



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

إعادة تقييم الخواص الخزنية لتشكيلة الرطبة في حقلي تل مرمر وشرق تل مرمر
باستخدام القياسات الجيوفيزيائية البئرية

Re-evaluation the Reservoir Properties of Al-Rutba Formation in Tal
Marmar and East Tal Marmar Fields by Well Logging

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في الجيوفيزياء التطبيقية

إعداد الطالب: المعتصم الرفاعي

بإشراف الدكتور: علي العجي

المحتويات

1.....	الفصل الأول: دراسة نظرية
2.....	1- مقدمة
3.....	2- أهداف الدراسة والغاية
4.....	3- الدراسات السابقة
5.....	4- منطقة الدراسة
5.....	4-1- بنية المنخفض وتطوره الجيولوجي
7.....	4-2- المصائد النفطية في منخفض الفرات
8.....	4-3- المأمولية الهيدروكربونية في منخفض الفرات
9.....	5- مواقع حقول الدراسة
9.....	5-1- مواقع الحقول بالنسبة لخريطة سورية
10.....	5-2- مواقع الحقول بالنسبة للحقول المجاورة في المنطقة
11.....	5-3- الخريطة الجيولوجية للمنطقة
12.....	5-4- التتابع الستريغرافي للمنطقة
13.....	6- التشكيلة المدروسة
13.....	6-1- البيئة والأطوار الترسيبية
17.....	6-2- تغير السماكة العامة
18.....	7- أنواع الغضار وتأثيره
18.....	7-1- أنواع الغضار
20.....	7-2- أنماط توضع
23.....	7-3- أشكال تواجد الماء في الغضار
24.....	8- الخواص البتروفيزيائية
24.....	8-1- المسامية
25.....	8-2- النفاذية
26.....	8-3- الإشباع
31.....	الفصل الثاني (المعطيات المتوفرة وأسس التفسير)
32.....	1- القياسات والمعطيات المتوفرة
33.....	2- الخرائط السيزمية
33.....	2-1- مقطع سيزمي
34.....	2-2- الخريطة العمقية
35.....	2-3- نموذج ثالثي الأبعاد
36.....	3- المعطيات الليثولوجية للتركيب
36.....	3-1- الصخور الخازنة
36.....	3-2- الصخور المولدة
37.....	4- القياسات البترية المستخدمة وآلية القياس
38.....	4-1- سوابر الليثولوجيا
42.....	4-2- السوابر البتروفيزيائية

47.....	3-4- سوابر الإشباعات
50.....	5- مقدمة عن البرنامج المستخدم في التفسير
60.....	الفصل الثالث (تفسير القياسات)
61.....	1- أسس تفسير القياسات الجيوفيزيائية البئرية
65.....	2- عوامل التفسير
66.....	1-2- تحديد قيمة مقاومة المياه الطبقيية RW
67.....	2-2- المقاومة الحقيقية للتشكيلة الخازنة RT
67.....	2-3- مقاومة راسح الحفر RMF
68.....	2-4- التدرج الحراري
68.....	2-5- عوامل علاقة آرشي
69.....	3- تسلسل خطوات التفسير
70.....	4- حقل تل مرمر
71.....	5- البئر رقم (4)
71.....	1-5- احداثيات البئر
72.....	2-5- تحديد مقاومة المياه الطبقيية RW
74.....	3-5- وضع مخططات ومدرجات تكرارية توضيحية
78.....	4-5- تحديد عوامل التفسير المتعلقة بالغضار
79.....	5-5- قراءة وتحديد تشكيلة الرطبة من المنحنيات الأولية
82.....	5-6- تحديد الحد العلوي والسفلي لتشكيلة الرطبة
84.....	5-7- تحديد مواصفات النطاقات ضمن تشكيلة الرطبة
88.....	5-8- حساب الإشباعات في كل نطاق
92.....	5-9- تغيير أحد معاملات التفسير
96.....	6- البئر رقم (2)
97.....	1-6- وضع مخططات ومدرجات تكرارية توضيحية
100.....	2-6- تحديد عوامل التفسير المتعلقة بالغضار
103.....	3-6- تحديد الحد العلوي والسفلي لتشكيلة الرطبة
104.....	4-6- تحديد مواصفات النطاقات ضمن تشكيلة الرطبة
106.....	5-6- حساب الإشباعات في كل نطاق
107.....	6-6- تغيير أحد بارامترات التفسير
109.....	7- البئر رقم (3)
110.....	1-7- وضع مخططات ومدرجات تكرارية توضيحية
112.....	2-7- تحديد عوامل التفسير المتعلقة بالغضار
113.....	3-7- تحديد الحد العلوي والسفلي لتشكيلة الرطبة
114.....	4-7- تحديد مواصفات النطاقات ضمن تشكيلة الرطبة
115.....	5-7- حساب الإشباعات في كل نطاق
116.....	6-7- تغيير أحد بارامترات التفسير
119.....	8- البئر رقم (1)
120.....	1-8- وضع مخططات ومدرجات تكرارية توضيحية
121.....	2-8- تحديد عوامل التفسير المتعلقة بالغضار
122.....	3-8- تحديد الحد العلوي والسفلي لتشكيلة الرطبة
123.....	4-8- تحديد مواصفات النطاقات ضمن تشكيلة الرطبة
125.....	5-8- حساب الإشباعات في كل نطاق

126.....	6-8- تغيير أحد بارامترات التفسير
128.....	9- حقل شرق تل مرمر
129.....	10- البئر رقم (1)
130.....	1-10- تحديد مقاومة المياه الطبقيه RW
131.....	2-10- وضع مخططات ومدرجات تكرارية توضيحية
133.....	3-10- تحديد عوامل التفسير المتعلقة بالعضار
134.....	4-10- تحديد الحد العلوي والسفلي لتشكيلة الرطبة
136.....	5-10- تحديد مواصفات النطاقات ضمن تشكيلة الرطبة
138.....	6-10- حساب الإشباع في كل نطاق
139.....	7-10- تحديد نمط توضع العضار
140.....	11- البئر رقم (2)
141.....	1-11- وضع مخططات ومدرجات تكرارية توضيحية
143.....	2-11- تحديد عوامل التفسير المتعلقة بالعضار
145.....	3-11- تحديد الحد العلوي والسفلي لتشكيلة الرطبة
146.....	4-11- تحديد مواصفات النطاقات ضمن تشكيلة الرطبة
147.....	5-11- حساب الإشباع في كل نطاق
148.....	الفصل الرابع (تحليل القياسات)
149.....	1- الإحتياطي
149.....	1-1- مفاهيم متعلقة بالإحتياطي
150.....	2-1- مدخلات معادلة الإحتياطي
152.....	3-1- محددات حساب الإحتياطي
158.....	4-1- حساب الإحتياطي
164.....	2- المضاهاة
165.....	1-2- حقل تل مرمر
167.....	2-2- حقل شرق تل مرمر
170.....	الفصل الخامس (النتائج والمناقشة)
171.....	1- المعاملات المصححة وتأثير كل منها
171.....	1-1- مقاومة المياه الطبقيه
174.....	2-1- أس السمنتة
176.....	3-1- حجم العضار الأعظمي
177.....	2- تغيرات الخواص الخزنية والليثولوجية لتشكيلة الرطبة
177.....	1-2- تغيرات متوسط حجم العضار
178.....	2-2- تغيرات قيمة المسامية
180.....	3-2- تغيرات الإشباع
181.....	4-2- تحديد نمط توضع العضار ونوعه
182.....	3- التوصيات
183.....	المراجع

فهرس الأشكال

- 5..... الشكل (1-1): منخفض الفرات والنطاقات الجيولوجية المجاورة له
- 6..... الشكل (2-1): نموذج ثلاثي الأبعاد (3D) للبنية تحت السطحية لمنخفض الفرات
- 9..... الشكل (3-1): موقع الدراسة بالنسبة لخريطة الأراضي السورية
- 10..... الشكل (4-1): موقع الحقلين والحقول المحيطة
- 11..... الشكل (5-1): الخريطة الجيولوجية للمنطقة والتكشفات السطحية
- 14..... الشكل (6-1): خارطة باليو-جغرافية-تكتونية لفترة أوائل الكريتا سي
- 15..... الشكل (7-1): موديل ترسيبي تصوري لتشكيلة الرطبة
- 17..... الشكل (8-1): خارطة توزع سماكات تشكيلة الرطبة في منخفض الفرات
- 18..... الشكل (9-1): صورة مجهرية لبنية صفائح الكاولينيت
- 19..... الشكل (10-1): صورة مجهرية لبنية المونتموريللونيت
- 19..... الشكل (11-1): صورة مجهرية لبنية الإبلليت
- 20..... الشكل (12-1): أنماط توزع الغضار في الصخور الرملية
- 21..... الشكل (13-1): تغير قيم المسامية الكلية حسب شكل تواجد الغضار في التشكيلات الرملية
- 23..... الشكل (14-1): توزع الأيونات على جانبي الجزئيات الشيل وتوزعها في المائع الطبقي
- 24..... الشكل (1-15): أنواع المسامات
- 26..... الشكل (1-16): توزع الاشباعات في الصخور الخازنة
- 29..... الشكل (17-1): حالات توزع الإشباعات بين الحبات الصخرية
- 33..... الشكل (1-2): مقطع سيزمي (2D) لبنية التركيب المدروس
- 34..... الشكل (2-2): الخريطة العميقة والفوالق المسببة للإغلاق
- 35..... الشكل (3-2): نموذج ثلاثي الأبعاد (3D) لتشكيلة الرطبة
- 63..... الشكل (3-1): اشكال استجابة منحنيات النيترونية-الكثافة
- 65..... الشكل (3-2): توزع المقاوميات والاشباعات حول حفرة البئر
- 70..... الشكل (3-3): مواقع آبار حقل تل مرمر
- 72..... الشكل (3-4): مدخلات تحديد المقاومة الطبقة المائية (RW)
- 78..... الشكل (3-5): قراءات تشكيلة الغضار وتحديد خط الشيل القاعدي للبئر رقم (4)
- 80..... الشكل (3-6): قياسات (N - D - S)، وقياس PEC المعبرة عن الحجر الرملي (تشكيلة الرطبة)
- 81..... الشكل (3-7): قيمة الاشعاع المنخفض للحجر الرملي
- 82..... الشكل (3-8): انخفاض حاد للمقاومية امام تشكيلة الرطبة الرملية
- 83..... الشكل (3-9): الحد العلوي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (4)
- 83..... الشكل (3-10): الحد السفلي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (4)
- 84..... الشكل (3-11): كامل سماكة تشكيلة الرطبة والنطاقات المنتجة في البئر رقم (4)
- 91..... الشكل (3-12): توزع نسب الاشباعات للبئر رقم 4

- الشكل (3-13): مقارنة أنواع الاشباكات النفطية للبئر رقم 4 91
- الشكل (3-14): تحديد خط الشيل للبئر رقم (2) 100
- الشكل (3-15): الحد العلوي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (2) 103
- الشكل (3-16): الحد السفلي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (2) 103
- الشكل (3-17): النطاقات الخازنة للنفط في تشكيلة الرطبة 104
- الشكل (3-18): تغير قيم الاشباكات النفطية القابلة للحركة 108
- الشكل (3-19): تحديد خط الشيل للبئر رقم (3) 112
- الشكل (3-20): الحد العلوي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (3) 113
- الشكل (3-21): الحد السفلي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (3) 113
- الشكل (3-22): النطاقات الخازنة للنفط في تشكيلة الرطبة البئر رقم (3) 114
- الشكل (3-23): تحديد خط الشيل للبئر رقم (1) 121
- الشكل (3-24): الحد العلوي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (1) 122
- الشكل (3-25): الحد السفلي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (1) 122
- الشكل (3-26): امتداد تشكيلة الرطبة والنطاقات في البئر رقم (1) 123
- الشكل (3-27): تغير حجوم الغضار بتغير القيمة العظمى الدالة عليه 127
- الشكل (3-28): مواقع آبار حقل شرق تل مرمر 128
- الشكل (3-29): قيم النشاط الأعظمي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (1) 133
- الشكل (3-30): الحد العلوي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (1) 134
- الشكل (3-31): الحد السفلي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (1) 135
- الشكل (3-32): كامل امتداد تشكيلة الرطبة والنطاقات داخلها في البئر رقم (1) 136
- الشكل (3-33): القيمة العظمى للنشاط الاشعاعي في البئر رقم (2) 143
- الشكل (3-34): الحد العلوي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (2) 145
- الشكل (3-35): الحد السفلي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (2) 145
- الشكل (3-36): النطاقات ضمن تشكيلة الرطبة في البئر رقم (2) 146
- الشكل (4-1): مضاهاة بين آبار حقل تل مرمر 166
- الشكل (4-2): مضاهاة بين آبار حقل شرق تل مرمر 168
- الشكل (5-1): مقارنة الاشباكات المائية من المقاوميات ($Rw=0.025, Rw=0.035$) لحقل تل مرمر 172
- الشكل (5-2): قيم الاشباكات المائية من معادلات (ARCHIE & INDONESIAN) لحقل تل مرمر .. 173
- الشكل (5-3): قيم المسامية مقابل حجم الغضار عندما $M=2$ لحقل تل مرمر 174
- الشكل (5-4): قيم المسامية مقابل حجم الغضار عندما $M=1.8$ 175
- الشكل (5-5): تغير الاشباكات النفطية نتيجة تغيير قيم أس السمنتة 176
- الشكل (5-6): تغيرات قيم المسامية والحجوم الغضار مع العمق في حقل تل مرمر (3-2-4-1) .. 178
- الشكل (5-7): قيم متوسط الاشباكات النفطية للآبار بالترتيب من اليمين لليساار (3-2-4-1) 180

فهرس الجداول

- 12.....الجدول(1-1): التتابع الستراتغرافي للتركيب و وصفه الليثولوجي
- 43.....الجدول(2-1) ثوابت قيم الكثافة وأزمنة الارتحال والامتصاص الكهرضوئي لبعض أنواع الليثولوجيا
- 87.....جدول(3-1):مساميات وحجوم الغضار وسماكات النطاقات الخازنة في البئر رقم(4)
- 90.....الجدول(3-2): إشباعات النطاقات في البئر رقم(4)
- 92.....الجدول(3-3): قيم المساميات للبئر رقم (4) عندما $(M=2)$
- 93.....الجدول(3-4):قيم الاشباعات للبئر رقم(4) عندما $M=2$
- 94.....الجدول(3-5): مقارنة نتائج التفسير من أجل قيم (M) مختلفة
- 105.....الجدول(3-6): مساميات وحجوم غضار وسماكات النطاقات الخازنة في البئر رقم(2)
- 106.....الجدول(3-7): قيم الاشباعات في البئر رقم(2)
- 107.....الجدول(3-8):قيم الاشباعات من أجل $Rw=0.020\Omega.M$
- 114.....الجدول(3-9): قيم مسامات وحجوم غضار وسماكات النطاقات في البئر رقم(3)
- 115.....الجدول(3-10): قيم اشباعات في البئر رقم(3)
- 117.....الجدول(3-11): قيم الاشباعات من علاقة (INDONESIAN)
- 117.....الجدول(12-3): قيم الاشباعات بتطبيق علاقات آرشي وأندونيسيان
- 124.....الجدول(3-13): مساميات وحجوم غضار وسماكات النطاقات في البئر رقم (1)
- 125.....الجدول(3-14): نتائج الاشباعات للبئر رقم(1)
- 126.....الجدول(3-15): نتائج التفسير عندما النشاط الاشعاعي للغضار (150API)
- 137.....الجدول(3-16): مساميات وحجوم الغضار في نطاقات البئر رقم(1)
- 138.....الجدول(3-17): اشباعات النطاقات في البئر رقم(1)
- 147.....الجدول(3-18): مساميات وحجوم الغضار والسماكات في البئر رقم(2)
- 147.....الجدول(3-19): اشباعات النطاقات في البئر رقم(2)
- 159.....الجدول(4-1): محددات حساب الإحتياطي لحقل تل مرمر
- 159.....الجدول(4-2): عوامل حساب الإحتياطي للبئر رقم (4)
- 159.....الجدول(4-3): عوامل حساب الإحتياطي للبئر رقم (2)
- 160.....الجدول(4-4): عوامل حساب الإحتياطي للبئر رقم (3)
- 160.....الجدول(4-5): عوامل حساب الإحتياطي للبئر رقم (1)
- 160.....الجدول(4-6): متوسط عوامل حساب الإحتياطي لكافة آبار حقل تل مرمر
- 162.....الجدول(4-7): محددات حساب الإحتياطي لحقل شرق تل مرمر
- 163.....الجدول(4-8): عوامل حساب الإحتياطي لحقل شرق تل مرمر البئر رقم (1)
- 163.....الجدول(4-9): عوامل حساب الإحتياطي لحقل شرق تل مرمر البئر رقم (2)
- 163.....الجدول(4-10): متوسط عوامل حساب الإحتياطي لبئري حقل شرق تل مرمر
- 165..الجدول(4-11): تمثيل الخواص الخزنية وحجم الغضار على شكل سماكات لآبار حقل تل مرمر

- الجدول(4-12): نسب عوامل الخواص الخزنية لحقل تل مرمر 167
- الجدول(4-13): تمثيل الخواص الخزنية وحجم الغضار على شكل سماكات لأبار حقل شرق تل مرمر 167
- الجدول(4-14): نسب عوامل الخواص الخزنية لحقل شرق تل مرمر 168
- الجدول(1-5): سماكات تشكيلة الرطبة و خواصها الخزنية في آبار حقل تل مرمر 179
- الجدول(2-5): سماكات تشكيلة الرطبة وخواصها الخزنية في حقل شرق تل مرمر 179

فهرس المخططات

- المخطط(1-1):مخطط (THOMAS-STIEBER) لتحديد نمط توضع الغضار 22
- المخطط(3-1): مخطط PICKETTPLOT لتحديد قيمة مقاومة المياه الطبقيه RW 73
- المخطط(3-2): مخطط توزع قيم قياسات نيترونية-كثافية- اشعاعية البئر رقم(4) 74
- المخطط(3-3): توزع نقاط القياس على مخطط(THOMAS-STIEBER) لتحديد نمط توضع الغضار ... 95
- المخطط(3-4): تحديد الليثولوجيا العامة في البئر رقم(2) 97
- المخطط(3-5): توزع القيم المقاسة وفق عمق محدد(2900-3000M) 98
- المخطط(3-6): تحديد نوع الغضار في التشكيلات الخازنة 101
- المخطط(3-7): تحديد نوع الغضار لتشكيلة الرطبة في حقل تل مرمر 102
- المخطط(3-8): توزع نقاط قياس النيتروني والكثافي والاشعاعي في البئر رقم(3) 110
- المخطط(3-9):توزع قيم القياس(N-D-KTH) في البئر رقم(1) 120
- المخطط(3-10): مخطط PICKET PLOT لتحديد قيمة مقاومة المياه الطبقيه RW 130
- المخطط(3-11): تقاطع القياس الكثافي-النيتروني-بدلالة النشاط الاشعاعي للبئر رقم(1) 131
- المخطط(3-12): توزع نقاط القياس على مخطط(THOMAS-STIEBER) لتحديد نمط توضع الغضار 139
- لحقل شرق تل مرمر 139
- المخطط(3-13): تقاطع القياس النيتروني-الكثافي بدلالة النشاط الاشعاعي للبئر رقم(2) 141
- المخطط(3-14): تحديد نوع الغضار لتشكيلة الرطبة في حقل شرق تل مرمر 144
- المخطط(4-1): قيمة المسامية الدنيا(POROSITY CUT-OFF) 153
- المخطط(4-2): تحديد قيمة حجم الشيل الأعظمي (SHALE CUT-OFF) لحقل تل مرمر 154
- المخطط(4-3): تحديد حجم الشيل الأعظمي SHALE CUT-OFF لحقل شرق تل مرمر 155
- المخطط(4-4): تصنيف القراءات حسب المحددات لحقل تل مرمر 157

فهرس المدرجات التكرارية

- 75.....- المدرج التكراري(1-3):توزع قيم القياس الكثافي البئر رقم(4).....
- 76.....- المدرج التكراري(2-3): توزع قيم القياس الكثافي ذات ($KTH>90$) للبئر رقم(4).....
- 77.....- المدرج التكراري(3-3):توزع قيم القياس النيتروني ذات ($KTH>90$) للبئر رقم(4).....
- 98.....- المدرج التكراري(4-3):توزع القياس النيتروني بكامل عمق القياس
- 99.....- المدرج التكراري(5-3): توزع القياس الكثافي لكامل عمق القياس
- 99.....- المدرج التكراري(6-3):قياس المسامية النيترونية للتشكيلة الخازنة
- 111.....- المدرج التكراري(7-3): توزع قيم الكثافة وفق العمق ($2650-3030M$).....
- 111.....- المدرج التكراري(8-3): توزع قيم القياس النيتروني وفق العمق($2650-3030M$).....
- 132.....- المدرج التكراري(9-3): قيم الامتصاص الكهروضوئي بالعلاقة مع النشاط الاشعاعي
- 132.....- المدرج التكراري(10-3): قيم الكثافة محددة بامتصاص الكهروضوئي أقل من 3
- 142.....- المدرج التكراري(11-3): تمثيل حجوم الغضار في البئر رقم(2).....

المخلص

تناول البحث دراسة تشكيلة الرطبة الرملية في ستة آبار موزعة في حقلين هما تل مرمر (4آبار)، وشرق تل مرمر (بئرين). تم في كل بئر دراسة الخواص الخزنية، ومراقبة تغيراتها من بئر لآخر. لوحظ زيادة بنسبة الغضار في آبار حقل تل مرمر، التي اخترقت تشكيلة الرطبة الأقل عمقاً، بينما انخفضت نسبة الغضار في الآبار، التي اخترقتها في المناطق الأعمق. كذلك الأمر بالنسبة للمسامية، ولكن كانت التغيرات بصورة عكسية، أي زادت المسامية في المناطق الأعمق لتشكيلة الرطبة، كما تبين أن سماكة التشكيلة، زادت مرة ونصف في حقل شرق تل مرمر، عنه في تل مرمر، فيما يختلف نمط توزيع الغضار ونوعه بين الحقلين، بحيث يتوضع في حقل تل مرمر وفق النمط المبعثر والرقائقي بشكل رئيسي وبنسبة أقل وفق النمط الهيكلي، ويكون من النوع المونتموريللونيتي والإيليتي، ونسبة قليلة من الميكا، بينما يتوضع الغضار وفق النمط المبعثر والرقائقي في حقل شرق تل مرمر، ولكن يميل إلى النمط المبعثر أكثر، ويسيطر فيه الغضار المونتموريللونيتي بشكل رئيسي ونسبة أقل من الإيليت، بحيث أن لكل نمط من أنماط التوضع والنوع غضاري، درجة تأثير مختلفة على الخواص الخزنية لتشكيلة الرطبة. بشكل عام كان للنمط المبعثر التأثير الأكثر سلبية على المسامية، وكذلك عمل المونتموريللونيت على خفض جودة الخواص الخزنية بشكل كبير، واتضح ذلك من رداءة المواصفات الخزنية لتشكيلة الرطبة في حقل شرق تل مرمر.

ABSTRACT

The research undertakes the study of Rutba formation in 6 locations, distributed in Tal-Marmar (4 wells) and East Tal-Marmar(2 wells) fields. The reservoir Propertise and its changes are tackled . It was noticed that the volume of clay increases in the wells which penetrated Rutba formation in shallow places, whereas the clay volume decreases in deep places. In contrast, porosity decreases in shallow places. It was also observed that thickness increases 1.5 in East Tal-Marmar field . Clay distribution in Rutba formation is in different ratios in the wells of Tal-Marmar and East Tal-Marmar fields. It is also of different modes and kinds. The clay in Tal-Marmar field has two modes, mainly dispersed and laminar with less ratio of structural clay. The clay placed in Tal-Marmar contains montmorillonate and illite, with less proportion of micas, while the modes of clay in East Tal-Marmar are dispersed mainly and have less laminar. Montmorillonate dominates in Rutba formation in this field and contains less illite. Each mode and kind of clay has different effects on the reservoir properties. Generally, dispersed clay has the worst influence of porosity, also montmorillonate reduces the quality of reservoir characteristic. This negative effect was clear in East Tal-Marmar field.

الفصل الأول

(دراسة نظرية)

- 1- مقدمة.
- 2- أهداف الدراسة والغاية.
- 3- الدراسات السابقة.
- 4- منطقة الدراسة.
- 5- مواقع الحقول.
- 6- دراسة عن التشكيلة الخازنة.
- 7- أنواع الغضار وتأثيره.
- 8- الخواص البتروفيزيائية.

1- المقدمة (Introduction):

تتميز غالبية التشكيلات الرملية بمواصفات بتروفيزيائية تؤهلها لتكون صخور خازنة (reservoir) بامتياز. تتفاوت هذه القدرة الخزنية وتعتمد على عدة عوامل أهمها تلك العوامل التي تتعلق بالحببات المكونة للصخر من حيث حجمها وشكلها وطريقة توزيعها. وبشكل عام لا تكون التشكيلات الرملية نقية %100، حيث تختلط بنسب غضارية، حيث تلعب هذه النسبة دوراً سلبياً في التأثير على المواصفات الخزنية، ويتغير هذا التأثير حسب نسبة الغضار ونوعه ونمط توزيعه.

تمت دراسة تشكيلة الرطبة في بحثنا هذا، ذات الليثولوجيا الرملية، وهي مثال واقعي على دراسة تأثير الغضار على المواصفات الخزنية للتشكيلات الرملية الخازنة، بحيث تحوي على نسب غضارية متباينة بين حقلي تلم مرمر وشرق تلم مرمر اللذان تم تناولهما في هذه الدراسة.

كما تمت دراسة تفصيلية لمواصفات التشكيلة الخازنة في كلا الحقلين ومقارنة النتائج التي تم الحصول عليها في آبار الحقل الواحد، وبين آبار كل حقل مع الآخر. وتم تسليط الضوء على دور الغضار والتغيرات التي تؤثر على الجودة الخزنية والقدرة الانتاجية للتشكيلة الرملية المدروسة.

يمكن أن تدرس الصخور المخترقة في الآبار، بطرائق مباشرة عن طريق الشرائح المجهرية المأخوذة من اللبابات الصخرية (Cores)، بحيث تكون نتائجها دقيقة وواقعية، ولكن لا تتوفر الامكانيات دائماً لأخذ اللبابات من البئر أثناء الحفر، وبسبب كلفة هذه الطريقة مقارنة بالطريقة الأخرى، مثل طريقة القياسات الجيوفيزيائية البئرية فقد طبقت في هذه الدراسة، وهي تعتبر طريقة أسرع وأشمل وأكثر اقتصادية.

تعتمد هذه الطريقة على تحديد مواصفات التشكيلة عن طريق قياس بعض الخصائص الفيزيائية (مقاومية - كثافة - نشاط اشعاعي.... إلخ)، والتي تمكننا من تحديد الخواص الخزنية للتشكيلات المدروسة، فيما تلعب دقة المفسر ومعرفته بطبيعة المنطقة، الدور الأساسي بدقة وصحة نتائج التفسير.

2- أهداف الدراسة والغاية

1-2 أهداف الدراسة:

- 1- إعادة تفسير كافة القياسات الجيوفيزيائية البئرية بتصحيح بارامترات التفسير المدخلة.
- 2- تحديد الخواص الخزنية بدقة.
- 3- تحديد حجوم الغضار، وأنواعها وأنماط توزيعها وتغيرات نسبها في الحقل.
- 4- تحديد خط إلتقاء النفط- ماء OWC إن وجد أو تحديد ODT.
- 5- حساب الاحتياطي، بعد تصحيح محددات الاحتياطي.
- 6- مضاهاة السماكات والتغيرات الخزنية بين آبار الحقل الواحد وأجراء مضاهاة بين الحقول.

2-2 الغاية من الدراسة:

بعد إعادة تفسير القياسات البئرية باستخدام عوامل تفسير مصححة وذات دقة أكبر يتم تحديد المواصفات الخزنية بالتفصيل، وكل ما يرافق ذلك من تغيرات في تفسير الخواص الليثولوجيا لتشكيلة الرطبة، وتحديد تغيرات نسب الغضار وتأثيراتها على تغير الاشباع فيها، للوصول إلى علاقات ومخططات تبين التغيرات في قيم البارامترات المدخلة مع النتائج التي يتم الحصول عليها.

3- الدراسات السابقة:

3-1- الدراسات التي قامت بها جامعة كورنل حول التطور الجيولوجي و التكتوني لسورية .
Brew Graham, et al (2001)

اشتملت هذه الدراسة على أبحاث موسعة، لتحديد تطور كامل البنيات الجيولوجية المكونة للأراضي السورية، وتناولت دراسة تطور منخفض الفرات وأشكال الفوالق المؤثرة فيه واتجاهاتها والأزمنة الجيولوجية، والحركات التكتونية التي أدت إلى تشكل بنية المنخفض، والسماعات الرسوبية المتراكمة فيه، والتغيرات التي طرأت عليها، نتيجة العمليات الفالقية والحتية .

3-2- الدراسات السيزمية ثلاثية الأبعاد 3D التي تم تنفيذها في المنطقة من قبل الشركة السورية للنفط (2009) SPC.

أدت الدراسات السيزمية المنفذة في المنطقة إلى تحديد البنية الجيولوجية العميقة، والفوالق المنتشرة في المنطقة، والفوالق التي أدت إلى إغلاق بنية الحقل و تشكل المصيدة، ورمية الفالق الرئيسي الذي منع هجرة النفط بالاتجاه الأقل عمقا، وكذلك تحديد الشكل العام لتشكيلة الرطبة، وتحديد حجم الحقل من أجل حسابات الإحتياطي .

3-3- التقارير النهائية للحقل التي صدرت عن الشركة السورية للنفط (2011) SPC.

تناولت هذه التقارير التفسيرات الأولية المنفذة على القياسات البئرية في الآبار ودراسة خواصها الخزنية للتشكيلات الخازنة، وجملة البارامترات التي على أساسها تم تقدير الإحتياطي والمحددات التي اعتمدت للنتائج النهائية و الحصول عليها من تفسيرات القياسات البئرية.

3-4- دراسة ترسيبية وبتروفيزيائية لتشكيلة الرطبة في كامل حوض الفرات، رامي محمد(2009).

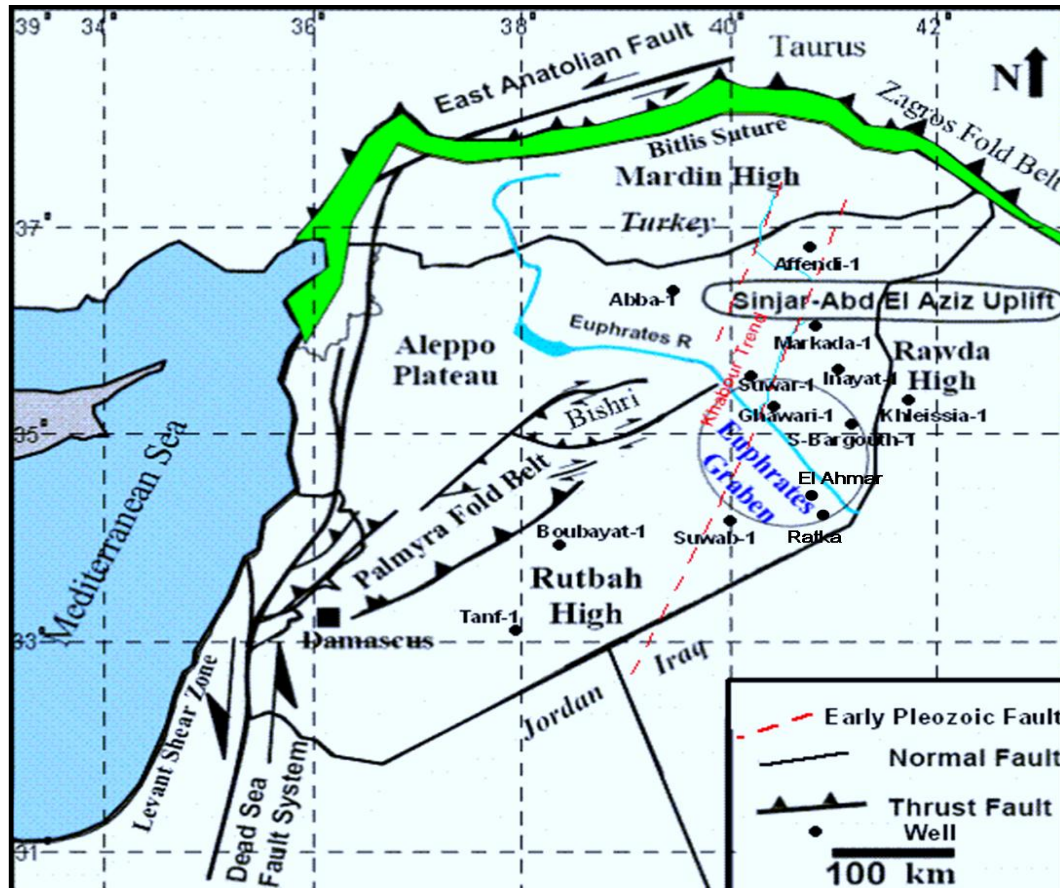
تناولت هذه الدراسة دراسة مجهرية و جهرية لتشكيلة الرطبة في كامل منخفض الفرات، وتحديد الخواص البتروفيزيائية لها، ووصف حبي للشرائح المدروسة من عدة آبار منتشرة في كامل منخفض الفرات، والأوساط الترسيبية التي أدت إلى تشكلها، ساعدت بإعطاء فكرة عامة وجيدة عن الطبيعة الليثولوجية والخواص الخزنية لتشكيلة الرطبة.

4- منطقة الدراسة (منخفض الفرات-Euphrates Graben):

1-4- بنية المنخفض وتطوره الجيولوجي:

تقع منطقة الدراسة ضمن منخفض الفرات، الذي يعتبر من الأحواض الأنخفاضية، وهو عبارة عن بنية ضمن قارية ذات اتجاه (شمال غرب-جنوب شرق)، تشكل في الجزء الشمالي من الصفيحة العربية. يجاور هذا المنخفض من الجنوب نهوض الرطبة(المستقر)، ونهوض الروضة الذي يقع إلى الشمال الشرقي منه، نشأ هذا المنخفض نتيجة النشاط التكتوني التبايدي في الفترة الممتدة ما بين الكريتاسي الأوسط إلى الكريتاسي المتأخر(الأعلى)، حيث توقفت الفعالية التكتونية مع بداية التقارب ما بين الصفيحة العربية والصفيحة الأناضولية.

يوضح الشكل(1-1) موقع منخفض الفرات بالنسبة لخريطة الجمهورية العربية السورية والنطاقات المجاورة ، والأحزمة التكتونية في المنطقة .

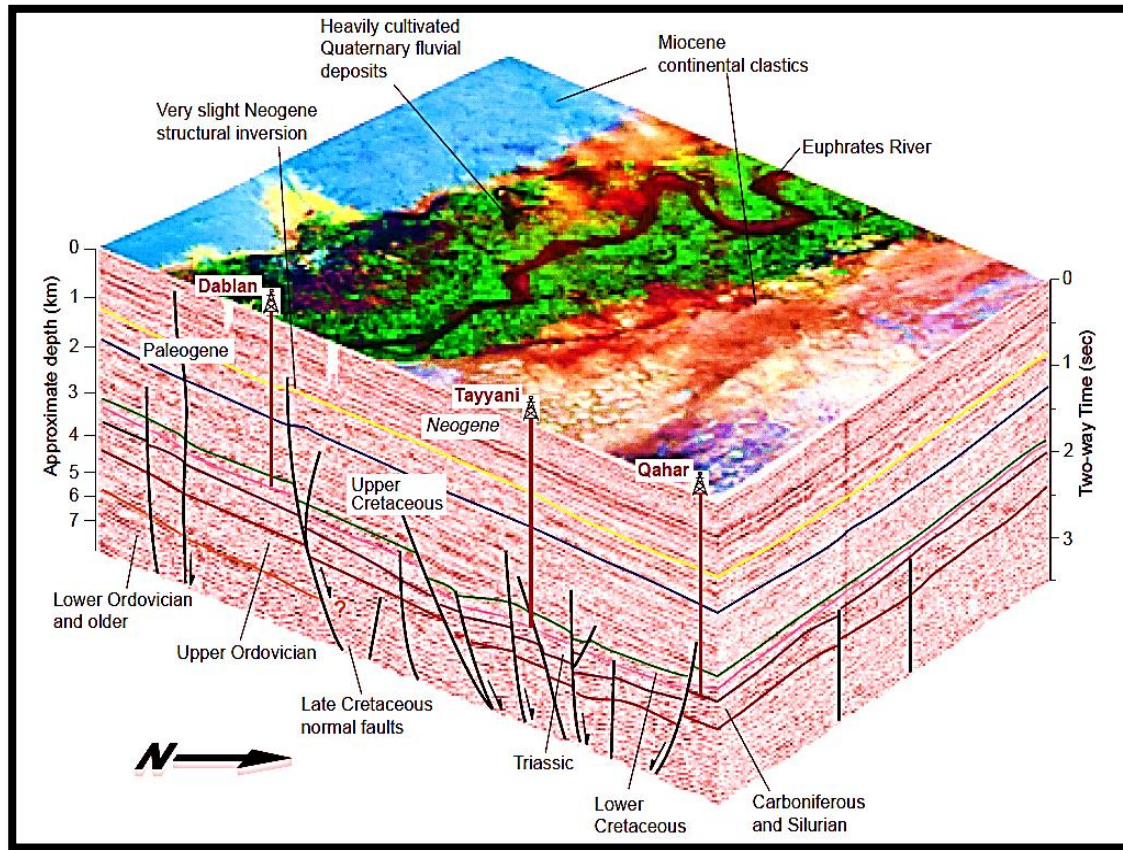


الشكل(1-1): منخفض الفرات والنطاقات الجيولوجية المجاورة له (Litak, 1997)

الفصل الأول

ينتشر في المنخفض مجموعة كبيرة من منظومة الفوالق العادية، تختلف رمية كل منها حسب النشاط التكتوني الذي تعرضت له، بحيث تشكل بنية سلمية على جانبي النهر. يزداد عمق المنخفض بالاتجاه الشمالي الغربي أي بعيداً عن نهوضي الروضة والرطوبة، يتكون من مجموعة من الكتل (البلوكات) منفصلة عن بعضها بفوالق (شمال غرب-جنوب شرق) ذات رميات كبيرة كما في القسم الجنوبي الشرقي، لا تميل هذه البلوكات باتجاه مركز المنخفض بل بعيدة عنه، أما في القسم الشمالي الشرقي فهي تميل باتجاه محور المنخفض المركزي، وتتميز بضيقها وعمقها الكبير.

ومن الدراسات السيزمية المتعددة التي أجريت على هذا المنخفض تم ربط المعطيات لبناء نموذج ثلاثي الأبعاد (3D) يبين تناوب الطبقات و الفوالق التي تضرب المنطقة بكثافة وبتجاهات عديدة، والتي كان لها الدور الرئيسي بتشكيل المصائد النفطية كما في الشكل (1-2) يوضح الفوالق والبنى الرئيسية في المنخفض.



الشكل (1-2): نموذج ثلاثي الأبعاد (3D) للبنية تحت السطحية لمنخفض الفرات (Brew et al, 2001)

يمتد منخفض الفرات بطول 160 كم ، وبعرض ما بين 90 - 120 كم، وتصل سماكة الغطاء الرسوبي فيه إلى عدة كيلومترات، والتي تعود بدءاً من عمر الأوردوفيشي إلى الميوسين، ويتضمن عدة تشكيلات خازنة للهيدروكربون، مما يعطيه أهمية بالغة من الناحية الاقتصادية (Barazangi.M,1989).

يعد منخفض الفرات أحد أهم البنيات الجيولوجية من الناحية الاقتصادية في أراضي الجمهورية العربية السورية، والذي تميز كما ذكرنا بشبكة من الفوالق أدت إلى تشكيل الحقول والمصائد النفطية الفالقية، بحيث تتوزع الخزانات النفطية في مجموعة من التشكيلات، تختلف فيما بينها ليثولوجياً وسحبياً. تعد تشكيلة الرطبة بخواصها البتروفيزيائية وامتدادها في معظم حوض الفرات أهم التشكيلات الخازنة والمنتجة للنفط في تلك المنطقة، والتي تشكل جزئياً السفلي الناتج عن انسحاب (انحسار) بحري، والعلوي ناتج عن تجاوز (طغيان) متوالية رسوبية، تبدأ بشكل رئيسي برسوبات من الحجر الرملي، وتنتهي بمواد غضارية مع تداخل نسب مختلفة من مواد أخرى والتي غالباً ما يكون لها تأثيراً سلبياً على انتاجية التشكيلة من الهيدروكربون.

4-2- المصائد النفطية في منخفض الفرات :

إن معظم الاكتشافات النفطية الهامة في منخفض الفرات وجدت ضمن مصائد بنيوية Structural traps (محدبات Horst و بلوكات فالقية متطاولة Fault) باتجاه شمال غرب-جنوب شرق و باتجاه شرق-غرب) تشكلت أثناء فترة التصدع الأولي لمنخفض الفرات في بداية الكريتاسي العلوي. ونجم عن التصدعات مصائد ذات أشكال هندسية معقدة مضروبة بالفوالق من كل الاتجاهات. وقد تغير شكل هذه المصائد منذ تشكلها عبر الأزمنة الجيولوجية، بحيث زادت ميول البلوكات الفالقية و نهضت بعض التراكيب المحدبة نتيجة للطمر السريع و الهبوط الواسع للرسوبيات أثناء فترة العمليات التكتونية الهائلة في أواخر الماستريخت إلى الباليوسين، و أثناء الانقلاب النهائي الذي مازال مستمرا حتى الوقت الحالي.

بما أن معظم المصائد النفطية في المنطقة هي بنيوية، فيمكن تقسيمها إلى ثلاثة فئات بالإستناد إلى المسافة بين قاعدة الصخور المغطية و قمة الصخور الخازنة، أي حسب وجود وشكل صخور الديرو الواقعة بين الصخور الخازنة والمغطية، إذ يوجد عدة حالات لتوضعها:

الحالة الأولى: وهي الطبيعية حيث تتوضع الصخور المغطية مباشرة فوق الصخور الخازنة دون تواجد صخور الديرو، أو أن تتوضع الصخور المغطية بمقابل الصخور الخازنة ومثال على ذلك تركيب الكشمة، على أية حال فإن أغلب أشكال المصائد النفطية في منطقة منخفض الفرات

لا تشابه هذه الحالة، ففي مناطق كثيرة من منخفض الفرات، أقحمت صخور الديرو بين قمة الصخور الخازنة و قاعدة الصخور المغطية، التي لعبت دوراً سلبياً في المحافظة على المخزون الهيدروكربوني، حيث رفعت منسوب Spill Point (هي نقطة الانحناء في التشكيلة الخازنة من المصيدة، الذي يبدأ عندها هجرة النفط إلى صخور خازنة أعلى) وخفضت المواد الهيدروكربونية، و بالتالي قللت من الحجم الإجمالي للاحتياطي الهيدروكربون الموجود في الطبقات الخازنة.

- الحالة الثانية: أما عندما تسيطر صخور الديرو على كامل المجال الواقع فوق مستوى تماس النفط مع الماء في المصيدة النفطية، في هذه الحالة لا يحصل أي تخزين نفطي أو غازي في المصيدة، وهي الحالة الأسوء من المصايد الموجودة في منخفض الفرات.
- الحالة الثالثة: اكتشفت مصائد نفطية بنيوية في مستويات ضحلة نسبياً من توضعات الميوسين، حيث أظهرت الدراسات الجيوكيميائية أن مصدر الهيدروكربون المكتشف فيه هو تشكيلة رماح، التي من المحتمل أن كميات محدودة من النفط رشحت الى الأعلى عبر الفوالق الرئيسية في منخفض الفرات الشمالي و هاجرت الى التشكيلات العلوية الضحلة من الاجزاء الشمالية لمنطقة الفرات.

4-3- المأمولية الهيدروكربونية في منخفض الفرات:

منذ عقود وعمليات الاستكشاف النفطي ما زالت جارية في منخفض الفرات، تم خلالها استكشاف معظم المصايد النفطية البنيوية الرئيسية المؤلفة من بنيات تركيبية مختلفة الاحجام والاشكال التي تشكلت نتيجة لعمليات التصدع التي حدثت أثناء الكريتاسي الاوسط و الاعلى، تشكل تشكيلة الرطبة و السيرجلو الصخور الخازنة الرئيسية لتلك المصايد. ولقد بينت عمليات الاستكشاف أن أغلب تلك المصايد النفطية، تتمركز في أماكن المنخفضات (المركزية و الفرعية). أي في وسط وجنوب شرق منخفض الفرات كما هو الحال في حقول (تل مرمر - شرق تل مرمر).

5- مواقع حقول الدراسة والوضع الجيولوجي للمنطقة

5-1- مواقع الحقول بالنسبة لخريطة سورية:

تقع منطقة الدراسة كما في الشكل (1-3) في الجهة الشرقية من خريطة أراضي الجمهورية العربية السورية في الزاوية الجنوبية-الشرقية من منخفض الفرات.

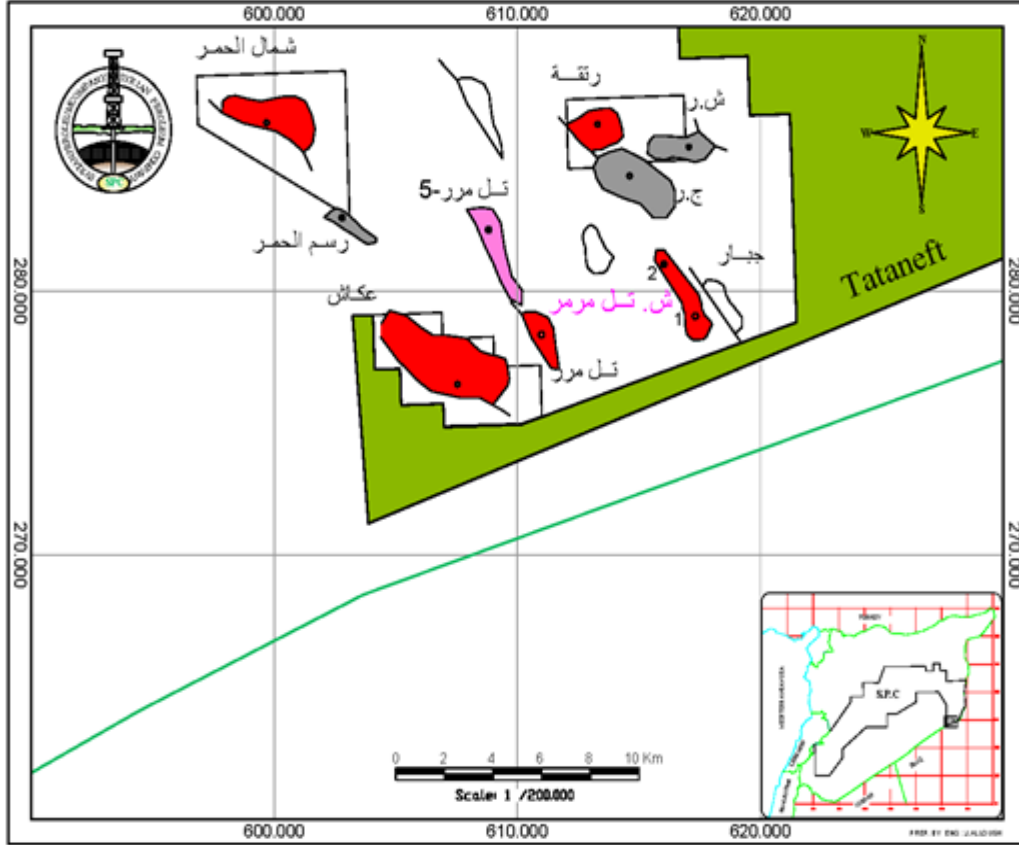


الشكل (1-3): موقع الدراسة بالنسبة لخريطة الأراضي السورية (Google Earth, 2010)

كما هو واضح من الخريطة التي تبين مواقع الحقول بالنسبة لأراضي الجمهورية العربية السورية، فإن منطقة الدراسة تقع على الحدود السورية - العراقية في الزاوية الشرقية من الخريطة. ومن المعطيات السابقة عن طبيعة المنخفض والسماكات المسيطرة في هذا الموقع يمكننا أن نتوقع سماكات لتشكيلة الرطبة بحدود (100m) تقريباً.

5-2- مواقع الحقول بالنسبة للحقول المجاورة في المنطقة:

تتوزع الحقول في تركيب يحوي حقولاً تنتج النفط من تشكيلات مختلفة، والشكل (4-1) يبين الحقول المجاورة للحقلين المدروسين.

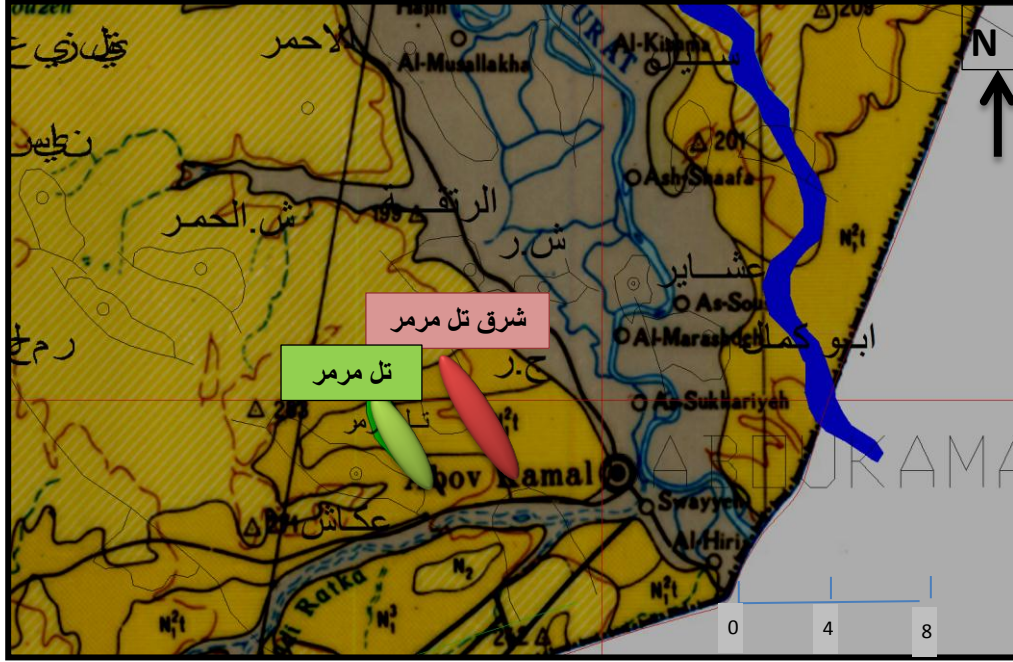


الشكل (4-1): موقع الحقلين والحقول المحيطة (SPC)

يقع كل من حقل تل مرمر وحقل شرق تل مرمر في الجزء الجنوبي من منطقة انهزام الفرات في الزاوية الشرقية من الأراضي السورية، حيث يقع التركيب إلى الشرق من حقل عكاش المنتج للنفط من تشكيلة مرقدة (الكربوناتية)، وجنوب حقل الرتكة الذي ينتج من تشكيلة الرطبة (الرملية)، وإلى الغرب من مدينة البوكمال ويفصل بين الحقلين مسافة 5.5 كم.

3-5- الخريطة الجيولوجية للمنطقة المدروسة:

تتكشف على السطح تشكيلات بأعمار معينة و الشكل (5-1) يوضح الخارطة الجيولوجية في منطقة الحقول والتي تبين الليثولوجيا المسيطرة في تلك المنطقة وأعمار كل منها.



الشكل (1-5): الخريطة الجيولوجية للمنطقة والتكشفات السطحية (SPC)

تظهر الخريطة الجيولوجية توزع أنواع الليثولوجيا المختلفة، التي توضع في أعمار جيولوجية مختلفة، كما تبين لنا الطبوغرافيا السائدة في المنطقة، بحيث تدل تكشفات الطبقات على شكل تقاطع الطبقات القريبة مع السطح (Lisle. R, 2004).

تبين الخريطة الجيولوجية أن موقع منطقة الدراسة، يقع ضمن تكشفات الميوسين الأعلى تشكيلة الفارس الأسفل وهي رسوبيات تتألف من المتبخرات (جص وانهدريت) وغضار على شكل تناوبات مع احتمال وجود الملح في أسفل التشكيلة.

4-5 - التتابع الستراتغرافي للمنطقة (Sequence of Stratigraphy):

يبين الجدول (1-1) إن العمود الليثولوجي المتوقع اختراقه أثناء عمليات الحفر، وذلك حسب الربط بين المعطيات السيزمية والتتابع الستراتغرافي المخترق من الحقول المحيطة.

الجدول(1-1): التتابع الستراتغرافي للمنطقة والوصف الليثولوجي

العمر	التشكيلة	الليثولوجيا
ميوسين أعلى	فارس أسفل	غضار وانهدريت مع وجود نطاق ملحي في الجزء السفلي من التشكيلة
ميوسين أوسط	انتقالية	انهدرت و كربونات وغضار
ميوسين أوسط	جريبة	حجر كلسي مع وجود طبقات انهدرت
	فرات	حجر كلسي غضاري مع احتمال وجود رمل
باليوجين	شيلو	حجر كلسي و حجر كلسي مارلي
	جدالا	حجر كلسي وحجر كلسي غضاري ومارل مع وجود عقد أو رقائق من الصوان في أسفل التشكيلة
باليوجين أسفل	كيرماف	مارل وحجر كلسي غضاري
كريتاسي علوي	شيرانيش	حجر كلسي و حجر كلسي مارلي و غضار
	ارك مارل	حجر كلسي وحجر كلسي مارلي
	رماح +جوديا	دولوميت وحجر كلسي
كريتاسي أسفل	رطبة	غضار وحجر رملي مع طبقات من الكربونات
ترياسي أعلى	سيرجيلو	حجر رملي و غضار و شيل و كربونات
كريوني	مرقدة	غضار وحجر رملي وكربونات

6- التشكيلة المدروسة (تشكيلة الرطبة):

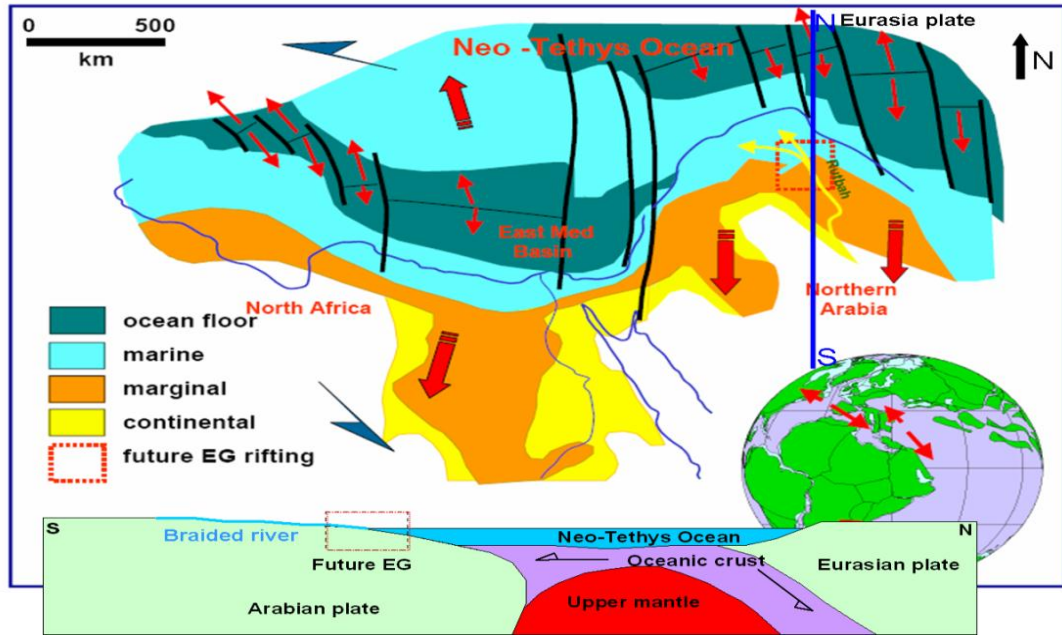
تعد تشكيلة الرطبة من أهم التشكيلات المنتجة للهيدروكربون في سورية، والتي تمتد بشكل كبير في حوض الفرات، وقد تم تنفيذ مجموعة من الدراسات عليها، لتحديد دقيق للمواصفات البتروفيزيائية والبترولوجية لهذه التشكيلة.

تم تقسيم التشكيلة من الناحية البترولوجية إلى قسمين علوي وسفلي، وبالدراسات الأكثر تفصيلاً لسحنات التشكيلة تم تقسيمها كذلك إلى وحدات وتحت وحدات، حيث يحوي القسم السفلي من التشكيلة على ثلاث وحدات، بينما يحوي القسم العلوي على وحدتين فقط وذلك اعتماداً على التباينات الليثولوجية ضمن التشكيلة (محمد. ر، 2009).

تعد التشكيلة الخازنة الرئيسية المنتمية إلى عمر الكريتاسي، والتي تنتشر في جنوب شرق وشرق ووسط القطر ضمن خزان جنوب شرق القطر (منخفض الفرات)، وتعتبر حالياً الهدف الرئيسي للحفر التنقيبي خاصة في منطقة منخفض الفرات ومرتفع الروضة وتمثل خزان رملي تتجاوز مساحته 15% أحياناً (مجلة العلوم الجيولوجية السورية، 2008).

