بنيوي واحد تنحدر طبوغرافياً باتجاه الجنوب، وهذه القمم تغلق على فالق عادي من جهة الشمال أعطاها شكلاً محدباً فالقياً [٤].

٤-٢- بدأ الحفر الاستكشافي في تركيب شمال الحسين بتاريخ ١٩٩٠/٢/٢٧ ببئر شمال الحسين -١ من قبل الشركة السورية للنفط والذي حفر بعمق ٢٦٨٤م، حيث بُدىء برسوبيات الميوسين الأوسط تشكيلة الجريبة، وتوقف الحفر ضمن رسوبيات تشكيلة مرقدة من عمر الكربوني [٤].

٤-٣- حتى تاريخ ١٩٩٢/١/١٧ حُفرت ستة آبار استكشافية اكتشف من خلالها خزانات عدة حاملة للنفط والغاز، كما قُيّمت الخزانات الرملية في تشكيلة مرقدة (باليوزويك أعلى – كربوني) من خلال آبار شمال الحسين ١و٣ و٤ وكانت ذات نتائج سلبية (حاملة للمياه الطبقية). كان التركيب منتجاً للنفط من تشكيلات كوروشينا دولوميت، الرطبة، كامشوكا، أهمها خزان كوروشينا دولوميت، ومنتج للغاز الحر من تشكيلة رمل الأمانوس [٤].

٤-٤- في عام ١٩٩١ نُفّذ مسح ثلاثي الأبعاد مساحته ١٢٥كم٢ من قبل شركة جيكو براكلا تضمن تركيبي شمال الحسين، والديلع، أسهم في تحديد معالم التركيب البنيوية، وسعة الإغلاق، وقُسّمت بنية التركيب إلى قمة شرقية، وقمة غربية، أو بلوك شرقي، وبلوك غربي بسويات هيدروديناميكية مختلفة على مستوى طبقة الكوروشينا دولوميت الخزان الرئيسي في الحقل، والبلوك الغربي هو الأكبر مساحة، ويتضمن قمم عدة صغيرة [٤].

٤-٥- تم اكتشاف النفط ضمن النطاق D١ (المجال المكافئ P.Z) في البلوك الشرقي عام ١٩٩٠، ووضع في الإنتاج عام ١٩٩١، وقدر الاحتياطي فيه بـ ٧,٣١ مليون م٣. وحفر ضمن مساحة هذا البلوك آبار شمال الحسين ذات الأرقام الآتية: ٢-٣-١٠-٢٢-٢٣-٢٤-٢٥-٢٦-٢٧-٢٨-٣٠-٣٥-٣٦- وأفقي-١ أي ١٣ بئرا [٤].

٤-٦- في عام ١٩٩٢ عولجت معطيات مسح شركة جيوبراكلا من قبل شركة هاليبرتون.

٤-٧- في عام ٢٠١٠ تم القيام بدراسة جيولوجية، وسيزمية، وتحليل للسحنات، ودراسة خزنية لتشكيلة الكوروشينا دولوميت من قبل شركة فوغرو.

كان للذكاء الصنعي أهمية هائلة في السنوات الماضية، واستُخدم في مجال النفط في دراسات عدة منها:

٤-٨- قام كل من (Huang, Z., Shimeld, J., Williamson, M., Katsube, J.,١٩٩٦) بتقدير قيم النفاذية في حقل غاز فينتور في شرق كندا باستخدام خوارزمية الانتشار العكسي، حيث استُخدمت خمسة آبار في حقل فينتور للحصول على النفاذية، واستخدمت بيانات أربعة آبار كقاعدة بيانات لتدريب الشبكة العصبونية، في حين احتُفظ بالبئر الخامس لاختبار الشبكة، وتم الحصول على قيم النفاذية المطلوبة، وكانت قيمة معامل الارتباط الخطي R=٠,٨ [٢١].

٤-٩- استخدم (Patniyot, S., Romero, P.A., ١٩٩٨) خوارزمية الانتشار العكسي للحصول على قيم المسامية، والنفاذية، بالاعتماد على قياس الإشعاعية الطبيعية، والمقاومية الحقيقية، وتحاليل الأكوار، فكانت قيمة مربع معامل الارتباط من أجل المسامية R^2=٠,٩٦، ومن أجل النفاذية R^2=٠,٨٣ [٢٥].

٤-١٠- اختبر (Hsieh, B.-Z., Wang, CH.-W., Lin, Z.-SH.,٢٠٠٩) قدرة الشبكات العصبونية الصنعية في تقدير نسبة معامل القص إلى الانضغاطية، حيث طُبّقت خوارزمية الانتشار العكسي للحصول على النتائج [٢٠]، فكانت قيمة مربع معامل الارتباط R^2=٠,٩٧ بحيث تعبر القيمة ١ عن وجود تطابق كامل بين بيانات التحقق، والنتائج عند اختبار أداء الشبكة.

٤-١١- استخدم (Sultan, M.Z.B., et al,٢٠١٣) الشبكة العصبونية ذات الانتشار العكسي للحصول على قيم النفاذية في حقل غاز هانبينغ في شمال شرق بنغلادش، وقسمت البيانات المتوفرة بشكل عشوائي إلى مجموعتين، استُخدمت المجموعة الأولى في عملية تدريب الشبكات التي تمثل ٧٤,٢٪ من مجموع نقاط العينة، والباقي ٢٥,٨٪ استُخدمت لاختبار الشبكة، حيث أثبتت الشبكة العصبونية المستخدمة قدرتها في إعطاء نتائج جيدة، إذ بلغت قيمة معامل الارتباط R=٠,٨١٣ [٣٧].

٤-١٢- قام (Salehi, M.M. et al., ٢٠١٦) باستخدام شبكة عصبونية متعددة الطبقات، لتقدير قياس زمن الارتحال الصوتي، وقياس المقاومية في حقل نفطي جنوب غرب إيران باستخدام بيانات لثلاثة آبار، حيث استخدم ٧٠٠ من البيانات لتدريب نموذج شبكة عصبونية صنعية، واستُخدم ١٥٠ من البيانات لاختبارها عشوائياً، وقد أثبتت هذه التقنية قدرتها في الحصول على القياسات المفقودة، حيث بلغ معامل الارتباط R=٠,٩٩ من أجل قياس المقاومية العميقة وR=٠,٩٩ من أجل قياس المقاومية الضحلة، وR=٠,٩٧ من أجل قياس زمن الارتحال الصوتي DT [٢٩].

٤-١٣- استخدم (Saputro, O.D. et al. ,٢٠١٦) خوارزمية الانتشار العكسي للتنبؤ بمنحني المسامية بالاعتماد على شبكة عصبونية صنعية مؤلفة من ١٠ طبقات خفية، في دراسة تمت في أندونيسيا لثلاثة آبار، حيث اعتمدت الدراسة على القياسات الجيوفيزيائية البئرية للبئر الأول، كعناصر دخل لتدريب الشبكة، وأعطت نتائج جيدة لقيم المسامية عند اختبارها، حيث كانت قيمة مربع معامل الارتباط بين قيم الأكوار والقيم المتنبئ بها R^2=٠,٩٠ في بئر الاختبار الأول، وR^2=٠,٨٧ في بئر الاختبار الثاني [٣٠].

الفصل الثاني

١- القياسات البئرية:

هي تسجيلات مستمرة مع العمق للخواص الفيزيائية للتشكيلات الصخرية المخترقة من قبل البئر، مع الموائع داخلها. وتعد القياسات البئرية التقانة الأساسية في استelhv النفط والغاز. تعطي القياسات البئرية نتائج موثوقة إلى حد كبير، ومقاربة للقياسات المباشرة التي تتم في المخابر على العينات الصخرية، داعمة ومبينة بذلك صحة نتائج القياسات الجيوفيزيائية السطحية، أو عدم صحتها، كون القياسات البئرية تتميز بأنها تتم في الظروف والشروط الطبيعية التي توجد فيها التشكيلة من ضغط وحرارة [٣٤].
سوابر القياس الجيوفيزيائي البئري تؤدي دوراً مهماً لقياس وتقدير الخصائص الخزنية والبتروفيزيائية للصخور الحاملة للهيدروكربون، ومن ثم الوصول في النهاية لتقييم الخزان، وهذه القياسات:

١-١- قياس قطر البئر (Caliper log):

يرمز لقياس قطر البئر بـــ (CALI) وواحدته (inch)، يقاس باستخدام سابرة مؤلفة من أذرع عدة، تستجيب لتغيرات قطر البئر، حيث يتم القياس بإنزال السابرة إلى حفرة البئر. يوجد في الحقل العملي أشكالاً متعددة لسوابر قياس قطر البئر، منها بذراع واحدة، بحيث يضغط جسم السابرة على جدار البئر، ويلامس الذراع الطرف المقابل للبئر، وتتوفر سوابر ذات ذراعين، وذات ثلاث أذرع، حيث تتباعد هذه الأذرع عن بعضها بزاوية مقدارها ° ١٢٠، وهناك السوابر ذات الأذرع الأربعة، كما تتوفر سوابر ذات مسارٍ متعددة [٣٨].

يعتمد تفسير تسجيلات قياس قطر البئر التقليدية على المقارنة مع قياس قطر رأس الحفر (Bit size)، فإذا كان قياس قطر البئر أكبر من قطر رأس الحفر فهذا يعطي مؤشراً للتكهف. ويمكن القول إنّ التشكيلة مفككة وتكسرت أثناء الحفر، أو تعرضت للحت نتيجة دوران سائل الحفر أثناء الحفر، وقد يكون سبب التكهف في بعض الحقول لأسباب تركيبية متعلقة بالصخر. ويؤدي التكهف إلى تسجيلات ذات دقة منخفضة في القياسات، وخاصة في قياسات المقاومية الدقيقة، وذلك لأنّ الوسادة لا تنطبق تماماً على جدار البئر في هذه الحالة، وتعطي سابرة قياس الكثافة قيماً جيدة مقابل قطر بئر inch ١٥، وقيماً منخفضة جداً مقابل القطاع المتهدم في جدار البئر (bad hole)، ومن ثم قيم عالية للمسامية الكثافية، بينما سابرة قياس المسامية الصوتية المعوضة BHC لا تتأثر بتغيرات قطر البئر، إلا في حالات التهدم الكبيرة لجدار البئر، أما تأثير قطر البئر على قياس المسامية النترونية، فيُخفّض من خلال توزع مجموعة المنابع والكواشف ضمن السابرة، وغالباً ما تُسجّل المسامية النترونية بشكل مرافق لقياس الكثافة، ويتم التصحيح لتغيرات قطر البئر بشكل تلقائي، فيتم الحصول على قيم دقيقة حتى قطر ١٤inch [١١]. إذا تماثل القياسان أو كانا متقاربين جداً بالقيمة فهذا يعطي مؤشراً على انتظام حفرة البئر، وعلى أن التشكيلة كتيمة، أما إذا كان قياس قطر البئر أقل من قطر رأس الحفر فهذا يدل على وجود كعكة طينية، وبالتالي يعدّ أفضل مؤشر لتواجد طبقات نفوذه سمحت بتشكل الكعكة الطينية. يكون المقياس المستخدم غالباً في تسجيل قطر البئر وقطر رأس الحفر ضمن مجال (٦in to ١٦in) ويتزايد من اليسار إلى اليمين.

١-٢- قياس إشعاعات غاما الطبيعية (Gamma-ray):

يشير تسجيل إشعاعات غاما الطبيعية إلى النشاط الإشعاعي للطبقات، ويرمز للقياس ب GR، ويمثل هذا القياس تسجيلاً لظاهرة فيزيائية طبيعية في موقع الصخر الطبيعي، حيث تبدي جميع الصخور بعض النشاط الإشعاعي الطبيعي الذري الذي تعتمد قيمته على محتوى الصخر من عناصر البوتاسيوم K^{40}، والثوريوم Th، واليورانيوم U، يُعبّر عن منحني GR بوحدات API (American Petroleum Institute)، بمقياس يتزايد من اليسار إلى اليمين، إنّ تسجيلات GR مفيدة، وتستخدم في الكثير من المسائل، كالتفريق بين الصخور الخازنة كمونيا، والتي تعد صخوراً ذات نشاط إشعاعي طبيعي منخفض، كالحجر الرملي، والحجر الكلسي، والدولوميت، وبين الصخور الكتيمة كالغضار، والشيل، والتي تعد صخوراً ذات نشاط إشعاعي طبيعي عالٍ، وتعطي دليلاً عن محتوى الطبقات من الشيل والمساعدة في تحديد هوية الصخور وتركيبها، فتحديد نسبة تواجد الشيل ومعرفتها بالصخور مهم لعمليات التفسير، كما تفيد بإجراء عملية المضاهاة بين الآبار، وفي تعيين البنيات الجيولوجية، وتحديد السطوح الفاصلة بين الطبقات وتحديد سماكتها، وتعيين أعماق الطبقات المراد تثقيبها في الآبار العميقة، ومعرفة المناطق المحقونة بالواسمات الإشعاعية في الدراسات المكمنية، وقياس النشاط الإشعاعي المتزايد في مناطق استنزاف النفط في الآبار القديمة، حيث يلاحظ تزايد النشاط الإشعاعي في المناطق التي حلت فيها المياه الطبقية بكميات كبيرة، وتعيين توضعات الفحوم الحجرية (إشعاعية منخفضة) [١٠].

يعد تسجيل إشعاعات غاما مقياساً للنشاطية الإشعاعية الطبيعية للطبقة الصخرية، ويظهر التسجيل في الصخور الرسوبية محتوى الطبقات من الشيل، وذلك بسبب ميل بعض العناصر المشعة للتركز في الغضار والشيل، حيث تكون سوية النشاط الإشعاعي في الطبقات النظيفة (الخالية من الشيل) منخفضة جداً، إلا إذا احتوت على ملوثات إشعاعية مثل الرماد البركاني، أو غسول الغرانيت، أو كانت المياه الطبقية تحتوي على أملاح محلولة ذات نشاط إشعاعي، كذلك يمكن تسجيل إشعاعات غاما في الآبار المكسية مما يجعلها مفيدة جداً كمنحنٍ للتعالق في عمليات إكمال الآبار وإنهائها، كما أنها تعد مكملة لتسجيل الكمون الذاتي (SP)، أو بديلة له في الآبار المكسية والمحفورة بسوائل حفر عازلة، وتفيد في كل حالة بالتمييز بين طبقات الشيل والطبقات النظيفة، ومن أهم تطويراته التسجيل الطيفي لإشعاعات غاما (NGS)، وهو يقيس كما هو الحال في تسجيل GR النشاطية الإشعاعية الإجمالية للطبقة الصخرية، إضافة الى طاقة كل من العناصر الآتية: البوتاسيوم المشع والثوريوم واليورانيوم، ومن ثم يحدد تراكيزها ضمن صخور الطبقة، ويستفاد من هذا القياس في تحديد الليثولوجيا، وفي تحديد بيئات الترسيب، حيث كل عنصر يعبر عن بيئة ترسيب مختلفة، ويمكن من خلال هذه التراكيز تحديد نوع الغضار.

يدخل عنصر البوتاسيوم في تركيب الصفاح والغضار الحاوي على الميكا (ايليت illite)، وصخور المتبخرات، بينما يقل تركيزه أو ينعدم في الكاولينيت، ولكن عموماً فإن الغضار يكون عبارة عن خليط من مواد غضارية، وتتراوح قيمة البوتاسيوم فيه بشكل عام بين (٢-٣,٥%)، ولذلك في حال وجود خليط من الغضار والرمال فإن البوتاسيوم عندها لا يُؤخذ كمؤشر لوحده عن الغضارية، وكذلك الثوريوم الذي يدخل في الغضار والمعادن الثقيلة، وفي حال وجود خليط من الغضار والرمل عندها يُعدّ الثوريوم مؤشراً جيداً للغضار لأنه لا يوجد في الرمل، أما اليورانيوم فيوجد في المواد العضوية، أي يدل على الصخر المولد، وفي الفوسفات ويوجد في الصخور النارية، ويفضل في حساب حجم الشيل استخدام قياس إشعاع غاما الذي يحذف منه تركيز اليورانيوم (CGR)، وذلك لأن اليورانيوم عامةً لا يوجد بالطبقات الغضارية، إلا في حال كانت الطبقة الغضارية هذه مولدة.

يقاس تركيز كل من اليورانيوم والثوريوم بأجزاء من المليون (PPM)، أما البوتاسيوم فيقاس تركيزه بالنسبة المئوية، ومقياس كل هذه التركيز على السجل البئري يكون تزايده من اليسار إلى اليمين.

١-٣- قياسات المقاومية الكهربائية (Resestivity log):

يقيس تسجيل المقاومية الكهربائية مقاومية الطبقات الصخرية، ويمكن أن يقيس الناقلية الكهربائية، ولكن تُحوّل قيمها إلى مقاومية، ويظهر القياس على السجل البئري بمقياس لوغارتمي يتزايد من اليسار إلى اليمين، وواحدة القياس هي أوم.متر. وتُعدّ المقاومية الأساس لحساب الإشباع بالهيدروكربون، حيث إنّ معظم الصخور عازلة للتيار الكهربائي، ولكن الموائع التي توجد بداخلها تكون ناقلة، لكن إذا وجد الهيدروكربون فهو مائع عازل للتيار، فإذا وجدت تشكيلة مسامية وحاوية على الماء المالح عندها نحصل على مقاومية منخفضة، ولكن إذا احتوت على هيدروكربون فإنها ستعطي مقاومية عالية.

الأهداف الرئيسة من تسجيل المقاومية هي تحديد الإشباع المائي، ومن ثم تحديد الإشباع بالفحوم الهيدروجينية، حيث تعتمد المقاومية المقاسة بشكل كبير على مقاومية المياه الطبقية، أي على مقاومية الطبقات الصخرية التي تحتوي على مياه ناقلة، كون الهيكل الصخري للطبقة عازلاً كهربائياً ذا مقاومية محدودة يمكن تحديدها، كما تعتمد على كمية المياه المتوفرة في الطبقة وأيضاً على المسامية. ومن الأهداف الرئيسة أيضاً تحديد حدود تماس الهيدروكربون مع الماء، بالإضافة إلى حساب الإشباع المائي، ومنه حساب الإشباع بالهيدروكربون. تختلف سوابر المقاومية باختلاف أنواعها، وعدد المساري وتوزعها، وأيضاً تباعدها عن مسرى التيار، حيث يزداد عمق الاختراق للسابرة بازدياد المسافة بين مساري التيار والكمون، ويمكّننا هذا الاختلاف من تحديد بارامترات عدة بالاعتماد على عمق اختراق السابرة، فمثلاً يمكن تحديد مقاومية القطاع القريب من جدار البئر Rxo، التي تعبر عن مقاومية القطاع المغسول (المجتاح) براشح سائل الحفر، وكذلك يمكن تحديد المقاومية الحقيقية Rt غير المجتاحة براشح سائل الحفر. وتصنف قياسات المقاومية وفق [٣٢] الآتي:

١-٣-١- القياسات الكهربائية التقليدية conventional electrical logs:

تعد من أقدم التسجيلات الكهربائية المستخدمة في بداية القياسات البئرية، وتقسم إلى سوابر قياس نظامية Normal device، وسوابر قياس عرضية Lateral device، حيث يعتمد مبدأ القياس على إرسال التيار بواسطة مساري التيار، ويقاس فرق الكمون بين مسريي الكمون (مساري القياس)، حيث يزود هذا الكمون السابرة بالقدرة على تحديد قيمة المقاومية. تتأثر هذه السوابر بعوامل عدة منها قطر البئر وشاقوليته، مقاومية سائل الحفر Rm، مقاومية الطبقات المجاورة RS، سماكة الطبقة، وقطر الاجتياح، ويؤدي الاجتياح دوراً كبيراً في تحديد المقاومية الظاهرية للطبقة ويقل تأثير الاجتياح، كلما ابتعدنا عن جدار البئر [٣٣].

١-٣-٢- القياسات الكهربائية الموجهة (FOCUSED electrical logs):

تتأثر القياسات التقليدية كثيراً بظروف البئر والطبقات المجاورة، فعندما تكون الطبقة ذات سماكة قليلة (طبقات رقيقة)، ومقاوميتها أعلى من مقاومية الطبقات المجاورة (Rt>>Rs)، أو ذات مقاومية أعلى من مقاومية سائل الحفر المستخدم (Rt>>Rm)، عندها تميل خطوط التيار الكهربائي الصادرة من مساري التيار المثبتة على السابرة إلى الانتقال عبر الوسط ذي المقاومية الأقل، وتتحاشى المرور ضمن الطبقة ذات المقاومية العالية، ومن ثم تختلف قراءة المقاومية عن القيمة الحقيقية بشكل كبير. وتم التخلص من هذه المشكلة بسوابر القياسات الموجهة التي تعتمد

على إرسال تيار كهربائي موجه إلى التشكيلات لخفض تأثيرات البئر والطبقات المجاورة إلى حدها الأدنى، وتقسم القياسات الكهربائية الموجهة إلى:

- **القياسات الكهربائية الموجهة جانبياً:**

يُوجّه التيار بإضافة مساري مساعدة أعلى، وأسفل مسرى التيار المركزي، بحيث تعمل هذه المساري المساعدة على جعل الكمون عند طرفي المسرى المركزي مساوية للصفر، مما يجبر التيار المركزي على الدخول ضمن الطبقة ذات المقاومية العالية بدلاً من الهروب في سائل الحفر أو الطبقات المجاورة، ويؤدي طول المساري المساعدة دوراً مهماً في شكل توجيه حزمة التيار وتحديد عرضها، فكلما ازداد طول المساري تحقق توجيه أفضل لحزمة التيار، كما يؤدي عرض حزمة التيار أهمية كبيرة في تحديد قدرة التمييز الشاقولي، فكلما كان عرض حزمة التيار أقل كانت قدرة التمييز الشاقولي أفضل، وهذا ما يجعل هذه القياسات ذات أهمية في تمييز الطبقات الرقيقة، وتشمل هذه القياسات سوابر ذات عمق اختراق ضحل ومتوسط وعميق، وغالباً ما تُستخدَم سوابر القياس الموجهة المزدوجة التي توفر مجالات أوسع لأعماق الاختراق، وتحقيق الدقة العالية في قياس المقاومية.

- **القياسات الكهربائية الموجهة كروياً (SFL Sphreically Focused Log):**

تستخدم في هذه السوابر تيارات كهربائية تفرض شكلاً كروياً لسطوح الكمون حول مسرى التيار المركزي، ويُستخدم لتحقيق هذا الهدف نظامان منفصلان للتيار، أحدهما يخدم في خلق الكرات متساوية الكمون، ويدعى نظام التيار المساعد، والآخر يدعى نظام التيار الرئيسي الذي يتسبب بجريان التيار عبر الطبقة. وتعد هذه القياسات من القياسات الضحلة التي تقيس مقاومية الطبقة القريبة من جدار البئر، ومن ثم فهي تتأثر بالاجتياح بشكل كبير [١٦].

١-٣-٣- قياسات المقاومية الدقيقة (Micro resistivity log):

تفيد هذه القياسات في تحديد مقاومية القطاع المغسول R_{xo} المجتاح براشح سائل الحفر، التي تدخل في حساب الإشباع في القطاع المغسول S_{xo}. تعد هذه القياسات ذات حجم استكشاف ضحل جداً، حيث تتكون السابرة من وسادة جدارية تضغط على جدار البئر، ويتوضع عليها مجموعة من المساري قصيرة التباعد. تقسم هذه القياسات إلى سوابر تقليدية (ML)، وأخرى ذات توجيه جانبي (MLL)، وذات توجيه كروي (MSFL)، يستخدم قياس المقاومية الدقيقة في تحديد قطر الاجتياح، وتسمح معرفة Rxo في حال الاجتياح المتوسط إلى العميق بتصحيح قياس المقاومية العميقة Rt (في القطاع غير المجتاح)، والحصول على قيم للمقاومية العميقة بدقة [٥].

يمكن المقارنة بين قياس المقاومية في القطاع المغسول Rxo وقياس المقاومية العميق Rt، ففي حال تطابق المنحنيين فذلك يعد مؤشراً على وجود نطاق كتيم وغير نفوذ (عدم حدوث اجتياح)، أما في حال حصل تباعد بين المنحنيين فذلك مؤشر لوجود نطاق نفوذ سمح بحدوث الاجتياح، ويترافق هذا التباعد بين المنحنيين بتشكل الكعكة الطينية التي يمكن الإشارة إليها من خلال التناقص في قطر البئر عن القيمة المأخوذة لرأس الحفر [٢٣].

١-٤- قياس الكثافة (Density log):

يعد قياس الكثافة من القياسات المهمة في تحديد المسامية الكثافية للصخور، وبالاشتراك مع القياسات النترونية لتحديد المسامية الكلية للصخور. وتفيد قياسات الكثافة أيضاً في الحصول على الكثافة الإجمالية للصخور المخترقة في موقع البئر، وتحديد كثافة الفحوم الهيدروجينية، وتحديد توضعات السجيل الزيتي oil-shale، والكشف عن الغاز بالاشتراك مع القياسات النترونية

[٣٤]. يعتمد المبدأ العام للقياس على سابرة وسائدية تستند إلى جدار البئر للتخفيف من تأثيرات البئر، ويصدر المنبع الإشعاعي الموجود على السابرة إشعاعات غاما ذات طاقة محددة ٠,٦٦٢ MeV، لتعبر مسافات مختلفة خلال الصخور، وتفقد جزءاً من طاقتها عند تعرضها لعدد مختلف من الاصطدامات خلال ثلاث تفاعلات، تشكل الأزواج (E>١٠ MeV)، الامتصاص الكهروضوئي (E<٠,١ MeV)، تناثر كومبتون (٠,٠٧٥< E < ٢MeV). يجري تعداد إشعاعات غاما المتناثرة التي تصل إلى المكشاف الموجود على بعد معين من المنبع، لتُقاس الكثافة الإلكترونية الطبقة، ويتم الاعتماد فقط على تناثر كومبتون من التفاعلات السابقة، حيث يرتبط عدد الاصطدامات في تناثر كومبتون مباشرة بعدد الإلكترونات في الصخر، وتعتمد استجابة السابرة الكثافية بشكل أساسي على كثافة الإلكترونات (عدد الإلكترونات في الحجم Cm^3) في الطبقة الصخرية، وترتبط الكثافة الإلكترونية بالكثافة الحقيقية الإجمالية ρb، التي تعتمد بدورها على كثافة مادة الهيكل الصخري، ومسامية الصخر، وكثافة الموائع التي تملأ المسامات.

عادة يُعرض تسجيل الكثافة RHOB، وتصحيح الكثافة DRHO معاً، ويأخذ قياس الكثافة مقياساً ضمن مجال (g/cm^3 ١,٩٥-٢,٩٥) يتزايد من اليسار إلى اليمين. ينتج الامتصاص الكهروضوئي عن حدوث تفاعل ذري بين جزيئين تحت شروط محددة (مجال طاقة منخفضةُ (E<٠,١Mev))، وعبر تفاعل المفعول الكهروضوئي، ويعبر عنه بالمقطع الفعال للجزيء (مساحة السطح الذي يستقبل من خلاله الجزيئات الواردة إليه)، يُسجّل قياس PEF بسابرة قياس الكثافة الصخرية Litho-dinsity log، ويعرض تسجيله بمقياس خطي مجاله (٠- ١٠ or ٠-٢٠ barn/elc)، ويعد مؤشراً ليثولوجياً يرتبط بتركيب الصخر، لذا فهو يستجيب بالدرجة الأولى للهيكل الصخري (الليثولوجيا)، وبالدرجة الثانية للمسامية، ويكاد يكون مستقلاً عن المسامية، وبما أنه قياس مستقل نسبياً عن المسامية ومائع الإشباع فهو قياس مهم جداً لتحديد الليثولوجيا، ويمكن التعبير عنه باستخدام عبارات حجمية U التي هي عبارة عن ناتج جداء قيمة مقطع الامتصاص الكهروضوئي بالكثافة الإلكترونية، وبواحدة ($barn/cm^3$).

يستخدم هذا القياس في معظم سوائل الحفر التي تمتلك مقاطع امتصاص منخفضة، ولا يصلح استخدامه في سوائل الحفر الحاوية على الباريت، لأنه ماص فعال لأشعة غاما (الباريت يملك مقطع امتصاص عالٍ جداً) [٣٥].

١-٥- قياس النترون (Neutron log):

النترونات هي جسيمات متعادلة الشحنة، توجد في نواة الذرة لها كتلة مساوية لكتلة بروتون الهيدروجين، وتصنف النترونات تبعاً للمستويات الطاقية إلى نترونات سريعة (طاقة أكبر من ١٠ Mev)، نترونات فوق حرارية (٠,٤-١٠ Mev)، وحرارية (٠,٠٢٥eV)، وتتكون سوابر القياس من منبع نيتروني، يطلق نترونات عالية السرعة لتصطدم بنوى مكونات الصخر، وتفقد جزءاً من طاقتها، فتتباطئ وتتحول إلى نترونات فوق حرارية، ثم إلى نترونات حرارية ليتم امتصاصها. تُسجّل وتائر العد لكل من المكشافين، وتطبق معالجة النسبة لوتائر العد بواسطة التجهيزات السطحية للحصول على تسجيل ذي تدريج خطي لدليل المسامية النيوتروني بمجال (-١٥٪ to ٤٥٪).

يعد الهيدروجين عنصراً فعالاً في إبطاء النترونات، وذلك لكون كتلة نوى ذرات الهيدروجين مساوية لكتلة النترون، ويدل مدى تباطؤ النترونات على وفرة الهيدروجين في التشكيلة [١٠].

يستخدم تعبير دليل الهيدروجين لتقدير المسامية الذي يمثل كمية الهيدروجين في واحدة الحجوم، ولأن دليل الهيدروجين للماء النقي يساوي الواحد (HI water=١)، لذلك إذا كانت التشكيلة مكونة من حجر كلسي، ويحتوي على إشباع مائي عذب عندها تكون المسامية النترونية الظاهرية مساوية للمسامية الحقيقية، وعندما يكون تركيز HI في التشكيلة عالياً يتم امتصاص النترونات عند مسافة قصيرة من المكاشيف (تخسر النترونات جزءاً من طاقتها)، وترتحل النترونات إلى مسافة أبعد إذا كان تركيز HI قليلاً، وتزداد وتائر العد في المكاشيف، كلما كان تركيز HI أقل في التشكيلة، وتكون المسامية النترونية الظاهرية المقاسة في الطبقات الشيلية (مياه مرتبطة بالغضار)، وفي الجص غير المسامي ($CaSo_4,2H_2o$) أكبر من المسامية الحقيقية، وتتأثر المسامية النترونية بالملوحة (ملوحة راشح سائل الحفر، المياه الطبقية، المياه المرتبطة بالغضار)، حيث يُعدّ عنصر الكلور ماصاً للنترونات الحرارية [١٤].

١-٦- القياس الصوتي (Sonic log):

يعتمد مبدأ القياس في أبسط أشكاله على مرسل للأمواج الصوتية، ومستقبل يسجل الزمن اللازم لارتحال الموجة عبر أوساط عدة (من المرسل إلى جدار البئر، ومن ثم عبر الطبقة الصخرية، والموجة العائدة عبر جدار البئر إلى المستقبل)، ويُسجّل الزمن مقابل العمق بمقياس خطي ضمن مجال يتراوح بين (١٤٠-٤٠ µsec/ft).

يعتمد الزمن المقاس في الطبقة الصخرية على التركيب الصخري وعلى مسامية الطبقة، فعندما تكون المسامية عالية تنتقل الأمواج الصوتية بسرعة أقل، ويزداد زمن الارتحال، وبالعكس تكون أزمنة الارتحال قليلة والسرعة عالية في الصخور الكتيمة.

المسامية المقاسة من القياسات الصوتية هي مسامية أولية، وبما أن القياسات الصوتية حساسة جداً للهيكل الصخري أكثر من الشقوق والتكسرات [٣٢]، فهذا يجعل من القياس أقل دقة في تحديد المسامية الكلية، مقارنة مع قياسات المسامية الأخرى مثل المسامية الكثافية، والنترونية. قيمة المسامية الصوتية المقاسة تكون أقل وهذا الفارق يقارب قيمة المسامية الثانوية $\Phi_2=\Phi_t-\Phi_s$ [٣٥].

يتأثر قياس المسامية الصوتية بشكل كبير بوجود الغاز، حيث إنّ الممانعة الصوتية للغاز منخفضة جداً، مما يؤدي إلى تخميد الإشارة الصوتية بشدة، وتعطي قيم مساميةٍ عالية جداً، وتحدث ظاهرة تدعى ظاهرة غياب الدور، ولذلك لا بد من التصحيح إزاء الغاز، كما يؤدي وجود الشيل في الصخور المتماسكة إلى زيادة وهمية في قيمة المسامية المقاسة، لأن زمن الارتحال في الشيل أكبر من زمن الارتحال في مادة الهيكل الصخري، والزيادة تتناسب مع مقدار المركبة الشيلية [٢٧].

من أهم تطبيقات هذا القياس تحديد المسامية، تحديد الشقوق في الطبقات القاسية، حساب سرعة الأمواج المرنة في التشكيلات كتابع للعمق،التي تفيد في عملية المضاهاة بالمقارنة مع قياس GR، تحديد أماكن وصلات مواسير الإكساء (قياس تماسك الإسمنت CBL)، تحديد هوية المائع، تحديد الليثولوجيا باستخدام تقنية العروض التقاطعية. ويعد قياساً مهماً للتفسيرات السيزمية حيث تعطي قيم السرعات اللازمة لحساب الممانعة الصوتية بعد أخذ قيم الكثافة من القياس الكثافي، وذلك لإنشاء السيسموغرام الصنعي.

٢- تقييم التشكيلات:

يتم استخدام تقييم التشكيلات لتحديد قدرة البئر على إنتاج البترول، حيث يعد تقييم التشكيلات من أهم الإجراءات لفهم ما اختُرق في الآبار المحفورة، حيث يمكن القول إنّه اكتساب البيانات وتحليلها وتحديد بارامترات يتم احتياجها للحفر، والإنتاج، والنمذجة، من خلاله تُحدد الخواص البتروفيزيائية للتشكيلات وثخاناتها، أي إنّها مجموعة الإجراءات التفسيرية للقياسات المأخوذة ضمن البئر من أجل تحديد هل هذه التشكيلات قابلة لإنتاج الهيدروكربون أم لا. يُعتمد في تقييم التشكيلات على قياسات سائل الحفر، والدراسات التي تتم على اللباب، وتفسير القياسات البئرية [٩]:

٢-١- تسجيل سائل الحفر (Mud logging):

تسجيل سائل الحفر (أو جيولوجيا موقع البئر)، هو عملية تقييم سائل الحفر، وعينات الحفر (قطع الصخور، أو الرسوبيات) التي تصعد إلى السطح أثناء الحفر، وتسجيل النتائج فيما يسمى سجل عمليات الحفر، أو سجل سائل الحفر.

يتم رفع رأس الحفر بضعة أقدام لتنفصل عن قاع البئر مع الاستمرار في تدوير سائل الحفر. يقوم سائل الحفر برفع القطع الأخيرة ويرسلها إلى السطح، حيث تُحلّل لتحديد الخطوات التالية في برنامج الحفر، على سبيل المثال إذا كان سيتم حفر الجزء التالي من الصخور، من خلال تسجيل سائل الحفر، يمكن اكتشاف الشواهد الهيدروكربونية ضمن التشكيلات المخترقة، بالإضافة إلى التحقق من هذه الشواهد النفطية التي ربما تكون قد انتقلت إلى السطح مع سائل الحفر، أو التي تطفو في الحفرة.

يعطي تسجيل سائل الحفر فقط نظرة تفسيرية جزئية لما هو موجود في باطن الأرض، يمكن للبيانات الأولية من هذا السجل أن تشير فقط إلى إمكانات مبدئية الخزان، على سبيل المثال قد يكون كسر الحفر هو أول مؤشر على وجود صخور مكمن ذات مسامية جيدة، ولإثبات وجودها فعلياً يتطلب إجراءات واختبارات إضافية لجمع عينات فعلية، وتقييم واختبار خصائص التشكيلة، وأحد هذه الإجراءات هو أخذ اللباب.

٢-٢- اللباب (Core):

تسمى العينات الأسطوانية التي تؤخذ من تشكيلة صخرية لتمكين التوصيف التفصيلي لخصائصها باللباب. يتم قطع العينات الأسطوانية عن طريق رأس حفر دوار، فإذا نجحت عملية أخذ اللباب فإن العينات المقطوعة عادة ما تكون بقطر من ٣ إلى ٤٠٠ بوصة، وطول يصل إلى ٢٧ مترا (٩٠ قدماً).

يعد اللباب من أهم المصادر التي تزودنا بالمعلومات تحت السطحية، وعنصراً مهماً في الحصول على بعض البارامترات البتروفيزيائية المستخدمة في تفسير القياسات الجيوفيزيائية البئرية، فيتم اقتطاع الأكوار بطريقتين إما بوساطة مواسير ورأس حفر خاص، أو بوساطة طلقات أفقية مقابلة لجدار البئر.

تُجرى تحاليل مختلفة على العينات الأسطوانية، التي يتم اقتطاعها من الأكوار بشكل أفقي وعامودي، وهناك نوعان من التحاليل: تحاليل روتينية تضم المسامية، والنفاذية المطلقة، كثافة الحبات، توصيف الليثولوجيا والموائع، وتضم تحاليل الأكوار الخاصة تحديد الضغوط الشعرية، والنفاذية النسبية، وقابلية التبلل، إضافة لبارامترات معادلة آرشي m أس المسامية، وn أس الإشباع، والخصائص الصوتية، وقابلية الانضغاط، وتحليل الفلزات الغضارية وغيرها من التحاليل المختلفة [١٣].

ويستخدم اللباب في:

- التحديد المباشر للصفات الخزنية مثل المسامية الشاقولية، والأفقية، والوسطية، والنفاذية الشاقولية، والأفقية، والنفاذية المطلقة، والنسبية، ودراسة الإشباع بالهيدروكربون، وتحديد القيم الحدية للخزان.

- تحديد الخصائص البتروفيزيائية مثل معاملات معادلة آرشي (أس السمنتة m، أس الإشباع n، الخواص الكهربائية والإشعاعية).

- التعرف على الليثولوجيا من خلال الملاحظات الوصفية، وتحليل الشرائح المجهرية، وأيضاً تمييز الشقوق، وتحديد نوع الغضار (إيليت، كاولينيت، مونتموريلونيت)

وبالرغم من فوائد دراسة اللباب، إلا أن لها بعض المشاكل والمحدوديات وهي:

- يمثل اللباب مقطعاً صغيراً من الصخر، ولا تمثل بالضرورة مقطع الخزان بشكل كامل، خاصة عندما يكون الخزان غير متجانس، وتتم التحاليل على عينات نقطية غير مستمرة بالنسبة للأعماق.

- التغيرات التي تطرأ على اللباب أثناء رفعها من أسفل البئر إلى السطح كتغير الضغط، والحرارة (تغير الشروط المكمنية) التي تسبب تغيراً في بنية الصخر وخصائصه إلى حد ما.

- اقتطاع العينات الأسطوانية، وتنظيفها، وتجفيفها يؤدي إلى تغير خاصية التبلل في العينة.

٢-٣- التسجيلات البئرية:

التسجيل البئري هو قياس بعض الخصائص البتروفيزيائية للتشكيلات الجيولوجية المخترقة وموائعها. تُستخدم هذه الخصائص لاستنتاج المزيد من الخصائص مثل الليثولوجيا، وسماكة التشكيلة، والمسامية، والإشباع بالهيدروكربون، وضغط التشكيلة، ودرجة الحرارة التي تساعد في الإجابة عن هذه الأسئلة:

- هل هناك تشكيلة خازنة؟
- هل التشكيلة مسامية؟
- هل تحتوي التشكيلة على هيدروكربون، وما نوع الهيدروكربون التي تحتويها؟

توفر القياسات سجلاً مستمراً للبيانات من أسفل البئر لأعلاه، ولكن بدقة أكبر بكثير من تسجيل سائل الحفر.

يقدم كل قياس بئري بمفرده معلومات قيمة للغاية، بالإضافة إلى تواجد القدرة على الحصول على معلومات أكثر من خلال الاستفادة من تكامل نتائج أكثر من قياس للحصول على معلومات، وخواص بتروفيزيائية، وبارامترات، تقودنا في النهاية إلى تقييم دقيق للتشكيلات المخترقة وهي:

٢-٣-١- الشيل، حجمه، أنماط توضعه، أنواعه:

الشيل هو أحد الصخور الحطامية، يتكون من سيليكات الألمنيوم المائية، التي لا تزيد أبعادها عن ٢ ميكرومتر، يتوضع وفق أنماط عدة. ويعد الشيل واحداً من أهم المكونات الصخرية التي تؤثر في تفسير القياسات الجيوفيزيائية البئرية، وخاصة في تحديد المسامية، والنفاذية، والإشباع بالموائع، وذلك يعود إلى خصائصه الكهربائية [٨]، والصخور الكربوناتية والرملية، فهي تبدي قيماً منخفضة للإشعاعية الطبيعية، فيُحسب حجم الشيل من قياس الإشعاعية الطبيعية، ويفضل في حال توافر قياس إشعاع غاما الطيفي حساب حجم الشيل من قيم الإشعاع الطبيعي محذوفاً منه

تأثير اليورانيوم، وذلك لأن اليورانيوم لا يوجد في الشيل إلا في حال كونه صخراً مولداً. ويُحسب حجم الشيل وفق المعادلة:

$$I_{GR}=V_{sh}=(GR_{log}-GR_{min})/(GR_{max}-GR_{min}).....(٢-١)$$

حيث:

I_{GR}: دليل أشعة غاما الطبيعية، GR_{log}: القيمة المقاسة.

GR_{max}: أعلى قيمة إشعاعية. GR_{min} : أقل قيمة إشعاعية.

فيكون حجم الشيل:

صخر قاسي $V_{sh}=0.33\left[2^{(2\,I_{GR})}-1\right]\dots\dots(2-2)$
صخر متماسك $V_{sh}=0.083\,[2^{3.7}\,I_{GR}-1]\dots\dots(3-2)$

يؤثر نمط توضع الشيل في المسامية حسب طريقة توزعه، الشكل (٢-١)، ويمكن تصنيفه إلى:

- الشيل البنيويَ structured shale: يكون على شكل حبات مختلطة مع الحبات المكونة للصخر أساساً، أي يشكل أحد مكونات الصخر الأساسية، أي في حال مكعب صخري يتكون من مركبة التركيب الصخري Matrix، ومركبة الفراغات المسامية فيكون الشيل على شكل حبات ضمن التركيب الصخري، دون أن يكون لها تأثير على مركبة الفراغات المسامية.

- الشيل الصفائحيَ laminar shale: يكون على شكل رقائق وهو يشغل جزءاً من الفراغ المساميَ، ومن الهيكل الصخري معاً، لذا في حال احتواء الصخر على هذا النوع من الشيل فإننا لن نحصل على تقدير صحيح لقيمة المساميَة حيث ستكون أخفض من قيمتها الفعليَة. يوجد الغضار على شكل طبيقات رقيقة ضمن التشكيلات، تعمل هذه الطبيقات على منع التواصل الشاقولي ضمن التشكيلة، ومن ثم تفصل التشكيلة الخازنة إلى طبقات عدة، يتم إنتاج كل منها على حدا. ووجود هذا النوع من التوضع يكون على حساب الهيكل والمسامية معاً، أي على حساب الحجم الكلي للتشكيلة.

- الشيَل المبعثر dispersed shale: يعد أخطر أنواع وجود الشيل، حيث إنه يوجد على حساب الفراغ المسامي فقط، بحيث يؤدي إلى تقليل المسامية الفعالة، ويعمل الشيل على سد المسامات بين الحبات الصخرية، أو إضعاف التواصل بين الفراغات مما يمنع حركة الموائع خلالها خاصة الهيدروكربون، ومن ثم يضعف من إنتاجية التشكيلة، أو يوقف إنتاجها بشكل كامل [٩].

يتم استخدام المخطط التقاطعي المثلثي للمسامية كثافية-نترونية لتحديد نمط الشيل وحجمه والمسامية الفعالة (شكل ٢-١)، تظهر ثلاث نقاط مميزة (F، M، Sh) في هذا المخطط، تمثل النقطة F نقطة المائع أو الماء حيث ١٠٠ = φN = φD٪، وتمثل النقطة M نقطة الهيكل الصخري. إذا تمت معايرة سابرة الكثافة والنيوترون للهيكل الصخري الموجود، فعندئذ تساوي المسامية الكثافية والنترونية الصفر، وتمثل نقطة SH نقطة الشيل. يجب تحديد إحداثيات النقطة SH [$Ø_{NSh}$, $Ø_{DSh}$] عند أكبر جزء من الشيل في البئر، وهذه الإحداثيات تختلف من بئر إلى آخر ويجب تقديرها لكل حالة. تقع نقط البيانات التي تمثل المسامية النترونية والكثافية في التشكيلات النظيفة (أي حجم الشيل يساوي صفر) على خط M-F ويشير موضعها على الخط إلى قيم مسامية فعالة، يمثل الخط M-Sh، ٠ = φe، وقيمة كل نقطة على هذا الخط تشير إلى

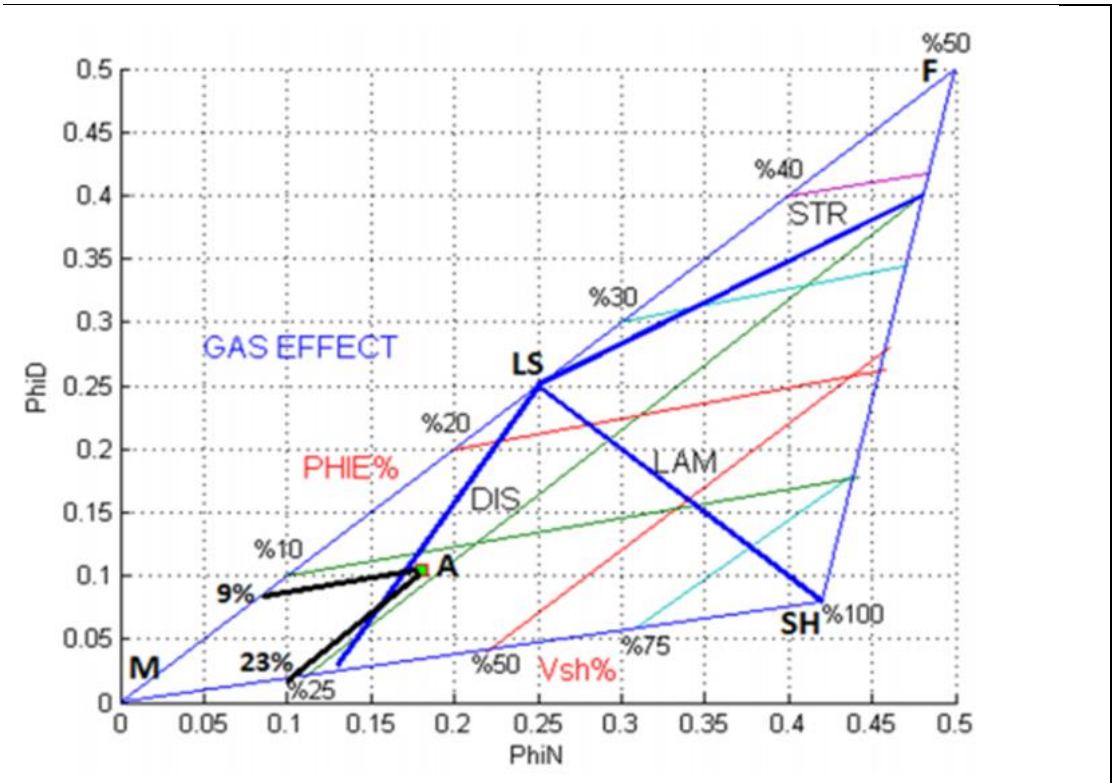
حجم الشيل للتشكيلة مع مسامية فعالة صفر. وبسبب أن القيم المسامية لا تتجاوز ٥٠ ٪ يتم رسم الخط M-F حتى مسامية ٥٠ ٪ للاستفادة الكاملة من المخطط التقاطعي. تستخدم المعادلات الآتية لإنشاء هذا المخطط:

$$\emptyset_e = \emptyset_N - (\emptyset_{NSh} V_{Sh}) \quad (٤-٢)$$
$$\emptyset_e = \emptyset_D - (\emptyset_{DSh} V_{Sh}) \quad (٥-٢)$$

تقع مناطق نقط الشيل الصفائحي والمبعثر والبنيوي على أو حول خطوط LS-Sh و DIS و STR، على التوالي، لكل نقطة داخل المثلث يتم تقدير VSh على خط M-Sh الموازي لخط التشكيل النظيف، وأيضاً تُحدّد المسامية الفعالة على خط تشكيل نظيف موازٍ

لخط M-Sh [٧].

على سبيل المثال تمثل النقطة A في الشكل (٢-١) تشكيلة شيلية لها قيم ٩ = φe٪ و ٢٣ = VSh٪ مع محتوى شيل مبعثر.



الشكل (٢-١): يوضح مخطط Thomas-stiber لتحديد نمط توضع الشيل، من خلال المسامية النترونية على المحور X، والمسامية الكثافية على المحور Y [٣٦].

وللشيل أنواع عدة تبعاً لتركيبه وهي:

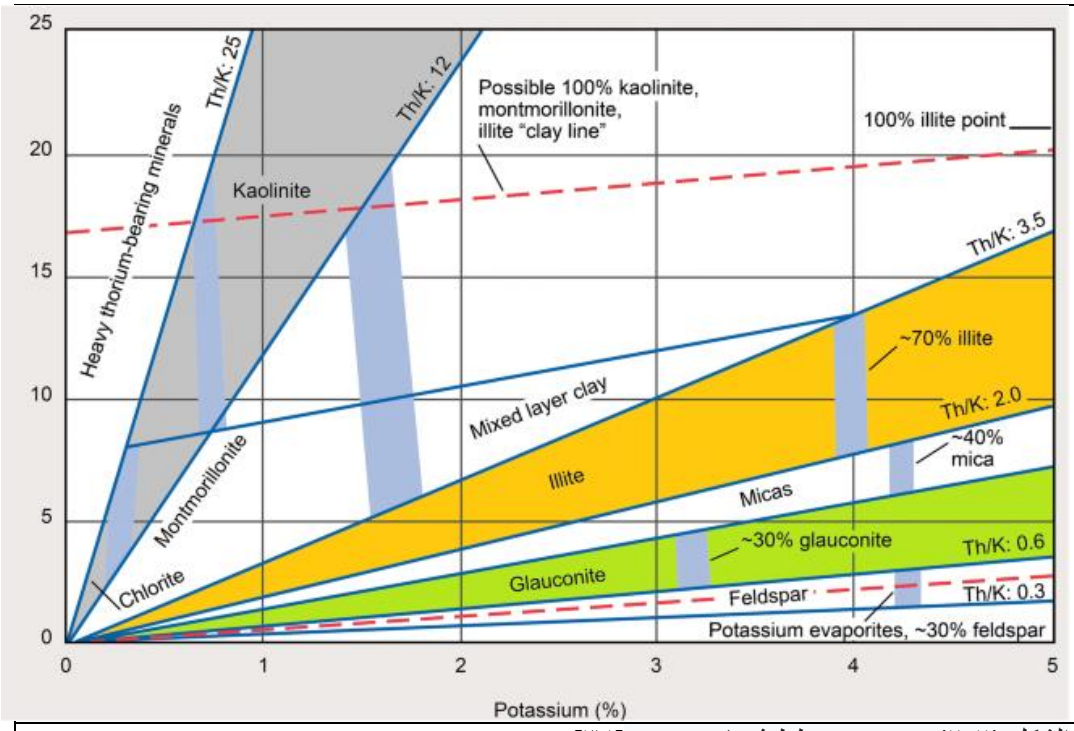
- الكاولينيت: يتكون من صفائح، وكل صفيحة تتألف من شريحتين ترتبطان معاً بذرات الأوكسجين ومع الشرائح المجاورة بروابط هيدروجينية قوية، وهذا يمنع الماء الحر من الدخول

إلى الشبكة البلورية حيث يبقى محيد بالشرائح من الأعلى والأسفل، ومن ثم لا تحدث ظاهرة الانتفاخ.

● المونتيمورليت: يتكون من صفائح وكل صفيحة مؤلفة من ثلاث شرائح، العلوية والسفلية عبارة عن اتحاد رباعيات الوجوه السيليكاتية، أما الشريحة الوسطى بينهما فهي عبارة عن اتحاد مجسمات ثمانية الوجوه الألومينية تربط الشريحتين العلوية والسفلية. يتميز المونتيمورليت بدرجة حلمهة عالية، ويفسر ذلك بأن الروابط بين الصفائح ضعيفة، ومن ثم يمكن للماء الحر والموائع القطبية أن تدخل ضمن الشبكة البلورية، وبالتالي يسهل تبعثر الصفائح المكونة له وتباعدها وهذا يسمى انتفاخ الغضار.

● الإيلليت: يتميز ببنية مشابهة لبنية المونتيمورليت لكن الروابط بين الصفائح المكونة له قوية ويصعب تبعثرها وتباعدها، قد يوجد أحياناً على شكل بنى ليفية وهي الأخطر من ناحية التأثير السلبي على الخواص الخزنية.

ويمكن تحديد نوع الشيل الموجود في التشكيلة الخازنة من خلال مخططات خاصة وضعت من قبل شلمبرجير. تعتمد هذه المخططات على إجراء تقاطع لقيم النشاط الإشعاعي الناتج عن مركبي الثوريوم والبوتاسيوم، حيث إنّ نسبة الثوريوم إلى البوتاسيوم تحدد نوع الشيل. يمثل على المحور(x) الثوريوم Th، ويمثل على المحور (y) البوتاسيوم K، الشكل (٢-٢) [٣٤].



الشكل (٢-٢): يوضح مخطط ثوماس-ستيبر [٣٤].

٢-٣-٢- المسامية (Porosity):

هي النسبة المئوية لحجم الفراغ في الصخر، ويمكن القول إنها حجم الفراغ في الهيكل الصخري بالنسبة لحجم الصخر الكلي، متضمنة جميع أنواع الفراغات، ويرمز للمسامية بالرمز Ø، ويعبر عنها كنسبة مئوية %، وأحياناً يُعبّر عنها بوحدات المسامية porosity unit. تقسم المسامية إلى أنواع عدة [١٨]:

- مسامية أولية ($\Phi_{primary}$ (Φ_1): هي جزء من المسامية الكلية، وتشمل الفراغات التي تشكلت أثناء ترسب الصخر، وتعتمد عموماً على شكل حبات الهيكل الصخري، وحجمها، وطريقة توضعها الفراغي.

- مسامية ثانوية ($\Phi_{secondary}$ (Φ_2): هي جزء من المسامية الكلية، تشكلت نتيجة عمليات الدياجينيز اللاحقة لترسيب الصخر. والمسامية الكلية تساوي مجموع المسامية الأولية والثانوية ($\emptyset_t = \emptyset_1 + \emptyset_2$).

- المسامية المجهرية: تعبر عن المسامات الدقيقة والأقل من (٢μm).
- المسامية بين حبية: المسامية التي تعبر عن الفراغ الموجود بين الحبات الصخرية.
- المسامية ضمن حبية: تعبر عن المسامية بسبب الفراغات داخل حبيبات الصخور.
- مسامية شقية: المسامية الناتجة عن تشقق في الصخر بجميع المقاييس.
- المسامية بين البلورية: بين بلورات الصخر.
- المسامية القالبية :نوع من المسامية تحدث في الصخور الكربوناتية، ينتج عنها قوالب من الحبوب الأصلية أو البقايا المستحاثية.
- المسامية الفجوية: هي المسامية الناتجة عن عمليات إذابة الهيكل الصخري.

- المسامية الفعالة ($\Phi_{effective}$ (Φe): هي المسامية التي تعبر عن حجم الفراغات المتصلة بالنسبة للحجم الكلي للصخر، وهي المسامية التي تسمح بحركة الموائع الحرة، وغير متضمنة حجم المياه المرتبطة بالغضار [١٦].

يتم حساب المسامية الكلية من القياسات البئرية من خلال جمع قياس الكثافة الذي نشتق منه المسامية الكثافية، والقياس النتروني الذي نحصل منه على المسامية النترونية، حيث تحسب المسامية الكثافية من القياس الكثافي بالعلاقة الآتية:

$$\emptyset_D = \frac{\rho_{ma} - \rho_b}{\rho_{ma} - \rho_f} \quad (٢ - ٦)$$

حيث:

$\emptyset_D$: المسامية الكثافية.
ρ_{ma}: كثافة الهيكل الصخري التي تمت معايرة السابرة له.
ρ_b: الكثافة الإجمالية للصخر.
ρ_f: كثافة سائل الحفر.

وفي القياس النتروني نحصل على المسامية النترونية كمخرج مباشر، وتُحسب المسامية الكلية من العلاقة الآتية:

$$\emptyset_t = \emptyset_{ND} = \frac{\emptyset_N + \emptyset_D}{٢} \quad (٢ - ٧)$$

حيث:

$\emptyset_t$: المسامية الكلية.
$\emptyset_{ND}$: المسامية النترونية الكثافية.

$\emptyset_N$: المسامية النترونية.
$\emptyset_D$: المسامية الكثافية.

وبمعرفتنا أن القياسات الصوتية تستجيب للمسامية الأولية، فهذا يعني أن قيمة المسامية المشتقة من أزمنة الارتحال المسجلة هي مسامية أولية نحصل عليها من خلال العلاقة الآتية:

$$\emptyset_s = \frac{\Delta t - \Delta t_{ma}}{\Delta t_f - \Delta t_{ma}} \quad (٨-٢)$$

حيث:

$\emptyset_s$: المسامية الصوتية (الأولية).
Δt: زمن الارتحال المسجل.
Δt_{ma}: زمن الارتحال عبر الهيكل الصخري الذي تمت معايرة السابرة بالنسبة له.
Δt_f: زمن الارتحال عبر سائل الحفر.

ومن خلال معرفة المسامية الكلية، والمسامية الأولية، يمكننا الحصول على المسامية الثانوية، من خلال العلاقة الآتية:

$$\emptyset_٢ = \emptyset_t - \emptyset_s \quad (٩-٢)$$

حيث:

$\emptyset_٢$: المسامية الثانوية.
$\emptyset_t$: المسامية الكلية.
$\emptyset_s$: المسامية الصوتية (الأولية).

تُحسب المسامية الفعالة من القياسات البئرية من خلال العلاقة الآتية:

$$\emptyset_e = \emptyset_t - (\emptyset_{sh} V_{sh}) \quad (١٠-٢)$$

حيث:

$\emptyset_e$: المسامية الفعالة.
$\emptyset_t$: المسامية الكلية.
$\emptyset_{sh}$: مسامية الشيل.
V_{sh}: حجم الشيل.

٢-٣-٣- الإشباعات (Saturations):

يرمز لها ب S، ويمثل الجزء من الحجم المسامي في الصخر الذي تشغله الموائع الطبقيَة، حيث يمكن أن يملأ الفراغ المسامي بالغاز، النفط، أو الماء، ويجب أن يكون حاصل جمع هذه الإشباعات معاً في الصخر ١٠٠%، حتى في حال كان الصخر حاملاً للماء فقط عندها سيكون الإشباع المائي ١٠٠%.

حيث: يرمز ب S_h للإشباع بالهيدروكربون، وS_w للإشباع بالماء. وللإشباع أنواع بحسب قابلية الإنتاج:

الإشباعات القابلة للإنتاج، وهي الموائع القابلة للحركة بشكل حر ضمن الفراغ المساميَ بين الحبات الصخريَة تعرف بالموائع الحرة (free fluid).

الإشباعات غير قابلة للإنقاص، وهي الإشباعات التي تبقى ضمن الصخر، ولا يمكن استخراجها، ونجد هذا في الماء والهيدروكربون، حيث إننا في الطبقات الحاملة للنفط، والماء غير القابل للإنقاص (المياه المرتبطة) ننتج نفطاً خالياً من الماء، وبالوقت نفسه لا يمكن استخراج النفط كلّه في الطبقة، حيث تبقى كميَة منه ملتصقة بحواف الحبات الصخريَة، وهذا ما يطلق عليه "الإشباع النفطي المتبقيَ".

ولا يكون الانتقال من الإشباع المائي الى الإشباع بالهيدروكربون ضمن الطبقة حاداً بل يكون تدريجياً، حيث يتشكل نطاق انتقالي ابتداءً من طبقة مشبعة بالماء ثم تتناقص كمية الماء على حساب النفط حتى نصل للإشباع النفطي، ويعتمد هذا النطاق الانتقالي (Transition Zone) على نفاذية الطبقة (Permeability) وعلى عنق المسام (Pore throat)، فكلما كانت النفاذية قليلة كان النطاق الانتقالي أكبر.

تزداد كميَة المياه غير القابلة للإنقاص في الصخور ذات الحبات الصخريَة الصغيرة (مساميات ضيَقة)، كما في الغضار الذي ترتبط بسطوح حباته طبقة من المياه المرتبطة، وهذا ما يفسر أنه كلما كان الصخر مشوباً بالشيل قلت الصفات الخزنيَة للصخر.

تستخدم القياسات الكهربائية بالدرجة الأولى من أجل تحديد الإشباعات، وخط تماس الهيدروكربون-ماء، ويُحسب الإشباع المائي من خلال معادلات عدة بحسب ظروف التشكيلة، من هذه المعادلات آرشي، سيماندوكس، نموذج المياه المزدوجة، الأندونيسيان.

تعطى معادلة آرشي بالعلاقة الآتية:

$$Sw = \sqrt[n]{\frac{aRw}{\emptyset^m Rt}} = \sqrt[n]{\frac{FRw}{Rt}} \quad (١١-٢)$$

حيث:

Sw: الإشباع المائي.

n: أس الإشباع.

a: معامل التعرج يتم تحديده تجريبياً من الأكوار.

m: عامل السمنتة.

F: العامل الطبقي.

Rw: مقاومية المياه الطبقية.

Rt: مقاومية الطبقة الحقيقية.

- **المعامل الطبقي (F)formation factor:**

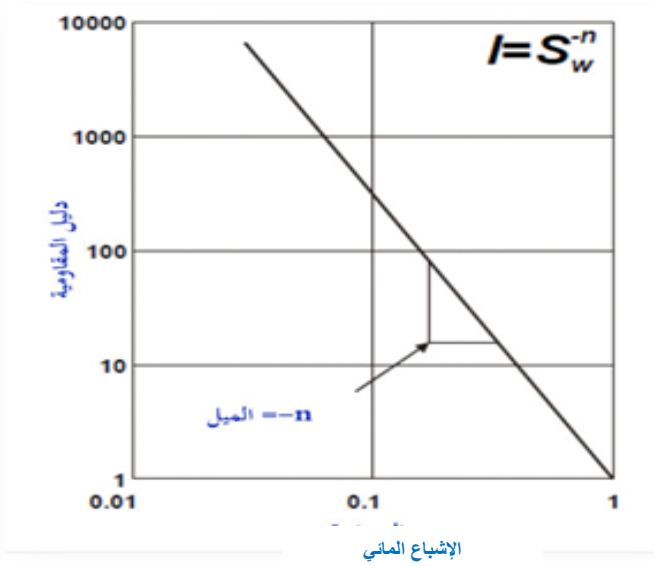
يتعلق المعامل الطبقي بالهيكل الصخري، ويكون ثابتاً في تشكيلة نظيفة (خالية من الشيل)، بغض النظر عن مقاومية المياه الطبقية، وتختلف قيمته باختلاف الليثولوجيا.

- **أس الإشباع (n) saturation exponent:**

تتراوح قيمة أس الإشـــباع بين ١,٦ إلى ٤، بالاعتماد على نوع التشـــكيل، وتؤدي زيادة قيمة أس الإشباع إلى زيادة في قيمة الاشباع المائي، ويمكن حساب قيمته بالاعتماد على العلاقة بين الإشباع والمقاومية باستخدام مخطط يربط بين قيم الإشباع على المحور X ودليل المقاومية على المحور Y يُنتج خطاً مستقيماً ميله يساوي قيمة أس الإشباع [١٧]. حيث:

$$Sw = I^{\frac{1}{n}} \dots\dots\dots\dots (١٢ - ٢) \qquad : \qquad I = \frac{Rt}{Ro}$$

حيث I : دليل المقاومية



الشكل (٢-٣): طريقة حساب أس الإشباع [٣٥].

- **أس السمنتة (m) cementation exponent:**

يتعلق أس السمنتة بشكل الحبات الصخرية، وحجمها، وطريقة ترتيبها الفراغي، ومن ثم تتغير قيمته بتغير الليثولوجيا[٢٦]، ويمكن حسابه من ميل الخط المستقيم الذي يمثل الإشباع المائي في مخطط بيكت في حال معرفة المسامية والمعامل الطبقي، حيث إنّ :

$$F = \emptyset^{-m} \dots\dots\dots\dots (١٣ - ٢)$$

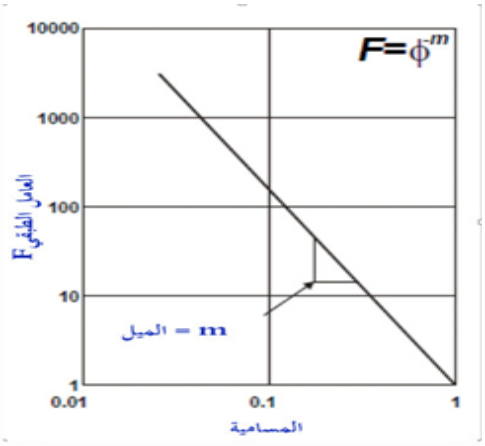
وقد دلت التجارب على أن قيمة m تحدد نوع المسامية الموجودة في الصخر، حيث:

m =٢ في المسامية بين حبية.

m > ٢ في المسامية الفجوية.

m < ٢ في المسامية الشقية.

ومن ثم، إذا استطعنا تحديد قيمة أس السمنتة، نتمكن من تحديد هوية الصخر وقيمة الإشباع.



الشكل (٢-٤): طريقة حساب أس السمنتة [٣٥].

- **مقاوميَة المياه الطبقيَة Formation water resistivity:**

يجب أن تحتوي الطبقات الصخريَة على كميَة من المياه الطبقيَة التي تنقل التيار الكهربائي لاحتوائها على الأملاح المنحلة، يرمز لمقاومية المياه الطبقيَة بـ R_W.

طرائق حساب مقاومية المياه الطبقية:

- يتم تحديد القيم الدقيقة ل R_W من القياسات التي تجري على عينات من اللباب الصخري.
- يمكن تحديد قيمة R_W من قياس المقاومية العميقة، حيث تحدد قيمة (R_0) (مقاومية الصخر حينما يكون مشبعاً ١٠٠% بالماء) وهي القيمة الموافقة لنطاق نظيف (لأن المياه المرتبطة الموجودة في الشيل تؤثر على قيمة R_W) وهو ذو القيمة المقاومية الأخفض، فعندها تكون $R_0 = R_W * F$.
- تحدد R_W أيضاً من خلال مخططات مخصصة **(Picket –plot)**:

هي طريقة لحساب R_W عن طريق المخططات البيانية، فنقوم بعرض قيم المسامية بمقياس لوغارتمي على المحور y، وقياسات المقاومية العميقة بمقياس لوغارتمي على المحور x، (شكل ٢-٥). وفيما يأتي نبين الأسس الرياضية التي تقوم عليها مخططات بيكيت، انطلاقاً من علاقة آرشي:

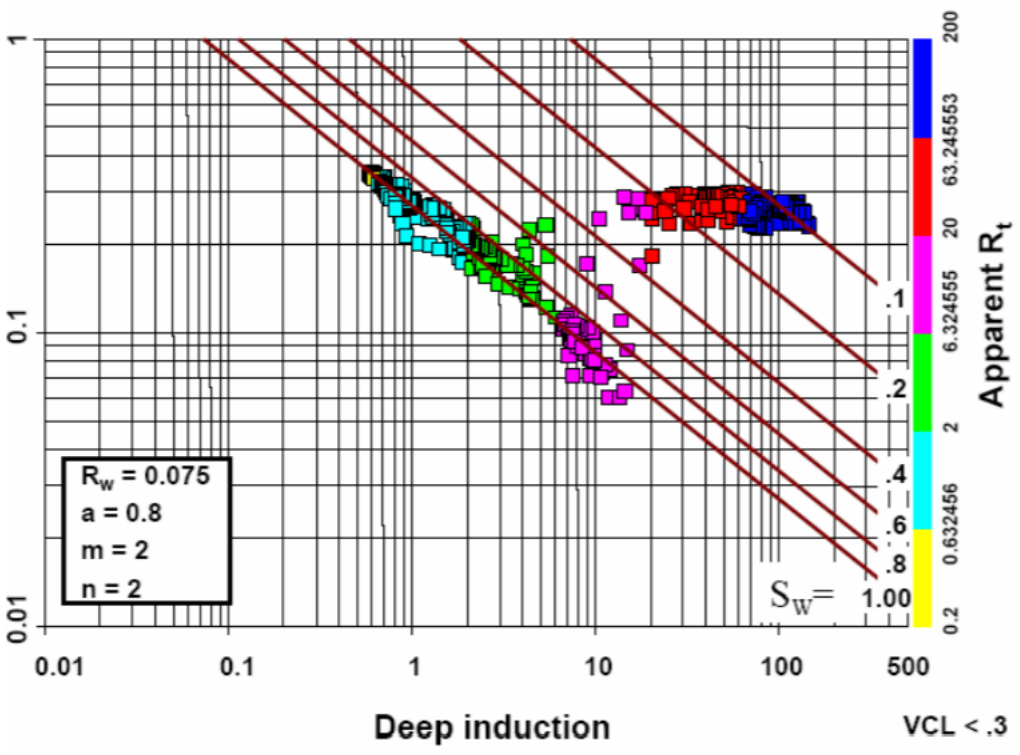
$$RT = \left(a \,.\, Rw \,.\, S_W^{-n} \right).\phi^{-m} \qquad (١٤\text{-}٢)$$

بأخذ لوغاريتم الطرفين:

$$Log\ RT = -\ m \log\phi + Log\ (a.Rw\ .\ Sw^n) \qquad (١٥\text{-}٢)$$

تمثل العلاقة السابقة معادلة مستقيم ميله (m) قيمة عامل السمنتة، وتتعلق قيمة نقطة تقاطعه مع المحور الذي تعرض عليه قيم Log RT، بنسبة التشبع Sw. نقطة تقاطع المستقيم الممثل Sw=١ مع الخط الممثل لقيمة المسامية ϕ=١ هي التي تمثل قيمة Rw

$$\mathbf{LogRT = Log(a.R_w)} \qquad (٢-١٦)$$



الشكل (٢-٥): يوضح مخطط بيكيت لحساب مقاومية المياه الطبقية [٣٥].

- **مقاومية الطبقة Formation resistivty:**

يرمزلها ب Rt، وهي المقاوميَة الحقيقيَة للطبقة (غير مجتاحة من قبل سائل الحفر). نعتمد لتحديد قيمة Rt على قياس المقاومية العميقة، حيث تحدد قيمة Rt أمام كل طبقة. نختار في حال الطبقات الرقيقة (thine bed) أعلى قيمة مقاومية لتكون Rt، أما إذا كانت الطبقة ثخينة (thick bed) نختار قيمة وسطية بين القيمة الأعلى والقيمة الأدنى.

٢-٣-٤- يتم معرفة ليثولوجية التشكيلات المخترقة في الآبار من خلال تكامل معطيات تقارير الحفر، واستخدام مجموعة من المخططات التقاطعية التي تستخدم مجموعة من القياسات البئرية (التقييم الكيفي)، ويُوضع موديلات عدة لليثولوجيّة البئر، مع شروط عدة من أجل الحصول على عمود ليثولوجي مطابق للحقيقة. ويوضح الجدول (٢-١) قيم الكثافة، وأزمنة الارتحال

الصوتي، وقيم مقطع الامتصاص الكهروضوئي لبعض الصخور، والموائع، حيث تدخل هذه القيم من أجل صنع الموديلات، بأقل نسبة خطأ.

الجدول (٢-١): يوضح قيم الكثافة، وأزمنة الارتحال الصوتي، ومقطع الامتصاص الكهروضوئي لبعض الصخور، والموائع.

التركيب	زمن الارتحال الصوتي (µsec/ft)	الكثافة (g/cm^3)	مقطع الامتصاص الكهروضوئي (barn/elc)	U ($barn/cm^3$)
حجر رملي	٥٥,٥	٢,٦٥	١,٨	٤,٧٩
حجر كلسي	٤٧,٤	٢,٧١	٥,٠٦٤	١٣,٧٧
دولوميت	٤٣	٢,٨٥	٣,١٤٢	٩
أنهدريت	٥٠	٢,٩٦	٥,٠٥٥	١٤,٩٥
هاليت		٢,١٦٥	٤,٦٥	٩,٦٥
الجص	٥٣	٢,٣٢	٣,٤٢	٨,١١
الملح	٦٧	٢,٠٣	٤,٧	٩,٥٤
ماء	١٨٩	١	٠,٣٥٨	٠,٤
ماء مالح		١,٠٨٦	٠,٨٠٧	٠,٩٦

٢-٣-٥- حساب الاحتياطي في المكان:

يسمى الاحتياطي الذي يحسب عن طريق الآبار بالاحتياطي المؤكد، وعند استثمار المكمن لا يمكن استخراجه بشكل كامل، حيث تصل نسبته في أفضل الحالات إلى ٥٠٪ من كامل حجم النفط الموجود، وتعتمد الكمية المنتجة على المواصفات الخزنية للتشكيلة [٦].

للاحتياطي مفاهيم عدة، كل منها يُعنى بجزء من الإشباع بالهيدروكربون، وهو يدل بشكل عام على حجم الهيدروكربون بالنسبة لحجم الفراغ بالصخر. في حال استمر استبدال الماء الموجود سابقا بالنفط، فإننا سنصل في النهاية إلى بقاء نسبة معينة من الماء غير قابلة للإنقاص Swir، ويمكن للتشكيلة انتاج ١٠٠% نفط، بالرغم من وجود إشباعات مائية غير قابلة للإنقاص ملتصقة بحواف الحبات الصخرية.

يُحسب الاحتياطي وفق علاقة تستخدم بعد استكشاف الحقل وتطويره، تعتمد على حساب حجم المكمن بوساطة خرائط كنتورية تركيبية وخرائط السماكة، وباستخدام معادلات خاصة تمثل حجم المكمن وسماكته ومساميته ودرجة تشبعه بالماء ومعامل التقلص الحجمي للنفط. يُحسب المخزون النفطي الأصلي في المكان باستخدام المعادلة الآتية:

$$\mathbf{STOIIP = GRV * \frac{N}{G} * \emptyset * (1 - Sw) * \left(\frac{1}{Bo}\right)} \quad \mathbf{.....(٢-١٧)}$$

حيث STOIIP : Stock tank Oil Initially in Place (M^3)، ولحساب المخزون بالبراميل تُضرب النتيجة ب (٦,٢٨).

GRV: حجم الصخور الكلية.

N/G: معدل السماكة الصافية إلى السماكة الكلية.

$S_h = 1-S_w$:S_w الإشباع المائي ضمن السماكة الصافية، وقيمته تساوي ١ مطروحاً منه الإشباع بالهيدروكربون S_h

Φ: مسامية نطاق الهيدروكربون الوسطية ضمن السماكة الصافية للخزان.

Bo: معامل التكوين أو التقلص الحجمي للنفط (Reservoir barrel/ stock)

لحساب الاحتياطي تُحدّد البارامترات الآتية:

- **تحديد الحد الفاصل بين الماء والنفط (OWC oil water contact):**

يُعرف حد تماس النفط – الماء المستوى الأعمق للنفط القابل للإنتاج ويرمز له (OWC). قد تكون الحدود الفاصلة بين الماء والنفط حادة أو انتقالية، وتدل سطوح التماس المفاجئة على وجود تشكيلات نفوذه، في حين تدل الحدود التدريجية على تشكيلات ذات نفوذية قليلة مع ضغط شعري عالٍ [٣٢]، ويُحدد عن طريق قياسات المقاومية معتمداً على قراءة المقاومية العميقة التي تعطي قراءة سوائل الطبقة، حيث تدل القيم العالية على وجود الهيدروكربون، والقيم المنخفضة على وجود الماء.

- **حساب القيم الحدية للتشكيلة الخازنة:**

هناك ثلاث قيم حدية يجب حسابها، وأخذها في الحسبان من أجل تحديد هل هذه السماكة هي سماكة منتجة أم لا (Net pay)، وهذه القيم هي، القيمة الحدية للمسامية، القيمة الحدية للإشباع المائي، القيمة الحدية لحجم الشيل، فلكي تعد سماكة ما هي سماكة منتجة، يجب أن تكون لها مسامية أكبر من قيمة المسامية الحدية، وإشباع مائي أقل من القيمة الحدية للإشباع المائي، وحجم شيل أقل من القيمة الحدية لحجم الشيل.

- القيمة الحدية للمسامية: هي أقل قيمة مسامية في التشكيلة الخازنة تسمح للنفط بالحركة، وما دونها يعد الخزان غير منتج مهما بلغت قيمة الإشباع النفطي، ويمكن تحديدها بعرض قيم المسامية الفعالة مقابل النفاذية من التحاليل المخبرية على العينات الأسطوانية.

- القيمة الحدية للإشباع المائي: يؤثر وجود الماء، وحركيته في الخزان على عملية الإنتاج، حيث تعبر عن القيمة التي يكون فيها الإشباع نفطياً ١٠٠%، والإشباع المائي غير قابل للإنقاص، وتختلف قيمته من تشكيلة إلى أخرى باختلاف الخصائص الخزنية.

- القيمة الحدية لحجم الشيل :هي أقل قيمة لحجم الشيل تسمح للتشكيلة الخازنة بإنتاج النفط.

- **تحديد السماكة الصافية إلى الكلية (Net/Gross)**

- السماكة الصافية (net): تمثل التشكيلة النفوذة والمسامية في المكمن التي يمكن أن تكون حاوية على الهيدروكربون، أما المسافة العمودية من قمة المكمن إلى مستوى تماس النفط – الماء فتسمى السماكة الكلية (Gross)، وقد تتغاير هذا السماكة من متر واحد إلى مئات الأمتار وليس بالضرورة أن تكون كل السماكة الكلية من المكمن قابلة للإنتاج، لذلك يتم تمييز السماكة الكلية (Gross) عن السماكة الصافية (Net).

- السماكة الفعالة (Net-pay): هي سماكة من الخزان قابلة لإنتاج نفط خالٍ من الماء. [١٣]. وفي العديد من الحقول تكون السماكة الصافية أقل بشكل ملموس من السماكة الكلية، ويعزى

الفرق بينهما إلى عاملين هما المسامية الأولية التي ترسب بها الصخر والعمليات اللاحقة التي أثرت على المسامية الأولية، كما أن زيادة نسبة الشيل ضمن التشكيلة سيؤدي إلى انخفاض نسبة السماكة الصافية لأن الشيل غير خازن ومن ثم فإن قياس الإشعاعية الطبيعية (GR) يساعد في تحديد السماكة الصافية:

- Gross: هي سماكة التشكيلة الخازنة من قمتها إلى خط تماس هيدروكربون-ماء.

- **حساب حجم المكمن GRv:**

يحسب حجم المكمن ببناء خرائط جيولوجية تركيبية، وتستخدم معادلات خاصة لحساب حجم المكمن ومنها معادلة (Simpson) وقاعدة شبه المنحرف وقاعدة الهرم، وتُرسم خرائط السماكة بعد توفر المعلومات الكافية عن اختلاف السماكة الحقيقية لصخور المكمن من قياسات الآبار. تُرسم الخرائط بعد توفر بيانات عن أعماق السطح العلوي والسفلي للطبقة عن سطح البحر. تُرسم الخرائط الكنتورية لطبقة ما بحساب ارتفاعها بالنسبة لسطح البحر في الآبار المختلفة.

- **حساب المعدل الوسطي للمسامية والإشباع المائي**

يُحسب المعدل الوسطي للمسامية والإشباع المائي بعد تفسير القياسات البئرية، إذ يُحسب المعدل الوسطي للمسامية تبعاً **للسماكة** حسب المعادلة الآتية:

$$\Phi average = (\sum \Phi i * hi)/\sum \Phi i \quad \text{.....(٢-١٨)}$$

حيث إنّ:

Φaverage : المعدل الوسطي للمسامية Φi : المسامية المحسوبة من السوابر.

Hi: السماكة الصافية. وبالطريقة نفسها بحسب المعدل الوسطي للإشباع.

٣- الذكاء الصنعي (Artificial Intelligence AI):

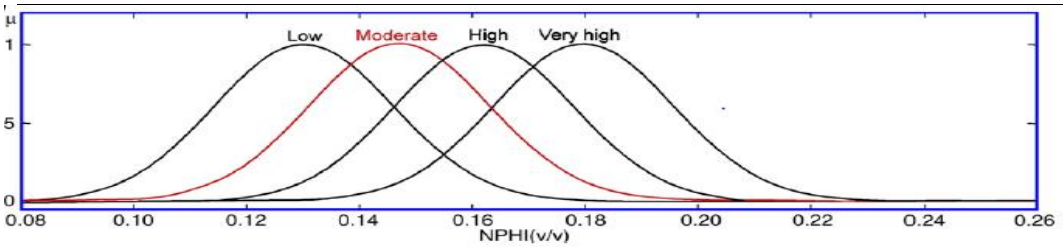
أبسط تعريف للذكاء الصنعي هو أنه محاكاة للعقل البشري دون أي تدخل للعواطف، ويعرف الذكاء الصنعي أيضاً على أنه أحدث فروع العلم والهندسة القائمة على خلق كيان صناعي ذكي يحاكي صفات الذكاء لدى الإنسان، كأسلوب التعامل مع المشاكل الرياضية الخطية، وغير الخطية، وطرق حلها، مع القدرة على التعلم، واكتساب الخبرات، ويُعد أحد أهم فروع الهندسة المعلوماتية التي تدرس تطوير الخوارزميات وتطبيقها في الحواسيب والروبوتات، لتقوم بشكل تقريبي بمهام مشابهة للعمليات التي يقوم بها الإنسان كالتعلم والاستنباط واتخاذ القرارات [٢٨].

٣-١- التقنيات المستخدمة في الذكاء الصنعي:

هناك تقنيات متعددة في الذكاء الصنعي، يُعد أمر الحكم بصحة أو عدم صحة تطبيق أي منها في مجال ما في غاية الصعوبة، حيث لكل تقنية مجالات تطبيق تكون فيها أكثر ملاءمة من بقية التقنيات، ومن بعض هذه التقنيات التي أثبتت نجاحها في القياسات الجيوفيزيائية البئرية، تقنية المنطق الترجيحي Fuzzy logic، وتقنية الشبكات العصبونية Neural Networks.

٣-١-١- المنطق الترجيحي Fuzzy Logic:

هو تقنية لتعريف النماذج المعرفة بمتغيرات وقواعد ترجيحية بسيطة ومفهومة، فهو يعالج المشكلة بتحديد درجة انتمائها إلى مجموعة ترجيحية جزئية من المجموعة الشاملة، ويُعبّر عن هذه المجموعات الجزئية بمتغيرات لغوية مثل التعبير عن قيمة المسامية النترونية (عالية جداً، عالية، متوسطة، منخفضة) (شكل ٢-٦)، وبالتالي هي طريقة وضعت لتعطي أقرب حل لمشكلة ما، وتحاكي طريقة الإنسان في التفكير من خلال قاعدة (إذا حصل...عندئذ) (If…then) تساعد من خلال ذلك في الحصول على المعرفة مهما كانت مشوبة بالغموض[١٦].

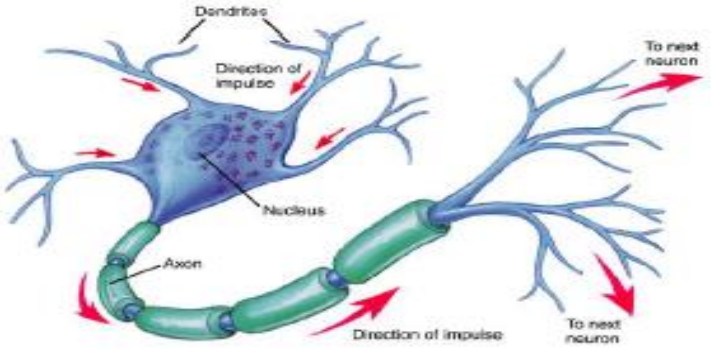


الشكل (٢-٦): تحديد درجة العضوية للمسامية النترونية باستخدام المنطق الترجيحي[١٦] .

٣-١-٢- مفهوم الشبكة العصبونية الصنعية Artifical neural network (ANN):

استُوحيت فكرة الشبكات العصبونية الصنعية ANN من نتائج الدراسات البيولوجية المتعلقة بسلوك الدماغ البشري. يتألف النظام العصبي البيولوجي من مجموعة من العقد تدعى الخلايا العصبية، أو العصبونات، ويضم أكثر من ١٠ بليون عصبون، تكون كل خلية عصبية متصلة مع الخلايا الأخرى بوساطة مشبك عصبي، ويعتقد أن هذه المشابك تؤدي دوراً رئيساً في التحكم بتأثير الإشارات على الخلايا العصبية، (شكل ٢-٧)، [٣٠].

بطريقة مماثلة يتألف النظام العصبي الصنعي من مجموعة من وحدات المعالجة (العصبونات) المتصلة مع بعضها بعضاً بوساطة الأوزان التي تؤدي دوراً مهماً في قيمة إشارة الخرج. ويمكن تعريف الشبكة العصبونية الصنعية بأنها نظام معالجة متزامنة لمجموعة بيانات، غير لوغارتمية، ولا خطية، يُكتسب من خلالها المعرفة التجريبية بسبب قدرتها على التعلم واكتساب الخبرة وتخزينها [٢٥].



الشكل (٢-٧): العصبون البيولوجي [٢٥]

- **خصائص الشبكة العصبونية الصنعية:**

تتصف الشبكة العصبونية الصنعية بخصائص وميزات جعلتها واحدة من الفروع الأساسية من أنظمة الذكاء الصنعي، وتطوراً رئيسياً في مجال التعلم الآلي خلال فترة أوائل الستينيات ومنتصف الثمانينيات حتى عصرنا الحالي، لكن هذه التقنية تتطلب مجموعة بيانات كبيرة لتدريب النموذج بشكل أفضل، ويلزمها وقت طويل لإنهاء عملية التدريب[١٥] .

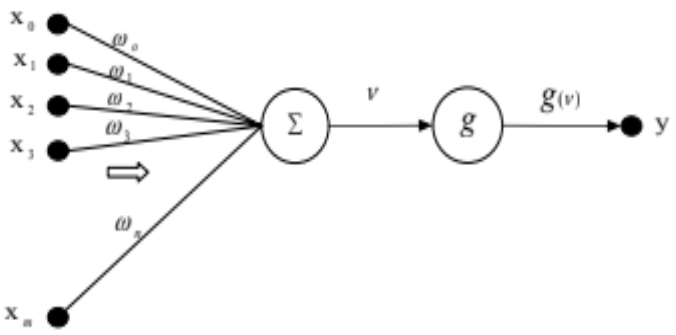
وأهم هذه الخصائص:

- سهلة الاستخدام.
- محاكاة العقل البشري من حيث قدرتها على التعلم والإدراك واتخاذ القرارات.
- قدرتها على حل المشاكل المعقدة سواء كانت خطية أو لا خطية.
- قدرتها على حل المشاكل التي لم تنجح الحوسبة التقليدية في حلها.
- سرعة المعالجة بنظام معالجة معلومات متوازية (معالجة متزامنة لمجموعة البيانات).
- اعتمادها على أسس رياضية قوية مما يضمن العقلانية والحيادية في اتخاذ القرار.
- قدرتها على تخزين المعرفة المكتسبة خلال عملية التدريب، وضمان عدم ضياعها.
- تقبل أي نوع من البيانات الكمية والكيفية.
- القدرة على التكيف مع التغيرات والتعرف على الأنماط.
- يمكن استخدامها في مجالات علمية مختلفة.

- **بنية الشبكة العصبونية الصنعية:**

يتم توصيف الشبكة العصبونية حسب بنيتها، وتابع التنشيط المستخدم بها، وطريقة تعلمها، وتقسم من ناحية البنية إلى طبقات عدة هي: طبقة الدخل، الطبقات المخفية، طبقة الخرج، (شكل ٢-٨)، وتابع التنشيط الذي هو تابع رياضي يطبق على خرج الشبكة بهدف تنظيم قيم الخرج بشكل موائم للمشكلة المدروسة. من توابع التنشيط التوابع الخطية واللوغاريتمية وتوابع التعتيب، ويمكن التعبير عن دالة سيغمويد Log-sigmoid، بأنها دالة تأخذ فيها قيم الدخل أي قيمة إلى اللانهاية سواء موجبة، أو سالبة، أما قيم الخرج فتحصر ضمن المجال [١ ٠]، ويمكن تمثيلها كما في الشكل (٢-٩)،[٢٢].

أما الدالة Tangent –Sigmoid فتحصر قيم الخرج ضمن المجال [١ ١-]. طريقة التعلم هي الموصف الأخير للشبكة العصبونية، حيث هناك شبكات تُدرّب باستخدام خوارزميات تعتمد على الانحدار الخطي، وهي في غالبها شبكات وحيدة الطبقة (لا يوجد بها طبقات مخفية)، والنمط الآخر من التدريب يعتمد على الاشتقاق اللوغاريتمي، وبتقنية راجعة، أو غير راجعة لتحديث متغيرات الشبكة، حيث تكون البنية هنا متعددة الطبقات (وجوب وجود الطبقات المخفية).