6-1- البيئة والأطوار الترسيبية لتشكيلة الرطبة:

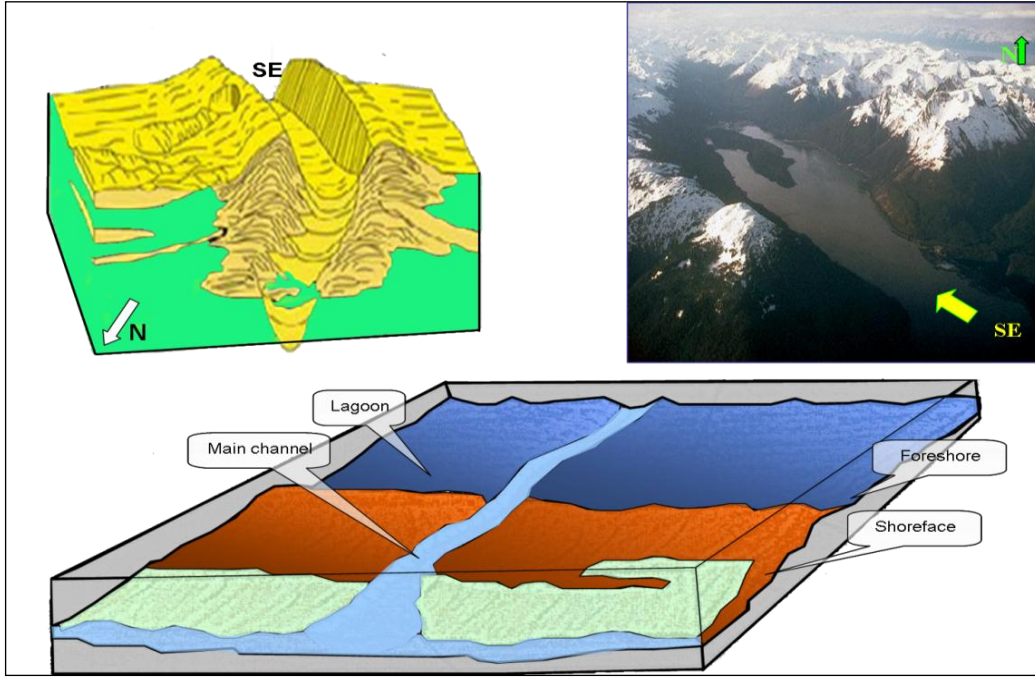
ولّد انتشار الحركات التكتونية التباعية في بداية و وسط الكريتاسي قوى دفعية باتجاه الجنوب، مما قاد إلى تطور واتساع محيط النيوتيتس (Neo-Tethys) باتجاه الهامش الشمالي الغير نشط للصفحة العربية- الأفريقية. وفي نفس الوقت كانت القشرة المحيطية تغوص تحت الصفحة الأوراسية. وكل ذلك سبب في ارتفاع نسبي في مستوى مياه البحار مما خلق بيئة ترسيبية بحرية ضحلة تشكلت فيها الرسوبيات الحطامية المتمثلة بتشكيلة الرطبة العائدة إلى زمن ألبسيان- ألبسيان في ظروف تكتونية هادئة كما في الشكل (6-1) الذي يوضح



الشكل (1-6): خارطة باليو-جغرافية-تكتونية لفترة أوائل الكريتاسي (Koopman, 2004) اتجاهات الحركات التكتونية التي أدت إلى انفتاح بحر النوتيس، وما تبعه من تجاوز وانحسار بحري أدى إلى ترسب تشكيلة الرطبة.

تتألف تشكيلة الرطبة من سحنات رملية وعضارية نهريّة في جنوب منخفض الفرات، ثم تتدرج إلى سحنات بحرية هامشية ضحلة، و ثم تصبح بحرية أعمق في شمال المنخفض (الشركة السورية للنفط، 2009).

ترسبت تشكيلة الرطبة وفق آلية معينة وفي بيئة ترسيب كما في الشكل (1-7) الذي يوضح شكل البيئة الترسيبية للتشكيلة.



الشكل (1-7): موديل ترسيبي تصوري لتشكيلة الرطبة (شركة الفرات للنفط)

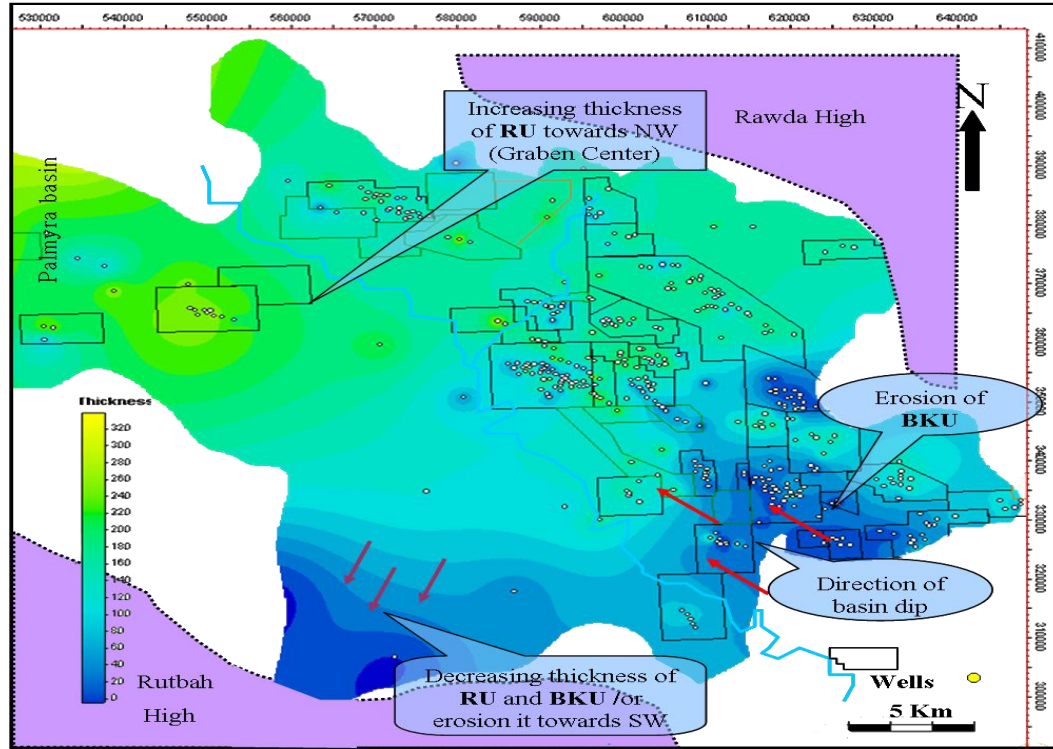
يبين لنا الشكل (1-7) رسماً توضيحياً للبيئة الترسيبية الشاطئية التي أدت إلى تشكلها، مع صورة حقيقية تشابه ظروف تشكل الرطبة تساعدنا في فهم طبيعة تشكلها بشكل أفضل ووضع تصور للشكل العام والسماكات المنتشرة في المنخفض.

ترسبت تشكيلة الرطبة في أوساط مائية متفاوتة الأعماق وبشروط مختلفة وفق طورين:

- الطور الأول: يمثل رواسب القسم السفلي من التشكيلة حيث حدث انسحاب بحري ترسبت خلاله سماكات كبيرة من الحجر الرملي الكوارتزي، ثم ترسيب في بيئة مضطربة تلاقت فيها مصبات الأنهار مع الأمواج، ثم ساد بعد ذلك فترة هدوء تدفقت خلالها الرسوبات إلى الحوض الهادئ نسبياً، حيث توضع خلال هذه المرحلة كميات قليلة من السلت والوحول، وفي نهاية هذا الطور الذي تمثل بانسحاب بحري. حيث تشكلت بيئة شاطئية عالية الطاقة أدت إلى تراكم سريع للأسرة الرملية .
- الطور الثاني: يمثل رواسب القسم العلوي، ويعتبر استمرار للطور الأول، تجلى بتجاوز بحري أدى في البداية إلى تشكيلة بيئة انتقالية حملت على تراكم أجسام محدودة الانتشار والسماكة من الطبقات السلتنية والسلتية الغضارية والرملية الكوارتزية، ومع استمرار التجاوز البحري تحول الوسط الترسيبي إلى بيئة تغمرها مياه عميقة أدى إلى ترسب سماكات هامة من الغضاريات (محمد. ر، 2009).

6-2- تغير السماكة العامة:

اعتماداً على معطيات الآبار المحفورة في كامل المنخفض تبين أن سماكة تشكيلية الرطبة تبدأ بقيم منخفضة (1m) في أقصى الجنوب والجنوب الشرقي، وتزداد بشكل كبير لتصل إلى (300m) في الزاوية الشمالية الغربية من منخفض الفرات، كما في الشكل (8-1):



الشكل (8-1): خارطة توزع سماكات تشكيلية الرطبة في منخفض الفرات (شركة الفرات للنفط)

تتناقص السماكة باتجاه الجنوب الغربي باتجاه نهوض الرطبة أو تخنقي بالكامل، كما لوحظ تآكل وحت طبقات الرطبة بشكل تام باتجاه الجنوب الشرقي لتتوضع تشكيلات الارك ورماح مباشرة فوق المولوسا F، و يعود هذا إلى الحت الحاصل سبب عمليات النهوض الإقليمي الذي حدث قبيل عمليات التصدع الرئيسي في المراحل الأولى من الكريتاسي العلوي مما أدى لتراجع و انسحاب البحر وشكل سطح عدم التوافق. لوحظ أن الرسوبيات الرملية البحرية المتوضعة في مركز المنخفض تطابق تماماً سحنة جبل البشري الواقع إلى الشمال الغربي لمنخفض الفرات، و هذا يدل على أنهما كانا يشكلان منخفضاً أو حوضاً رسوبياً واحداً، وتشكل الحدود الجنوبية لمنخفض الفرات البوابة الرئيسية لدخول الرسوبيات الحطامية الناتجة من تآكل نهوض الرطبة الواقع إلى الجنوب والجنوب الغربي.

7- أنواع الغضار وتأثيره

تعريفه: هو أحد أنواع الصخور الحطامية مكون من سيليكات الألمنيوم المائية التي لا تزيد أبعادها عن 2 ميكرومتر (μm) يتوضع وفق عدة أنماط وله عدة أنواع.

7-1- أنواع الغضار:

7-1-1- كاولينيت: يتكون من صفائح وكل صفيحة مؤلفة من شريحتين، ترتبطان مع بعضهما بذرات الأوكسجين وترتبط مع الشرائح المجاورة بروابط هيدروجين قوية (H-O)، إن هذا الترابط لا يسمح للماء الحر بالدخول إلى الشبكة البلورية ويبقى الماء خارج الشبكة بحيث يتغلغل بين الشرائح من الأسفل و الأعلى، والشكل (9-1) يبين البنية الصفائحية للكاولينيت:

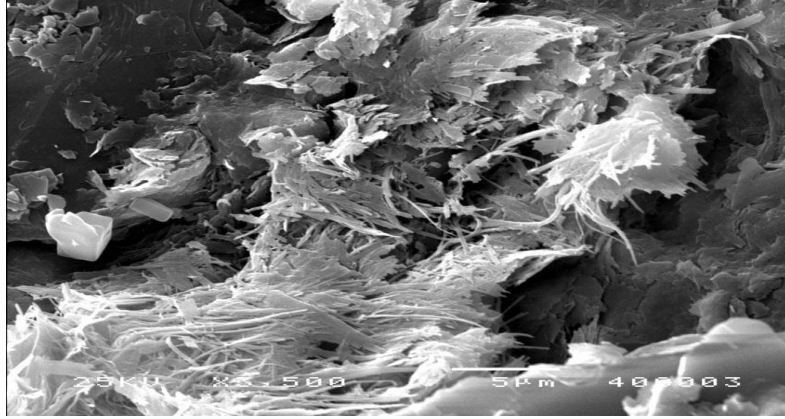


الشكل (9-1): صورة مجهرية لبنية صفائح الكاولينيت

يتميز الكاولينيت بأن الرابط بين الصفائح قوي بالتالي فإن بعثرته في الماء ضعيفة، يمكن نزع الرابطة بين الشرائح بفعل ميكانيكي قوي (الخلط) إلا أنها يمكن أن تتجمع من جديد لأنها تبقى محافظة على تكافؤ ذري وتعمل على امتصاص ذرات أخرى موجودة في المحلول.

7-1-2- المونتموريللونيت:

مؤلف من صفائح وكل صفيحة مؤلفة من ثلاث شرائح الشريحتان العلوية والسفلية عبارة عن اتحاد رباعيات الوجوه السيليكاتية أما الشريحة الوسطى فهي مؤلفة من اتحاد مجسمات ثمانية الوجوه الألومينية تقوم بعملية ربط الشريحتين السفلية والعلوية، وفيما يلي يبين الشكل (10-1) بنية المونتموريللونيت.

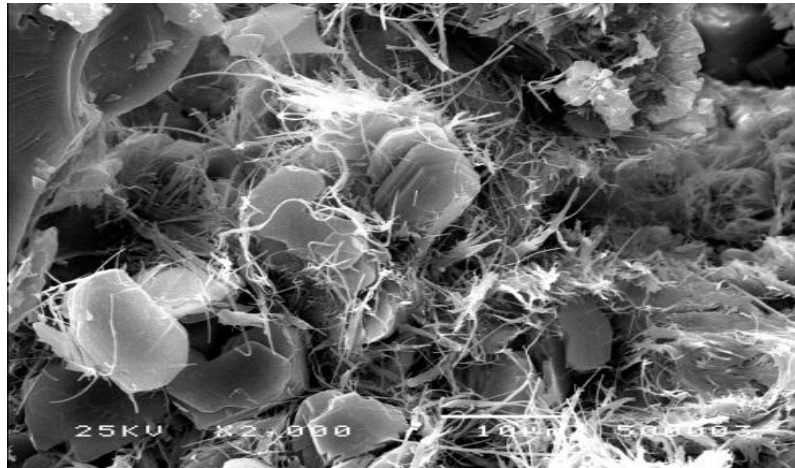


الشكل (1-10): صورة مجهرية لبنية المونتموريللونيت

يتميز المونتموريللونيت بأن التجاذب بين صفائحه ضعيف، وينتج عن ذلك سهولة تبعثرها في الماء. وبالتالي يمكن للماء والموائع القطبية أن تدخل بسهولة ما بين الصفائح مما يؤدي إلى تباعدها عن بعضها وانتفاخها، أي يتميز بدرجة حلمهة كبيرة.

7-1-3- الإيليت:

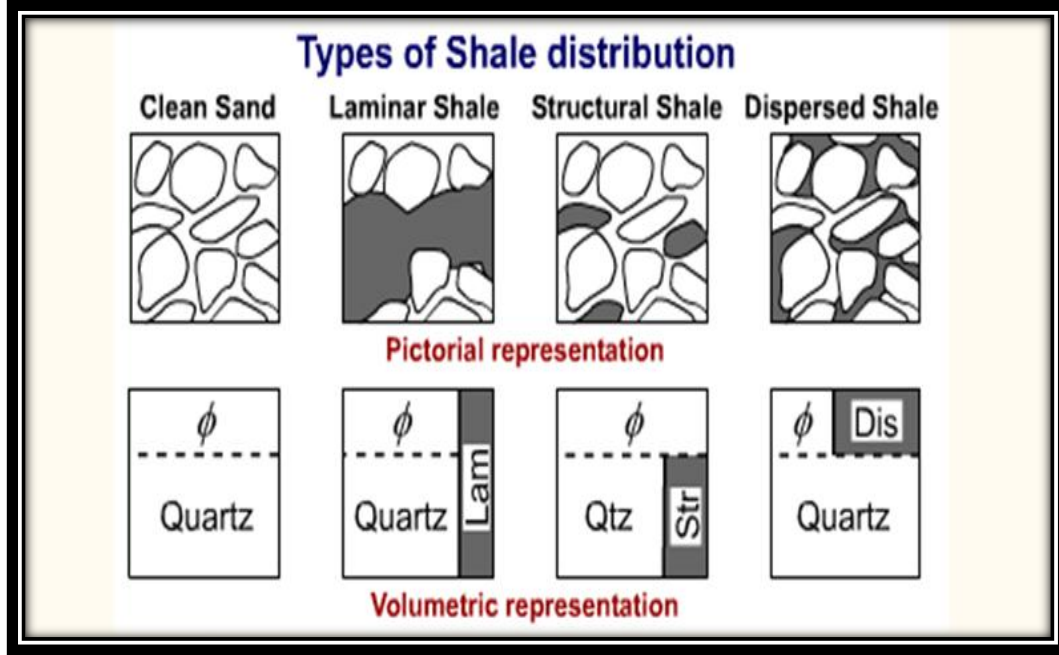
تمتاز فلزات هذه المجموعة بقدرتها الضعيفة على الهدرجة والانتفاخ، وبنية هذه المجموعة مشابهة لبنية المونتموريللونيت، كما في الشكل (1-11) ولكن قابلية هذه الصفائح للتبعثر صعبة جداً، كما يمكن ان تتواجد على شكل بنى ليفية وهي الأخطر على التشكيلات الخازنة من ناحية تأثيرها السلبي على الخواص الخزنية.



الشكل (1-11): صورة مجهرية لبنية الإيليت

7-2- أنماط توزيع الغضار :

يتواجد الغضار في الصخور الرملية بثلاث أشكال، لكل منها تأثيراته على الانتاج. يوضح الشكل (1-12) أنماط توزيع الغضار بين الحبات الرملية، وتأثر المسامية بهذه الأنماط.



الشكل (1-12): أنماط توزيع الغضار في الصخور الرملية (Thomas-Stieber)

الحالة الاولى

الشيل الطبقي (رقائقي) (Laminar Shale): يتواجد الغضار على شكل طبقات رقيقة ضمن التشكيلات الرملية، تعمل هذه الطبقات على منع التواصل الشاقولي ضمن التشكيلة، وبالتالي تفصل التشكيلة الخازنه إلى عدت طبقات يتم الإنتاج كل منها على حدا.

أن تأثير هذا النوع من التواجد على المسامية يكون قليلاً ، وتواجهه يكون على حساب الهيكل و المسامات معا أي على حساب الحجم الكلي للتشكيلة.

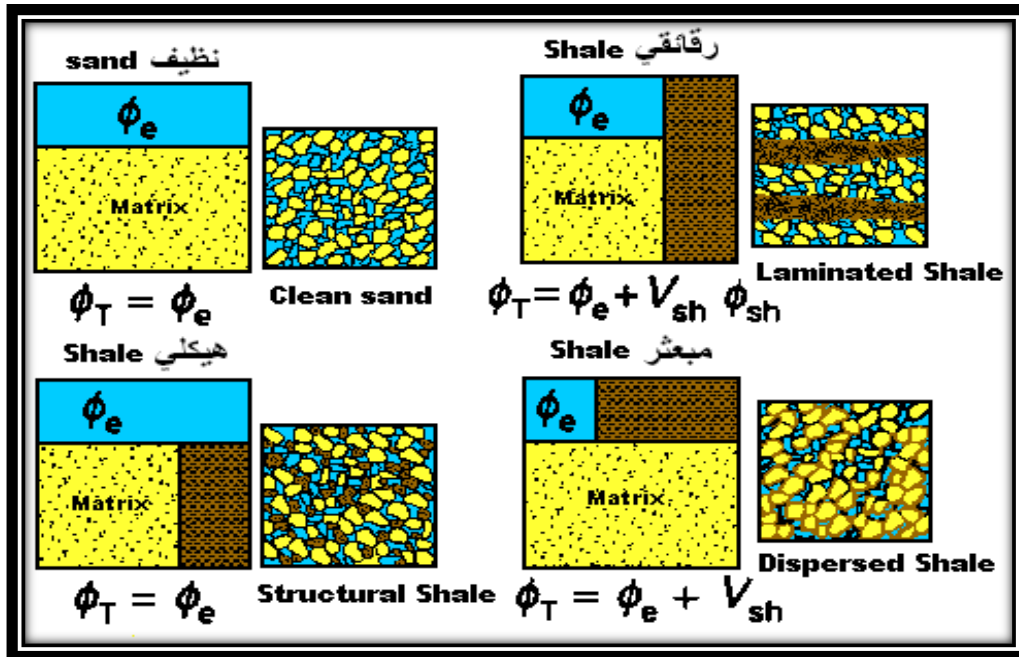
الحالة الثانية

الشيل التركيبي (Structural Shale): وهو أحد أنواع تواجد الغضار، حيث يكون على شكل حبات مختلطة مع الحبات الرملية المكونة للصخر أساساً، أي يشكل أحد مكونات الصخر الأساسية، حيث أنه يتواجد في التشكيلات على حساب الهيكلة الصخري فقط، وبالتالي يكون تأثيره معدوم على المسامية .

الحالة الثالثة

الغضار المبعثر (Dispersed Shale): يتواجد الغضار المبعثر ضمن تشكيلة الرمل، وهو أخطر أنواع تواجد الشيل حيث أنه يتواجد على حساب الفراغ المسامي فقط، بحيث يؤدي إلى تقليل المسامية الفعالة، ويعمل الشيل على سد المسامات بين الحبات الصخرية أو اضعاف التواصل بين الفراغات مما يمنع حركة الموائع خلالها خاصة المواد الهيدروكربونية وبالتالي يضعف من انتاجية التشكيلة، أو يوقف انتاجها بشكل كامل (Ballay. R, 2005).

يؤثر كل نوع من الغضار على مسامية التشكيلات الرملية الكلية Φ_T ، وتتغير المساميات حسب تواجد الغضار ضمن التشكيلات الرملية والحيز الذي يشغله، وذلك من خلال معادلات معينة، كما في الشكل (1-13):

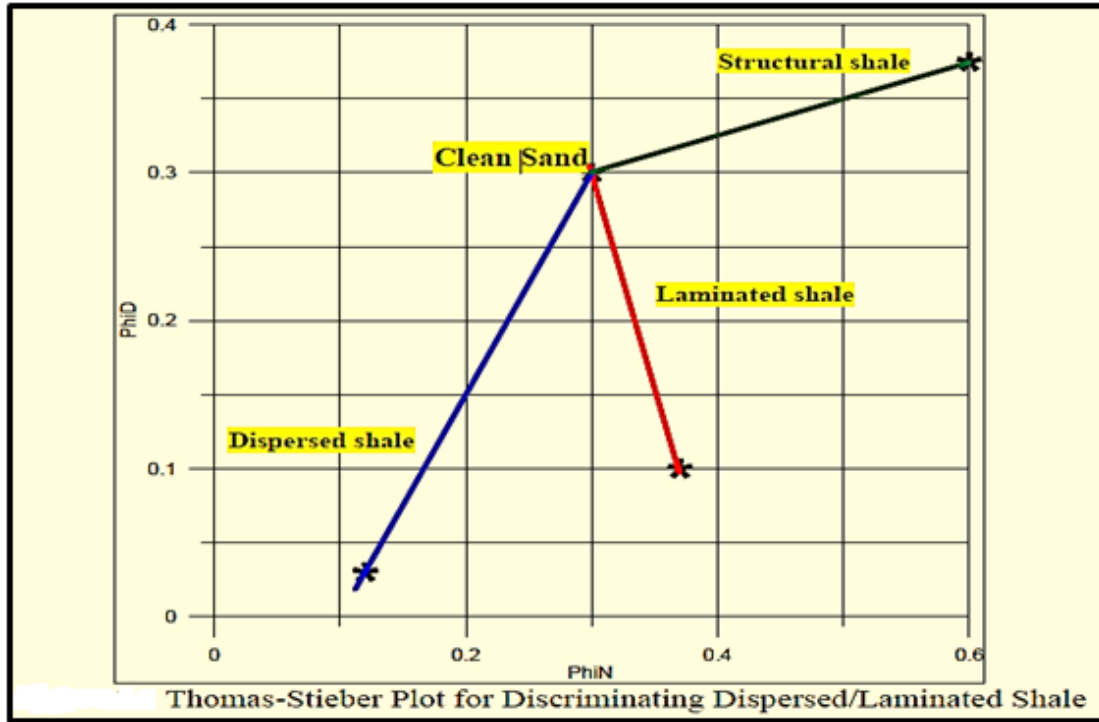


الشكل (1-13): تغير قيم المسامية الكلية حسب شكل تواجد الغضار في التشكيلات الرملية (Thomas-

(Stieber

7-2-1 تحديد نمط توزع الغضار

يمكننا تحديد نمط توزع الغضار في التشكيلات الرملية باستخدام مخططات (Thomas-Stieber) للتفسيرات البئرية، التي تمثل قيم المسامية النيترونية والكثافية (النيترونية على المحور X) (الكثافية على المحور Y)، بحيث يمثل كل نوع من الغضار محور بقيم مستقيمة معينة، كما في المخطط (1-1).



المخطط (1-1): مخطط (Thomas-Stieber) لتحديد نمط توزع الغضار

يمكننا من خلال التوزع العام للقيم المقيسة وفق أحد المحاور أو بين محورين مختلفين، أن نحدد النمط الذي يمثل توزع الغضار، فكما هو مبين في المخطط (1-1) وجود ثلاث محاور، يمثل كل محور نمط معين، ونقطة واحدة تجمع بدايات المحاور والتي تمثل حجراً رملياً نقياً، فإذا وقعت القيم بين أكثر من محور فإن التوزيع يمثل نمطين أو أكثر.

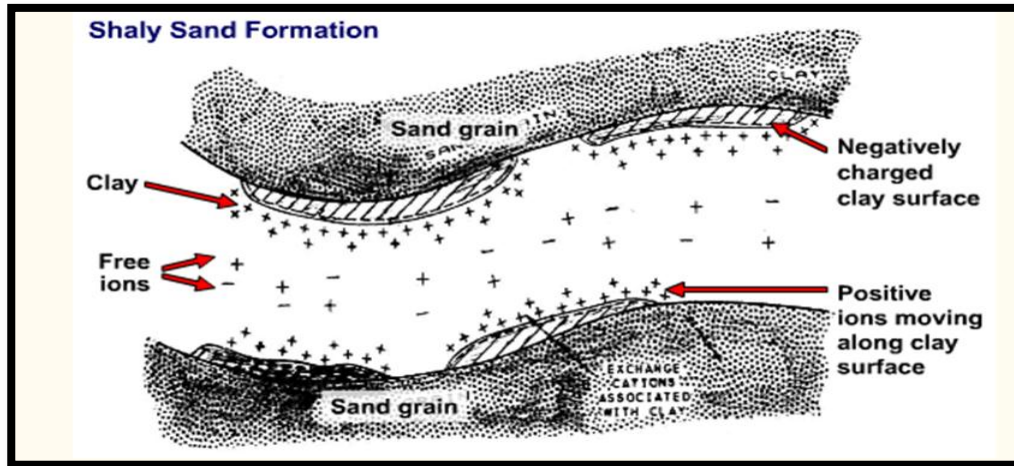
7-3- أشكال تواجد الماء في الغضار

1- المياه الحرة: يوجد هذا الماء (H₂O) في الغضار ضمن كهوف الشبكة البلورية وتسمى أحيانا المياه الزيوليتية حيث يمكن طرد هذه المياه بسهولة بتبخيرها لدرجة حرارة تحت (105 °C) وإن المياه المتبخرة تمثل النقص في وزن العينة المجففة وذلك قبل وبعد عملية التسخين.

2- المياه الارتباطية: هذه المياه توجد في الغضار بالشكل الهيدروكسيلي (OH⁻)، حيث تدخل شوارد الهيدروكسيل في بناء بلورات الفلز ولا يمكن طرد الماء دون أن نحطم هذا الفلز وذلك بالتسخين لدرجة حرارة أعلى من (600 °C) وتختلف هذه الدرجة من فلز لآخر.

3- المياه الادمصاصية : تكون هذه المياه مرتبطة بالسطوح البلورية وقمم وحواف الهيكل البلوري بشكل قطبي، وتزداد نسبة هذه المياه في البلورات الدقيقة (بسبب زيادة سطحها النوعي)، ونرمز عادة لهذه المياه بالرمز (Aq) ويعبر عن وجودها بإضافة الصيغة +Aq، وتستخرج هذه المياه بالتسخين لدرجة حرارة بين (100 - 600 °C) .

كما يؤثر وجود الغضار على حسابات الإشباع التي تحدد من خلال قياسات المقاومة ، لذلك يتم إجراء تصحيحات لوجود الغضار ، كما هو في الشكل (1-14) الذي يوضح الآلية التي يؤثر فيها على الناقلية الكهربائية ، إذ يعمل على تقليلها ، حيث يعمل على ترتيب توزيع الأيونات في المياه الطبقيّة وبالتالي تسهيل مرور التيار عبر الصخر و تقليل مقاوميته.



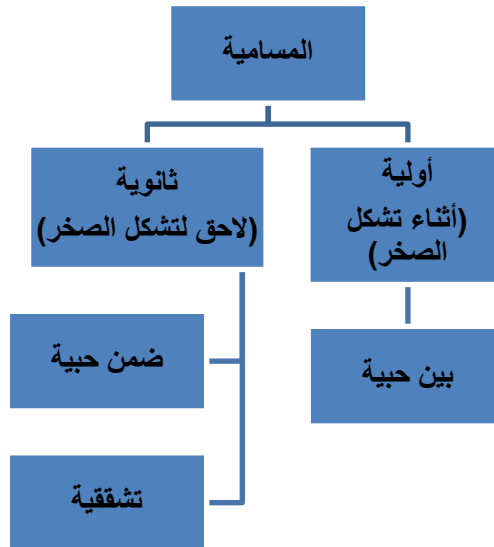
الشكل (1-14) توزيع الأيونات على جانبي الجزيئات الشيل وتوزيعها في المائع الطبقي

8- الخصائص البتروفيزيائية (Petrophysics Propertise) :

نعنى بدراستنا هذه، بتحديد الخواص البتروفيزيائية (الخرزنية)، والتي تتضمن، تعيين الفراغات ضمن الصخر وكمية المائع الذي يملأ التشكيلة، وقابلية هذا المائع للحركة ضمن الصخر، وللبتروفيزياء مجالات أوسع، كدراسة التوترات السطحية للموائع وأقطار المسامات والخواص الشعرية المتولدة عنها، وقابلية التبلل وكل ما يتعلق ، بالإشباع وأنواعها وقابلية إنتاجها.

8-1- المسامية- (ϕ) (Porosity) :

هي نسبة مئوية لحجم الفراغ في الصخر إلى حجمه الكلي ولها نوعين أولية (تشكلت أثناء تشكل الصخر) ، وثنائية (تشكلت بعد انتهاء عمليات الدياجينيز نتيجة لتعرض الصخر لإجهادات وعمليات انحلال). والشكل (1-15) يبين أنواع المسامية حسب المنشأ.



الشكل(1-15): أنواع المسامات

تؤثر على المسامية عدت عوامل وهي :

1- حجم الحبات (تزداد المسامية في الصخور ذات الحبات الناعمة).

2- شكل الحبات (بشكل عام كلما زادت كروية الحبات زادت المسامية)

3- تجانس الحبات (تزداد المسامية بزيادة التجانس)

4- التعبئة أو الإرتصاص (حسب نظام التوضع ، مكعبي (أكبر) معين (أقل))

5- عمق التوضع والضغط (تقل المسامية بزيادة عمق التوضع).

6- درجة السمنتة (تقل المسامية بزيادة تملط الصخر).

كذلك تصنف المسامية حسب قابلية حركة الموائع خلالها إلى نوعين:

* المسامية الفعالة: هي المسامية التي تتميز بأقطار معينة تسمح للموائع بالحركة خلالها.

* المسامية غير الفعالة: هي المسامية ذات أقطار صغيرة تمنع حركة الموائع خلالها، غالباً ما ترتبط هذه المسامية بتواجد الغضار، لذلك تزداد نسبتها في الصخور الرملية بزيادة حجم الغضار.

8-2- النفاذية - (K) (Permeability)

قابلية الصخر لإمرار الموائع ، وهي ثابتة من أجل نوع الصخر الواحد و المائع المتجانس.

تحدد النفاذية بوحدة الميللي دارسي (md) .

تحسب النفاذية من العلاقة التالية :

$$K=Q * L * \mu / (F * \Delta P)$$

Q : معدل التدفق الحجمي (متر مكعب/ثانية)

L : طول العينة (سنتيمتر)

F : مساحة سطح العبور (سنتيمتر مربع)

μ : لزوجة المائع (سنتبواز)

ΔP : فرق الضغط (ميلي بار)

8-2-1- أنواع النفاذية :

* النفاذية المطلقة: وهي قيمة النفاذية لمائع متجانس وليس له تأثير على الوسط الذي يحويه.

* النفاذية الفعالة K_e : قدرة الصخر على إمرار مائع عبره، بتواجد مائع آخر لا يمتزجان مع بعضهما .

- النفاذية النسبية: هي نسبة انتقال مائع ما بالنسبة لمائع آخر ضمن نفس التشكيلة (SoudiAramco, 1998).
- وتعطى بالعلاقة: $K_r = (K_e/K)$

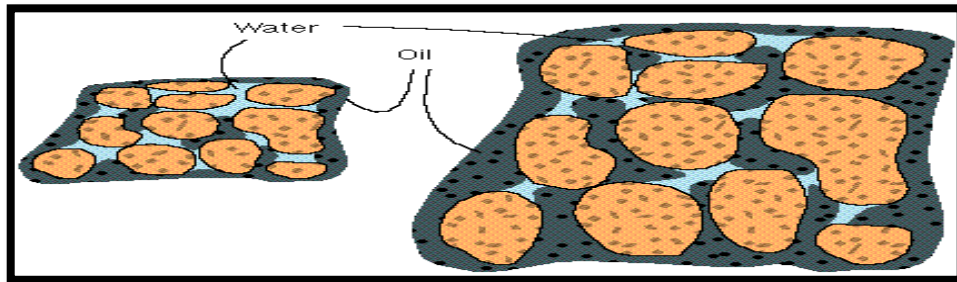
يوجد بعض القياسات البئرية التي تعطي قيماً تقريبية للنفاذية ، وهي تسمى سوابر الرنين المغناطيسي NMR، ولكن القيم الحقيقية ذات المصدقية، يتم الحصول عليها فقط من قياسات وتحاليل مباشرة على عينات اللبابات مخبرياً.

8-2-2- العلاقة بين المسامية - النفاذية:

نلاحظ أن العوامل المؤثرة على المسامية، هي نفس العوامل المؤثرة على النفاذية. لكن العلاقة التي تربط بينهما هي علاقة معقدة، تحكمها عدة ظروف و عوامل، حيث يمكن أن تتواجد صخور ذات مسامية عالية و لكنها ذات نفاذية منخفضة أو معدومة كما في الغضار كما يمكن أن تتميز الصخور الكربوناتيية بمسامية شقية منخفضة ونفاذية عالية، يتعلق ذلك بأبعاد المسامات و الأفتنية التي تصل بينها و ليس بكمية المسامات إضافة إلى عوامل الاحتكاك و لزوجة السائل و الضغط ، فالمسامية عبارة عن حجم و النفاذية عبارة عن حركة.

8-3- الإشباعات (Saturations):

هي نسبة حجم المائع إلى حجم الفراغ في الصخر، والإشباعات في الصخور الخزنة للهيدروكربون تتكون من (نפט + ماء + أو غاز)، ففي التشكيلات المنتجة تكون المياه مرتبطة بالحبات الصخرية، والنפט بين الفراغات يتحرك بشكل حر والاندفاع إلى خارج التشكيلة باتجاه تجويف البئر، تختلف هذه النسب بشكل متفاوت كما في الشكل(1-16)



الشكل(1-16): توزع الاشباعات في الصخور الخزنة (Schlumberger , 2002)

8-3-1- أنواع الاشباعات

1- الاشباعات القابلة للانتاج :

تكون الموائع قابلة للحركة بشكل حر بين الحبات الصخرية .

2- الاشباعات الغير قابلة للانقاص :

وهي الاشباعات التي تبقى ضمن الطبقة ولا يمكن ازاحتها ، حيث تزداد قيمتها في الصخور ذات الحبات الصغيرة (مسامات ضيقة) وبالمقابل تقل بالصخور ذات الحبات الكبيرة . ينطبق هذا الأمر على الماء و الهيدروكربونات، ودليل ذلك الطبقات الحاملة للنفط والحاوية على المياه الغير قابلة للانقاص يتم انتاج نفط خاليا من الماء ، وكذلك في الطبقات المنتجة للنفط لا يمكن استثمار كافة النفط في الطبقة حيث يبقى جزء منه ملتصق بحواف الحبات الصخرية .

توزع الاشباعات عند الحدود الفاصلة بين النفط والماء :

لا يكون الحد الفاصل بين النفط حاداً، بل يكون الانتقال تدريجياً من ماء 100% إلى الأغلبية النفطية ، وذلك مروراً بالحد العلوي للطبقة الحاملة للماء، التي يصل فيها الاشباع المائي حده الأدنى ويسمى (الاشباع الغير قابل للانقاص) .

تحديد الاشباعات:

تستجيب قياسات المسامية لحجم الفراغات بالصخر ، أما بالنسبة لقياسات المقاومة فهي تستجيب للمائع الموجود في المسامات ، وبإجراء كلا القياسين يتم الحصول على حجم الاشباع. لا يمر التيار الكهربائي إلا عبر المياه الموجودة في التشكيلة ، ومنه فإن المقاومة، تعتمد على:

1- مقاومة المياه الطبقيه .

2- كمية المياه الموجودة في التشكيلة .

يحسب الإشباع بشكل رئيسي من خلال علاقة آرشي التي تربط بين المسامية والمقاومية وثوابت أخرى تتعلق بنوع الليثولوجيا.

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

(1)

S_w : الإشباع المائي

R_w : مقاومة المياه الطبقيّة

R_t : المقاومة الحقيقيّة

Φ : المسامية

m : أس السمّنتة

a : ثابت

n : أس الإشباع

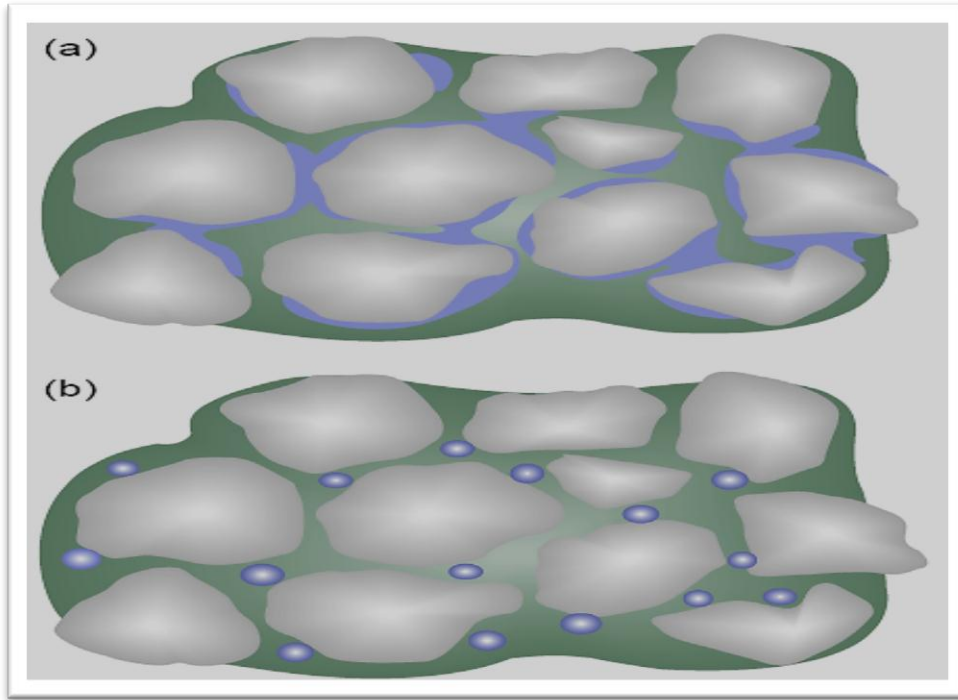
بما أن حجم الإشباع الكلي يساوي واحد فمن خلال حساب الإشباع المائي نحسب الإشباع النفطي من العلاقة :

$$S_{hc} = 1 - S_w \quad (2)$$

تدخل الإشباعات القيم في المعادلات بشكل كسور عشريّة، وتعرض على شكل نسب مئوية، ولا يتم إدخال حجم المياه المرتبطة في حجم الإشباع المائي كونها توجد في الغضار في مسامية تسمى المسامية غير الفعالة ، لذلك تصحح قيم المساميات في حال تواجد نسب معينة من الغضار ، ويتم حساب الإشباعات الحقيقيّة من القياسات المقاومة للتشكيلّة والتي نتيجة انتقالها بواسطة الموائع الحرة والمرتبطة في التشكيلّة، والتي تكون مرافقة للغضار على شكل مياه مرتبطة، لذلك يتم حذف المساميات غير الفعالة بعد تحديد حجم الغضار، لمنع ادخالها في حسابات الإشباعات المائيّة.

في الحالة العامّة تكون التشكيلات الخازنة للهيدروكربون حاوية على نسبة مياه مرتبطة على سطح الحبات الصخرية ، اما المواد الهيدروكربونيّة فتكون حرة ضمن الفراغات.

يوضح الشكل (a-17-1)، الحالة العامّة لتبلل الحبات بالماء، وتكون في حالات قليلة الحبات مبللة بالنفط والمياه، وتوجد في الفراغات محاطة بالنفط كما في الشكل (b-17-1). تمثّل الحالة (a) الحالة العامّة للإشباعات النفطيّة ذات قدرة إنتاجية جيّدة، أما بالنسبة للحالة (b) فتتصف التشكيلات ذات اشباع هذا النمط بقدرة إنتاجية سيّئة جداً أو معدومة حسب نسبة الإشباعات المائيّة بين الحبات الصخرية.



الشكل (1-17): حالات توزيع الإشباع بين الحبات الصخرية (Schlumberger , 2002)

3-8-2- تصنيف الاشبعات :

تبقى نسبة من هذه المياه ملتصقة بسطح الحبات الصخرية وتسمى المياه الغير قابلة للانقاص (Irreducible) والإشباع الناتج عنها يسمى الإشباع الغير قابل للانقاص (S_{wir}).

وبالمقابل يبقى جزء من الاشباع النفطي ملتصق بسطح الحبات الصخرية لا يمكن انتاجه ويسمى الإشباع النفطي المتبقي أو الغير قابل للانتاج (S_{ncir}).

يزداد هذا النوع من الاشبعات في حالة التشكيلات الخازنة ذات أقطار مسامات قليلة، لأن مساحة سطحها تكون كبيرة مقارنة بحجمها، وبالتالي زيادة سطح الالتصاق (Tiab. D, Donaldson.E, 2004).

- الإشباع المائي الأولي (S_{wi}) (Initial Saturation): وهي كمية المياه الموجودة في التشكيلات الخازنة قبل أن يتم انتاج أي كمية مائع منها، عادة تكون $S_{wi} = S_{wir}$ في التشكيلات الخازنة ذات الاشبعات النفطية العالية على الأقل في المنطقة الواقعة أعلى خط إلتقاء النفط والماء (OWC).

- الإشباع المائي الكلي (S_{wT}): يساوي حجم الماء الكلي (BVW) ومحتوى المياه المرتبطة (CBV)، إلى حجم المسام الكلي (Φ_T)

$$S_{wT} = (BVW + CBV)/\Phi_T \quad (3)$$

- الإشباع المائي الفعال (S_{we}): هو حجم المياه الحرة (EVW) إلى حجم المسامات الفعالة (Φ_e)

$$S_{we} = BVW/(\Phi_e) \quad (4)$$

ومنه يتم حساب الاشباع الهيدروكربوني بما تبقى من الـ 100% والتي تمثل الإشباع الكلي، ولكن من كامل كمية النفط يتم انتاج نسبة معينة منه تعتمد هذه النسبة على كفاءة الانتاج من الناحية البشرية والفنية وبشكل عام تكون كمية النفط القابل للانتاج بقيمة تتراوح بين (20 - 50%) من كامل حجم النفط في الحقل، ويمكن أن تصل إلى 90% في حالة الغاز، وتتنخفض إلى 5% في حالة النفط الثقيل ذو اللزوجة العالية .

الفصل الثاني

(المعطيات المتوفرة)

2-1- القياسات والمعطيات المتوفرة.

2-2- الخرائط السيزمية.

2-3- المعطيات الليثولوجية للحقل.

2-4- القياسات البئرية المستخدمة وآلية القياس.

2-5- لمحة عن البرنامج المستخدم في التفسير.

1- القياسات والمعطيات المتوفرة (Available Data) :

في بداية كل دراسة يتم حصر مجمل المعطيات ذات العلاقة التي من الممكن أن تساعد في الحصول على نتائج دقيقة ومترابطة، إن كل نوع من المعطيات له دور وأهمية معينة وكلما كانت هذه المعطيات ذات دقة أكبر تكون النتائج أكثر موثوقية وصحة، المعطيات التي سيتم الاعتماد عليها من أجل تحقيق أهداف هذه الدراسة مقسم إلى أربع أقسام رئيسية كما يلي:

1-1- سيزمية :

خرائط ومعطيات سيزمية (2D،3D) لمنطقة الدراسة.

1-2- قياسات جيوفيزيائية بئرية :

PEF - PEC: قياس الامتصاص الكهروضوئي.

BHC - DT: القياس صوتي.

ZDL - ZDNC: القياس الكثافي.

CNL - CNCM: القياس النيتروني.

GR: قياس أشعة غاما.

SP: الكمون الذاتي.

DLL: قياس المقاومة المضاعف.

DIL: قياس المقاومة التحريضية.

MSFL: قياس المقاومة الدقيقة.

SGR: القياس الطيفي لأشعة غاما.

2-1-3- نتائج دراسة اللباب.

2-1-4- تحاليل مخبرية للعينات النفطية(من المعطيات المتوفرة عن الحقل ولكن لم

تستخدم في الدراسة).

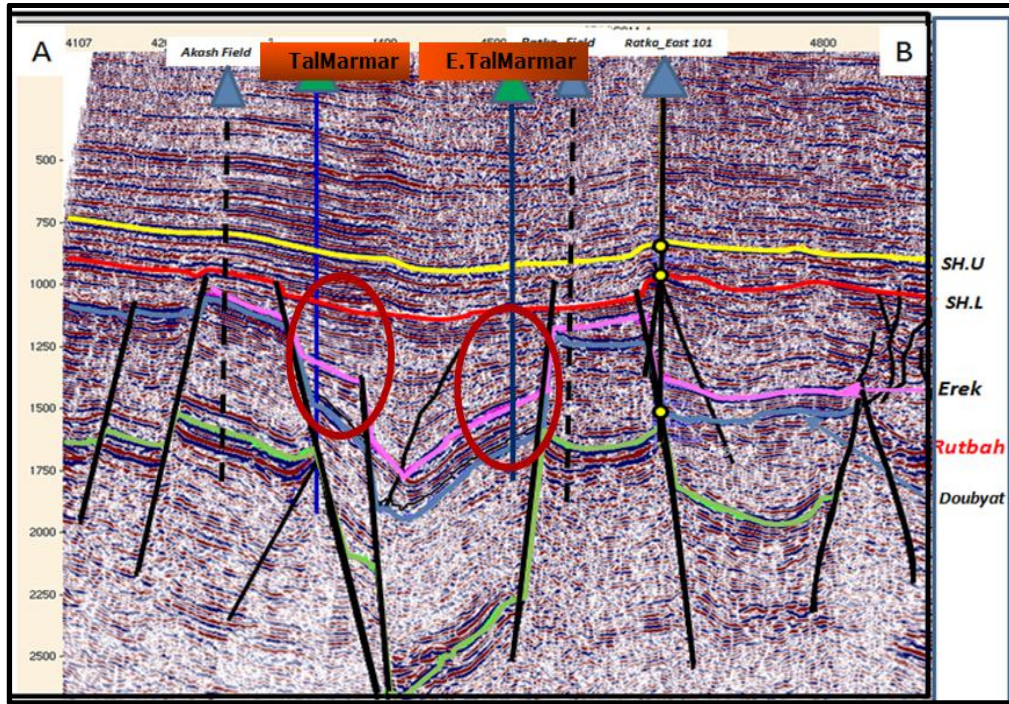
2- الخرائط السيزمية (Seismic Maps):

تحدد بنية الحقل وشكل انتشار التشكيلة الخازنة عن طريق المسوحات السيزمية، وتفسيراتها التي تبين شكل السطح العلوي لها، وطبيعة الإغلاق والأعماق المتوقعة لاختراق التشكيلة عندها أثناء عمليات الحفر.

أظهرت الدراسات السيزمية لمنطقة الدراسة وما حولها وجود مصيدة فالقية ملائمة لتجمع المواد الهيدروكربونية، وهي على تماس مع أحواض رسوبية محلية من جهة الشرق والشمال الشرقي. وهذا التماس الذي تحقق بفعل حركات البناء الجيولوجية يشكل عاملاً جيداً أسهم في عمليات انتقال وتجمع الهيدروكربون، يضاف إلى ذلك وجود انتشار واسع لطبقة الخزان وهي تشكيلة الرطبة الحطامية والصخور الغطائية والمولدة ضمن المقطع الرسوبي للمنطقة، كل ذلك ساعد في تشكل مصيدة جيدة لخزن الهيدروكربون.

2-1- المقطع السيزمي ثنائي البعد (2D Seismic Section):

يبين لنا الشكل (2-1) بوضوح الفوالق التي سببت الإغلاق وميول الفوالق والطبقات الخازنة والامتدادات الجانبية وامكانية تتبعها في المنطقة.



الشكل (2-1): مقطع سيزمي (2D) يوضح البنية الجيولوجية في المنطقة والتركيب الجيولوجية (SPC)،

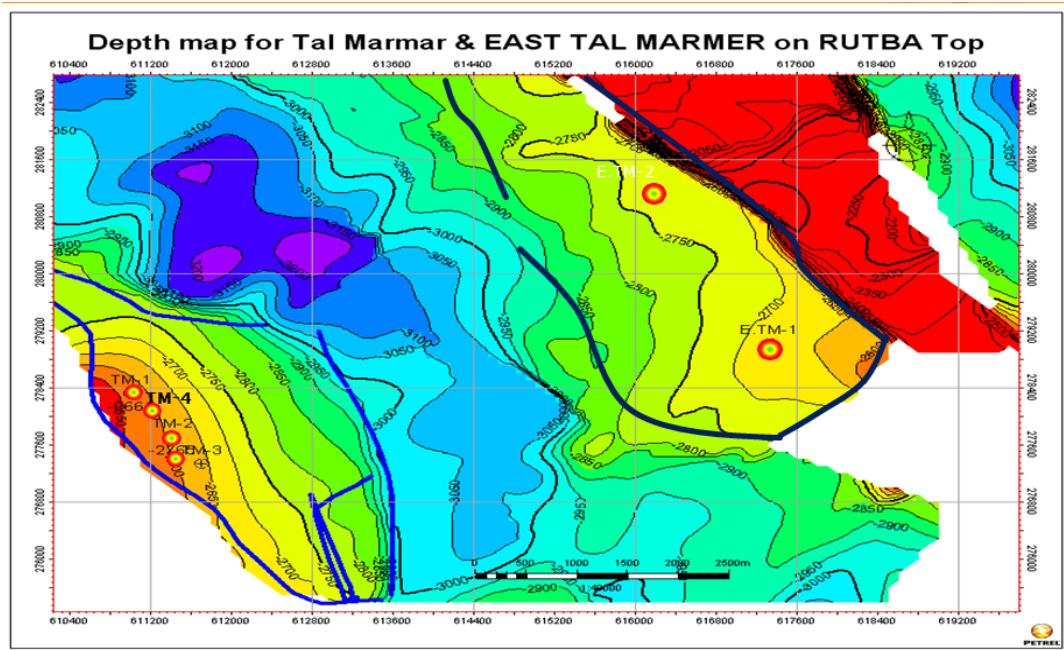
(2009)

يتم إجراء المسوحات السيزمية للمنطقة وفق خطوط متوازية ومتقاطعة لبناء مقاطع سيزمية تحدد أبعاد المنطقة المدروسة، حيث يتم أخذ مقاطع سيزمية في أماكن معينة من منطقة الدراسة لتحديد أماكن الإغلاقات بدقة وميول التشكيلات الخازنة وبالتالي تحديد الأماكن المتوقعة لتجمع المادة الهيدروكربونية. وكما هو مبين بالشكل (1-2) تمتد تشكيلة الرطبة تقع بين سيرجيلو من الأسفل والجوديا في الأعلى، تقع الحقول المدروسة ضمن الدوائر ذات اللون الأحمر.

2-2- الخريطة العميقة (Depth Map):

تم التحول من الخريطة السيزمية الزمنية (Time Map) إلى خريطة عميقة (Depth Map) ممثلة بخطوط كنتورية (تساوي العمق)، وذلك عن طريق الاستعانة بالقياسات الصوتية البئرية باستخدام طريقة (Check Shot) وهي طريقة ربط السرعة المأخوذة من المسوحات السيزمية السطحية مع السرعة التي يتم الحصول عليها من سوابر القياس الصوتي، وكذلك تدعم بألوان تساعد في إعطاء فكرة عن الشكل ثلاثي الأبعاد للمنطقة، حيث تبدأ بالأحمر فالأزرق انتهاءً باللون الأصفر الذي يدل على المناطق ذات العمق الأكبر

بعد الاستعانة بالقياسات البئرية الصوتية يتم تحديد السرعة لأعماق محددة بدقة ضمن التشكيلات المخترقة في المناطق المجاورة لتحديد أعماق التشكيلة الهدف (تحديد أعالي الطبقة)، (Top Formation)، كما في الشكل (2-2)



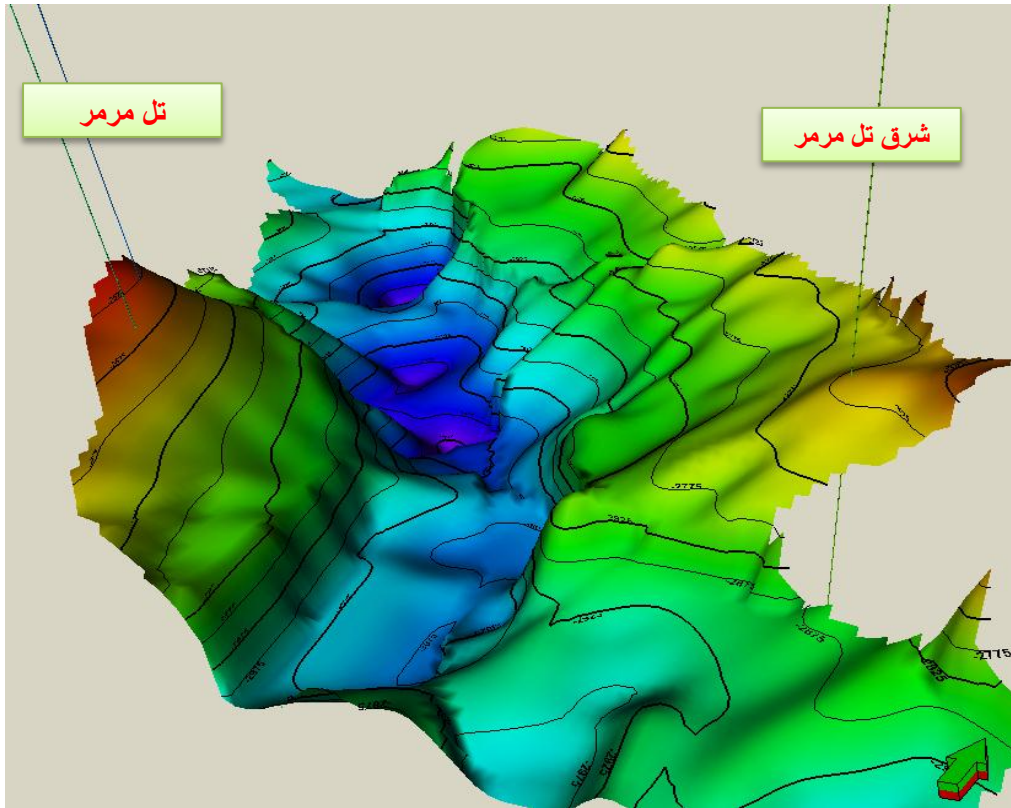
الشكل (2-2): الخريطة العميقة لتشكيلة الرطبة والقوق المسببة للإغلاق (SPC, 2009)

الفصل الثاني

تساعدنا الخريطة العميقة في تحديد الأماكن الأنسب لمواقع الآبار المراد حفرها، نأخذ بالحسبان شكل بنية المصيدة النفطية وأماكن الإغلاقات لها واحتمالية وجود القبعات الغازية التي يتم تجنب الحفر فيها حفاظا على ضغط الغاز الموجود ليدعم عمليات الانتاج.

3-2- خريطة ثلاثية الأبعاد لتشكيلة الرطبة:

تبين هذه الخريطة الشكل العام لسطح تشكيلة الرطبة وامتداده في كامل التركيب كما تساعد هذه الخريطة في اختيار وتحديد مواقع حفر الآبار بشكل أدق من الخريطة العميقة (2D) والأعماق المتوقع اختراق التشكيلة الخازنة عندها كما في الشكل (2-3) .



الشكل (3-2): نموذج ثلاثي الأبعاد (3D) لتشكيلة الرطبة (SPC, 2009)

3- المعطيات الليثولوجية:

تتعلق هذه المعطيات بأنواع الصخور التي يتوقع أن تصادف أثناء حفر الآبار، ويتم وضعها انطلاقاً من المعطيات السيزمية ومن الحقول، والتراكيب المحيطة والدراسات الباليونيتولوجية المنفذة على عينات لبابية من مواقع محيطة، وتقسّم الصخور التي تصادف في الحقل إلى خازنة ومولدة:

3-1- الصخور الخازنة :

أ - تشكيلة الأرك: من عمر الكريتاسي الأعلى، تتألف من حجر كلسي ويشكل نطاقاً مسامياً شقياً ذو مواصفات خزنية جيدة ، مع احتمال وجود سحنة حطامية محدود السماكة في أعلى أو أسفل التشكيلة مرتبطة بالسطح الحثي في المنطقة .

ب - تشكيلة الرطبة: من عمر الكريتاسي الأسفل، تمثل الخزان الرئيسي الحامل للنفط في آبار منخفض الفرات ، وتمثل سحنة حطامية تجاوزية تتألف من الحجر الرملي والغضار .

ج - تشكيلة السيرجيلو: من عمر الترياسي الأعلى، ذات رسوبات حطامية تنسب لأعلى الثغرة الستراتغرافية ما بين الكريتاسي والكربوني وهي حاملة للنفط في بعض تراكيب منطقة الفرات.

هـ - تشكيلة مرقدة: من عمر الباليوزوي الأعلى، وهي حاملة للنفط في حقل عكاش المجاور ، وتتألف من غضار وحجر رملي وحجر كلسي .

3-2- الصخور المولدة :

تبين الدراسات الجيوكيميائية لعدد من آبار حوض الفرات أن توضعات الماستريختي والكمباني من عمر الكريتاسي الأعلى ذات غنى متوسط إلى جيد بالمادة العضوية، وهي مدفونة على أعماق بين (2500-3500 m) وذات مستوى نضج يرشحها لتوليد النفط.

كذلك تجدر الإشارة لأهمية الصخور الغضارية والشيلية من عمر الباليوزوي (كربوني - سيلوري) في توليد الهيدروكربون وذلك وفقاً لنمط المادة العضوية السائدة فيها، ومستويات النضج العالية . أما صخور الترياسي الأوسط والأسفل فها محذوفة في منطقة الدراسة والمناطق المجاورة له (SPC, 2010) .

4- القياسات البئرية المستخدمة وآليات قياسها:

استخدمت القياسات البئرية في الصناعات النفطية لأول مرة عام 1927 من قبل الأخوين مارسيل وكونراد شلمبرجير، حيث تتنوع القياسات الجيوفيزيائية البئرية بتنوع آليات القياس وتنوع العوامل المقيسة.

تعطي القياسات البئرية نتائج موثوقة إلى حد كبير ومقاربة للقياسات المباشرة، التي تتم في المخابر على العينات الصخرية أو حتى القياسات الجيوفيزيائية السطحية، كون القياسات البئرية تتميز بأنها تتم في الظروف والشروط الطبيعية التي توجد فيها التشكيلة، (الضغط و الحرارة) (Schlumberger، 1989).

❖ سوابر الليثولوجيا (Lithology Logs):

1- الكمون الذاتي (Spontaneous Potential)

2- الاشعاع الطبيعي (Gamma Ray)

❖ السوابر البتروفيزيائية (Petrophysics Propertise):

1- الكثافة (Density)

2- الامتصاص الكهروضوئي (Photoelectric Absorption)

3- نيترونية (Neutron)

4- صوتية (Sonic)

❖ سوابر الإشباعات (Saturation Logs):

1- المقاومة (Resistivity)

2- التحريضية (Induction)

❖ سوابر مساندة (Other Log):

1- سوابر قياس قطر البئر (Caliper).

4-1- سوابر الليثولوجيا:

تستخدم هذه السوابر من أجل تحديد نوع الصخر وحجم الفراغات في التشكيلة الخازنة، والتي تشكل الحيز الذي ممكن أن يملأه أي مائع، ولكل لكل منها مبدأً فيزيائياً خاص وطريقة قراءة معينة على السجل، وفي أغلب الحالات يتم الجمع بين طريقتين من القياسات المسامية من أجل التحديد الأدق للمسامات ونوع الإشباعات، من خلال أشكال المنحنيات الناتجة عن القياس وتقاطعها مع بعضها البعض.

4-1-1- الكمون الذاتي (Spontaneous Potential – SP):

هو الكمون الناتج عن التفاعل المتبادل بين المياه الطبقيّة وسائل الحفر الناقلين للتيار (هذا من جهة) وبين الصخور ذات الانتقائية الشاردية كالشيل (من جهة أخرى) .

إن المسرى الثابت الموجود على السطح، والأخر الذي يتحرك صعوداً خلال حفرة البئر لتسجيل الكمون الذاتي (جهد طبيعي) مولد بشروط محددة، فيما يمثل المنحني المقاس تسجيلاً لظاهرة فيزيائية طبيعية في موقع الصخر الطبيعي، أي يكون تسجيل الكمون الذاتي قياساً لاختلاف الكمون الطبيعي أو الذاتي بين المسرى في حفرة البئر و المسرى على السطح، يسجل منحني الكمون الذاتي SP، ويعرض على المسار (Track) الأول اليساري من التسجيل البئري والذي يحوي أيضاً على تسجيلات أخرى، يتم قياس الكمون الذاتي للتيارات الكهربائية المتدفقة من سائل الحفر إلى حفرة البئر أو العكس (الناتجة عن اختلاف الملوحة بينهما)، ويشكل عام يكون منحني الكمون الذاتي محاكياً لمنحني GR، ولكن يستحيل تسجيل الكمون الذاتي في الآبار المملوءة، بموائع عازلة كهربائياً أو إذا كانت البئر مكسوة (Chopra. P، et al،2000).

ملاحظة هامة :

ليس لموقع خط الشيل القاعدي على التسجيل قيمة مفيدة بالنسبة لأغراض التفسير، لأنه يوضع من قبل المفسر عند اختياره لتدريج الحساسية الملائم للسايرة، لكي يبقى انحراف المنحني داخل المسلك المخصص للتسجيل وتعطى قيم SP المسجلة بالميلي فولط (mv).

❖ العوامل المؤثرة في منحنى الكمون الذاتي

- اتجاهات القوى المحركة الكهربائية
- سماكة الطبقات النفوذة
- المقاومة الكهربائية للطبقات المقيسة والمجاورة
- مقاوميه سائل الحفر Rm و راشح الحفر Rmf
- قطر الاجتياح
- نسبة تواجد الغضار في الطبقة
- قطر البئر Dh

❖ مجال استخدام منحنى الكمون الذاتي:

- تعيين مقاومة المياه الطبقيية كما في العلاقة:

$$R_w = R_{mf} / 10^{(-ssp/k)} \quad (1)$$

- تعيين المجالات النفوذة
- تعيين المجالات الغضارية
- تعيين الحدود الفاصلة بين الطبقات
- تعيين نسبة الغضار في الطبقات الرملية كما في العلاقة:

$$V_{sh} = \frac{SP_{cl} - SP_{log}}{SP_{cl} - SP_{sh}} \quad (2)$$

SP_{cl} : الكمون الذاتي للتشكيلة الخالية من الغضار

SP_{log} : قيمة الكمون الذاتي المقاسة

SP_{sh} : الكمون الذاتي للغضار

4-1-2- النشاط الإشعاعي (Gamma Ray):

يعد تسجيل إشعاعات غاما مقياساً للنشاطية الإشعاعية الطبيعية للطبقة الصخرية، حيث تكون سوية النشاط الإشعاعي في الطبقات النظيفة (الخالية من الشيل) منخفضة جداً، بينما تكون سوية النشاط الإشعاعي في الطبقات الحاوية على الشيل عالية والسبب في أن بعض العناصر أو المواد المشعة تميل للتركز في الغضار أكثر منها في الصخور الأخرى وذلك لعلاقتها ببيئة الترسيب الهادئة (Schlumberger)، 1989 .

تعد إشعاعات غاما انبثاقات لأمواف كهرومغناطيسية عالية الطاقة، تصدرها بعض العناصر المشعة بشكل ذاتي، إذ أن مصدر جميع إشعاعات غاما التي نصادفها في الصخور هو نظير البوتاسيوم المشع ذي الوزن الذري 40 وعن العناصر المشعة التابعة لسلاسل اليورانيوم والثوريوم، حيث يتميز عدد إشعاعات غاما الصادرة من كل من هذه العناصر وكذلك الطاقة التي تحملها تبعاً لكل عنصر.

يشير تسجيل إشعاعات غاما الطبيعية إلى النشاط الإشعاعي للطبقات، ويمثل منحني (GR) تسجيلاً لظاهرة فيزيائية طبيعية في موقع الصخر الطبيعي.

❖ أنواع قياسات أشعة غاما:

التسجيل المعياري (GR): وهو يقيس النشاط الإشعاعي الإجمالي فقط .

تسجيل إشعاعات غاما الطبيعية الطيفية (SGR): وهو يقيس النشاط الإجمالي إضافة لتركيز كل من البوتاسيوم، الثوريوم و اليورانيوم المنتجة للإشعاعات حيث أن جميع الصخور تبدي بعض النشاط الإشعاعي الطبيعي الذي تعتمد قيمته على محتوى الصخر من العناصر المشعة، وتعطي منحنيات طاقة لكل مكون من المكونات المشعة، حيث يوجد المحتوى الرئيسي للسلاسل المشعة الثلاثة في :

- البوتاسيوم الذي يدخل في تركيب الميكا والصفاح والغضار الحاوي الميكا والمتبخرات
- الثوريوم يدخل في الشيل والمعادن الثقيلة (وهو المؤشر الأدق لتحديد الشيل).
- اليورانيوم يدخل في الفوسفات والمواد العضوية.

تصدر أشعة غاما عن المواد المشعة في الطبيعة مثل الثوريوم واليورانيوم و البوتاسيوم إذا استثنينا التجمعات الكبيرة للمواد المشعة فإن الكمية الكبيرة لإشعاع في الطبيعة تأتي من البوتاسيوم K^{40} (Chopra, P. et al, 2000).

ملاحظات:

- لقياس أشعة غاما أهمية بالغة بالنسبة لعمليات المضاهاة، حيث يتم ربط شكل المنحني المقاس داخل البئر مع شكل المنحني المقاس على اللباب الصخري المستخرج من أجل ضبط الأعماق

- GR تدل بشكل أساسي على وجود الغضاريات في الصخور.
- جهاز القياس عبارة عن عداد (غايجر- مولر، عداد وميض لقياس طيف إشعاعات غاما).

- التشكيلات النظيفة مثل الحجر الرملي أو الحجر الكلسي عادة يكون لها مستوى إشعاعي منخفض.

- القيمة الأخفض تكون في الرمل الأكثر نقاوة.

- يمكن أن تجرى تسجيل GR في الآبار المكسوة ولكن المعطيات سوف تكون مشوشة (حيث تفقد إشعاعات غاما طاقتها)، ليتم تصحيحها باستخدام مخططات معينة تتعلق بمواصفات الإكساء.

❖ استخدامات قياس أشعة غاما الطبيعية:

1- معرفة نسبة وحجوم تواجد الغضار في الصخور (وهو ما سيطبق في هذه الدراسة).

2- إجراء عمليات المضاهاة بين الآبار .

3- تحديد سماكة الطبقات (عن طريق تحديد الحدود الفاصلة).

4- تصحيح أعالي الطبقات.

5- التمييز بين التشكيلات الخازنة من التشكيلات غير الخازنة.

4-2- السواير البتروفيزيائية:

تعنى بتحديد الخواص الخزنية للصخور، ولها عدة أنواع ومبادئ قياس وطرق تفسير وهي:

4-2-1- القياس الكثافي (Density Log):

مبدأ القياس: تقوم السابرة بإطلاق حزم من أشعة غاما ذات طاقة معينة باتجاه التشكيلة من منبع صناعي مثبت أسفل السابرة. تتفاعل هذه الأشعة مع المواد التي تمر فيها ويكون التفاعل على شكل تصادمات مع إلكترونات المادة المكونة للصخر، مما يؤدي إلى انخفاض طاقتها مع استمرار التصادم وتغامدها، و تتعلق المسافة التي تقطعها أشعة غاما بكثافة هذه الإلكترونات أي بكثافة المادة الصخرية (Schlumberger, 1997).

إن العامل المقاس هو كثافة الإلكترونات في واحدة الحجم للتشكيلة (تشمل الأجزاء الصلبة من التشكيلة وكذلك كثافة المائع)، وبالتالي تكون الكثافة المقاسة قريبة جداً من الكثافة الحقيقية.

- تفقد أشعة غاما طاقتها على ثلاث أشكال حسب الطاقة التي تحملها هذه الأشعة :

1- ظاهرة الامتصاص الكهروضوئية (Photoelectric Absorption): يتم امتصاص طاقة أشعة غاما من قبل الإلكترون وانفصاله عن مدارات الذرة، وتحدث عند مستويات طاقة أقل من نصف مليون إلكترون فولط .

2- ظاهرة تناثر كومبتون (Compton Scattering): تحدث عند اصطدام فوتون أشعة غاما بالإلكترون مما يؤدي إلى انخفاض طاقة الفوتون وتغيير مساره، [وهذا التفاعل هو ما يهمننا بالنسبة للقياس الكثافي] .

تحدث هذه الظاهرة في المستوى الطاقوي بين (0.5 - 5) meV مليون إلكترون فولط.

3- تشكل الأزواج (Pair Production): يتشكل نتيجة لاصطدام إلكترون وبيزترون في المدارات القريبة من نواة الذرة، حيث تحدث هذه الظاهرة في المستويات الطاقوية العالية أكبر من 5 meV مليون إلكترون فولط.

$$\phi D = \frac{\rho_{ma} - \rho_b}{\rho_{ma} - \rho_f} \quad (3) \quad \text{تحدد المسامية الكثافية من خلال العلاقة التالية :}$$

حيث:

ρ_{ma} : كثافة الهيكل الصخري.

ρ_b : الكثافة الكلية (المقيسة).

ρ_f : كثافة سائل الحفر للتصحيح (لكون القياس يتم بعمق اختراق قليل والذي يكون مملوء بسائل الحفر).

يوجد قيم ثابتة لكل نوع ليثولوجي للتشكيلات وهذه القيم تعبر عن ليثولوجيا عديمة المسامية تساعد في تفسير وتحديد أنواع الليثولوجيا كما في الجدول (1-2).

الجدول (1-2) ثوابت قيم الكثافة وأزمنة الارتحال والامتصاص الكهروضوئي لبعض أنواع الليثولوجيا:

PEF	Density (g/cm ³)	DT (msec/ft)	Formation
1.8	2.65	55	Sandstone
5.1	2.71	47	Limestone
3.1	2.85	43	Dolomite
5.1	2.96	50	Anhydrite
4.7	2.03	67	Salt
2.5 - 4.5	2.3-2.6	80-100	Shale

❖ تطبيقاته:

تستخدم قياسات الكثافة ليس فقط في حساب مسامية التشكيلة، بل كذلك في حسابات تتعلق بهندسة الحفر، حيث يتم من خلالها حساب الضغط الجيوستاتيكي المطبق على التشكيلة الخازنة، من أجل تحديد صفات سائل الحفر المراد استخدامه في عمليات الحفر بدقة بحيث لا

يكون له ضغط أكبر بكثير من ضغط التشكيلة الخازنة مما يؤدي إلى تدميرها، أو أن يكون له ضغط أقل من ضغط التشكيلة وبالتالي يحدث تدفق لسوائل التشكيلة إلى داخل البئر وفقدان السيطرة عليها ثم انفجار البئر (Blow Out).

• يمثل القياس بوحدة (g/cm³)، وقد تم استخدام القياس الكثافي ZDNC في هذه الدراسة

4-2-2- قياس الإمتصاص الكهروضوئي (PEF):

هو أحد أنواع القياس الكثافي، بلا واحدة يعتمد على تفاعل أشعة غاما مع مكونات الصخر بالأخص مع إلكترونات العناصر المكونة للفلزات الصخرية، فعند إطلاق أشعة غاما باتجاه الصخر تصطدم هذه الأشعة بجزئيات الصخر وتفقد طاقتها تدريجياً إلى أن تصل إلى حد طاقي معين تكون عنده معرضه للإمتصاص من قبل إلكترونات العناصر، مما يؤدي إلى اكساب الإلكترونات طاقة معينة تجعلها تصعد إلى مدارات ذات طاقة أكبر ما تلبث أن تفقدها لتطلق طاقة معينة تتناسب مع عدد بروتونات نواة العنصر، ولأن كل عنصر من العناصر الكيميائية يتميز بعدد بروتونات مميز له فإن الطاقة التي تطلقها النواة تكون معينة وتميز كل عنصر عن الآخر (Schlumberger, 1989).

بالتالي فإن كل نوع ليثولوجي، يأخذ قيمة معينة. تدل عليه، الجدول السابق (1-2).

إن القيم المتأرجحة للشيل هي نتيجة لاختلاف نوع العناصر المكونة له، ولكن تلغى فعالية هذا القياس في حال تم الحفر بسائل حفر يحوي على الباريت، لأن له قيمة امتصاص كهروضوئي أكبر بـ 150 مرة من أي صخر رسوبي.

❖ تطبيقاته

يستخدم لتحديد نوع الصخر، وكذلك يتم ضرب قيمته بقيمة الكثافة المكونة للصخر المقاس من أجل زيادة التمييز بين أنواع الليثولوجيا في التفسيرات البئرية، بسبب تقارب قيم الكثافة الصخرية وتداخلها.

استخدم في هذه الدراسة سابرة قياس الإمتصاص الكهروضوئي PEC.

4-2-3- القياسات النيترونية (Neutron Logs):

مبدأ القياس : يصدر المنبع نيوترونات ذات طاقة عالية تصطدم بنوى الذرات المكونة والتي تكون ذات أحجام مختلفة يؤدي هذا الاصطدام إلى خسارة النيوترونات لطاقتها وحسب كتلة النوى التي تصطدم بها بحيث تكون الخسارة قليلة عندما تكون كتلتها أصغر أو أكبر من كتلة النيوترون، أما في حال اصطدامها بنوى ذات كتل مساوية لها تكون الخسارة أعظمية، كما هو الحال في نوى ذرات الهيدروجين فإن الخسارة في الطاقة تكون أعظمية، يؤدي انخفاض طاقة النيوترونات وإلى الالتهام من قبل نوى ذرات المادة المكونة (خصوصاً H، F، CL)، التي تنهيج بدورها لتصدر طاقة على شكل أشعة غاما عالية الطاقة (Bosma. P, 1996).

• يسجلها اللاقط المثبت على السابرة و يسجل لاقط آخر، عدد النيوترونات العائدة، وبالتالي كلما كان عدد النيوترونات المسجلة أكبر دل على انخفاض عدد ذرات الهيدروجين في التشكيلة الخازنة، وبما أن الهيدروجين هو المكون الرئيسي للماء والهيدروكربون، فإن هذا القياس يحدد حجم هذه المواد في التشكيلة، وبالتالي حجم الفراغات التي تشغلها (المسامات).

العامل المقاس: زمن التباطؤ النيتروني، المرتبط بتركيز دليل الهيدروجين.

❖ تطبيقاته :

تحديد المسامية لأن الهيدروجين الموجود في الماء أو الهيدروكربون يكون متواجد في المسام (باستثناء الشيل الذي يدخل في تركيبه الماء، ويحتاج لتصحيح القيم الناتجة عنه) وبالتالي تحديد حجم المسامية.

❖ ملاحظات:

المسامية في الشيل غير حقيقية، لأن جزيئات OH الداخلة في تركيبه، وكذلك الماء الممتزة على سطوحه يؤثر على قياس المسامية الكلية.

دليل الهيدروجين للغاز أقل منه في النفط أو الماء، لذلك فهو يعطي مسامية منخفضة جداً ، بعكس المسامية الكثافية، التي تعطي مسامية كثافية عالية، أكبر من الحقيقية.

يمثل القياس بالنسبة المئوية مع افتراض (معايرة) الهيكل الصخري للحجر كلسي أو الحجر الرملي.

4-2-4- القياسات الصوتية (Sonic Logs):

مبدأ القياس: إصدار أمواج صوتية بترددات معينة باتجاه التشكيلة، لتستقبل من قبل لاقط ، أو أكثر مثبت على السابرة.

تساعد السوابر الصوتية في تحديد المسامات الأولية فقط ، لأن الأمواج الصوتية تميل إلى المرور خلال هيكل الصخر، والأوساط ذات الناقلية الصوتية الأكبر، بالتالي لا تمر عبر الشقوق و الفجوات في الصخور(المسامية الثانوية). تساعدنا في الدراسات الجيولوجية من خلال مقارنة المسامات الأولية مع المسامية الثانوية، وإمكانية تحديد المسامية الثانوية التي تكون ناتجة عن التشققات والتكسرات والفجوات الانحلالية ، وبالتالي فإن هذه السوابر تكون ضعيفة الأداء من الناحية الجيوفيزيائية البئرية في الصخور الكربوناطية ، لأن أغلب الفراغات فيها تكون على شكل مسامات ثانوية (Schlumberger, 1989).

تتميز أنواع الصخور المختلفة بأزمنة ارتحال ثابتة لكل نوع تدل عليه، وهذه القيم هي من أجل صخور مصمتة عديمة المسامية كما في الجدول السابق (1-2)

يتم تحديد المسامية الصوتية من خلال العلاقة التالية :

$$\phi_s = \frac{t_{log} - t_{ma}}{t_f - t_{ma}} \quad (4) \quad \text{حيث :}$$

t_{log} : الزمن الكلي المقاس.

t_{ma} : زمن الارتحال عبر الهيكل الصخري المكون للتشكيلة.

t_f : زمن الارتحال عبر سائل الحفر.

العامل المقاس : أزمنة الارتحال للأمواج بوحدة $\mu s/ft$.

❖ تطبيقاته:

- تحديد المسامية لأن الأمواج تعبر خلال الفلزات المكونة أسرع منه خلال السوائل أو الغازات .
- تستخدم من أجل تحديد السرعات الموجية للتشكيلات المخترقة وربطها مع القياسات السيزمية السطحية (من أجل تحويلات الأزمنة السيزمية إلى مسافات)، وبالتالي التحول من الخرائط السيزمية الزمنية إلى خرائط عمقية تبين بدقة أعالي الطبقات لتعطي الشكل الهندسي العام للخزان النفطي.

4-3- سوابر الإشباعات:

4-3-1- قياسات المقاومة (Resistivity Logs):

تعد القياسات المقاومة أساس التمييز بين الموائع التي تملأ التشكيلات، والتي تتراوح مقاومتها بين $(0.2 - 2000 \Omega.m)$ ونادراً ما تتجاوز هذه القيم، وإن حدثت فتكون في الصخور الكتيمة مثل المتبخرات.

تختلف أعماق الإختراق للقياسات المقاومة البئرية، ولكن بشكل عام تكون ضحلة في معظمها، ونقصد بعمق الإختراق بعد النقطة المقيسة عن جدار البئر، بحيث تتميز القياسات المقاومة بعدة أعماق اختراق حسب عمق النطاق المقيس للتمييز بين النطاقات المجتاحة والنطاقات العذراء ويصل أقصاها إلى عمق 5m في سوابر المقاومة العميقة (Rider. M, 2002)

تعتمد المقاومة الطبقيّة بشكل رئيسي على ثلاث عوامل :

1- نوع المائع الطبقي.

2- كمية المائع.

3- هندسة المسامات.

تقاس المقاومة الكهربائية للتشكيلات إما عن طريق توليد تيارات كهربائية وإرسالها إلى التشكيلة وقياس قابلية الطبقة لإمرار هذه التيارات، أو بتحريض تيارات داخل الطبقة وقياس هذه التيارات المتحرضة، حيث أن لكل طريقة استخدامها لأهداف وظروف محددة.

تقسم القياسات الكهربائية البئرية إلى عدة أنواع حسب السوابر المستخدمة وآلية إرسال واستقبال التيار الكهربائي من وإلى الطبقة وفي دراستنا هذه تم استخدام نوعين من القياسات المقاومة وهي القياسات الموجهة والقياسات الدقيقة.

4-3-1-1- القياسات الموجهة (Focused Logs) :

نتيجة تأثر القياسات التقليدية كثيراً بظروف البئر فقد تم ابتكار السوابر التي تكون قادرة على توجيه التيارات الكهربائية إلى الطبقة خصوصاً إذا كانت قليلة السماكة وذات مقاومة عالية، حيث يتم ذلك عن طريق إضافة مساري تيار مساعدة أعلى وأسفل المسرى المركزي وذلك لجعل قيم فرق الكمون بينهما مساوياً للصفر، أي تتشكل منطقة عازلة يستحيل اختراقها من قبل التيارات المولدة، وبالتالي تضطر أن تدخل إلى التشكيلة التي حتى لو كانت ذات ناقلية كهربائية قليلة جداً (عالية المقاومة)، أو في حال كان فرق المقاومة كبيراً بين سائل الحفر والطبقة، ولها عدة أنواع تختلف بعمق الاختراق (القياس) وبآلية توجيه التيار الكهربائي إلى الطبقة (Bond. J, et al, 2010)

- تم في هذه الدراسة اختيار قياس السابرة الموجهة الجانبية المزوجة DLL، والتي تتميز بمجال استجابة عالي ($0.2 - 4000 \Omega.m$) وذات ميز شاقولي حوالي 60cm. ملاحظة: تم استخدام هذه السابرة فقط في الآبار التي تم حفرها بسائل حفر ذو أساس مائي.

4-3-1-2- القياسات الدقيقة (Micro Logs) :

ابتكرت هذه الطريقة من أجل إلغاء تأثير الطبقات المجاورة، وسائل الحفر، وقطر البئر، والفصل بين الطبقات الرقيقة، ذات عمق قياس ضحل جداً، حيث تقيس مقاومة القطاع المغسول R_{X0} ، ومنها فإنه يمكننا تصحيح قيم المقاومات للحصول على المقاومة العميقة R_t بدقة (العجي. ع، رماح. س، 2010).

- تم القياس في هذه الدراسة باستخدام السابرة MSFL السابرة الدقيقة الموجهة كروياً، تستخدم هذه السابرة التيارات الكهربائية الموجهة كروياً، حيث تثبت فيها المساري على وسادة مطاطية عازلة تضغط على جدار البئر. وصممت بحيث تجعل تأثير الكعكة الطينية أصغرياً على مقاومة القطاع المجتاح R_{X0} .

4-3-2- القياسات التحريضية (Induction Logs):

تفشل سوابر المقاومة في مهمة تحديد مقاومة الطبقات في الآبار الحاوية على سائل حفر ذو أساس نفطي (عازل) أو تلك التي يتم حفرها بالهواء. لذلك تم ابتكار السوابر التحريضية، التي تقيس في جميع سوائل الحفر، أما مبدأ القياس فهو على الشكل التالي:

تعمل وشائع ارسال واستقبال، حيث يتم امرار تيار كهربائي متناوب بتردد معين (عالي) ذو شدة ثابتة في وشيعة الارسال، ينتج عنه حقل مغناطيسي متناوب تؤدي إلى تحريض تيارات كهربائية ثانوية متناوبة (تيارات فوكو)، تجري هذه التيارات على شكل دوامات تتمحور مع وشيعة الارسال. وتتولد عن هذه التيارات حقل مغناطيسي ثانوي متناوب. يعمل هذا الحقل على توليد كموناً كهربائياً متناوباً. يتناسب طردياً، مع شدة تيارات فوكو، وبالنتيجة مع ناقلية الطبقة (شقيير. ف، 1996).

تعمل هذه الطريقة بأفضل حالاتها في الآبار المحفورة بسوائل الحفر العازلة، والطبقات ذات المقاومات المنخفضة.

تم استخدام السابرة التحريضية DIL في الآبار التي حفرت بسائل حفر ذو أساس نفطي.

تتم القياسات المقاومة والتحريضية في الآبار غير المكسوة كما في دراستنا هذه، ولكن أمكن تطوير سابرة كهربائية قادرة على القياس خلف الإكساء ذات قراءات عميقة تتمكن من مراقبة تغيرات خطوط التماس بين الموائع في التشكيلات المنتجة، وتتميز هذه السابرة بدقة عالية في قراءة فروقات الجهد الكهربائي الذي يقاس باستخدام إلكتروود على السطح بدقة من رتبة ($10^{-9}V$) (Schlumberger, 2003).

5- مقدمة عن البرنامج المستخدم في التفسير:

برنامج IP (Interactive Petrophysics – Version 3.5):

بسبب الكم الكبير من القراءات التي تسجلها كل سابرة من السواير المستخدمة في الدراسات الجيوفيزيائية للآبار، فإنه يكون من الصعب رسم المنحنيات التي تمثل هذه القيم وتفسيرها يدوياً، لأنها تأخذ وقتاً وجهداً كبيرين، بالتالي لزم الاستعانة بالبرمجيات التي تساعد على تسريع عمليات الحساب، ورسم المنحنيات بعد ادخال معادلات و عوامل تفسير مناسبة تحدد من قبل المفسر.

وفي هذه الدراسة فقد تمت الاستعانة ببرنامج (IP) في تفسير قراءات التسجيلات الجيوفيزيائية البئرية المقيسة.

يعتمد عدد القراءات على نوع السابرة، التي تقيس، بحيث تأخذ السواير بشكل عام قراءة كل 15cm أو 10cm، أو ربما تخفض إلى 5cm حسب الدقة المطلوبة. تحدد عدد القراءات من قبل الجهة المنفذة للقياس، عندما يتم القياس بنفس التباعد بين كل قراءة وأخرى ولكن على أعماق مختلفة بكل سابرة. يقوم البرنامج بإعادة كافة القراءات المأخوذة من جميع السواير إلى عمق واحد، أي يعيد ترتيب القراءات بحيث نأخذ جميع القراءات عند نفس العمق.

يعتمد التفسير بشكل كامل على المفسر، ويقتصر دور البرنامج على تسريع هذه العملية، بحيث تلعب خبرته ومعرفته الدقيقة بالمنطقة الدور الرئيس في دقة النتائج، كما تساعد قراءة تقارير تحاليل سائل الحفر. بأخذ فكرة مبدئية عن الطبيعة الليثولوجية للصخور المخترقة، و تدقيق قيم العوامل المدخلة، لبناء موديلات مفترضة للتركيب الصخري والإشباع المتوفرة، وتحديد كل العوامل المتعلقة بالدراسة المنفذة.

تسجل القياسات على أقراص بلواحق معينة متعارف عليها دولياً (LAS، LAS3، LBS) ، (DLIS، LIS، ASCII). تتعلق هذه اللواحق بشكل معاملة البرنامج لها بحيث تعتبر اللاحقة (ASCII) الأسوأ من ناحية الإدخال والمعاملة لأنها تحتاج لمعالجة قراءة كل سابرة على حدة وتؤدي إلى توقف التفسير في حال نقص أو فراغ (gap) في قراءات سابرة معينة. أما اللواحق الأخرى فهي أفضل بحيث تتلافى الأخطاء الناتجة عن وجود فجوات في القراءات عن طريق ملئها بقيم متوسطة من القيم المجاورة لهذه الفجوة في هذه الدراسة استخدمت اللاحقة (LAS) لمعطيات القياسات البئرية.

خطوات العمل على البرنامج:

- 1- إنشاء بئر وتسميته.
- 2- تحميل معطيات قياسات البئر.
- 3- إنشاء منحنى التدرج الحراري من أجل تصحيح قيم المقاوميات المدخلة للتفسير.
- 4- إنشاء منحنى ناتج من ضرب قيمة الكثافة بقيمة الامتصاص الكهروضوئي يسمى من قبل المفسر (عادة يسمى Uma أو Uz)، يساعد هذا المنحنى في زيادة التمييز الليثولوجي، وذلك بسبب تقارب قيم الكثافة والامتصاص الكهروضوئي للصخور وتداخلها.
- 5- تحديد العمق المراد تفسيره.
- 6- ادخال قيمة مقاومة المياه الطبقة R_w ودرجة الحرارة الموافقة للعمق المراد تفسير القياسات عند، وكذلك قيمة مقاومة راسح الحفر R_{mf} من أجل تصحيح قيم المقاوميات الحقيقية (العميقة) التي تقاس على السطح والحرارة الموافقة للمكان الذي تم عنده القياس. وفي حالات معينة تدخل قيم مقاوميات المياه المرتبطة R_{wb} إذا توفرت.
- 7- تحديد معادلة الاشباع المراد تطبيقها (Archie – Doul Water – Simand – Indonesian) حسب طبيعة المنطقة المدروسة.
- 8- تحديد نوع سائل الحفر المستخدم (أساس مائي WBM – أساس نفطي OBM).
- 9- ادخال قيم ثوابت علاقة الاشباع (m, n, a).
- 10- إدخال نماذج (موديلات) تساعد في التفسير، والتي تتضمن القياسات [الكثافة و النيترونية و الصوتية و أشعة غاما المصححة (CGR or KTH) ومنحنى Uz وغيرها من القياسات إن وجدت] وكذلك ادخال أنواع الليثولوجيا المخترقة. وفي نماذج أخرى تضاف الاشباعات التي استدل عليها من مؤشرات الحفر. تأخذ جميعها قيمة ثابتة معيارية من القياسات المدخلة لكل نوع من أنواع الصخور والإشباعات.
- 11- وضع شروط للتفسير، بحيث تطبق موديلاً ما لعمق معين، بسبب تميزه بليثولوجيا مختلفة عن الأعماق الأخرى، أو أن نضع شروطاً معينة، تؤدي إلى إلغاء حساب الاشباعات عند نطاقات معينة، بسبب زيادة في قطر البئر، وأخذ قراءات خاطئة، أو بسبب زيادة حجم الشيل.

بعد القيام بالخطوات السابقة، نقوم ببدء عمليات التفسير، بحيث يظهر لنا مسارات لمجموعة من منحنيات ومسار الناتج عن تفسير هذه المنحنيات يبين الليثولوجيا المتوقعة اعتماداً على الموديلات المدخلة. وللاستدلال على صحة التفسير، يظهر لنا مسار خاص يبين نسبة الخطأ بين القيم التي أدخلت في الموديل والقيم الحقيقية للمنحنيات المقاسة، أي الفرق بين النماذج المفترضة لليثولوجيا المدروسة، وبين القيم الواقعية للقراءات التي أخذت امام التشكيلات، ولتصحيح هذه الأخطاء وتقليل الفرق إلى أقل حد ممكن، نقوم بتعديل للقيم المدخلة في النموذج المفترض، ليس لكل القيم، إنما فقط القيم المتعلقة بالغضار من حيث (كثافته - مساميته - أزمنة ارتحال الأمواج الصوتية خلاله - قيمة نشاطه الإشعاعي) وكذلك تصحيح النشاط الإشعاعي لباقي أنواع الليثولوجيا المدخلة. تستمر هذه العملية حتى الحصول على أفضل تطابق بين المنحنيات الحقيقية المقيسة والمنحنيات الناتجة من النماذج المدخلة.

ونظراً لأهميته حجم الشيل، يمكن تحديد نوع السابرة المراد حسابه منها (Gamma Ray - SP - Density - Resistivity) أو ممكن أن تحسب من سابرتين معاً لكل منها معادلة خاصة. تم تحديد حجم الشيل في دراستنا من قراءة السابرة الاشعاعية، بحيث تعتبر دقيقة وأبسط من باقي السوابر، التي تحتاج إلى تصحيحات عديدة بسبب تأثيرها بظروف البئر بشكل كبير وتحتاج إلى شروط معينة لإمكانية تطبيقها بعكس سابرة النشاط الإشعاعي.

الفصل الثالث

(تفسير القياسات)

المحتويات:

1-أسس تفسير القياسات الجيوفيزيائية البئرية.

2- عوامل التفسير

3- تسلسل خطوات التفسير.

4- حقل تل مرمر.

5- البئر رقم(4).

6- البئر رقم(2).

7- البئر رقم(3).

8- البئر رقم(1).

9- حقل شرق تل مرمر.

10- البئر رقم(1).

11- البئر رقم(2).

1- أسس تفسير القياسات الجيوفيزيائية البئرية (Principles Of Interpretation):

نعني هنا المبادئ والأسس النظرية، التي من خلالها يتم قراءة منحنيات التسجيلات وتحديد الطبيعة الليثولوجية وخواصها الخزنية.

1-1- قياسات النشاط الإشعاعي GR: من هذه القياسات يمكننا تحديد حجم الغضار في الطبقات الحاوية للغضار أو التي تتكون بمجملها من الغضار، وهي أدق من الكمون الذاتي SP لكون الأخيرة، تتأثر بطبيعة وملوحة سائل الحفر .

كما يمكنها إعطاء فكرة مبدئية عن نسبة أو حجم التشكيلات المأمولة، بالنسبة للتشكيلة المهملة من الناحية الخزنية، وذلك عن طريق فرز التشكيلات إلى مجموعتين حسب النشاط الإشعاعي لها (مجموعة غضارية (عالي) مجموعة غير غضارية (منخفض))، إلا في بعض الحالات الشاذة التي تعطي فيها نشاطاً إشعاعياً عالياً، بالرغم من عدم وجود نسب غضارية عالية وهذا السبب يتعلق بوجود مواد عضوية غير متحللة أو ملتصقة ضمن التشكيلة الخازنة أو في حال الحفر في الصخور الأم (Source Rock).

يتكون تسجيل أشعة غاما GR من طيف من العناصر (المركبات)، ففي عمليات التفسير للقياسات البئرية لحساب حجم الشيل يتم حذف مركبة اليورانيوم U من مجموع مركبات طيف أشعة غاما كونها لا تدل على وجوده، فتبقى مركبتي الثوريوم TH والپوتاسيوم K، وهما أكثر دقة في تحديد الشيل، وتعتبر مركبة الثوريوم TH العنصر الأكثر دقة في تحديد تواجد وحساب حجم الشيل.

للقياسات الإشعاعية دور مهم جداً في تدقيق وتحديد أعالي التشكيلات (Top Formation)، ونتيجة لعدم تغير النشاط الإشعاعي من شروط البئر إلى الشروط السطحية، فإنه يتم إجراء قياسات GR على اللبابات الصخرية (Core) مباشرة، ومن ثم مطابقة شكل المنحني الناتج مع منحني GR المأخوذ من القياسات البئرية للأعماق الماثلة، وهذا يساهم بشكل كبير في المضاهاة وإعطاء قيمة دقيقة لأعالي التشكيلات .

1-2- قياس الامتصاص الكهروضوئي PEC: كما شرحنا عن مبدأ هذا القياس فإنه يدل بوضوح على نوع الليثولوجيا أي أنه مؤشر ليثولوجي جيد، كما يمكن في التفسيرات البئرية أن تضرب قيمته بقيمة الكثافة المقيسة أمام نفس الصخر من أجل زيادة قدرة التمييز بين أنواع الليثولوجيا المختلفة

1-3- قياس قطر البئر: بالرغم من بساطة هذا القياس إلى أنه له أهمية كبيرة في التفسير البئري، فهو يعطي الفروقات الإيجابية (زيادة) والسلبية (نقصان) في قطر البئر، ومرجع هذا القياس هو قطر رأس الحفر.

فإذا كان القطر المقيس أقل من قطر رأس الحفر، فهذا يدل على:

1- تشكل كعكة طينية وهو مؤشر إلى تشكيلة خازنة ذات نفوذية جيدة.

2- أو زحف طبقة غضارية باتجاه البئر نتيجة انتفاخها بتأثير سائل الحفر.

أما إذا كان هناك زيادة في القطر المقيس عن قطر رأس الحفر، فهذا يدل على:

1- تشكيلات غضارية أزيلت بفعل غسلها بسائل الحفر.

2- وجود تشكيلات ملحية قابلة للانحلال بسائل الحفر ذو الأساس المائي.

3- وجود تشكيلات قليلة التماسك (مفككة) تهدمت بفعل الحفر.

1-4- القياسات المسامية (نيترونية - كثافية - صوتية):

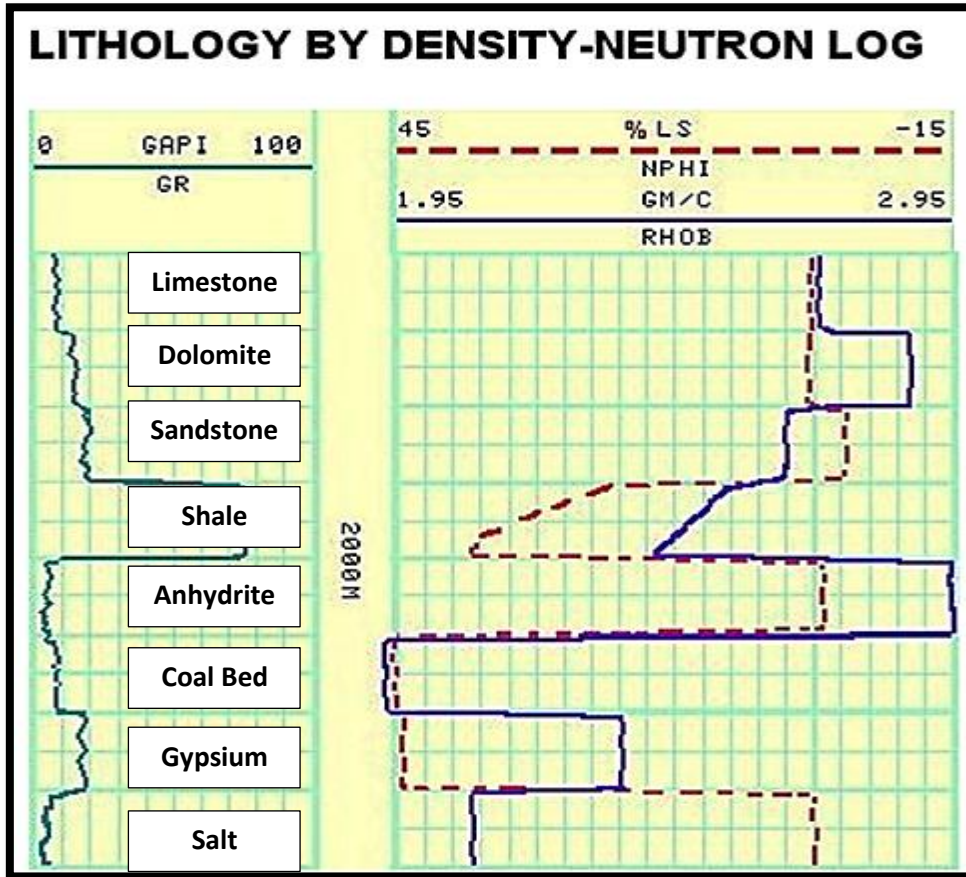
يمكن من هذه القياسات تحديد المسامية للتشكيلات ونوع الإشباعات والليثولوجيا المكونة :

- عند معايرة السابرة على الحجر الكلسي فإنه في حال تطابق منحنى الكثافية والنيترونية فإن ذلك يدل على أن الليثولوجيا كلسية، أما إذا زادت قيمة القياس الكثافي مع ثبات قيم المنحنى النيتروني، فإن ذلك يدل على حدوث دلتمة للحجر الكلسي، مع التأكد من قيم الكثافية المقيسة التي تكون قد زادت في هذه الحالة.
- أما في حال تباعد منحنى القياس الكثافي والنيتروني فإن ذلك يدل على تغير في الليثولوجيا أو تغير نوع المائع الذي يملأ التشكيلة، فإذا كان منحنى النيترونية يقع إلى اليسار من منحنى الكثافة، فإنه يحتمل أن يكون حجراً رملياً أو وجود غاز في التشكيلة، بحيث نميز بينهما بالعودة إلى قيم المنحنى النيتروني، فإذا كان له قيم مسامية (أكبر من 1) هذا يعني بأنه حجر رملي أما إذا لوحظ إقتراب المسامية النيترونية من الصفر، فإن ذلك دليل على وجود الغاز.
- تعطي قيم القياس النيتروني مسامية كلية للتشكيلة، لذلك فهي تتأثر بالموائع والعناصر الشرهة للنيترونات، إضافة للغضار. يحتاج هذا التأثير إلى تصحيحات

الفصل الثالث

من منحنيات القياسات المسامية الأخرى، بالتالي تعمل هذه القياسات وفق تكامل وترابط، يجب أخذه بعين الاعتبار عند تحديد المسامية.

يمكن تلخيص استجابة هذه القياسات أمام أنواع الليثولوجيا المختلفة بالشكل العام للمنحنيات التي تعطي بصمة (نقاطع منحنيات معين) تدل على كل نوع ليثولوجي كما في الشكل (3-1).



الشكل (3-1): أشكال استجابة منحنيات النيترونية-الكثافة (Schlumberger, 1989)

أما بالنسبة للقياس الصوتي فإنه يعطي قيم أزمنة ارتحال منخفضة في الصخور المترابطة، والتي تتميز بكثافة عالية، فيما يحدث العكس في الصخور المفككة أو ذات المسامية العالية. ويحدث مشاكل في هذا النوع من القياس في حال الصخور الكلسية ذات المسامية الفجوية (Vugs)، فيما يسمى بظاهرة غياب الدور. ويبين الجدول (2-1) ثوابت أزمنة الارتحال والكثافية لبعض أنواع الليثولوجيا.

وهنا يجب الإشارة إلى أن جميع المنحنيات تعمل بانسجام مطلق بالنسبة للتغيرات الليثولوجية، لذلك يتم التفسير بالاعتماد على قراءات كافة المنحنيات، ومراقبة التغيرات التي تطرأ على كل منحني بدقة من أجل التفسير الصحيح.

1-5- قياسات المقاومة الكهربائية (Resistivity Logs):

تسهم بشكل رئيس في تحديد إشباعات المواع التي تملأ التشكيلات الخازنة، فمن مراقبة شكل منحنيات القياسات المقاومة (الضحلة و المتوسطة و العميقة) والقيم التي تأخذها، يمكننا تحديد الليثولوجيا بشكل مبدئي، حيث تأخذ قيماً عالية جداً في حال الإشباعات الهيدروكربونية ، ومنخفضة في حال الإشباعات المائية ، حسب درجة ملوحتها، كما تسهم في تمييز التشكيلات الخازنة من الكتيمة عن طريق مراقبة الإختلافات في قيم قياسات المقاومة ذات أعماق الاختراق المختلفة أمام نفس التشكيلة، فإذا كانت منطبقة فإنها تدل على تشكيلة كتيمة عديمة النفاذية لا تحوي مواع، وإذا كانت متباعدة فإنها تدل على تشكيلة مسامية، تحوي مواع معينة يمكن تحديدها من قيم المقاومة المسجلة وبالتالي يمكننا من استثناء الطبقات التي تطابق أمامها التسجيلات المقاومة من التشكيلات الخازنة.

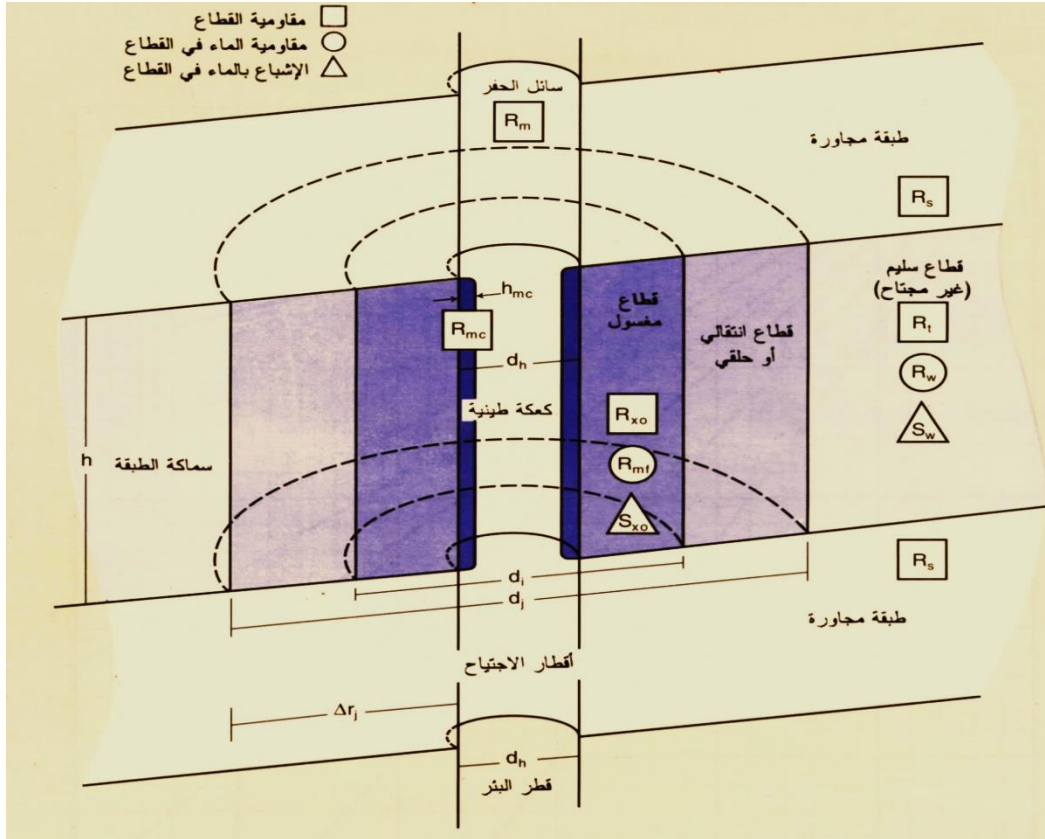
وبشكل عام يتم التفسير بالاعتماد على كافة القياسات، أي أنها تكون متكاملة، ويتم التأكد من العامل المحدد (ليثولوجي أو إشباع) من كافة القياسات كونها تستجيب بشكل متناسق لأي تغير حاصل. ففي حال زادت المسامية امام تشكيلة خازنة تحوي نפט وماء مع بقاء قيم المقاومة ثابتة، فإن ذلك لا يدل على بقاء نسبة الإشباعات ثابتة، بل على زيادة في قيمة إشباعات النفط. وتفسير ذلك كون التيار الكهربائي ينتقل عبر الماء، وبسبب بقاء الكمية المائية ثابتة، تبقى كمية التيار الكهربائي، التي تمر عبر التشكيلة ثابتة، مما يعطى نفس القيم للمقاومة.

تصحح بعض القياسات بالنسبة لظروف البئر، نوع سائل الحفر وكثافته وأعماق الإجتياح، ويتم ذلك وفق مخططات محددة، وضعت من قبل شركة شلمبرجير.

وأحيانا يتم استبعاد أحد القياسات من التفسير كونه يأخذ قراءات خاطئة في شروط معينة للبئر مثال ذلك القياسات الصوتية في حال وجود تكهفات في جدار البئر كونها الأعلى حساسية في حال تغيرات جدار البئر وعلى هذا يمكن القياس.

2- عوامل التفسير (Parameters Of Interpretation):

تتوزع في حفرة البئر مجموعة من العوامل التي تعنى بتحديد القياسات الجيوفيزيائية البئرية، حيث أن لكل سابرة آلية عمل معينة ومختصة بتحديد عامل أو عدة عوامل، يبين الشكل (2-3) توزع المقاوميات والإشباعات وأقطار القطاعات المختلفة (مجتاح - انتقالي - نظيف) وتأثيرات اجتياح سائل الحفر عليها.



الشكل (2-3): توزع المقاوميات والإشباعات حول حفرة البئر (Schlumberger, 1989)

حيث أن :

- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| d_n : قطر البئر | R_{mc} : مقاومة الكعكة الطينية |
| d_i : قطر اجتياح سائل الحفر | R_{mf} : مقاومة راسح الحفر |
| h_{mc} : سماكة الكعكة الطينية | R_{xo} : مقاومة النطاق المغسول |
| | R_w : مقاومة المياه الطبقيية |
| | R_m : مقاومة سائل الحفر |
| | R_t : المقاومة الحقيقية للتشكيلة |
| | R_s : مقاومة الصخور المحيطة |

من أجل تحليل وتحديد الخواص البتروفيزيائية للشكيلة الخازنة، يتم إجراء المعايرات (معايرة على الحجر الرملي) للسواير التي يتم انزالها في البئر، وأخذ القراءات على شكل أرقام يدل كل منها على قياس عامل معين، حسب نوع السابرة المستخدمة والهدف من القياس، ومن أجل المباشرة بعمليات التفسير للقياسات الجيوفيزيائية البئرية لتحديد الخواص البتروفيزيائية يجب تحديد عدة عوامل وهي:

2-1-1- مقاومة المياه الطبقة الحاملة للهيدروكربون R_w .

2-2- المقاومة الحقيقية للتشكيلة الخازنة R_t .

2-3- مقاومة سائل الحفر R_{mf} .

2-4- قياس تدرج الحرارة مع العمق $Temp$.

2-5- ثوابت علاقة آرشي n, m, a .

2-1-1- تحديد قيمة مقاومة المياه الطبقة R_w (water resistivity):

يتم تحديد قيمة مقاومة المياه الطبقة في الطبقة الخازنة (Aquifer) من أجل تحديد قيم الإشباع بدقة ولتعيين قيمة R_w فإنه يمكن بعدة طرق:

2-1-1- الطريقة الأولى: يتم من خلال أخذ عينات مائية من الطبقة الخازنة وتحليلها مخبرياً بعد التخلص من كل المواد الأخرى التي تحويها، والتي قد تسبب أخطاءً في قراءة المقاومة، مع مراعاة إجراء القياسات في درجات حرارة مماثلة للحرارة، التي أخذت فيها العينة (حرارة التشكيلة الخازنة التي أخذت منها) حيث أن للحرارة تأثير كبير على المقاومة (علاقة عكسية).

2-1-2- الطريقة الثانية: يتم أخذها مباشرة من قيم قياسات المقاومة المسجلة أمام التشكيلة الخازنة (بالنسبة للطبقة المائية الحاملة). لكن هذه القراءات تتميز بالحساسية العالية، ويتوجب توفر شروط دقيقة ومحددة من أجل اعتمادها، كقيم صحيحة للمقاومة المياه الطبقة R_w ، والشروط هي:

- طبقة عديمة الغضار (بحيث لا تؤثر المياه الممتزة والمرتبطة بالغضار على دقة القياس)

- النطاق ذو المسامية الأعلى Φ_{max} من التشكيلة الخازنة.
- أخذ أقل قيمة لـ R_w يتم الحصول عليها بعد تطبيق الشرطين السابقين.

2-1-3- الطريقة الثالثة : يمكن تحديد قيمة R_w من مخططات (Pickettplot) والتي تتكون من تقاطع ثلاث قيم للقياسات، وهي:

- قيم المقاومة العميقة R_{ILM} وتعتمد على المحور X.
- قيم المسامية النيترونية CNCM وتعتمد على المحور Y.
- قيم الإشعاعية GR بدون النشاط الإشعاعي لمركبة اليورانيوم (U) التي تدل على الغضار (KTH) ، ويتم اعتمادها على المحور Z.

❖ إن أفضل الطرائق السابقة هي الطريقة الأولى، لكنها ليست متوفرة دائماً، ويمكن الاستعاضة عنها باستخدام المخططات (Pickettplot) كما سيطبق في هذا البحث.

2-2- المقاومة الحقيقية للتشكيلة الخازنة (true resistivity)Rt:

تحدد مقاومة النطاق غير المجتاح (النظيف) من أجل الحصول على قيم دقيقة للإشباع الحقيقية، من خلال قراءات سابرة المقاومة العميقة R_{deep} ، وتصحيحها بحذف قيم المقاومة الضحلة R_{xo} التي تمثل مقاومة التشكيلة المملوءة بسائل الحفر، عوضاً عن المائع الحقيقي للتشكيلة ، وذلك كون قراءات المقاومة تكون تراكمية مع العمق ، أي تمثل مجموع مقاومة السماكة الصخرية بدءاً من جدار البئر وصولاً إلى النطاق غير المجتاح.

2-3- مقاومة راسح الحفر R_{mf} :

يتم تحديد مقاومة سائل الحفر مخبرياً على السطح قبل أن يتم حقنه في البئر، وذلك من أجل تصحيحات قيم المقاومات المقيسة، وحسب نوع المواد الداخلة في تركيب سائل الحفر، تتغير مقاومته بشكل كبير، فيمكن أن يكون ذو مقاومة عالية جداً، أو عازلاً في حال كان ذو أساس نفطي OBM ، أو أن يكون ذو ناقلية عالية جداً في حال استخدام سائل حفر مالحة، ذات أساس مائي WBM عند مصادفة طبقات ملحية ، وذلك منعاً لذوبانها أو تدهمها.

2-4- التدرج الحراري (Temperature Graduation):

يتم قياس الحرارة على امتداد البئر بدءاً من السطح حتى أعرق نقطة في البئر، لكونها ذات أهمية في تدقيق قيم القياسات البئرية خاصة قياسات المقاومة التي تتأثر بشكل كبير، حيث يتم تصحيح القيم المقيسة بالنسبة لدرجة الحرارة الموافقة لعمق القياس ، ومن الجدير بالذكر أنه من الممكن أن تصادف مناطق ذات شذوذ حراري، ضمن البئر. لذلك، يجب أخذ قراءات دقيقة باستخدام جهاز ثيرموميتر ذو حساسية عالية للتغيرات البسيطة.

2-5- ثوابت علاقة آرشي (m، n، a):

يتم تحديدها مخبرياً على شرائح مجهرية من أجل عمليات حساب الإشباع، ويؤثر في تحديد هذه الثوابت جميع العوامل المؤثرة على المسامية، مثل حجم الحبات و تجانسها وارتصاصها، وكمية و نوع الملاط الذي يربط الحبات.

تأخذ هذه الثوابت قيمة معينة حسب الليثولوجيا المكونة، ولا تتغير بشكل كبير. وبسبب الصعوبات في تحديدها، تم اجراء دراسة موسعة على عدد كبير من العينات الليثولوجية لوضع قيم معيارية ثابتة لهذه العوامل في حال عدم توفر الامكانية لتحديدها مخبرياً وهي:

a (ثابت): يتعلق بحجم الحبات وارتصاصها وتجانسها، تتراوح قيمته في من 0.81 بالنسبة للرمال المفككة و تصل إلى 1 في الرمال المتراسة.

m (أس السمنتنة او التملط): يتعلق بالملاط الذي يربط بين الحبات، وبشكل المسام أي بسهولة انتقال التيار الكهربائي في الفراغات ، وتقدر قيمته ب 2.

n (أس الإشباع): تعطي معظم العينات الصخرية قيمة لأس الإشباع تساوي 2 إلا إذا تبين قيمة مختلفة بالتحاليل المخبرية (Rider. M، 2002)

❖ ملاحظة: تأخذ هذه الثوابت قيمة مختلفة حسب الطبيعة الليثولوجية للتشكيلات الخازنة. حيث من الممكن أن تأخذ m قيم تصل إلى 2.2 في الصخور المتراسة وقد تصل إلى 3 في الصخور الاولييتية، كما يمكن أن تنخفض قيمتها عن 2 في الصخور الكربوناتيية ذات المسامية الشقية.

3- تسلسل خطوات التفسير (Steps Of Interpretation):

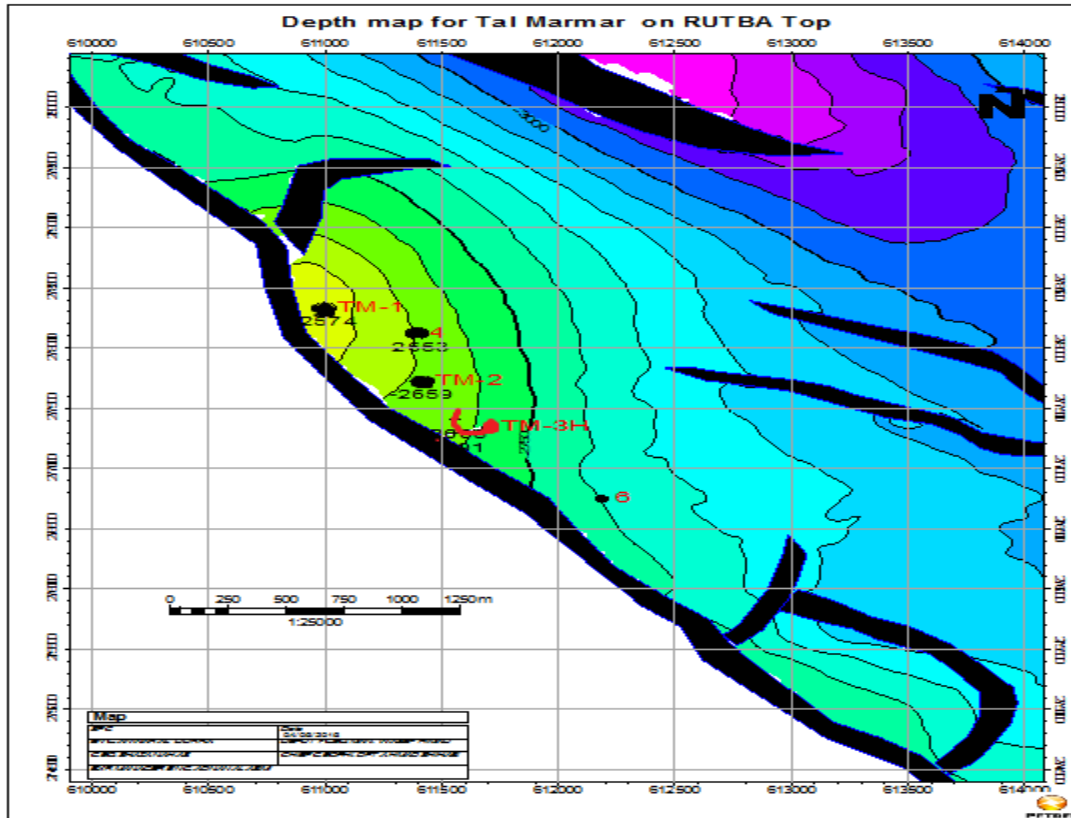
يتكون التركيب المدروس من حقلين متجاورين (تل مرمر - شرق تل مرمر)، يتم اختراق تشكيلة الرطبة بأعماق مختلفة، حيث سيتم تفسير آبار كل حقل على حدى، وربط نتائجها ثم مقارنة النتائج بين آبار الحقلين.