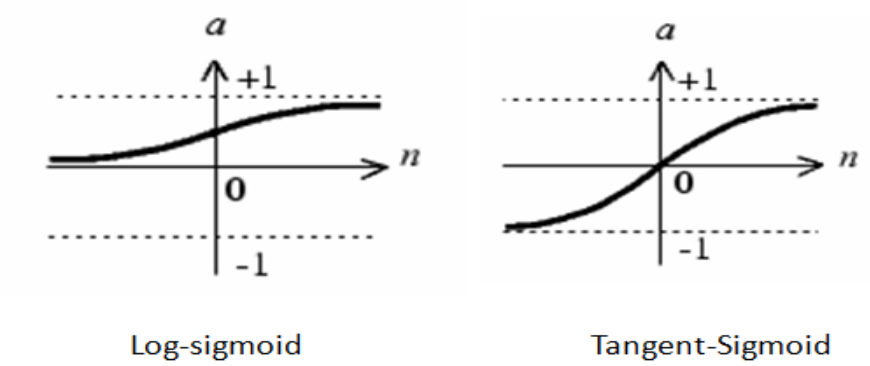
الشكل (٢-٨): الخلية العصبية الصنعية [٢٢]

تتكون كل طبقة في الشبكة العصبونية من مجموعة من العقد (عصبونات)، حيث يتم على مستوى كل عقدة جمع انحياز (قيمة ثابتة) مع مدخلات الطبقة السابقة كافة بعد ضرب كل واحد منها بوزن معين، ليحسب خرج كل عصبون بدلالة مدخلاته على شكل معادلة خطية من الدرجة الأولى ومتعددة المتحولات كما يأتي:

$$v = W_{\cdot} + \sum_{j=1}^{m} Wj \times Xi \dots\dots\dots\dots (١٩ - ٢)$$

W. يدعى الانحياز bias، وهو قيمة رياضية مرتبطة بالخلايا العصبية، ومن المريح عدّه وزن عنصر الدخل X. الذي يساوي الواحد.

يقوم الانحياز بزيادة أو خفض مساهمة تابع التنشيط في إشارة الخرج لتحسين تقارب النتائج مع الهدف المطلوب.



الشكل (٢-٩): دالة سيغمويد [٢٢]

- **تصميم الشبكة العصبونية:**

يختلف عدد العقد (العصبونات) المستخدمة في الطبقات الخفية وطبقة الخرج والدخل اعتماداً على المشكلة التي نحاول حلها باستخدام ANN، وعلى نوع البيانات ضمن الشبكة

وجودتها، أي تعتمد بشكل أساسي على مجموعة التدريب التي يتم التعامل معها [٢٤]. يُعدّ اختيار العقد في الطبقة المخفية من المهام الصعبة، حيث إنّ اختيار عدد قليل من العقد في الطبقة الخفية قد يمنع قدرة الخوارزمية على التعلم، مما يدعو للقول إن الانتقاء الصحيح لعدد العقد ينعكس إيجاباً على عملية تدريب الشبكة العصبونية الصنعية بشكل أفضل[١٥] .

باختصار إن اختيار نموذج التدريب أمر مهم في الحصول على أداء أفضل للشبكة. يُعدّ انتقاء مجموعة بيانات التدريب بحجم مناسب يمثل فضاء المشكلة المراد حلها محدداً مهماً لتعزيز القدرة على تعميم نتائج نموذج الشبكة المصممة على عينات أخرى لم تدخل في التدريب [١٩].

- **أساليب التعلم في الشبكة العصبونية الصنعية**

○ التعلم بوجود مشرف Supervised method، وتتم من خلال جمع البيانات، وتقسيمها إلى بيانات داخلة إلى الشبكة، وبيانات هدف tareget، وتُشغّل البيانات الداخلة بهدف التنبؤ بالقيم المستقبلية، وتُقارن النتائج مع القيم الخارجة، ومن ثم تُعدّل الأوزان وفق هذه الطريقة.

○ التعليم في حال عدم وجود مشرف Unsupervised method، حيث يوجد تشابه كبير بين هذه الطريقة والطريقة السابقة، لكن لا يوجد قيم للمتغيرات الخارجة حيث تقسم البيانات الداخلة إلى مجموعات تقوم الشبكة باكتشاف الميزات غير الظاهرة فيها، بعد ذلك تُقسّم البيانات الداخلة إلى مجموعات مختلفة، ويُقارن فيما بينها، حيث يستخدم هذا الأسلوب في التعلم عند استخدام الشبكة في التصنيف، حيث تكون طبقة الخرج مؤلفة عادة من العديد من العقد، وعددها مساو لعدد الأصناف، والقيمة الأكبر لعقدة ما في طبقة الخرج تعطي التصنيف المحتمل لدخل معطى.

- **أنواع الشبكات العصبونية الصنعية:**

○ الشبكة العصبونية وحيدة الطبقة، وتعد من أبسط أنواع الشبكات العصبونية، حيث تتألف من طبقة وحيدة مع تابع تنشيط واحد g(v).

○ الشبكة العصبونية متعددة الطبقات، وتمتلك هذه الشبكة أكثر من طبقة خفية، ولها القدرة على حل مشاكل كثيرة ومعقدة لا يمكن حلها باستخدام الشبكة العصبونية وحيدة الطبقة.

- **خوارزمية الانتشار العكسي (التغذية الراجعة) Back-propagation algorithm:**

وتدعى الشبكة العصبونية ذات التراجع الخلفي للخطأ BPNN، وهي من الشبكات الأكثر استخداماً، وهي سهلة الفهم والبرمجة، وهي من الشبكات التي تتعلم بإشراف، وتمتلك القدرة على حل المشاكل اللاخطية، والتنبؤ بقيم رقمية متواصلة (مستمرة وغير نقطية).

تتميز هذه الخوارزمية بأنها تمتلك اتجاهين لتمرير بيانات التدريب، تمرير إلى الأمام، وتمرير إلى الخلف، وتتكرر العملية مرات عدة قبل أن تنتهي الشبكة من التعلم.

○ التمرير إلى الأمام (حساب مخرجات جميع الخلايا العصبية في الشبكة): تبدأ في الطبقة الخفية الأولى باستخدام قيم الدخل للمتغيرات المستقلة من مجموعة بيانات التدريب في طبقة الدخل، وتُحسب المخرجات لجميع الخلايا العصبية في الطبقة الخفية الأولى باستخدام آلية التجميع، وتقييم تابع التنشيط، وتكون هذه المخرجات هي المدخلات في الطبقة الخفية الثانية، ومن ثم تُستخدم آلية التجميع، وتقييم تابع التنشيط في الطبقة الخفية الثانية، وتستمر العملية حتى

نصل إلى طبقة الخرج حيث تُحسب المخرجات، وتمثل هذه القيم تخمين الشبكة العصبونية لقيم الخرج بالنسبة لبيانات التدريب في طبقة الدخل.

○ التمرير إلى الخلف (حساب الخطأ، وتعديل الأوزان):
تبدأ هذه المرحلة بحساب قيم الخطأ لجميع الخلايا العصبية في طبقة الخرج، ودالة حساب الخطأ الأكثر استخداماً هي دالة مربع الفرق بين قيمة خرج العقدة O_k وقيمة الهدف للعقدة نفسها Y_k

بحيث تُحسب الأخطاء كالآتي:

$$\delta_k = O_k(1 - O_k)(Y_k - O_k) \dots\dots\dots\dots (20 - 2)$$

ومن ثم تُحسب الأخطاء وتُمرّر إلى الطبقة الخفية الأخيرة التي تسبق طبقة الخرج، وتُعدّل الأوزان وتُحسب قيمة الأوزن الجديدة ω_{jk} الواصلة بين العقدة j إلى العقدة k باستخدام العلاقة الآتية:

$$\omega_{ij}^{new} = \omega_{ij}^{old} + \alpha\, O_j\, \delta_k \dots\dots\dots\dots (21 - 2)$$

حيث α هي معامل التدريب ويأخذ قيمة بين [٠,١ to ٠,٩]، وفي حال استخدام قيم منخفضة تتم عملية التدريب ببطء لكنها أكثر استقراراً، والقيم العالية تعطي تدريباً غير منتظم، وقد تؤدي إلى شبكة غير مستقرة، وتستمر عملية حساب الخطأ وتعديل الأوزان في الطبقة لتنتقل إلى الطبقة التي تليها، ويُحسب الوزن الجديد ω_{ij} الواصل بين العقدة i إلى العقدة j باستخدام العلاقة الآتية:

$$\omega_{ij}^{new} = \omega_{ij}^{old} + \alpha\, O_i\, \delta_j \dots\dots\dots (22 - 2)$$

حيث δ_j قيمة الخطأ تعطى بالعلاقة، لكل عقدة j في الطبقة الخفية الأخيرة وفق الآتي:

$$\delta_j = O_j(1 - O_j) \sum_k \omega_{jk}\, \delta_k \dots\dots\dots (23 - 2)$$

يستمر النشر إلى الخلف، وتعديل الأوزان في الطبقات حتى الوصول إلى طبقة الدخل، بحيث يكون لدينا مجموعة جديدة من الأوزان، ويُعاد تمريرها إلى الأمام مع مراقبة بيانات التدريب، بحيث يُقلّل باستخدام هذه الطريقة من قيمة الخطأ، حيث تُعدّ خوارزمية الانتشار العكسي واحدة من أهم الطرق التي تستخدم تحويل الانحدار الخطي في التقليل من قيمة الخطأ أثناء حساب الأوزان للوصول إلى قيمة الخرج الأكثر تقارباً مع قيمة الهدف، ونظراً لتعقيد عملية حساب الأوزان أثناء تدريب الشبكة فقد وجد أن عشوائية عرض الحالات في مجموعة بيانات التدريب بين عمليات المسح المختلفة، ولتسريع عملية التدريب تُعدّل الأوزان إلى نماذج عدة خلال تمريرة واحدة، ومع ذلك فقد وجد أنه عند استخدام بيانات التدريب كافة أثناء تحديث الأوزان، يتم الحصول تكراراً على قيمة الخطأ الأصغري المحلي. عملية التمرير إلى الأمام ثم إلى الخلف ثم إلى الأمام، التي تتم على الحالات كافة في بيانات قاعدة التدريب، تدعى دورة epoch، وتخضع الشبكات ذات التمرير الأمامي، والخلفي إلى العديد من الدورات قبل أن تصل إلى قيمة خطأ أصغري(تقترب من الصفر)، وللحد من هذه الدورات تُضاف مدة من عدد الدورات للحد من حركة القوة الدافعة لتعديل الأوزان في التمريرة الخلفية، ويدعى معامل القوة الدافعة، والقيم العالية لهذا المعامل سوف تجبر تعديلات الوزن المتعاقبة أن تتم باتجاه واحد، وهناك طريقة أخرى هي باستخدام أكثر من معامل للقوة الدافعة، فهو يتناقص بازدياد عدد الدورات، وإضافة هذا المعامل مفيد لتجنب الإفراط في تدريب الشبكة overfitting الذي يحدث في الدورات اللاحقة بشكل أكبر من الدورات السابقة.

- **الإفراط في تدريب الشبكة واختيار عدد دورات التدريب:**

عندما تُدرّب الشبكة بشكل مفرط ينعكس ذلك على معدل الخطأ، بحيث يكون معدل الخطأ في بيانات التحقق أكبر من معدل الخطأ في بيانات التدريب، ولذلك من المهم عدم الإفراط في تدريب البيانات، وهناك طريقة جيدة لاختيار عدد فترات التدريب وهي استخدام مجموعة بيانات التحقق validation data set دورياً لحساب معدل الخطأ ذلك في وقت إجراء تدريب الشبكة، حيث تشير قيمة أقل خطأ في بيانات التحقق عند عدد محدد من الدورات إلى عدد الدورات الأمثل اللازمة لتدريب الشبكة.

الفصل الثالث

١- منهجية البحث وطرائقه:

أُنجز هذا العمل وفق مجموعة من الخطوات كالآتي:

- جمع المعطيات المطلوبة لتنفيذ هذا البحث من ملفات القياسات البئرية المنفذة في الآبار بعدة صيغ، تقارير الحفر، بعض الصور لتوزع آبار منطقة الدراسة، بيانات اللباب.

- تحديد البرامج الحاسوبية التي تم استخدامها لإنجاز هذا البحث وكانت: Interactive Petrophysics ٢٠١٨، MS Excel، MS word.

- تفسير القياسات الجيوفيزيائية البئرية حيث قسمت عملية التفسير إلى شقين الشق الأول هو التقييم الكيفي الذي تم من خلاله استخدام مجموعة من المخططات التقاطعية وهي مخطط كثافة نترون، مخطط مقطع امتصاص كهرضوئي كثافة، المخطط التقاطعي Rhomaa مقابل Umaa من أجل الليثولوجيا وتحديد تركيب الشيل في حال غياب قياس الإشعاع الطبيعي الطيفي، المخطط التقاطعي لتركيز الثوريوم بوتاسيوم من أجل تحديد تركيب الشيل في حال توافر قياس الإشعاع الطبيعي الطيفي، المخطط التقاطعي لنسبة الثوريوم على البوتاسيوم – مقطع الامتصاص الكهروضوئي لتحديد تركيب الشيل في حال توافر قياس الإشعاع الطبيعي الطيفي، مخطط Thomas and Stieber لتحديد نمط توضع الشيل.

الشق الثاني هو التقييم الكمي الذي شمل حساب حجم الشيل، حساب المساميات بأنواعها (كلية، فعالة، أولية، ثانوية)، حساب الإشباعات في القطاعين المجتاح وغير المجتاح، حساب القيم الحدية ونسبة Net/Gross، وضع النموذج البتروفيزيائي.

وفي النهاية تم استخدام تقنية الشبكات العصبونية في الذكاء الصنعي من أجل التنبؤ بقياس التسجيل الصوتي الذي غاب في بئرين من خلال تحديد أبار التدريب ومنحنيات دخل الشبكة ثم تدريب الشبكة، واختبارها وفي النهاية تعميم هذه الشبكة.

١-١- جمع المعطيات:

جُمعت مجموعة من المعطيات الكافية لإنجاز هذا البحث والتي أُخذت من الشركة السورية للنفط وتمثلت هذه المعطيات ب:

معطيات القياسات الجيوفيزيائية البئرية لبعض آبار منطقة الدراسة بصيغة (Lis).

معطيات جيولوجية متمثلة بالتقارير النهائية لكل بئر، بالإضافة إلى بعض الخرائط التي توضح مواقع توزع الآبار (شكل ٣-١).

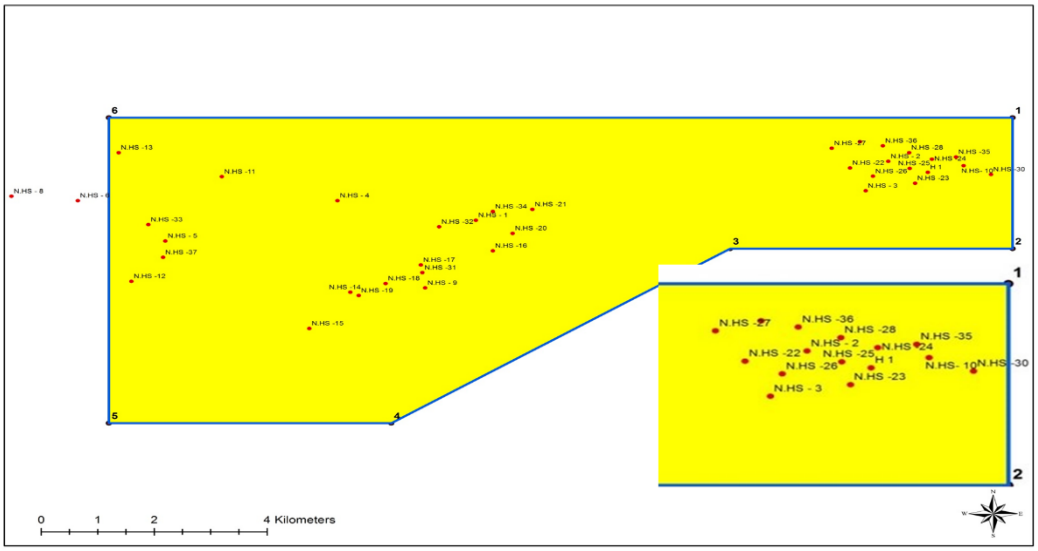
معطيات اللباب الصخري المتمثلة بتحاليل تمت على عينات اللباب الصخري (Cores) من تحاليل للمسامية والنفاذية والتي حُصل عليها من مديرية المخابر التابعة للشركة السورية للنفط.

تم اختيار مجموعة من الآبار لهذه الدراسة وعددها ٧، واتُّخذ هذا الاختيار بناء على جودة المعطيات المتوافرة في كل بئر، ولوجود أكبر عدد من التشكيلات في كل بئر أُجريت قياسات جيوفيزيائية بئرية لها، ووجود بئر على الأقل به قياس مفقود لتطبيق تقنيات الذكاء الصنعي عليه (جدول ٣-١)، حيث يلاحظ غياب قياس التسجيل الصوتي من البئرين NH-٣٥، NH-٣٦. وبما أن الخزان الرئيسي في هذا الحقل هو خزان كربوناتي، فيكون تطبيق تقنيات الذكاء الصنعي من أجل التنبؤ بمنحني المسامية الصوتية ذا أهمية كبيرة.

الجدول (٣-١): مجموعة الآبار التي تم اختيارها لإنجاز هذا العمل.

البئر	القياس	CALI	BS	GR	NGS	SP	RD	RS	RXO	Neu-Log	Den-Log	PEF	DT
NH-3		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
NH-7		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
NH-10		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
NH-24		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
NH-25		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
NH-35		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	
NH-36		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	

حيث CALI هو قياس قطر البئر، BS هو قياس قطر رأس الحفر، GR هو قياس الإشعاع الطبيعي، NGS هو قياس الإشعاع الطبيعي الطيفي، SP قياس الكمون الذاتي، RD قياس المقاومية العميقة، RS قياس المقاومية الضحلة، RXO قياس المقاومية الدقيقة، Neu-Log قياس النترون، Den-Log قياس الكثافة، PEF قياس مقطع الامتصاص الكهروضوئي، DT قياس التسجيل الصوتي.



الشكل (٣-١): يوضح توزع آبار حقل شمال الحسين مع جزء تم تكبيره يشمل توزع مجموعة الآبار التي تم استخدامها من أجل إنجاز هذا البحث [٤].

١-٢- البرامج الحاسوبية المستخدمة:

Interactive Petrophysics ٢٠١٨ وهو برنامج لتفسير القياسات الجيوفيزيائية البئرية في كل بئر، ومعرفة الخواص الخزنية للتشكيلات المخترقة، واستُخدم هذا البرنامج من أجل القيام بكل الخطوات المطلوبة من أجل إنجاز هذا البحث.

١-٣- تفسير القياسات الجيوفيزيائية البئرية:

حُملت معطيات القياسات الجيوفيزيائية البئرية بصيغة Lis، وDlis ضمن برنامج Interactive Petrophysics ٣,٥، وتمت تجزئة مرحلة التقييم إلى تقييم كيفي ويشمل تحديد الليثولوجيا من خلال المخططات التقاطعية وغيرها، وتحديد نوع الشيل ونمط توضعه، وتقييماً كمياً يشمل حساب البارامترات البتروفيزيائية كحجم الشيل، الإشباعات بأنواعها، والمساميات، والمرحلة النهائية كانت استخدام تقنية الشبكات العصبونية في الذكاء الصنعي للتنبؤ بمنحني القياس الصوتي.

١-٣-١- التقييم الكيفي:

يوضح الجدول (٣-٢) التشكيلات المخترقة التي أُجريت لها قياسات جيوفيزيائية بئرية، حيث قُيّمت هذه التشكيلات كيفياً وفق مجموعة من الخطوات المتسلسلة وهي:

- اعتماد أعماق قمم التشكيلات المأخوذة من الشركة السورية للنفط مبدئياً لتقسيم المجال العمقي لكل بئر إلى تشكيلاته.

- المقارنة بين قياس قطر البئر CALI وقياس قطر رأس الحفر BS لكل تشكيلة على حدة من أجل أخذ نظرة أولية عن وجود التهدمات حيث يكون CALI>BS، أو عن وجود مؤشرات لتشكيلة نفوذه من خلال وجود الكعكة الطينية حيث يكون CALI<BS، أو مؤشرات على أن التشكيلة قاسية غير نفوذة عندما يكون CALI=BS.

- القيام بالتصحيحات البيئية لمجموعة القياسات المنفذة في كل بئر.

- إنشاء مخططات تقاطعية بين قياسات مختلفة من أجل معرفة الليثولوجيا المسيطرة في كل تشكيلة.

- تحديد نوع الشيل من خلال المخطط التقاطعي بين نسبة الثوريوم الى البوتاسيوم Th/K وقياس مقطع الامتصاص الكهروضوئي PEF، ومن خلال المخطط التقاطعي لقياس إشعاع غاما الطيفي بين البوتاسيوم K والثوريوم.

- تحديد نمط توضع الشيل من خلال مخطط Thomas and Stieber.

بعد الحصول على هذه النتائج تُقارن مع ما يخص الليثولوجيا في تقارير الحفر النهائية المأخوذة من الشركة السورية للنفط وعلى أساسها أما أن يُعتمد العمق نفسه لقمة كل تشكيلة أو تُعدّل بما يتوافق مع النتائج الليثولوجيّة التي وُصِل إليها.

الجدول (٣-٢): يوضح التشكيلات التي أخذت قياسات بئرية لها في كل بئر

	البئر	NH-3	NH-7	NH-10	NH-24	NH-25	NH-35	NH-36
التشكيلات								
JADDALA		X						
KERMAV		X						
SHIRANISH		X						
E.MARL		X						
R.CHERT		X						
JUDEA		X						
HAYAN		X						
RUTBAH		X					X	
QUAMCHOUKA		X				X	X	
SERJELOU						X	X	X
MUSS						X	X	X
ADDAYA						X	X	X
BUTMAH			X			X	X	X
K.A			X	X	X	X	X	X
K.D		X	X	X	X	X	X	X

١-٣-١-١- المخططات التقاطعية:

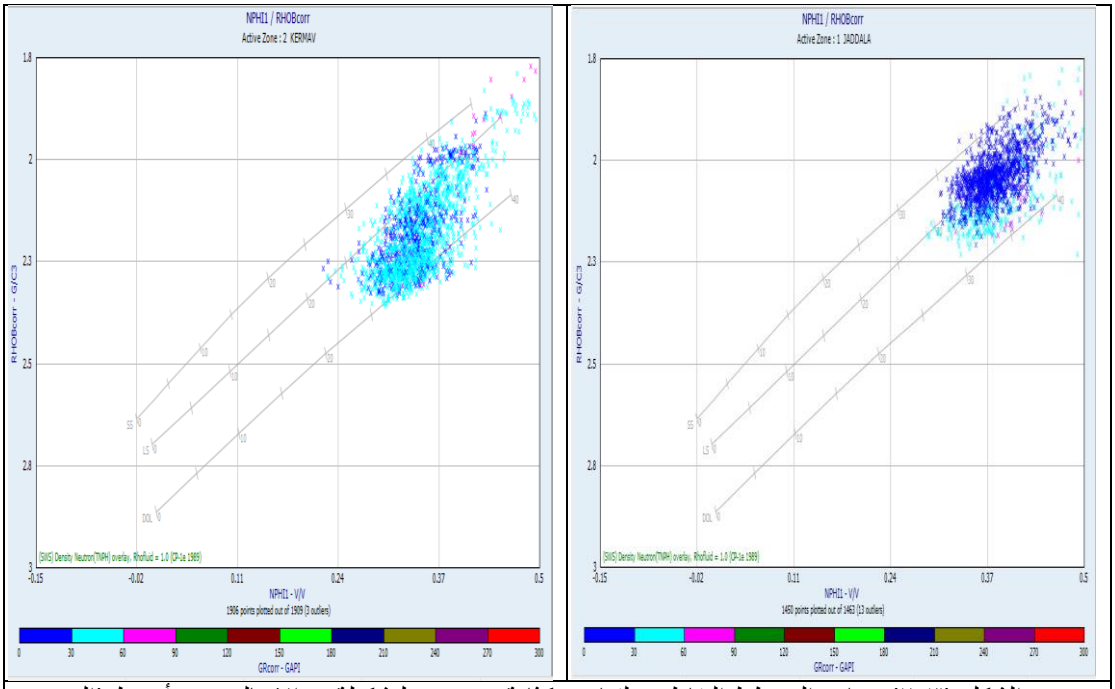
- المخطط التقاطعي لقياسي الكثافة-نترون:

وتم استخدامه لكامل آبار منطقة الدراسة، حيث يمثل المنحني X قيم المسامية النترونية، والمنحني Y يمثل قيم الكثافة المسجلة، ويمكن إدخال منحني لوني يمثل مجالات

لقيم تسجيل الإشعاع الطبيعي المسجلة GR، وذلك لتمييز القطاع الشيلي في كل تشكيلة (حيث يسجل GR قيماً عالية أمام الشيل). من خلال هذا المخطط يمكننا أخذ فكرة عن الليثولوجيا المسيطرة، مع الأخذ بالحسبان وضع بعض القيم الحدية للنقط التي تظهر على المخطط، حيث إنّ وجود تهدمات كبيرة في جدار البئر (CALI>>BS) يؤدي إلى عدم مصداقية قيم الكثافة والنترون المسجلة.

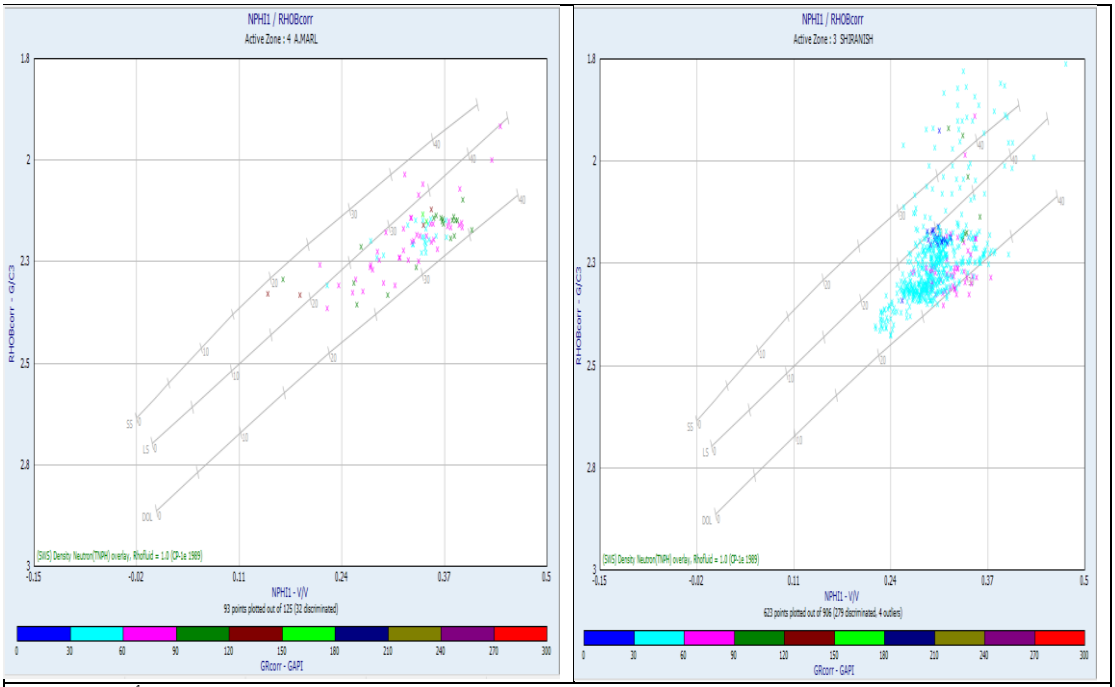
- **البئر NH-٣:**

يوضح الشكل (٣-٢) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة – نترون، حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني نتائج تشكيلة جدالا-باليوجين أوسط، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن دولوميت، حجر كلسي، وشيل (النقط ذات اللون الزهري)، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة كيرماف-باليوجين أسفل، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي حجر كلسي، دولوميت، وشيل.



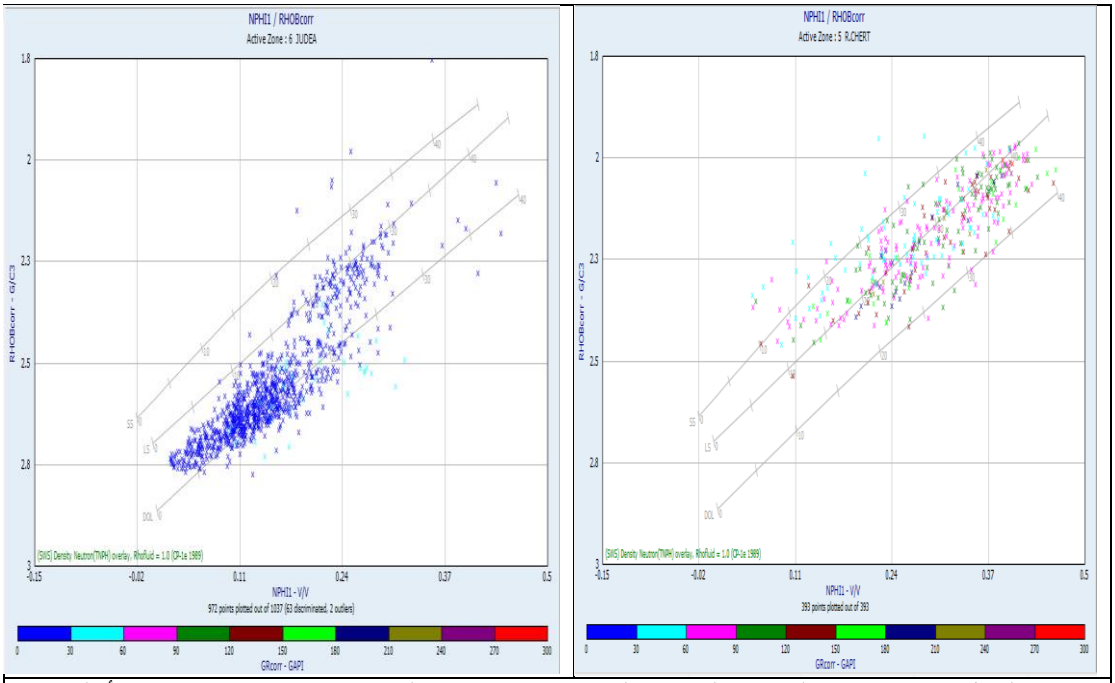
يوضح الشكل (٣-٢): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة - نترون لتشكيلة جدالا-باليوجين أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كيرماف-باليوجين أسفل (الجزء اليساري).

يوضح الشكل (٣-٣) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة - نترون، حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني نتائج تشكيلة شيرانيش-كريتاسي أعلى، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن دولوميت، حجر كلسي، وشيل (النقط ذات اللون الزهري)، ويمثل المخطط اليساري نتائج مخطط سحنة ارك مارل-كريتاسي أعلى من تشكيلة السخنة، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي حجر كلسي، دولوميت، وشيل.



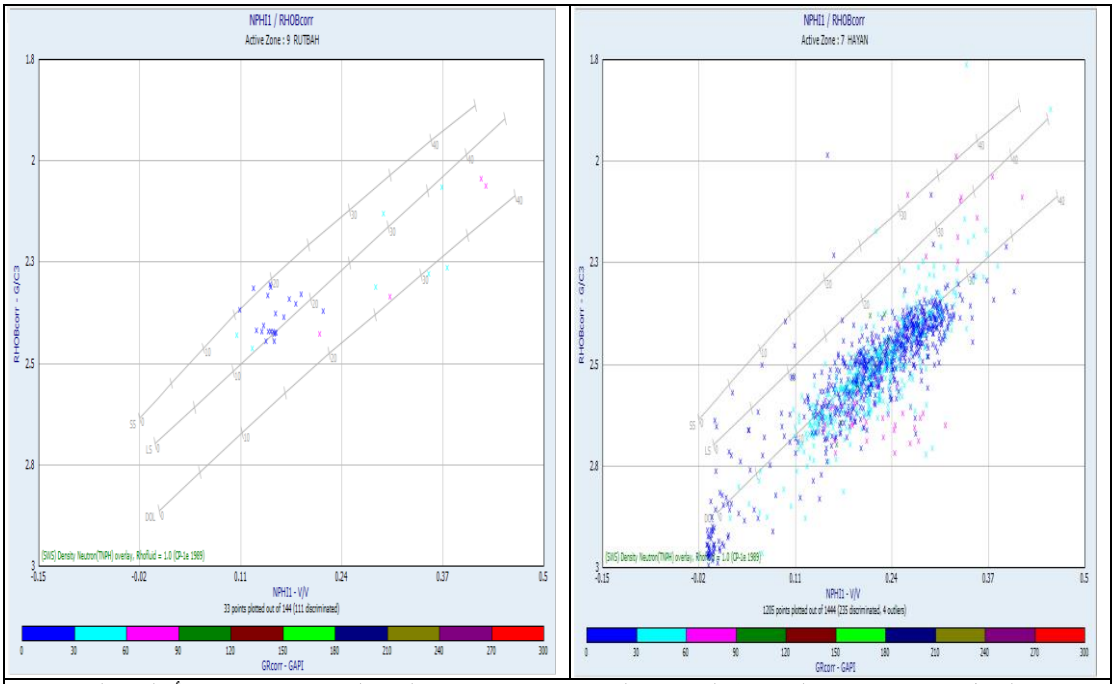
يوضح الشكل (٣-٣): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة- نترون لتشكيلة شيرانيش-كريتاسي أعلى (الجزء اليميني)، وسحنة ارك مارل-كريتاسي أعلى من تشكيلة السخنة (الجزء اليساري).

يوضح الشكل (٣-٤) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة- نترون، حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني نتائج سحنة رماح شيرت-كريتاسي أعلى من تشكيلة السخنة، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن دولوميت، حجر كلسي، حجر رملي، وشيل (النقط ذات اللون الزهري)، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة جوديا-كريتاسي أعلى، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي حجر كلسي ودولوميت.



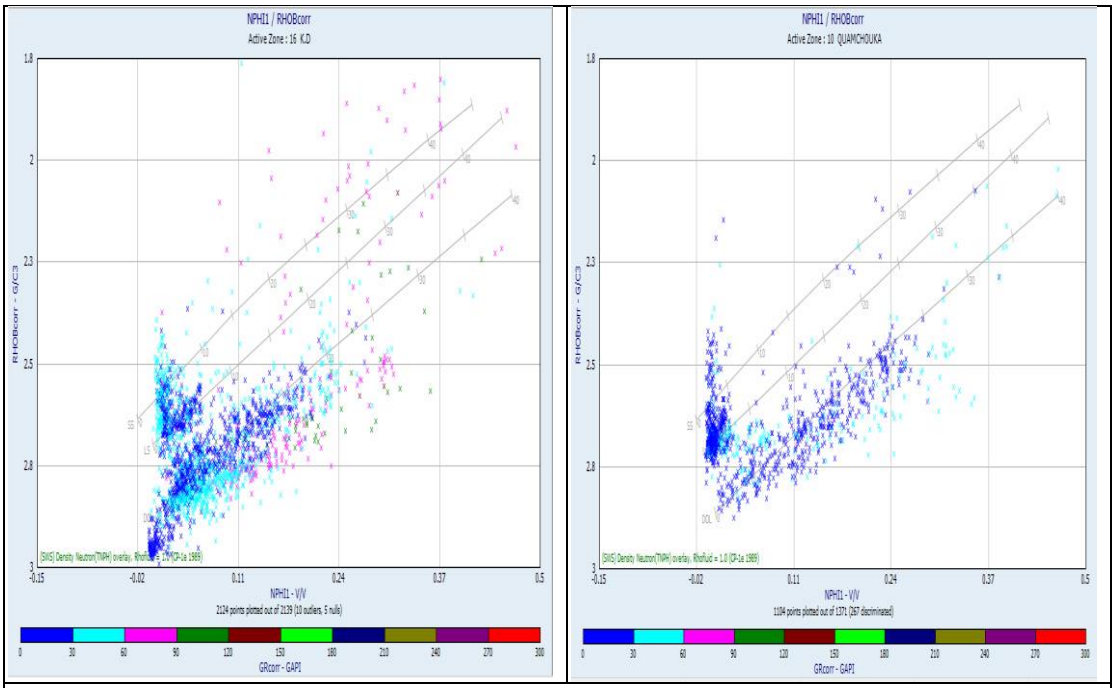
يوضح الشكل (٣-٤): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة- نترون لسحنة رماح شيرت-كريتاسي أعلى من تشكيلة السخنة (الجزء اليميني)، لتشكيلة جوديا-كريتاسي أعلى (الجزء اليساري).

يوضح الشكل (٣-٥) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة نترون، حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني النتائج لتشكيلة حيان-كريتاسي أعلى، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن دولوميت، حجر كلسي، أنهدريت، وشيل (النقط ذات اللون الزهري)، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة الرطبة-كريتاسي أسفل، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي دولوميت، حجر رملي، حجر كلسي، وشيل.



يوضح الشكل (٣-٥): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة- نترون لتشكيلة حيان-كريتاسي أعلى (الجزء اليميني)، لتشكيلة الرطبة-كريتاسي أسفل (الجزء اليساري).

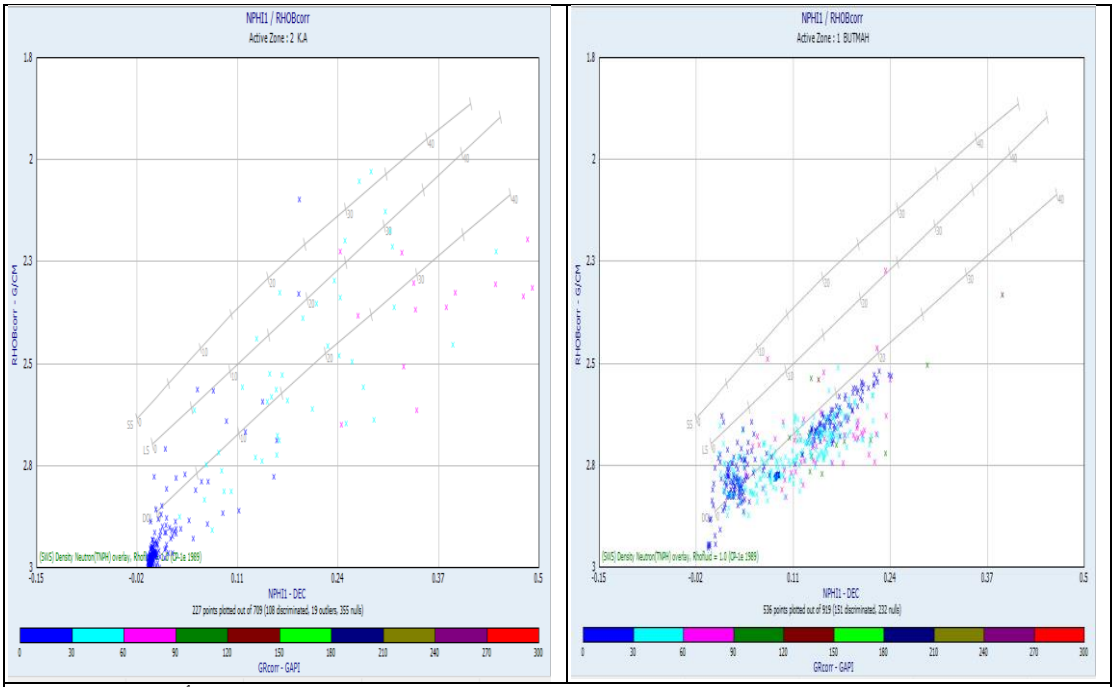
يوضح الشكل (٣-٦) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة- نترون، حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني النتائج لتشكيلة كامشوكا-جوراسي، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن دولوميت، حجر كلسي، شيل، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة حجر كلسي، دولوميت، أنهدريت، وشيل.



يوضح الشكل (٣-٦): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة- نترون لتشكيلة كامشوكا-جوراسي (الجزء اليميني)، لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط (الجزء اليساري).

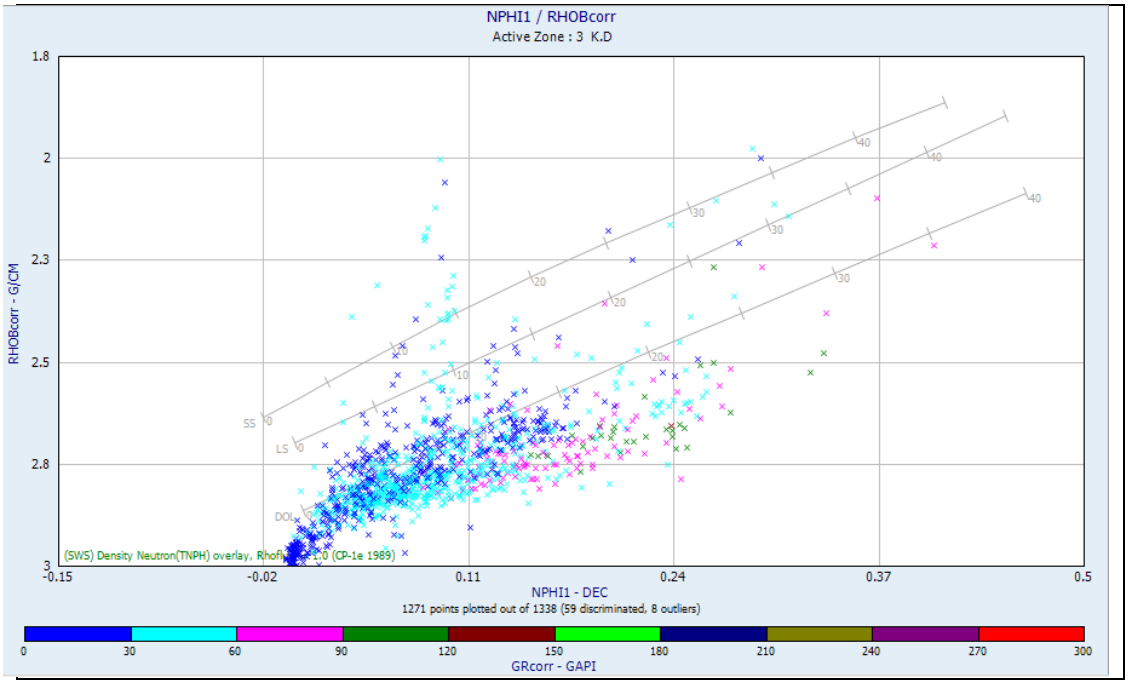
○ البئر NH-٧:

يوضح الشكل (٣-٧) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة- نترون، حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني النتائج لتشكيلة بطمة-ترياسي أعلى، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن انهدريت، دولوميت، حجر كلسي، وشيل، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-ترياسي أوسط، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي حجر كلسي، دولوميت، أنهدريت، وشيل، مع الأخذ بالحسبان أن الجزء الأعلى من التشكيلة لا يتوافر له قياسات بئرية.



يوضح الشكل (٣-٧): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة- نترون لتشكيلة بطمة-تورياسي أعلى (الجزء اليميني)، لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-تورياسي أوسط (الجزء اليساري).

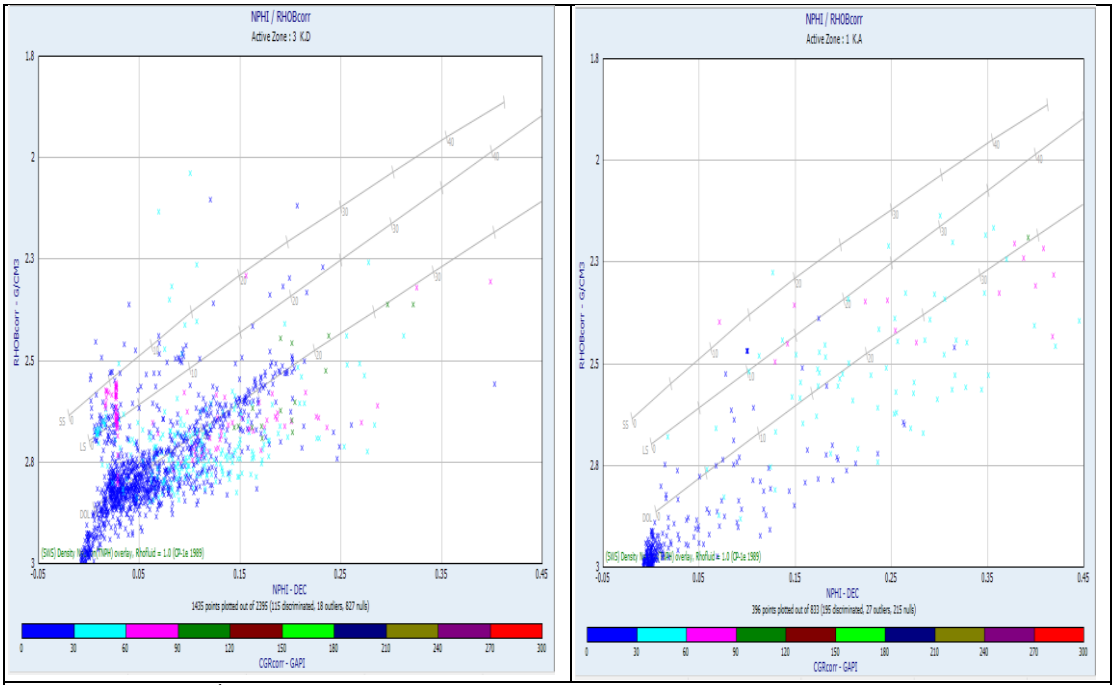
يوضح الشكل (٣-٨) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة- نترون لتشكيلة كوروشينا دولوميت-تورياسي أوسط، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة حجر كلسي، دولوميت، أنهدريت، وشيل.