ستحدد في كل بئر، قيم مسامات وإشباعات معينة، وتحدد باتباع عدة خطوات لمراحل التفسير، وذلك وفق التسلسل التالي:

- 1- ترويسة البئر (Header Well) - (ينفذ من أجل كل بئر في الحقل).
- 2- تحديد مقاومة المياه الطبقيية (Water Resistivity) - (تنفذ من أجل بئر وتطبق على كامل الحقل).
- 3- وضع مخططات ومدرجات تكرارية توضيحية (Plotts & Histograms) - (ينفذ من أجل كل بئر في الحقل).
- 4- تحديد عوامل التفسير المتعلقة بالغضار (Shale parameters) - (ينفذ من أجل كل بئر في الحقل).
- 5- قراءة وتحديد تشكيلة الرطبة من المنحنيات الأولية (ينفذ على بئر واحدة لتطبيق نتائجها على كافة آبار الحقل).
- 6- تحديد الحد العلوي والسفلي لتشكيلة الرطبة (ينفذ من أجل كل بئر في الحقل).
- 7- تحديد مواصفات النطاقات ضمن تشكيلة الرطبة (ينفذ من أجل كل بئر في الحقل).
- 8- حساب الإشباعات في كل نطاق (ينفذ من أجل كل بئر في الحقل).
- 9- تغيير أحد معاملات التفسير ودراسة تأثيره (ينفذ من أجل كل بئر في الحقل).

4- حقل تل مرمر

تم في هذا الحقل دراسة أربعة آبار اختيرت مواقع حفرها، وفق المناطق الأعلى لتشكيلة الرطبة. حيث حفرة البئر رقم(1) في أعلى نقطة من الحقل، تلاها البئر رقم(4) الذي كان أعمق ثم البئر رقم(2) أكثر عمقاً وأخيراً البئر رقم(3)، التي حفرت بالخطأ، باتجاه الفالق الذي سبب الإغلاق ثم أعيد توجيهها ليحفر بشكل أفقي باتجاه تشكيلة الرطبة مع إجراء التصحيحات اللازمة لسماكة الطبقات المخترقة. كما تم لاحقاً حفر البئر رقم(5)، ولكن دون أن يتم إجراء قياسات بئرية لها بعد، وكذلك تم توقيع مكان لحفر البئر رقم(6) كما في الشكل (3-3).



الشكل (3-3):مواقع آبار حقل تل مرمر (SPC,2010)

بسبب تشابه الخطوات المنفذة في هذه الدراسة على كل بئر في الحقل، ومنعاً للتكرار سنقوم بتنفيذ كل خطوة من خطوات التفسير السابقة على البئر رقم (4) وشرحها بالتفصيل، ثم تعميم ذات المعادلات المستخدمة بكل خطوة ولكل بند من بنود التفسير على باقي الآبار مع تنويه مبسط في حال وجود أية ملاحظة، بحيث توضع النتائج دون تكرار الشرح .

5- البئر رقم (4)

5-1- احداثيات البئر

X : 611 xxx y : 278 xxx

الارتفاع : KB = 232m (الارتفاع عن منصة الحفر)

GL=223m (الارتفاع عن سطح الأرض)

عمق البئر : 3105m

قطر رأس الحفر : 8.5" Inch

سائل الحفر المستخدم : WBM

القياسات التي تم اجراؤها في البئر :

العمق	القياس
1400-3105 m	MSFL , DLL , CNL , SGR , ZDL , CNCM , BHC
0-3105 m	GR , CAL , SP

مؤشرات (شواهد) الهيدروكربون :

لوحظت دلائل هيدروكربونية على شكل فقاعات غازية في الأعماق بين :

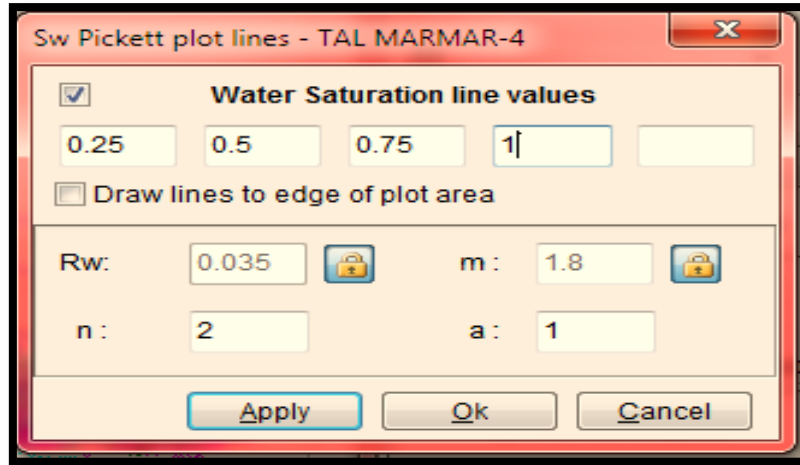
(2905 - 2918)m

5-2- تحديد مقاومة المياه الطبقيّة R_w :

يتم تحديد مقاومة المياه الطبقيّة بدقة من أجل الحصول على نتائج صحيحة وذات موثوقية. سيتم في هذا البحث تحديد قيمة مقاومة المياه الطبقيّة من طريقة (PickettPlot)، وهي طريقة يستخدم فيها مخطط، تتوزع فيه قيم لتقاطع ثلاث قياسات، وهي القياس النيتروني CNCM والذي يمثل وفق المحور (X)، والمقاومة العميقة R_{deep} والذي يتم تمثيلة علة المحور (Y)، والمحور الثالث (Z) يمثل قياس النشاط الإشعاعي المصحح KTH . ويجب افتراض مقياس لوغاريتمي لتمثيل كل من قيم المقاومة العميقة والقياس النيتروني.

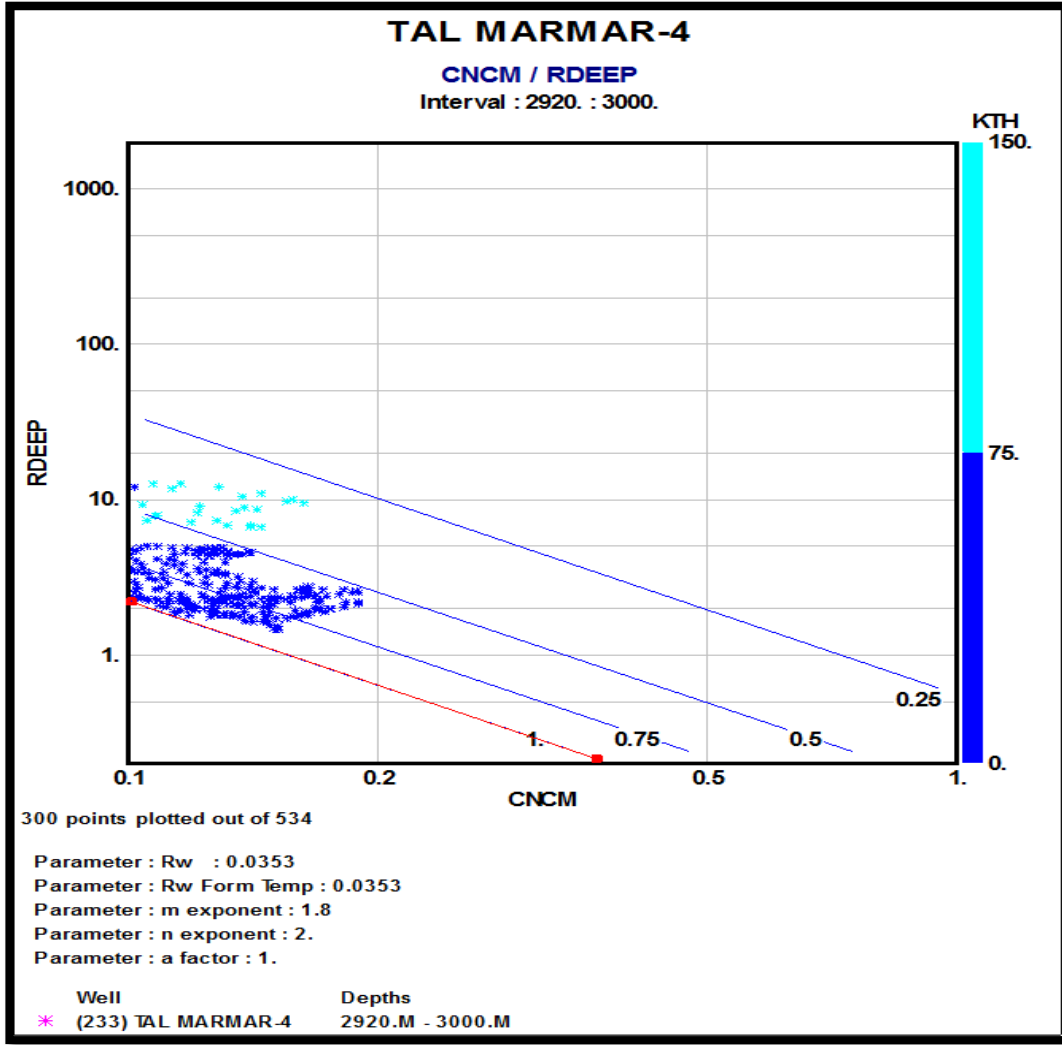
تدخل هذه القيم من أجل العمق الموافق للنطاق الحامل للماء في التشكيلة الخازنة المدروسة، ولكن في حال عدم وجودها، كما هو الحال في هذه الدراسة، فإننا نبحث عن أقرب تشكيلة مجاورة حاملة للماء وقد تم اختيار تشكيلة السيرجللو، التي تقع مباشرة أسفل تشكيلة الرطوبة حيث لوحظ فيها طبقة حاملة للماء.

بعد ذلك يتم ادخال قيمة أس السمنتة (m) المعتمد، وقيمة الثابت (a)، وأس الاشباع (n)، كما في الشكل (3-4):



الشكل (3-4): مدخلات تحديد المقاومة الطبقيّة المائيّة (R_w)

يدل القسم العلوي على نسب الاشباع المائيّة (S_w) والتي تمثل على الشكل وفق خطوط، ومن ثم يتم إزاحة الخطوط والتعديل على قيمها حتى وصول خط الاشباع المائي ذو القيمة (1) لأول مجموعة من القيم الممثلة في المخطط، وفي هذه الحالة تكون قيمة R_w هي قيمة مقاومة المياه الطبقيّة، كما في المخطط (3-1).



المخطط (3-1): مخطط PickettPlot لتحديد قيمة مقاومة المياه الطبقيّة R_w

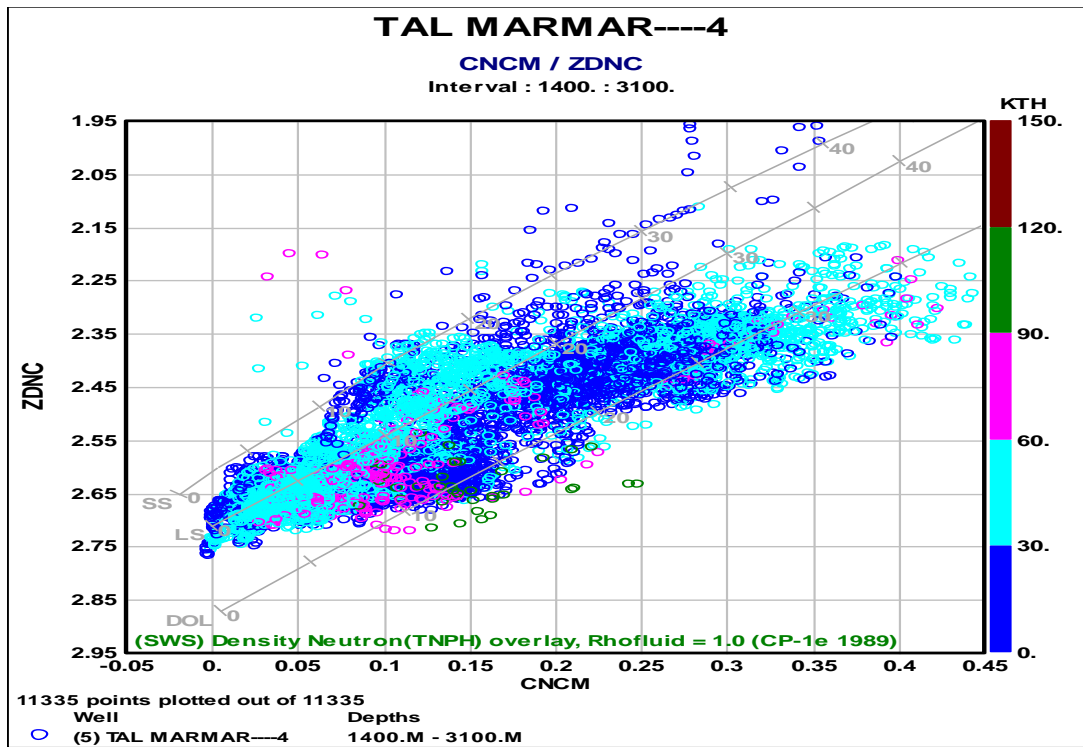
يبين المخطط (3-1) توزيع نقاط القياس وقيم الأشباع المائي المعبر عن كل محور، فيما يدل اللون الأحمر على قيمة (طول) أس السمّنتة، بحيث يمكن من خلال تحريك المحور تعديل قيمه من أجل الحصول على القيم الصحيحة.

يوجد في أسفل المخطط قيمة مقاومة المياه الطبقيّة R_w والتي تساوي (0.035 $\Omega.m$) التي سوف تعتمد من أجل باقي آبار الحقل، ويتضح أسفلها قيم العوامل المدخلة (m , n , a).

5-3- وضع مخططات ومدرجات تكرارية (هستوغرامات) توضيحية.

تهدف هذه الخطوة إلى الحصول على معطيات أولية عن التشكيلات المخترقة، ومعلومات تساعد في عمليات التفسير الدقيق للخواص الخزنية.

يمكننا تمثيل قيم القياسات الكثافية والنيوترونية والإشعاعية كل منها على محور معين موافق للمخططات التي وضعت من قبل شلمبرجير للتفسيرات البئرية وليس اختيار عشوائي للمحاور، ليعطينا توزيع قيم القياس على خطوط ضمن المخطط كل خط منها يدل على نوع ليثولوجيا معينة، كما يتم تحديد أعماق معينة لتمثيل القيم المقیسة، كما في المخطط (2-3):



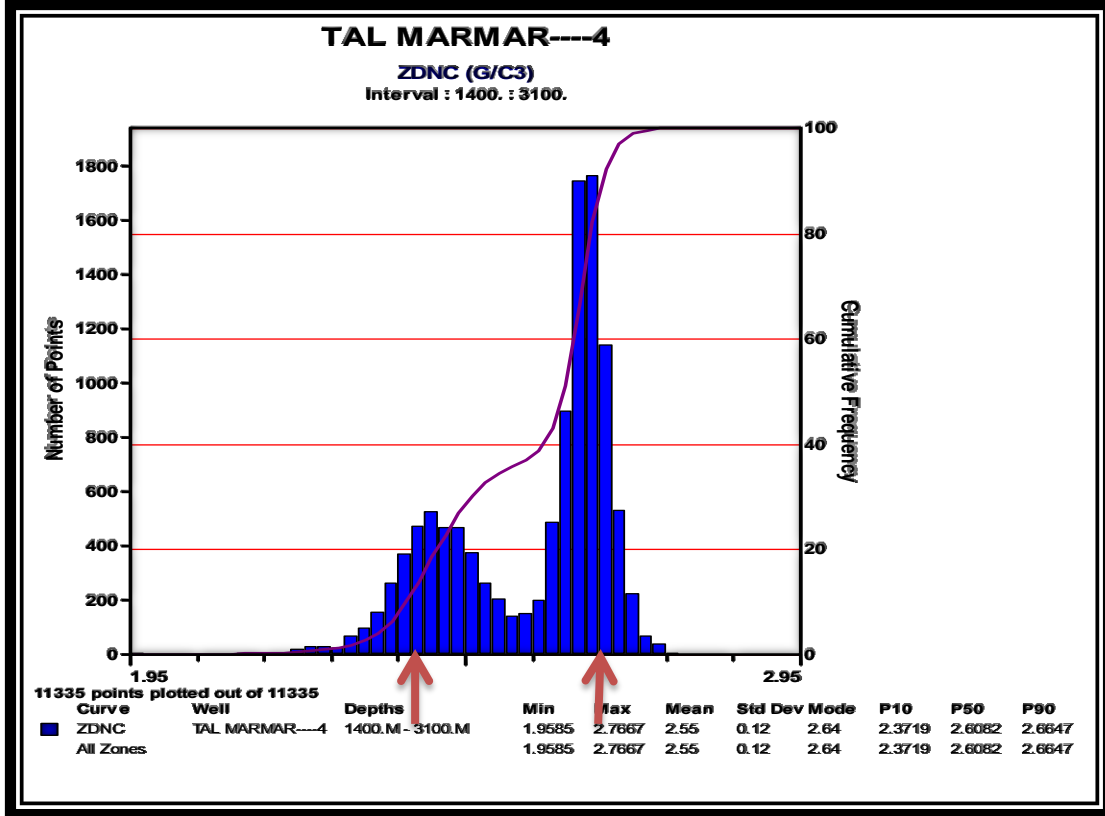
المخطط (2-3): مخطط توزيع قيم قياسات نيوترونية-كثافية-إشعاعية البئر رقم (4)

يتبين لنا ان الليثولوجيا السائدة بين العمق (1400-3100)m تتراوح بين الصخور الكربوناتية كالحجر الكلسي والدولوميت والحجر الرملي وفق القيم الممثلة، كما يمكن من خلال الألوان، التي تدل على النشاط الإشعاعي أن نميز بين الغضار والصخور الأخرى، فمثلا يدل (اللون الأزرق الفاتح والقاتم) على قياسات ذات نشاط إشعاعي أقل من (60API)، التي تمثل مجموعة غير غضارية، ومجموعة قليلة إلى حد ما من الصخور الغضارية (اللون الزهري الأخضر والبني)، وذلك حسب التوزيع لقيم النشاط الإشعاعي (المحور Z)، نلاحظ أن معظم القيم ذات نشاط إشعاعي منخفض (أقل من 60API)، وكذلك من خلال قيم القياس الكثافي

الفصل الثالث

(المحور Y) والقياسات النيترونية (المحور X)، التي بمجملها تعطينا دلالات ميدئية عن الوصف الليثولوجي للتشكيلات المخترة.

يمكن رسم مدرجات تكرارية لقياس معين، كتمثيل توزع قيم القياسات الكثافية وتمثيلها بشكل أعمدة، حيث المحور (X) يمثل قيم الكثافية، ويمثل المحور (Y) عدد مرات القياس ذات القيم المتماثلة كما في المدرج التكراري (هستوغرام) (3-1)



المدرج التكراري (3-1): توزع قيم القياس الكثافي البئر رقم (4)

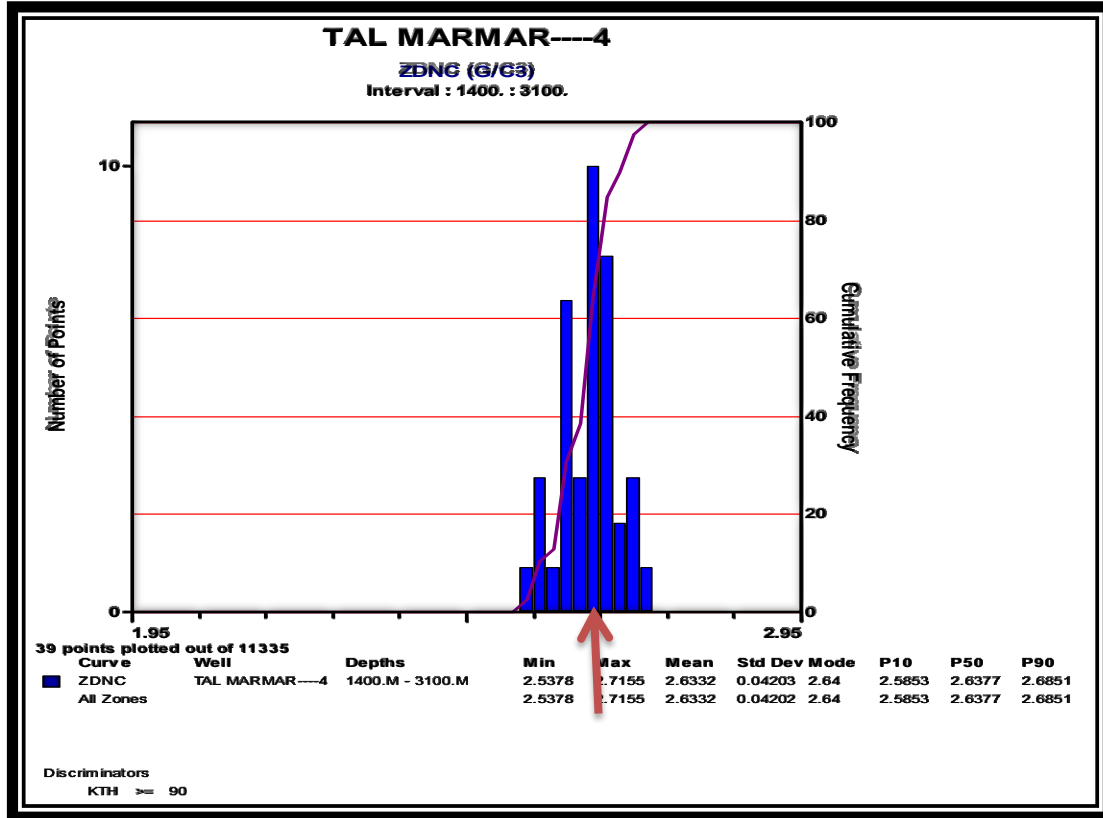
يظهر في هذا المدرج توزع قيم الكثافية (المحور X) للعمق بين (1400-3100) m، حيث يبين عدد مرات القياس (المحور Y) أن القياسات الكثافية (قياس كل 10cm) تتوزع على مجموعتين لهما قيم كثافية مختلفة :

المجموعة الأولى : ذات كثافة متوسطة 2.40 g/cm^3

المجموعة الثانية : ذات كثافة متوسطة 2.62 g/cm^3

الفصل الثالث

يمكن رسم مدرج تكراري للقياس الكثافي وفق عمق محدد وشروط محددة، كان نحدد له عمق يمثل سماكة تشكيلة ما نريد الحصول على كثافتها الوسطية، أو أن ندخل له بعض شروط التمثيل كأن نحدد له القيم ذات الامتصاص الكهروضوئي الأقل من (2) مثلا وهي قيم كثافية موافقة للتشكيلات الرملية. كما يمكن تحديد شروط معينة للقيم المراد إظهارها تساعد في حصر الاحتمالات لتحديد الليثولوجيا كما في المدرج التكراري (2-3).

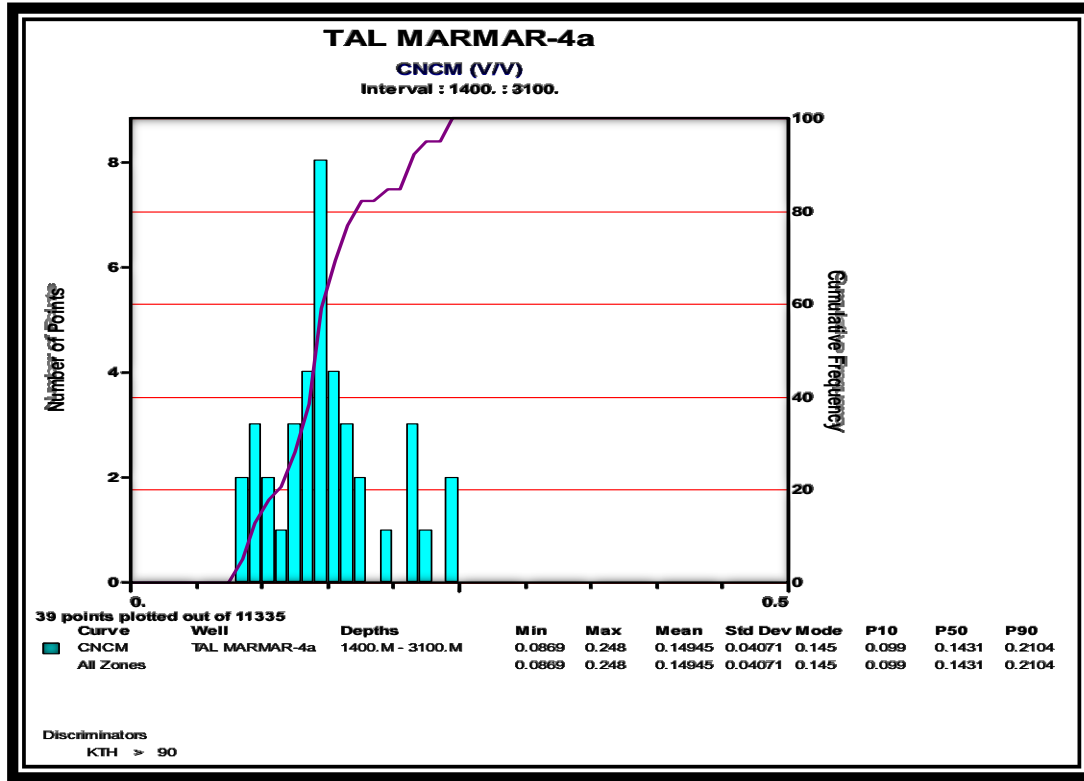


المدرج التكراري (2-3): توزيع قيم القياس الكثافي ذات (KTH>90) للبئر رقم (4)

يمكن من المدرج التكراري تحديد قيم الليثولوجيا ذات النشاط الإشعاعي (أكبر من 90) أي الغضار، ومنه تحديد كثافته التي تقدر (2.62 g/cm^3) ، ويفسر ذلك بأنها طبقات غضارية مضغوطة بشكل كبير أكسبها قيم كثافة عالية، يمكن تفسير ذلك بسبب تواجدها على اعماق كبيرة في منطقة ذات نشاط تكتوني، ولكن تبقى هذه القيم تقريبية حيث أننا قسمنا المجموعة الصخرية كاملة حسب النشاط الإشعاعي لذلك فإنه من الممكن، أن تشمل المجموعة الليثولوجية ذات النشاط الإشعاعي الأكبر من 90 ليثولوجيا غير الغضار، وبالتالي لا يمكننا اعتماد هذه القيمة بدقة ولكنها تسهم بإعطائنا قيمة تقريبية لكثافة الغضار الموجود في البئر وخاصة في التشكيلة الخازنة (الرتبة).

الفصل الثالث

نقوم بتمثيل قياسات المسامية النيترونية وفق شرط معينة، تدل على الغضار للمساعدة في تقدير مواصفات الغضار، الواجب تصحيح القياسات من أجلها، المدرج التكراري (3-3).



المدرج التكراري (3-3): توزيع قيم القياس النيتروني ذات (KTH>90) للبئر رقم (4)

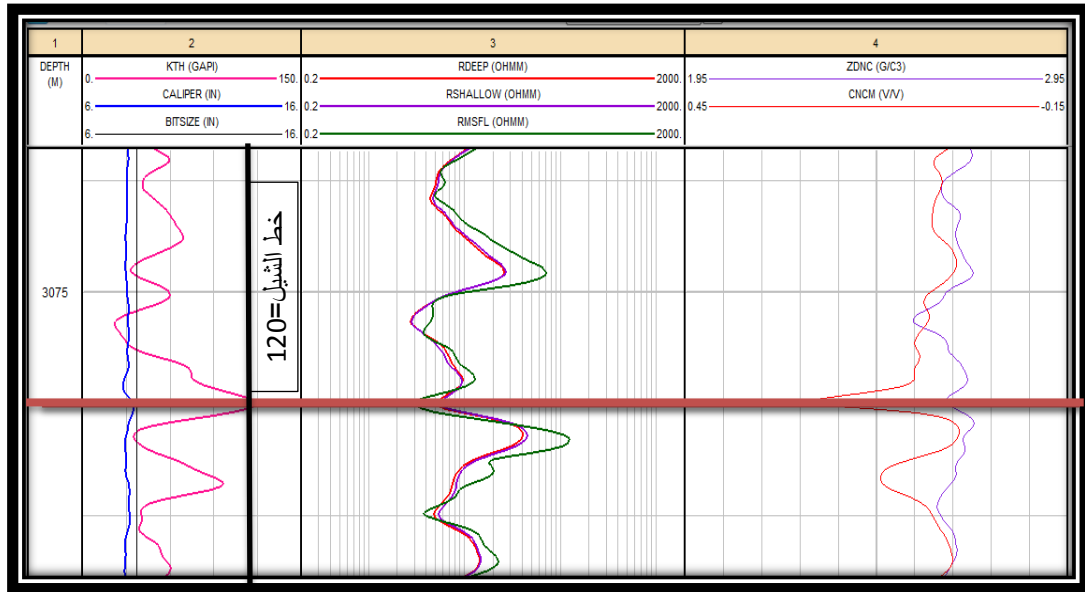
يبين المدرج (3-3) قيم المسامية الغضارية التي تعتبر مسامية غير فعالة وتؤثر تأثيراً سلبياً على مجمل المسامية، وبالتالي يجب حذفها من المسامية المقاسة، لتحديد المسامية الفعالة فقط، حيث نلاحظ أنه لفرز مجموعة الليثولوجيا ذات النشاط الإشعاعي العالي (المجموعة الغضارية) أنها ذات مسامية تساوي $\Phi=30\%$.

5-4- تحديد عوامل التفسير المتعلقة بالغضار .

يقصد بذلك تحديد خط الشيل الذي يدل على تشكيلة مكونة من غضار 100% من خلال القيمة العظمي للقياس الاشعاعي المصحح KTH أو الكلي GR، وكذلك تحديد مسامية الغضار في البئر المدروسة، ومتوسط كثافته، تؤخذ هذه القراءات من الطبقات الغضارية ضمن التشكيلة الخازنة أو القريبة منها، وذلك من أجل تحديد قيمة النشاط الاشعاعي للشيل GR_{sh} وهي القيمة التي توافق القيمة الأعلى (GR_{max}) في منحنى النشاط الاشعاعي المسجل امام الخزان .

وبالجهة المقابلة، نحدد من نفس منحنى القياس أقل قيمة مسجلة للإشعاع (GR_{min}) والتي تعبر عن تشكيلة رملية نظيفة.

من أجل البدء بالتفسير للحصول على العمود الليثولوجي نحدد عوامل الغضار كما في الشكل (3-5)، الذي يبين مجموعة منحنيات مسامية ومقاومية و منحنى النشاط الاشعاعي مقابل نطاق غني بالغضار ضمن التشكيلة.



الشكل (3-5): قراءات تشكيلة الغضار وتحديد خط الشيل القاعدي للبئر رقم (4)

تم اختيار هذا النطاق كونه يحوي على أعلى قيمة نشاط اشعاعي في التشكيلة الخازنة، كما يمكن أخذ هذه القراءات من الطبقات الغضارية القريبة من التشكيلة الخازنة، وذلك من أجل تحديد قيمة النشاط الاشعاعي للشيل GR_{sh} وهي القيمة التي توافق القيمة الأعلى (GR_{max}) (خط الشيل) في منحنى النشاط الاشعاعي المسجل أمام الخزان .

$$GR_{sh} = 120 \text{ من الملاحظ أنها تسجل قيمة :}$$

المرحلة الأولى:

تحدد قيمة النشاط الإشعاعي للحجر الرملي (خط الرمل) بأخذ أقل قيمة للإشعاع التي تصادف أمام التشكيلة الخازنة، أي التي تمثل نطاق مكون 100% من الحجر الرملي، حيث قدرت قيمتها:

$$GR_{St} = 15$$

أما بالنسبة لقيم المسامية الموافقة له، والتي يجب تحديدها من أجل حذفها من مجمل المسامية المقيسة أمام الخزان كونها مسامية غير فعالة فلا تدخل في حساب الاحتياطي الهيدروكربون و يتم قراءة المسامية مباشرة من المنحني :

$$\Phi_{sh} = 30\%$$

نلاحظ قيماً منخفضة للمقاومية وكذلك تطابق كافة منحنياتها (العميقة المتوسطة والضحلة) مقابل التشكيلات الغضارية فهو دليل على وجود الشيل في هذه المنطقة.

المرحلة الثانية:

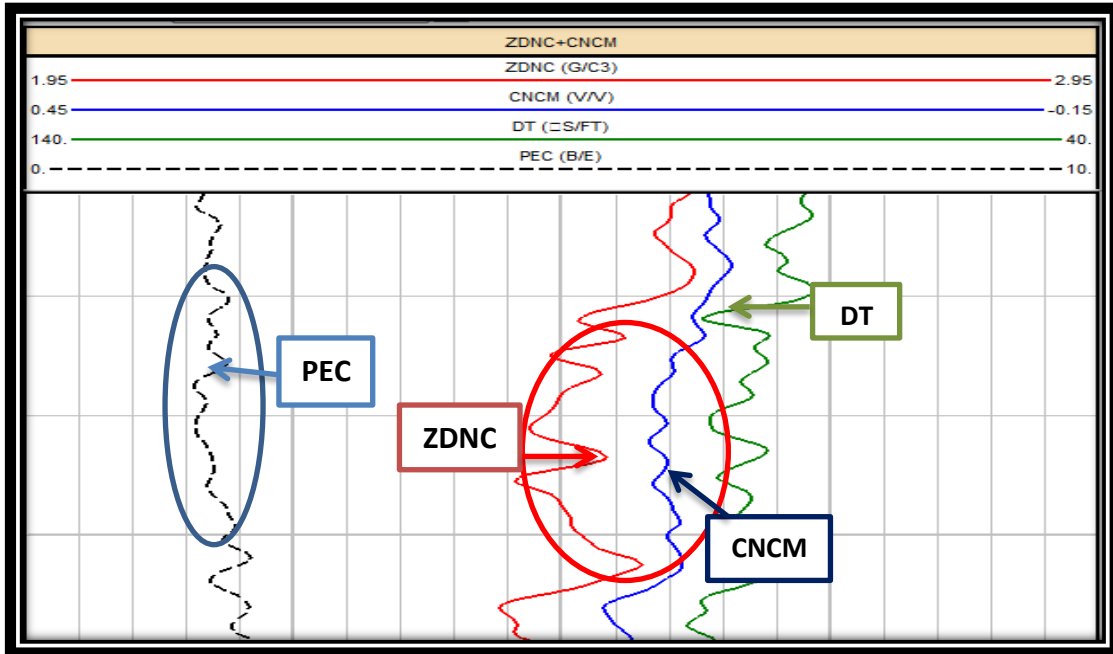
يمكن تحديد حجم الشيل الأعظمي (Shale Cut-off) الذي من الممكن ان تنتج عنده تشكيلة الرطبة الرملية من مخطط معين تحدد فيه المسامية الكلية تمثل على (المحور Y) للتشكيلة والنشاط الإشعاعي يمثل على (المحور X) وقد قدرت هذه القيمة بـ (27%) سيتم شرح هذا المخطط لاحقاً. وبالتالي ما هو أعلى من هذه القيمة فإنه يتم حذفه بتطبيق موديل مماثل، ولكن عديم الاشباع، أي يتم إخراج ذلك النطاق من حسابات الاحتياطي.

5-5 - قراءة وتحديد تشكيلة الرطبة من المنحنيات الأولية.

تهدف هذه الخطوة لقراءات شكل وجود تشكيلة رملية على منحنيات القياس المنفذة، بحيث طبقت هذه الخطوة على البئر رقم(4)، وعممت على الحقلين كون التشكيلة ذاتها في كليهما.

5-5-1- القياسات النيترونية - الكثافية:

من ملاحظة منحنيات هذه القياسات في الشكل (3-6) فإن المنحني النيتروني (المنحني الأزرق) يقع إلى يمين المنحني الكثافي (المنحني الأحمر) كما يلاحظ في (الدائرة الحمراء). وهذا دليل على أن التشكيلة هي تشكيلة رملية، وفي الحالة النموذجية (النظرية) تأخذ التشكيلات الرملية قيمة كثافة تساوي (2.65 g/cm^3) حيث تصادف هذه القيمة في حالة التشكيلة الرملية النقية عديمة المسامية (حالة نظرية)، حيث تعمل المسامية على تقليل هذه القيمة بنسبة موافقة لنسبة الفراغات الموجودة في التشكيلة، فيما تسجل المسامية من خلال المنحني النيتروني قيمة % (9 - 17)، وبالتالي انخفضت هنا قيمة الكثافة المسجلة للتشكيلة الرملية إلى (2.42 g/cm^3).



الشكل (3-6): قياسات (N - D - S)، وقياس PEC المعبرة عن الحجر الرملي (تشكيلة الرطبة)

يلاحظ ضمن هذه التشكيلة انعكاس المنحنيات، أي يصبح منحني القياس النيتروني على يسار القياس الكثافي، وهي بصمة الطبقات الغضارية على هذه المنحنيات، وكذلك يلعب نوع الإشعاع دوراً في ترتيب المنحنيات فيمكن أن يقع منحني القياس النيتروني على يسار المنحني الكثافي في حال التشكيلات الرملية وهذا دليل على وجود اشباع غازية. وتحدد هذه الاشباع و تؤكد بأخذ قراءات من باقي منحنيات القياسات البئرية (Schlumberger, 1989).

5-5-2- القياس الصوتي (المنحني الأخضر على الشكل(3-6)) :

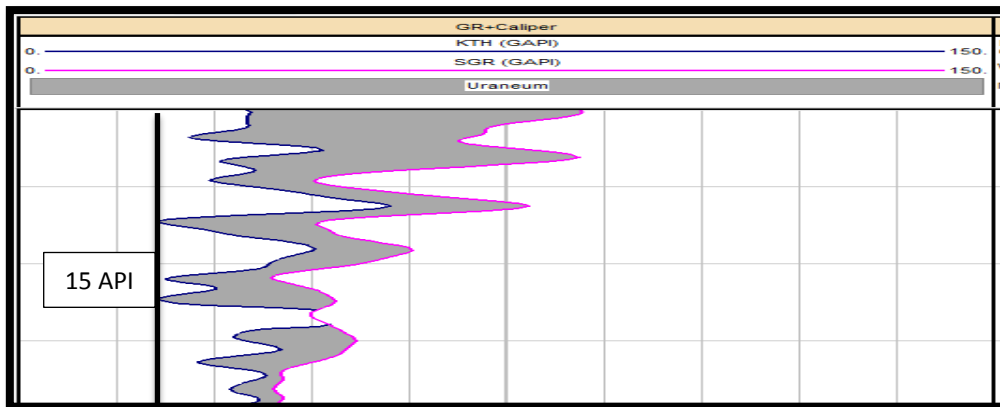
تحدد القياسات الصوتية أزمنة ارتحال الأمواج الصوتية خلال الوسط وتضرب بالمسافة الفاصلة بين المنبع الصوتي واللاقط لنحصل بالنهاية على السرعة. فكلما كان هذا الوسط (الصخر) متماسكاً أكثر وذا كثافة عالية كانت الأزمنة المسجلة أقل والسرعة أكبر. ويوجد قيم محددة لكل نوع ليثولوجي من التشكيلات حيث تسجل أزمنة الارتحال للتشكيلات الرملية ($55\mu s/ft$) إلا أن هذه القيمة مسجلة من أجل هيكل صخري رملي عديم الاشباعات والمسامية حيث نأخذ كذلك بعين الاعتبار أن وجود المسامات وإشباعها بالموائع يعمل على تغيير هذه القيم الثابتة حسب نوع المائع الذي يملأ المسامات ونسبة المسامات في التشكيلة ، أي تعمل على ابطاء سرعة انتقال الأمواج الصوتية خلالها وبالتالي تسجيل أزمنة ارتحال أكبر حيث سجلت سرعة الأمواج الصوتية بحدود ($75 - 80\mu s/ft$) حسب نسبة المسامية التي تصادف في النطاق المقيس وهناك علاقة طردية تربط بين أزمنة الارتحال ونسبة المسامية.

5-5-3- قياس الامتصاص الكهروضوئي PEC (المنحني الأسود على الشكل(3-6)):

يعطي هذا القياس قيمة ثابتة لكل نوع ليثولوجي، وهو أحد أنواع تفاعلات أشعة غاما في الصخر، تأخذ التشكيلات الرملية قيمة (1.8) وهي بلا واحدة، ويلاحظ أن هذه السابرة قد سجلت قيمة (1.8) تقريباً، وهذا دليل آخر على تشكيلة الرطبة ذات الليثولوجيا الرملية.

5-5-4- تسجيلات أشعة غاما:

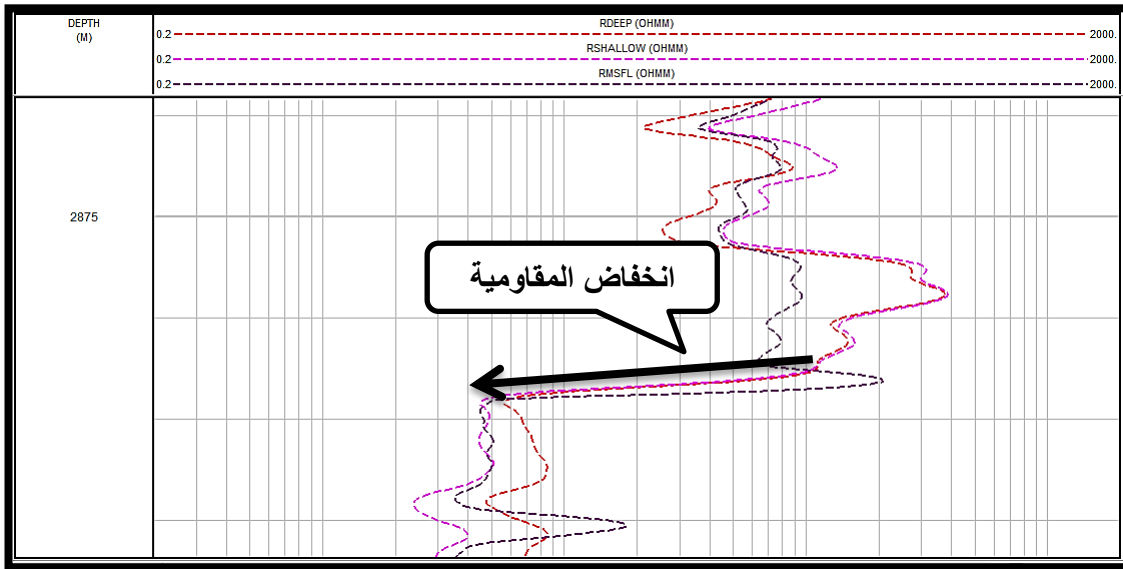
تتميز التشكيلات الرملية بنشاط اشعاعي منخفض، بعكس النشاط الاشعاعي العالي المسجل أمام الطبقات الغضارية، وهذا ما تم تسجيله أمام تشكيلة الرطبة والذي يساوي (15API) تقريباً كما في الشكل(3-7).



الشكل(3-7): قيمة الاشعاع المنخفض للحجر الرملي

5-5-5- القياسات المقاومة:

تعنى القياسات المقاومة بشكل رئيسي بتحديد الاشباكات وأنواع المواع التي تملأ المسامات، فأمام تشكيلة الرطبة الرملية هناك انخفاضاً واضحاً على منحنيات المقاومة المسجلة، لكنها ليست قيماً منخفضة جداً ولكنها أقل من القيم المسجلة في التشكيلة التي تعلوها عديمة الإشباعات، على عكس تشكيلة الرطبة ذات الاشباكات الهيدروكربونية، يأتي الانخفاض قيم المقاومة المسجلة أمام تشكيلة الرطبة ذات الاشباكات النفطية من وجود مياه بنسب مختلفة ضمن المسامات مختلطة مع النفط، وهي التي تلعب دور الوسط الناقل للتيار الكهربائي، وبالتالي في انخفاض القيم المسجلة للمقاومة عنها في تشكيلة التي تعلوها، كما في الشكل (8-3).

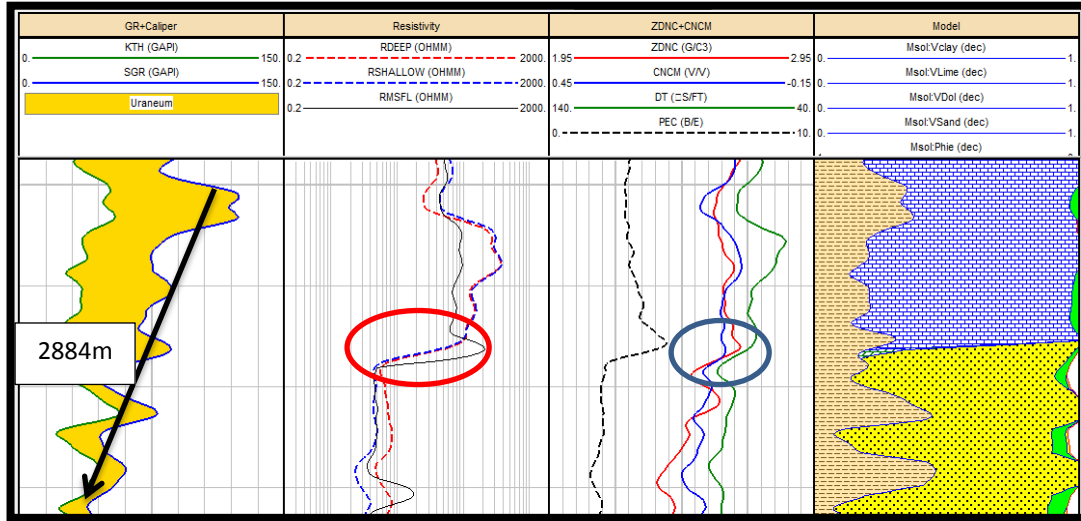


الشكل (8-3): انخفاض حاد لقيم المقاومة امام تشكيلة الرطبة الرملية

وكذلك من الدلالات المؤكدة للتشكيلات الخازنة، وجود تباعدات في منحنيات القياسات المقاومة الضحلة والمتوسطة والعميقة، بسبب الاجتياح الحاصل وبالتالي تبدل المواع الطبقة براشح الحفر، وهذا ما لوحظ أمام تشكيلة الرطبة الرملية، وانعدام التباعد أمام نطاقات الغضار ضمنها.

5-6- تحديد الحد العلوي والسفلي لتشكيلة الرطبة:

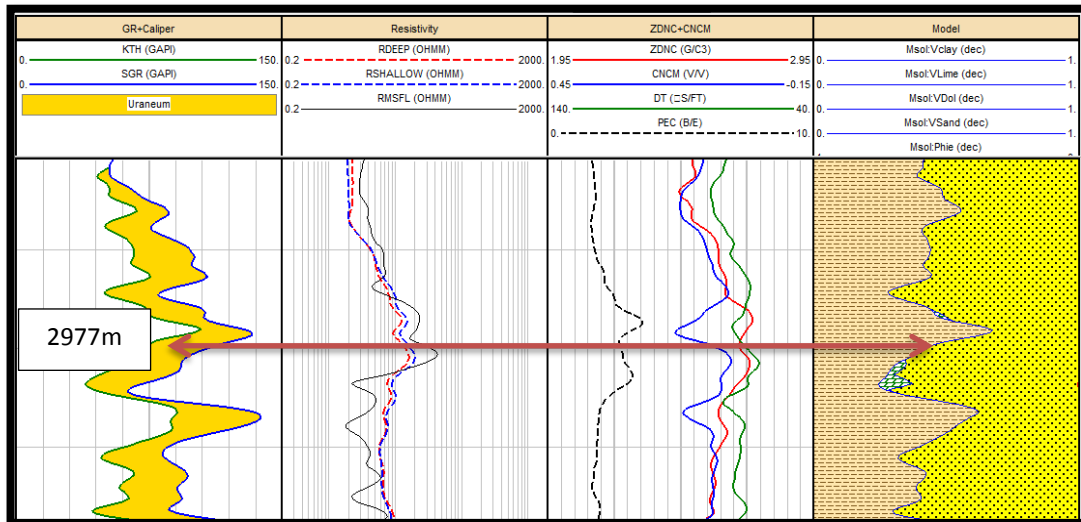
تم في هذه الدراسة تحديد الحد العلوي والسفلي لتشكيلة الرطبة ومن ثم تحديد النطاقات داخل التشكيلة، كما هو واضح من الشكل (9-3) يظهر الحد العلوي لتشكيلة الرطبة عند العمق (2884m) في البئر رقم (4).



الشكل (3-9): الحد العلوي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (4)

يظهر الانقطاع على كافة المنحنيات تقريباً وخصوصاً منحنيات المقاومة (المسار الثاني) من اليسار، وعلى منحنيات قياس المسامية (المسار الثالث)، وكذلك على منحنى النشاط الإشعاعي (المسار الأول) الذي يبدي انخفاضاً في قيمته .

أما بالنسبة للحد السفلي فهو أقل وضوحاً حيث تم تحديده على العمق 2977m ، كما هو واضح في الشكل (3-10)

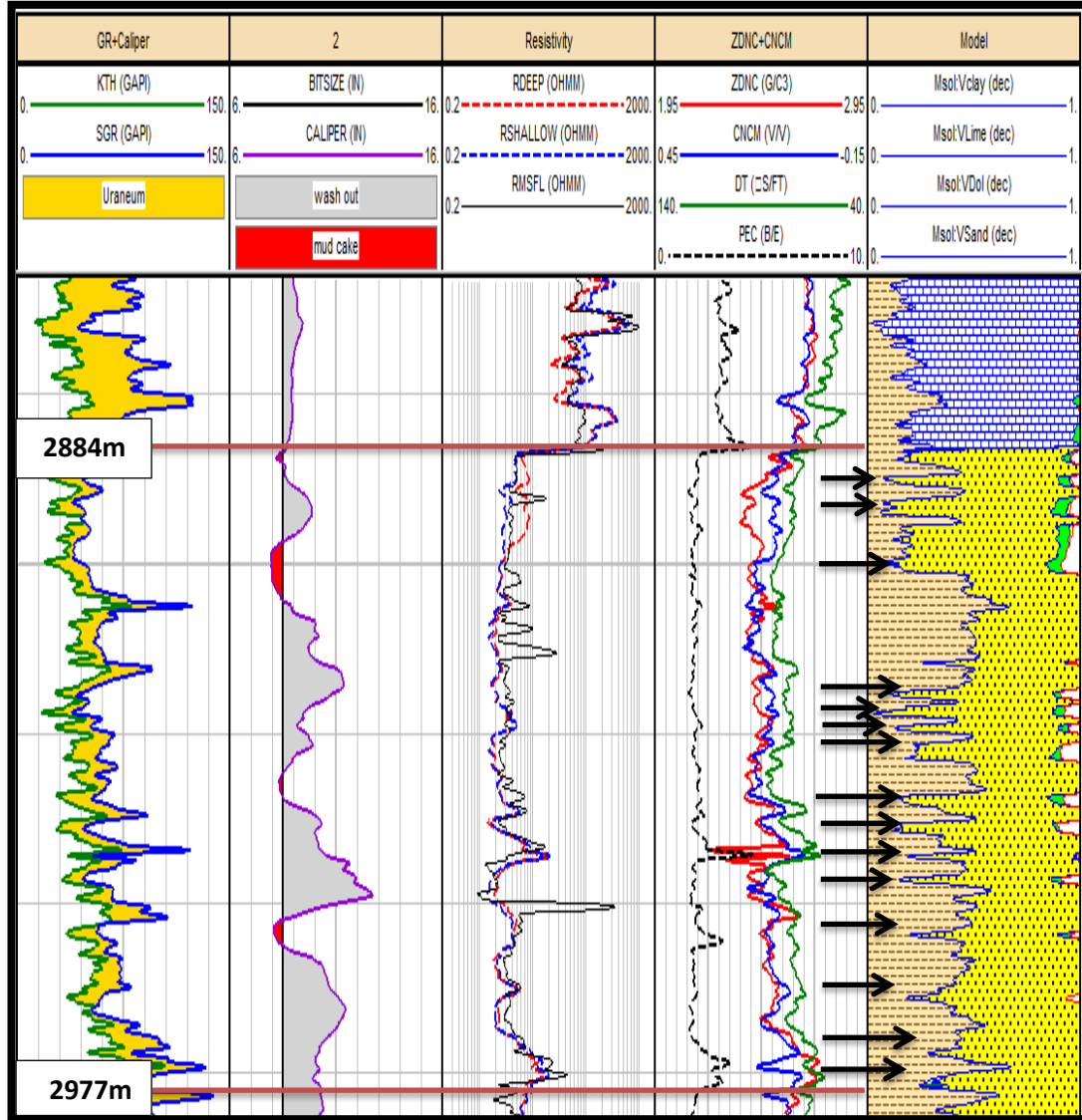


الشكل (3-10): الحد السفلي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (4)

ويتميز هذا الحد على قياسات المقاومة والقياسات الإشعاعية، ولكن بصورة أقل وضوحاً منه في الحد العلوي، وذلك بسبب مجاورته لحد تشكيلية السيرجلو، التي لها صفات ليثولوجية قريبة إلى حد ما من تشكيلية الرطبة، والتي تتميز كذلك بمأمولية نفضية.

5-7- تحديد مواصفات نطاقات تشكيلية الرطبة.

يبين الشكل (3-11) امتداد كامل تشكيلية الرطبة، أمام القياسات المسامية و الإشعاعية والمقاومية بحيث يمكن تقسيم التشكيلية إلى نطاقات خازنة وأخرى غير خازنة كما يلي :



الشكل (3-11): كامل سماكة تشكيلية الرطبة والنطاقات المنتجة في البئر رقم (4)

بعد تعيين حدود التشكيلية الخازنة تم حساب حجم الغضار في كل نطاق تم تحديده، وتحديد فيما إذا كان نطاقاً قابلاً للاستثمار (أي يحوي نسبة غضار أقل من 27%)، وذلك حسب العلاقة

حسب العلاقة التالية:

$$v_{sh} = \frac{GR_{log} - GR_{min}}{GR_{max} - GR_{min}}$$

الفصل الثالث

وبالتالي تقسيم التشكيلة الخازنة إلى عدة نطاقات منتجة وغير منتجة اعتماداً على نسبة الغضار الأعظمية التي تسمح للتشكيلة الخازنة بإعطاء الهيدروكربون

منه فقد قسمت التشكيلة إلى (15) نطاقاً خازناً (الأسهم السوداء) بسماكات مختلفة وبنسب غضارية مختلفة، وعدد مماثل لنطاقات غير منتجة.

وسيتم تطبيق العلاقات والمعادلات على النطاق الأول ومن ثم تطبيق ذات العلاقات على باقي النطاقات، كما في العلاقة التالية:

$$v_{sh} = \frac{36 - 15}{120 - 15} = 20\%$$

ومن ثم نقوم بتحديد المسامية. وبشكل عام فإن قيم المسامية غير متماثلة في كامل التشكيلة، بل تتميز بتغيرها في نطاقات معينة ضمن التشكيلة الخازنة، بحيث يؤخذ في النهاية قيمة متوسطة تمثل كامل المسامية في التشكيلة. كما يجب أن يتم حذف قيمة المسامية الناتجة عن الغضار التي تكون عديمة الفائدة كونها مسامية غير فعالة:

هذا وتؤخذ قيمة المسامية الكلية من قياس السابرة النيترونية:

نحدد قيمة المسامية الحقيقية والتي تساوي مجموع المسامية النيترونية والمسامية الكثافية مقسمة على 2. وبسبب كون هذه المساميات أكثر ثقة من المسامية الصوتية بكثير فإن المسامية النيترونية - الكثافية (Φ_{N-D}) ذات مصداقية أكبر بـ 5 مرات من المسامية الصوتية وفق العلاقات التالية :

وتقرأ المسامية النيترونية مباشرة من منحنى القياس النيتروني والتي تساوي:

$$\Phi_N = 9.3$$

أما المسامية الكثافية فتحدد من علاقة المسامية الكثافية :

$$\phi = \frac{\rho_{ma} - \rho_b}{\rho_{ma} - \rho_f}$$

$$\Phi_D = \frac{2.65 - 2.524}{2.65 - 1.16} = 8.45$$

$$\Phi_{N-D} = \frac{9.3 + 8.45}{2} = 8.875$$

وفي الخطوة الثالثة يتم حساب المسامية الصوتية:

$$\phi = \frac{t_{\log} - t_{ma}}{t_f - t_{ma}}$$

$$\Phi_{Sonic} = \frac{77 - 55}{189 - 55} = 15.8$$

نقوم بضرب المسامية النيترونية - الكثافية (Φ_{N-D}) بـ 5 ومن ثم نجمع المسامية الصوتية ونقسم الناتج على 6. أي أن للسابرة الصوتية في تحديد المسامية مصداقية (*Confidence*) واحد مقابل 5 أمثال للسابرة النيترونية أو الكثافية كما يلي :

$$\Phi_{Total} = \frac{\Phi_{Sonic} + (5 * \Phi_{N-D})}{6}$$

$$\Phi_{Total} = 11.3\%$$

نقوم بعدها بحساب المسامية الفعالة، وذلك بحذف المسامية الغضارية من المسامية الكلية كما في العلاقة التالية:

$$\Phi_e = \Phi_T - \Phi_{sh}$$

Φ_{sh} :المسامية الناتجة عن وجود الغضار

Φ_T :المسامية الكلية (النيترونية).

Φ_e : المسامية الفعالة.