يوضح الشكل (٣-٨): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة نترون لتشكيلة كوروشينا دولوميت-تورياسي أوسط.

- **البئر NH-١٠:**

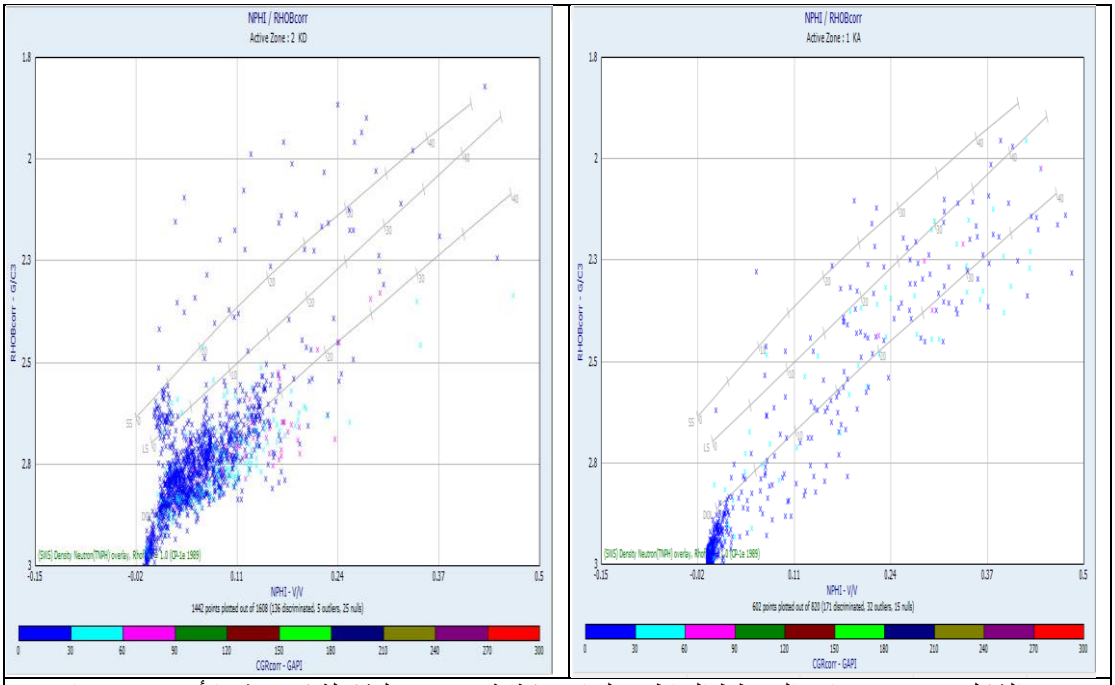
يوضح الشكل (٣-٩) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة – نترون، حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني النتائج لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-ترياسي أوسط، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن حجر كلسي، دولوميت، أنهدريت، وشيل (النقط ذات اللون الزهري)، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي دولوميت، حجر كلسي، أنهدريت، وشيل.



يوضح الشكل (٣-٩): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة - نترون لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-ترياسي أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط (الجزء اليساري).

- **البئر NH-٢٤:**

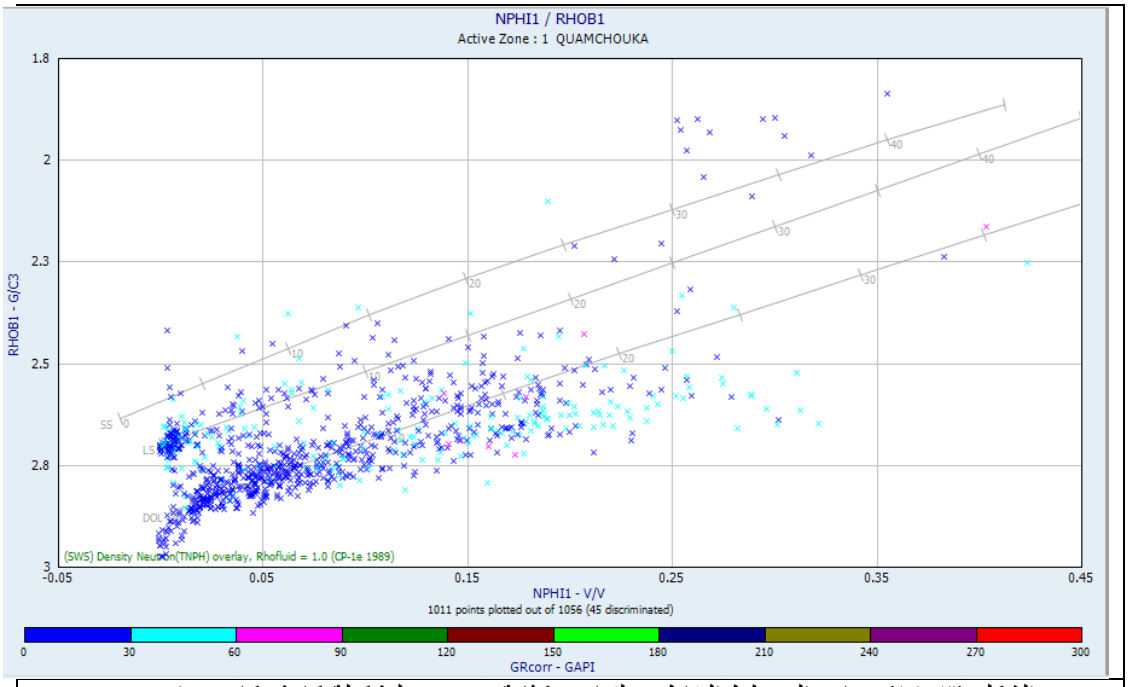
يوضح الشكل (٣-١٠) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة – نترون، حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني النتائج لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-ترياسي أوسط، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن أنهدريت، دولوميت، حجر كلسي، وشيل (النقط ذات اللون الزهري)، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي دولوميت، حجر كلسي، أنهدريت، وشيل.



يوضح الشكل (٣-١٠): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة - نترون لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-ترياسي أوسط (الجزء اليميني)، لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط (الجزء اليساري).

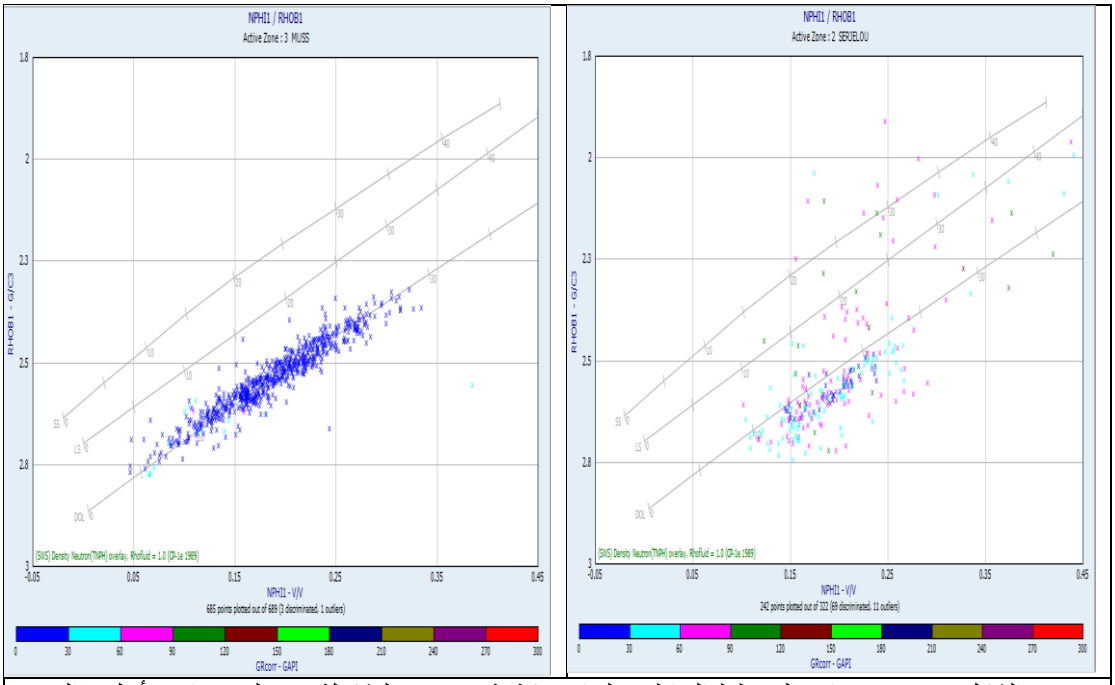
- **البئر NH-٢٥:**

يوضح الشكل (٣-١١) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة – نترون، ويمثل المخطط نتائج المخطط لتشكيلة كامشوكا، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي حجر كلسي، ودولوميت، وشيل (النقط ذات اللون الزهري)، وأنهدريت.



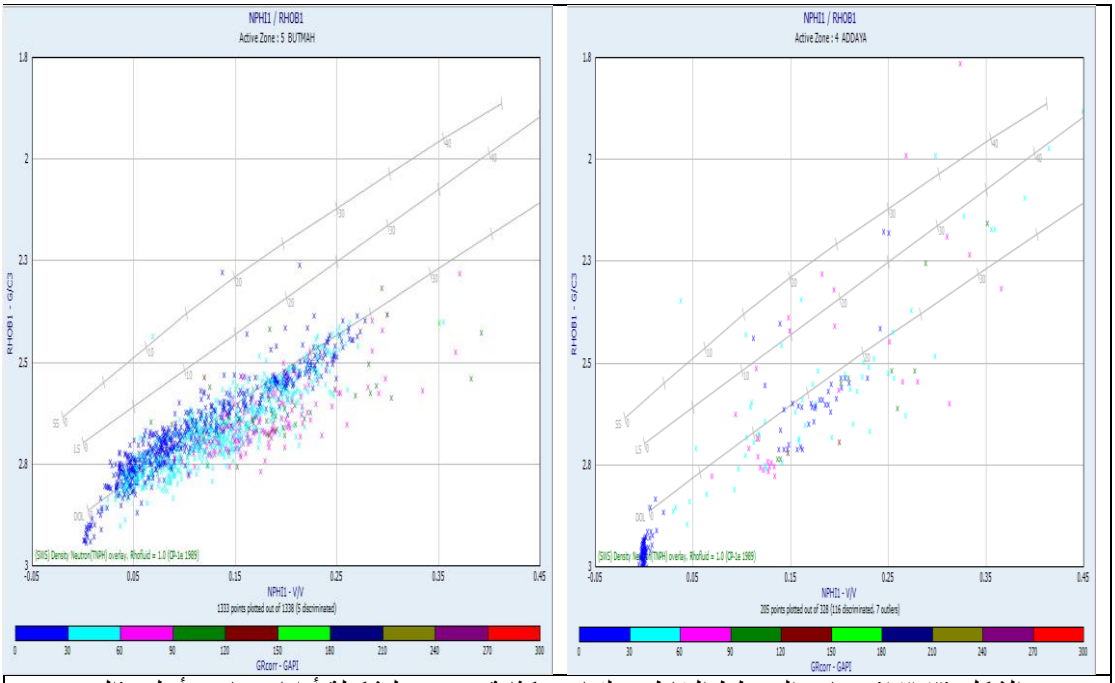
يوضح الشكل (٣-١١): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة - نترون لتشكيلة كامشوكا-جوراسي.

يوضح الشكل (٣-١٢) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة - نترون، حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني نتائج تشكيلة سرجلو-تریاسي أعلى، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن دولوميت، وشيل، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة موس-تریاسي أعلى، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي الدولوميت، وشيل.



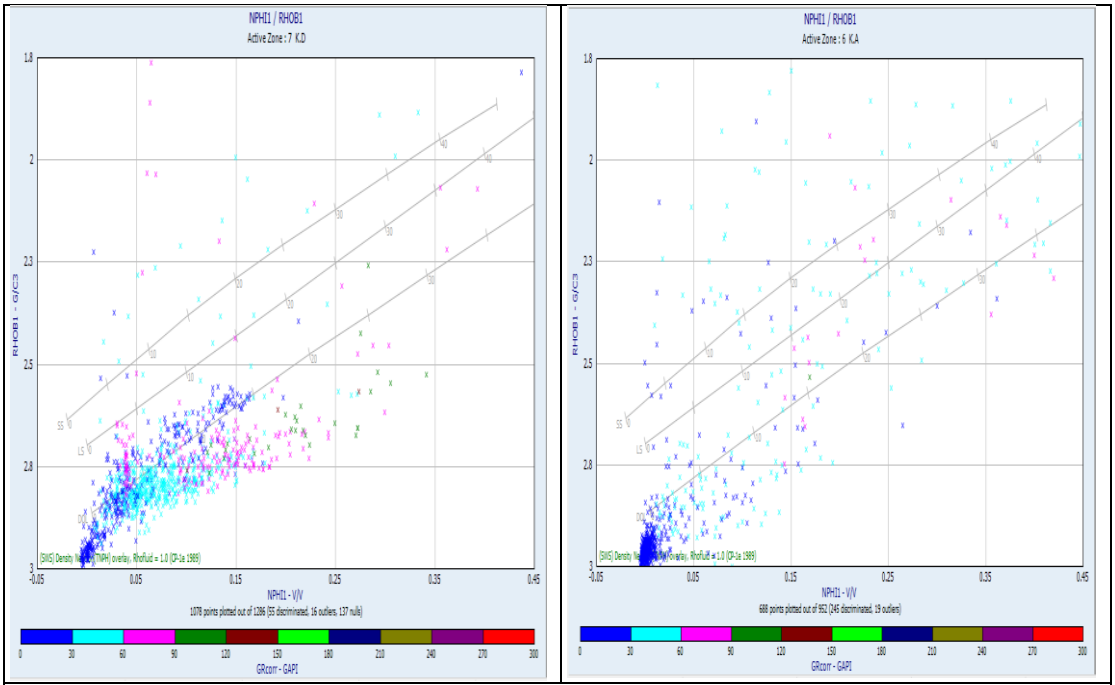
يوضح الشكل (٣-١٢): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة - نترون لتشكيلة سرجلو-تریاسي أعلى (الجزء اليميني)، ولتشكيلة موس-تریاسي أعلى (الجزء اليساري).

يوضح الشكل (٣-١٣) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة – نترون، حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني نتائج تشكيلة أدايا-تریاسي أعلى، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن أنهدريت بشكل رئيسي، دولوميت، وشيل، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة بطمة-تریاسي أعلى، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي الدولوميت، أنهدريت، وشيل.



يوضح الشكل (٣-١٣): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة- نترون لتشكيلة أدايا-تزياسي أعلى (الجزء اليميني)، ولتشكيلة بطمة-تزياسي أعلى (الجزء اليساري).

يوضح الشكل (٣-١٤) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة- نترون، حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني نتائج تشكيلة كوروشينا أنهدريت-تزياسي أوسط، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن حجر كلسي، دولوميت، أنهدريت، وشيل، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة كوروشينا دولوميت-تزياسي أوسط، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي حجر كلسي، دولوميت، أنهدريت، وشيل.



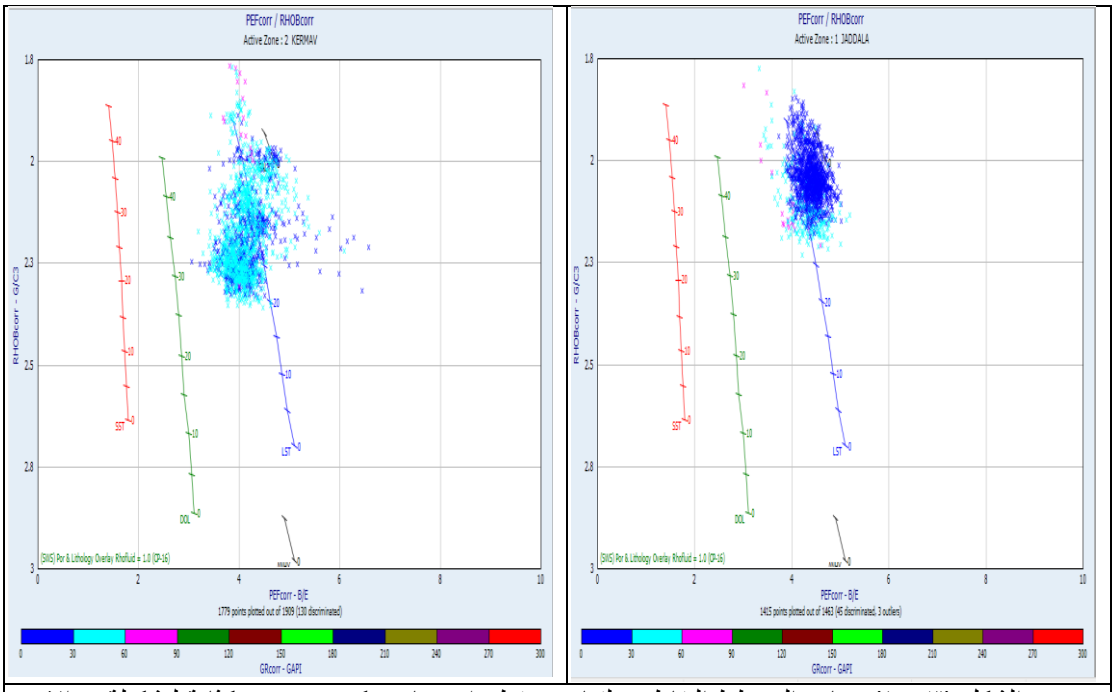
يوضح الشكل (٣-١٤): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة- نترون لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-تزياسي أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-تزياسي أوسط (الجزء اليساري).

●المخطط التقاطعي لقياسي كثافة- مقطع الامتصاص الكهروضوئي:

وتم استخدامه لكامل آبار منطقة الدراسة، حيث يمثل المحور X قيم مقطع الامتصاص الكهروضوئي (Pef)، ويمثل المحور Y قيم الكثافة الحجمية (RHOB)، ويمكن إدخال منحني لوني يمثل مجالات لقيم تسجيل الإشعاع الطبيعي المسجلة GR، وذلك لتمييز القطاع الشيلي في كل تشكيلة (حيث يسجل GR قيم عالية أمام الشيل). من خلال هذا المخطط يمكننا أخذ فكرة عن الليثولوجيا المسيطرة (شكل)، ويؤكد النتائج الكيفية للمخطط التقاطعي لقياسي كثافة- نترون، وذلك لكون قياس Pef قياساً مرتبطاً بالليثولوجيا بالدرجة الأولى، مع الأخذ بالحسبان وضع بعض القيم الحدية للنقط التي تظهر على المخطط، حيث إنّ وجود تهدمات كبيرة في جدار البئر (CALI>>BS) يؤدي إلى عدم مصداقية قيم الكثافة ومقطع الامتصاص الكهروضوئي المسجلة.

○ البئر NH-٣:

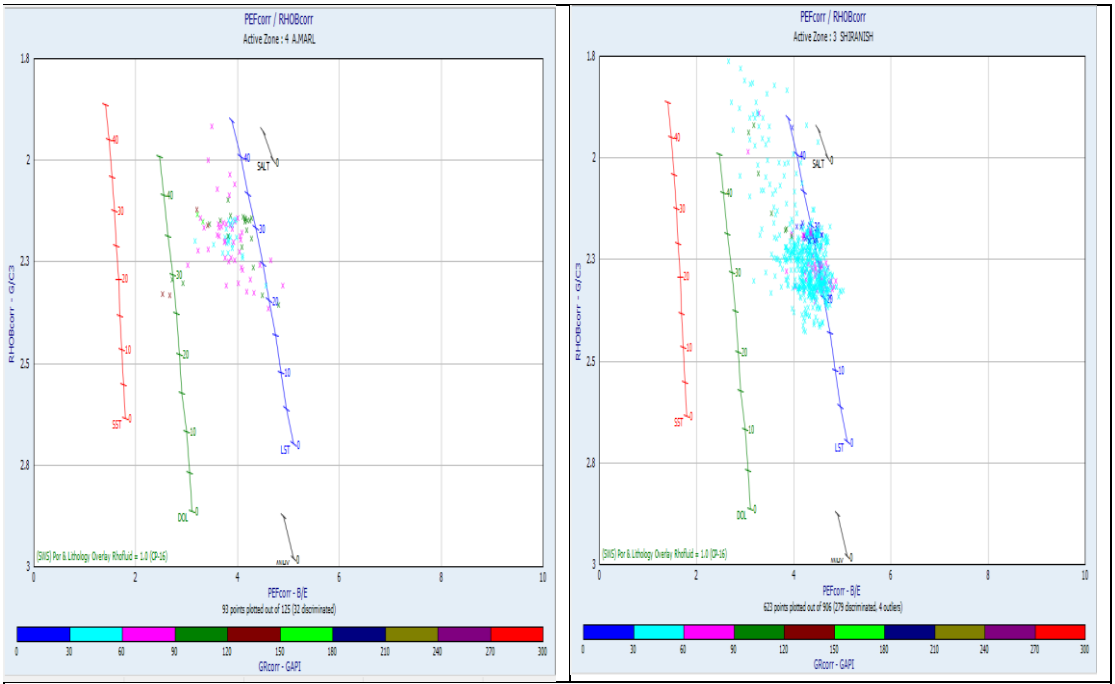
يوضح الشكل (٣-١٥) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة -مقطع الامتصاص الكهروضوئي، حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني نتائج تشكيلة جدالا-باليوجين أوسط، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن حجر كلسي، وشيل (النقط ذات اللون الزهري)، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة كيرماف-باليوجين أسفل، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي حجر كلسي، دولوميت، وشيل.



يوضح الشكل (٣-١٥): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهروضوئي-كثافة لتشكيلة جدالا-باليوجين أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كيرماف-باليوجين أسفل (الجزء اليساري).

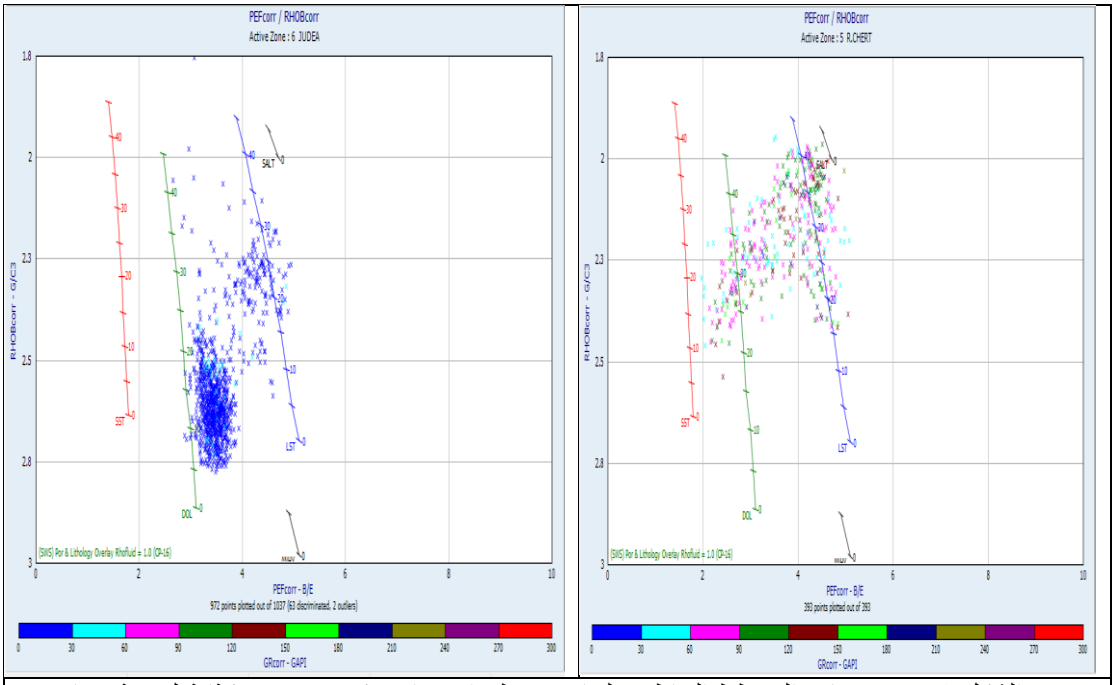
يوضح الشكل (٣-١٦) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة-مقطع الامتصاص الكهروضوئي، حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني نتائج تشكيلة شيرانيش-كريتاسي أعلى، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن حجر كلسي، دولوميت، وشيل (النقط ذات

اللون الزهري)، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لسحنة ارك مارل-كريتاسي أعلى من تشكيلة السخنة، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي حجر كلسي، دولوميت، وشيل.



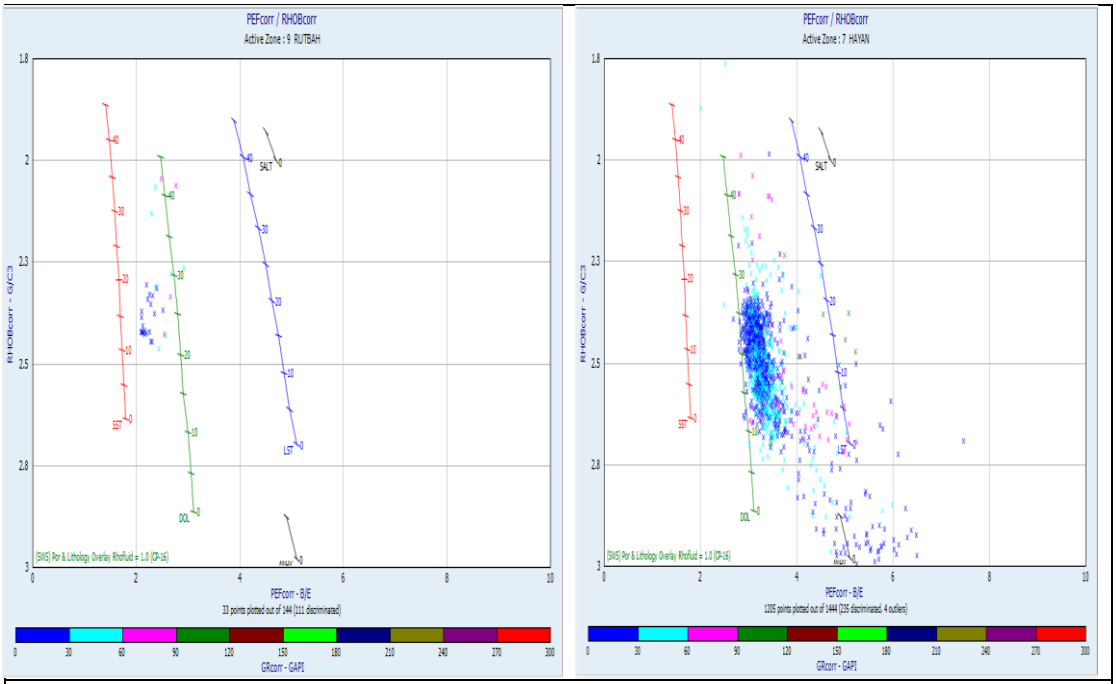
يوضح الشكل (٣-١٦): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهروضوئي-كثافة لتشكيلة شيرانيش-كريتاسي أعلى (الجزء اليميني)، ولسحنة ارك مارل-كريتاسي أعلى من تشكيلة السخنة (الجزء اليساري).

يوضح الشكل (٣-١٧) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة-مقطع الامتصاص الكهروضوئي، حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني نتائج سحنة رماح شيرت-كريتاسي أعلى من تشكيلة السخنة، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن حجر كلسي، دولوميت، حجر رملي، وشيل (النقط ذات اللون الزهري)، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة جوديا-كريتاسي أعلى، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي حجر كلسي ودولوميت.



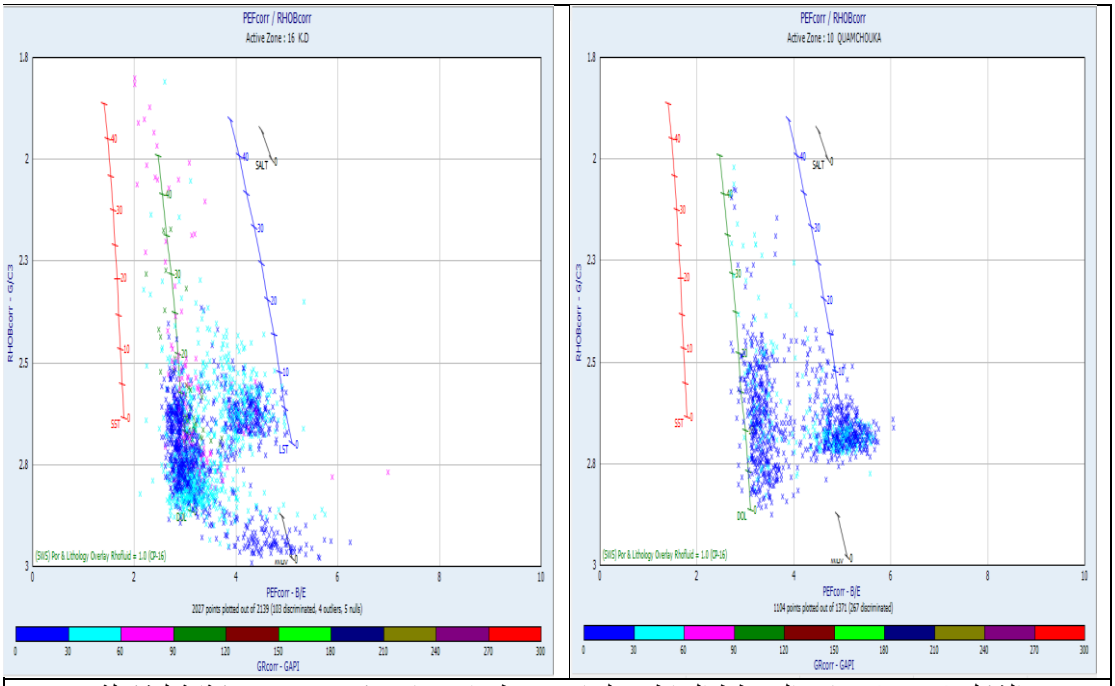
يوضح الشكل (٣-١٧): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهروضوئي-كثافة لسحنة رماح شيرت-كريتاسي أعلى من تشكيلة السخنة (الجزء اليميني)، ولتشكيلة جوديا-كريتاسي أعلى (الجزء اليساري).

يوضح الشكل (٣-١٨) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة-مقطع الامتصاص الكهروضوئي، حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني نتائج تشكيلة حيان-كريتاسي أعلى، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن حجر كلسي، دولوميت، أنهدريت، وشيل (النقط ذات اللون الزهري)، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة رطبة-كريتاسي أسفل، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي دولوميت، حجر كلسي، وشيل.



يوضح الشكل (٣-١٨): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهروضوئي-كثافة لتشكيلة حيان-كريتاسي أعلى (الجزء اليميني)، ولتشكيلة رطبة-كريتاسي أسفل (الجزء اليساري).

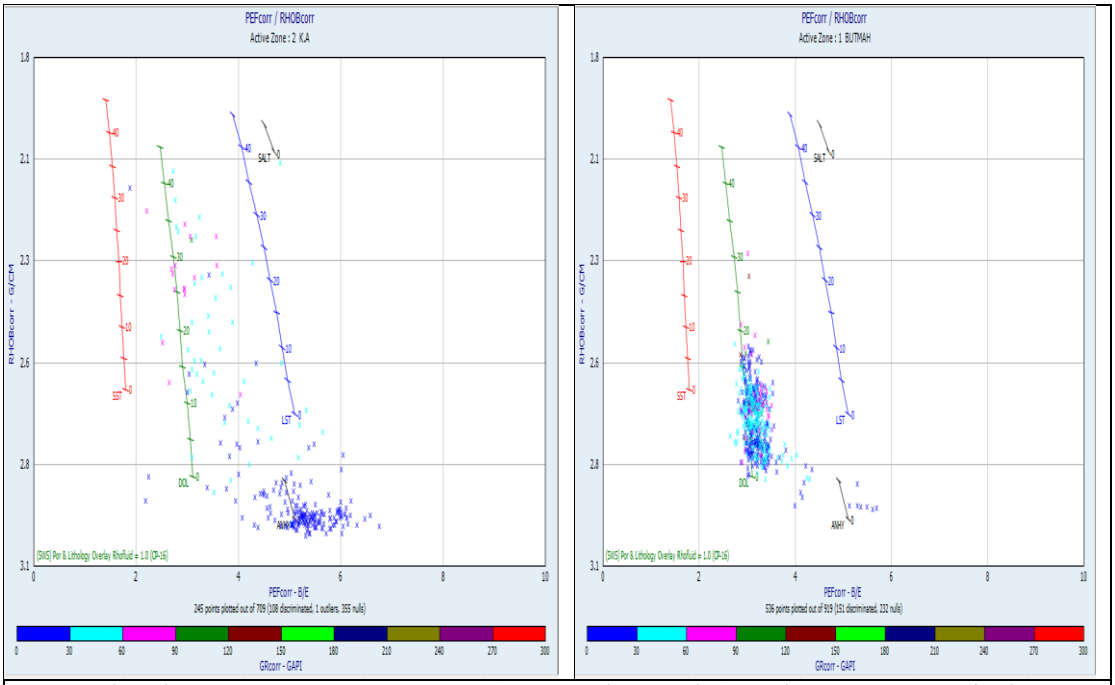
يوضح الشكل (٣-١٩) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة-مقطع الامتصاص الكهروضوئي حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني نتائج تشكيلة كامشوكا-جوراسي، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن حجر كلسي دولوميت وشيل، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي حجر كلسي، دولوميت، أنهدريت، وشيل.



يوضح الشكل (٣-١٩): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهروضوئي- كثافة لتشكيلة كامشوكا-جوراسي (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط (الجزء اليساري).

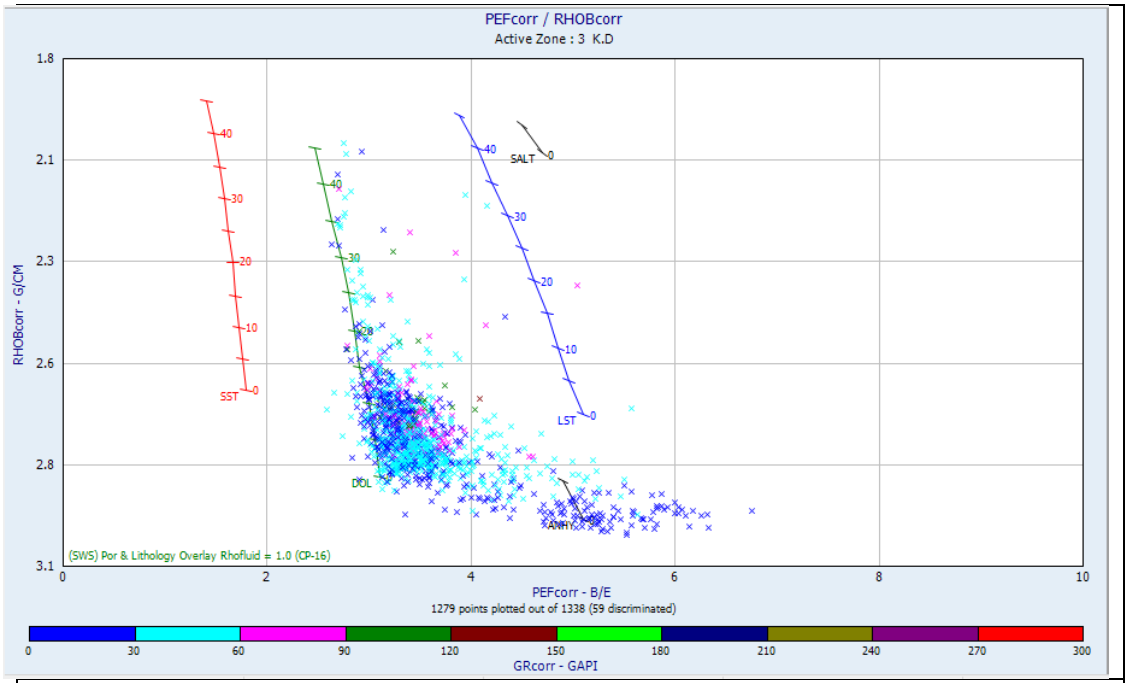
- **البئر NH-٧:**

يوضح الشكل (٣-٢٠) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة-مقطع الامتصاص الكهروضوئي، حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني نتائج تشكيلة بطمة-ترياسي أعلى، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن انهدريت، دولوميت وشيل، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-ترياسي أوسط، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي حجر كلسي، دولوميت، أنهدريت، وشيل، مع الأخذ بالحسبان أنّ الجزء العلوي من التشكيلة لم تتوافر له قياسات جيوفيزيائية بئرية.



يوضح الشكل (٣-٢٠): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهروضوئي- كثافة لتشكيلة بطمة- ترياسي أعلى (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا أنهدريت-ترياسي أوسط (الجزء اليساري).

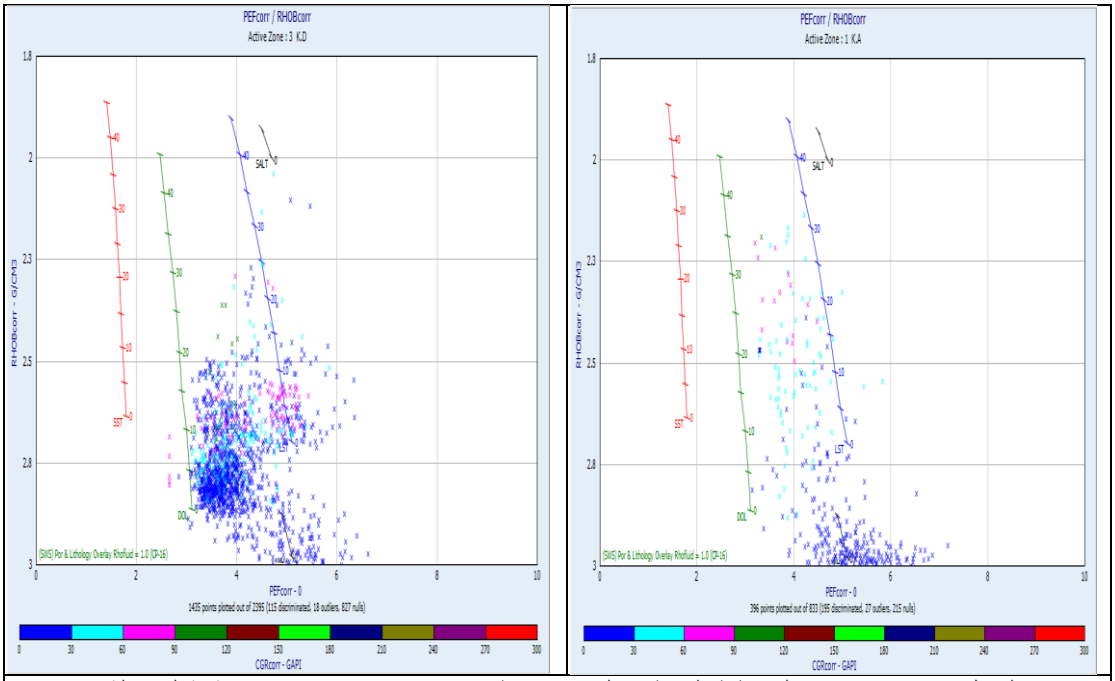
يوضح الشكل (٣-٢١) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة-مقطع الامتصاص الكهروضوئي لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي حجر كلسي، دولوميت، أنهدريت، وشيل.



يوضح الشكل (٣-٢١): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهروضوئي- كثافة لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط.

- **البئر NH-١٠:**

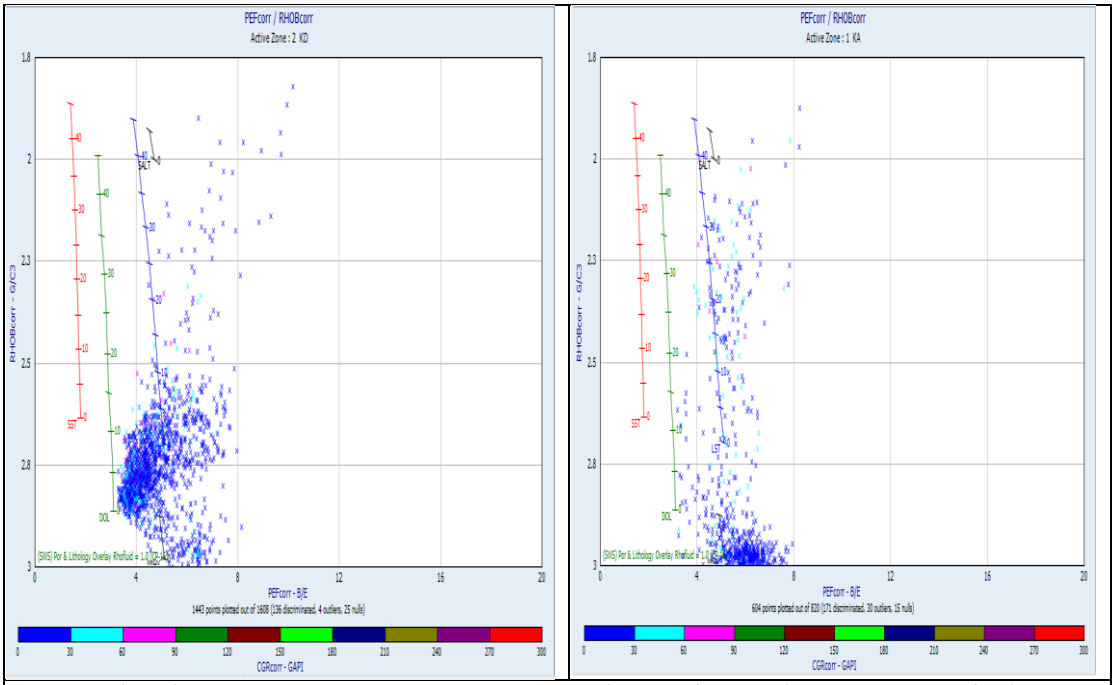
يوضح الشكل (٣-٢٢) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة-مقطع الامتصاص الكهروضوئي، حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني نتائج تشكيلة كوروشينا أنهدريت-ترياسي أوسط، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن حجر كلسي، دولوميت، أنهدريت، وشيل، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي الدولوميت، حجر كلسي، أنهدريت، وشيل.



يوضح الشكل (٣-٢٢): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهروضوئي-كثافة لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-ترياسي أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط (الجزء اليساري).

- **البئر NH-٢٤:**

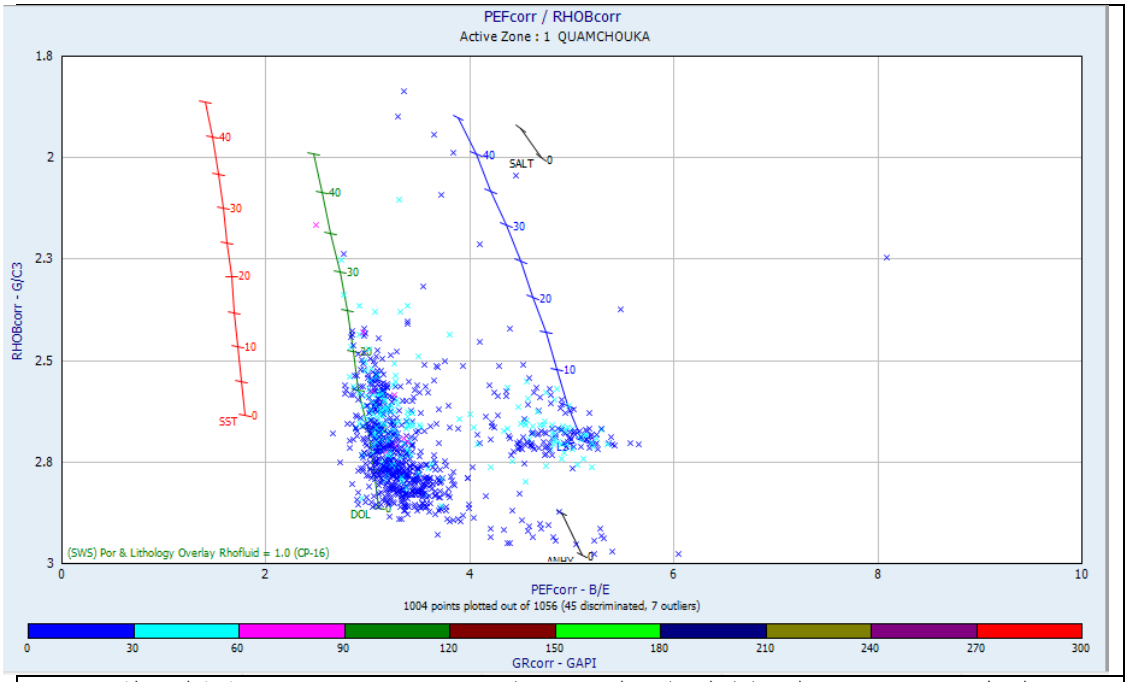
يوضح الشكل (٣-٢٣) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة-مقطع الامتصاص الكهروضوئي، حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني نتائج تشكيلة كوروشينا أنهدريت-ترياسي أوسط، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن أنهدريت بشكل رئيسي، دولوميت، حجر كلسي، وشيل، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي الدولوميت، حجر كلسي، أنهدريت، وشيل.



يوضح الشكل (٣-٢٣): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهروضوئي-كثافة لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-ترياسي أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط (الجزء اليساري).

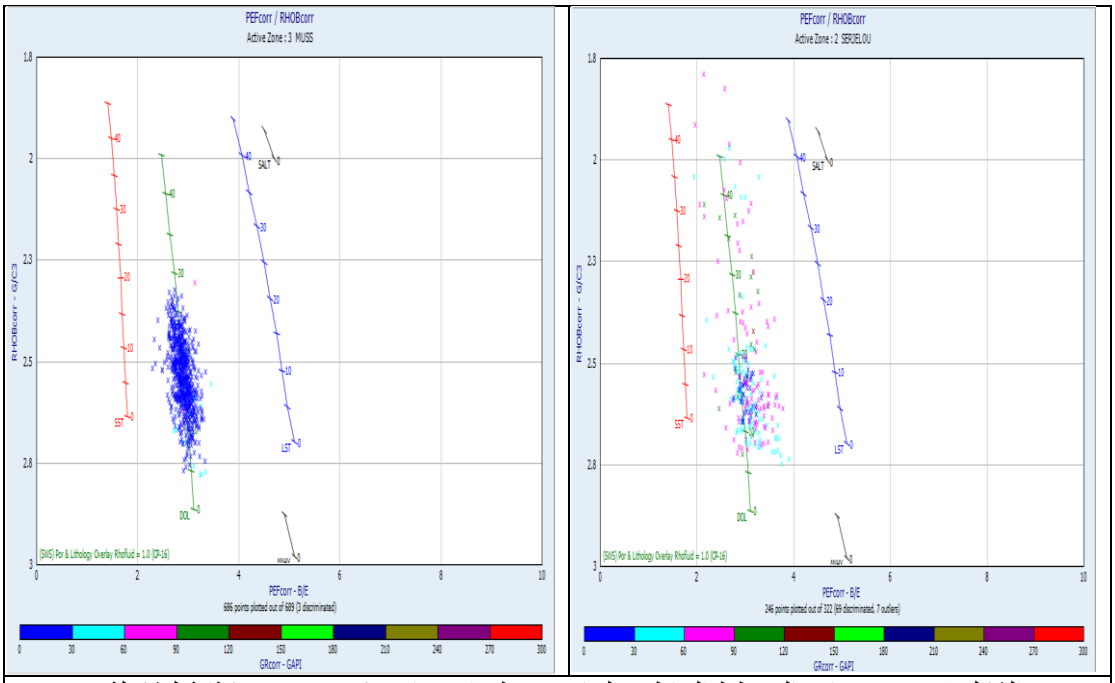
- **البئر NH-٢٥:**

يوضح الشكل (٣-٢٤) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة-مقطع الامتصاص الكهروضوئي لتشكيلة كامشوكا-جوراسي، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي حجر كلسي، دولوميت، شيل (النقط ذات اللون الزهري)، وأنهدريت.



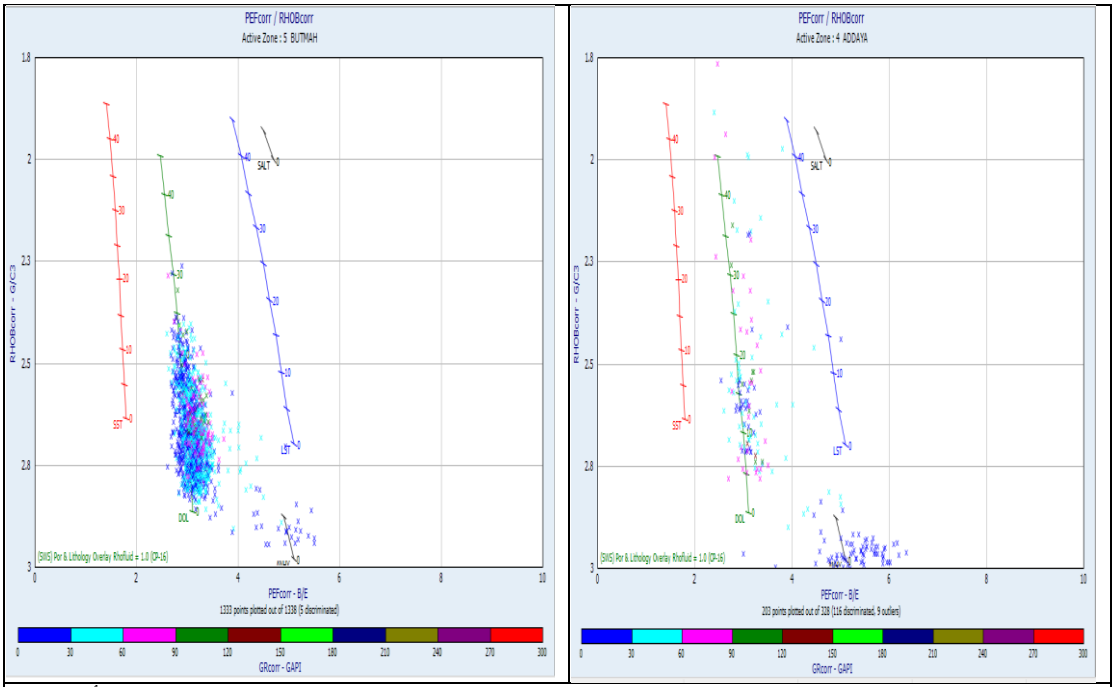
يوضح الشكل (٣-٢٤): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهروضوئي-كثافة لتشكيلة كامشوكا-جوراسي.

يوضح الشكل (٣-٢٥) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة-مقطع الامتصاص الكهروضوئي، حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني نتائج تشكيلة سرجلو-ترياسي أعلى، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن دولوميت، وشيل، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة موس-ترياسي أعلى، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي الدولوميت، والشيل.



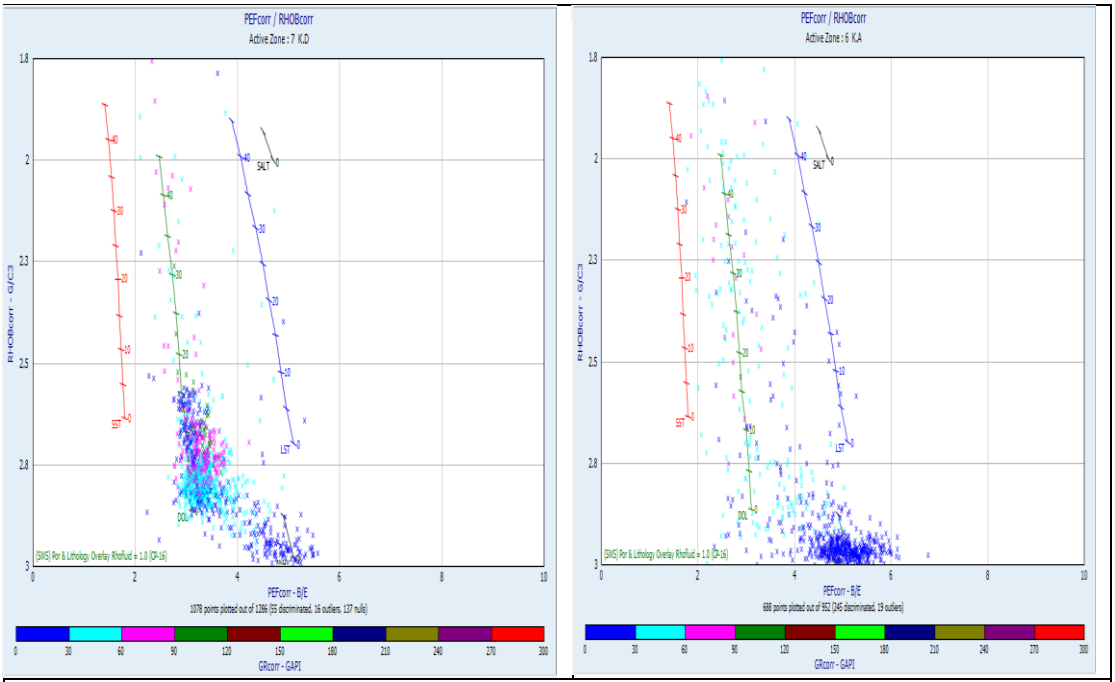
يوضح الشكل (٣-٢٥): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهروضوئي-كثافة لتشكيلة سيرجيلو (الجزء اليميني)، ولتشكيلة موس-ترياسي أعلى (الجزء اليساري).

يوضح الشكل (٣-٢٦) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة-مقطع الامتصاص الكهروضوئي، حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني نتائج تشكيلة أدايا-ترياسي أعلى، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن أنهدريت بشكل رئيسي، دولوميت، وشيل، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة بطمة-ترياسي أعلى، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي الدولوميت، أنهدريت، وشيل.



يوضح الشكل (٣-٢٦): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهروضوئي-كثافة لتشكيلة أدايا-تریاسي أعلى (الجزء اليميني)، ولتشكيلة بطمة-تریاسي أعلى (الجزء اليساري).

يوضح الشكل (٣-٢٧) نتائج المخطط التقاطعي لقياسي كثافة-مقطع الامتصاص الكهروضوئي، حيث يمثل المخطط في الجزء اليميني نتائج تشكيلة كوروشينا أنهدريت-تریاسي أوسط، ويمكن ملاحظة أن الليثولوجيا المسيطرة عبارة عن حجر كلسي، دولوميت، أنهدريت، وشيل ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط، حيث يلاحظ أن الليثولوجيا المسيطرة هي حجر كلسي، دولوميت، أنهدريت، وشيل.



يوضح الشكل (٣-٢٧): نتائج المخطط التقاطعي لقياسي مقطع امتصاص كهروضوئي-كثافة لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-تریاسي أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط (الجزء اليساري).

- المخطط التقاطعي Rhomaa مقابل Umaa:

وتم استخدامه للآبار NH-٣, NH-٧, NH-٢٥، وذلك لعدم تنفيذ قياس الإشعاع الطبيعي الطيفي في هذه الآبار، حيث يفيد هذا المخطط في معرفة ثلاثة أنواع من الشيل حسب تركيبها الفلزي (فلدسبار،كاولينيت، إيلليت) في حال غياب قياس الإشعاع الطبيعي الطيفي NGS، بالإضافة إلى أنّه يقدم معلومات ليثولوجيّة دقيقة. تُمثّل الكثافة الهيكلية الظاهرية Rhomaa على المحور Y، وتُحسب وفق المعادلة:

$$\rho_{maa} = \left[{(\rho_b - \emptyset_{ta}\rho_f)} \Big/ {(١ - \emptyset_{ta})} \right]$$

حيث:

ρ_{maa}: الكثافة الهيكلية الظاهرية.

ρ_b: الكثافة الحجمية.

φ_{ta}: المسامية الكلية الظاهرية.

ρ_f: كثافة المائع التي تمت معايرة السابرة عليه.

وتُمثّل قيم Umaa بوحدة البارن/سم^٣ على المحور X، وتُحسب وفق المعادلة:

$$U_{maa} = {(P_e\rho_e - \emptyset_{ta}U_f)} \Big/ {(١ - \emptyset_{ta})}$$

حيث:

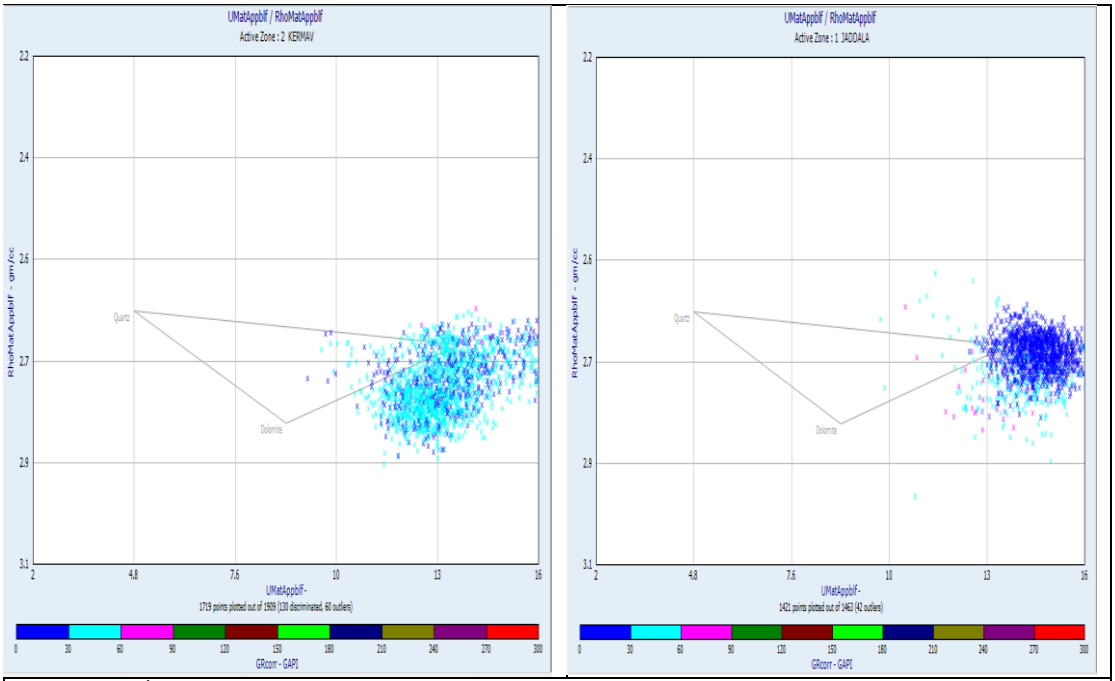
ρ_e: الكثافة الإلكترونية.

P_e: مقطع الامتصاص الكهروضوئي.

U_f: جداء الكثافة الإلكترونية للمائع الذي تمت معايرة السابرة عليه بقيمة مقطع الامتصاص الكهروضوئي له.

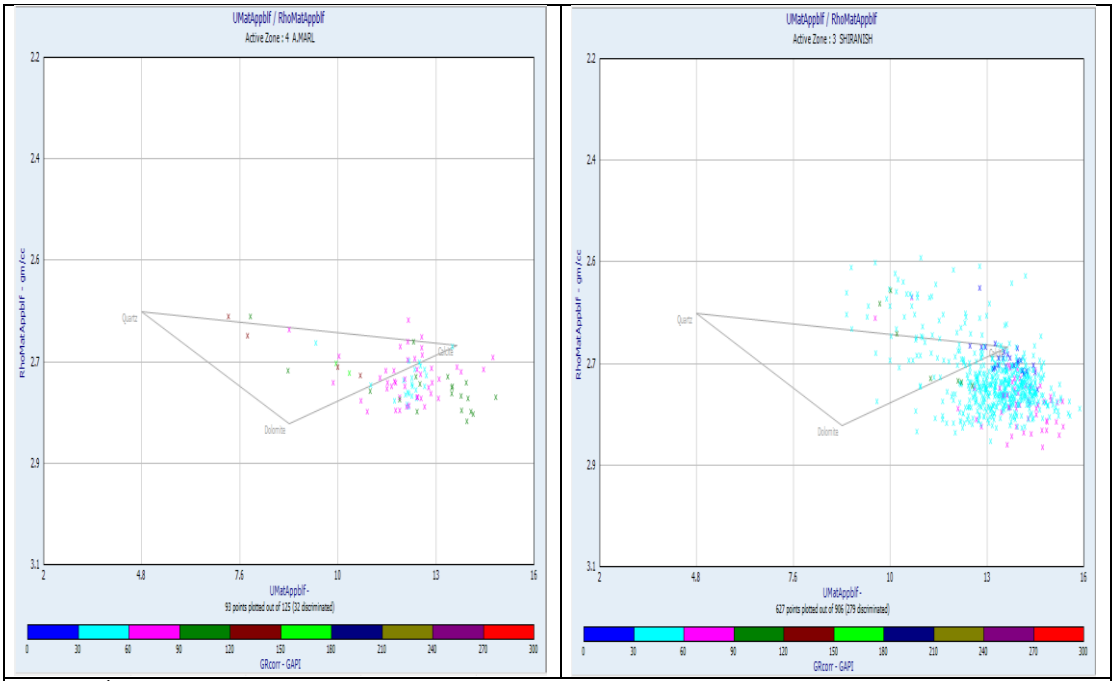
- **البئر NH-٣:**

يوضح الشكل (٣-٢٨) نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa، حيث يمثل المخطط الأيمن نتائج هذا المخطط لتشكيلة جدالا-باليوجين أوسط والتي تبين أن التركيب الليثولوجي الأساسي هو الحجر الكلسي، والشيل (النقط ذات اللون الزهري)، ويوضح المخطط الأيسر النتائج لتشكيلة كيرماف-باليوجين أسفل والتي تبين أن الليثولوجيا المسيطرة حجر كلسي ودولوميت وشيل.



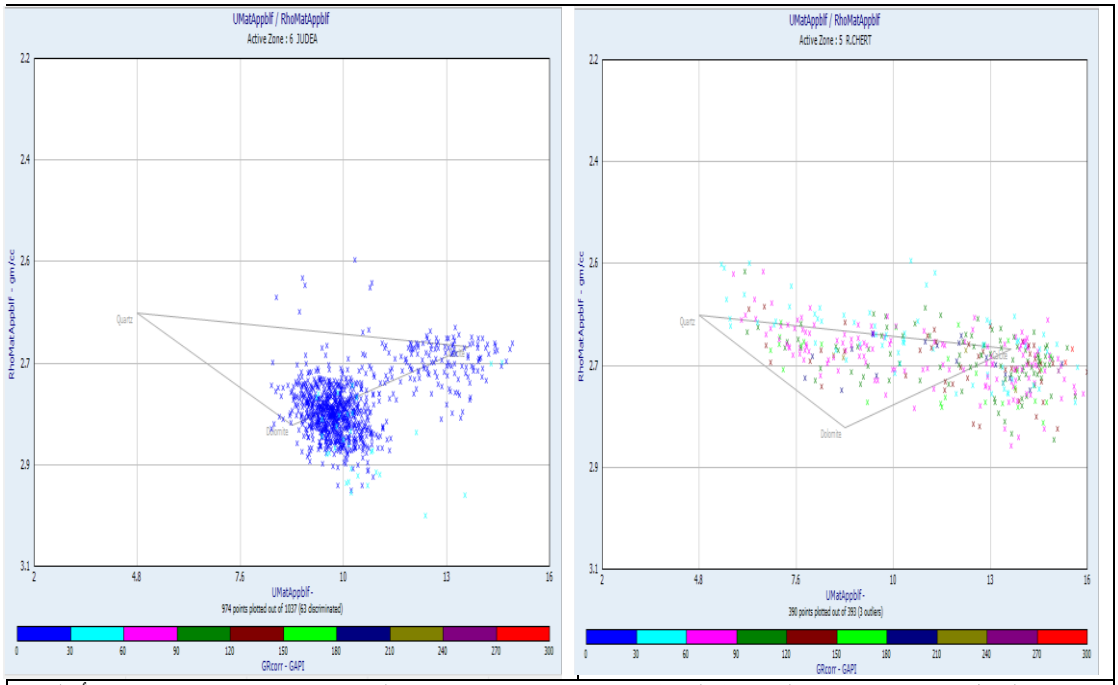
يوضح الشكل (٣-٢٨): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة جدالا-باليوجين أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كيرماف-باليوجين أسفل (الجزء اليساري).

يوضح الشكل (٣-٢٩) نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa، حيث يمثل المخطط الأيمن نتائج هذا المخطط لتشكيلة شيرانيش-كريتاسي أعلى، والتي تبين أن التركيب الليثولوجي الأساسي هو الحجر الكلسي، الدولوميت، والشيل (النقط ذات اللون الزهري)، ويوضح المخطط الأيسر النتائج لسحنة ارك مارل-كريتاسي أعلى من تشكيلة السخنة والتي تبين أن الليثولوجيا المسيطرة حجر كلسي، دولوميت، وشيل (ناشئ من فلدسبار النقط التي تقع أعلى خط حجر كلسي-حجر رملي وأكثر قرباً الى نقطة حجر رملي).



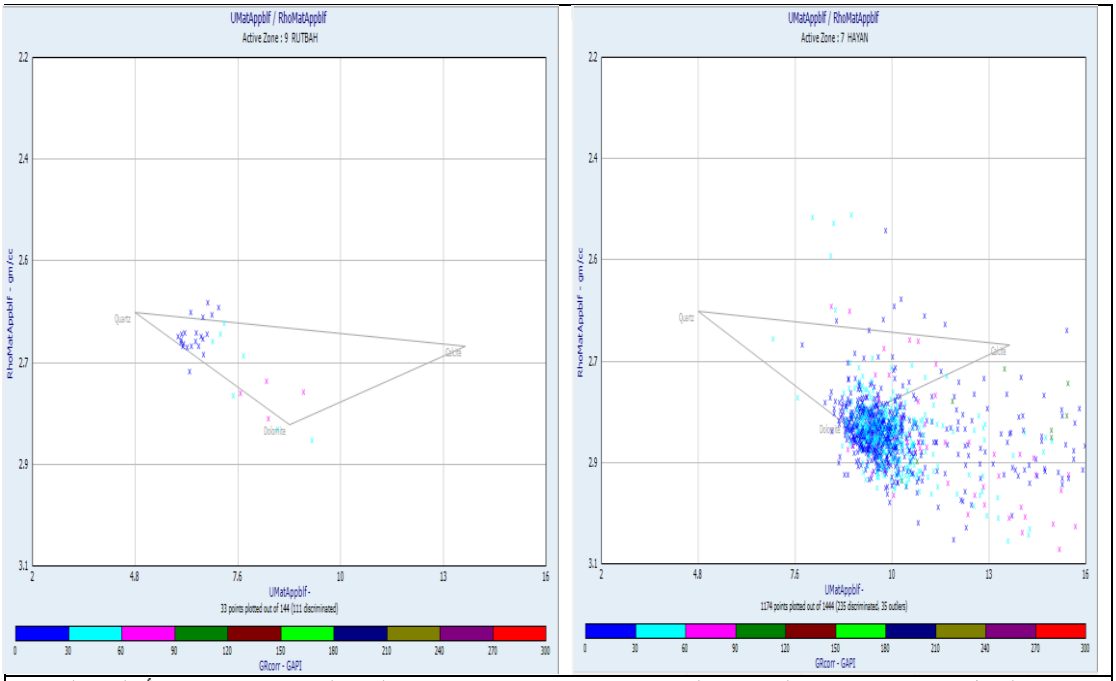
يوضح الشكل (٣-٢٩): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة شيرانيش-كريتاسي أعلى (الجزء اليميني)، ولسحنة ارك مارل-كريتاسي أعلى من تشكيلة السخنة (الجزء اليساري).

يوضـــح الشـــكل (٣-٣٠) نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa، حيث يمثل المخطط الأيمن نتائج هذا المخطط لسـحنة رماح شـيرت-كريتاسـي أعلى من تشـكيلة السـخنة، والتي تبين أن التركيب الليثولوجي الأسـاسـي هو دولوميت، حجر كلسـي، حجر رملي، وشـيل (ناشئ من فلدسبار)، ويوضح المخطط الأيسر النتائج لتشكيلة جوديا-كريتاسي أعلى، والتي تبين أن الـلـيـثـولـوجـيـا الـمسـيـطـرة حـجـر كـلسـي ودولـومـيـت.



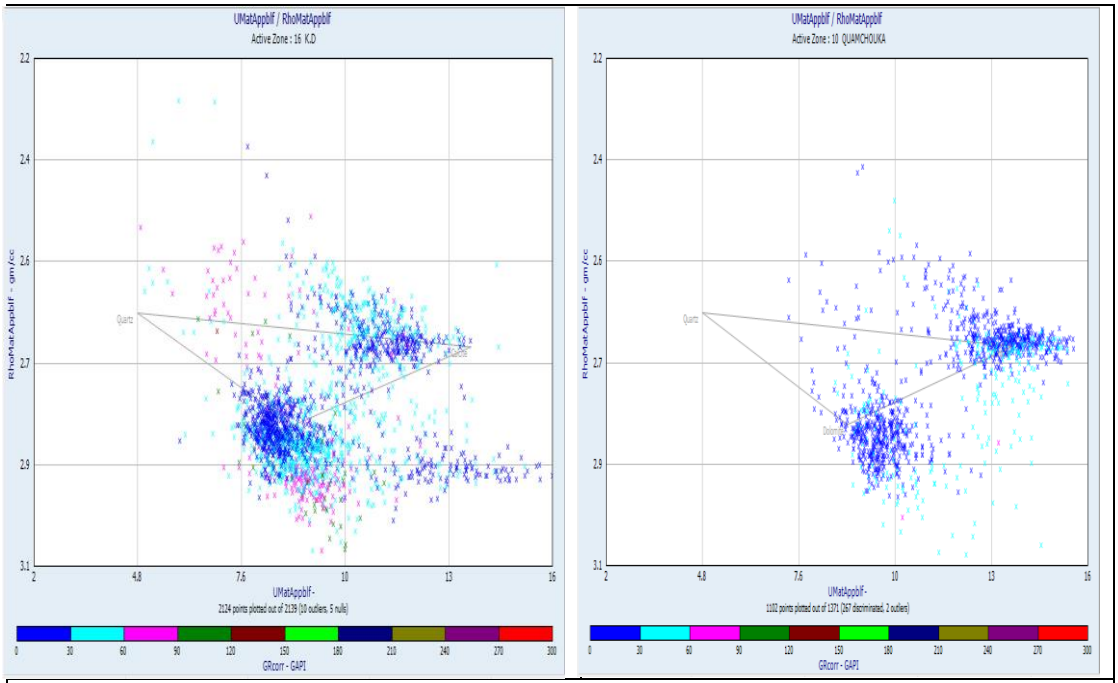
يوضح الشكل (٣-٣٠): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لسحنة رماح شيرت-كريتاسي أعلى من تشكيلة السخنة (الجزء اليميني)، ولتشكيلة جوديا-كريتاسي أعلى (الجزء اليساري).

يوضح الشكل (٣-٣١) نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa، حيث يمثل المخطط الأيمن نتائج هذا المخطط لتشكيلة حيان-كريتاسي أعلى، والتي تبين أن التركيب الليثولوجي الأساسي هو دولوميت، حجر كلسي، أنهدريت، وشيل ناشئ عن إيلليت (النقط ذات اللون الزهري والأخضر والتي تقع أسفل خط حجر كلسي-دولوميت بقيم كثافة هيكلية ظاهرية أكبر من ٢,٩ g/cm^3)، ويوضح المخطط الأيسر النتائج لتشكيلة رطبة-كريتاسي أسفل، والتي تبين أن الليثولوجيا المسيطرة حجر رملي، دولوميت، وشيل ناشئ من إيلليت.



يوضح الشكل (٣-٣١): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة حيان-كريتاسي أعلى (الجزء اليميني)، ولتشكيلة رطبة-كريتاسي أسفل (الجزء اليساري).

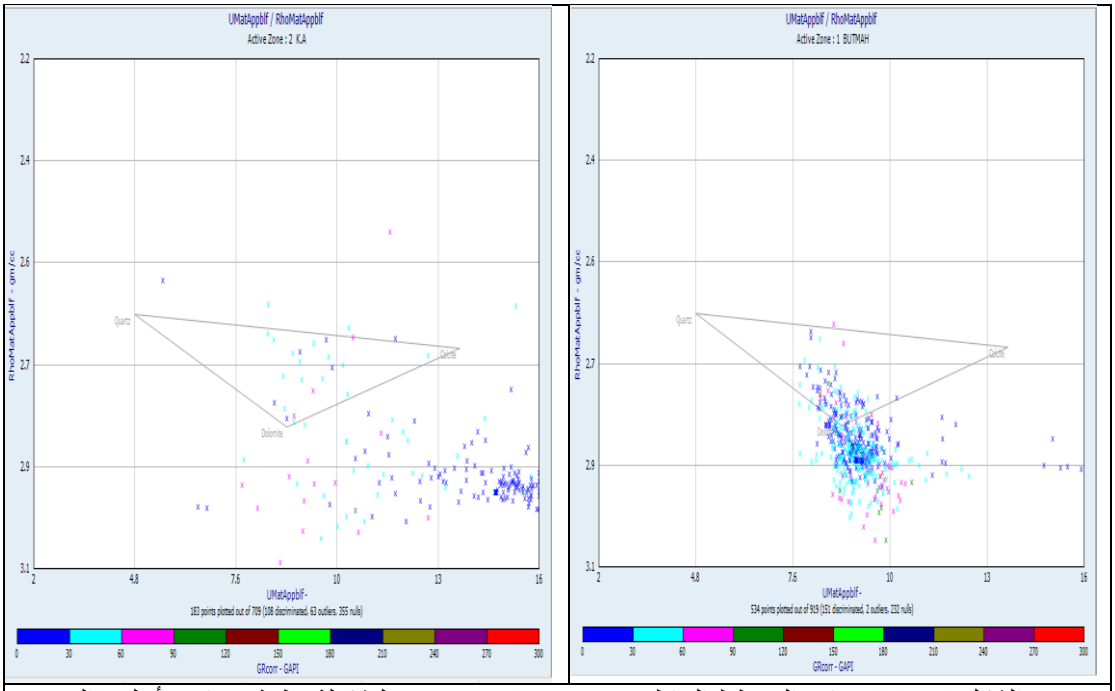
يوضح الشكل (٣-٣٢) نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa، حيث يمثل المخطط الأيمن نتائج هذا المخطط لتشكيلة كامشوكا-جوراسي، والتي تبين أن التركيب الليثولوجي الأساسي هو الحجر الكلسي، الدولوميت، والشيل، ويوضح المخطط الأيسر النتائج لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط، والتي تبين أن الليثولوجيا المسيطرة حجر كلسي، دولوميت، أنهدريت، شيل ناشئ عن إيلليت.



يوضح الشكل (٣-٣٢): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة كامشوكا-جوراسي (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط (الجزء اليساري).

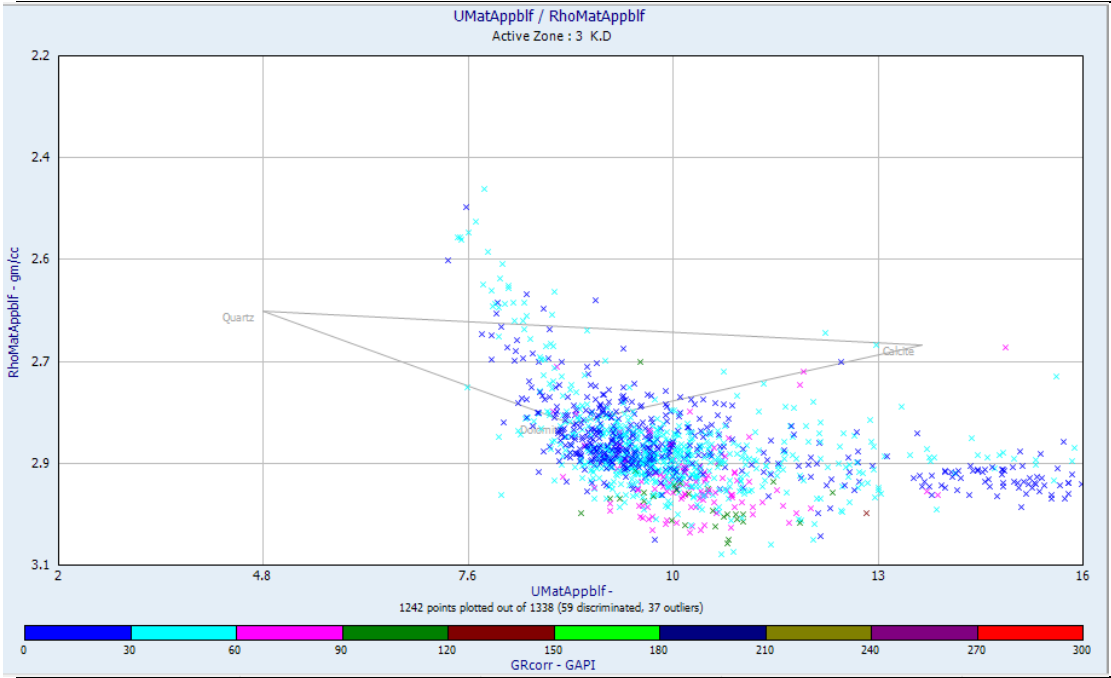
○ **البئر NH-٧:**

يوضح الشكل (٣-٣٣) نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa، حيث يمثل المخطط الأيمن نتائج هذا المخطط لتشكيلة بطمة-تریاسي أعلى، والتي تبين أن التركيب الليثولوجي الأساسي هو انهدريت، دولوميت، وشيل ناشئ عن إيلليت، ويوضح المخطط الأيسر النتائج لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-تریاسي أوسط مع الأخذ بالحسبان أن الجزء العلوي من التشكيلة لم تتوافر له قياسات جيوفيزيائية بئرية، والتي تبين أن الليثولوجيا المسيطرة حجر كلسي، دولوميت، أنهدريت، وشيل من نوع إيلليت.



يوضح الشكل (٣-٣٣): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة بطمة-تریاسي أعلى (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا أنهدريت-تریاسي أوسط (الجزء اليساري).

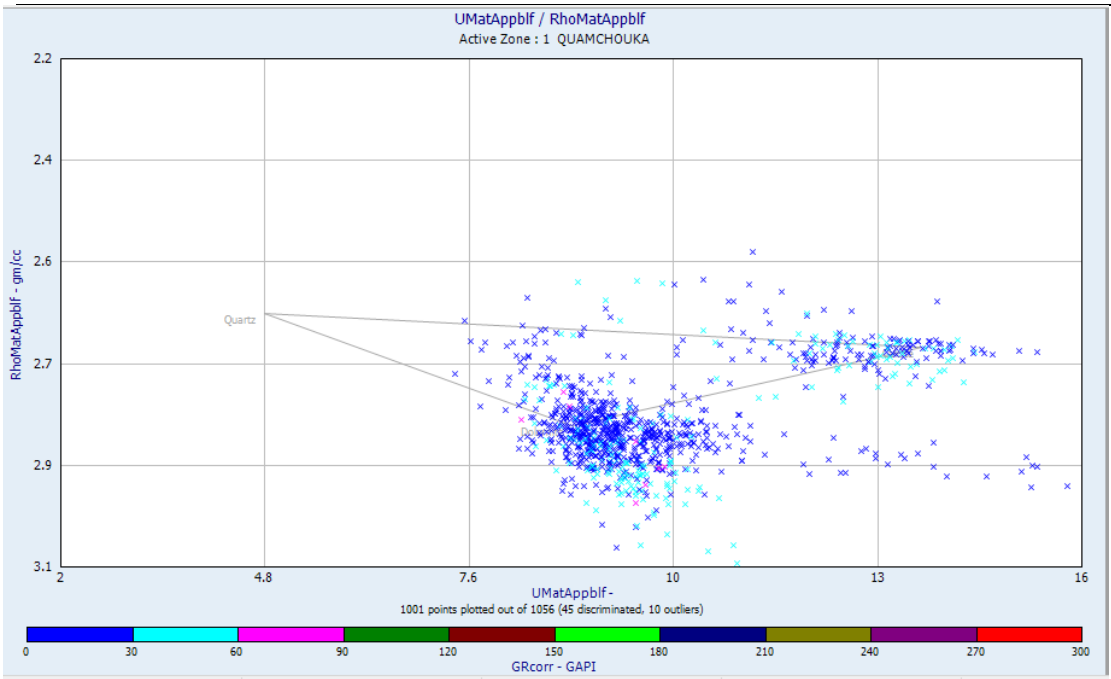
يوضح الشكل (٣-٣٤) نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط، والتي تبين أن الليثولوجيا المسيطرة حجر كلسي، دولوميت، أنهدريت، وشيل ناشئ عن إيلليت.



يوضح الشكل (٣-٣٤): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة كوروشينا دولوميت-تزياسي أوسط.

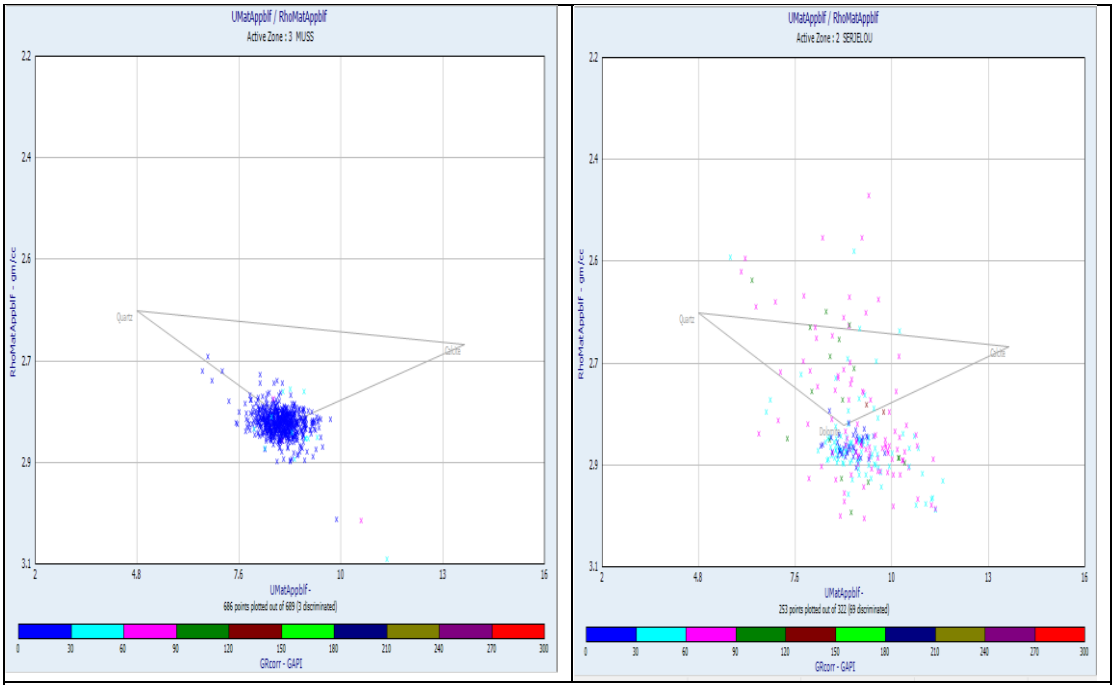
- **البئر NH-٢٥:**

يوضح الشكل (٣-٣٥) نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة كامشوكا-جوراسي، والتي تبين أن التركيب الليثولوجي الأساسي هو الحجر الكلسي، الدولوميت، انهدريت، والشيل.



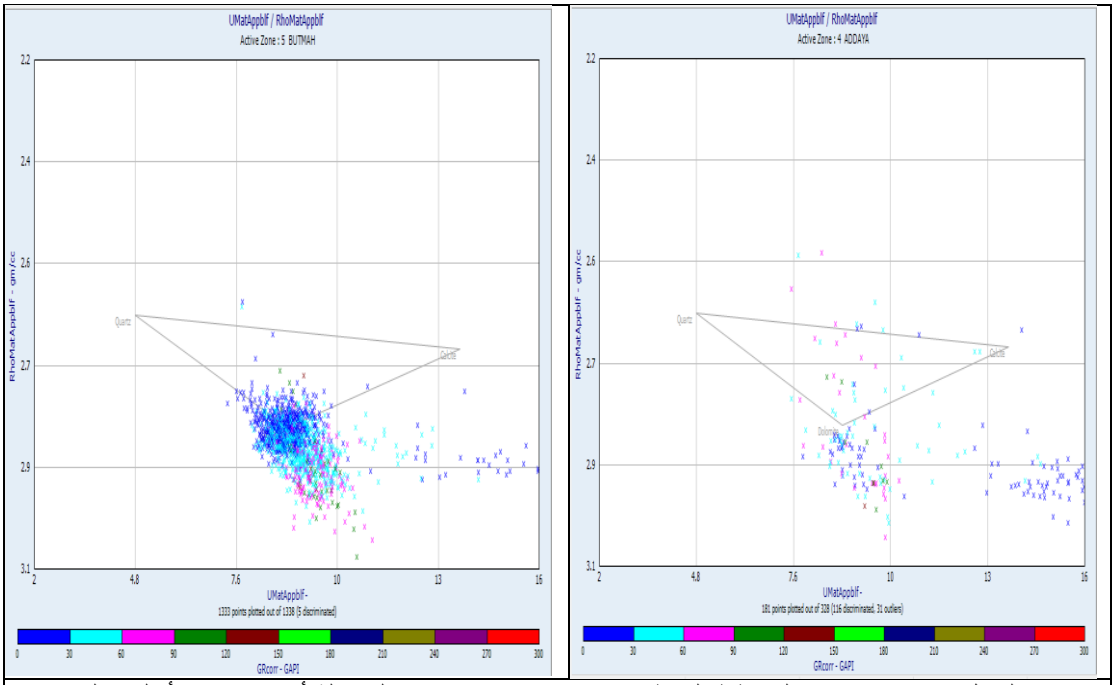
يوضح الشكل (٣-٣٥): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة كامشوكا-جوراسي.

يوضح الشكل (٣-٣٦) نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa، حيث يمثل المخطط الأيمن نتائج هذا المخطط لتشكيلة سرجلو-ترياسي أعلى، والتي تبين أن التركيب الليثولوجي الأساسي هو دولوميت، وشيل من نوع إيلليت، ويوضح المخطط الأيسر النتائج لتشكيلة موس-ترياسي أعلى، والتي تبين أن الليثولوجيا المسيطرة دولوميت، وشيل من نوع إيلليت.



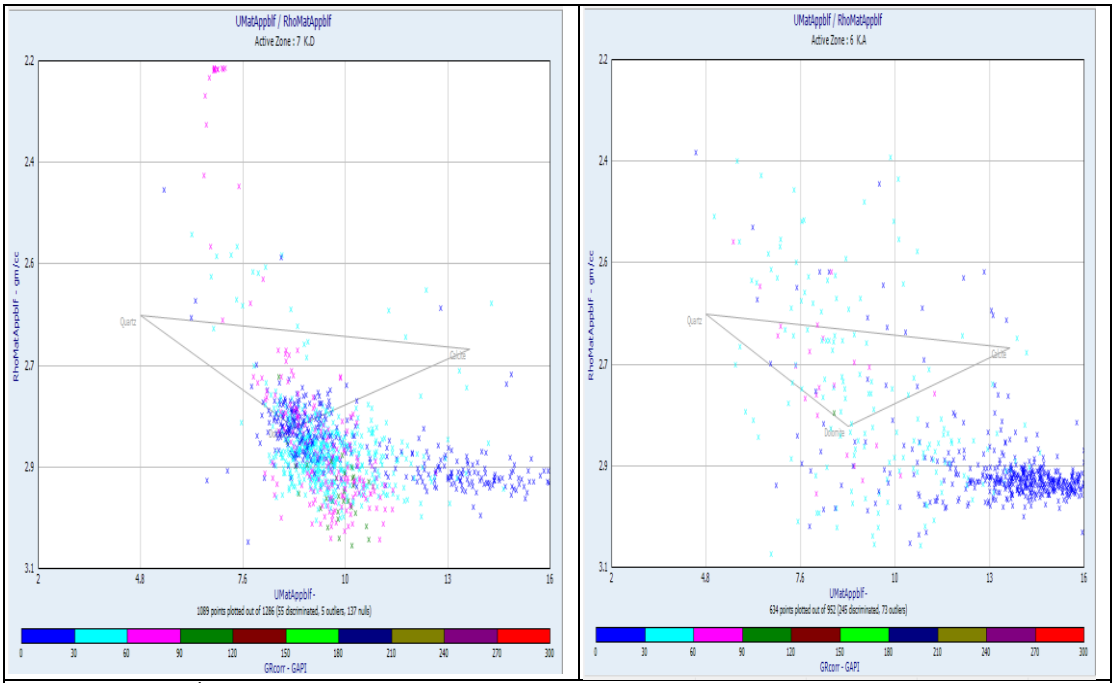
يوضح الشكل (٣-٣٦): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة سرجلو-ترياسي أعلى (الجزء اليميني)، ولتشكيلة موس-ترياسي أعلى (الجزء اليساري).