ومن الضروري معرفة حجم الغضار من أجل حساب المسامية الغضارية، حيث تم حسابه سابقاً 20%، ومن ثم نقوم بجذائه بالمسامية 30%

$$0.2 \times 0.3 = 0.06$$

أي أن ما نسبته 0.06 من المسامية الكلية والتي تساوي (11.3%) هي مسامية تابعة للشيل وبالتالي فإنها تأخذ حيزاً من المسامية الكلية بمقدار:

$$(11.1/6)=0.019 \quad (1.9\%)$$

الفصل الثالث

نقوم بطرح هذه القيمة من قيمة المسامية الكلية لتصبح المسامية الفعالة تساوي

$$0.111 - 0.019 = 0.092 \quad (9.2\%)$$

أي أن المسامية التي يجب أخذها بالحسبان (المسامية الفعالة) تساوي = (9.4%)

نظمت النتائج بعد حساب جميع ما سبق من أجل كافة النطاقات المنتجة، وتنظيمها في

الجدول (3-1) وفق ما يلي:

جدول (3-1): مساميات وحجوم الغضار وسماكات النطاقات الخازنة في البئر رقم (4)

رقم النطاق Zone No.	السماكة Thickness (m)	حجم الغضار Vclay (%)	المسامية الكلية ϕ_T	مسامية الغضار ϕ_{sh}	المسامية الفعالة ϕ_e
1	2.3	20.0	11.1	1.9	9.2
2	1.8	10.8	11.8	1.6	10.2
3	2.9	13.6	13.7	2	11.7
4	7.4	11.9	13.5	1.8	11.7
5	0.4	25.8	11.2	3.8	7.4
6	1.4	11.3	13.8	1.7	12.1
7	1.8	14.1	14.1	2.1	12
8	1.2	12.7	12.4	1.9	10.5
9	2.5	22.1	15.0	3.3	11.7
10	1.8	16.2	15.8	2.1	13.7
11	2	16.0	14.3	2.4	11.7
12	0.8	19.6	2.9	2.9	5.8
13	1	15.1	16.0	2.2	13.8
14	0.7	19.8	13.7	3	10.4
15	1	18.8	9.5	2.8	6.7
المتوسط Average	1.93	16.5	12.5	2.44	10.0

5-8- حساب الإشباعات في كل نطاق:

تملأ الموائع الموجودة في فراغات صخر كل المسام أو معظمه ، بحيث يتكون هذا المائع من خليط ماء و النفط بنسب متباينة . ولحساب هذه الاشباعات، نقوم بحساب الاشباع المائي من علاقة آرشي كون الماء وسطا صافاً للتيار الكهربائي ، بعكس النفط الذي يعتبر وسط عازل .

يتم حساب الاشباعات المائية ، من علاقة آرشي للإشباع

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

نحصل من هذه العلاقة على الإشباع المائي الحقيقي (S_w) في القطاع العميق (غير المجتاح)، وللحصول على الاشباع الهيدروكربوني S_{hc} نقوم بطرح الاشباع المائي من كامل الاشباع 100% كما في العلاقة التالية:

$$S_{hc} = (100 - S_w)$$

من العلاقة السابقة نحصل على الاشباع الهيدروكربوني الكلي في التشكيلة، ولكن نظراً لكون النفط لا يتم انتاجه بشكل كامل من التشكيلة أي يبقى جزء منه ملتصق بحواف الحبات الصخرية وهو ما يسمى النفط غير قابل للانتاج (المتبقي)، فإنه يمكن حسابه من خلال تحاليل مخبرية للعينات لتحديد لزوجتها والخواص البتروفيزيائية لمعرفة خواصها الحركية.

يمكن من خلال القياسات البئرية المقاومة أن نحدد بشكل تقريبي حجم النفط القابل للحركة (الانتاج) في الآبار التي حفرت بسائل حفر ذو أساس نفطي، من خلال حساب حجم الماء الموجود في القطاع المجتاح و مقارنته بحجمه في القطاع النظيف، وذلك عند حساب الاشباع المائي في القطاع المغسول S_{xo} من علاقة آرشي، إنما بتبديل المقاومة الحقيقية R_t بالمقاومية في القطاع المغسول R_{xo} ، وتبديل مقاومة المياه الطبقيية R_w بمقاومية راسح الحفر R_{mf} ، لتصبح علاقة آرشي على الشكل التالي :

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

ويكون الفارق بين الاشباع المحسوب في القطاع العميق والمحسوب في القطاع المغسول هو النفط القابل للحركة كما في العلاقة التالية:

$$S_{hc(movable)} = S_{xo} - S_w$$

أي الماء الذي أدى إلى إزاحة النفط إلى داخل التشكيلة تحت تأثير ضغط عمود سائل الحفر هو الزيادة في اشباع الماء في القطاع المجتاح عنه في القطاع النظيف.

ولكن كما هو معلوم لكي يتم الحفر يشترط أن يكون الضغط الذي يولده وزن عمود سائل الحفر أكبر من ضغط التشكيلات المخترقة لمنع تدفق موائعها إلى داخل البئر، ولكن يجب ألا يكون الضغط الذي يولده سائل الحفر أكبر بكثير من ضغط التشكيلة، وبالتالي دفع الموائع بعيداً عن حفرة البئر مما يؤدي إلى تدمير التشكيلة الخازنة، وعدم انتاجها حتى إذا أزيل تأثير الضغط المؤثر عليها.

ما نريد التوصل إليه هو أن حجم النفط المزاح والمحسوب من فرق الاشباع المائية في القطاعين المجتاح والنظيف، لا يمثل القيمة الحقيقية للنفط القابل للانتاج، كون الفرق بالضغط بين التشكيلة وحفرة البئر، قليلاً جداً، فعند إزالة تأثير ضغط سائل الحفر تتحرك كمية نفط أكبر من تلك التي تتحرك نتيجة ازاحتها براشح الحفر، [يساعد تحديد النطاقات التي حدث فيها إزاحة للإشباع النفطية، بتأكيد قابلية النطاق للانتاج الهيدروكربوني].

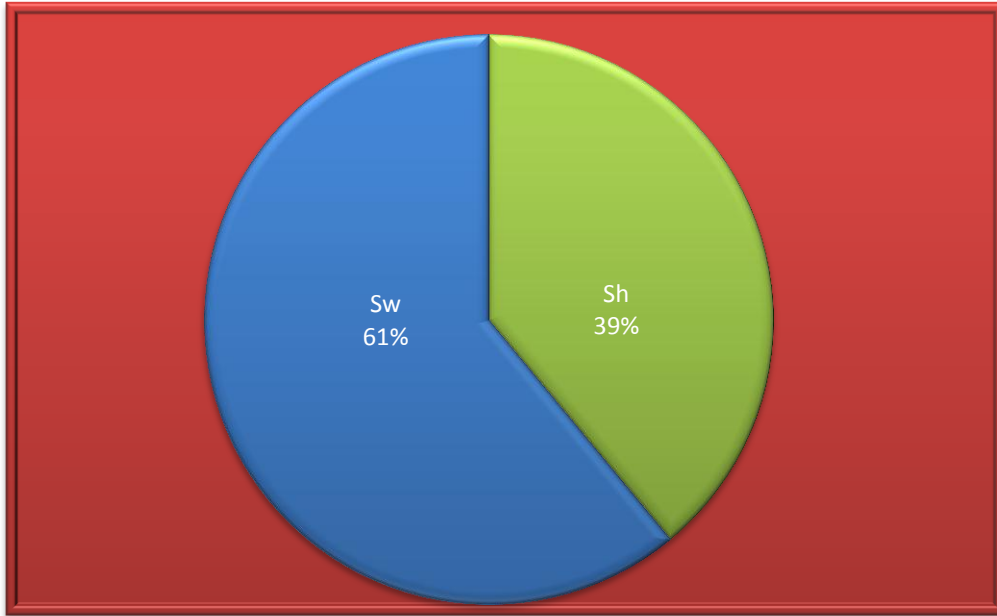
الفصل الثالث

يبين الجدول (2-3) قيم الاشباع المختلفة، التي تم حسابها لكل نطاق، وكذلك حساب متوسط هذه القيم في أسفل الجدول.

الجدول(2-3): إشباع النطاقات في البئر رقم(4)

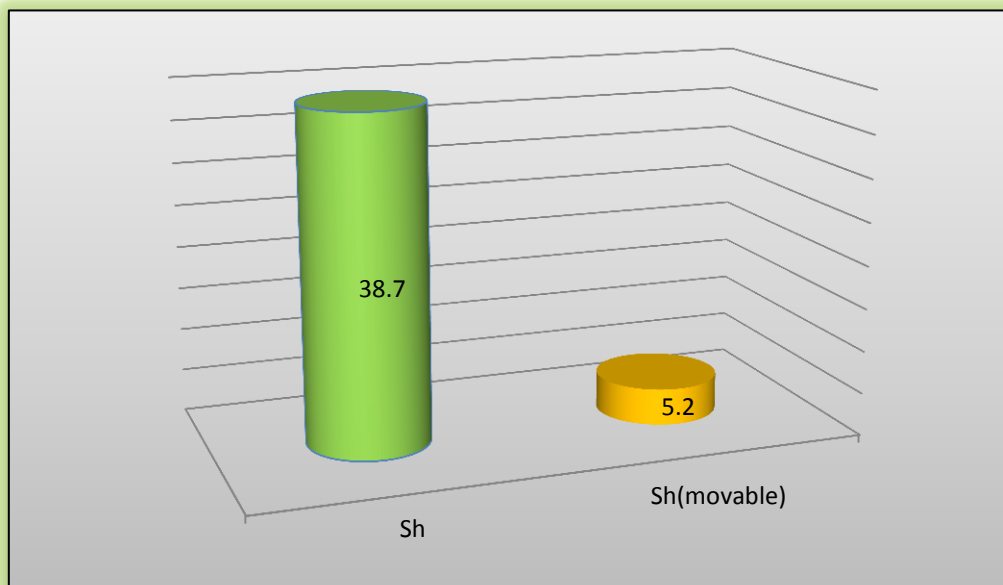
رقم النطاق Zone No.	الاشباع المائي في القطاع النظيف $S_w(\%)$	الإشباع المائي في القطاع المجتاح $S_{xo}(\%)$	الاشباع الهيدروكربوني الكلي $S_h(\%)$ (Total)	الإشباع الهيدروكربوني القابل للحركة $S_h(\%)$ (Movable)
1	55.2	55.2	44.8	0
2	39.7	49.4	60.3	9.7
3	37.1	48.9	62.9	11.8
4	43.3	51.2	56.7	7.9
5	82.5	82.5	17.5	0
6	77.1	77.1	22.9	0
7	57.8	57.8	42.2	0
8	53.6	54.5	46.4	0.9
9	83.1	83.1	16.9	0
10	57.8	57.8	42.2	0
11	84.5	84.5	15.5	0
12	32.7	79.9	67.3	47.2
13	66.0	66.0	34.0	0
14	46.8	46.8	53.2	0
15	100	100	0	0
المتوسط Average	61.2	66.3	38.7	5.2

لتوضيح طبيعة توزيع الاشباع في التشكيلة ونسبها يمكن الاستعانة بالشكل (3-12) الذي يبين نسبة الاشباع المائي إلى الاشباع النفطي.



الشكل (3-12): توزيع نسب الاشباع للبيئر رقم (4)

كما يمكن أن نقارن بين الاشباع النفطي القابلة للحركة (انتاج) وتلك غير القابلة للحركة بفعل دفع ضغط سائل الحفر، عن طريق مقارنة المقاوميات الضحلة والعميقة، كما في الشكل (3-13)، حيث تعطينا فكرة عن النطاقات المنتجة.



الشكل (3-13): مقارنة أنواع الاشباع النفطي للبيئر رقم (4)

5-9- تغيير أحد معاملات التفسير:

تم تحديد الخواص الخزنية فيما سبق، من القيم الواقعية للبارامترات المتعلقة بتشكيلة الرطبة. وسيتم في هذا البئر دراسة تأثير تغيير أس السمنتة (m) على المواصفات الخزنية لنفس التشكيلة ، بحيث يتم أخذ قيمة (m=2) بدلاً من (m=1.8) وضعت النتائج في جداول وتم ملاحظة التغيرات الناتجة.

وضعت جميع نتائج المساميات والإشباعات بعد تعديل أس السمنتة لدراسة التغيير، كما في الجدول (3-3)، الذي وزعت فيه النتائج بصورة مشابه لتوزيع النتائج السابقة.

الجدول (3-3): قيم المساميات للبئر رقم (4) عندما (m=2)

رقم النطاق Zone No.	السماعة Thickness (m)	حجم الغضار Vclay (%)	المسامية الكلية ϕ_T	مسامية الغضار ϕ_{sh}	المسامية الفعالة ϕ_e
1	2.3	19.9	10.2	2.9	7.3
2	1.8	10.7	11.8	1.6	10.2
3	2.9	13.5	13.7	2	11.7
4	7.4	11.8	13.5	1.8	11.7
5	0.4	25.7	11.2	3.8	7.4
6	1.4	11.1	13.8	1.7	12.1
7	1.8	9.3	14.0	1.4	12.6
8	1.2	12.3	12.5	1.9	10.6
9	2.5	22.0	15.0	3.3	11.7
10	1.8	16.0	15.8	2.4	13.4
11	2	15.8	14.3	2.4	11.9
12	0.8	14.7	5.8	2.9	2.9
13	1	15.0	16.0	2.3	13.7
14	0.7	19.6	13.7	3	10.7
15	1	18.0	9.5	2.8	6.7
المتوسط Average	1.93	15.7	12.7	2.41	10.26

الفصل الثالث

باستخدام معادلة رشي نقوم بحساب نسب الاشباكات لكل نطاق بعد تغيير قية (m) كما الجدول (3-4).

الجدول (3-4): قيم الاشباكات للبئر رقم (4) عندما $m=2$

رقم النطاق Zone No.	الاشباكات المائي في القطاع النظيف $S_w(\%)$	الإشباكات المائي في القطاع المجتاح $S_{xo}(\%)$	الاشباكات الهيدروكربوني الكلي $S_h(\%)$ (Total)	الإشباكات الهيدروكربوني القابل للحركة $S_h(\%)$ (Movable)
1	77.5	77.5	22.5	0
2	52.1	63.8	47.9	11.7
3	48.3	62.4	51.7	14.1
4	55.6	65	44.4	9.4
5	96.2	96.2	3.8	0
6	96.5	96.5	3.5	0
7	70.7	70.7	29.3	0
8	69.3	70	30.7	0.7
9	100	100	0	0
10	72.5	72.5	27.5	0
11	100	100	0	0
12	68.2	92.6	31.8	24.4
13	81.9	81.9	18.1	0
14	61.8	61.8	38.2	0
15	100	100	0	0
المتوسط	76.7	80.7	23.3	4.02

الفصل الثالث

نقوم بوضع القيم المتوسط للنتائج المحسوبة من أجل ($m=1.8$) و ($m=2$) في جدول واحد لتسهيل عملية مقارنة كل عامل، كما في الجدول (3-5).

الجدول (3-5): مقارنة نتائج التفسير من أجل قيم (m) مختلفة

قيمة أس السمنتة	$m=1.8$	$m=2$
المسامية الفعالة	10.05	10.26
مسامية الغضار	2.44	2.41
المسامية الكلية	12.5	12.7
(%) حجم الغضار	16.5	15.7
الإشباع الهيدروكربوني القابل للحركة	5.2	4.02
الإشباع الهيدروكربوني الكلي	38.7	23.3
الإشباع المائي في القطاع المجتاح	66.3	80.7
الإشباع المائي في القطاع النظيف	61.2	76.7

الاختلاف:

أس السمنتة (m): هي قيمة عديمة الواحدة، تعبر عن شكل المسام ومقدار الملاط الذي يربط الحبات الصخرية وتعرج مسار التيار الكهربائي في الفراغات ضمن الصخر، حيث أنها تزداد في الصخور المترابطة والمتملطة أكثر.

عندما تم تفسير القياسات على أساس ($m=2$) نلاحظ أن بعض القيم زادت وأخرى نقصت حسب طبيعة التأثير :

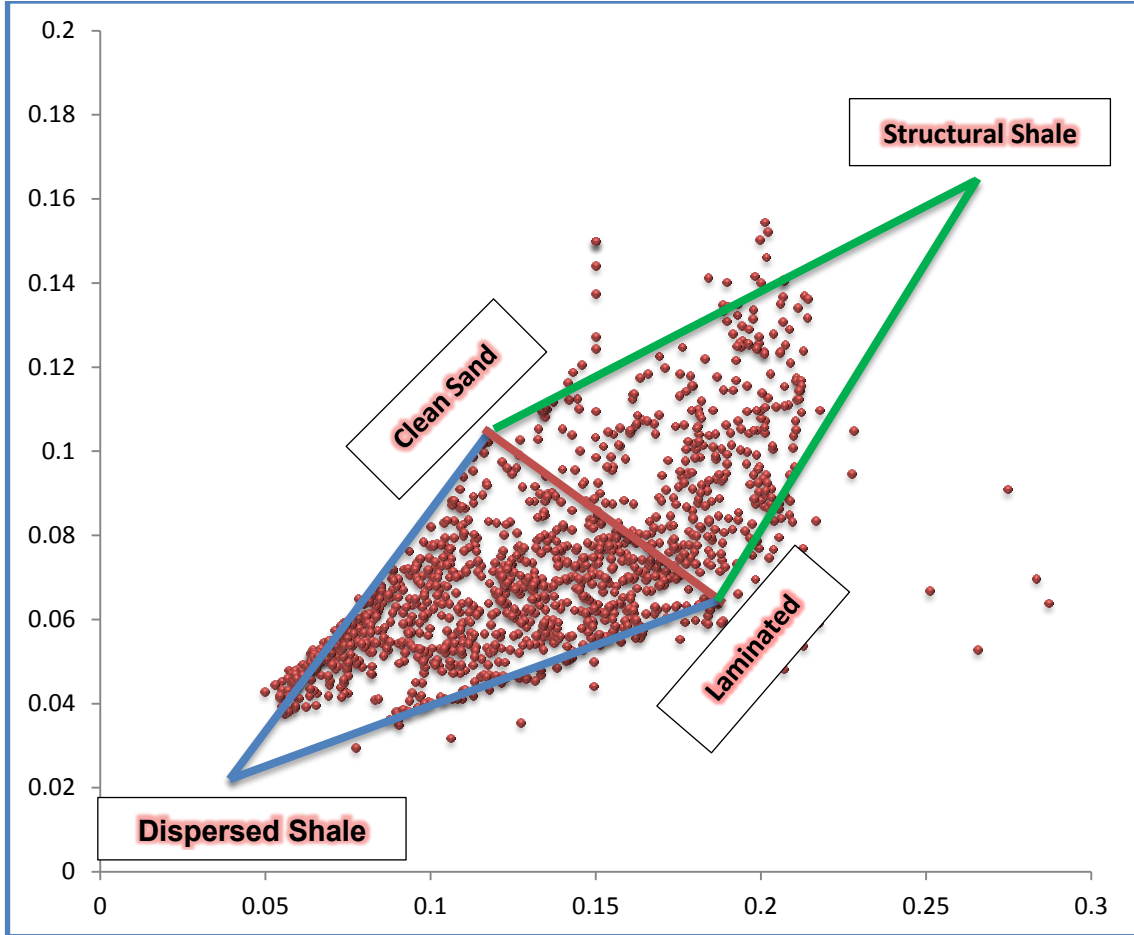
1- يلاحظ أن حجم الغضار قد (نقص): بما أن الحجم الكلي للتشكيلة المكونة من الحجر الرملي والغضار يساوي (1)، وبالتالي فإن زيادة أس السمنتة (m) أدى إلى زيادة حجم الصخر الرملي على حساب الغضار مما أدى إلى نقصان حجم الغضار.

2- زيادة قيم الإشباع المائية S_w : بسبب انخفاض حجم الغضار الناقل للتيار الكهربائي فإن القيمة المقيسة ثابتة، وتم الاستعاضة عن النقص الحاصل، بحجم الغضار بزيادة في الإشباع المائي لبقاء نفس شدة التيار.

3- تناقص الإشباع النفطي S_{hc} : بسبب الزيادة في الإشباع المائي علماً أن مجموع الإشباع يساوي (1).

الفصل الثالث

تم تحديد شكل تواجد الغضار من المساميتين النيترونية (المحور X) والكثافية (المحور Y)، بتمثيلها لتشكيلة الخازنة والتشكيلة المجاورة القريبة منها، كما تم شرحها في الفصل الأول. وقد تبين لنا أن الغضار يتواجد على شكلين، حسب تموضع النقاط على المحور الذي يعبر عن نوعه، كما في المخطط (3-3)



المخطط (3-3): توزع نقاط القياس على مخطط (Thomas-Stieber) لتحديد نمط تواجد الغضار

يتم تحديد أنماط تواجد الشيل على أساس إسقاط القيم المسامية النيترونية-الكثافية ومقارنة أماكن الإسقاط، حسب المحاور المعبرة عن كل نوع من أنواع الغضار، حيث تعبر المسامية النيترونية عن المسامية الكلية والتي يؤثر الشيل بها، وكذلك قيم المسامية الكثافية التي تكون بمثابة تصحيح لهذا التأثير، لذا تم إسقاطهما معاً على نفس المخطط. تتحدد المسامية بدقة والتي تعبر عن تباين المسامية الكلية والفعالة، وبالتالي تعيين شكل تواجد الغضار الذي تعتمد درجة تأثيره على المسامية وعلى نمط وجوده في التشكيلة الرملية الخازنة.

تبين لنا من خلال تمثيل القيم أن النقاط تتوزع بين الخط الممثل للشيل المبعثر (Shale Dispersed) والخط الممثل للشيل الطبقي (Lamination Shale)، وهما يمثلان القسم الأكبر، وجزء قليل يمثل الشيل التركيبي (Structural Shale).

6- البئر رقم (2)

احداثيات البئر

277 xxx: y 611 xxx :X

الارتفاع : KB = 238m

GL=229m

عمق الثبر : 3050m

قطر رأس الحفر : 8.5Inch

سائل الحفر المستخدم : ذو أساس مائي WBM

مقاومية راشح الحفر : Rmf =0.12 Ω.m

مقاومية سائل الحفر : Rm =0.2Ω.m

درجات الحرارة : على السطح : $Temp_{surface} = 14.7^{\circ}C$

عند العمق النهائي للحفر : $Temp_{deep} = 110^{\circ}C$

القياسات التي تم اجراؤها في البئر :

العمق	القياس
1430 - 3050 m	Rshallow , Rdeep , RMSFL , CNM , ZDNC , DT , PEC
0-3050 m	SGR , CAL , SP+

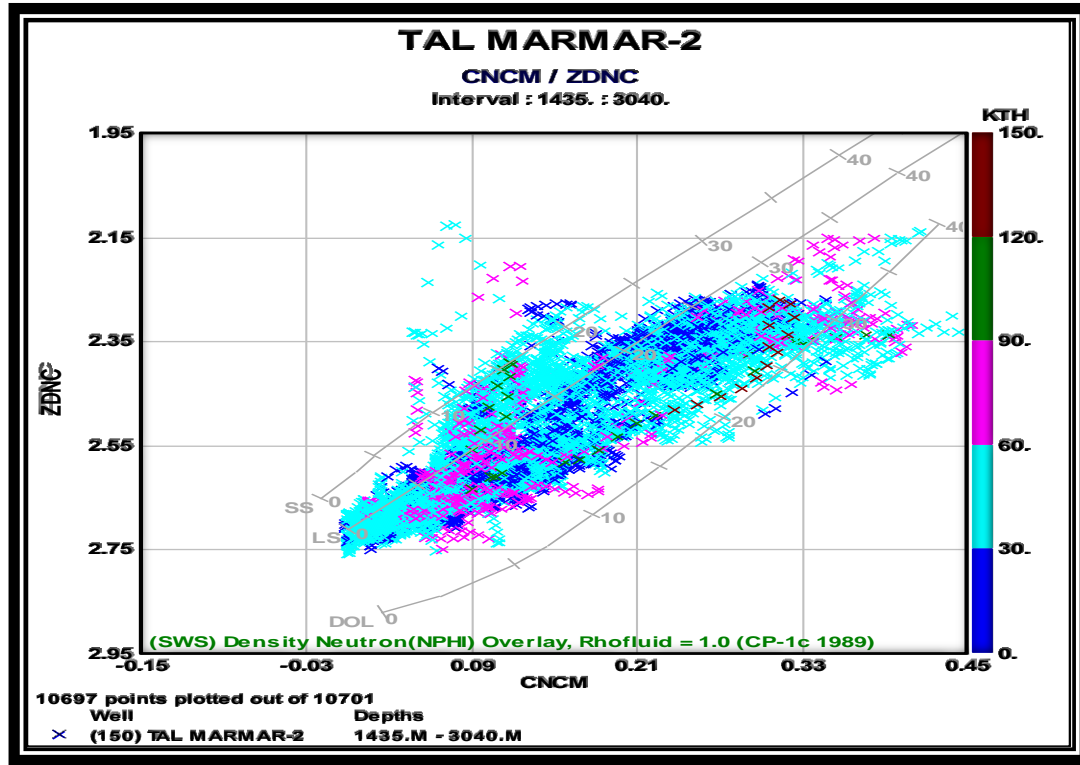
ملاحظات:

- تم إعادة القياس على العمق الممتد من (2870 - 2950)m .
- لوحظت دلائل هيدروكربونية على شكل فقاعات غازية في الأعماق بين :

(2910 - 2931)m

6-1- وضع مخططات ومدرجات تكرارية (هيستوغرام) توضيحية.

يتم تمثيل توزيع قيم القياس النيتروني - كثافي - اشعاعية، لتحديد الليثولوجيا على المخطط (4-3).

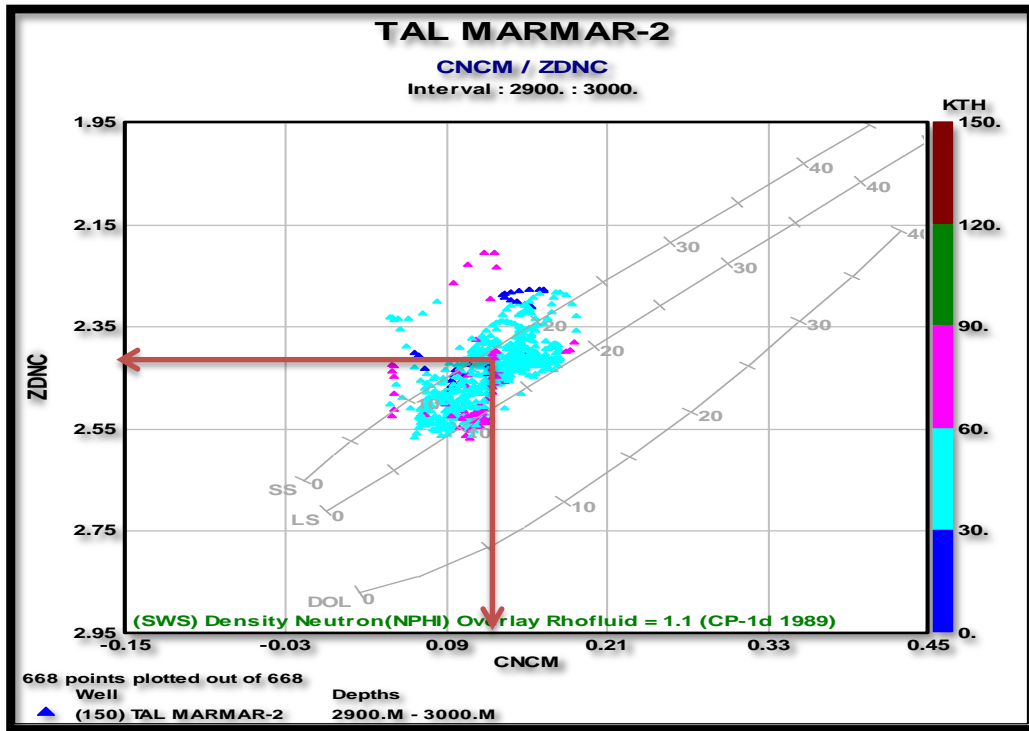


المخطط (3-4): تحديد الليثولوجيا العامة في البئر رقم (2)

لوحظ لدى عرضنا لتوزيع قيم استجابات التسجيلات البئرية الثلاثة، توزع معظمها على الخط الممثل للحجر الكلسي وأقل منه تابعة للدولوميت، والنسبة الأقل تتوزع على الليثولوجيا الرملية الممثلة لتشكيلة الرطبة.

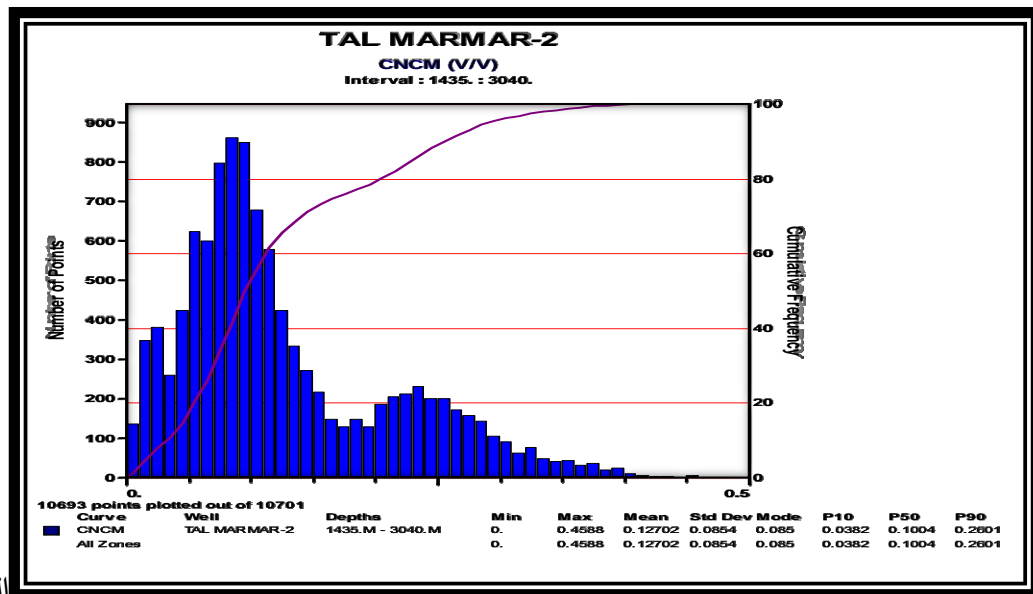
وكذلك يبين لنا المخطط أن القيم ذات نشاط اشعاعي منخفض، ومعظمها أقل من (60API)، أي أن التشكيلات المخترقة لا تحوي نسباً عالية من غضار.

تم تنفيذ نفس المخطط ولكن من أجل العمق الممتد من (2900-3000)، ولوحظ بشكل واضح وقوع القيم المقيسة على خط الحجر الرملي ولها نشاط اشعاعي منخفض، مما يدل على كون تشكيلة الرطبة التي تقع على تلك الأعماق رملية شبه نقية. كما يمكن من هذا المخطط تحديد كثافة التشكيلة الرملية والتي تقدر بـ (2.40g/cm^3)، ومساميتها الوسطية تقدر بنحو (14%) كما هو مبين في المخطط (3-5)



المخطط (3-5): توزيع القيم المقيسة وفق عمق محدد (2900-3000m)

تم رسم مدرجات من أجل تحديد الكثافة للغضار و مساميته، وذلك عند تنفيذ القياس النيتروني لكامل القياس كما في المدرج التكراري (3-4):

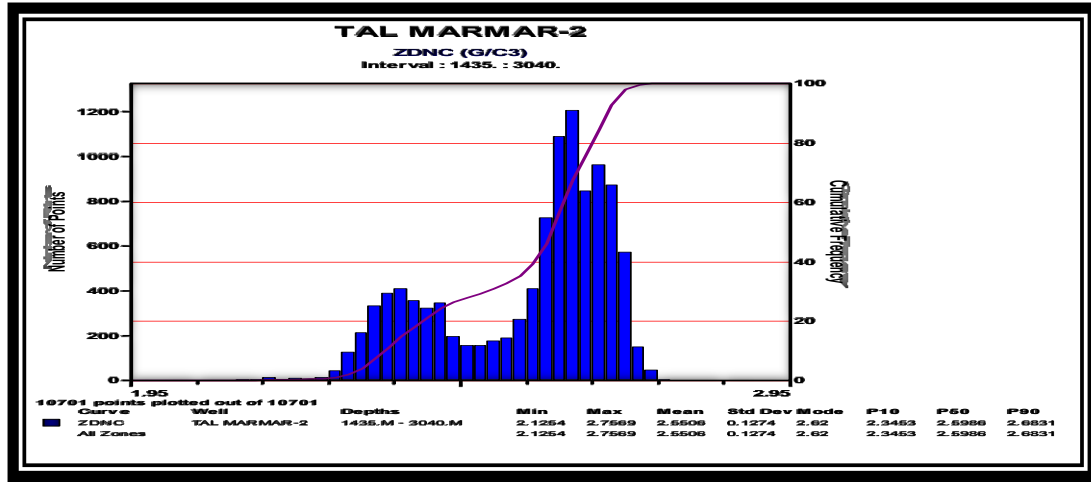


المدرج

المدرج التكراري (3-4): توزيع قيم القياس النيتروني لكامل عمق القياس

يلاحظ توزيع القياسات على مجموعتين رئيسيتين يمثل كل منها ليثولوجيا مختلفة حيث أن المجموعة الاولى ذات مسامية متوسطة (10%) ، والمجموعة الثانية ذات مسامية (25%).

وبتنفيذ قياس الكثافة لنفس امتداد العمق كما في المدرج التكراري (3-5)، من أجل ربط نتائجها مع مدرج المسامية النيترونية:

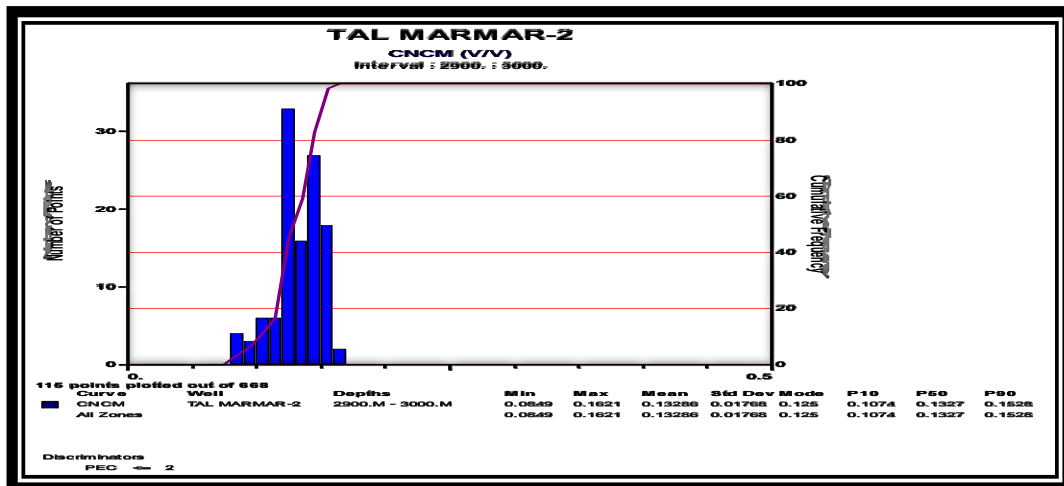


المدرج التكراري (3-5): توزيع القياس الكثافي لكامل عمق القياس

يلاحظ كما في تمثيل القياس النيتروني توزيع قيم القياس على مجموعتين رئيسيتين، تأخذ المجموعة الأولى قيم كثافية متوسطة (2.45g/cm³) بينما تأخذ المجموعة الثانية مسامية متوسطة (2.72g/cm³).

إن لكل قيمة من القيم النيترونية والكثافية السابقة دلالات على نوع ليثولوجيا معينة وعند ربطها مع بعض ومقارنة القيم، فإنها تساعد كثيرا بحصر الاحتمالات لأنواع الليثولوجيا، بالتالي المساعدة في التفسير الأدق.

يمكن وضع شروط للمدرج التكراري تساعد بتحديد أكثر دقة لنوع الليثولوجيا، فعند رسم قيم المسامية النيترونية على أعماق محددة (2900-3000)، والتي تقل قيمة الامتصاص الكهروضوئي فيها عن (2) أي القيمة التي تمثل الحجر الرملي كما في المدرج التكراري (3-6):



المدرج التكراري (3-6): قياس المسامية النيترونية للتشكيلة الخازنة

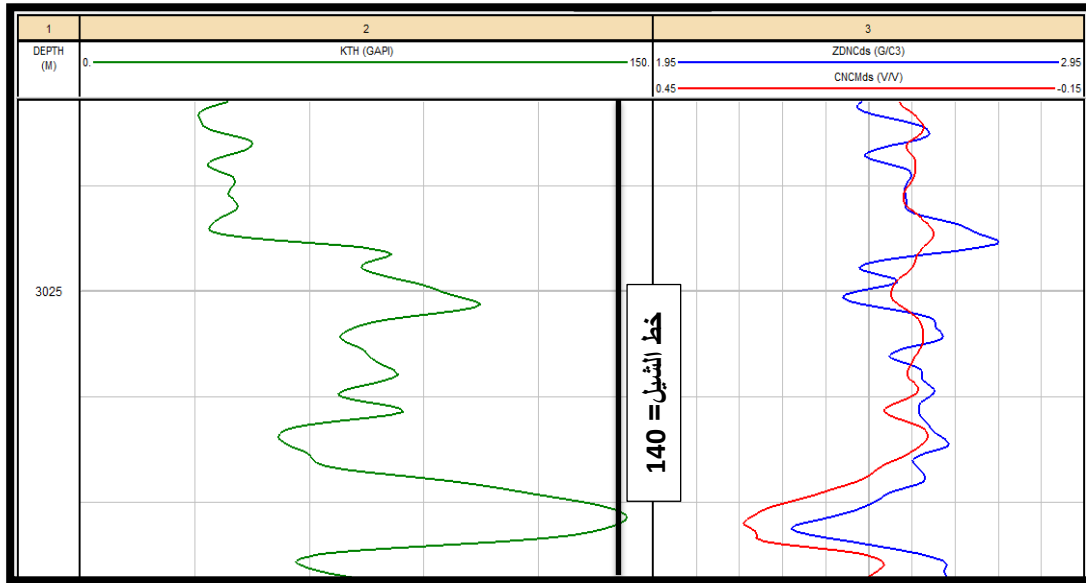
الفصل الثالث

يتبين أن قيم المسامية الرملية التي يتوقع مصادفتها في التشكيلة الخازنة، تتراوح بين % (7.5 17 -)، و أن قيم المسامية الأكثر قراءة هي % (12.5).

2-6- تحديد عوامل التفسير المتعلقة بالعضار:

نحدد من منحنى النشاط الإشعاعي القيمة العظمى التي تعبر عن تشكيلة عضارية، كما في

الشكل (3-14)



الشكل (3-14): تحديد خط الشيل للبئر رقم (2)

النشاط الإشعاعي للعضار:

$$(GR_{Sh}=140)$$

النشاط الإشعاعي للحجر الرملي:

$$(GR_{St} = 20)$$

بالنسبة لقيم المسامية:

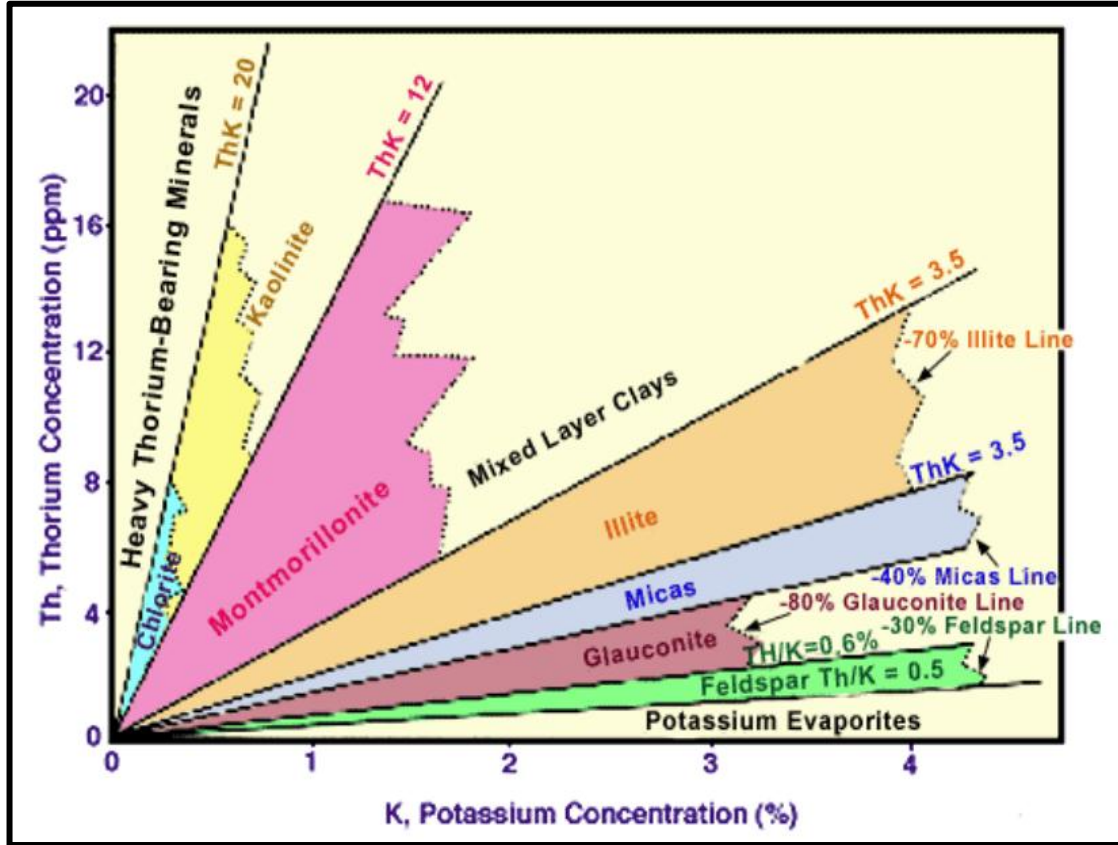
$$(\Phi_{sh} = 32\%)$$

حجم الشيل الأعظمي للشيل

$$(Shale Cut-off=27\%)$$

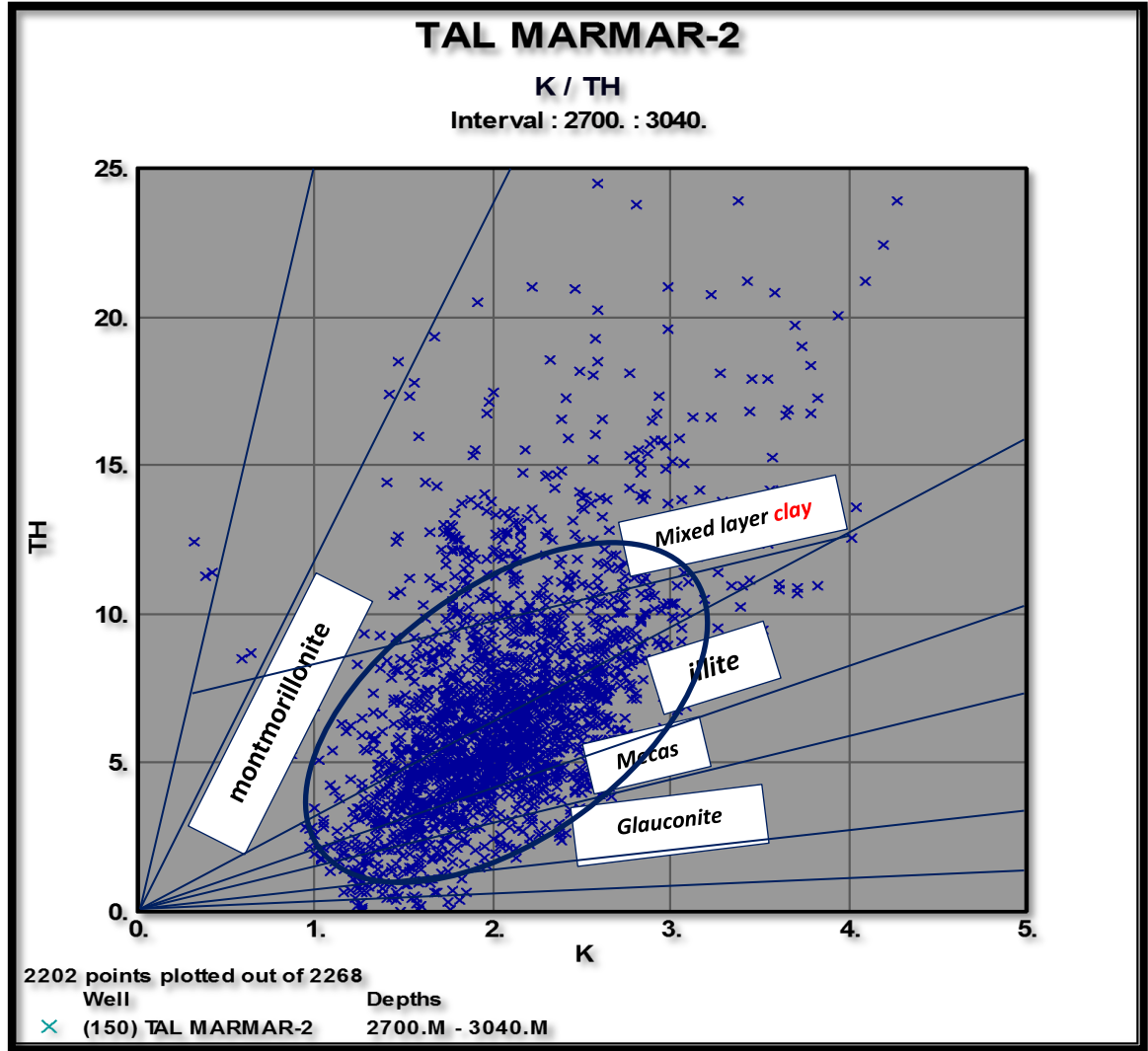
6-2-1- تحديد نوع الغضار المسيطر في التشكيلة الخازنة.

يمكن تحديد نوع الغضار المتواجد في التشكيلة الرملية من خلال مخططات خاصة مصممة من قبل (Schlumberger) كما في المخطط (3-6)



المخطط (3-6): تحديد نوع الغضار في التشكيلات الخازنة (Schlumberger, 1989)

لتحديد نوع الغضار المنتشر في التشكيلة المدروسة، تم إجراء تحليل للقياس الإشعاعي كل مركبة على حدى (K , TH , U)، وإجراء تقاطع لقيم النشاط الإشعاعي الناتج عن مركبة البوتاسيوم K^{40} ، وتمثيله على المحور (X)، ومركبة الثوريوم TH^{232} ، وتمثيل قيمها على المحور (Y) لتعطينا أماكن توزع هذه القراءات على محاور الغضار المختلفة فكرة عن نوع الغضار الموجود بسبب تميز كل نوع بنسب مركبات إشعاع مختلفة عن الآخر كما في المخطط (3-7).



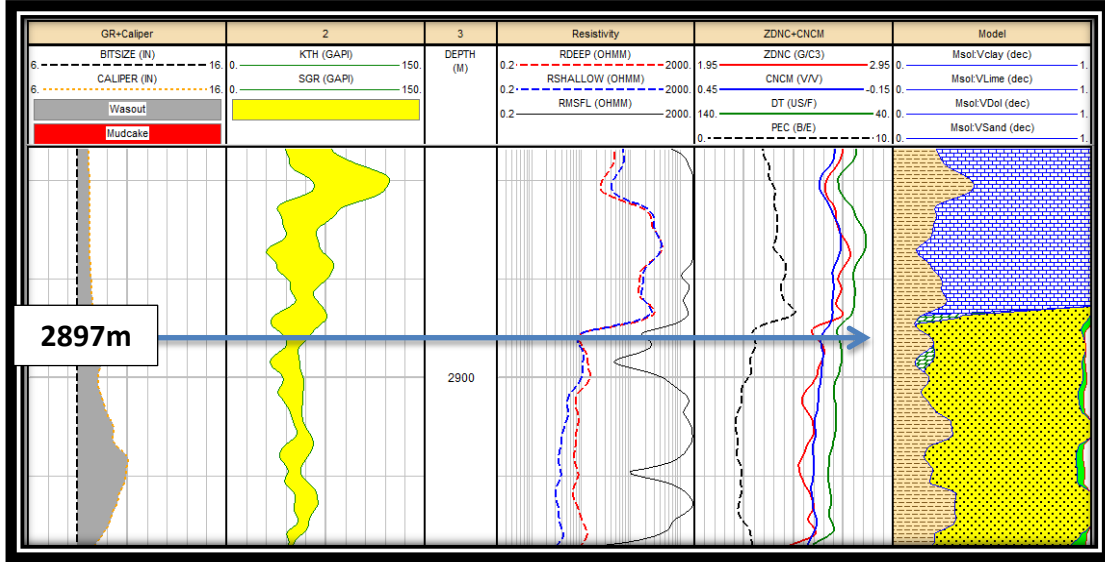
المخطط (3-7): تحديد نوع الغضار لتشكلية الرطوبة في حقل تل مرممر

يتبين لنا من المخطط (3-7)، أن أنواع الغضار المتوضع ضمن تشكلية الرطوبة في حقل تل مرممر تنتشر على عدة محاور، يمثل كل محور نوع مختلف، وهي بشكل رئيسي من المونتموريلونيت والإيليت مع وجود نسبة قليلة من الميكا.

لكل نوع من أنواع الغضار تأثيره على الصفات الخزنية لتشكلية الرطوبة ويتكامل هذه النتائج مع نتائج التي تحدد نمط توزع الغضار و حجمه، تمكن من توقع تصرف هذه التشكيلة من ناحية الإنتاج الهيدروكربوني.

3-6- تحديد الحد العلوي والسفلي لتشكيلة الرطبة:

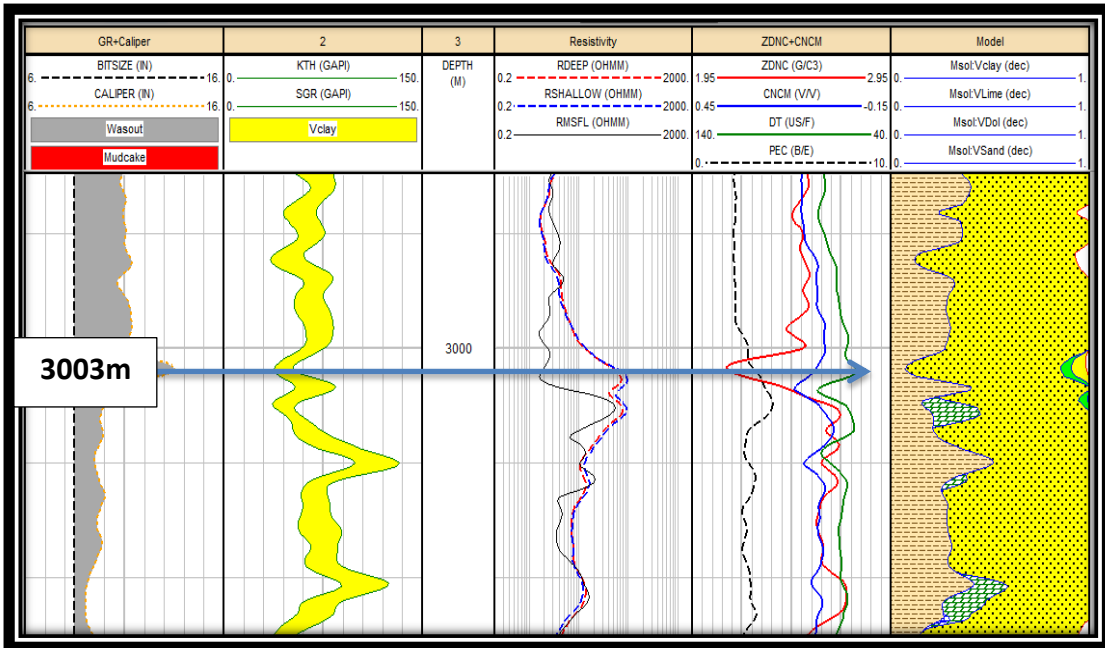
باتباع نفس المبادئ المتبعة في قراءة المنحنيات للبئر رقم (4)، تبين بوضوح الحد العلوي لتشكيلة الرطبة على كافة القياسات في البئر رقم (2) كما في الشكل (3-15)



الشكل (3-15): الحد العلوي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (2)

نلاحظ جميع المؤشرات الدالة على الحجر الرملي كما تم شرحها في البئر رقم (4).

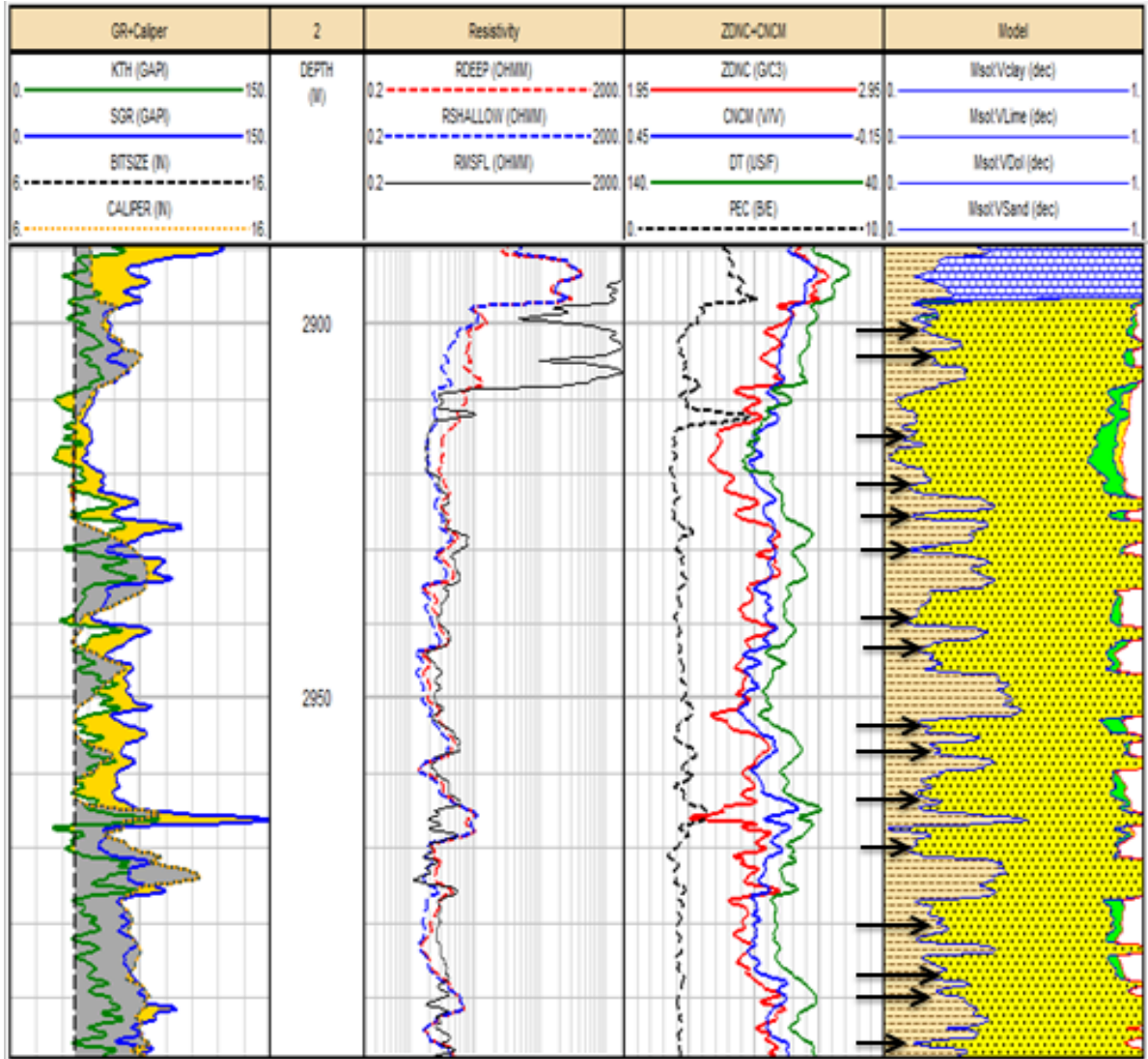
يتم تحديد الحد السفلي لتشكيلة باتباع نفس المبادئ السابقة، حيث يلاحظ الحد الفاصل بشكل أوضح منه في البئر (4) كما في الشكل (3-16):



الشكل (3-16): الحد السفلي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (2)

6-4- تحديد مواصفات النطاقات ضمن تشكيلة الرطبة.

بعد تعيين حدود التشكيلة الخازنة ندخل ضمنها لتحديد تفاصيل أكثر، أي نحدد النطاقات المنتجة والنطاقات غير المنتجة المكونة لها كما في الشكل (3-17):



الشكل (3-17): النطاقات الخازنة للنفط في تشكيلة الرطبة

قسمت التشكيلة في البئر (2) إلى 16 نطاقاً خازناً بسماكات مختلفة ونسب غضارية مختلفة، وعدد مماثل للنطاقات غير المنتجة.

الفصل الثالث

طبقت جميع العلاقات المستخدمة في البئر رقم (4) للحصول على المساميات، وضعت النتائج في الجدول (3-6)

الجدول (3-6): مساميات وحجوم غضار وسماكات النطاقات الخازنة في البئر رقم (2)

رقم النطاق Zone No.	السماكة Thickness (m)	حجم الغضار Vclay (%)	المسامية الكلية ϕ_T	مسامية الغضار ϕ_{sh}	المسامية الفعالة ϕ_e
1	4.9	17.8	6.85	2.67	4.18
2	2.4	17.3	10.4	2.56	7.84
3	15.1	12.3	19.7	1.8	17.9
4	1.2	12.5	15.4	1.9	13.5
5	1.3	11.0	10.5	1.56	8.94
6	4.4	13.2	14.4	2	12.4
7	4.2	18.1	16.0	2.7	13.3
8	2.1	16.8	17.4	2.6	14.8
9	1.9	18.4	10.2	2.69	7.51
10	5.4	12.1	14.9	1.8	13.1
11	4.2	12.4	11.7	1.86	9.84
12	6.2	23.1	15.1	3.5	11.6
13	3.3	20.7	15.1	3.2	11.9
14	0.9	20.5	9.42	3.08	6.34
15	1.2	7.5	15.7	1.1	14.6
16	0.6	22.6	8.3	3.4	4.9
المتوسط Average	3.70	16.01	13.19	2.40	10.79

5-6 - حساب الإشباع لكل نطاق:

طبقت معادلة حساب الإشباع كما طبقت في حالة البئر رقم(4)، وصنفت النتائج كما في الجدول(7.3).

الجدول(7-3): قيم الإشباع في البئر رقم(2)

رقم النطاق Zone No.	الإشباع المائي في القطاع النظيف $S_w(\%)$	الإشباع المائي في القطاع المجتاح $S_{xo}(\%)$	الإشباع الهيدروكربوني الكلي $S_h(\%)$ (Total)	الإشباع الهيدروكربوني القابل للحركة $S_h(\%)$ (Movable)
1	39.4	39.4	60.6	0
2	45.1	45.1	54.9	0
3	39.5	55.3	60.5	15.8
4	49.2	51.2	50.8	2
5	72.1	72.1	27.9	0
6	69.7	69.7	30.3	0
7	70.0	70.0	30	0
8	45.5	46.3	54.5	0.8
9	64.5	64.5	35.5	0
10	54.4	54.4	45.6	0
11	59.7	67.3	40.3	7.6
12	65.6	65.6	34.4	0
13	67.9	67.9	32.1	0
14	73.8	73.8	26.2	0
15	10.7	60.0	89.3	49.3
16	33.9	38.9	66.1	5
المتوسط Average	53.8125	58.8	46.1875	5.03

الفصل الثالث

6-6- تغيير أحد معاملات التفسير: دراسة تأثير تغير مقاومة المياه الطبقة R_w .

فسر هذا الحقل على أساس قيمة مقاومة للمياه طبقية تساوي $0.035\Omega.m$ ، وسيتم تغييرها هنا إلى القيمة $0.020\Omega.m$ ، وملاحظة التغيرات الحاصلة بنسب للإشباع.

تطبق ذات القوانين السابقة في حساب الإشباع فنحصل على النتائج في الجدول (3-8).

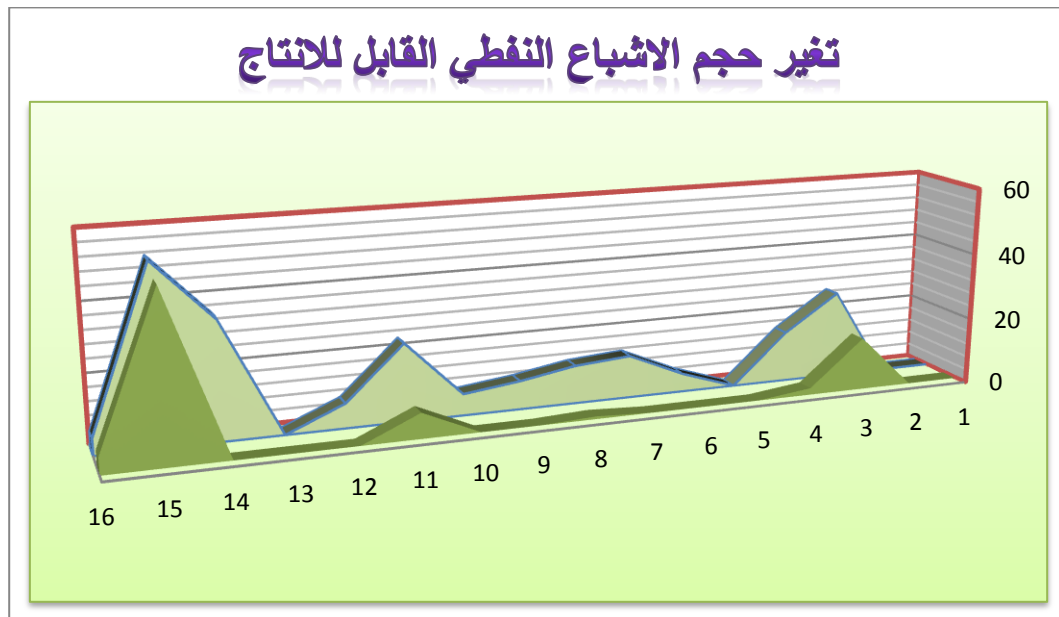
الجدول (3-8): قيم الإشباع من أجل $R_w=0.020\Omega.m$

رقم النطاق Zone No.	الإشباع المائي في القطاع النظيف $S_w(\%)$	الإشباع المائي في القطاع المجتاح $S_{xo}(\%)$	الإشباع الهيدروكربوني الكلي $S_h(\%)$ (Total)	الإشباع الهيدروكربوني القابل للحركة $S_h(\%)$ (Movable)
1	28	28	72	0
2	32.6	32.6	67.4	0
3	29.3	55.3	70.7	26
4	36.4	51.5	63.6	15.1
5	53.2	53.2	46.8	0
6	51.8	57.3	48.2	5.5
7	51.8	64.5	48.2	12.7
8	33.4	44.8	66.6	11.4
9	47.1	55.6	52.9	8.5
10	40.4	46.8	59.6	6.4
11	44.1	67.2	55.9	23.1
12	48.1	55.4	51.9	7.3
13	48.8	48.8	51.2	0
14	53.7	88.3	46.3	34.6
15	7.8	60.0	92.2	52.2
16	1	6.0	99	5
المتوسط Average	37.96	50.95	62.03	12.98

نلاحظ أن قيم الإشباع المائية انخفضت بشكل واضح، مقابل زيادة نسبة الإشباع الهيدروكربونية.

والتفسير الفيزيائي لهذه النتيجة: هو أن التيار الكهربائي ينتقل بشدة ما عن طريق المياه الطبقيّة بنسبة (إشباع) معين، فإن انخفضت هذه المقاومة (زيادة الناقلية) من $(RW=0.035\Omega.m)$ إلى $(RW=0.020\Omega.m)$ ، فإن هذا يعني أن نسبة المياه اللازمة لنقل نفس شدة التيار الكهربائي تكون أقل ، وبالتالي انخفاض نسبة الإشباع المائي في التشكيلة الخازنة.

وبالمقارنة بين الإشباع الهيدروكربوني القابل للحركة في الحالتين، يتبين أنها زادت في حال الإشباع التي حسبت بمقاومية مياه طبقية $Rw=0.020\Omega.m$ ، تمثل هذه الزيادة كما في الشكل (3-18)



الشكل(3-18): تغير قيم الإشباع النفطية القابلة للحركة

يمثل المحور (X) نسب الاشباع النفطية، والمحور (Y) هي أرقام النطاقات المنتجة في البئر المدروس كما في الشكل(3-18) حيث يظهر زيادة واضحة في قيم الإشباع الهيدروكربونية القابلة للحركة عند تطبيق قيم مقاومة مياه طبقية أقل (الأخضر الفاتح)، وكذلك زيادة في عدد النطاقات التي تتميز باحتوائها على نفط قابل للحركة.

7- البئر ثل مرمر (3)

احداثيات البئر

277 xxx : y 611 xxx : X

الارتفاع : KB = 237m

GL=228m

عمق البئر : 3057m

قطر رأس الحفر : 6" Inch

سائل الحفر المستخدم : ذو أساس نفطي OBM

درجات الحرارة : على السطح : $Temp_{surface} = 31^{\circ}C$

عند العمق النهائي للحفر : $Temp_{deep} = 127^{\circ}C$

القياسات التي تم اجراؤها في البئر :

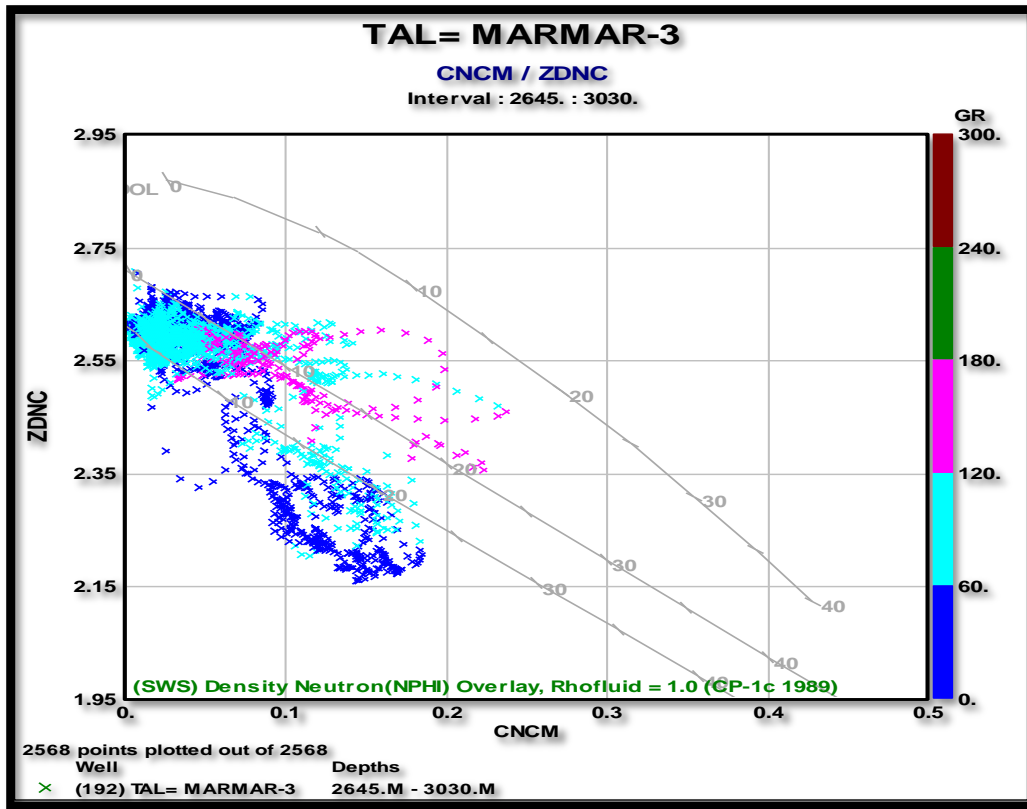
العمق	القياس
2642.5 – 3044 m	Rshallow , Rdeep , RMSFL , CNCM , ZDNC , PEC
0 – 3044 m	SGR , CAL , SP

ملاحظات:

- تم حفر بئر جانبية Side Trak بسبب انحراف البئر الأولى عن مسارها باتجاه الفالق وابتعادها عن الخزان، حيث تم إمالة البئر الجانبية بزواوية وصلة إلى 60 درجة في قاع البئر، وتم تعديل كافة السماكات المخترقة من سماكات ظاهرية إلى سماكات حقيقية.

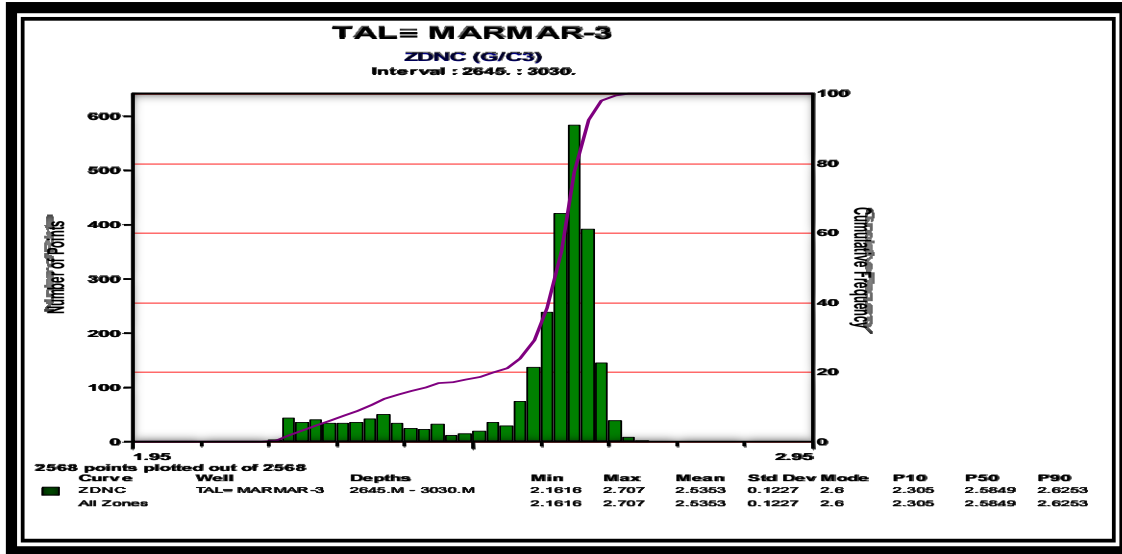
7-1- وضع مخططات ومدرجات تكرارية توضيحية:

رسم مخطط بنفس مدخلات الآبار السابقة كما هو واضح في المخطط (3-8)



المخطط(3-8): توزيع نقاط قياس النيتروني والكثافي والاشعاعي في البئر رقم (3)

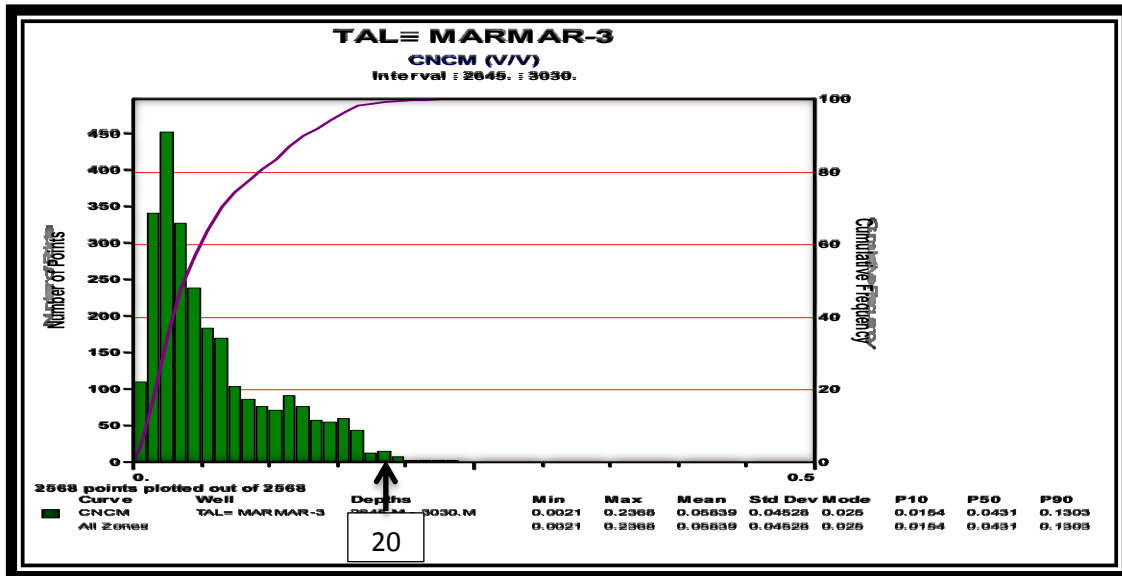
تم بناء هذا المخطط بالنسبة للنشاط الإشعاعي الكلي SGR بشكل مختلف عن الآبار السابقة، التي فسرت على أساس النشاط الإشعاعي المصحح KTH أو (CGR)، والقيم العالية للإشعاعات هي بسبب إضافة مركبة اليورانيوم U. يلاحظ من هذا المخطط توزيع قيم القياس بمعظمها بين الحجر الرملي و الحجر الكلسي مائلا أكثر للتوضع على محور الحجر الرملي، وكذلك يظهر النشاط الإشعاعي الذي يأخذ قيمة تصل إلى 120API ونسبة أقل ذات قيمة تصل إلى 180API ، حيث يبين المدرج التكراري(3-7) توزيع قيم الكثافة.



المدج التكراري (3-7): توزيع قيم الكثافة وفق العمق (2650-3030m)

تنقسم القياسات إلى مجموعتين الأولى تمثل القياسات ذات الكثافة المتوسطة (2.35g/cm³)، ويتوقع أنها تدل على النطاقات الرملية، ومجموعة أخرى ذات كثافة متوسطة (2.6g/cm³)، تدل على الحجر الكلسي والغضار.

تمثيل القياس النيتروني كما في المدج التكراري (3-8):

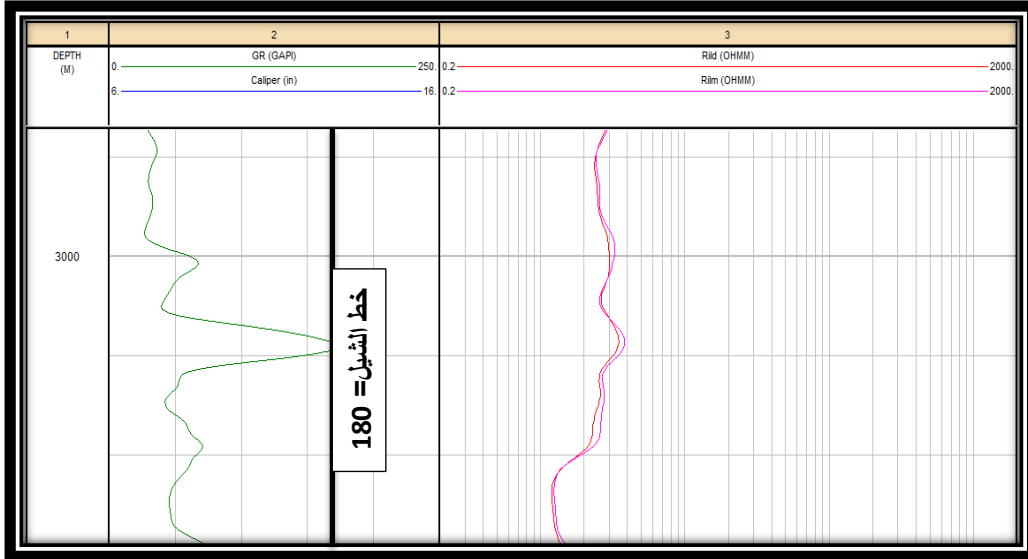


المدج التكراري (3-8): توزيع قيم القياس النيتروني وفق العمق (2650-3030m)

يبين المدج التكراري الممثل لقيم المسامية النيترونية أن القياسات كانت بمعظمها ذات مسامية منخفضة، وأن القيمة العظمى لها تساوي (20%)، وهذا دليل على أن نسبة الغضار قليلة ولم تؤثر كثيراً على قيم المساميات الفعالة.

7-2- تحديد عوامل التفسير المتعلقة بالعضار:

نحدد القيمة العظمى للنشاط الاشعاعي من الشكل (3-19)، الذي يبين مجموعة منحنيات مقاومة ومنحني النشاط الاشعاعي.



الشكل (3-19): تحديد خط الشيل للبر رقم (3)

فمن الملاحظ أنها تسجل قيمة :

$$GR_{sh} = 180$$

الحجر الرملي قدرت قيمته:

$$GR_{st} = 15$$

أما بالنسبة لقيم المسامية العضارية الموافقة له:

$$\Phi_{sh} = 30\%$$

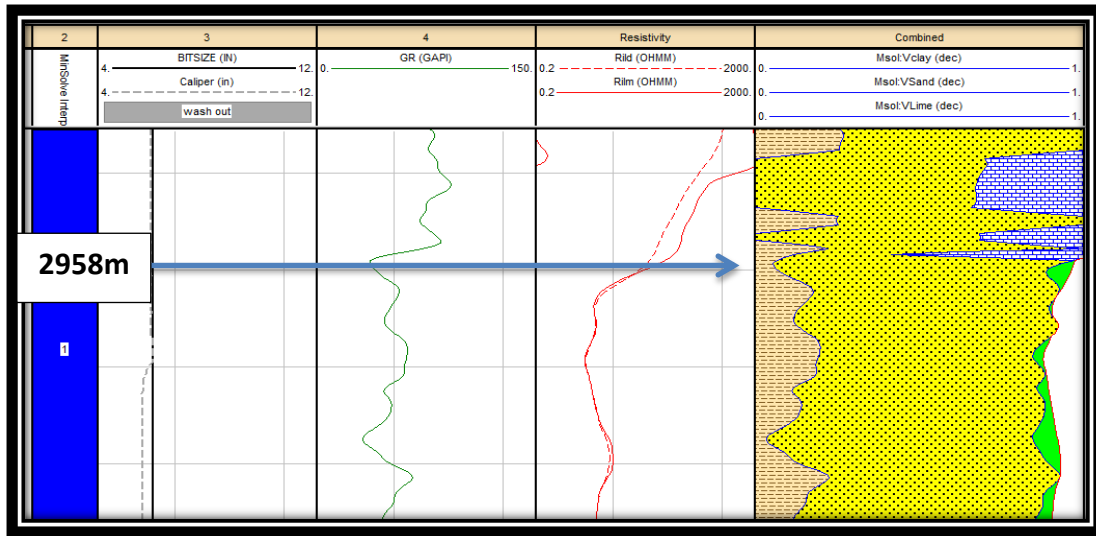
حجم الشيل الأعظمي للشيل

$$(Shale Cut-off=27\%)$$

3-7- تحديد الحد العلوي والسفلي لتشكيلة الرطبة:

بسبب الحفر المائل للتشكيلة فإن السماكة غير حقيقية (سماكة ظاهرية). لذلك تم تحويلها إلى سماكة شاقولية، وبالنسبة لسطح العلوي للتشكيلة يكون ثابتاً (في الحفر المائل)، ولكن المشكلة تصادف في تحديد عمق السطح السفلي لها بسبب الحفر المائل، لذلك يحدد العمق على أساس TVD (العمق الحقيقي الشاقولي).

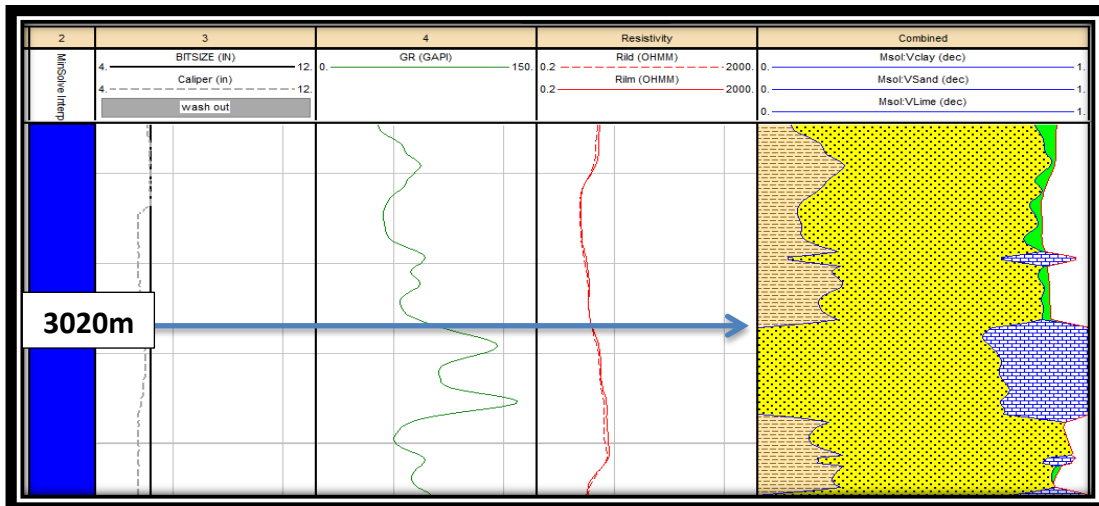
حدد السطح العلوي لتشكيلة الرطبة على عمق (2958m) كما في الشكل (3-20):



الشكل (3-20): الحد العلوي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (3)

تلاحظ التغيرات على كافة منحنيات القياس، حيث انخفضت قيم المقاومة أمام التشكيلة الخازنة بسبب احتوائها على إشباع مائية، وكذلك تغير (انخفاض) قيم النشاط الإشعاعي.

حدد السطح السفلي للتشكيلة على العمق (3020m) كما في الشكل (3-21):



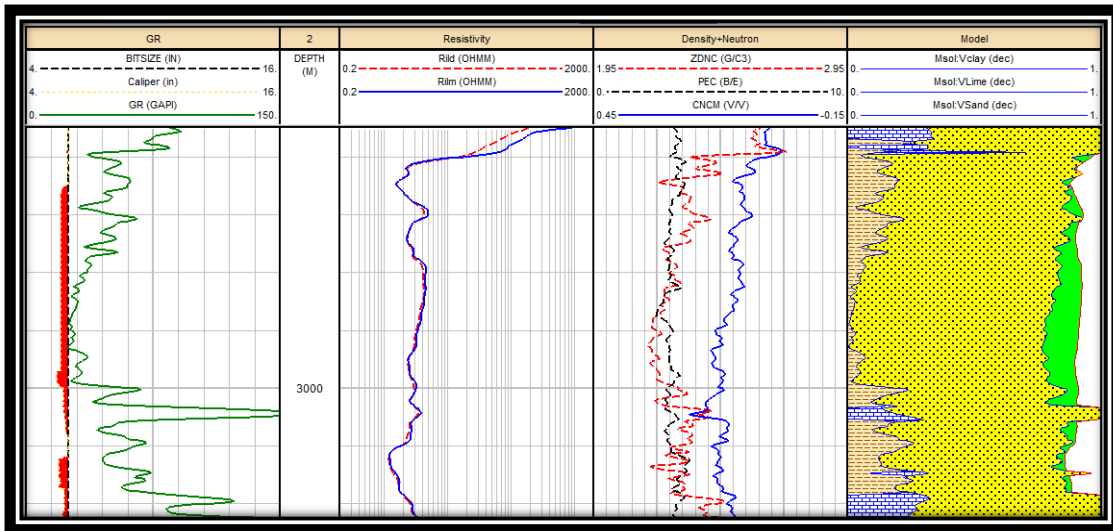
الشكل (3-21): الحد السفلي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (3)

7-4- تحديد مواصفات النطاقات ضمن تشكيلة الرطبة:

نبدأ بحساب حجم الغضار في كل نطاق، بعد تعيين حدود التشكيلة الخازنة من أجل تحديد فيما إذا كان النطاق قابلاً للاستثمار (أي يحوي نسبة غضار أقل من 27%).

نلاحظ وجود نطاقات قليلة مقارنة بالبئر رقم (2 - 4)، أي أنها تشكيلة لا تحوي على نسب عالية من النطاقات الغضارية، ولها خواص خزنية أفضل. يبين الشكل (22-3) النطاقات الخازنة

:



الشكل (22-3): النطاقات الخازنة للنفط في تشكيلة الرطبة البئر رقم (3)

من خلال تطبيق علاقات حساب المسامية، يتم الحصول على كافة النطاقات على الجدول (3-9)

الجدول (3-9): قيم مسامات وحجوم غضار وسماكات النطاقات في البئر رقم (3)

رقم النطاق Zone No.	السماكة Thickness (m)	حجم الغضار Vclay (%)	المسامية الكلية ϕ_T	مسامية الغضار ϕ_{sh}	المسامية الفعالة ϕ_e
1	11.2	12.2	15.0	1.8	13.2
2	32.4	4.9	21.8	0.7	21.1
3	3.6	17.2	19.1	2.6	16.5
4	4.4	14.1	16.8	2.1	14.7
5	0.6	16.9	19.1	2.6	16.5
6	1.8	22.4	16.4	3.4	13
المتوسط	14.6	18.0	2.2	15.8	14.6

7-5- حساب الإشباع في كل نطاق:

بسبب استخدام سائل حفر ذو أساس نفطي OBM فإنه لا يمكن تحديد الفرق في مقاومة النطاق المجتاح (بالنفط) و النطاق العميق المشبع بالنفط، وذلك بسبب تساوي المقاومة في كلا النطاقين، وبالتالي لا يمكن تحديد النفط القابل للحركة أو النفط القابل للانتاج.

سنقوم فقط بحساب الإشباع المائي في القطاع العميق وفق علاقة آرشي.

يتم بعد حساب الإشباع المائي S_w ، حساب الإشباع الهيدروكربوني S_{hc} بحيث مجموعهما يساوي 100%.

تحسب قيم الإشباع مع افتراض أن قيمة المقاومة في النطاق المغسول مساوي للمقاومة في النطاق العميق فنحصل على الجدول (10-3) :

الجدول (10-3): قيم إشباع في البئر رقم (3)

رقم النطاق Zone No.	الإشباع المائي في القطاع النظيف S_w (%)	الإشباع الهيدروكربوني الكلي (Total) S_h (%)
1	67.1	32.9
2	43	57
3	56.9	43.1
4	67.3	32.7
5	86.6	13.4
6	89.5	10.5
المتوسط	68.4	31.6

7-6- تغيير أحد معاملات التفسير:

سيتم حساب الإشباع اعتماداً على علاقة اندونيسان (Indonesian)، ومقارنة النتائج مع نتائج إشباعات علاقة آرشي، وتفسير الاختلاف.

طورت هذه الطريقة في عام 1971 من أجل استخدامها في التشكيلات التي تحوي مياه عذبة وذات نسبة غضار عالية كما هو الحال في التشكيلات الخازنة في إندونيسيا (Bassiouni, 2002). تكتب علاقة اندونيسان (Indonesian) وفق الشكل التالي:

$$S_{wi} = \sqrt{\frac{1}{Rt}} / \left(\frac{(V_{sh} \wedge (1 - 0.5 * V_{sh}))}{\sqrt{R_{sh}}} + \frac{\sqrt{\Phi^m}}{a * R_w} \right)$$

حيث:

Rt: المقاومة الحقيقية (العميقة).

Rsh: مقاومة الغضار.

Vsh: حجم الشيل.

Rw: مقاومة المياه الطبقة.

Φ: المسامية

m: أس السمنتة

a: ثابت

لهذه الطريقة بعض المحددات الهامة:

1- تفترض أن المياه الطبقة عذبة.

2- تحتاج لحساب حجم الشيل بدقة (من اللبابات إن توفرت).

3- تستخدم عادة من أجل الخزانات ذات نسبة الغضار العالية.

تتأثر هذه الطريقة بالغضار الذي يختلف تأثيره كثيراً بنوعه وحجمه، ففي هذه الطريقة تستخدم موديلات معينة لكل نطاق لحساب حجم الشيل، والمقصود هنا الشيل المبلل الذي يحوي بفراغاته على كمية من الماء والتي تعرف بالمياه المرتبطة (Kumar, H., 2010).

الفصل الثالث

إن العلاقة بين R_t و S_w هي نتيجة لناقلات الغضار والمياه الطبقيّة، والتفاعل الحاصل بينهما والذي بدوره يزيد من الناقلية.

تم حساب الإشباع المائي والهيدروكربوني لنفس النطاقات التي حسبت لها بعلاقة آرشي، لملاحظة الفروقات بين كلا الطريقتين. وكانت النتائج وفق الجدول (3-11) الذي يبين قيم الإشباع المائي لكل نطاق مدروس.

الجدول (3-11): قيم الإشباع من علاقة (Indonesian)

رقم النطاق Zone No.	الإشباع المائي في القطاع النظيف S_w (%)	الإشباع الهيدروكربوني الكلي (Total) S_h (%)
1	41.5	58.5
2	36.8	63.2
3	33.6	66.4
4	41.0	59
5	51.3	48.7
6	44.3	55.7
المتوسط	41.42	58.58

نقارن متوسط قيم الإشباع المائي في الجدول (3-12) يبين لنا التباين الواضح كما يلي

الجدول (3-12): قيم الإشباع بتطبيق علاقات آرشي وأندونيسيان

نوع العلاقة المستخدمة	الإشباع المائي في القطاع النظيف S_w (%)	الإشباع الهيدروكربوني الكلي (Total) S_{hc} (%)
Archie	68.4	31.6
Indonesian	41.42	58.58

نلاحظ بأن هناك انخفاض واضح على قيم الإشباع المائية، بالمقابل زيادة في الإشباع النفطية مقارنة بالقيم المحسوبة من علاقة آرشي.

بسبب اعتماد هذه الطريقة على حساب الإشباع في الطبقات ذات الإشباع المائية العذبة (مقاومية مرتفعة). و في حقل تل مرمر فإن المياه الطبقيّة ذات نسبة ملوحة معينة يلغى جزء منها من حسابات الإشباع المائي.

وكذلك فإنه تعتبر كمية من المياه الطبقيّة على أنها جزء من المياه المرتبطة ضمن فراغات الغضار، لذلك فإن كمية الإشباع المائي تكون أقل في كلا الحالتين، وبالنتيجة تكون الفراغات المتبقية من المسامية الفعالة تمثل إشباع نفطية.

8- البئر ثل مرمر (1)

احداثيات البئر

278 xxx: y 610 xxx :X

الارتفاع : KB = 236m

GL=227m

عمق البئر : 3325m

قطر رأس الحفر : 8.5" Inch

سائل الحفر المستخدم : ذو أساس مائي OBM (79% نפט + 21% ماء)

درجات الحرارة : على السطح: $Temp_{surface} = 27^{\circ}C$

عند العمق النهائي للحفر: $Temp_{deep} = 123^{\circ}C$

القياسات التي تم اجراؤها في البئر :

العمق	القياس
2290 – 3325 m	Rshallow , Rdeep , RMSFL , CNCM , ZDNC , DT , PEC
0 – 3325 m	SGR , CAL , SP

ملاحظات:

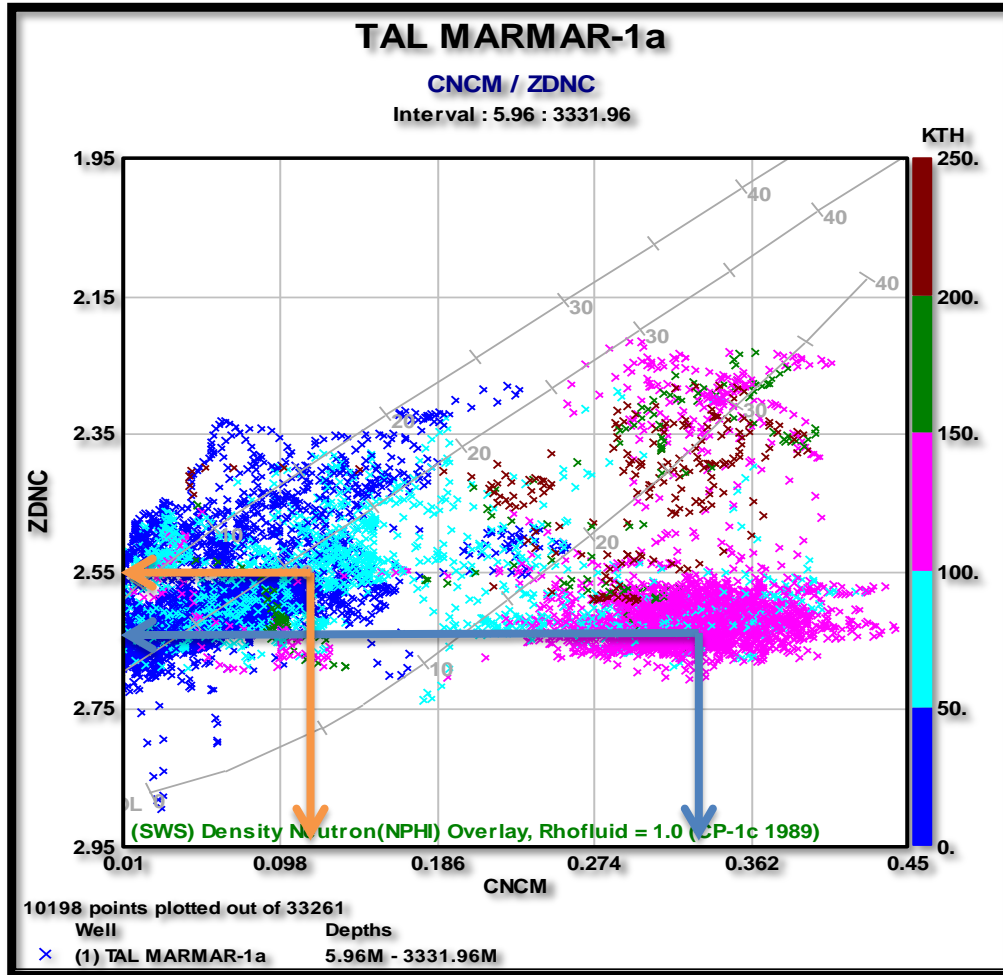
- لوحظت دلائل هيدروكربونية على شكل فقاعات غازية في الأعماق بين :

(2810 – 2828 , 2870 – 2875)

- يمثل هذا البئر اعلى الآبار التي تخترق تشكيلة الرطبة .
- سائل الحفر مكون من نפט (79%) وماء (21%) .
- انحراف البئر عن مساره باتجاه الفالق المسبب للإغلاق، حيث تم اختراق جزء من سماكة تشكيلة الرطبة وليس كامل السماكة.

8-1- وضع مخططات ومدرجات تكرارية توضيحية:

تشير قيم القياسات النيتروني والكثافي والاشعاعي، لتعطينا فكرة تدل على هناك طبقة غضارية ذات نشاط اشعاعي عالي أكبر من الآبار السابقة، كون في المخطط(9-3)



المخطط(9-3):توزع قيم القياس (N-D-KTH) في البئر رقم(1)

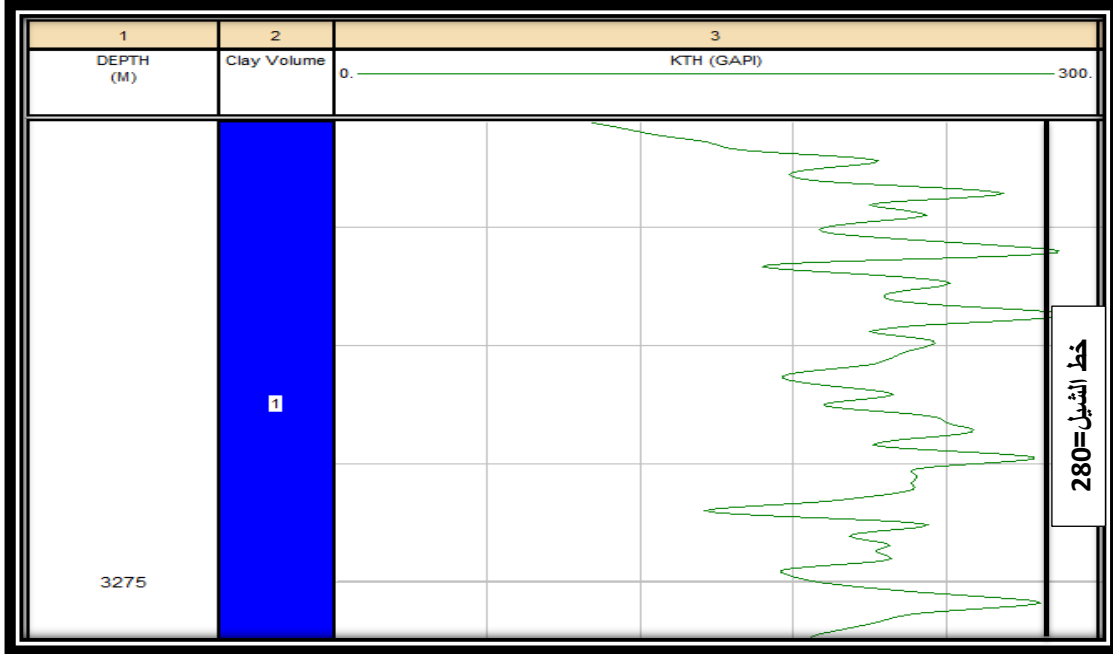
يلاحظ توزع قيم القياس النيتروني والكثافي وفق مجموعتين :

1- المجموعة الأولى: تمثل ليثولوجيا ذات مسامية بحدود 10%، وكثافة متوسطة بحدود $(2.55g/cm^3)$ ، ولها نشاط اشعاعي منخفض أقل من (50 API) ،حيث يتوقع أن تكون هذه القيم تمثل قياسات التشكيلة الرملية الخازنة.

2- المجموعة الثانية: تمثل ليثولوجيا ذات قياسات مسامية بحدود (25 - 40)%، وذات كثافة أكبر من المجموعة الأولى $(2.65g/cm^3)$ ، يتوقع أنها تمثل قياسات الطبقات الغضارية خاصة وأن لها نشاط اشعاعي كبير يتجاوز 150 API .

8-2- تحديد عوامل التفسير المتعلقة بالعضار :

نحدد النشاط الاشعاعي الأعظمي غير المصحح SGR كما في الشكل (3-23).



الشكل (3-23): تحديد خط الشيل للبيئر رقم (1)

تم اختيار هذا النطاق كونه يحوي على أعلى قيمة نشاط اشعاعي في التشكيلة التي تقع بالقرب من التشكيلة الخازنة:

$$GR_{sh} = 280$$

قيمة النشاط الاشعاعي للحجر الرملي :

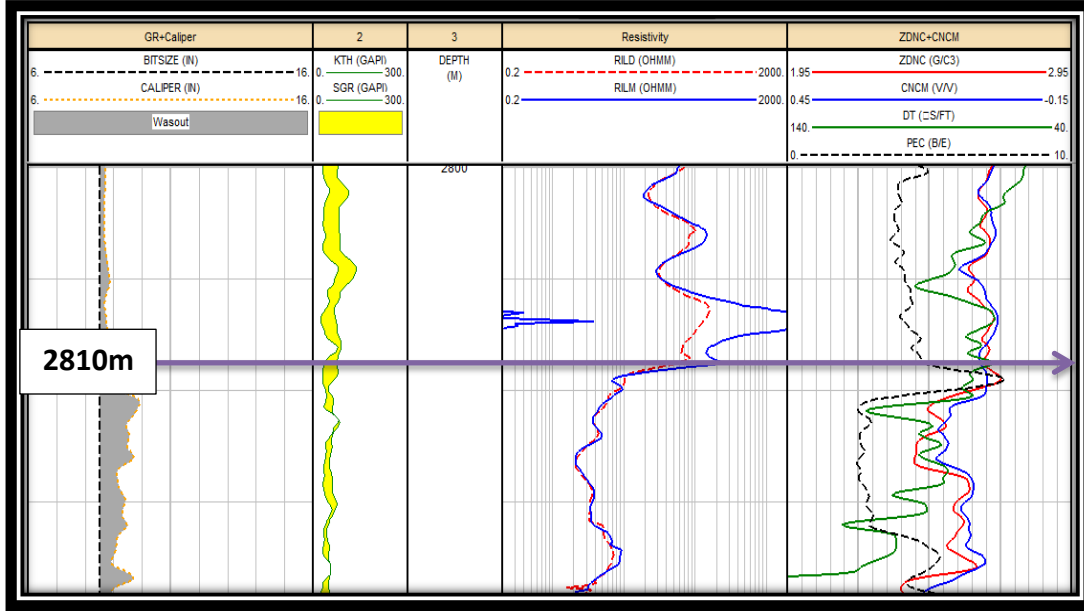
$$GR_{st} = 25$$

أما بالنسبة لقيم المسامية :

$$\Phi_{sh} = \frac{\text{---}}{\text{---}} / 30\%$$

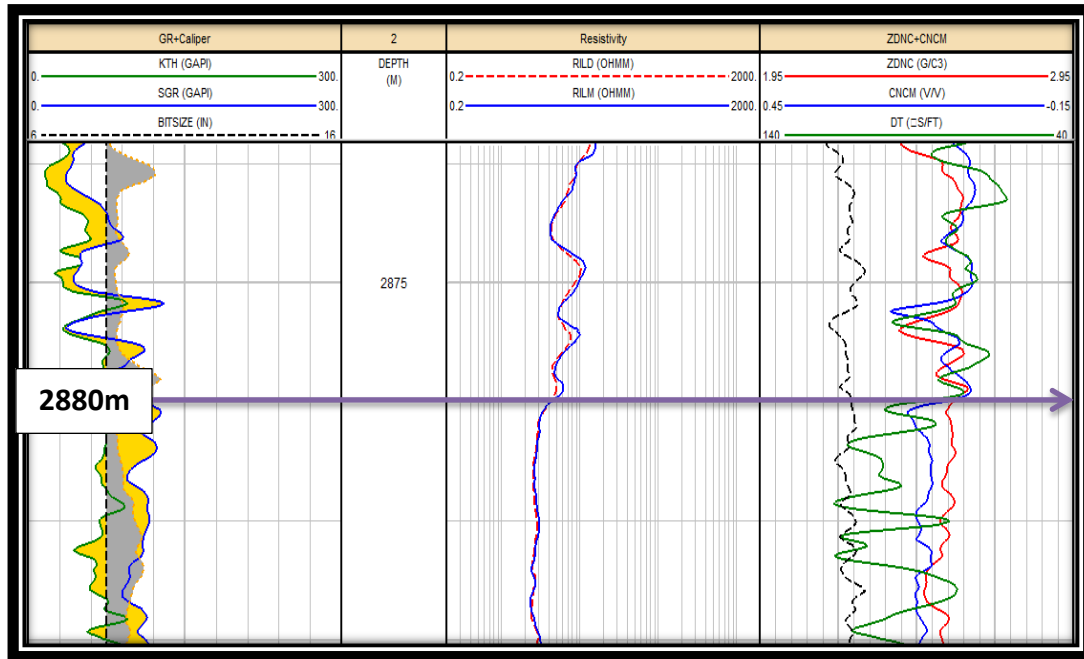
3-8- تحديد الحد العلوي والسفلي لتشكيلة الرطبة:

يحدد السطح العلوي لتشكيلة الرطبة بنفس الدلالات التي حددت في البئر رقم (4)، والتغيرات على المنحنيات كما في الشكل (3-24).



الشكل (3-24): الحد العلوي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (1)

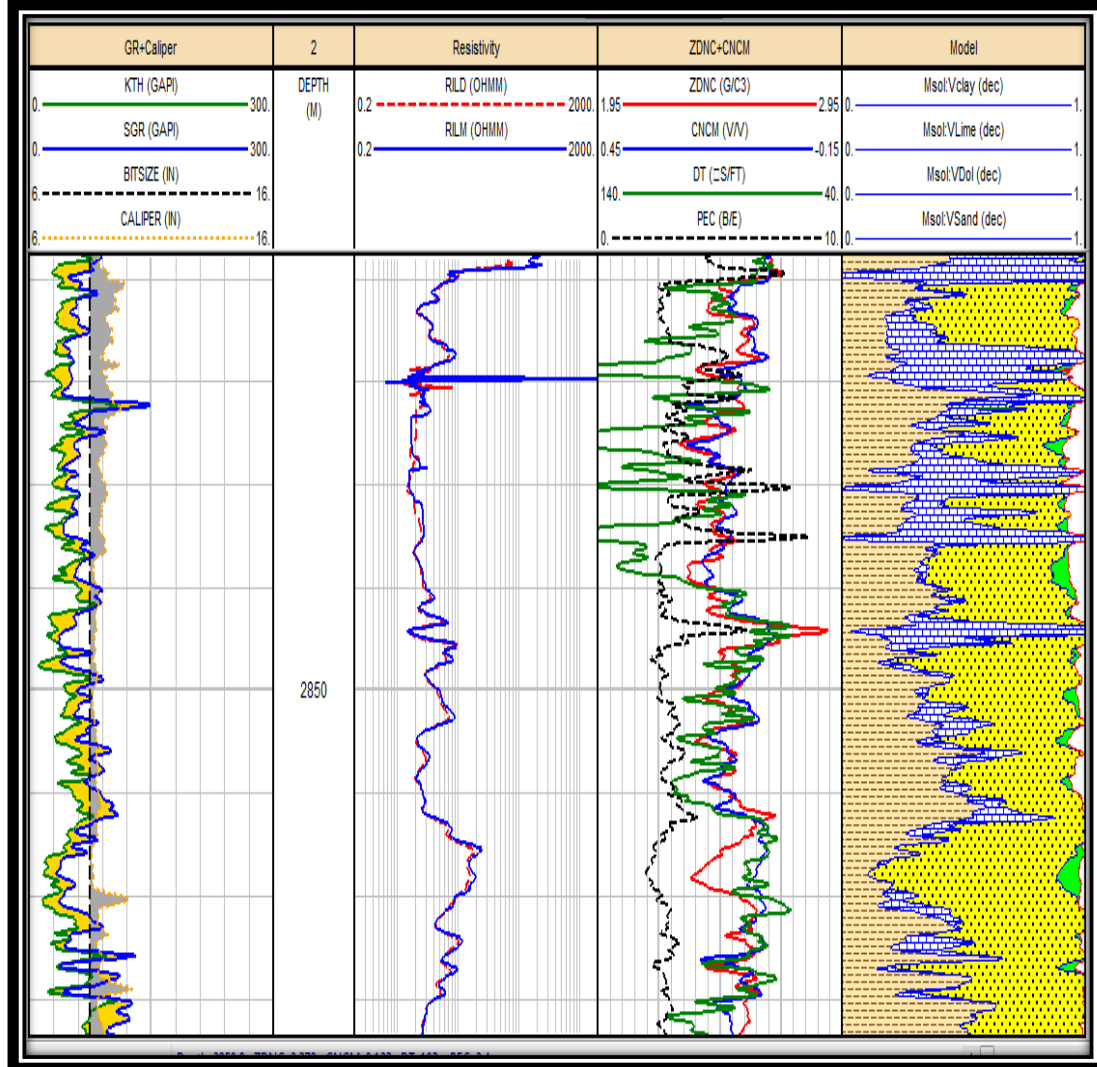
يحدد السطح السفلي بصورة أقل وضوحا كما في الشكل (3-25).



الشكل (3-25): الحد السفلي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (1)

8-4- تحديد مواصفات النطاقات ضمن تشكيلة الرطبة:

الشكل (3-26) يبين امتداد تشكيلة الرطبة والنطاقات فيها:



الشكل (3-26): امتداد تشكيلة الرطبة والنطاقات في البئر رقم (1)

يلاحظ على الشكل (3-26) أن تشكيلة الرطبة في هذه البئر تحوي نسب غضارية أكبر من الآبار السابقة وذات قياسات مشوشة بسبب وجود تناوبات عديدة من الطبقات الغضارية، التي تفصل بين النطاقات الرملية المنتجة، وكذلك يلاحظ وجود طبقات ونسب متفاوتة من الحجر الكلسي.

الفصل الثالث

نطبق جميع العلاقات السابقة التي استخدمت في البئر رقم (4) على كافة النطاقات الخازنة للحصول على الجدول (3-13).

الجدول (3-13): مساميات وحجوم غضار وسماكات النطاقات في البئر رقم (1)

رقم النطاق Zone No.	السماكة Thickness (m)	حجم الغضار Vclay (%)	المسامية الكلية ϕ_T	مسامية الغضار ϕ_{sh}	المسامية الفعالة ϕ_e
1	3.2	16.2	12.3	2.3	10
2	1	13.1	8.4	1.96	6.44
3	2.0	11.6	17.2	1.8	15.4
4	3.1	20.8	15.4	3.1	12.3
5	3.2	15.2	19.0	2.2	16.8
6	0.7	11.3	10.9	1.66	9.24
7	1.3	14.5	16.1	2.2	13.9
8	2.1	12.7	15.3	1.9	13.4
9	5.9	17.5	18.5	2.6	15.9
10	1.6	17.7	14.0	2.6	11.4
11	2.0	14.1	9.5	2.1	7.4
12	2.6	20.1	13.6	3.1	10.5
13	4.1	19.7	16.8	2.9	13.9
14	2.1	22.6	17.1	3.4	13.7
15	6.2	6.6	13.4	1	12.4
16	1.5	14.4	6.4	2.15	4.25
17	1.7	8.2	13.9	1.2	12.7
المتوسط Average	2.6	15.1	13.9	2.2	11.7

8-5- حساب الإشباع لكل نطاق:

بما أن سائل الحفر ذو أساس نفطي OBM فإنه يتعذر حساب النفط القابل للحركة (الانتاج)، بسبب عدم القدرة على تنفيذ قياس المقاومة الدقيقة MSFL، وتم حساب قيم الإشباع من العلاقات السابقة، ونظمت في الجدول (14-3) كما يلي.

الجدول (14-3): نتائج الإشباع للبيئر رقم (1)

رقم النطاق Zone No.	الإشباع المائي في القطاع النظيف $S_w(\%)$	الإشباع الهيدروكربوني الكلية (Total) $S_h(\%)$
1	56.4	43.6
2	69.4	30.6
3	47.6	52.4
4	71.5	28.5
5	65.9	34.1
6	89.2	10.8
7	71.7	28.3
8	66.6	33.4
9	51.8	48.2
10	71.9	28.1
11	60.0	40
12	43.9	56.1
13	62.2	37.8
14	60.9	39.1
15	25.9	74.1
16	69.8	30.2
17	41.0	59
المتوسط	60.33	39.66

8-6- تغيير أحد معاملات التفسير:

أدى تغيير تأثير النشاط الإشعاعي الدال على تشكيلة غضار %100 من قيمة (API 280) إلى قيمة (API 150) إلى التغيرات في القيم الناتجة، كما في الجدول (3-15):

الجدول (3-15): نتائج التفسير عندما النشاط الإشعاعي للغضار (API 150)

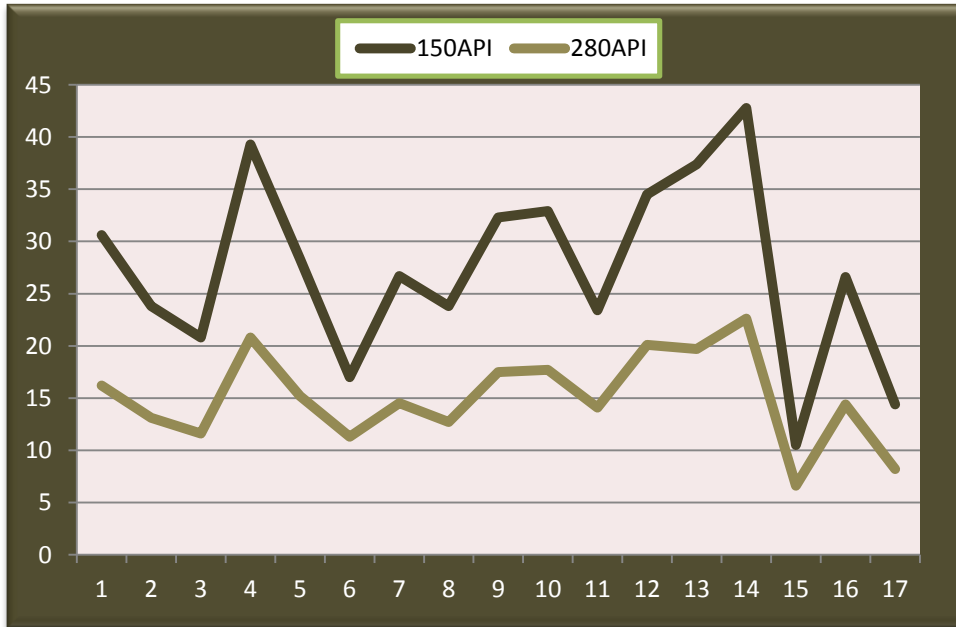
رقم النطاق Zone No.	حجم الغضار Vclay (%)	المسامية الكلية ϕ_T	المسامية الفعالة ϕ_e	الإشباع المائي في القطاع النظيف S_w (%)
1	30.6	11.8	7.2	53.4
2	23.8	7.9	4.3	73.1
3	20.8	16.8	13.7	45.4
4	39.3	14.6	8.7	74.5
5	28.3	18.5	14.2	60.3
6	17.0	10.4	7.9	100
7	26.7	15.5	11.5	73.4
8	23.8	14.9	11.3	67.0
9	32.3	17.9	13.0	49.2
10	32.9	13.4	8.5	74.6
11	23.4	9.3	5.7	57.2
12	34.5	13.2	8.1	36.3
13	37.4	16.1	10.5	61.3
14	42.8	16.3	9.9	59.7
15	10.5	13.3	11.7	23.4
16	26.6	5.9	1.9	78.4
17	14.4	13.6	11.4	38.5
المتوسط	27.3	13.4	9.3	60.3

نلاحظ تغيرات واضحة على كامل نتائج التفسير وهذا يدل على أهمية الدقة في تحديد معاملات الغضار في تفسير التشكيلات خصوصا عند تحديد التشكيلات الرملية.

تفسير التغير :

بسبب وجود قراءة اشعاع (GR) عظمى أمام أحد النطاقات الغضارية، فإننا نعتبر أن هذه القيمة هي موافقة لنطاق مكون بأكمله (100%) من الغضار، ومن ثم يتم حساب حجم الغضار في النطاقات الأخرى التي لها قيم اشعاع أقل من قيمة (GR) العظمى.

فإذا ادخلنا قيمة نشاط إشعاعي (GR) أقل من القراءة العظمى على أنها تمثل طبقة مكونة (100%) غضار ، فإنه يتم اعتبار القيمة الجديدة وما هو أكبر منها على أنها تشكيلة غضار (100%) ، ويتم حساب حجوم الغضار للنطاقات التي تعطي نشاط إشعاعي أقل بصورة يعطيها حجوم أكبر منها في الواقع. نستنتج أن التغير في حجم الغضار، يؤثر على المساميات الكلية والفعالة، كما في الشكل(3-27)



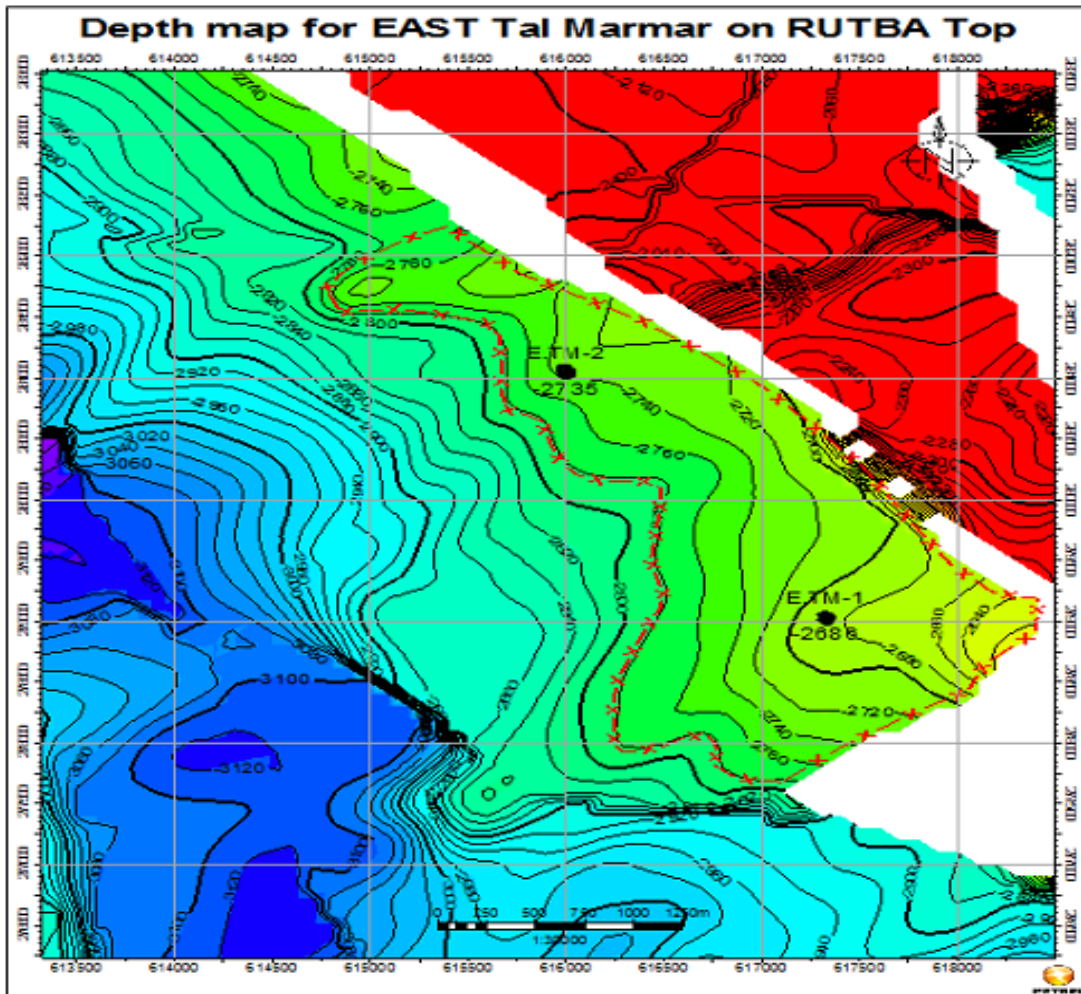
الشكل(3-27): تغير حجوم الغضار بتغير القيمة العظمى الداله عليه

يدل المحور (X) نسب الغضار، والمحور (Y) هو أرقام النطاقات المنتجة في البئر (رقم 1).