يوضح الشكل (٣-٣٧) نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa، حيث يمثل المخطط الأيمن نتائج هذا المخطط لتشكيلة أدايا-ترياسي أعلى، والتي تبين أن التركيب الليثولوجي الأساسي هو أنهدريت، دولوميت، وشيل من نوع إيلليت، ويوضح المخطط الأيسر نتائج هذا المخطط لتشكيلة بطمة-ترياسي أعلى، والتي تبين أن التركيب الليثولوجي الأساسي هو انهدريت، دولوميت، وشيل من نوع إيلليت.



يوضح الشكل (٣-٣٧): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة أدايا-تورياسي أعلى (الجزء اليميني)، ولتشكيلة بطمة-تورياسي أعلى (الجزء اليساري).

يوضح الشكل (٣-٣٨) نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa، حيث يمثل المخطط الأيمن نتائج هذا المخطط لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-تورياسي أوسط، والتي تبين أن التركيب الليثولوجي الأساسي هو حجر كلسي، دولوميت، أنهدريت، وشيل من نوع إيلليت ومن نوع ناشئ من فلدسبار، ويوضح المخطط الأيسر النتائج لتشكيلة كوروشينا دولوميت-تورياسي أوسط، والتي تبين أن الليثولوجيا المسيطرة حجر كلسي، دولوميت، أنهدريت، وشيل من نوع إيلليت.



يوضح الشكل (٣-٣٨): نتائج المخطط التقاطعي Umaa-Rhomaa لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-تورياسي أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-تورياسي أوسط (الجزء اليساري).

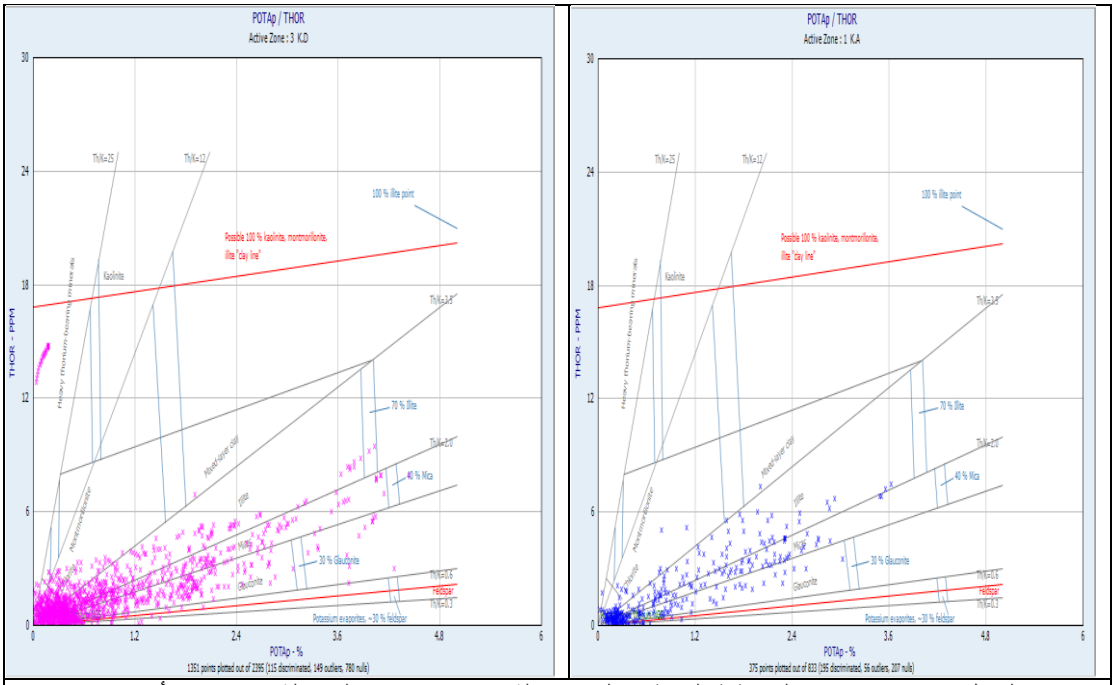
١-٣-١-٢- تحديد نوع الشيل:

- **المخطط التقاطعي لتركيز الثوريوم بوتاسيوم:**

وتم استخدامه للآبار NH-٢٤ , NH-١٠، وذلك لتواجد قياس الإشعاع الطبيعي الطيفي في هذه الآبار، حيث يُمثّل تركيز البوتاسيوم بالنسبة المئوية على المحور X، ويُمثّل تركيز الثوريوم بالجزء من مليون على المحور Y، يُعرف نوع الشيل (كتركيب فلزي) من خلال هذا المخطط، وهذا يعطي المزيد من المعلومات الليثولوجية التي تخدم مرحلة تقييم التشكيلات.

- **البئر NH-١٠:**

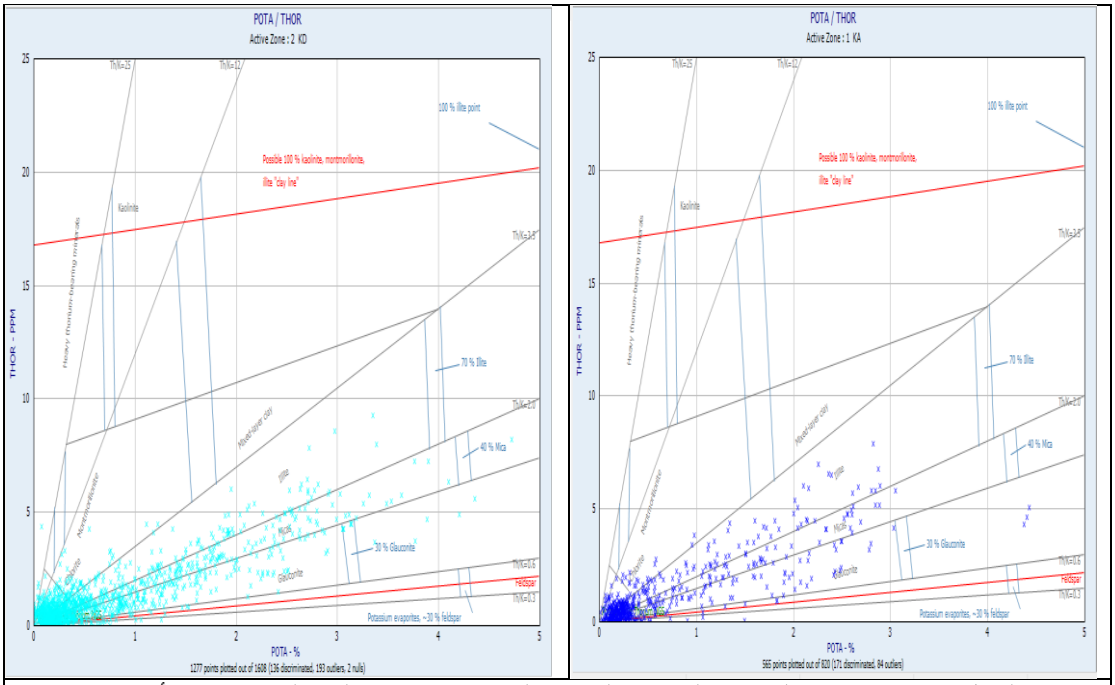
يوضح الشكل (٣-٣٩) المخطط التقاطعي لتركيز الثوريوم بوتاسيوم، حيث يمثل المخطط اليميني نتائج المخطط لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-ترياسي أوسط، وتظهر النتائج أن التركيب الفلزي للشيل هو كلوريت، إيلليت، ميكا، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط، وتظهر النتائج أن التركيب الفلزي للشيل هو كلوريت، إيلليت، وميكا.



يوضح الشكل (٣-٣٩): نتائج المخطط التقاطعي لتركيز الثوريوم بوتاسيوم لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-ترياسي أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط (الجزء اليساري).

- **البئر NH-٢٤:**

يوضح الشكل (٣-٤٠) المخطط التقاطعي لتركيز الثوريوم بوتاسيوم، حيث يمثل المخطط اليميني نتائج المخطط لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-ترياسي أوسط، وتظهر النتائج أن التركيب الفلزي للشيل هو كلوريت، إيلليت، ميكا، وغلاكونايت، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط، وتظهر النتائج أن التركيب الفلزي للشيل هو كلوريت، إيلليت، ميكا، غلاكونايت.



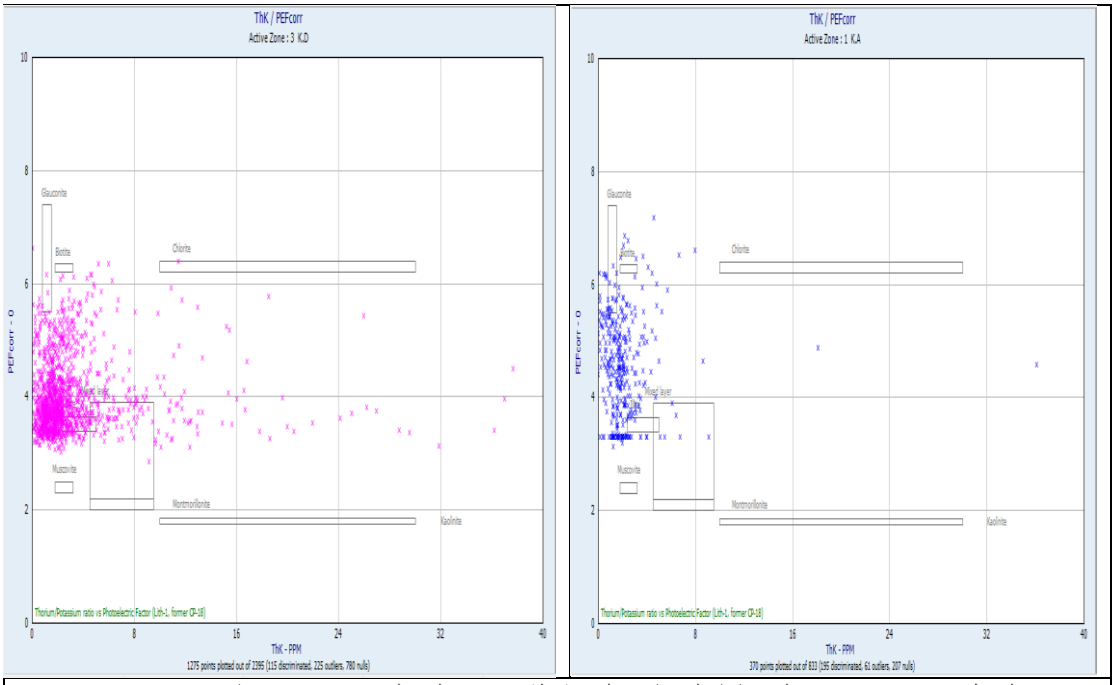
يوضح الشكل (٣-٤٠): نتائج المخطط التقاطعي لتركيز الثوريوم بوتاسيوم لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-ترياسي أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط (الجزء اليساري).

- **المخطط التقاطعي لنسبة الثوريوم على البوتاسيوم – مقطع الامتصاص الكهروضوئي:**

وتم استخدامه للآبار NH-٢٤, NH-١٠، وذلك لتواجد قياس الإشعاع الطبيعي الطيفي في هذه الآبار، حيث يقدم هذا المخطط نتائج تؤكد نتائج المخطط التقاطعي السابق، ومصداقية أعلى وذلك بسبب أن قياس مقطع الامتصاص الكهروضوئي يعتمد على الليثولوجيا بالدرجة الأولى. تُمثّل نسبة الثوريوم على البوتاسيوم على المحور X، وتُمثّل قيم مقطع الامتصاص الكهروضوئي على المحور Y.

- **البئر NH-١٠:**

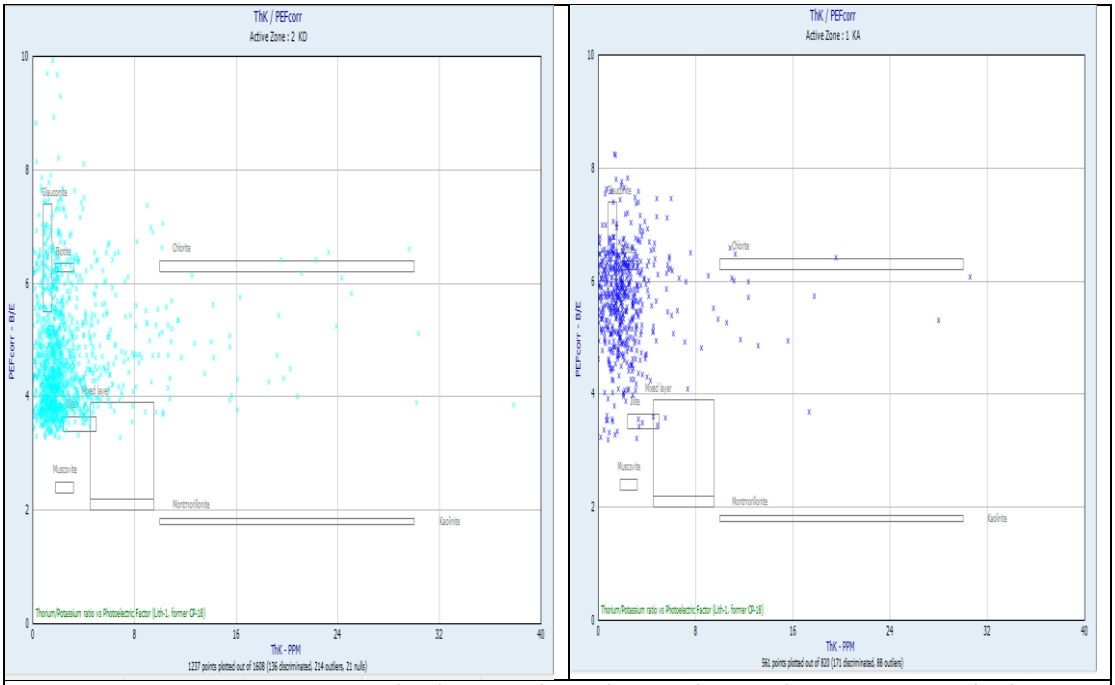
يوضح الشكل (٣-٤١) المخطط التقاطعي لنسبة الثوريوم على البوتاسيوم – مقطع الامتصاص الكهروضوئي، حيث يمثل المخطط اليميني نتائج المخطط لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-ترياسي أوسط، وتظهر النتائج أن التركيب الفلزي للشيل هو إيلليت، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط، وتظهر النتائج أن التركيب الفلزي للشيل هو إيلليت، وخليط فلزي.



يوضح الشكل (٣-٤١): نتائج المخطط التقاطعي لنسبة الثوريوم على البوتاسيوم – مقطع الامتصاص الكهروضوئي لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-ترياسي أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط (الجزء اليساري).

- **البئر NH-٢٤:**

يوضح الشكل (٣-٤٢) المخطط التقاطعي لنسبة الثوريوم على البوتاسيوم – مقطع الامتصاص الكهروضوئي حيث يمثل المخطط اليميني نتائج المخطط لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-ترياسي أوسط، وتظهر النتائج أن التركيب الفلزي للشيل هو إيلليت، بيوتيت، غلاكونايت، وكلوريت، ويمثل المخطط اليساري نتائج المخطط لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط، وتظهر النتائج أن التركيب الفلزي للشيل إيلليت، بيوتيت، غلاكونايت، وخليط فلزي.



يوضح الشكل (٣-٤٢): نتائج المخطط التقاطعي لنسبة الثوريوم على البوتاسيوم – مقطع الامتصاص الكهروضوئي لتشكيلة كوروشينا أنهدريت-ترياسي أوسط (الجزء اليميني)، ولتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط (الجزء اليساري).

١-٣-١-٣- تحديد نمط توضع الشيل من خلال مخطط Thomas and Stieber:

وتم استخدامه لتشكيلة الكوروشينا دولوميت في كل آبار منطقة الدراسة، حيث يقدم هذا المخطط نتائج تتمثل بمعرفة نمط توضع الشيل (صفائحي، بنيوي، مبعثر)، يُمثّل حجم الشيل على المحور X، وتُمثّل قيم المسامية الكلية بعد تصحيح تأثير مركبة الشيل على المحور Y وفق المعادلة:

$$\emptyset_{De} = \emptyset_{D} - (\emptyset_{DSh} V_{Sh})$$

$$\emptyset_{Ne} = \emptyset_{N} - (\emptyset_{NSh} V_{Sh})$$

$$\emptyset_{Te} = (\emptyset_{De} + \emptyset_{Ne})/٢$$

حيث:

$\emptyset_{De}$: المسامية الكثافية بعد تصحيح تأثير مركبة الشيل.

$\emptyset_{Ne}$: المسامية النترونية بعد تصحيح تأثير مركبة الشيل.

$\emptyset_{Te}$: المسامية الكلية بعد تصحيح تأثير مركبة الشيل.

$\emptyset_{D}$: المسامية الكثافية بعد تصحيح تأثير مركبة الشيل.

$\emptyset_{N}$: المسامية النترونية بعد تصحيح تأثير مركبة الشيل.

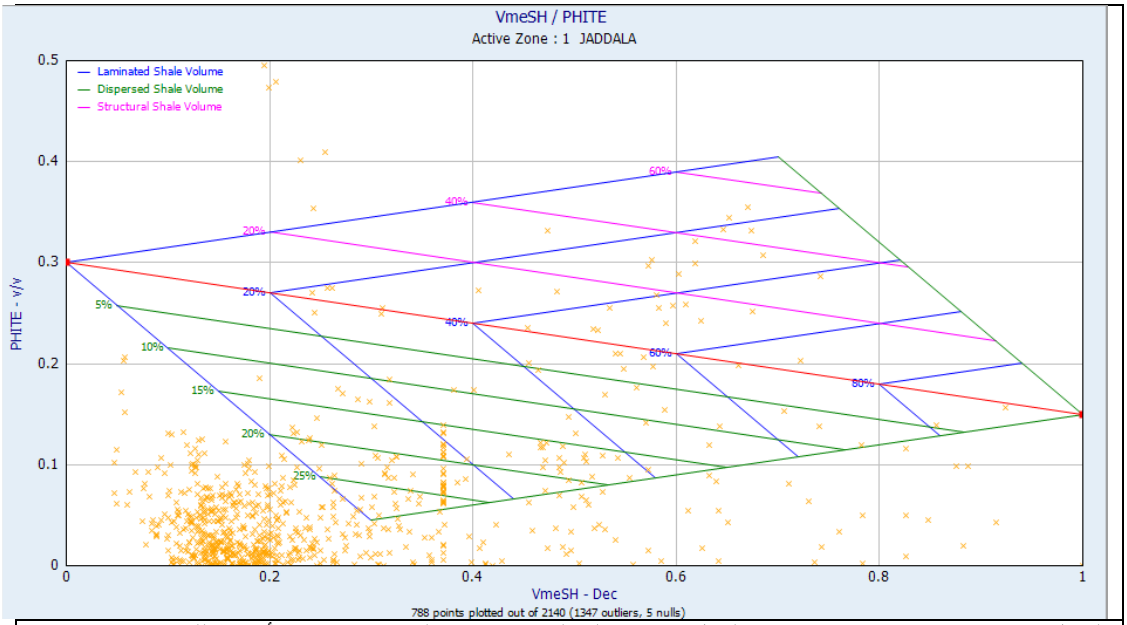
$\emptyset_{DSH}$: قيمة المسامية الكثافية للشيل.

$\emptyset_{NSH}$: قيمة المسامية النترونية للشيل.

V_{SH}: حجم الشيل.

- **البئر NH-٣:**

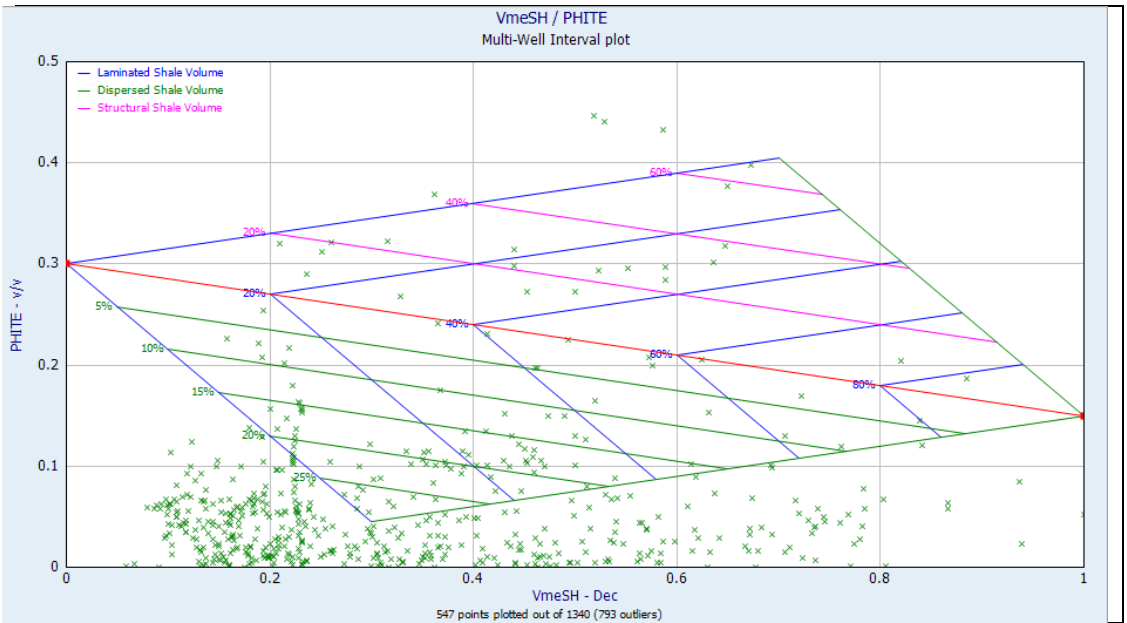
يوضح الشكل (٣-٤٣) المخطط التقاطعي لنمط توضع الشيل لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط، حيث يمثل وتظهر النتائج أنه مبعثر، وصفائحي.



الشكل (٣-٤٣): يوضح نمط توضع الشيل في تشكيلة الكوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط للبئر NH-٣

- **البئر NH-٧:**

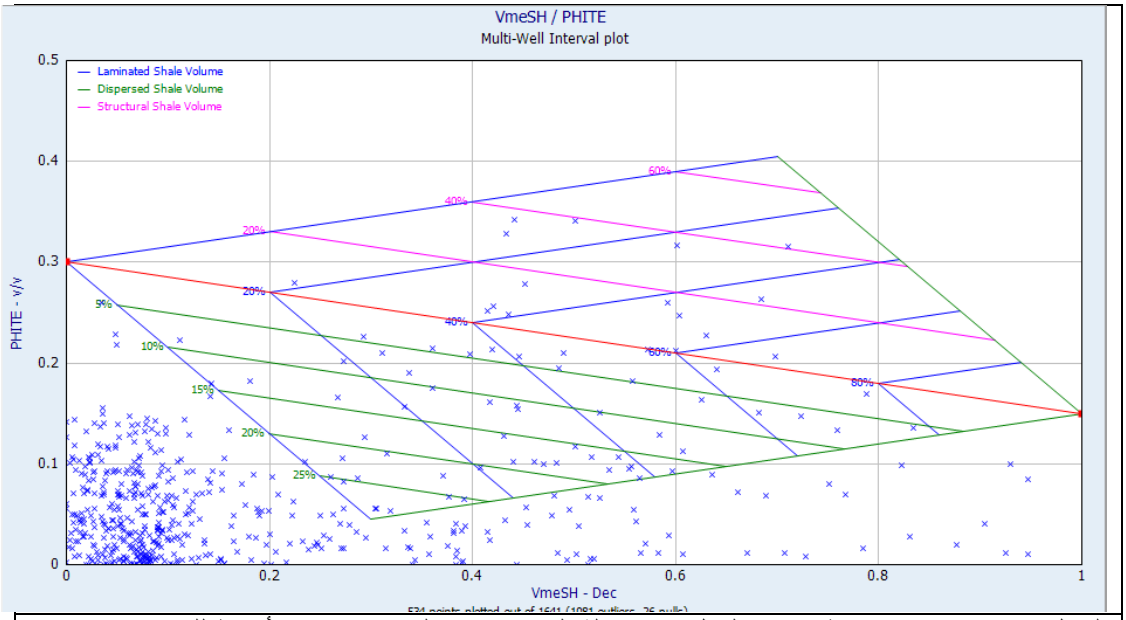
يوضح الشكل (٣-٤٤) المخطط التقاطعي لنمط توضع الشيل لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط، حيث يمثل وتظهر النتائج أنه مبعثر، وصفائحي.



الشكل (٣-٤٤): يوضح نمط توضع الشيل في تشكيلة الكوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط للبئر NH-٧

- **البئر NH-١٠:**

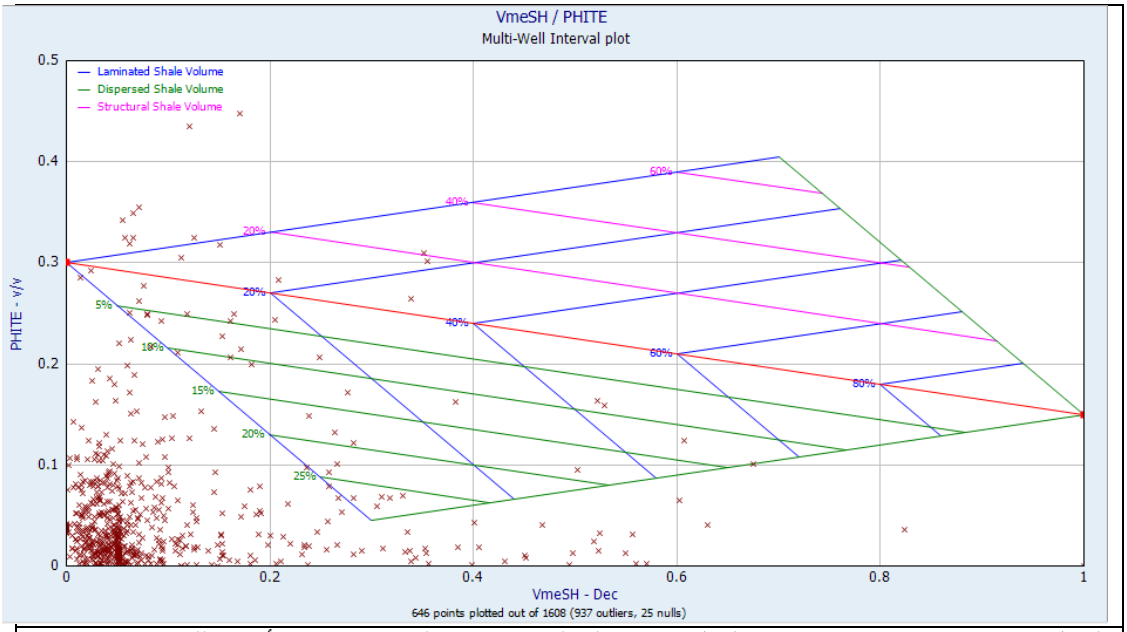
يوضح الشكل (٣-٤٥) المخطط التقاطعي لنمط توضع الشيل لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط، حيث يمثل وتظهر النتائج أنه مبعثر، وصفائحي.



الشكل (٣-٤٥): يوضح نمط توضع الشيل في تشكيلة الكوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط للبئر NH-١٠

- **البئر NH-٢٤:**

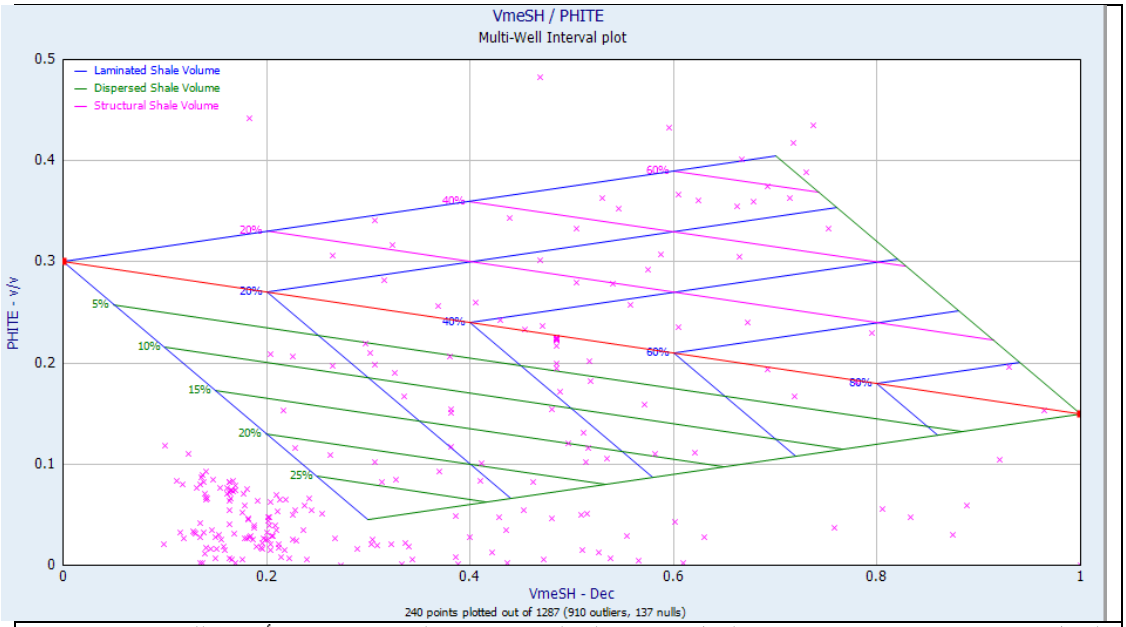
يوضح الشكل (٣-٤٦) المخطط التقاطعي لنمط توضع الشيل لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط، حيث يمثل وتظهر النتائج أنه مبعثر، وصفائحي.



الشكل (٣-٤٦): يوضح نمط توضع الشيل في تشكيلة الكوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط للبئر NH-٢٤

- **البئر NH-٢٥:**

يوضح الشكل (٣-٤٧) المخطط التقاطعي لنمط توضع الشيل لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط، حيث يمثل وتظهر النتائج أنه مبعثر، وصفائحي.



الشكل (٣-٤٧): يوضح نمط توضع الشيل في تشكيلة الكوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط للبئر NH-٢٥

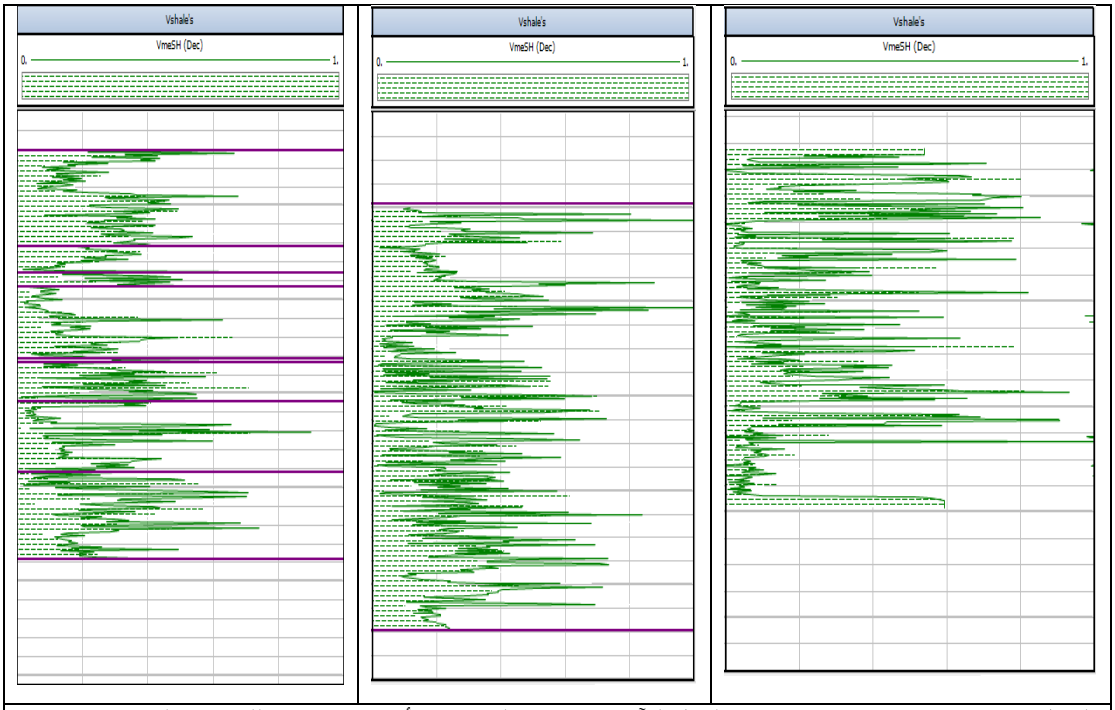
١-٣-٢- التقييم الكمي:

تضمن التقييم الكمي في هذا البحث المراحل الآتية:

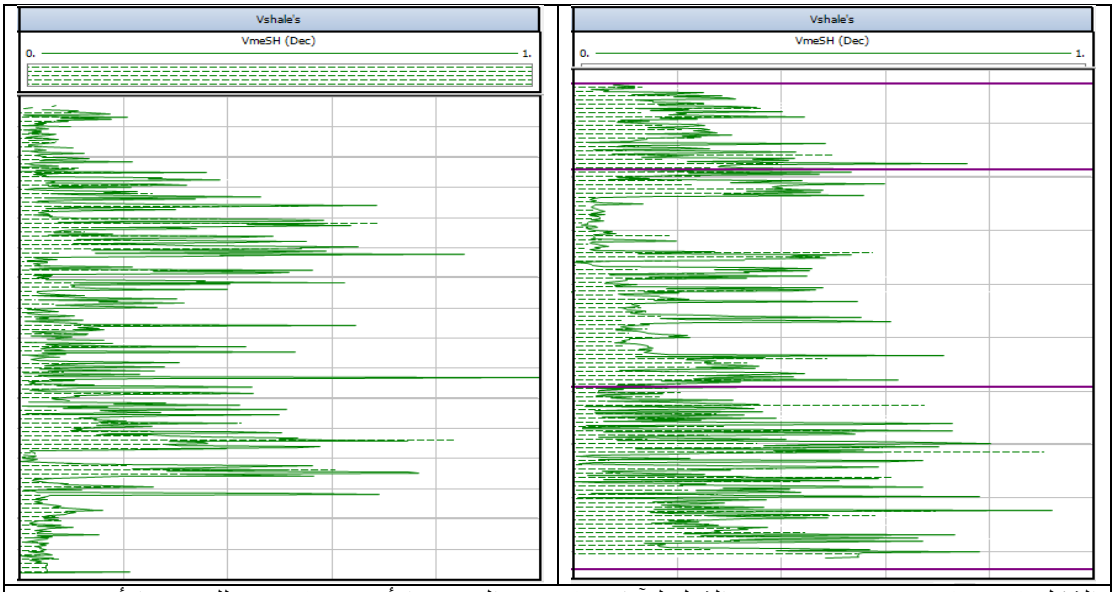
- حساب حجم الشيل.
- حساب المسامية بأنواعها (كلية، فعالة، أولية، ثانوية).
- حساب الإشباع المائي والإشباع بالهيدروكربون.
- وضع النموذج البتروفيزيائي (التفسير النهائي).

١-٣-٢-١- حساب حجم الشيل:

يُقدّر حجم الشيل لمجموعة الآبار المدروسة باستخدام قياس الإشعاع الطبيعي GR، أو مقياس الإشعاع الطبيعي الطيفي في حال توافره، حيث تُحدّد قيمة GR_{min} , GR_{max} من المنحنيات التكرارية لحساب دليل الإشعاعية الطبيعي I_{GR}، ومن ثم حساب حجم الشيل وفق المعادلة الخطية، وبعد ذلك يتم الحصول على منحني حجم الشيل للآبار المدروسة كافة (الأشكال ٣-٤٨ و٣-٤٩).



الشكل (٣-٤٨): يوضح منحني حجم الشيل للآبار NH-٣ المنحني الأيسر، NH-٧ للمنحني الوسط، NH-١٠ للمنحني الأيمن.



الشكل (٣-٤٩): يوضح منحني حجم الشيل للآبار NH-٢٤ المنحني الأيسر، NH-٢٥ للمنحني الأيمن.

يلاحظ من الأشكال (٣-٤٨، و٣-٤٩) اختلاف حجم الشيل من عمق لآخر حيث تتراوح قيم حجم الشيل بين ٠ و١، ومن حساب حجم الشيل وبعد حساب القيمة الحدية له وبالترابط مع القيم الحدية الأخرى التي هي القيم الحدية للمسامية والإشباع المائي يمكننا أن نحدد ما إن كانت هذه السماكة من التشكيلة خازنة أم لا.

١-٣-٢-٢- حساب المسامية بأنواعها (كلية، فعالة، أولية، ثانوية):

المسامية الكلية:

تُحسب المسامية الكلية بالاعتماد على نموذج المسامية النترونية/الكثافية، وتُحسب المسامية الكثافية عن طريق برنامج Interactive Petrophysics ٢٠١٨، حيث تُشتقّ قيمتها من قيم قياس الكثافة الحجمية RHOB، أما قياس النترون فيوفر منحني من أجل المسامية النترونية NPHI، وبعد الحصول على المسامية النترونية والكثافية تُحسب المسامية الكلية، وتُحسب المسامية الأولية (الصوتية) من علاقة الوسطي الموزون التي تستخدم في برنامج Interactive Petrophysics ٢٠١٨، وهي:

$$\emptyset_{son} = \frac{\Delta T_{log} - \Delta T_{mat} - V_{cl}(\Delta T_{cl} - \Delta T_{mat})}{(\Delta T_{ft} * S_{xo} + \Delta T_{hy}(١ - S_{xo}) - \Delta T_{mat})CP}$$

حيث:

ΔT_{mat}: زمن الارتحال للهيكل الصخري.

ΔT_{log}: زمن الارتحال المقاس.

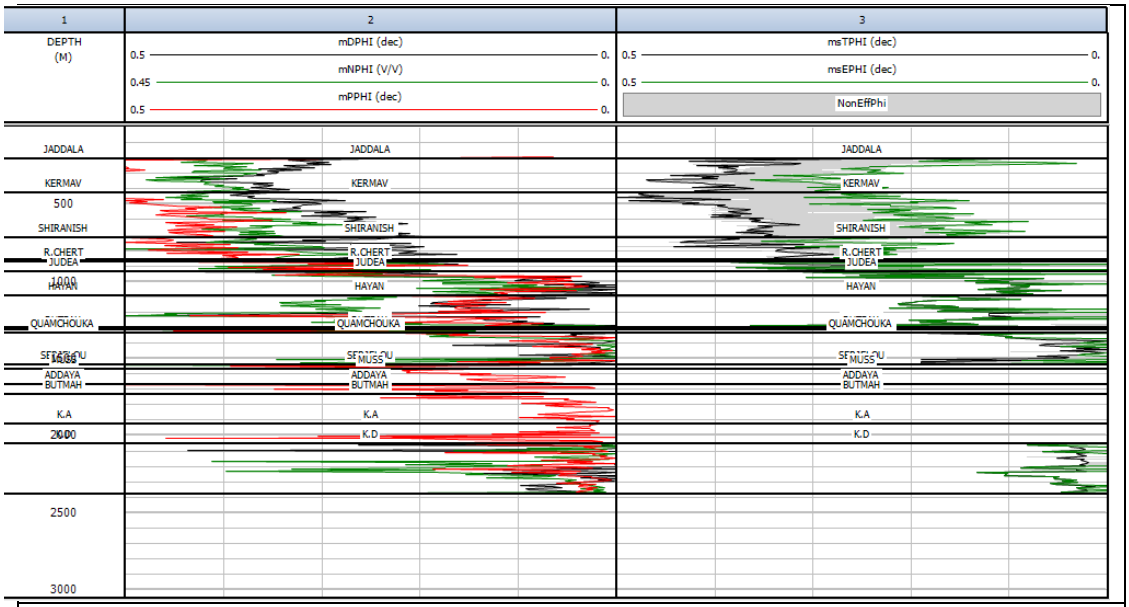
ΔT_{cl}: زمن الارتحال للشيل.

ΔT_{ft}: هي قيمة زمن الارتحال لراشح الحفر.

ΔT_{hy}: زمن الارتحال للهيدروكربون.

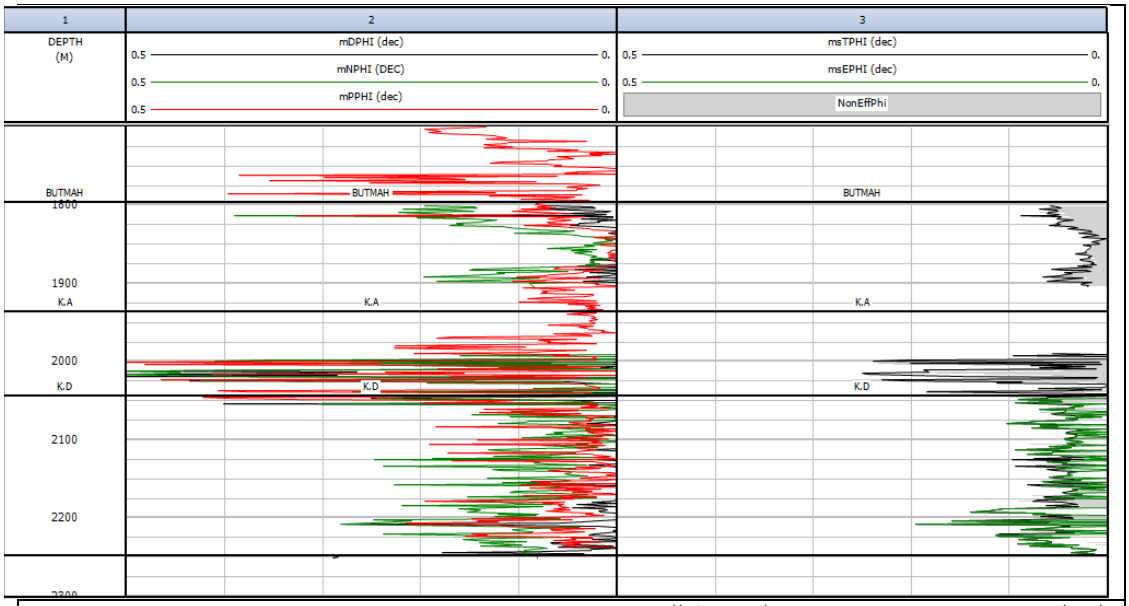
CP: قيمة معامل التراص.

يوضح الشكل (٣-٥٠) منحنيات المسامية للبئر NH-٣، موضحاً أنواع المسامية النترونية، الكثافية، الصوتية، الكلية، والفعالة، مع تظليل الفرق بين المسامية الكلية والفعالة مشيراً إلى أنّ المسامية غير فعالة.



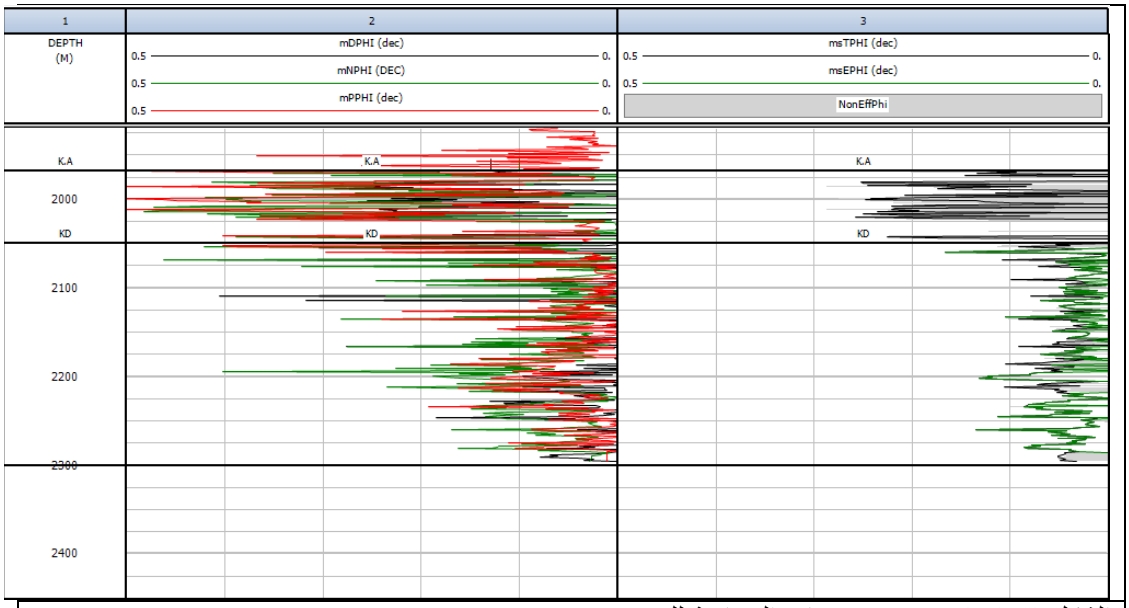
الشكل (٣-٥٠): يوضح منحنيات المسامية للبئر NH-٣.

يوضح الشكل (٣-٥١) منحنيات المسامية للبئر NH-٧، موضحاً أنواع المسامية النترونية، الكثافية، الصوتية، الكلية، والفعالة، مع تظليل الفرق بين المسامية الكلية والفعالة مشيراً إلى أنّ المسامية غير فعالة.



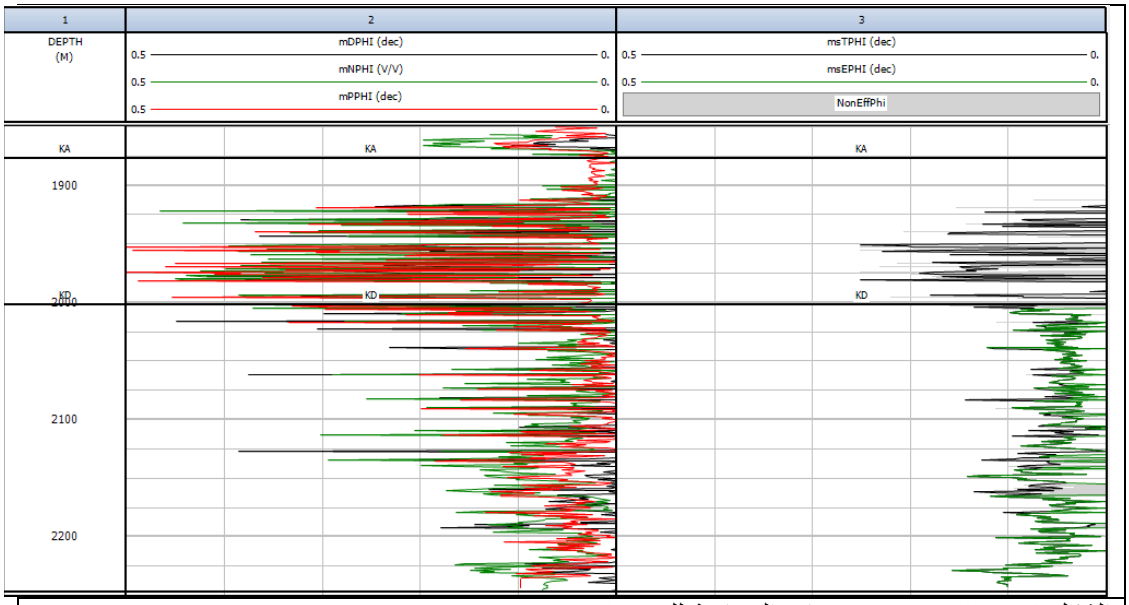
الشكل (٣-٥١): يوضح منحنيات المسامية للبئر NH-٧.

يوضح الشكل (٣-٥٢) منحنيات المسامية للبئر NH-١٠، موضحاً أنواع المسامية النترونية، الكثافية، الصوتية، الكلية، والفعالة، مع تظليل الفرق بين المسامية الكلية والفعالة مشيراً إلى أنّ المسامية غير فعالة.



الشكل (٣-٥٢): يوضح منحنيات المسامية للبئر NH-١٠.

يوضح الشكل (٣-٥٣) منحنيات المسامية للبئر NH-٢٤، موضحاً أنواع المسامية النترونية، الكثافية، الصوتية، الكلية، والفعالة، مع تظليل الفرق بين المسامية الكلية والفعالة مشيراً إلى أنّ المسامية غير فعالة.



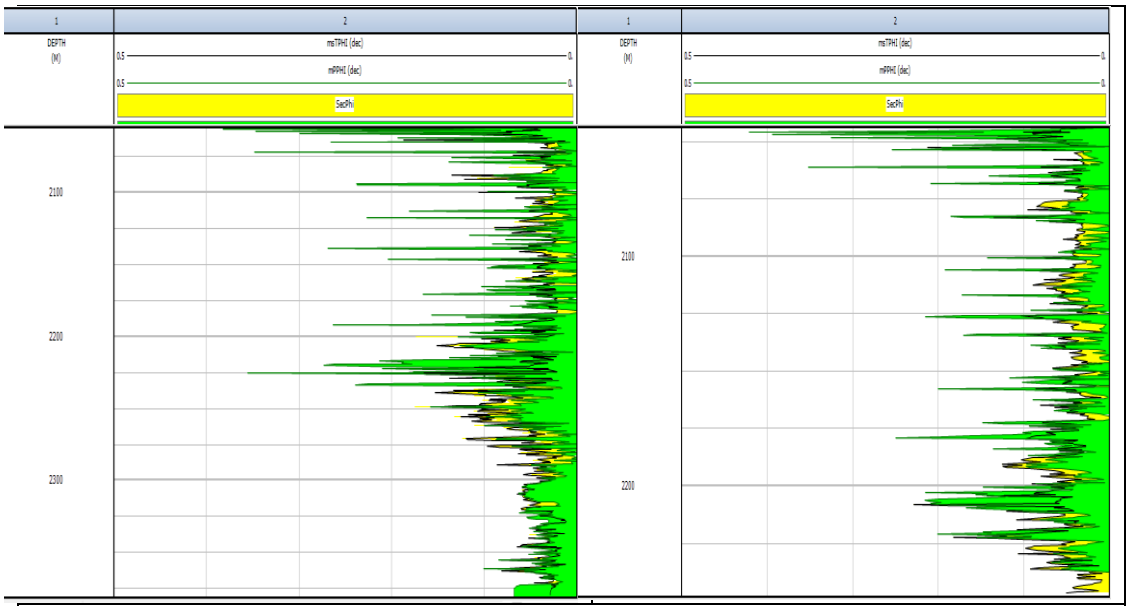
الشكل (٣-٥٣): يوضح منحنيات المسامية للبئر NH-٢٤.

يوضح الشكل (٣-٥٤) منحنيات المسامية للبئر NH-٢٥، موضحاً أنواع المسامية النترونية، الكثافية، الصوتية، الكلية، والفعالة، مع تظليل الفرق بين المسامية الكلية والفعالة مشيراً إلى أنّ المسامية غير فعالة.



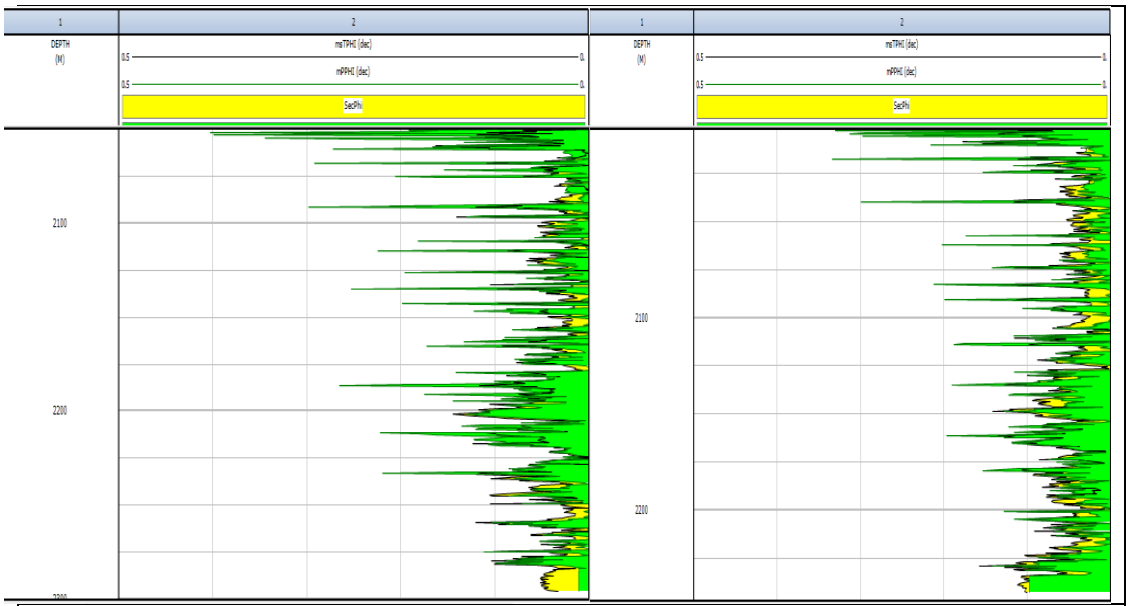
الشكل (٣-٥٤): يوضح منحنيات المسامية للبئر NH-٢٥.

ويوضح الشكل (٣-٥٥) المسامية الثانوية المظللة باللون الأصفر والتي هي الفرق بين المسامية الكلية، والمسامية الصوتية (الأولية) لتشكيلة الكوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط في البئرين NH-٣, NH-٧.



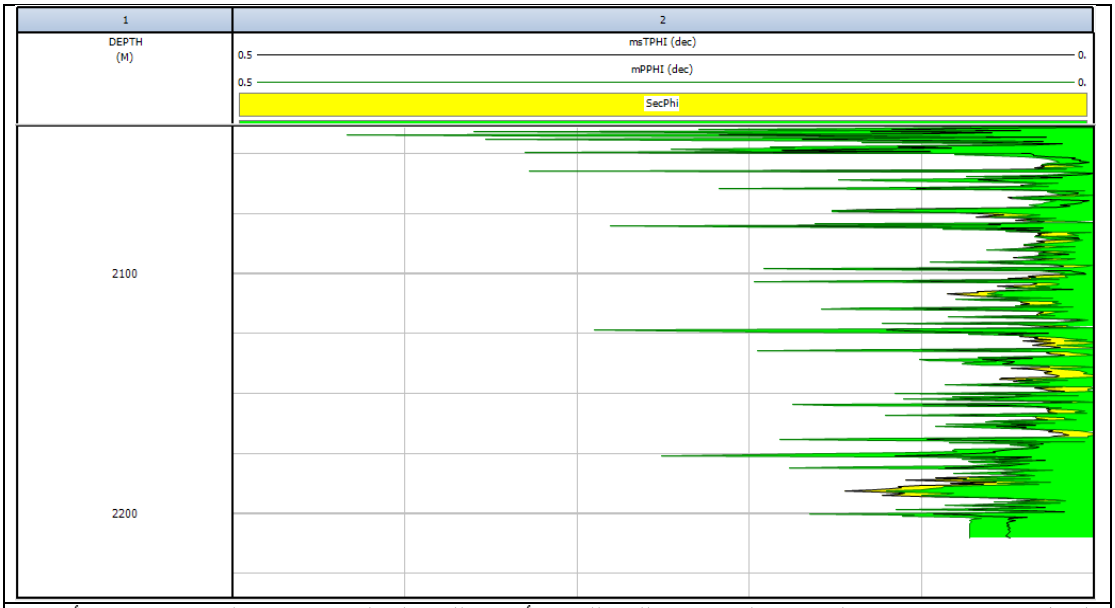
الشكل (٣-٥٥): يوضح المسامية الثانوية مظللة باللون الأصفر للتشكيلة الكوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط للبئر NH-٣، في الجزء الأيسر، وللبئر NH-٧ في الجزء الأيمن.

ويوضح الشكل (٣-٥٦) المسامية الثانوية المظللة باللون الأصفر والتي هي الفرق بين المسامية الكلية، والمسامية الصوتية (الأولية) لتشكيلة الكوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط في البئرين NH-١٠, NH-٢٤.



الشكل (٣-٥٦): يوضح المسامية الثانوية مظللة باللون الأصفر للتشكيلة الكوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط للبئر NH-١٠، في الجزء الأيسر، وللبئر NH-٢٤ في الجزء الأيمن.

ويوضح الشكل (٣-٥٧) المسامية الثانوية المظللة باللون الأصفر والتي هي الفرق بين المسامية الكلية، والمسامية الصوتية (الأولية) لتشكيلة الكوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط في البئر NH-٢٥.



الشكل (٣-٥٧): يوضح المسامية الثانوية مظللة باللون الأصفر للتشكيلة الكوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط للبئر NH-٢٥.

ويلاحظ من الأشكال (٣-٥٠) (٣-٥١) (٣-٥٢) (٣-٥٣) (٣-٥٤) تغير قيم منحني المسامية الفعالة التي تعبر عن المسامية التي تسمح للموائع بالحركة لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط بتغير المركبة الشيلية (حجم الشيل)، حيث العلاقة بينهما عكسية، ويلاحظ تطابق منحني المسامية الفعالة مع المسامية الكلية في غياب تأثير المركبة الشيلية.

يوضح الجدول (٣-٢) متوسط قيم المسامية الفعالة والثانوية وأكبر قيمة لهما في آبار منطقة الدراسة، حيث يلاحظ أن المسامية الثانوية بلغت أكبر قيمة لها (١٠%) في البئر NH-٢٤، وبلغت أكبر قيمة للمسامية الفعالة (٢٤%) في البئر NH-٣

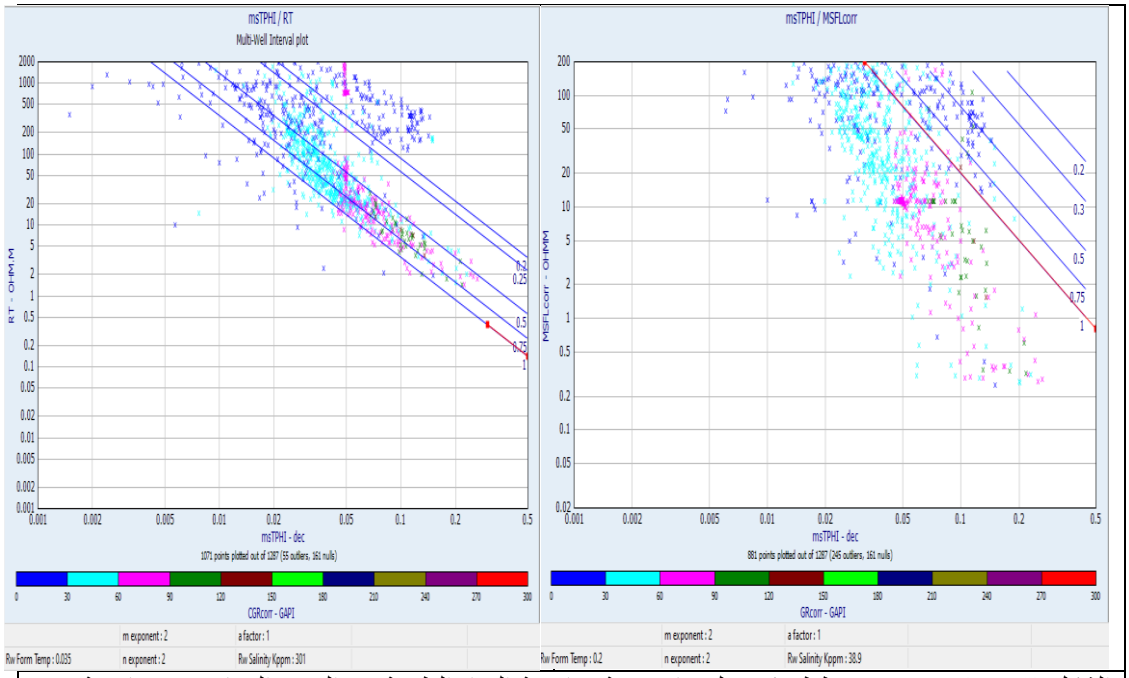
الجدول (٣-٣) متوسط قيم المسامية الفعالة والثانوية وأكبر قيمة لهما في آبار منطقة الدراسة

البئر	NH-٣	NH-٧	NH-١٠	NH-٢٤	NH-٢٥
متوسط قيم المسامية الفعالة	٠,٠٣٦٥٥٠٢٣	٠,٠١٧٠٢٤٧٧	٠,٠١٥٨٦٣٢١	٠,٠٤٤٠١٢٦٢	٠,٠٣٠٥٩٠٥٨
أكبر قيمة للمسامية الفعالة	٠,٢٤٧	٠,١٨٢٣	٠,١٢٢٢	٠,١٨٤٩	٠,٢٢٨
متوسط قيم المسامية الثانوية	٠,٠٠٠٨٩١٥٦	٠,٠٠١٣٠٨٠٦	٠,٠٠٠٤٩٤١٨	٠,٠٠٢٠٧٥	٠,٠٠٠٦٧٤٣٥
أكبر قيمة للمسامية الثانوية	٠,٠٧٩٤	٠,٠٦٥٨	٠,٠٣٣٨	٠,١٠٠٨	٠,٠٢٧

نستنتج مما سبق أن قيم المسامية الفعالة ضمن تشكيلة الكوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط، التي تعد الخزان الرئيسي في منطقة الدراسة، تتغير من بئر إلى آخر باختلاف حجم الشيل، وأن المسامية الثانوية متغيرة وتختلف من بئر لآخر بسبب عمليات الدلمتة والانحلال في منطقة الدراسة.

١-٣-٢-٣- حساب الإشباع:

تُحسب مقاومية المياه الطبقية لتشكيلة كوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط (الطبقة الخازنة) عبر مخطط بيكيت حيث تُستخدم قيم المقاومية الحقيقية على المحور X، وقيم المسامية الكلية على المحور Y، وتُحسب مقاومية راشح سائل الحفر بالمخطط السابق نفسه ولكن باستخدام قيم المقاومية الدقيقة بدلاً من المقاومية الحقيقية، ويوضح الشكل (٣-٥٨) قيمة المقاوميتين في البئر NH-٢٥، وقد أُدرجت النتائج لبقية الآبار في الجدول (٣-٣).



الشكل (٣-٥٨): يوضح مخطط بيكيت لحساب قيمة مقاومية المياه الطبقية في الجزء اليساري، ومقاومية راشح سائل الحفر في الجزء اليميني للبئر NH-٢٥.

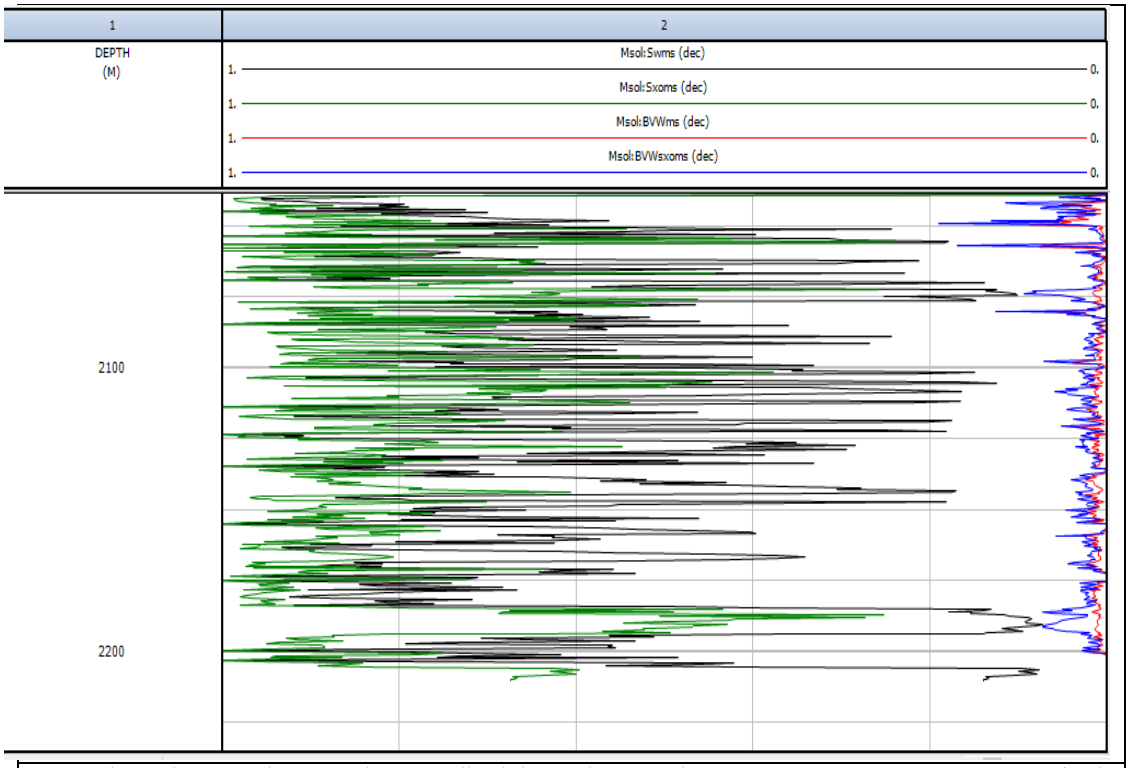
الجدول (٣-٤): يوضح قيم مقاومية المياه الطبقية، ومقاومية راشح سائل الحفر في آبار منطقة الدراسة لتشكيلة الكوروشينا دولوميت-تریاسي أوسط.

البئر	NH-٣	NH-٧	NH-١٠	NH-٢٤	NH-٢٥
قيمة مقاومية المياه الطبقية (أوم متر)	٠,٠٣٥	٠,٠٣	٠,٠٣٥	٠,٠٣	٠,٠٣٥
قيمة مقاومية راشح سائل الحفر (أوم متر)	٠,٦٩٢	٠,١٢٤	٠,٠٢١	٠,١١٣	٠,٢

حيث يلاحظ اختلاف قيم هذه المقاوميات من بئر لآخر، باختلاف العمق ودرجة الحرارة، حيث تزداد درجة الحرارة بازدياد عمق التشكيلة الحاملة، مما يزيد قدرة الماء على حل المعادن ويقلل من مقاومية المياه الطبقية، ويلاحظ أيضاً اختلاف مقاومية راشح سائل الحفر، وذلك باختلاف مقاومية سائل الحفر المستخدم أثناء الحفر ومواصفاته، وأيضاً درجة حرارة التشكيلة وعمقها.

ثم بعد ذلك يُحسب الإشباع المائي في القطاعين المغسول، والنظيف وفق معادلة أندونسيان، بالاعتماد على قيم كل من مقاومية المياه الطبقية، ومقاومية راشح سائل الحفر المحسوبة

باستخدام مخططات بيكت، حيث أس السمنتة m=٢، وثابت التعرج a=١، وأس الإشباع n=٢، وقد أُخذت هذه القيم من التقارير النهائية للآبار. وبعد الحصول على منحنيات الإشباع المائي في القطاع النظيف، حُسِب الحجم الكلي للماء في القطاع النظيف، وأيضاً في القطاع المغسول بعد استبدال الإشباع المائي في القطاع النظيف بالإشباع المائي في القطاع المغسول، حيث يفيد حساب البارامترات هذه في تحديد حركية الموائع، فعندما يتطابق منحني الحجم الكلي للمياه في القطاعين فذلك يعد مؤشراً لوجود هيدروكربون غير قابل للحركة، وإنْ تباعد المنحنيين مؤشراً على حركية هذه الموائع (شكل ٣-٥٩).

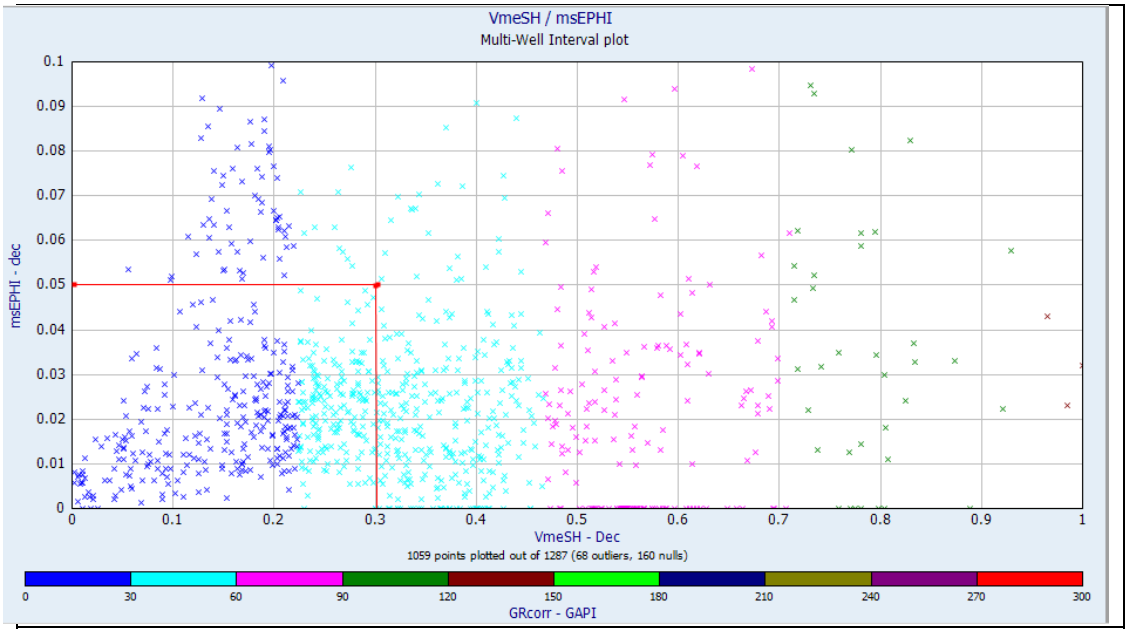


الشكل (٣-٥٩): يوضح منحنيات الإشباع المائي، والحجم الكلي للمياه في القطاعين النظيف والمغسول لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط في البئر NH-٢٥.

يوضح الشكل (٣-٥٩) تباعد منحنيات الحجم الكلي للماء في القطاع المجتاح (المنحني باللون الأزرق) والقطاع غير المجتاح (المنحني باللون الأحمر) مما يدل على وجود حركية للموائع في هذا الجزء من تشكيلة الكوروشينا دولوميت.

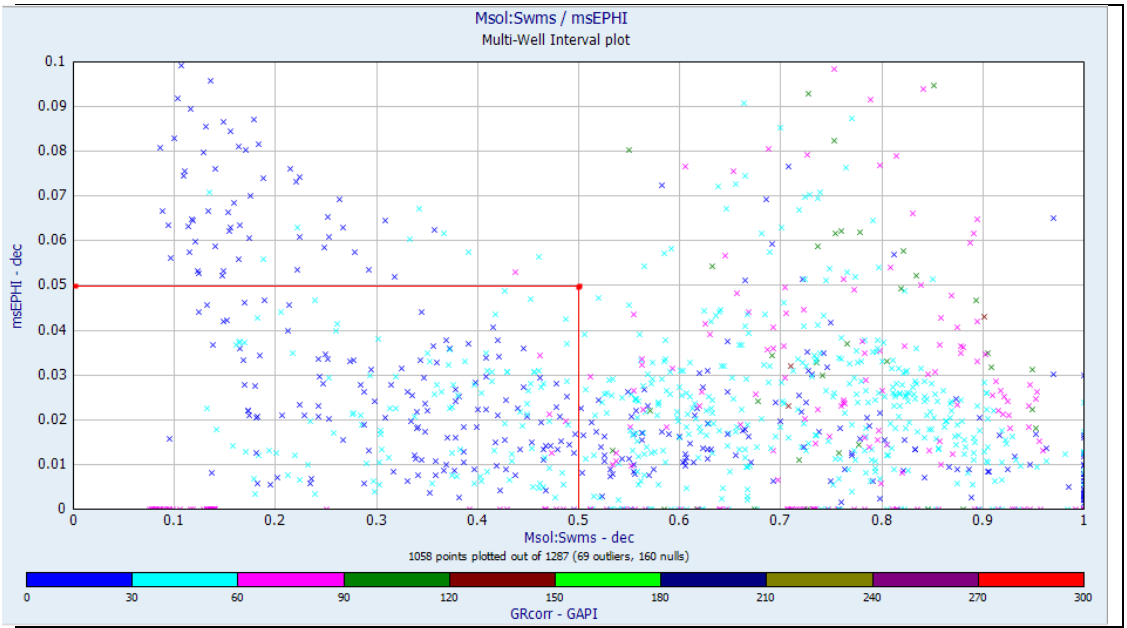
١-٣-٢-٤- حساب القيم الحدية وتحديد نسبة Net/Gross:

أُخذت القيمة الحدية للمسامية من الشركة السورية للنفط وكانت تساوي ٠,٠٥، وبعدها حُسبت القيم الحدية لحجم الشيل لتشكيلة الكوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط من خلال المخطط التقاطعي بين المسامية الفعالة على المحور Y، وحجم الشيل على المحور X، لكل الآبار ضمن المخطط الواحد (شكل ٣-٦٠).



الشكل (٣-٦٠): تحديد القيمة الحدية لحجم الشيل من خلال المخطط التقاطعي للمسامية الفعالة-حجم الشيل.

يلاحظ من الشكل (٣-٦٠) أن القيمة الحدية لحجم الشيل كانت ٠,٣ عند قيمة حدية ٠,٠٥ للمسامية الفعالة، ويوضح الشكل (٣-٦١) المخطط التقاطعي بين الإشباع المائي على المحور X، والمسامية الفعالة على المحور Y، وذلك لحساب القيمة الحدية للإشباع المائي والتي كانت تساوي ٠,٥.



الشكل (٣-٦١): تحديد القيمة الحدية للإشباع المائي من خلال المخطط التقاطعي للمسامية الفعالة-إشباع مائي.

بداية حُدّدت القيمة الحدية للمسامية باستخدام التحاليل المخبرية على اللباب بعرض قيم المسامية مقابل قيم النفاذية المحسوبة في آبار متعددة، وبما أن أقل قيمة نفاذية يُعدّ بعدها الصخر كتيماً هي ١ ميللي دراسي، حُددت القيمة الحدية للمسامية عند تلك القيمة، فكانت المسامية مساوية

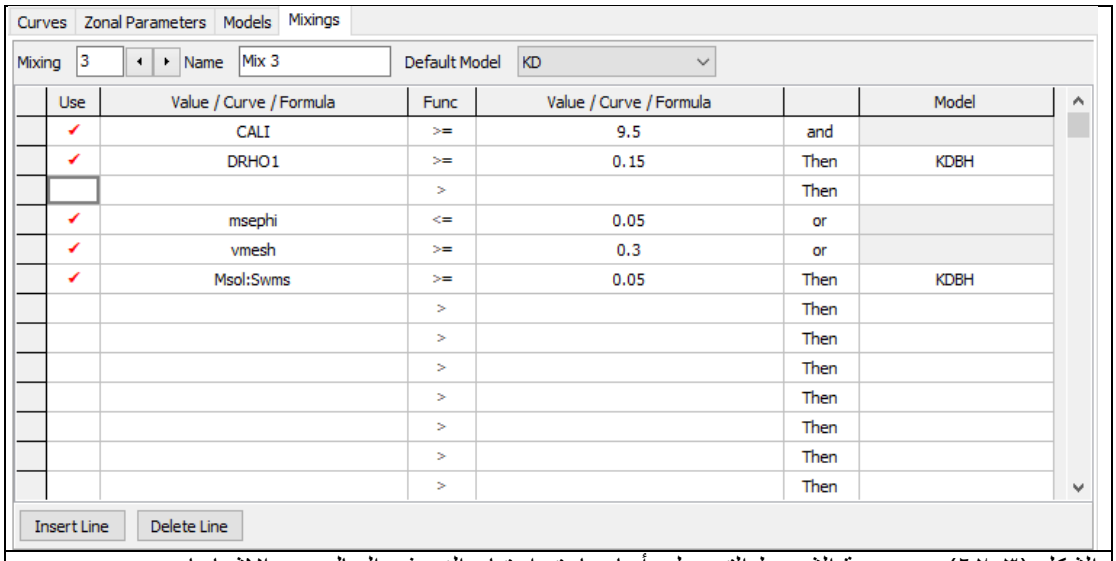
٠,٠٥. من هذه القيمة حُددت القيمة الحدية لحجم الشيل باستخدام العرض التقاطعي لقيم المسامية الفعالة مقابل منحني حجم الشيل ومنحني الإشعاعية الطبيعية في آبار متعددة، فكانت القيمة الحدية لحجم الشيل مساوية إلى ٠,٣، وكذلك الأمر من أجل الإشباع المائي الذي كانت القيمة الحدية له ٠,٥ كما وُضّح في الأعلى، فالقطاع الذي تكون فيه المسامية الفعالة أكبر من ٠,٠٥، وحجم الشيل أقل من ٠,٣، وإشباع مائي أقل من ٠,٥ يكون قطاعاً هيدروكربونياً منتجاً. بعد ذلك حُسبت نسبة Net/Gross لآبار منطقة الدراسة لتشكيلة الكوروشينا دولوميت-تريماسي أوسط (جدول ٣-٤).

الجدول (٣-٥): يوضح نتائج تطبيق القيم الحدية على تشكيلة الكوروشينا دولوميت-تريماسي أوسط في آبار منطقة الدراسة.

البئر	Gross	Net	N/G	Av Phi	Av Sw	Av Vcl
NH-٣	٣٢٦	٣٠,٤٨	٠,٠٩٣	٠,٠٨٨	٠,٢٥٦	٠,٢٠٣
NH-٧	٢٠٤	٥٠,٤٤	٠,٢٤٧	٠,٠٨١	٠,٢٥٤	٠,٢٠١
NH-١٠	٢٥٠	٢٤,٥٤	٠,٠٩٨	٠,٠٨٨	٠,٢٨٥	٠,٠٨٨
NH-٢٤	٢٤٥	٩٠,٥٣	٠,٣٦٩	٠,٠٧٩	٠,٢١٩	٠,٠٩٣
NH-٢٥	١٩٦	١٥,٨٥	٠,٠٨١	٠,٠٩	٠,١٣٣	٠,١٧٥

١-٣-٢-٥- وضع النموذج البتروفيزيائي (التفسير النهائي):

وُضع نموذجان لتشكيلة الكوروشينا دولوميت-تريماسي أوسط، تألّف النموذج الأول من حجر كلسي، دولوميت، أنهدريت، شيل، دون إشباعات مائية أو إشباع بالهيدروكربون، بينما تألف النموذج الثاني من حجر كلسي، دولوميت، إشباعات مائية وإشباع بالهيدروكربون، وتمّ اختيار النموذج الأول (الخالي من الإشباعات) ضمن شروط محددة (شكل ٣-٦٢).



الشكل (٣-٦٢): مجموعة الشروط التي على أساسها يتم اختيار النموذج الخالي من الإشباعات.

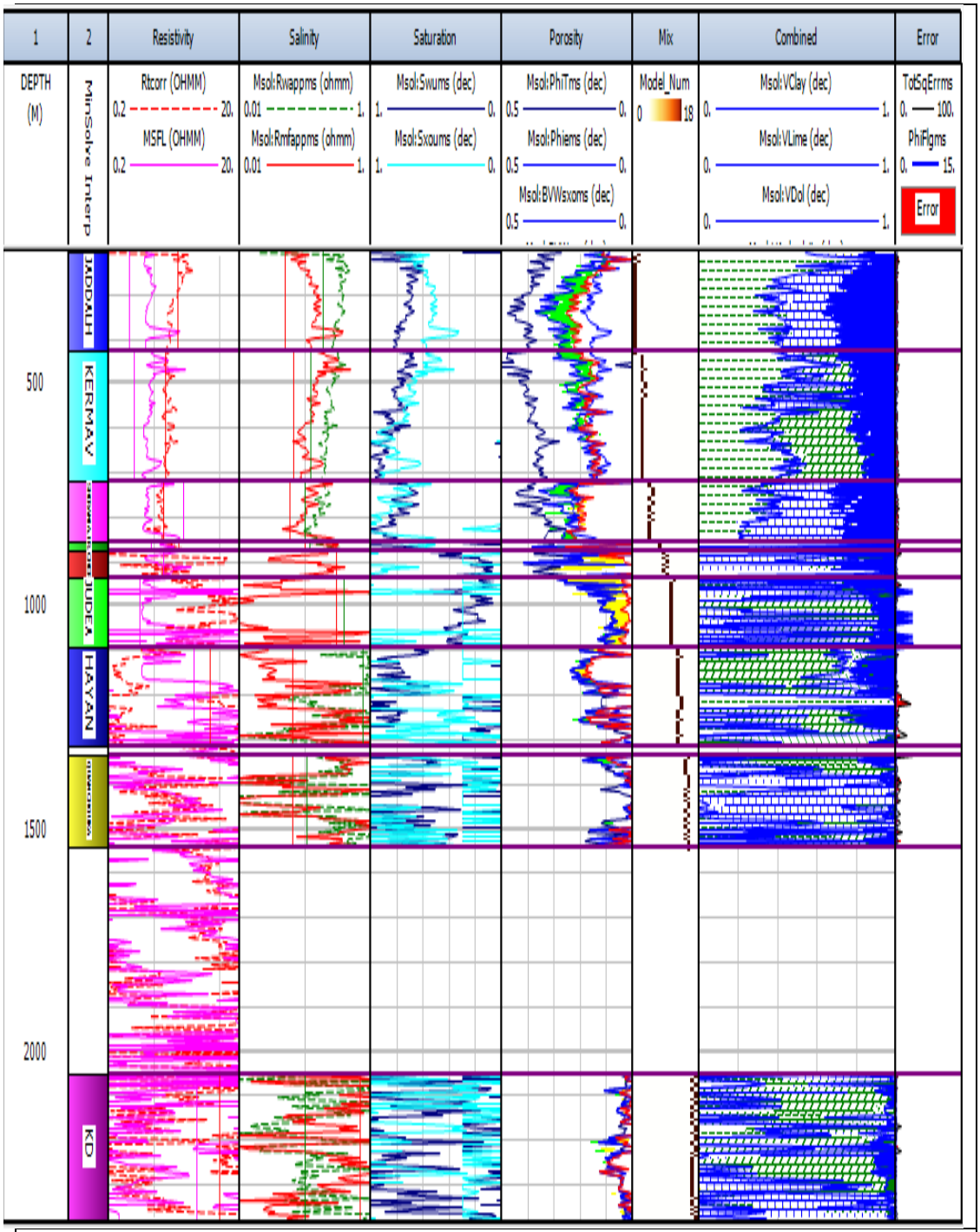
يوضح الشكل (٣-٦٢) مجموعة الشروط لبناء النموذج البتروفيزيائي والتي هي:

الشرط الأول يستخدم في حال كان قطر البئر أكبر من قطر رأس الحفر مع مجال قبول ١ إنش للتخلص من تأثير تهدمات جدار البئر والتكهفات.

الشرط الثاني وهو داعم للشرط الأول، وهو في حال وجود خلل في قياس تصحيح الكثافة أكبر من القيمة المحددة لها.

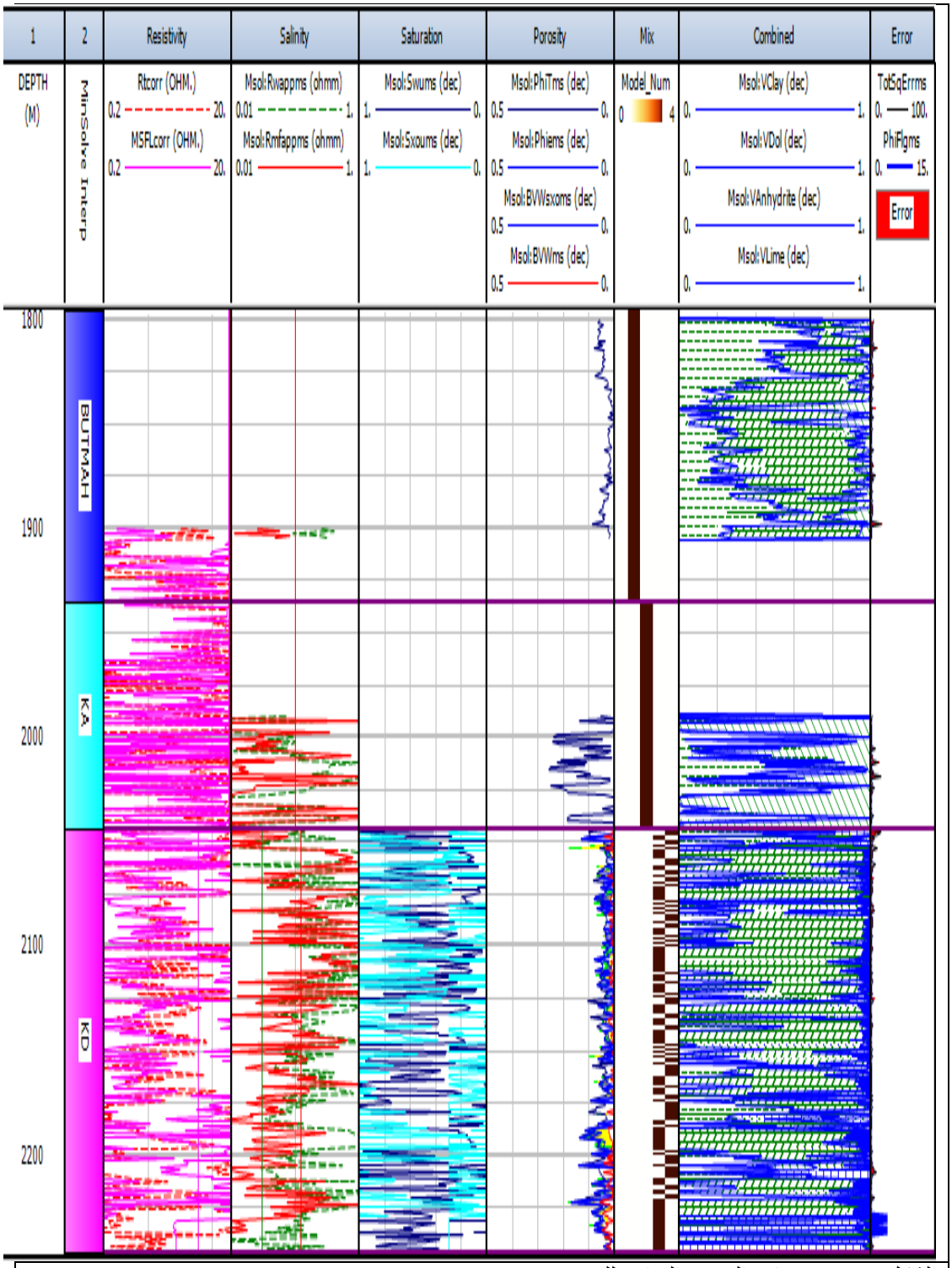
الشرط الثالث، والرابع، والخامس وهي لإزالة تأثير المركبة الشيلية، وهي شروط القيم الحدية التي حُسبت سابقاً، يتم اختيار النموذج الأول في حال تحققت الشروط الموضحة أعلاه، وفي حال عدم تحققها يتم اختيار النموذج الثاني الحاوي على الإشباعات، ويمثل النموذج النهائي ناتج دمج هذه النماذج.

وتمثل الأشكال (٣-٦٣) (٣-٦٤) (٣-٦٥) (٣-٦٦) (٣-٦٧) التفسير النهائي لآبار منطقة الدراسة وفق النماذج المقترحة ويتضمن التفسير المسامية، الإشباع، الموائع وحركيتها، الليثولوجيا.