//

9- حقل شرق تل مرممر

يتميز هذا الحقل بمساحة أكبر بمقدار الضعف من حقل تل مرممر. تقع تشكيلة الرطبة فيه على عمق أكبر من عمقه في الحقل السابق، حفر في هذا الحقل بئرين تم اختيار موقع حفر البئر الأولى رقم (1) على الخريطة السيزمية العميقة بحيث تخترق التشكيلة في المكان الأقل عمقاً البئر الثانية رقم (2) حفر في موقع بحيث تخترق التشكيلة الخازنة بعمق أكبر، وذلك وفق الإحداثيات المسجلة في الشكل (28-3):



الشكل (28-3): مواقع آبار حقل شرق تل مرممر (SPC,2010)

سوف يتم اتباع نفس الخطوات المنفذة في آبار حقل تل مرممر، وفق ذات التسلسل مع إضافة بعض الملاحظات التي قد تعترض أثناء الدراسة، بسبب اختلاف مواصفات هذا الحقل من الناحية السحنية، وتغير نسب الغضاريات، وبالتالي التأثير على المواصفات الخزنية. وسيتم تطبيق مخطط آخر، لتحديد مقاومة المياه الطبقة RW، والتي على أساسها سوف يتم التفسير.

10- البئر رقم (1)

احداثيات البئر

279 xxx: y 617 xxx :X

KB = 234m : الارتفاع

GL=225m

عمق البئر : 3230m

قطر رأس الحفر : 8.5Inch

سائل الحفر المستخدم : ذو أساس مائي WBM

مقاومية راسح الحفر: $R_{mf} = 0.11 \Omega.m$

مقاومية سائل الحفر: $R_m = 0.14 \Omega.m$

درجات الحرارة :

على السطح : $Temp_{surface} = 21.5^\circ C$

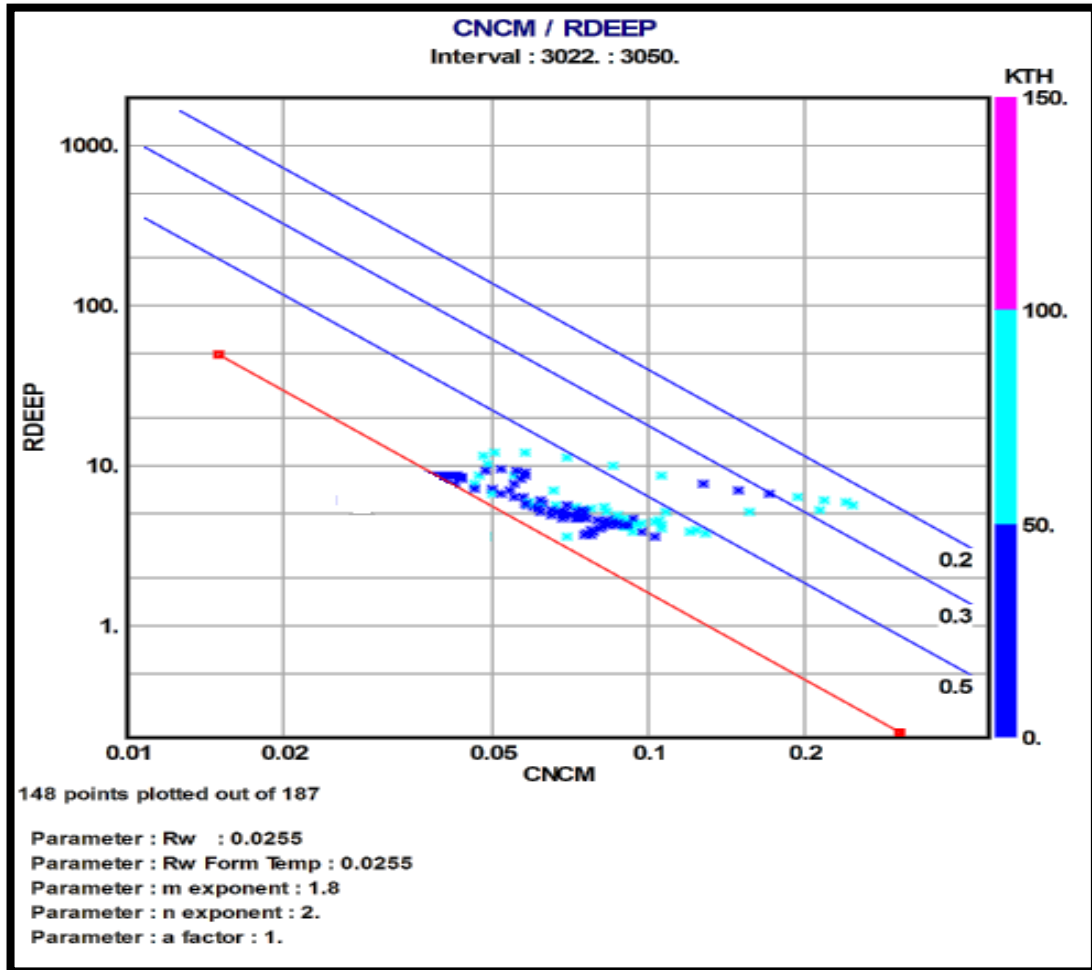
عند العمق النهائي للحفر : $Temp_{deep} = 119^\circ C$

القياسات التي تم اجراؤها في البئر:

العمق	القياس
1400 – 3230 m	Rshallow , Rdeep , RMSFL , CNCM , ZDNC , DT , PEC
0 – 3230 m	SGR , CAL , SP

10-1- تحديد مقاومة المياه الطبقيّة R_w .

تم أولاً تحديد مقاومة المياه الطبقيّة R_w لهذا الحقل، بنفس الأسس والخطوات المذكورة والمتبعة في حقل تل مرمر ولتحديد هذه القيمة يتم رسم المخطط التقاطعي بين المسامية (المحور X) المقاومة العميقة (المحور Y)، بدلالة النشاط الإشعاعي (المحور Z)، المخطط (3-10).

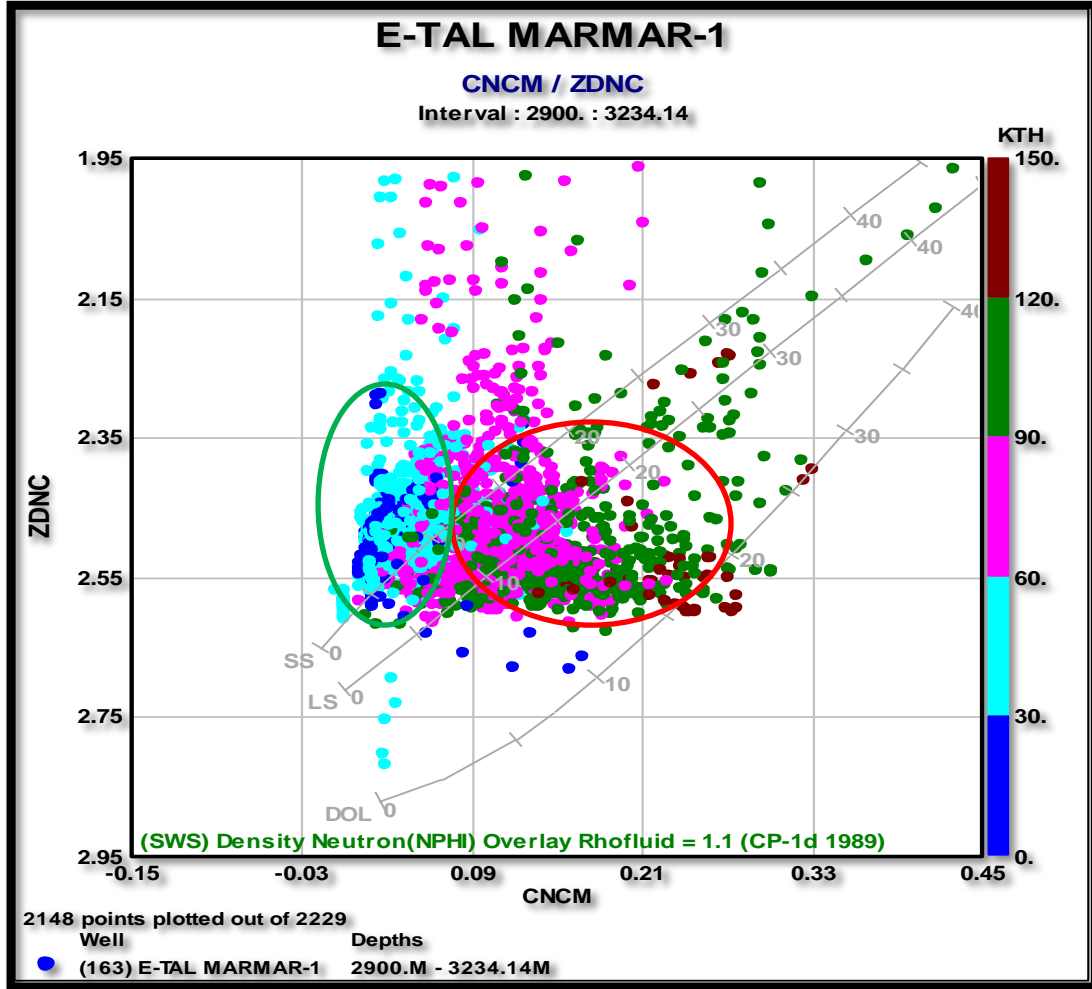


المخطط (3-10): مخطط Picket Plot تحديد قيمة مقاومة المياه الطبقيّة R_w

وقد تم شرح طريقة تنفيذ هذا المخطط في حقل تل مرمر، وتم اعتماد قيمة أس السمّنة $m=1.8$ في هذا المخطط (Picket Plot)، وتم تحديد قيمة مقاومة المياه الطبقيّة $R_w=0.025\Omega.m$ ، لتفسير القياسات البئرية في آبار هذا الحقل.

10-2- وضع مخططات ومدرجات تكرارية توضيحية:

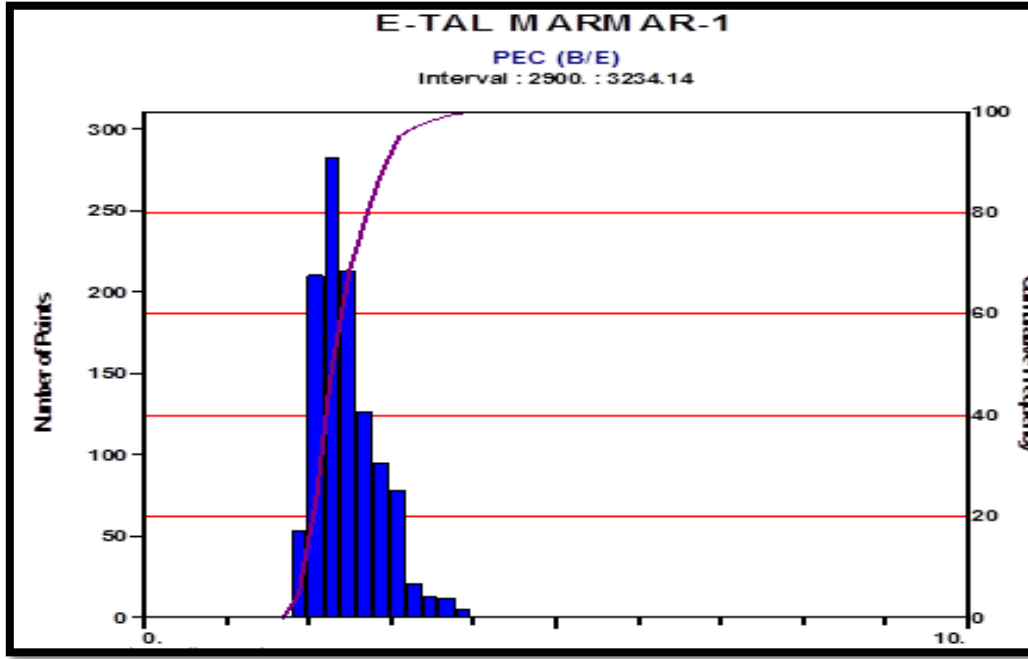
لتحديد الليثولوجيا العامة للتشكيلة الخازنة الطبقات المجاورة لها تم تمثيل قيم الكثافية والنيوترونية للعمق الممتد من (2900-3220)m كما في المخطط(3-11).



المخطط (3-11): تقاطع القياس الكثافي-النيوتروني-بدلالة النشاط الإشعاعي للبر رقم (1)

يتبين من المخطط (3-11) أن معظم النقاط ذات قيم إشعاعية عالية (الدائرة الحمراء) وهذا يدل على نسب عضارية كبيرة، وقليل من القيم (الدائرة الخضراء) التي تقع على الخط المعبر عن الرمل وذات إشعاعية منخفضة. كذلك يلاحظ قيماً أخرى مبعثرة تدل على قيم قياس خاطئة ناتجة عن القياسات نطاقات متكيفة بسبب التهدمات ووعورة جدار البر.

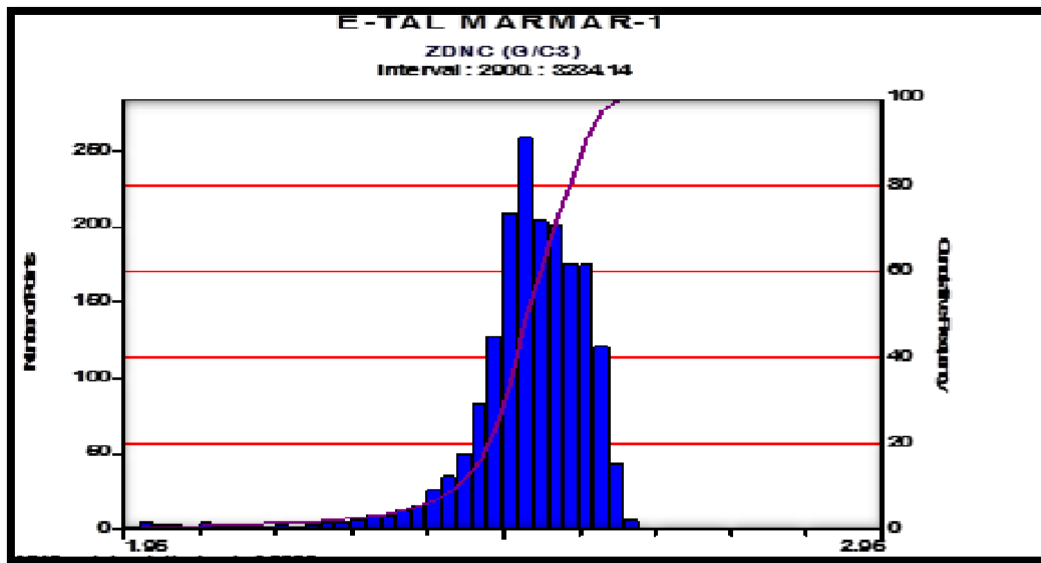
كما يمكن الاستعانة بالمدرج التكراري(9-3) لتحديد مواصفات أدق عن التشكيلة الخازنة، حيث تم رسم علاقة الامتصاص الكهروضوئي PEC بالعلاقة من النشاط الإشعاعي الأقل من (70 API) للعمق الممتد من (2900-3224).



المدرج التكراري(3-9): قيم الامتصاص الكهروضوئي بالعلاقة مع النشاط الاشعاعي

يتبين من هذا المدرج أن قيم PEC بين (3-2) وهي تدل على الحجر الرملي، وذلك بسبب تحديد قيم النشاط الاشعاعي للمدرج، كما يلاحظ أن قيم PEC منخفضة وذات علاقة بالفضار.

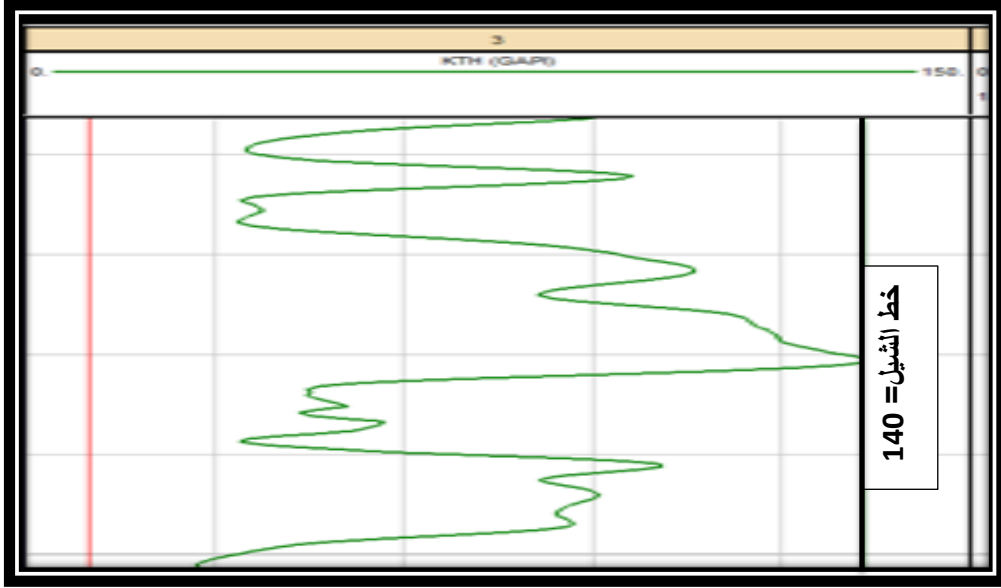
ويمكن من المدرجات أن نحدد قيم الكثافة، وكذلك الامتصاص الكهروضوئي ($PEC < 3$) كما في المدرج التكراري(3-10)، الممثل لنفس عمق المخطط السابق، ليعطي قيم كثافية بـ $(2.55 - 2.40)g/cm^3$.



المدرج التكراري(3-10): قيم الكثافة محددة بامتصاص الكهروضوئي أقل من 3

10-3- تحديد عوامل التفسير المتعلقة بالعضار:

تحدد عوامل التفسير المتعلقة بالعضار من المنحنيات المقابلة لتشكيلة الخزان، أو من الطبقات المجاورة لها، أي تلك التي يكون لها مواصفات ليثولوجية قريبة، حيث يتم تحديد القيمة العظمى للنشاط الإشعاعي والتي تمثل تشكيلة عضارية (100%)، وتعتبر القيمة الدنيا عن خط الشيل (0% عضار)، كما في الشكل (3-29).



الشكل (3-29): قيم النشاط الأعظمي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (1)

فمن الملاحظ أنها تسجل قيمة:

$$GR_{sh} = 140 \text{ API}$$

تحدد قيمة النشاط الإشعاعي للحجر الرملي (خط الشيل القاعدي) بأخذ أقل قيمة للإشعاع التي تصادف أمام التشكيلة الخازنة، أي التي تمثل نطاق مكون 100% من الحجر الرملي النقي حيث قدرت قيمتها:

$$GR_{st} = 15 \text{ API}$$

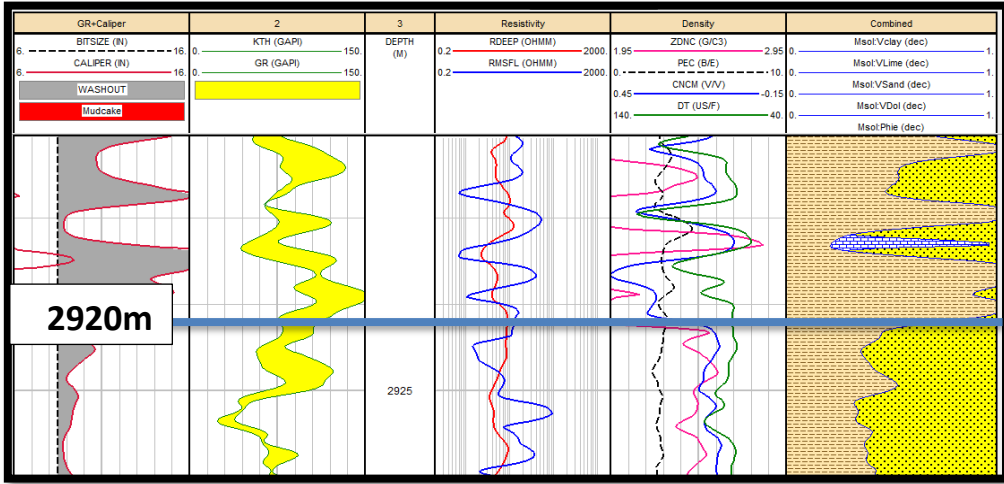
أما بالنسبة لقيم المسامية الموافقة له، والتي يجب تحديدها من أجل حذفها من مجمل المسامية المقيسة أمام الخزان كونها مسامية غير فعالة فلا تدخل في حساب الاحتياطي الهيدروكربوني والمسامية، و يتم قراءتها مباشرة من المنحني النيتروني:

$$\Phi_{sh} = 30\%$$

وحدد الحجم الأعظمي للعضار الذي يسمح لتشكيلة الرملية بالإنتاج بمقدار (20%).

10-4- تحديد الحد العلوي والسفلي لتشكيلة الرطبة:

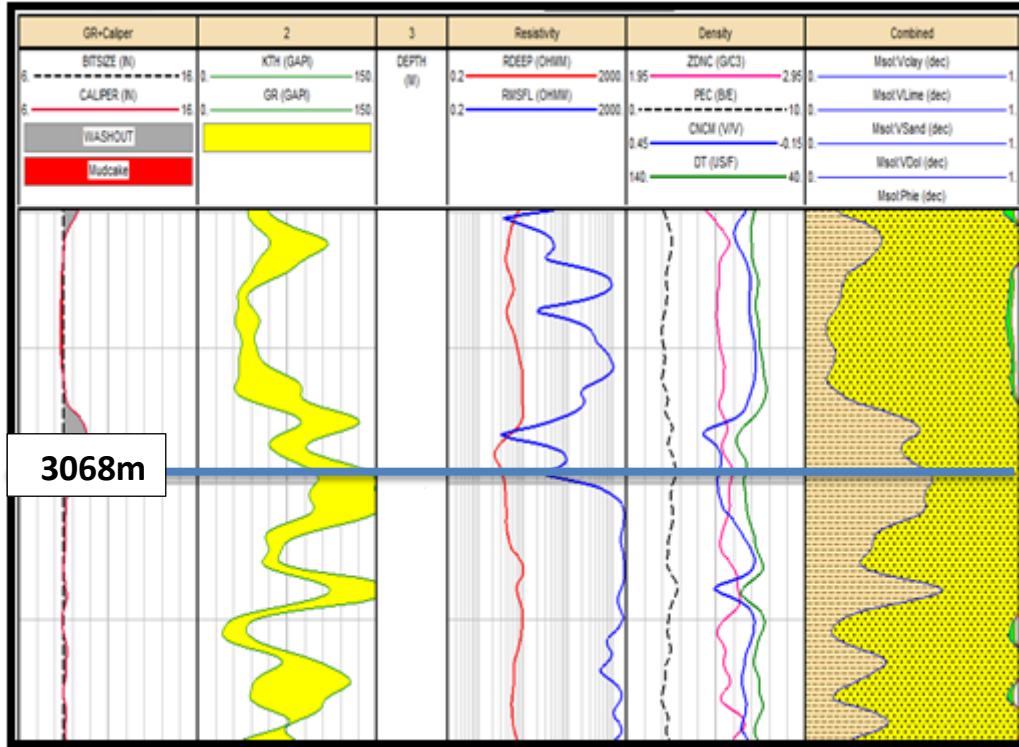
تحدد حدود التشكيلة من خلال القياسات كافة ولكن بسبب المواصفات الليثولوجية لتشكيلة الرطبة في هذا الحقل ، بحيث تحوي على تناوبات عديدة من نطاقات غضارية، فإن هذه الحدود أقل وضوحا عما هو عليه في حقل تل مرمز ويظهر الشكل (3-30) الحد العلوي على عمق (2920m) :



الشكل (3-30): الحد العلوي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (1)

يلاحظ أن التغيرات على المنحنيات ليست واضحة بشكل كبير، كما هو الحال في حقل تل مرمز، ويلاحظ تشوش وتداخلات عديدة في المنحنيات، مما يدل على تغيرات ليثولوجية عديدة خلال سماكات قليلة أي تناوب طبقات قليلة السماكة ذات مواصفات سحنية متباينة، ولكن يمكن تحديد النطاقات الرملية فيها من خلال:

- 1- منحنيات الكثافة - النيترونية: حيث أن ترتيب المنحنيات (نيتروني في اليمين - كثافي في اليسار) يدل على تشكيلة رملية .
 - 2- تباعدات في قيم المقاومة الكهربائية مما يدل على نطاقات ذات مسامية.
 - 3- قيم النشاط الإشعاعي المنخفضة أمام النطاقات الرملية والذي يزداد بزيادة نسبة الغضار.
- من خلال متابعة التغيرات التي تصادف في هذه التشكيلة وقرارات المنحنيات التي تدل عليها أمكن تحديد الحد السفلي لها الذي يفصلها عن تشكيلة السيرجلو كما في الشكل (3-31).

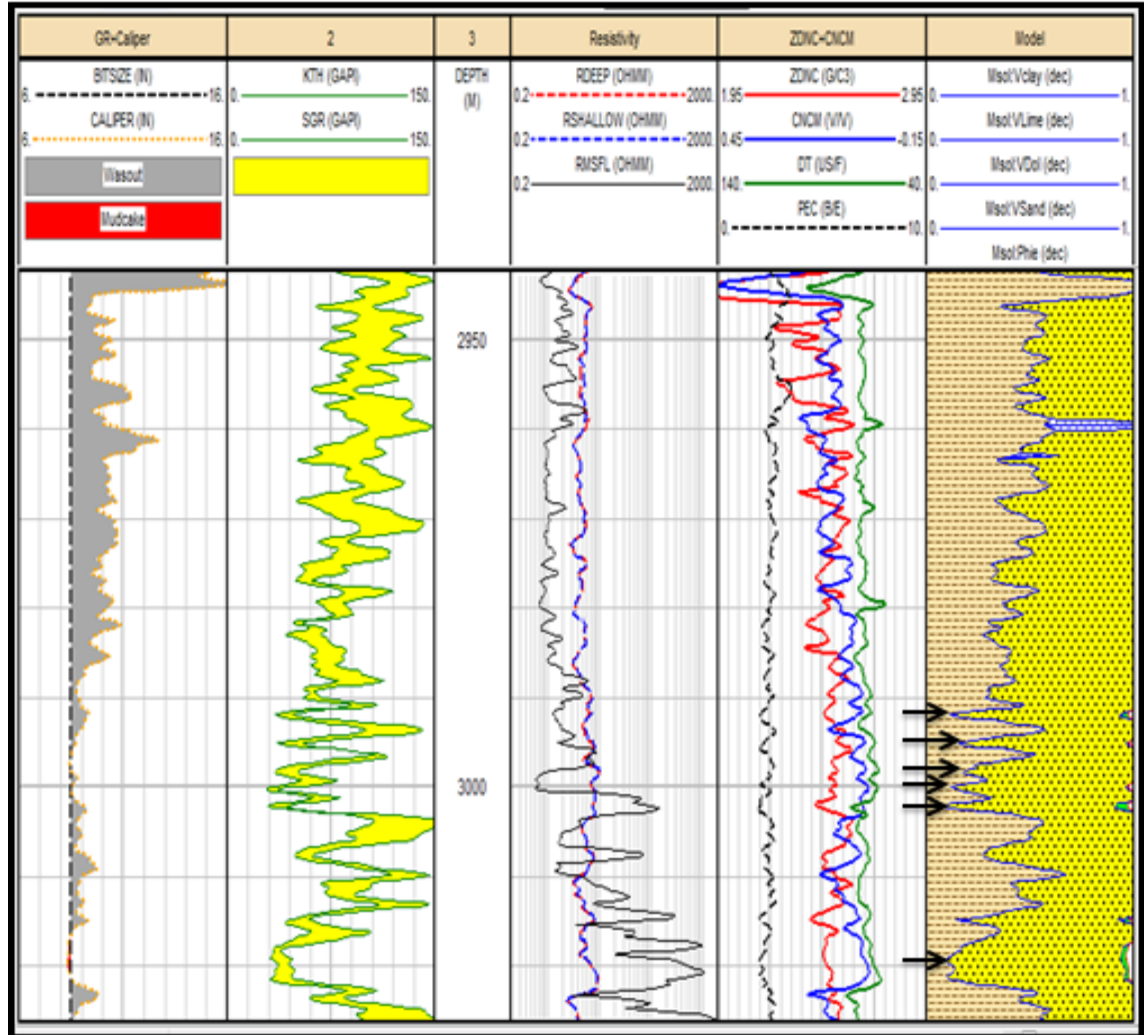


الشكل (31-3): الحد السفلي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (1)

يلاحظ أن الحد السفلي لتشكيلة الرطبة في هذه البئر، يقع على عمق 3068m وهو أعمق من أي حد سفلي في حقل تل مرمر، مما يدل على أن تشكيلة الرطبة في هذا الحقل، أخفض منه في حقل تل مرمر.

10-5- تحديد مواصفات النطاقات ضمن تشكيلة الرطبة.

بعد تحديد الحدود التشكيلة الخازنة ندخل ضمنها لتحديد تفاصيل أكثر، أي نحدد النطاقات المنتجة والنطاقات غير المنتجة الفاصلة بينها كما في الشكل (3-32):



الشكل (3-32): كامل امتداد تشكيلة الرطبة والنطاقات داخلها في البئر رقم (1)

عند تعيين حدود التشكيلة الخازنة لوحظ تشوش كبير في كافة القياسات مما يدل على تفاوت بالليثولوجيا المختزقة، حيث تتميز تشكيلة الرطبة هنا، بتناوبات عديدة من النطاقات الغضارية. وتم تعيين حجم الغضار في كل نطاق من أجل تحديد فيما إذا كان نطاقاً قابلاً للاستثمار (أي يحوي نسبة غضار أقل من 20%).

باستخدام نفس العلاقة المستخدمة في البئر رقم (4) لتحديد حجم الشيل، نقوم بتقسيم التشكيلة الخازنة إلى نطاقات عدة منتجة وغير منتجة، اعتماداً على نسبة الغضار الأعظمية، التي تسمح للتشكيلة الخازنة بإنتاج الهيدروكربون.

الفصل الثالث

تم في هذه الدراسة تقسيم التشكيلة في البئر (1) إلى 6 نطاقات خازنة، بسماكات مختلفة وينسب غضارية مختلفة، وعدد مماثل من النطاقات غير المنتجة.

نطبق العلاقات المستخدمة سابقاً على كافة النطاقات الخازنة نجد النتائج في الجدول (3-16).

الجدول(3-16): مساميات وحجوم الغضار في نطاقات البئر رقم (1)

رقم النطاق Zone No.	السماكة Thickness (m)	حجم الغضار Vclay (%)	المسامية الكلية ϕ_T	مسامية الغضار ϕ_{sh}	المسامية الفعالة ϕ_e
1	1	11.4	8.25	1.73	6.52
2	0.7	15.8	5.62	2.38	3.24
3	0.8	12.0	5.61	1.8	3.81
4	1.2	9.67	10.4	1.43	8.97
5	0.8	14.1	10.0	2.12	7.88
6	4.6	12.6	6.74	1.89	4.85
المتوسط Average	1.5	12.5	7.7	1.8	5.8

من الملاحظ أن النطاقات ذات سماكات قليلة وأقل بكثير مما هو عليه الحال في حقل نل مرمر، بحيث أن معظمها بحدود المتر الواحد فقط، وبالربط مع قيم المساميات نلاحظ ان قيمها متدنية جميعها اقل من 9%.

10-6- حساب الإشباع في كل نطاق:

من علاقة حساب الإشباع آرشي المستخدمة في حقل تل مرمرتم حساب الإشباع في هذا البئر والحصول على الإشباع المائي (S_w) في القطاع العميق (غير المجتاح).

ومن ثم تم طرحها من 100% للحصول على الإشباع الهيدروكربوني بالنسبة المئوية، بنفس العلاقة المستخدمة في البئر رقم(4).

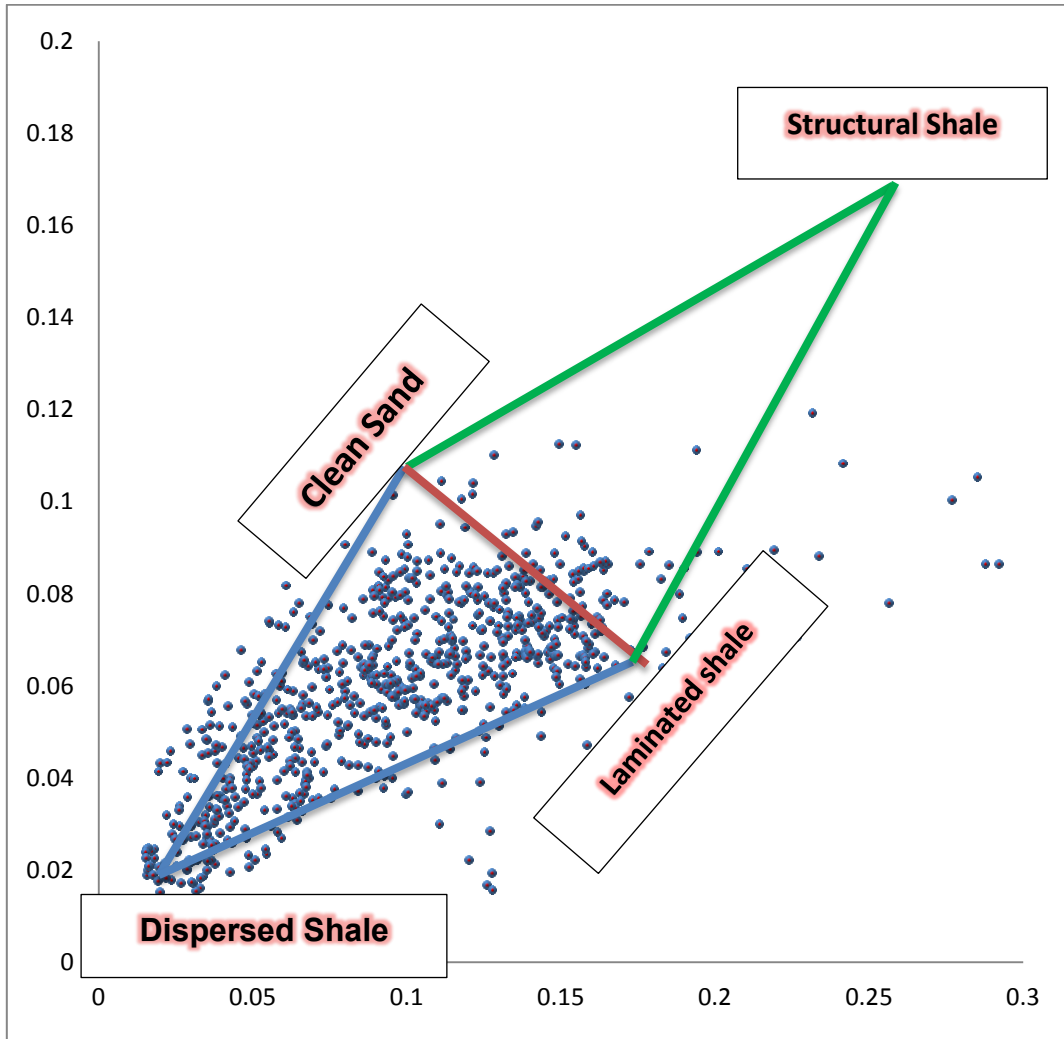
وبسبب عدم وجود أي اختلاف في الإشباع المائبة بين النطاق النظيف والنطاق المجتاح، فإنه لا يمكن الاستدلال بشكل مؤكد على نطاق منتج، لذا تم وضع نتائج الإشباع المائبة النظيفة فقط، كون النتائج ذاتها في القطاعين الضحل والعميق في الجدول(17-3):

الجدول(17-3): إشباع النطاقات في البئر رقم (1)

رقم النطاق Zone No.	الإشباع المائي في القطاع النظيف S_w (%)	الإشباع الهيدروكربوني الكلي S_h (%)(Total)
1	46.7	53.3
2	73.8	26.2
3	98.2	1.8
4	32.6	67.4
5	30.9	69.1
6	55.8	44.2
المتوسط Average	56.33	43.67

10-7- تحديد نمط توزيع الغضار .

أمكن تحديد نمط توزيع الغضار في تشكيلة الرطبة كما في المخطط (3-12) بحيث يعبر المحور (Y) عن المسامية المأخوذة من القياس الكثافي، والمحور (X) المسامية المأخوذة من القياس النيتروني



المخطط (3-12): توزيع نقاط القياس على مخطط (Thomas-Stieber) لتحديد نمط توزيع الغضار

بنفس آلية التفسير لهذا المخطط ، التي سبق ذكرها في حقل تل مرمر، يلاحظ أن القيم تتوزع بين النمط المبعثر والنمط الطبيعي، ولكنها تميل بشكل أكبر إلى النمط المبعثر، أكثر مما هو عليه في حقل تل مرمر، وهذا يؤدي إلى سوء الخواص الخزنية لتشكيلة الرطبة في هذا الحقل، كما يلاحظ غياب النمط التركيبي لتوزيع الغضار في تشكيلة هذا الحقل.

11- البئر شرق تل مرمر (2)

احداثيات البئر

281 xxx : y 616 xxx : X

الارتفاع : KB = 228m

GL=219m

عمق البئر : 3066m

قطر رأس الحفر : 8.5Inch

سائل الحفر المستخدم : ذو أساس مائي WBM

مقاومية راشح الحفر : $R_{mf} = 0.11 \Omega.m$

مقاومية سائل الحفر : $R_m = 0.22 \Omega.m$

درجات الحرارة :

على السطح : $Temp_{surface} = 9^\circ C$

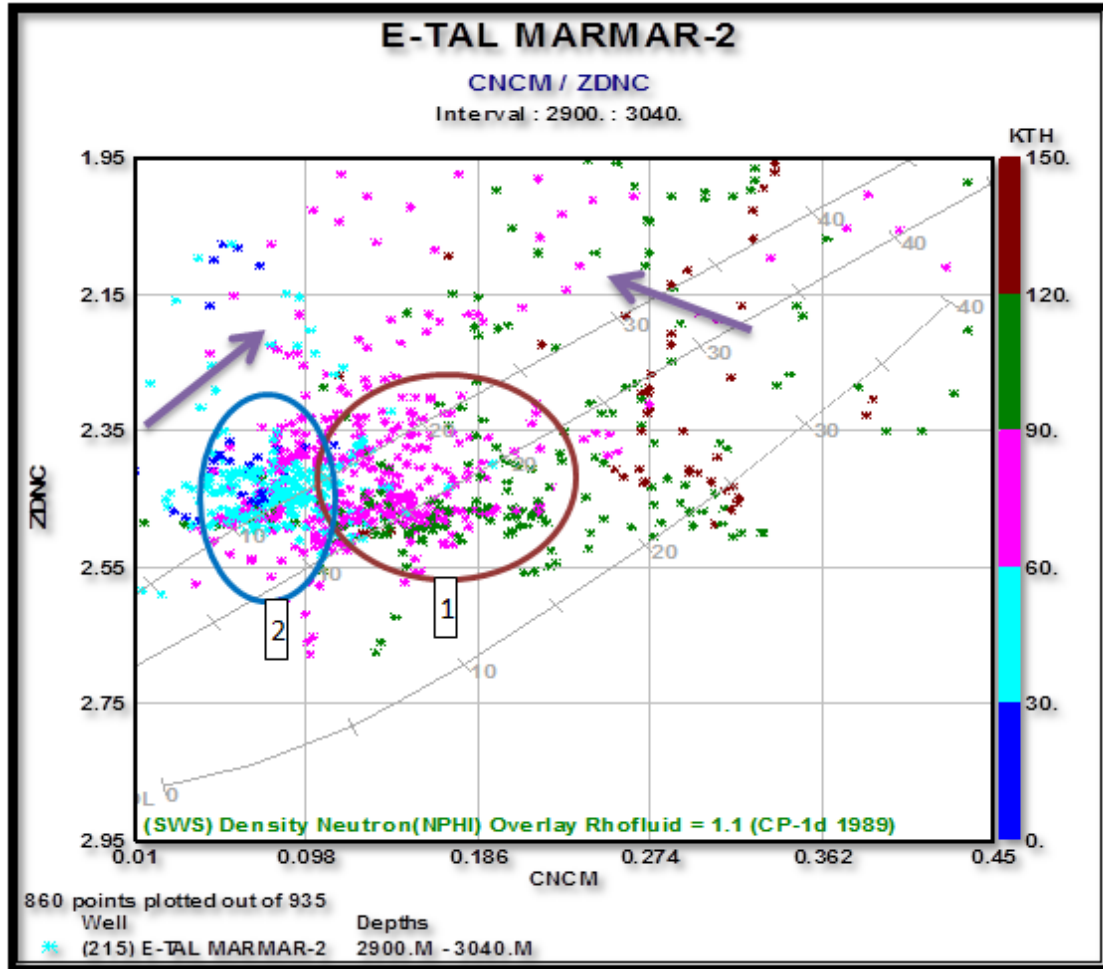
عند العمق النهائي للحفر : $Temp_{deep} = 110^\circ C$

القياسات التي تم اجراؤها في البئر :

العمق	القياس
1425 - 3054 m	Rshallow , Rdeep , RMSFL , CNCM , ZDNC , DT , PEC
0 - 3054 m	SGR , CAL , SP

11-1- وضع مخططات ومدرجات تكرارية توضيحية:

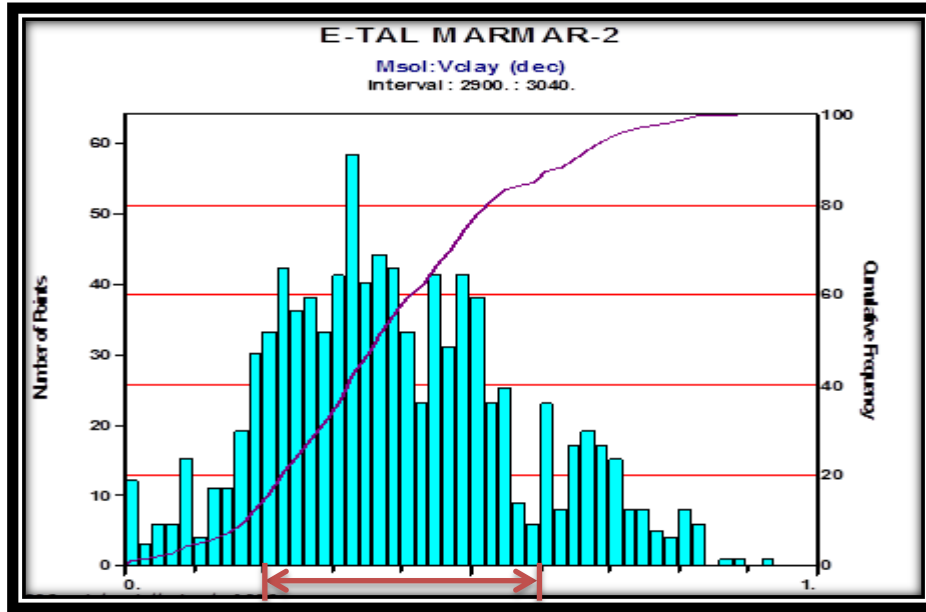
تم تمثيل قيم القياس النيتروني والكثافي بدلالة النشاط الإشعاعي في المجال الممتد من (2900-3040) كما في المخطط (3-13).



المخطط (3-13): تقاطع القياس النيتروني-الكثافي بدلالة النشاط الإشعاعي للبر رقم (2)

يبدو أن معظم القياسات ذات قيم نشاط إشعاعي كبير، ومسامية أكبر من 10 (الدائرة رقم 1) وهذه القيم تمثل الغضار. وبالمقابل يلاحظ قيم بتعداد أقل ذات نشاط إشعاعي منخفض (الدائرة رقم 2)، وهي ما تمثل النطاقات الرملية لتشكلية الرطوبة في هذه البر، بالأخص القيم ذات اللون الأزرق الداكن (قيم اشعاع أقل من 30)، وهي ما يهمنها في هذه التشكيلة والتي تمثل نطاقات رملية نظيفة. كذلك يوجد العديد من القيم المبعثرة المشار إليها بالأسهم، والتي تدل على قراءات خاطئة ناتجة عن وعورة جدار البر والتكهفات العديدة فيه.

ومن خلال تمثيل حجوم الغضار في هذه التشكيلة أمكن الإستدلال على مواصفات التشكيلة الخازنة في هذه البئر، كما في المدرج التكراري (3-11).

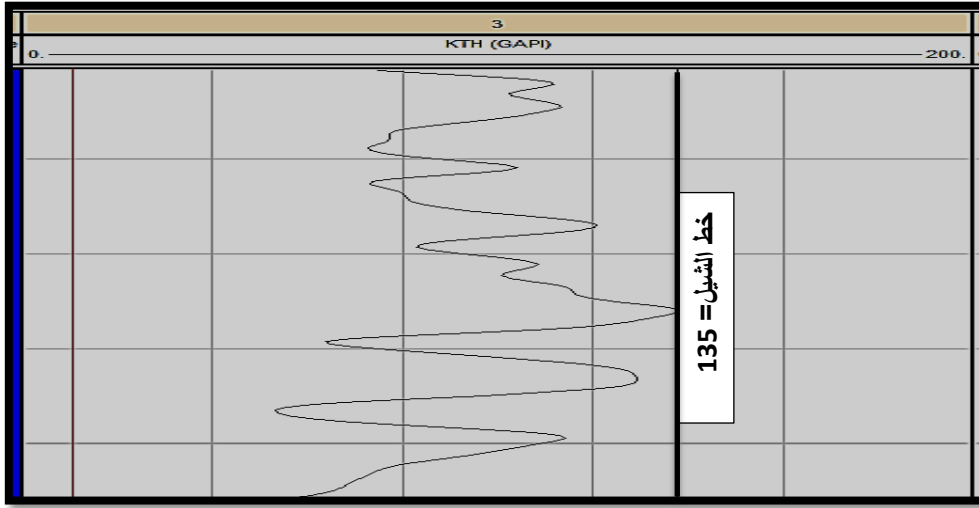


المدرج التكراري (3-11): تمثيل حجوم الغضار في البئر رقم (2)

يبين هذا المدرج التكراري أن معظم القيم تمثل حجوم غضار بنسبة (20-60%)، وهذه نسبة ذات تأثير ضار على التشكيلات الرملية، بحيث تنعكس سلباً عن المواصفات الخزنوية لتشكيلة الرطوبة في هذه البئر. وكما هو ملاحظ فإن أكبر عدد لقراءات حجم الشيل كان عند حجم غضار 35%، وبالتالي لا يتوقع الكثير من هذه البئر من الناحية الخزنوية والانتاجية.

11-2- تحديد عوامل التفسير المتعلقة بالغاز:

يتم تحديد القيمة العظمى للنشاط الإشعاعي التي تمثل تشكيلة غازية (100%) (الخط اليساري)، والقيمة الدنيا التي تعبر عن خط الشيل (0% غاز) (الخط اليميني)، كما في الشكل (3-33).



الشكل (3-33): القيمة العظمى للنشاط الإشعاعي في البئر رقم (2)

ومن الملاحظ أنها تسجل قيمة :

$$GR_{sh} = 135 \text{ API}$$

وتحدد قيمة النشاط الإشعاعي للحجر الرملي (خط الشيل) بأخذ أقل قيمة للإشعاع التي تصادف امام التشكيلة الخازنة، أي التي تمثل نطاق مكون 100% من الحجر الرملي، فكانت قيمتها:

$$GR_{St} = 15 \text{ API}$$

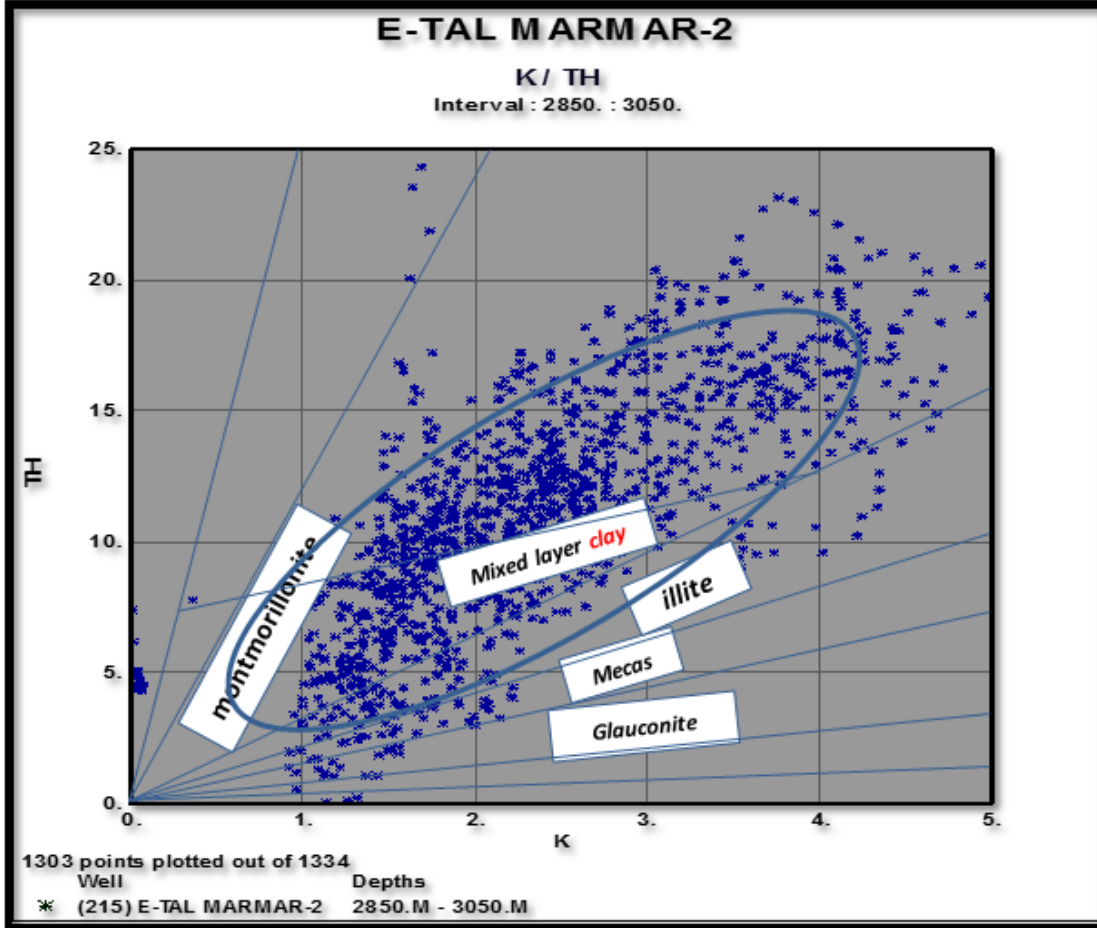
أما بالنسبة لقيم المسامية الموافقة التي يجب تحديدها من أجل حذفها من مجمل السامية المقاسة أمام الخزان كونها مسامية غير فعالة، فلا تدخل في حساب الاحتياطي الهيدروكربون والمسامية يتم قراءتها مباشرة من المنحني:

$$\Phi_{sh} = 30\%$$

وحدد الحجم الأعظمي للغاز الذي يسمح للتشكيلة الرملية بالإنتاج بمقدار (20%).

11-2-1- تحديد نوع الغضار الموجود في تشكيلة الرطبة في هذا الحقل.

تم تحديد نوع الغضار المنتشر في التشكيلة في هذا الحقل بنفس الطريقة المستخدمة في حقل تل مرمر، وذلك بإسقاط النشاط الإشعاعي لمركبة البوتاسيوم (K^{40}) على المحور (X) والنشاط الإشعاعي لمركبة الثوريوم (TH^{232}) على المحور (Y)، كما في المخطط (3-14).

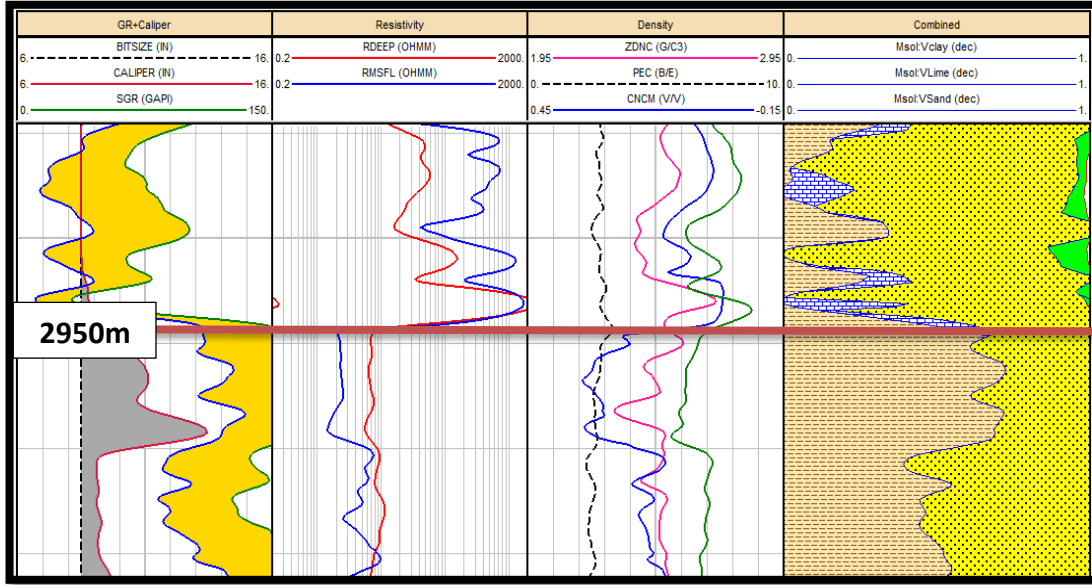


المخطط (3-14): تحديد نوع الغضار لتشكيلة الرطبة في حقل شرق تل مرمر

يظهر هذا المخطط أن الغضار المسيطر في هذا الحقل هو بمعظمه هو مونتوريلونيت، ونسبة أقل من الإيليت والميكا، ويسبب تميز المونتوريلونيت بخاصية ضعف الترابط بين صفائح المكونة له فإنه قابل للتأثر بشكل كبير بالمياه والانتفاخ مما يؤدي إلى اغلاق معظم المسامات وتدمير الخواص الخزنانية لها.

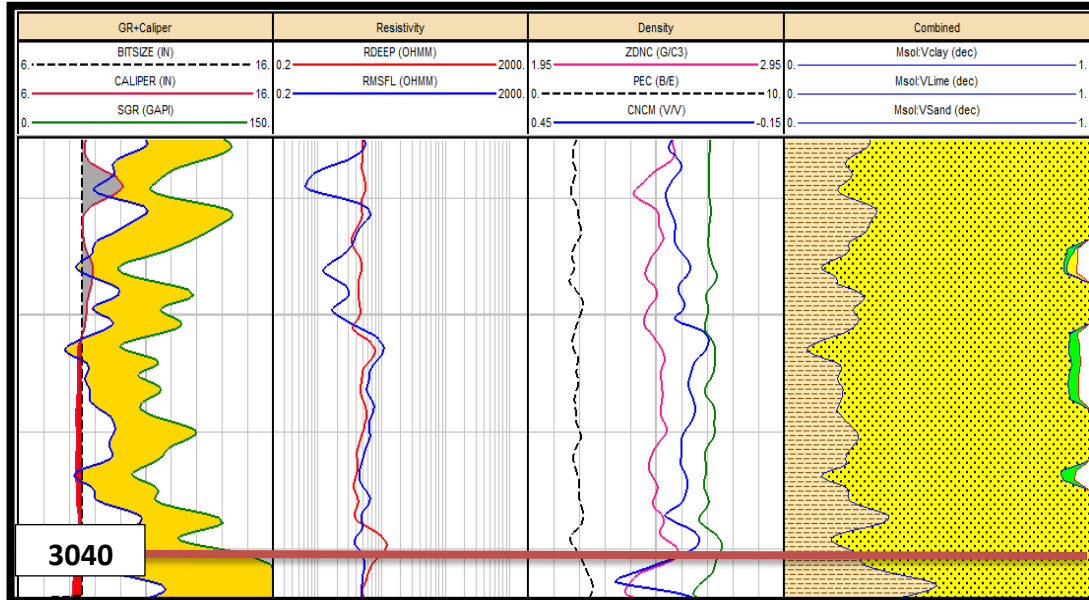
11-3- تحديد الحد العلوي والسفلي للتشكيلة:

عين الحد العلوي للتشكيلة من قراءات كافة التغيرات على القياسات على عمق، حيث تم تحديده على العمق (2950m)، كما في الشكل (3-34).