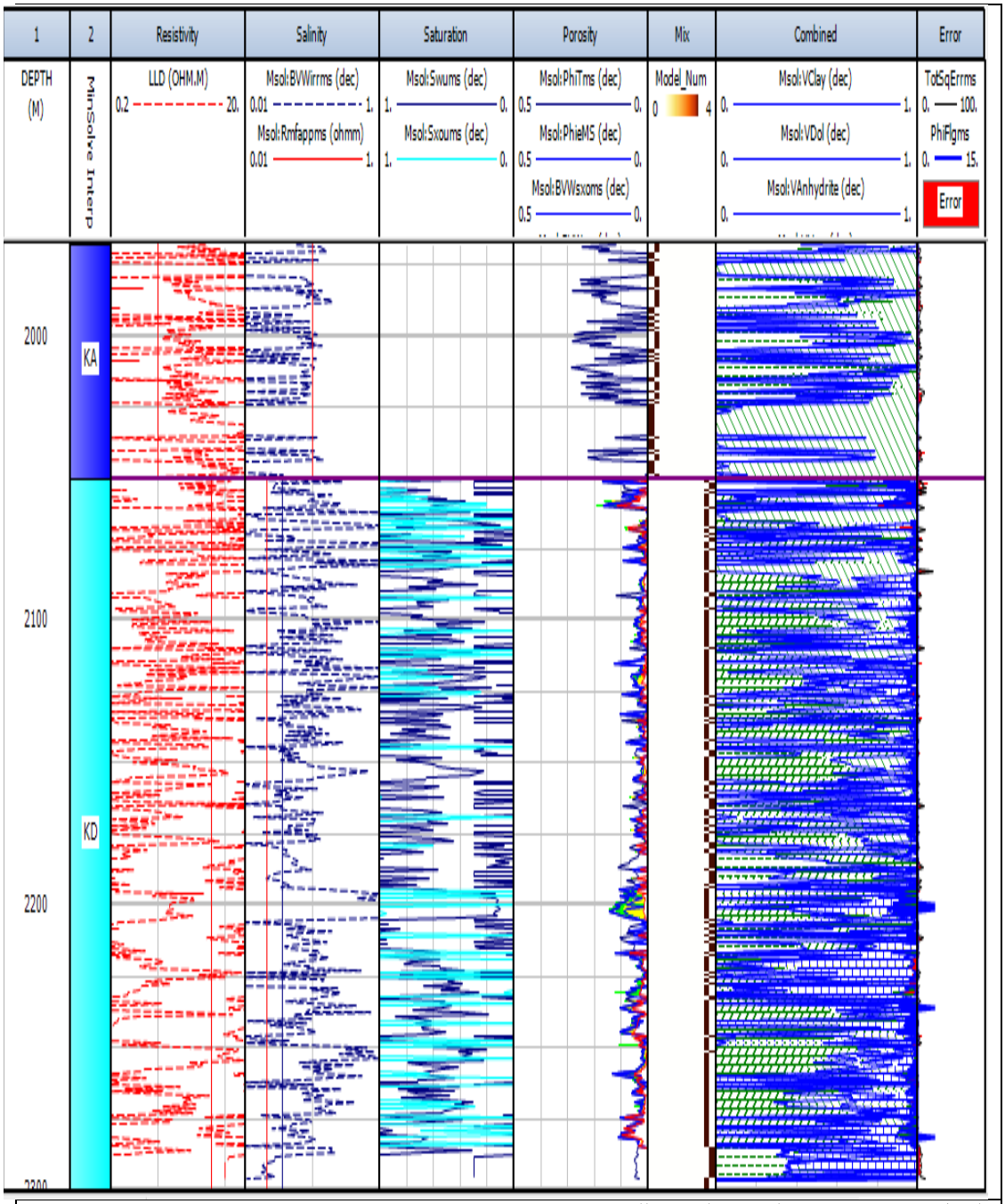
الشكل (٣-٦٣): نتائج التفسير النهائي للبئر NH-٣

يوضح الشكل (٣-٦٣) نتائج التفسير النهائي للبئر NH-٣، حيث تمت مناقشة الإشباعات والمساميات في السابق، ونلاحظ أن أعلى نسبة خطأ في نتائج التفسير لم تتجاوز ٥% أمام تشكيلة حيان، وكانت بسبب التهدمات في جدار البئر مما قلل جودة القياسات البئرية المنفذة، ونسبة الخطأ القليلة تدل على دقة نتائج التفسير.



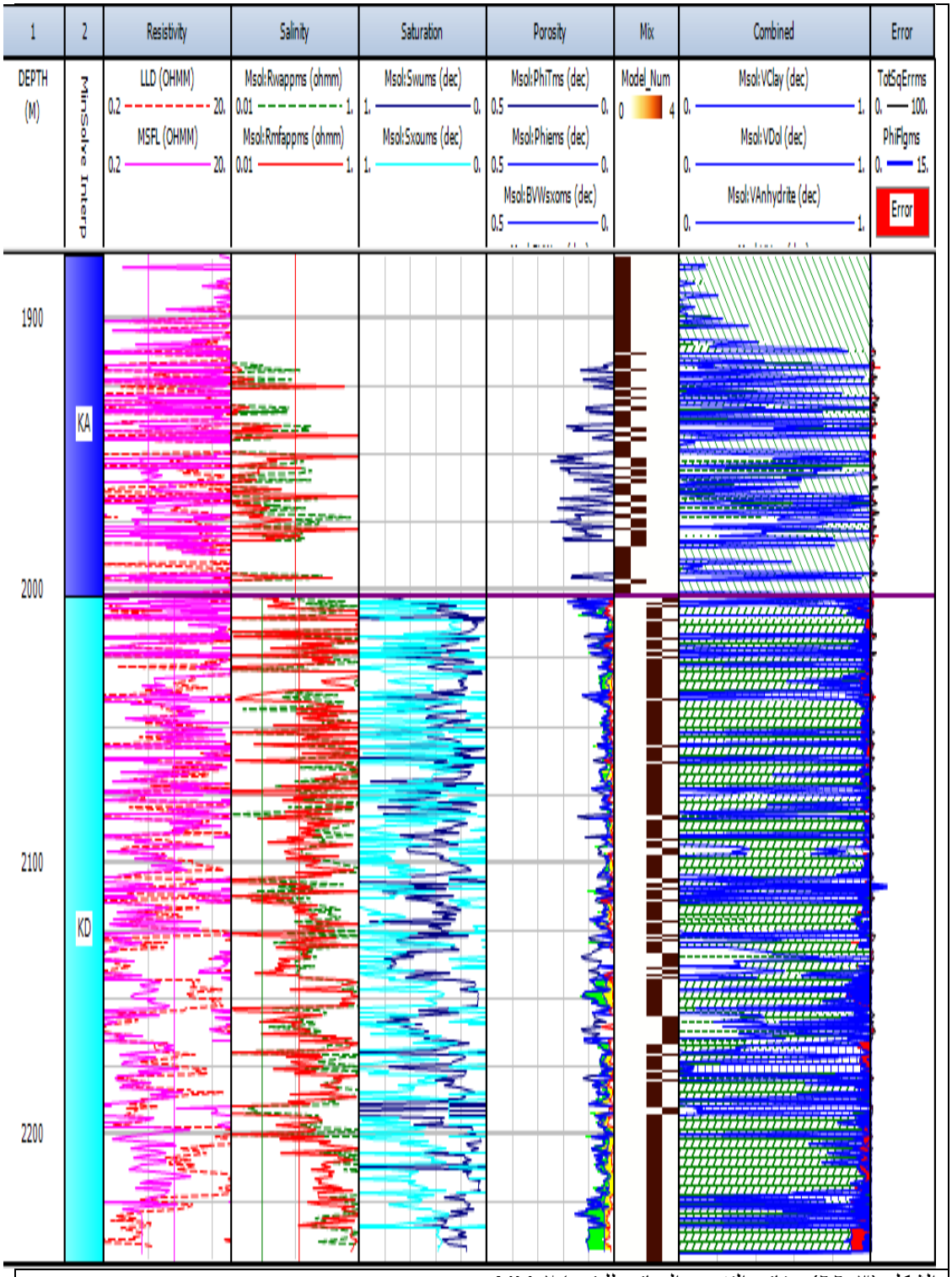
الشكل (٣-٦٤): نتائج التفسير النهائي للبئر NH-٧

يوضح الشكل (٣-٦٤) نتائج التفسير النهائي للبئر NH-٧، حيث تمت مناقشة الإشباعات والمساميات في السابق، ونلاحظ أن أعلى نسبة خطأ في نتائج التفسير لم تتجاوز ٥% أمام تشكيلة كوروشينا دولوميت، وكانت بسبب التهدمات في جدار البئر مما قلل جودة القياسات البئرية المنفذة، ونسبة الخطأ القليلة تدل على دقة نتائج التفسير.



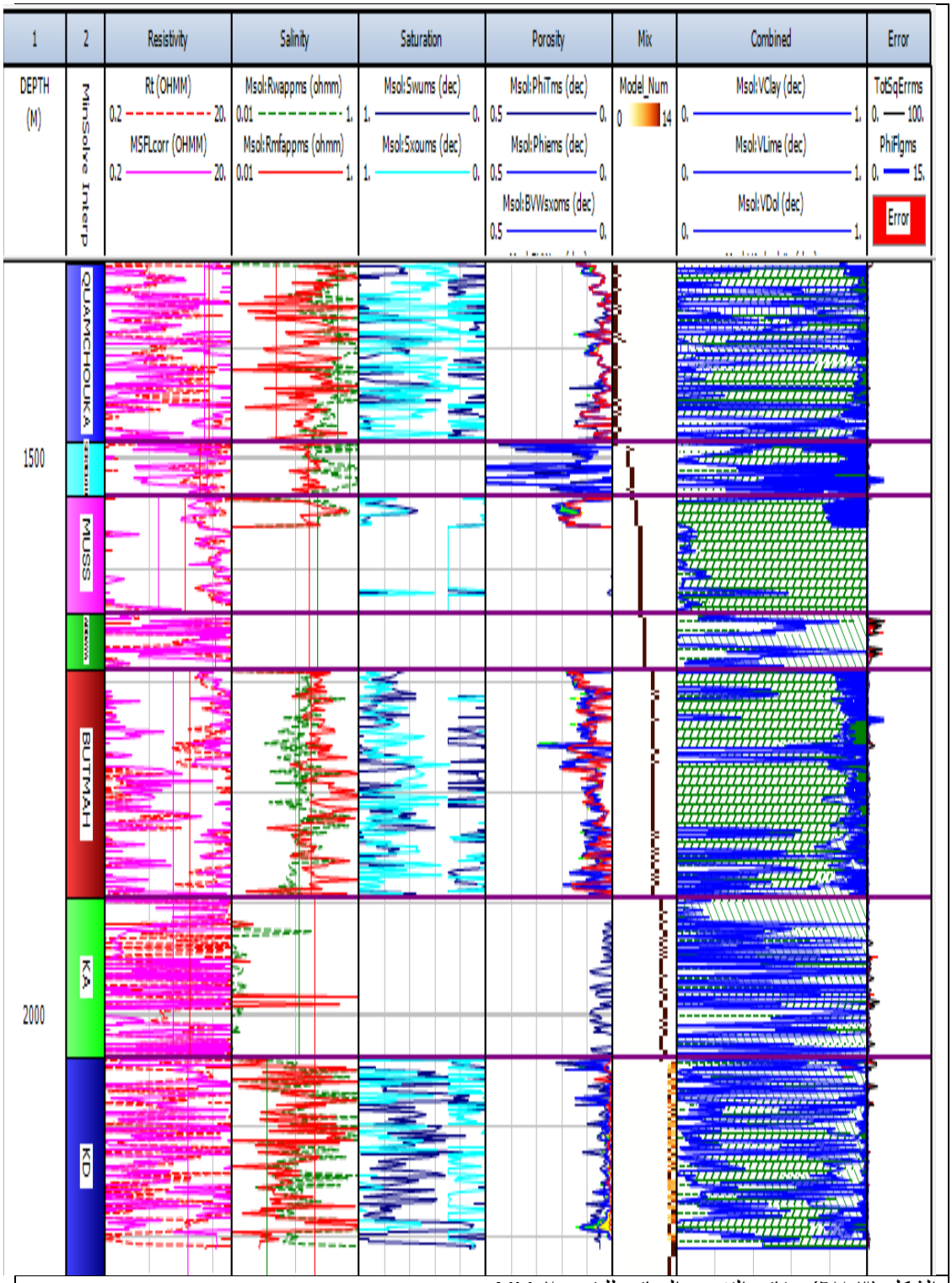
الشكل (٣-٦٥): نتائج التفسير النهائي للبئر NH-١٠

يوضح الشكل (٣-٦٥) نتائج التفسير النهائي للبئر NH-١٠، حيث تمت مناقشة الإشباعات والمساميات في السابق، ونلاحظ أن أعلى نسبة خطأ في نتائج التفسير لم تتجاوز ٥% أمام تشكيلة كوروشينا دولوميت، وكانت بسبب التهدمات في جدار البئر مما قلل جودة القياسات البئرية المنفذة، ونسبة الخطأ القليلة تدل على دقة نتائج التفسير.



الشكل (٣-٦٦): نتائج التفسير النهائي للبئر NH-٢٤

يوضح الشكل (٣-٦٦) نتائج التفسير النهائي للبئر NH-٢٤، حيث تمت مناقشة الإشباعات والمساميات في السابق، ونلاحظ أن أعلى نسبة خطأ في نتائج التفسير لم تتجاوز ٥% أمام تشكيلة كوروشينا دولوميت وفقط عند نقطة عمق ٢١٠٥ متر، ونسبة الخطأ القليلة تدل على دقة نتائج التفسير.



الشكل (٣-٦٧): نتائج التفسير النهائي للبئر NH-٢٥

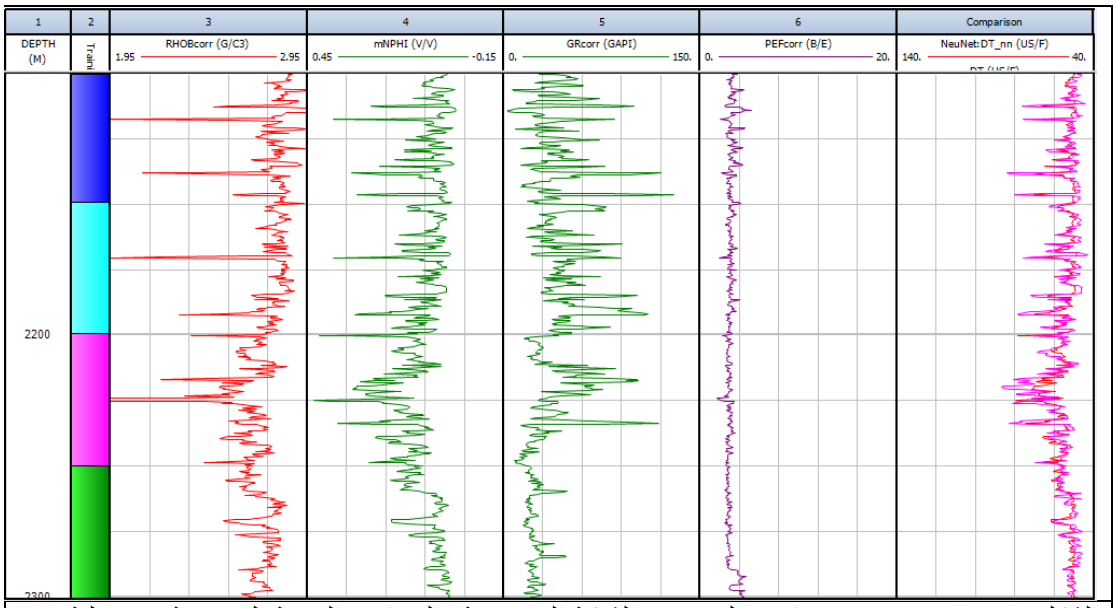
يوضح الشكل (٣-٦٧) نتائج التفسير النهائي للبئر NH-٢٥، حيث تمت مناقشة الإشباعات والمساميات في السابق، ونلاحظ أن أعلى نسبة خطأ في نتائج التفسير لم تتجاوز ٥% أمام تشكيلة أدايا، وكانت بسبب التهدمات في جدار البئر مما قلل جودة القياسات البئرية المنفذة، ونسبة الخطأ القليلة تدل على دقة نتائج التفسير.

١-٣-٣- الشبكات العصبونية في تقييم التشكيلات:

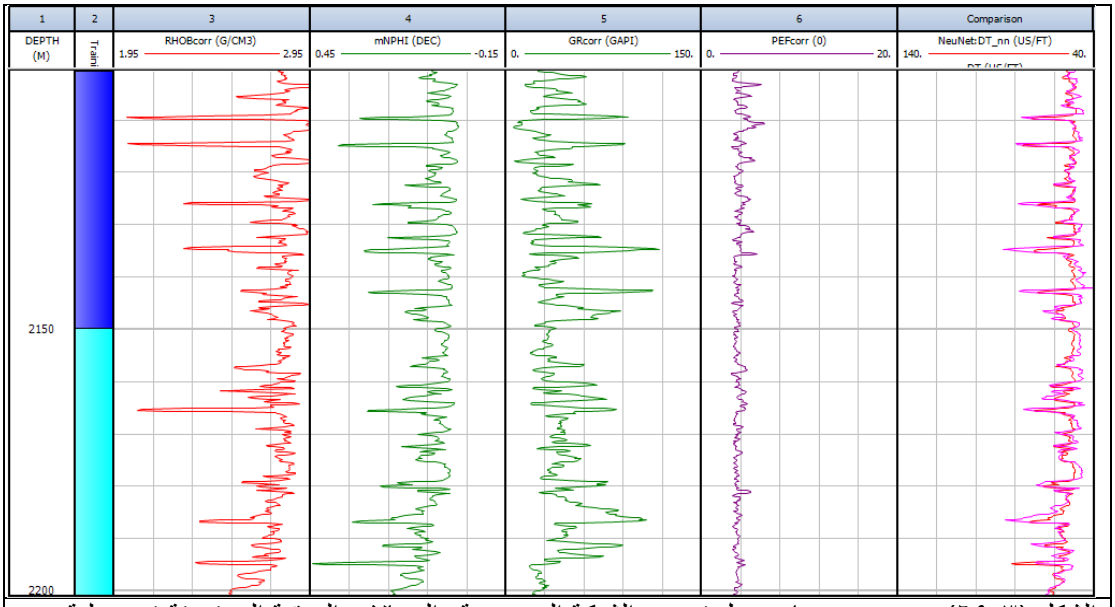
كما ذُكر سابقاً عن أهمية الذكاء الصنعي واستخدام تقنية الشبكات العصبونية فيه في تقليل الجهد والوقت والتكاليف، فهي أيضاً تدعم التفسير البتروفيزيائي، وقد استُخدمت في هذه الدراسة من أجل التنبؤ بمنحني القياس الصوتي DT، في البئرين NH-٣٦, NH-٣٥، ومنه يمكن تحديد المسامية الأولية والثانوية في البئرين.

١-٣-٣-١- تدريب الشبكة العصبونية:

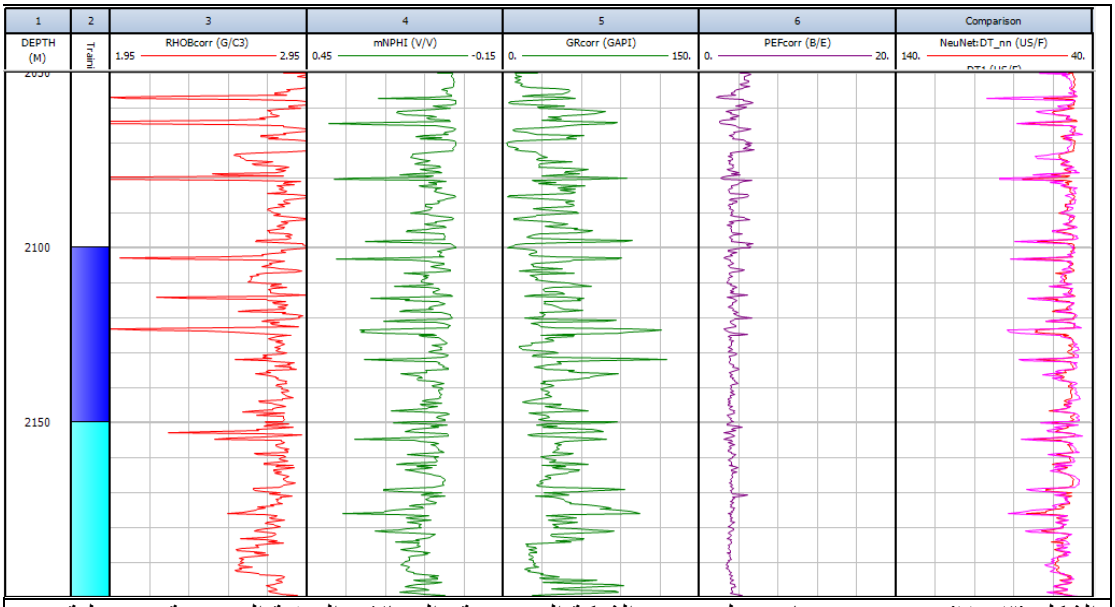
تضمنت عملية التدريب استخدام الآبار NH-٢٥, NH-١٠, NH-٣، كآبار تدريب، وتم اختيار قياس الكثافة، وقياس النترون، وقياس مقطع الامتصاص الكهروضوئي، وقياس الإشعاع الطبيعي كعناصر دخل للشبكة العصبونية، واستُخدم منحني القياس الصوتي كهدف لتدريب الشبكة للآبار السابقة، وحُددت تشكيلة الكوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط كنطاقات هدف لتدريب الشبكة، وتوضح الأشكال (٣-٦٨) (٣-٦٩) (٣-٧٠) منحنيات الدخل لتدريب الشبكة العصبونية ومنحي الخرج الناتج عن تدريب الشبكة والذي هو قياس التسجيل الصوتي DT_nn.



الشكل (٣-٦٨): يوضح منحنيات دخل تدريب الشبكة العصبونية والمجالات العمقية المستهدفة في عملية التدريب في البئر NH-٣



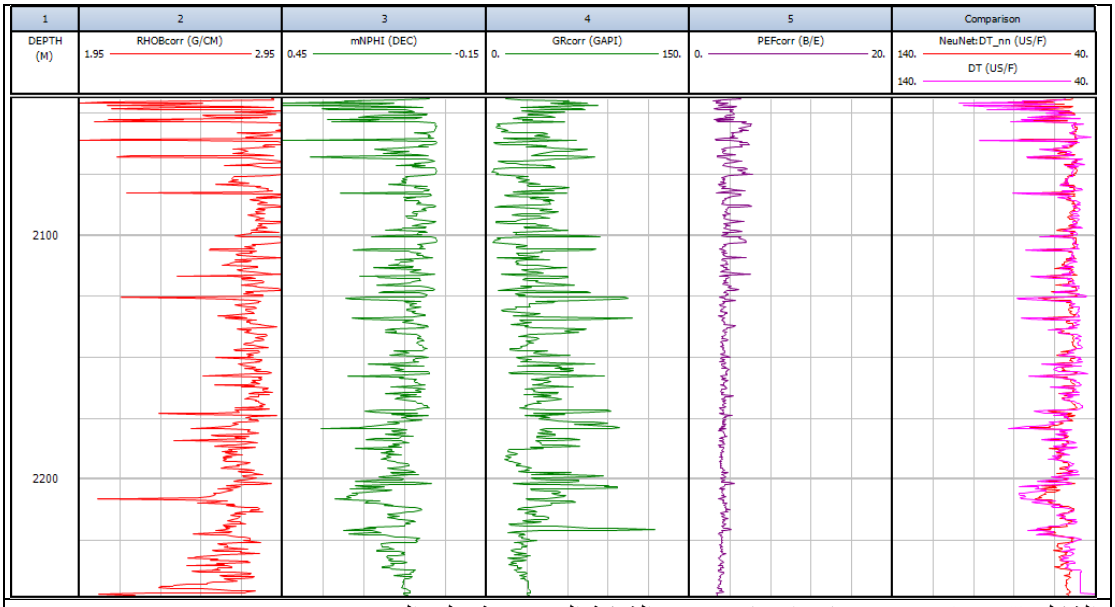
الشكل (٣-٦٩): يوضح منحنيات دخل تدريب الشبكة العصبونية والمجالات العمقية المستهدفة في عملية التدريب في البئر NH-١٠



الشكل (٣-٧٠): يوضح منحنيات دخل تدريب الشبكة العصبونية والمجالات العمقية المستهدفة في عملية التدريب في البئر NH-٢٥

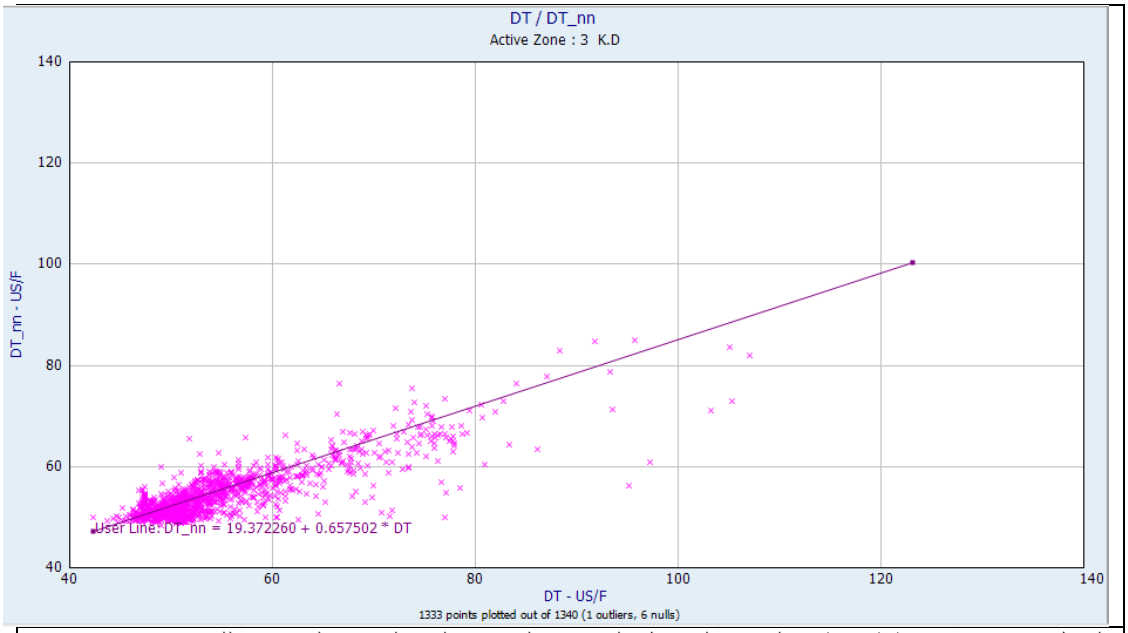
١-٣-٣-٢- اختبار نتائج التنبؤ لتدريب الشبكة العصبونية وتعميمها:

حُدّد البئر NH-٧ كبئر اختبار لنتائج تدريب الشبكة العصبونية، ويوضح الشكل (٣-٧١) قياس التسجيل الصوتي الأساسي لهذا البئر وقياس التسجيل الصوتي الذي تم التنبؤ به، وهما بالترتيب DT، DT_nn.



الشكل (٣-٧١): يوضح نتائج اختبار تدريب الشبكة العصبونية على البئر NH-٧.

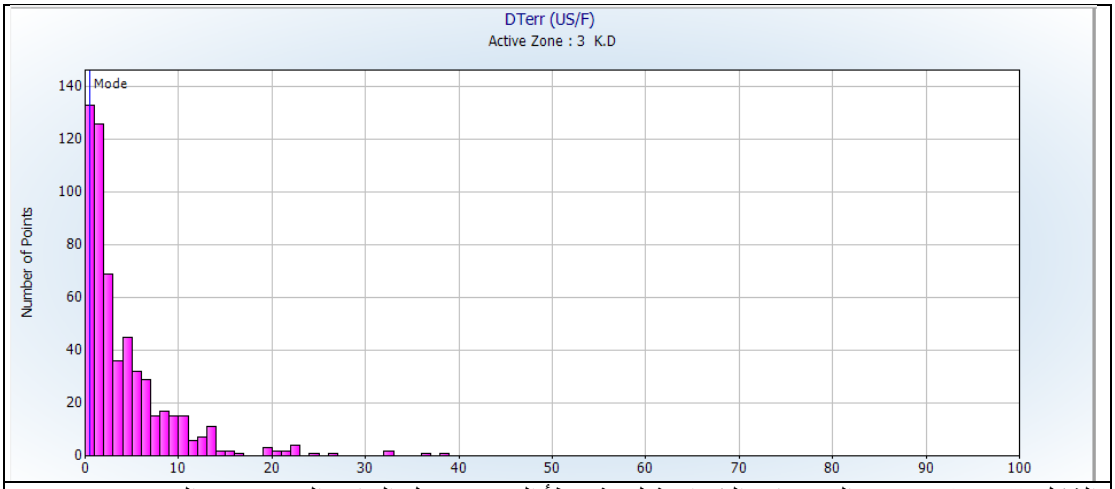
يتبين من الشكل (٣-٧١) أن الاختلاف بين المنحنيين DT, DT_nn إما قليل أو شبه متطابق أو متطابق تماماً، ولإيضاح العلاقة بين المنحنيين سيُرسم منحني تقاطعي بين القيم الهدف والقيم الناتجة عن التنبؤ (شكل ٣-٧٢).



الشكل (٣-٧٢): مخطط تقاطعي لقياس التسجيل الصوتي الهدف والقيم التي تم التنبؤ بها للبئر NH-٧.

يلاحظ من الشكل (٣-٧٢) أن القيم الناتجة عن التنبؤ بقياس التسجيل الصوتي هي قريبة من التطابق على الخط المستقيم المرسوم، أي شبه تساوٍ بين القيم الهدف والقيم التي تم التنبؤ بها مع ملاحظات وجود بعض النقط الشاذة التي يمكن استبعادها.

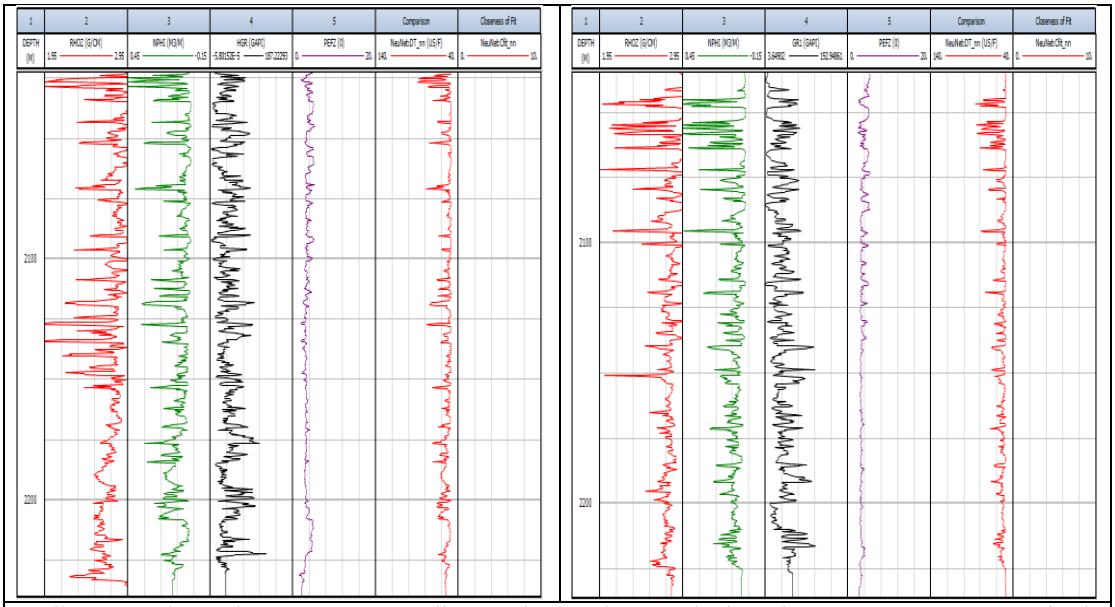
وحُسبت قيمة الخطأ من حساب الفرق بين المنحني الهدف DT، والمنحني الذي تم التنبؤ به DT_nn، ويُحسب منحني هذا الخطأ بشكل تلقائي عند الانتهاء من عملية التدريب، ويوضح الشكل (٣-٧٣) المدرج التكراري لقيم الخطأ، حيث يلاحظ أن متوسط قيمة الخطأ أقل من ٠,١% وهذه قيمة خطأ قليلة جداً، وهذا يثبت دقة عملية التنبؤ بقياس التسجيل الصوتي.



الشكل (٣-٧٣): يوضح المدرجات التكرارية لقيمة خطأ التنبؤ بتسجيل القياس الصوتي في البئر NH-٧

ومن ثم تم حساب معامل الارتباط R، على برنامج Microsoft Excel، من خلال الدالة: CORREL (Array١,Array٢)، حيث Array ١ هي قيم منحني التسجيل الصوتي، و Array ٢، هي قيم منحني التسجيل الصوتي الذي تم التنبؤ به، وكانت قيمة معامل الارتباط R=٠,٨٨.

يوضح الشكل (٣-٧٤) نتائج تعميم الشبكة العصبونية على البئرين NH-٣٦, NH-٣٥.



الشكل (٣-٧٤): يوضح قياس التسجيل الصوتي الذي تم التنبؤ به للبئر NH-٣٥، في الجزء اليساري، وللبئر NH-٣٦، في الجزء اليميني.

الفصل
الرابع

١- النتائج والتوصيات:

- تمّ من خلال هذا البحث تقييم التشكيلات المخترقة في حقل شمال الحسين وإعادة تقييم خزني لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط، حيث شمل التقييم الكيفي والتقييم الكمي ل ٥ آبار، وتم التنبؤ بمنحني قياس التسجيل الصوتي لبئرين غاب فيهما هذا القياس.

- شمل التقييم الكيفي استخدام مخططات تقاطعية لقياسات جيوفيزيائية بئرية مختلفة منها مخطط كثافة-نترون، مقطع امتصاص كهرضوئي-كثافة، وكان الغرض منها تكوين نظرة عن التركيب الليثولوجي بحيث كانت الليثولوجيا المسيطرة لتشكيلة الكوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط هي الدولوميت، الأنهدريت، والشيل، مع تفاوت حجم الشيل من بئر لآخر.

- معرفة نمط توضع الشيل في تشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط باستخدام مخطط توماس ستيبر، وهو مخطط يجمع بين حجم الشيل والمسامية الكلية المصححة من تأثير الشيل، وكان ذا نمط توضع صفائحي ومبعثر.

- تحديد نوع الشيل الموجود في تشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط من خلال مخططات خاصة تعتمد على تقاطع لقيم النشاط الإشعاعي الناتج عن مركبتي الثوريوم $Th^{٢٣٢}$ والبوتاسيوم $K^{٤٠}$، وتبيّن من المخطط أن نوع الشيل هو كلوريت، إيلليت، وميكا.

- شمل التقييم الكمي مجموعة من الإجراءات. بداية حساب حجم الشيل، ثم حساب المساميات بأنواعها، ومن ثم حساب الإشباعات المائية، والإشباع بالهيدروكربون، وحجم الموائع، ومن ثم حساب القيم الحدية، انتهاء ببناء نماذج بتروفيزيائية لآبار منطقة الدراسة.

- حُسب حجم الشيل انطلاقاً من منحني الإشعاع الطبيعي، أو من خلال منحني الإشعاع الطبيعي الطيفي في حال توفره، وتبين أن حجم الشيل لتشكيلة الكوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط يختلف من بئر لآخر.

- حساب المسامية بأنواعها (الكلية، الفعالة، الأولية، الثانوية)، وتبيّن أن المسامية الكلية كانت قريبة من المسامية الفعالة في تشكيلة الكوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط، وأن الفرق بين المسامية الكلية والمسامية الفعالة فيها كان بسبب تغير حجم الشيل مما أعطى قيماً مسامية وهمية للمسامية الكلية أعلى من القيم الحقيقية، مع ملاحظة تغير قيم المسامية الثانوية على كامل التشكيلة، وكانت أكبر قيمة للمسامية الفعالة في البئر NH-٣ وتساوي ٠,٢٤٧، وكانت اكبر قيمة للمسامية الثانوية ٠,١٠٠٨ في البئر NH-٢٤.

- حساب مقاومية المياه الطبقية لتشكيلة الكوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط، وكانت هذه القيم تتراوح بين ٠,٠٣ إلى ٠,٠٣٥ أوم.متر في آبار منطقة الدراسة.

- حُسب الإشباع المائي لتشكيلة كوروشينا دولوميت-ترياسي أوسط في الآبار المدروسة وتبين منها حساب الحجم الكلي للماء في النطاق النظيف والمغسول لمعرفة حركية الموائع في التشكيلة، وقد لوحظ تباعد منحني الحجم الكلي للماء مع منحني الحجم الكلي للماء في القطاع المغسول، وذلك يعد مؤشراً على وجود إشباع بالهيدروكربون قابل للحركة (للإنتاج).

- حساب القيمة الحدية للمسامية فبلغت القيمة الحدية للمسامية ٠,٠٥، كما تم حساب القيمة الحدية لحجم الشيل، بعرض قيم حجم الشيل مقابل المسامية الفعالة وبلغت القيمة الحدية لحجم

الشيل ٠,٣، وتم حساب القيمة الحدية الإشباع المائي بعرض قيم الإشباع المائي أمام المسامية الفعالة، وبلغت القيمة الحدية للإشباع المائي ٠,٥.

- حساب نسبة NET/GROSS لآبار منطقة الدراسة انطلاقا من القيم الحدية المحسوبة.

- بناء نموذج بتروفيزيائي (التفسير النهائي) لكل بئر من آبار منطقة الدراسة، بنسبة خطأ لم تتجاوز ٥% وأمام نقط عمقية قليلة، وحصلنا على منحني خاص بكل بارامتر من البارامترات المحسوبة.

- استخدام تقنية الشبكات العصبونية في الذكاء الصنعي للتنبؤ بقياس التسجيل الصوتي الذي كان مفقودا في البئرين NH-٣٦ & NH-٣٥، مما يعرقل من عملية التفسير البتروفيزيائية لعدم وجود طريقة لحساب المسامية الثانوية، وانطلاقاً من هذا الشيء استُخدمت تقنية الشبكات العصبونية للتنبؤ بهذا القياس، وتمت العملية وفق المراحل الآتية:

اختيار مجموعة آبار التدريب وكانت ثلاثة آبار NH-٢٥, NH-١٠, NH-٣.

اختيار منحنيات دخل تدريب الشبكة وكانت قياس الكثافة، وقياس النترون، وقياس مقطع الامتصاص الكهروضوئي، وقياس الإشعاع الطبيعي.

تدريب الشبكة حتى الوصول إلى أفضل تطابق.

اختبار الشبكة على بئر يتوفر به قياس التسجيل الصوتي وكان البئر NH-٧، وكانت قيمة متوسط الخطأ لمنحني الخرج ٠,١% وهي نسبة خطأ ضئيلة جداً، وبعد ذلك تم حساب قيمة معامل الارتباط وكان R=٠,٨٨.

تعميم الشبكة على البئرين.

التوصيات:

إن خوارزمية الذكاء الصنعي المبنية ضمن برنامج Interactive Petrophysics ٢٠١٨، هي خوارزمية مكتوبة بشكل يتلاءم والبيانات البئرية، ويمكن استخدام تقنية الشبكات العصبونية هذه في شتى الحقول، وخاصة مع العلم المسبق بإن استخدام الذكاء الصنعي يوفر الوقت والمال، لذا يمكن استخدام هذه الخوارزمية للتنبؤ بقيم القياسات البئرية المفقودة، أو من أجل إعادة توليد قيم هذه المنحنيات في حال كانت ظروف القياس غير جيدة أدت إلى تشويش هذه القيم، وذلك دون الحاجة إلى إعادة إجراء القياس مرة أخرى، أو في حال فقدان قياس أحد قياسات الآبار غير المكسية ضمن بئر ما، وتعذر تنفيذ هذا القياس مرة أخرى بعد اكساءه.

المراجع:

[١] الشركة السورية للنفط. (١٩٨٣): تقرير الاستكشاف عن النفط والغاز في سوريا.

[٢] الشركة السورية للنفط. (١٩٩٢): التقرير الداخلي عن البيانات الجيولوجية المتوفرة لحقل شمال الحسين، والديلع.

[٣] الشركة السورية للنفط. (٢٠١٠): التقرير الفني للتحليل السحني لحقل شمال الحسين.

[٤] الشركة السورية للنفط: دائرة الدراسات الإقليمية.

[٥] العجي. ع، ورماح. س. (٢٠١١): القياسات الجيوفيزيائية البئرية، جامعة دمشق.

[٦] القاضي. م. (٢٠٠٣): جيولوجيا النفط، جامعة دمشق.

[٧] Alaskari, Gh. M.K., Roozemh, A. (٢٠١٧). Determination of Shale Types using Well Logs, Iran, International Journal of Petrochemical Science & Engineering, Vol. ٢, Issue ٥, DOI: ١٠,١٥٤٠٦/ipcse.٢٠١٧,٠٢,٠٠٠٥١, P١-٧.

[٨] Asquith, G., Gibson, Ch. (١٩٨٢). Basic well log analysis for earth geologists, USA, ٢٣٤P.

[٩] Ballay. R, ٢٠٠٥: Formation Evaluation (Carbonate Versus Sandstone), p (١٤-١٥).

[١٠] Bassiouni, Z. (١٩٩٤). Theory-measurements and interpretation of well logs, Vol. ٤, ٣٨٥p.

[١١] Bateman, R.M. (١٩٨٨). Introduction to well logging, GL٤٠١, Petroleum geology, IHRDC publishers, Boston-USA, ٣٤٨p.

[١٢] Bateman, R.M. (١٩٩١). Well logging tools and techniques, GL٤٠٢, Petroleum geology, IHRDC publishers, Boston-USA, ٢٧٩p.

[١٣] Bateman, R.M. (٢٠١٢). Openhole Log Analysis and Formation evaluation, Second Edition, Society of Petroleum Engineers, USA, ٦٦٧p.

[١٤] Bosma. P. J, ١٩٩٦, An Introductin to the Basics of Log Evaluation, ٢nd Edition, p (١١-١٣).

[١٥] Cilimkovic, M., Neural Networks and Back Propagation Algorithm, Ireland.

[١٦] Ellis, D.V., Singer, J.M. (٢٠٠٧). Well Logging for Earth Scientists, ٢nd Edition, Published by Springer and Business Media B.V., ٦٨٥p.

[١٧] Frank, R. W. (١٩٩٨). Prospecting With old E-Logs, USA, ١٧١P.

[١٨] Glover, P.W.J., Petrophysics MSc Course Notes, UK, ٣٧٦P.

[١٩] HO, T.L., EHARA, S. (٢٠٠٧). Oil Reservoir Properties Estimation by Fuzzy-Neural Networks, Memoirs of the Faculty of Engineering, Kyushu University, Vol.٦٧, No.٣, pp ١١٨-١٣٩.

[٢٠] Hsieh, B.-Z., Wang, CH.-W., Lin, Z.-SH. (٢٠٠٩). Estimation of formation strength index of aquifer from neural networks, Computers &Geosciences, vol. ٣٥،١٩٣٣–١٩٣٩.

[٢١] Huang, Z., Shimeld, J., Williamson, M., Katsube, J. (١٩٩٦). Permeability prediction with artificial neural network modeling in the Venture gas field offshore eastern Canada, research gate, article, Geophysics: vol. ٦١, no. ٢, pp. ٤٢٢-٤٣٦.

[٢٢] Karraz, G. (٢٠٠٦). Electrocardiogram signal automatic analysis, Doctoral Thesis, University of Pavia, Italy, vol.٧, pp ٧٥-٨٣.

[٢٣] Krygowski, D.A. (٢٠٠٣). Guide to Petrophysical Interpretation, Austin Texas USA, ١٤٧p.

[٢٤] Larose, D.T. (٥٠٠٥). Discovering knowledge in data: an introduction to data mining. Wiley-Interscience, ISBN ٩٧٨٠٤٧١٦٦٦٥٧٨, URL http://books.google.ie/books?id=JbPMdPWQIOwC

[٢٥] Patniyot, S., Romero, P.A. (١٩٩١). APPLICATION OF CORE-LOG CORRELATION AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TO BETTER DEFINE PERMEABILITY POROSITY AND LITHOLOGY, SCA-٩٨٣٦.

[٢٦] Qadir, F.M. (١٩٩١). Formation Evaluation of Reservoir, Khabbaz Oil Field, NE Iraq, PHD thisis, Iraq, vol.٤, p٩٦-٩٧.

[٢٧] Rider, M.H. (١٩٩٦). The Geological Interpretation of Well Logs, ٢nd Ed, published by Rider French Consulting Ltd, ٢٩٠p.

[٢٨] Russell, S.J., Norvig, P. (٢٠١٣). Artificial Intelligence A Modern Approach, Third Edition, New Jersey, vol.١, p.١١٥٤.

[٢٩] Salehi, M.M. et al. (٢٠١٦). Estimation of the non-records logs from existing logs using artificial neural networks, Egypt, Egyptian

Journal of Petroleum.

[٣٠] Saputro, O.D., Maulana, Z.L., Latief, F.D. (٢٠١٦). Porosity log prediction using artificial neural network, IOP SCIENCE, Journal of Physics, ٧٣٩ ٠١٢٠٩٢.

[٣١] Sechön, J. (٢٠١٥). Basics well logging and formation evaluation, first edition, ١٧٩p.

[٣٢] Selley, R.C., Morrill, D.C. (١٩٩٨). Basic concepts of petroleum geology, GL١٠١, ٩٧p.

[٣٣] Serra, O. (١٩٨٤). Fundamentals of well-log interpretation, Elsevier Science Publishers B.V., ٤٣٥p.

[٣٤] Schlumberger. (١٩٨٩). Log Interpretation Principles/Applications, vol. ٥،٢٤١p.

[٣٥] Schlumberger. (١٩٩٨). Log Interpretation Principles/Application, Wireline & Testing Center, Texas gr, peef.

[٣٦] Siyamak Moradi.et al. (٢٠١٦) IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. ٤٤ ٠٤٢٠٠٢.

[٣٧] Sultan, M. Z. B., Howladar, M. F. (٢٠١٣). Permeability Modeling from well logs using artificial neural networks, Bangladesh, Mechanical Engineering Research Journal, Vol. ٩, pp. ١٠٠-١٠٣.

[٣٨] wireline_services_catalog_٢٠١٥.