الشكل (3-34): الحد العلوي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (2)

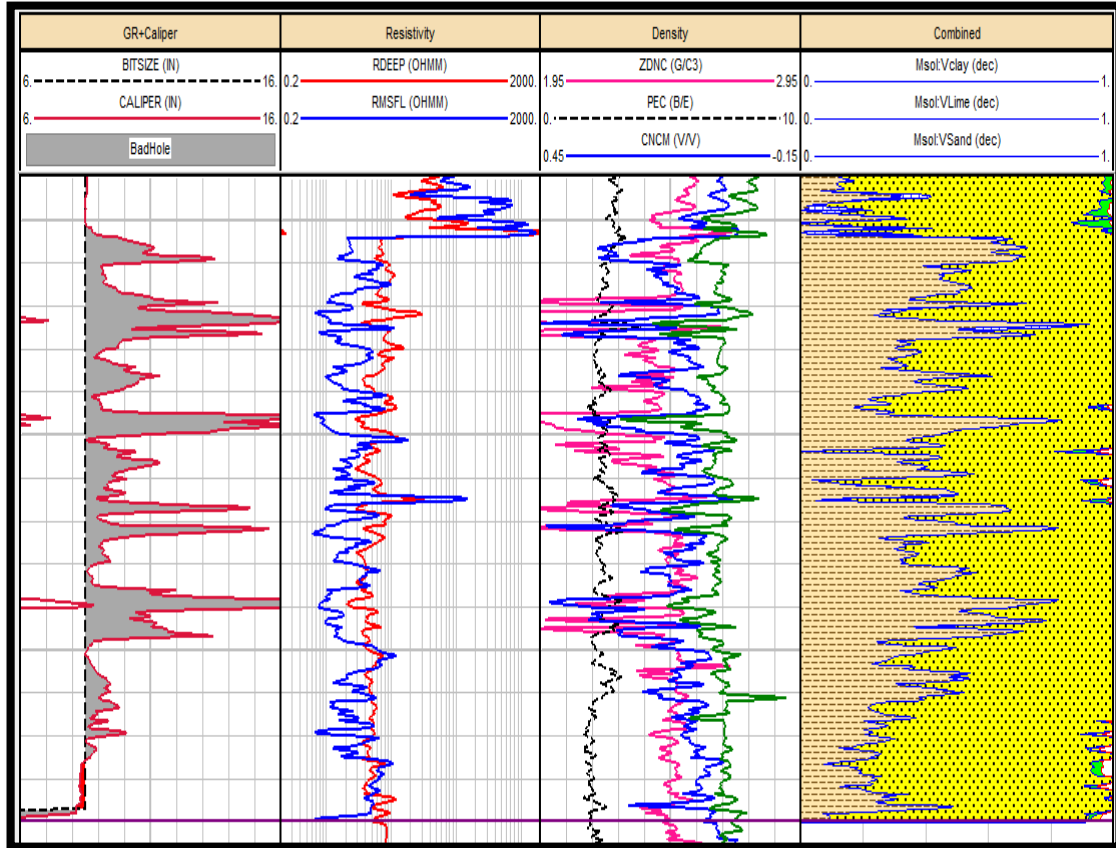
كذلك تم تحديد الحد السفلي للتشكيلة على عمق (3040m) كما في الشكل (3-35).



الشكل (3-35): الحد السفلي لتشكيلة الرطبة في البئر رقم (2)

11-4- تحديد مواصفات النطاقات ضمن التشكيلة:

تقسم التشكيلة إلى عدت نطاقات حسب مواصفاتها الخزنية، وقابليتها لاحتواء النفط، وقد لوحظ أنها تحوي نطاقات قليلة السماكة، كما هو الحال في البئر السابقة وإن تقاطع منحنيات النيترونية والكثافية عدة مرات يدل على التناوبات العديدة بين الغضار والحجر الرملي، ويقابله تذبذب كبير بالنشاط الاشعاعي كما في الشكل(3-36).



الشكل(3-36): النطاقات ضمن تشكيلة الرطبة في البئر رقم(2)

تم حساب حجوم الغضار والمساميات وكذلك تحديد السماكات لكل نطاق باستخدام العلاقات ذات الصلة، كما في الجدول (3-18).

الفصل الثالث

الجدول (3-18): مساميات وحجوم الغضار وسماكات النطاقات في البئر رقم (2) شرق تل مرمر

رقم النطاق Zone No.	السماكة Thickness (m)	حجم الغضار Vclay (%)	المسامية الكلية ϕ_T	مسامية الغضار ϕ_{sh}	المسامية الفعالة ϕ_e
1	1.1	0	19	0	19
2	2	5	11.1	0.1	11
3	0.5	4.8	7.06	0.73	6.33
4	0.7	12.7	10.6	1.86	8.74
5	1	7.82	8.34	1.18	7.16
6	0.7	12.9	11.1	1.9	9.2
المتوسط Average	1	7.20	11.2	0.96	10.23

11-5- حساب الإشباع في كل نطاق:

حسبت الإشباع المائي من علاقة آرشي لكافة النطاقات ومن ثم استنتجت الإشباع الهيدروكربونية كما في الجدول (3-19).

الجدول (3-19): إشباع النطاقات في البئر رقم (2) شرق تل مرمر:

رقم النطاق Zone No.	الإشباع المائي في القطاع النظيف S_w (%)	الإشباع الهيدروكربوني الكلي S_h (%) (Total)
1	27.2	72.8
2	45.7	54.3
3	28.7	71.3
4	50.5	49.5
5	50.4	49.6
6	54.9	45.1
المتوسط Average	42.9	57.1

الفصل الرابع

(تحليل القياسات)

1- الإحتياطي.

2- المضاهاة.

1- الإحتياطي:

يمثل حساب الإحتياطي تنويجاً للدراسات الجيولوجية والجيوفيزيائية والبتروفيزيائية التي تم تنفيذها على الحقل، والربط بين كافة النتائج المحسوبة من الطرائق السابقة، ولما كان كل معامل يدخل في حساب الإحتياطي يحتوي على نسبة ارتياب معينة، فإن الإحتياطي المحسوب لن يكون دقيقاً بشكل تام، فهو يحمل تراكمًا لجميع ارتيابات النتائج السابقة.

يشكل الإحتياطي الذي يحسب عن طريق الآبار بالإحتياطي المؤكد ويسمى بالمخزون، وعند استثمار المكنن لا يمكن استخراجه بشكل كامل، حيث تصل نسبته في أفضل الحالات إلى 50% من كامل حجم النفط الموجود وتعتمد الكمية المنتجة على المواصفات الخزنوية للتشكيلة (القاضي. م، 1996).

للإحتياطي مفاهيم عدة، كل منها يعنى بجزء من الإشباع الهيدروكربوني، وهو يدل بشكل عام على حجم الهيدروكربون بالنسبة لحجم الفراغ بالصخر، في حال استمر استبدال الماء الموجود سابقاً بالنفط، فإننا سنصل في النهاية إلى بقاء نسبة معينة من الماء غير قابلة للإنقاص Swir، ويمكن للتشكيلة حينها أن تنتج نفطاً 100% بالرغم من وجود إشباع مائية، غير قابلة للإنقاص (الحركة) ملتصقة بحواف الحبات الصخرية.

1-1- مفاهيم متعلقة بالإحتياطي:

1- الإحتياطي النظري: إجمالي كمية المادة الهيدروكربونية الموجودة في المصيدة النفطية، دون الأخذ بالاعتبار إمكانية استخراجه من عدمه، أو إن كان اقتصادياً.

2- الإحتياطي المؤكد: هو حجم الهيدروكربون القابل للإنتاج (للاستثمار) وفق شروط محددة تعود لطبيعة المادة الهيدروكربونية، والخواص الخزنوية للتشكيلة وحجمها، والكفاءات البشرية والفنية المتوفرة في إدارة الإنتاج.

3- الإحتياطي الثانوي: وهو حجم الهيدروكربون الذي يمكن إضافته للإحتياطي الكلي عند تطبيق بعض الطرق التي تطور وتحسن أداء الإنتاج في البئر، مثل الإحلال بحمض كلور الماء بالنسبة للتشكيلات الكربوناتية، أو باستخدام فلور الماء بالنسبة للتشكيلات الرملية، أو بتشقيق التشكيلات وتكسيرها هيدروليكيًا، أو بتسخين المادة النفطية باستخدام بخار ماء لتسهيل حركته.

4- الإحتياطي المتبقي: يمثل كمية الهيدروكربون المتبقي في الحقل والقابلة للإنتاج حتى تاريخ معين أي تدل على عمر الحقل. ويعتمد هذا الإحتياطي على معادلات الإنتاج، وتغيرات الضغوط في الخزان، وما يضاف إلى الإحتياطي الكلي من اكتشافات جديدة.

1-2- مدخلات معادلة الإحتياطي:

بعد التعرف على مفاهيم الإحتياطي الهيدروكربوني وأنواعه، يتضح أن الإحتياطي المؤكد يمثل حجم الزيت الخام القابل للإنتاج في ظل الإمكانيات والموارد المتاحة في وقت معين طبقاً لأسس علمية ومعايير اقتصادية للتقدير، وأهم عوامل التقدير هي:

* حجم المعطيات المتاحة عن ظروف الحقل، وامتداده ونوعية الخام وتغيرات الضغوط والحرارة في التشكيلة الخازنة، فكلما زادت هذا المعطيات تصبح تقديرات الإحتياطي أكثر دقة.

* المعطيات المتوفرة عن معدلات الإنتاج والصفات البتروفيزيائية للتشكيلة.

يتم حساب الإحتياطي وفق العلاقة التالية :

$$STOIIP = GRV * \left(\frac{N}{G} \right) * \Phi_e * S_{hy} * \left(\frac{1}{B_0} \right) \quad (1)$$

GRV (Gross Rock Volume): الحجم الكلي للتشكيلة.

N (Net): سماكة النطاقات الخازنة للهيدروكربون ضمن التشكيلة.

G (Gross): السماكة الكلية.

Φ_e : المسامية الفعالة.

S_{hy} : الإشباع الهيدروكربوني.

B_0 : معامل التمدد الحجمي للنفط.

حيث أن:

GRV: وهو الحجم الكلي للتشكيلة، يتم تحديده من القياسات السيزمية المنفذة في المنطقة المدروسة لتتبع امتداد التشكيلة الخازنة، ويساوي مساحة الحقل (A) مضروباً بسماكتها (H) و التي تحدد في كل بئر، بحيث أن السماكات تختلف نسبياً من بئر إلى أخرى حسب موقعها من الحقل، فيما تأخذ السماكات بين الآبار قيمةً متوسطة تحدد وفق شبكات من الخطوط العنكبوتية لتحديد تغير السماكات بدقة.

Net: هي مجموع سماكات النطاقات الحاملة للنفط ضمن التشكيلة الخازنة، لأن معظم التشكيلات تحوي ضمنها نطاقات لا تتمتع بصفات بتروفيزيائية تؤهلها لأن تكون خازنة، كما هو الحال إذا احتوت التشكيلات الرملية على نطاقات غضارية.

Gross: هي كامل سماكة التشكيلة الخازنة.

Φ_e : هي متوسط المسامية الفعالة المحسوبة للتشكيلة الخازنة، وهي التي تتميز بالسماح للموائع بالحركة خلال الفراغات.

B_0 : معامل التمدد الحجمي للنفط، لأن الزيت أو الغاز يكون ذو صفات فيزيائية معينة في ظروف التشكيلة من ضغط و حرارة في الأعماق التي يتواجد فيها. تتغير هذه الصفات عند انتقال المادة الهيدروكربونية من العمق إلى السطح نتيجة لانخفاض الضغط والحرارة، مما يؤدي إلى تمدده وزيادة حجمه، ويؤخذ هذا التغير بالحسبان عند حساب الإحتياطي.

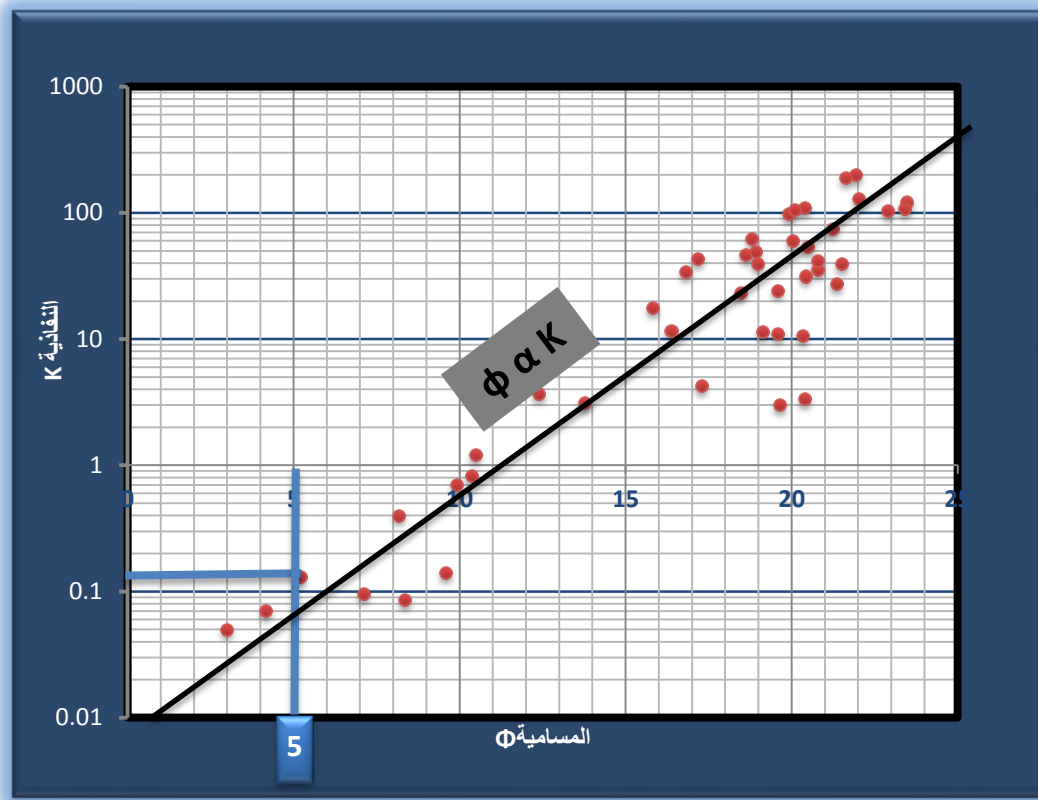
1-3- محددات حساب الإحتياطي:

من أجل حساب الإحتياطي بشكل دقيق فإنه يلزم وضع محددات للمعاملات الداخلة في حساب الإحتياطي، بهدف حذف القيم التي لا تمثل أهمية في حساب حجم الهيدروكربون القابل للاستثمار، أي تلك التي تعبر عن نطاقات عديمة الفائدة ولا تؤدي إلى قيم احتياطي صحيحة، والمحددات هي:

- المسامية الحدية.
- حجم الشيل.
- الإشباع المائي.
- قطر البئر.

1-3-1) المسامية الحدية (Porosity Cut-off): وهي قيمة المسامية الدنيا للتشكيلة الخازنة التي تسمح للنفط بالحركة خلالها. وما دونها لا تصنف التشكيلة أنها منتجة حتى في حال كانت خازنة للنفط، تعتمد هذه القيمة على نوع الليثولوجيا، و حجم المسامات حيث يمكن أن تنخفض هذه القيمة كثيراً في حالة الصخور الكلسية كون المسامات فيها تكون ذات أحجام كبيرة، وإن قلت نسبتها بالنسبة لحجم الصخر الكلي، والتي غالباً ما تكون شقية أو فجوية. أما في حالة الصخور الحطامية فإنها ترتفع بحسب حجم الحبات المكونة للصخر، فكلما زاد حجمها انخفضت قيمة المسامية الحدية والعكس يحدث في حالة الحبات الناعمة، كما هو الحال في السلت والغضار بحيث تحوي مسامية عالية (بحدود 30%)، ولكن عديمة النفاذية، أي لا تسمح للموائع بالحركة خلالها، كونها ذات أقطار أصغر من أقطار جزيئات الموائع.

يعين الحد الأدنى للمسامية التي تسمح للنطاق بتصنيفه كنطاق منتج، من خلال إسقاط قيم وفق محاور المخطط (1-4)، فيمثل فيه المحور (X) قيم المسامية والمحور (Y) لوغاريتمي قيم النفاذية وكلاهما يؤخذ من نتائج (مأخوذة من اللاباب).



المخطط (1-4): تحديد قيمة المسامية الدنيا (Porosity Cut-off)

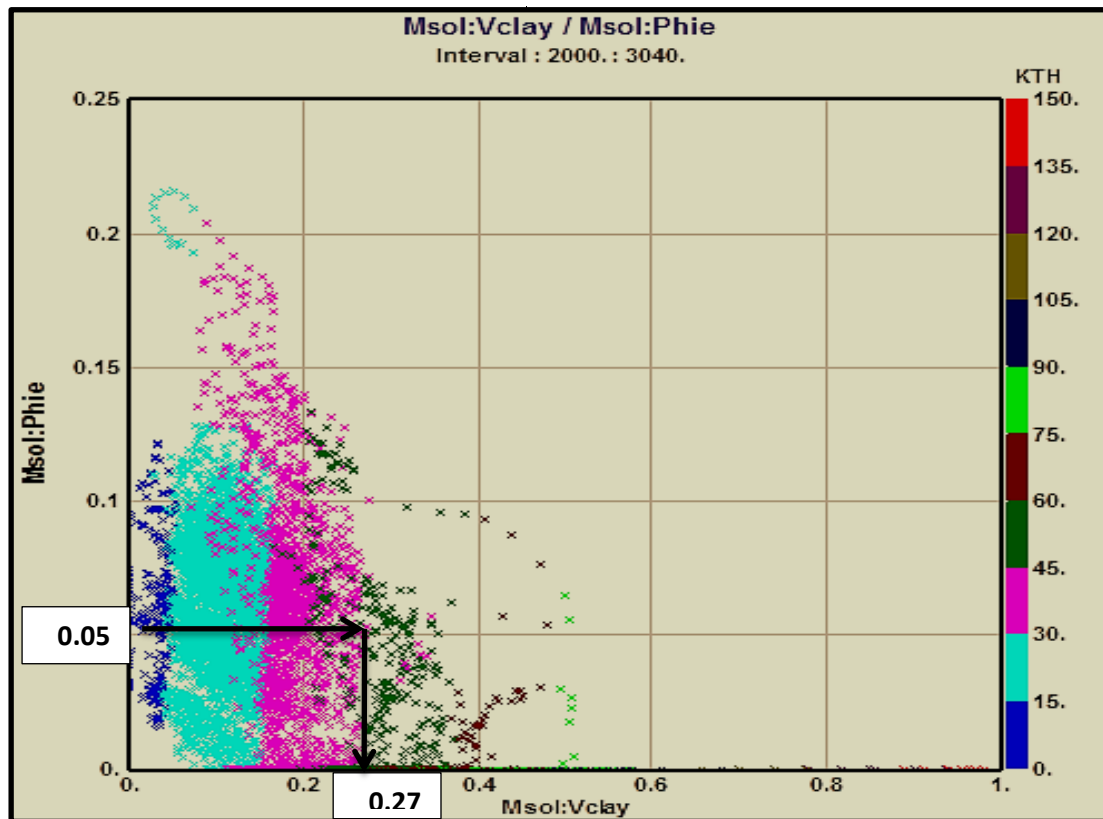
يمكننا أن نلاحظ بوضوح العلاقة الطردية، التي تربط بين المسامية والنفاذية (الخط الأسود). لتحديد قيمة المسامية الحدية، فإننا نسقط أقل قيمة للنفاذية بالنسبة للصخور الرملية رديئة الفرز، والتي تساوي (0.12mD) على قيم المساميات، فتكون قيمة المسامية الحدية هي قيمة المسامية الأولى، التي تتقاطع معها، بحيث يكون إسقاطها مع محور (X) يمثل قيمة المسامية الحدية التي تساوي (5%). بالتالي تكون قيمة المسامية الدنيا الفعالة، التي تسمح بتصنيف النطاق على أنه نطاق منتج في دراستنا هي ($\Phi=5\%$) بالنسبة لحقل تل مرمر.

وفي حقل شرق تل مرمر وبسبب عدم توفر قيم مسامية ونفاذية مأخوذة من قياسات على لبابات في هذا الحقل، تم اعتماد ذات القيمة الناتجة من حقل تل مرمر ($\Phi=5\%$).

1-3-2) حجم الشيل الأعظمي (Shale Cut-off): هي القيمة الحدية لحجم الشيل التي من الممكن أن تسمح للتشكيلة الرملية بأن تنتج الهيدروكربون من ذلك النطاق، وبالأخص الشيل المبعثر، وهو أخطر أنماط توضع الشيل على التشكيلات الرملية، إذ يعمل على تشكيل حواجز ضمن المسامات، وإعاقة تحرك الموائع فيها مما يقلل إنتاج البئر من الهيدروكربون أو إغلاق المسامات بشكل تام، ومنعها من الإنتاج. يتباين هذا التأثير حسب نوع الغضار ويصل تأثيره الأعظمي في حالة البنى الليفية للغضار.

وبشكل عام، تتراوح النسبة العظمى للشيل ، الذي يسمح بإنتاج النفط بين (20-40) % من حجم التشكيلة، حيث تعتمد كثيراً على الكفاءة المتوفرة بالكادر البشري والفني وعمليات التطوير المطبقة على الحقل، فيما يرتفع هذا الحد بشكل كبير في حالة الحقول الغازية.

تم تحديد قيمة الحد الأعظمي لحجم الغضار في هذه الدراسة، والذي يسمح للتشكيلة بإنتاج النفط، وذلك وفق مخطط تمثل فيه قيم المسامية الفعالة على المحور (Y)، وقيم حجوم الغضار المحسوبة على المحور (X)، بدلالة النشاط الإشعاعي، والذي من خلاله نميز نوع الليثولوجيا وفق التقسيمات الظاهرة في المخطط (2-4)

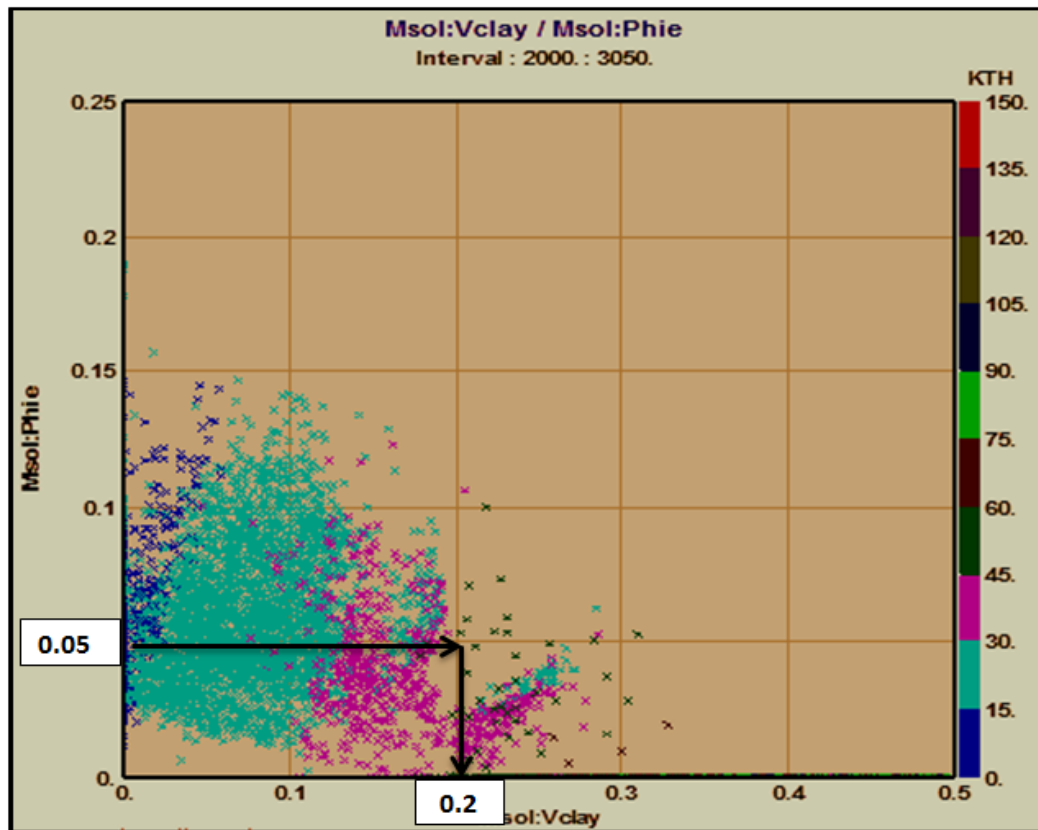


المخطط (2-4): تحديد قيمة حجم الشيل الأعظمي (Shale Cut-off) لحقل تل مرمر

من خلال ملاحظة الألوان التي تدل على قيمة نشاط إشعاعي، وبالتالي تدل على نوع الليثولوجيا المسيطرة، فاللون (الأزرق الداكن) يمثل حجر رملي نقي، واللون (الأزرق الفاتح + الزهري) يدلان على حجر رملي مشوب بنسبة من الغضار يستدل عليها من إسقاط النقاط على المحور (X)، وتمثل الألوان (الأخضر الداكن + البني) غضاراً مشوباً بالرمل، وفق نسبة تحدد كذلك من الإسقاط على المحور (X)، وما يليه من ألوان تدل على صخر تزداد فيه نسبة الغضار حتى نحصل في النهاية على غضار تام.

من خلال تقاطع قيمة المسامية الحدية التي تم الحصول عليها من المخطط السابق، والتي تقدر بـ(5%) مع نهاية اللون الذي يمثل حجراً رملياً مشوباً بالغضار، أي نهاية اللون (الزهري) وبداية اللون (الأخضر)، وبإسقاطها على محور حجم الغضار نجد أن حجم الغضار الأعظمي الذي يسمح للتشكيلة الرملية في حقل تل مرمر بالإنتاج هو (27%).

بنفس الطريقة نقوم بتحديد ذات القيمة من أجل حقل شرق تل مرمر وفق المخطط (3-4)



المخطط (3-4): تحديد حجم الشيل الأعظمي Shale Cut-off لحقل شرق تل مرمر

كما يلاحظ أن حجم الشيل الأعظمي انخفض إلى ($V_{clay}=20\%$)، وذلك بسبب تغير نوع الغضار الموجود في تشكيلة الرطبة في هذا الحقل، وسيطرة المونتموريللونيت ذو التأثير السلبي، كما نلاحظ أن قيم المسامية الفعالة لا تتجاوز ($\Phi=15\%$).

كذلك من الملاحظ أنه لا توجد قيم تمثل نطاقات ذات نسب غضار عالية، هذا بسبب تمثيلها حسب المسامية الفعالة، وبالتالي فإن جميع القيم ذات النشاط الإشعاعي العالي، التي تمثل غضاراً مشوباً بالرمل، تكون ذات مسامية فعالة تساوي الصفر تقريباً، أي تقع جميعها على محور الصفر للمسامية الفعالة ولا يمكن ملاحظتها على المخطط.

3-3-1) الإشباع المائي (Water Cut-off): حيث أن نسبة معينة من الماء ضمن مسامات التشكيلة تؤثر على إنتاجية التشكيلة من النفط. بسبب تباين حركية الماء بالنسبة للنفط.

تتميز المياه بقابلية الحركة أكبر من النفط، أي يكون لها الأفضلية في الحركة والتقدم على المواد الهيدروكربونية، وبالتالي يمكن أن ينتج النطاق ماء فقط من تشكيلة حاوية على النفط. تتحدد هذه النسب لكل حقل حسب المواصفات الخزنوية للتشكيلة وخصائص المادة الهيدروكربونية التي تملأ المسام.

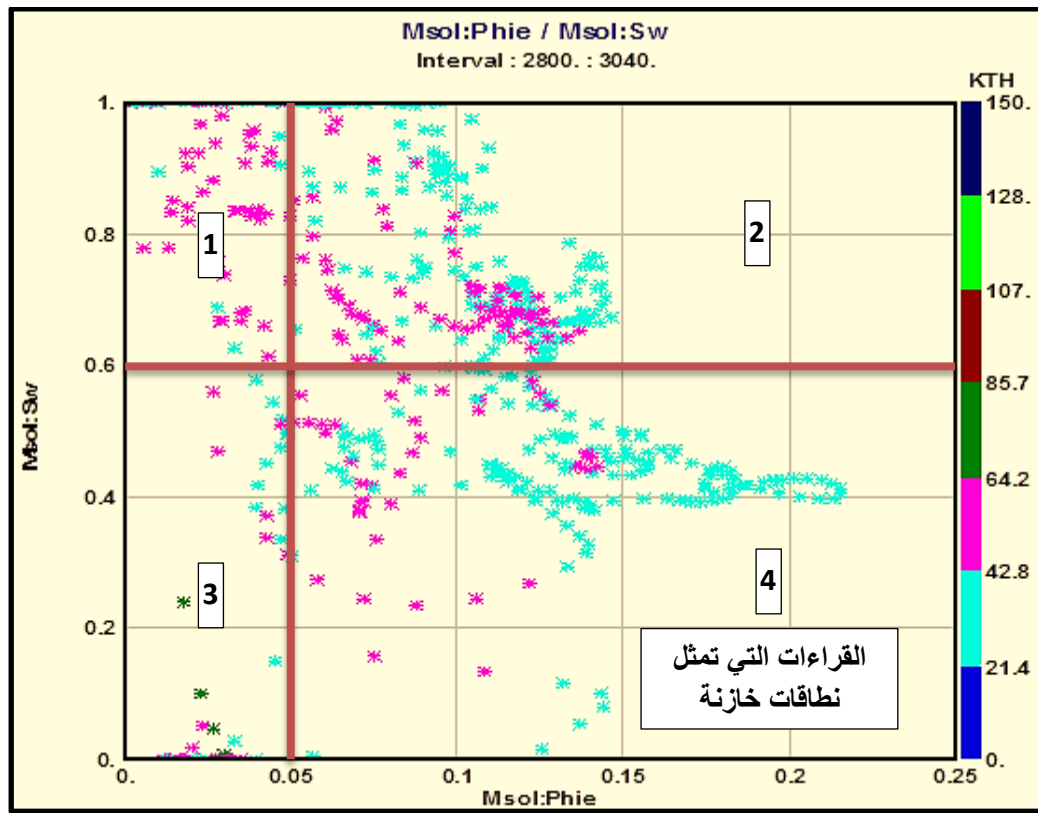
وبشكل عام تكون $Sw=50$ هي القيمة المعيارية للإشباع المائي الأعظمي الذي من الممكن أن تنتج عنده التشكيلة الخازنة وقد تصل إلى 65% ، يمكن أن تزداد هذه القيمة في حال تم إضافة مواد بوليميرية للماء تعمل هذه المواد على إبطاء حركتها، وبالتالي إعطاء فرصة أكبر للنفط بالحركة والخروج إلى البئر، وبالتالي تسمح هذه المواد للتشكيلة بالإنتاج النفطي بالإشباع المائي الأكبر.

لا يوجد مخططات معينة تمكنا من تحديد قيمة الإشباع المائي الأعظمي بسبب ارتباطها بعدة عوامل، حيث حدد الإشباع المائي الأعظمي في دراستنا بنفس القيم التي اعتمدت من قبل (SPC):

($Sw\ Cut-off=60\%$) بالنسبة لحقل تل مرمر.

($Sw\ Cut-off=50\%$) بالنسبة لحقل شرق تل مرمر.

وبتقاطع القيم والمحددات السابقة نحصل على قراءات موزعة يمكن من خلالها تعيين القراءات المجدية، أي ذات القيمة، و التي تمثل نطاقات منتجة كما في المخطط (4-4)



المخطط (4-4): تصنيف القراءات حسب المحددات لحقل تل مرمر

يلاحظ في الربع (1) قراءات ذات مسامية أقل من ($\Phi < 5\%$) وإشباعات مائية أكبر من ($Sw > 60\%$)، والربع الثاني ذو مساميات أكبر من ($\Phi > 5\%$) ولكن بإشباعات مائية أكبر من ($Sw > 60\%$)، والربع الثالث ذو إشباعات مائية أقل من الحد الأعظمي ($Sw < 60\%$) ولكن بمساميات أقل من ($\Phi < 5\%$)، جميع الأقسام السابقة لا تنطبق عليها الشروط المحددة لتصنيف النطاق على أنه منتج، عدا الربع (4) الذي يتميز بمساميات أكبر من الحد الأدنى ($\Phi > 5\%$) وقيم إشباعات مائية أقل من الحد الأعظمي ($Sw < 60\%$) والنشاط الإشعاعي يدل على حجم الشيل الموجود في هذه النطاقات فيلاحظ أن جميع القراءات في الربع (4) أقل من الحد الأعظمي للشيل ذو النشاط الإشعاعي الأقل من 65 API أي ذات نسبة غضار ($Vcl < 27\%$).

1-3-4) قطر البئر (Caliper Cut-off): يعنى تحديد هذا المعامل بالأمر التقنية للسواير التي تقيس خواص التشكيلة، لأن التكهفات في جدار البئر التي تحصل في التشكيلات المفككة أو بسبب اصطدام مواسير الحفر بجدار البئر، تؤدي إلى زيادة قطر البئر عن قطر رأس الحفر بنسبة معينة، فعند انزال السواير تعطينا قراءات خاطئة لأنها تقيس صفات سائل الحفر بدل من قياس خواص التشكيلة، بالرغم من تزويد السواير بنوابض تعمل على ضغط السابرة باتجاه جدار البئر، إلا أن هذه النوابض لها حد معين يصل إلى 20" Inch، وبالتالي النطاقات ذات قطر البئر الأكبر من 20" يتم حذفها وتعتبر نطاقات غير منتجة، حتى وإن طبقت كافة الشروط السابقة، لأن القراءات أمامها خاطئة، خصوصاً في حال كانت التكهفات ذات خشونة كبيرة، أي التغيرات في قطر جدار البئر ذات إمتدادات قصيرة، ويكون تأثيرها السلبي أكبر.

- تم اعتماد قيمة 20" في حقل تل مرمر.
- وقيمة 10.5" في حقل شرق تل مرمر بسبب وعورة جداره بشكل كبير.

ملاحظة: بهذا المحدد تلغى القراءات المأخوذة أمام النطاق حتى لو حقق جميع الشروط المذكورة، ونعتبرها خاطئة.

1-4- حساب الإحتياطي

مراحل حساب الإحتياطي من أجل كل حقل:

- وضع محددات لعوامل حساب الإحتياطي في جدول من أجل كل حقل.
- حساب العوامل الداخلة في حساب الإحتياطي بعد تطبيق المحددات من أجل كل بئر .
- تحديد الحدود السفلى لامتداد النفط.
- حساب الإحتياطي من أجل كل حقل.

1-4-1) حقل تل مرمر

الجدول(1-4): محددات حساب الإحتياطي لحقل تل مرمر

اسم المحدد Cut-Off	الإشباع المائي Sw	المسامية Φ	حجم الشيل Vshale
النسبة المئوية	أكبر من 60%	أقل من 5%	أكبر من 27%

حساب العوامل الداخلة في حساب الإحتياطي:

بعد تطبيق المحددات السابقة للحقل المدروس على النتائج التي تم الحصول عليها من أجل كل بئر، فإننا نحذف النطاقات التي لم تطبق الشروط والمحددات السابقة، ثم نقوم بحساب متوسط كل عامل من العوامل الداخلة في حساب الإحتياطي لكل بئر وفق الجداول التالية:

الجدول(2-4): عوامل حساب الإحتياطي للبئر رقم (4):

السماكة الكلية للتشكيلة (m) Gross	94
السماكة الخازنة (m) Net	13.48
نسبة السماكتين N/G	0.143
متوسط المسامية الفعالة (%) $\Phi_{e(av)}$	11.5
متوسط الإشباع المائي (%) $S_{w(av)}$	43.9
متوسط الإشباع النفطي (%) $S_{hy(av)}$	56.1
متوسط حجم الشيل (%) $V_{sh(av)}$	14.5

الجدول(3-4): عوامل حساب الإحتياطي للبئر رقم (2):

السماكة الكلية للتشكيلة (m) Gross	106
السماكة الخازنة (m) Net	29.10
نسبة السماكتين N/G	0.275
متوسط المسامية الفعالة (%) Φ_{av}	12.9
متوسط الإشباع المائي (%) $S_{w(av)}$	43.0
متوسط الإشباع النفطي (%) $S_{hy(av)}$	57.0
متوسط حجم الشيل (%) $V_{sh(av)}$	14.0

الجدول (4-4): عوامل حساب الإحتياطي للبئر رقم (3):

Gross (m) السماكة الكلية للتشكيلة	80
Net(m) السماكة الخازنة	18.3
N/G نسبة السماكتين	0.229
Φ_{av} (%) متوسط المسامية الفعالة	19.3
$S_{w(av)}$ (%) متوسط الإشباع المائي	44.9
$S_{hy(av)}$ (%) متوسط الإشباع النفطي	55.1
$V_{sh(av)}$ (%) متوسط حجم الشيل	9.8

الجدول (4-5): عوامل حساب الإحتياطي للبئر رقم (1):

Gross (m) السماكة الكلية للتشكيلة	70
Net(m) السماكة الخازنة	5.5
N/G نسبة السماكتين	0.079
Φ_{av} (%) متوسط المسامية الفعالة	9.4
$S_{w(av)}$ (%) متوسط الإشباع المائي	32.2
$S_{hy(av)}$ (%) متوسط الإشباع النفطي	67.8
$V_{sh(av)}$ (%) متوسط حجم الشيل	17.7

الجدول (4-6): متوسط عوامل حساب الإحتياطي لكافة آبار حقل تل مرمز

Gross (m) السماكة الكلية للتشكيلة	87.8
Net(m) السماكة الخازنة	16.6
N/G نسبة السماكتين	0.189
Φ_{av} (%) متوسط المسامية الفعالة	13.27
$S_{w(av)}$ (%) متوسط الإشباع المائي	41
$S_{hy(av)}$ (%) متوسط الإشباع النفطي	59
$V_{sh(av)}$ (%) متوسط حجم الشيل	14

• تحديد حدود الحقل السفلية:

يجب تحديد سماكة التشكيلة الفعالة، من أجل حساب الإحتياطي الهيدروكربوني ، وحدودها العلوية والسفلية، بحيث يعين الحد السفلي لامتداد الإشباع النفطية عند الحد الفاصل بين النفط والطبقة المائية الحاملة (OWC) .

لم يلاحظ وجود طبقة مائية حاملة للمواد الهيدروكربونية في حالة حقل تل مرمر وشرق تل مرمر ، أي أنه لا يوجد حد سفلي ثابت لامتداد النفط في كل آبار الحقل، لذلك سجل على أساس الامتداد النهائي للنفط (Oil Down To – ODT)، والذي يحدد وفقاً للعمق الأكبر الذي صادف وجود النفط فيه حسب العمق الأكبر للبئر المحفورة، خلافاً لما هو الحال عليه في حال كان هناك حداً فاصلاً بين النفط والماء، والذي يكون ثابتاً بين جميع الآبار، فكان هذا العمق يزداد كلما ازداد عمق الحفر، فلزم بذلك متابعة العمق النهائي لامتداد النفط بدقة ، وضعت الأعماق بالنسبة لسطح البحر.

في حقل تل مرمر ODT=(-2755m)

في حقل شرق تل مرمر: ODT=(-2788m)

تقع كامل الإمتدادات النفطية في الحقلين أعلى الحد ODT.

• حساب الإحتياطي لحقل ثل مرمر :

بعد الحصول على النتائج كما في الجدول (4-6) يلزم معرفة قيمة معامل التمدد الحجمي (Bo)، والذي تم تحديده من قبل الشركة السورية للنفط (SPC) بناءً على اختلاف حجم الهيدروكربون بسبب تباين شروط الضغط و الحرارة بين العمق الذي تتواجد عليه التشكيلة، وشروط السطح، يساوي (Bo=1.3).

بتطبيق علاقة حساب الإحتياطي السابقة نحصل عليه كما يلي:

يلزمنا تحديد مساحة الحقل والتي تساوي 2.7km²، وبضربه بالسماكة الكلية الوسطية نحصل على حجم الحقل (GRV)، ومن ثم ضربه بباقي المدخلات فنحصل على قيمة كامل الإحتياطي يساوي:

$$STOIIP = 2.701 \text{ mm}^3$$

بينما كان الناتج المحسوب من قبل الشركة السورية للنفط (SPC) يساوي 3.72mm³ (مليون متر مكعب)، وهذا التباين يعود إلى تصحيح قيم عوامل التفسير التي أدى بعضها إلى زيادة بالإحتياطي، وأدت أخرى إلى خفضه، ولكن كان التأثير أكبر للعوامل التي أدت إلى خفض الإشباع النفطية.

1-4-2) حقل شرق ثل مرمر

الجدول (4-7): محددات حساب الإحتياطي لحقل شرق ثل مرمر:

اسم المحدد Cutoff	الإشباع المائي S_w	المسامية Φ_e	حجم الشيل V_{sh}
النسبة المئوية	أكبر من 50%	أقل من 5%	أكبر من 20%

الجدول (4-8): عوامل حساب الإحتياطي لحقل شرق تل مرمر البئر رقم (1):

Gross (m) السماكة الكلية للتشكيلة	160
Net(m) السماكة الخازنة	2.25
N/G نسبة السماكتين	0.014
Φ_{av} (%) متوسط المسامية الفعالة	8
$S_{w(av)}$ (%) متوسط الإشباع المائي	40.3
$S_{hy(av)}$ (%) متوسط الإشباع النفطي	59.7
$V_{sh(av)}$ (%) متوسط حجم الشيل	12.8

الجدول (4-9): عوامل حساب الإحتياطي لحقل شرق تل مرمر البئر رقم (2):

Gross (m) السماكة الكلية للتشكيلة	110
Net(m) السماكة الخازنة	2.85
N/G نسبة السماكتين	0.073
Φ_{av} (%) متوسط المسامية الفعالة	11.7
$S_{w(av)}$ (%) متوسط الإشباع المائي	36.9
$S_{hy(av)}$ (%) متوسط الإشباع النفطي	63.1
$V_{sh(av)}$ (%) متوسط حجم الشيل	4.5

الجدول (4-10): متوسط عوامل حساب الإحتياطي لبئري حقل شرق تل مرمر

Gross (m) السماكة الكلية للتشكيلة	135
Net(m) السماكة الخازنة	2.55
N/G نسبة السماكتين	0.0435
Φ_{av} (%) متوسط المسامية الفعالة	9.85
$S_{w(av)}$ (%) متوسط الإشباع المائي	38.6
$S_{hy(av)}$ (%) متوسط الإشباع النفطي	61.4
$V_{sh(av)}$ (%) متوسط حجم الشيل	8.65

• حساب الإحتياطي لحقل شرق تل مرمر:

بعد الحصول على نتائج العوامل الداخلة في حساب الإحتياطي كما في الجدول (4-10)، و بما أن قيمة التمدد الحجمي معروفة ($B_0=1.3$)، ولحساب حجم التشكيلة يلزم تحديد مساحة الحقل من المسوحات السيزمية والذي يساوي 6km^2 ، وبإدخال جميع ما سبق في معادلة الإحتياطي يكون الناتج:

$$\text{STOIIP} = 1.640 \text{ mm}^3$$

فيما كان الناتج المحسوب من قبل الشركة السورية للنفط (SPC) يساوي (1.995mm^3)، وهذا التباين كان كذلك بسبب المعاملات التي تم تعديلها في التفسير البئري، وكذلك نتيجة شمل تشكيلة السيرجلو في حساب الإحتياطي التي تقع أسفل الرطبة والتي تحوي كميات قليلة من النفط.

كما هو الحال في حقل تل مرمر فقد تم تعديل وتصحيح العوامل الداخلة في حساب الإحتياطي، وكان كل تغيير له أثر إيجابي أو سلبي على قيمة الإحتياطي، بحيث يناقش تأثير كل معامل بالتفصيل في الفصل القادم من الدراسة.

2- المضاهاة (Correlation):

تساعد المضاهاة في التعرف على التغيرات الجانبية للسماكات، والتغيرات السحنية، والخواص البتروفيزيائية للتشكيلات المدروسة. في دراستنا هذه سنقوم بمتابعة تغيرات تشكيلة الرطبة بين آبار الحقل الواحد من حيث السماكة الكلية والفعالة والخواص الخزنية، وكذلك سنعمل على تحويل المسامات والإشباع النفطي وحجم الشيل من قيم عددية إلى سماكات مترية بالنسبة للتشكيلة الخازنة، لتسهيل تمثيلها و مراقبة تغير كل منها من بئر لآخر.

من أجل تحويل أحد العوامل (مسامية - إشباع نفطي - حجم الغضار) من نسبة مئوية إلى سماكة نحتاج إلى المعادلة التالية :

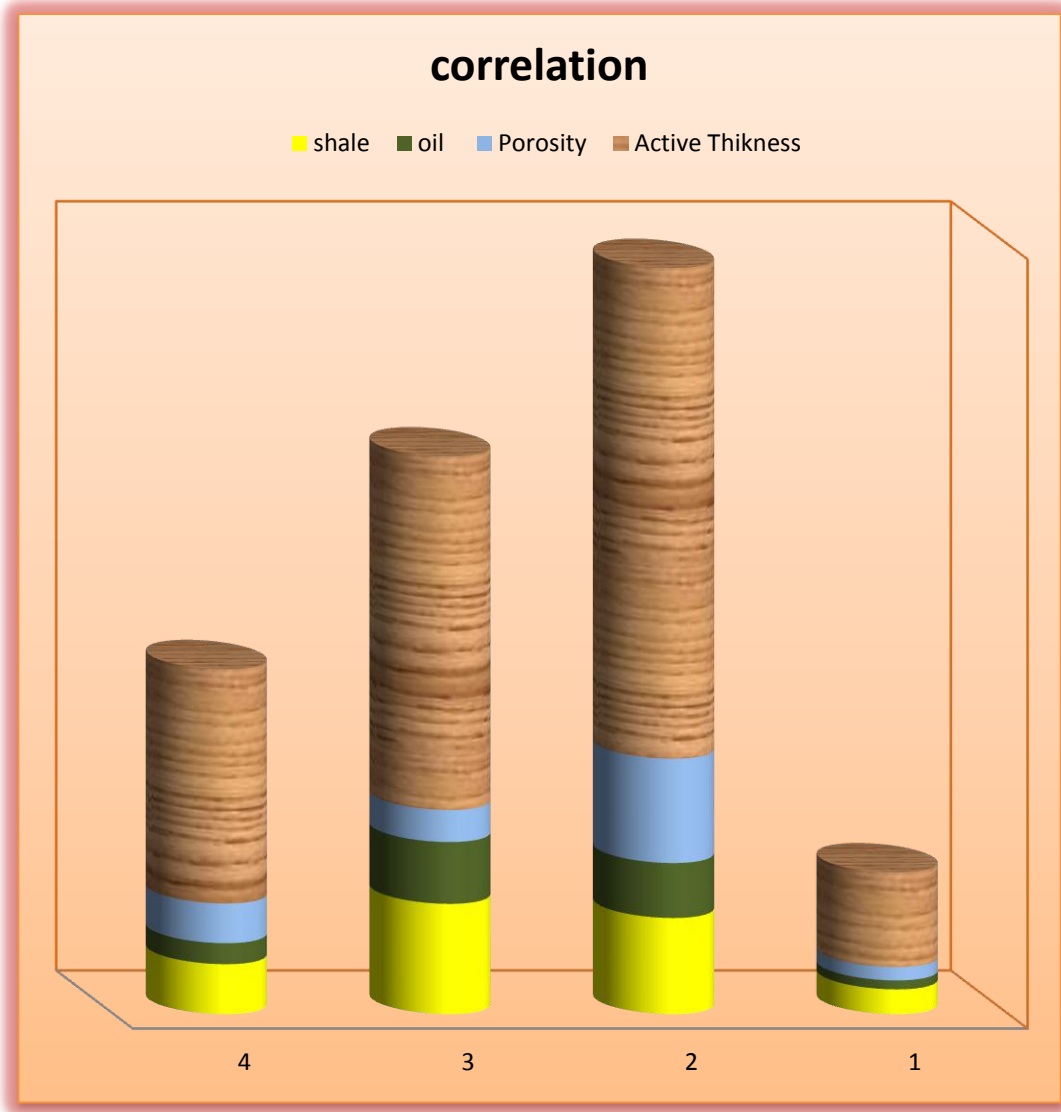
$$\text{سماكة المعامل} = \frac{\text{السماكة الفعالة} * \text{متوسط المعامل}}{100} \quad (2)$$

2-1- حقل تل مرمر

الجدول (4-11): تمثيل الخواص التخزينية وحجم الغضار على شكل سماكات لآبار حقل تل مرمر

رقم البئر	السماكة الفعالة (m)	سماكة المسامية (m)	سماكة الإشباع النفطي (m)	سماكة الغضار (m)
البئر رقم(4)	13.48	1.54	0.82	1.95
البئر رقم(2)	29.10	3.75	2.14	4.07
البئر رقم(3)	18.3	3.53	1.95	1.72
البئر رقم(1)	5.5	0.52	0.35	0.97

لسهولة عملية المقارنة بين الآبار نقوم بتمثيل القيم السابقة كما في الشكل(1-4).



الشكل (1-4): مضاهاة بين آبار حقل تل مرمر

صودفت أكبر سماكة فعالة في البئر رقم (2)، وأكبر حجم إشباع نفطي في البئر رقم (3)، وفيه نفسه صودفت أعلى نسبة غضار، بينما كانت أقل القيم السابقة موجودة في البئر رقم (1). يمكننا من مقارنة النتائج السابقة بين الآبار، تحديد البئر الأفضل من حيث جودة الخزن، ونسبة الإشباع النفطي، وتنظيم النتائج وفق الجدول (7-4).

الجدول (4-12): نسب عوامل الخواص الخزنية لحقل تل مرمر

رقم البئر	نسبة المسامية الفعالة إلى السماكة الفعالة ϕ_e/H_e	نسبة الإشباع النفطي إلى حجم المسام S_{nc}/ϕ_e
البئر رقم (4)	0.111	0.532
البئر رقم (2)	0.128	0.552
البئر رقم (3)	0.183	0.571
البئر رقم (1)	0.0945	0.67

يتبين لنا، أن أفضل الآبار من حيث نسبة المسامية، بالنسبة للسماكة الفعالة، أي أفضلها من الناحية الجودة الخزنية واحتوائها على الفراغات هي البئر رقم (3)، بينما تكون البئر رقم (1) هي الأفضل من حيث إشباعها بالمادة الهيدروكربونية، بحيث تحوي مساماتها على أعلى نسبة من الإشباع النفطي.

2-2- حقل شرق تل مرمر

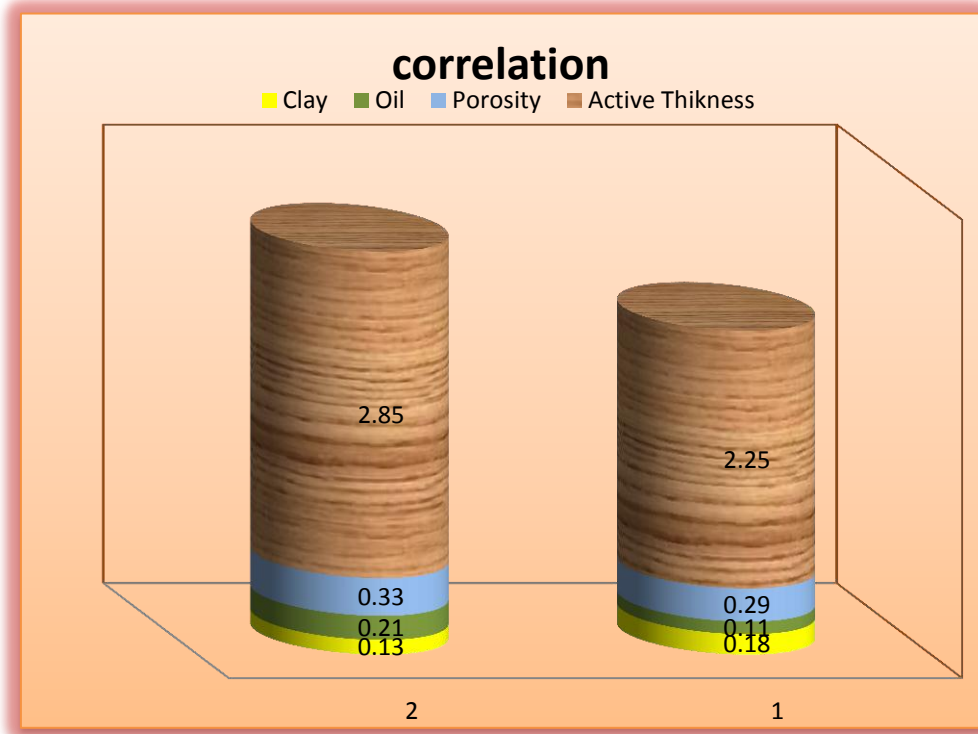
بتطبيق نفس العلاقات السابقة، نحصل على الجدول (4-13).

الجدول (4-13): تمثيل الخواص الخزنية وحجم الغضار على شكل سماكات لآبار حقل

شرق تل مرمر

رقم البئر	السماكة الفعالة (m)	سماكة المسامية (m)	سماكة الإشباع النفطي (m)	سماكة الغضار (m)
البئر رقم (1)	2.25	0.18	0.11	0.29
البئر رقم (2)	2.85	0.33	0.21	0.13

نقوم بتمثيل النتائج في الجدول (4-13) لتسهيل عملية المضاهاة على شكل أعمدة كما في الشكل (4-2)



الشكل (4-2): مضاهاة بين آبار حقل شرق تل مرمر

نلاحظ من الشكل (4-2) أن السماكة الفعالة في البئر رقم (2) أكبر من البئر رقم (1) وحجم الإشباع النفطي في البئر (2) أكبر من البئر رقم (1).

ولتحديد جودة البئر الأفضل يجب تحديد نسب كل من المسامات بالنسبة للسماكة الفعالة والإشباع النفطي بالنسبة للمسامات وتنظيمها في الجدول (4-14)

الجدول (4-14): نسب عوامل الخواص الخزنية لحقل شرق تل مرمر

رقم البئر	نسبة المسامية إلى السماكة الفعالة ϕ_e/H_e	نسبة الإشباع النفطي إلى حجم المسام S_{hc}/ϕ_e
البئر رقم (1)	0.080	0.611
البئر رقم (2)	0.115	0.636

من الجدول (4-14) يتبين لنا أن البئر رقم (2) أفضل من ناحية الجودة الخزنية، وكذلك أفضل من ناحية نسبة الإثباع النفطي.

الفصل الخامس

(النتائج والمناقشة)

1- المعاملات المصححة وتأثير كل منها.

2- تغيرات الخواص الخزنية والليثولوجية لتشكيلة الرطبة.

3- التوصيات.

1- المعاملات المصححة وتأثير كل منها

بعد أن تم إعادة تفسير القياسات البئرية المنفذة على آبار الحقلين المختارين على أساس تصحيح المعاملات الداخلة في التفسير، وإعطائها قيم أدق للنتائج النهائية. تبين أن جميع قيم الخواص الخزنية تغيرت بصورة متفاوتة إيجاباً أو سلباً، حسب تأثر كل منها بالمعامل المصحح، وربط هذا التغير بالمعامل المسبب وتفسيره.

1-1- مقاومة المياه الطبقيّة R_w :

أولاً:

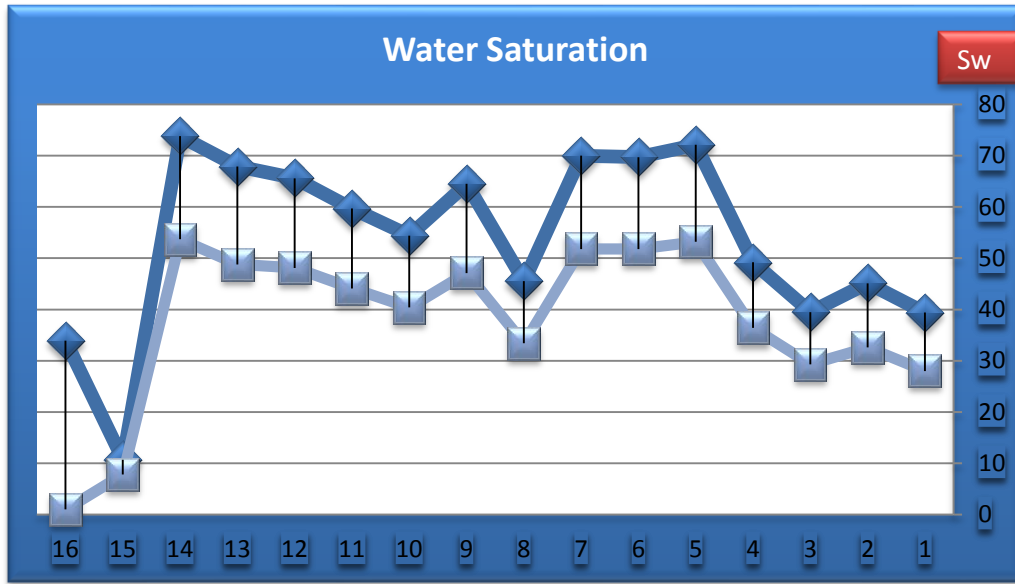
فمنا بتصحيح مقاومة المياه الطبقيّة من الناحية العددية، ومن ناحية طريقة التفسير، فكان التفسير الأولي قد اعتمد على ادخال قيمتين لمقاومة المياه الطبقيّة R_w لنفس الحقل وهذا غير وارد بتفسير القياسات البئرية، لأنه يمكن اعتماد قيمة واحدة لمقاومة المياه الطبقيّة في الطبقات العميقة، والتي تكون مرافقة للإشباع النبطية حيث تبدي تغيرات طفيفة في المناطق المتقاربة، لذا يجب اعتبار ذات القيمة لـ R_w في نفس الحقل، كما يمكن أن تأخذ ذات القيمة للحقول المتقاربة.

ثانياً:

بسبب عدم وجود نطاقات مائية موافقة للشروط التي تسمح بقياس مقاومة المياه الطبقيّة R_w مباشرة، أو إمكانية أخذ عينات مائية لتلك النطاقات تعذر تحديدها على أساس التحاليل المخبرية. تم تحديد قيمة مقاومة المياه الطبقيّة R_w في هذه الدراسة، على أساس طريقة (Pickett Plot) وهي طريقة دقيقة تم شرحها سابقاً، حيث تم اعتماد القيمة الناتجة عن هذه الطريقة في تفسير القياسات البئرية (لحقل تل مرمر) والتي تساوي ($R_w=0.035\Omega.m$) بدلا من القيمتين السابقتين ($0.015\Omega.m$, $R_w=0.025\Omega.m$).

تم اعتماد قيمة واحدة (لحقل شرق تل مرمر) ، بنفس الطريقة (Pickett Plot) وكانت تساوي ($R_w=0.025\Omega.m$) بدلا من القيمتين السابقتين ($0.015\Omega.m$, $R_w=0.025\Omega.m$).

أدى هذا التصحيح في قيمة مقاومة المياه الطبقيّة إلى تغيير في نسب الإشباع كما في الشكل (5-1):



الشكل (5-1): مقارنة الإشباع المائي من المقاوميات ($Rw=0.025, Rw=0.035$) لحقل تل مرمر

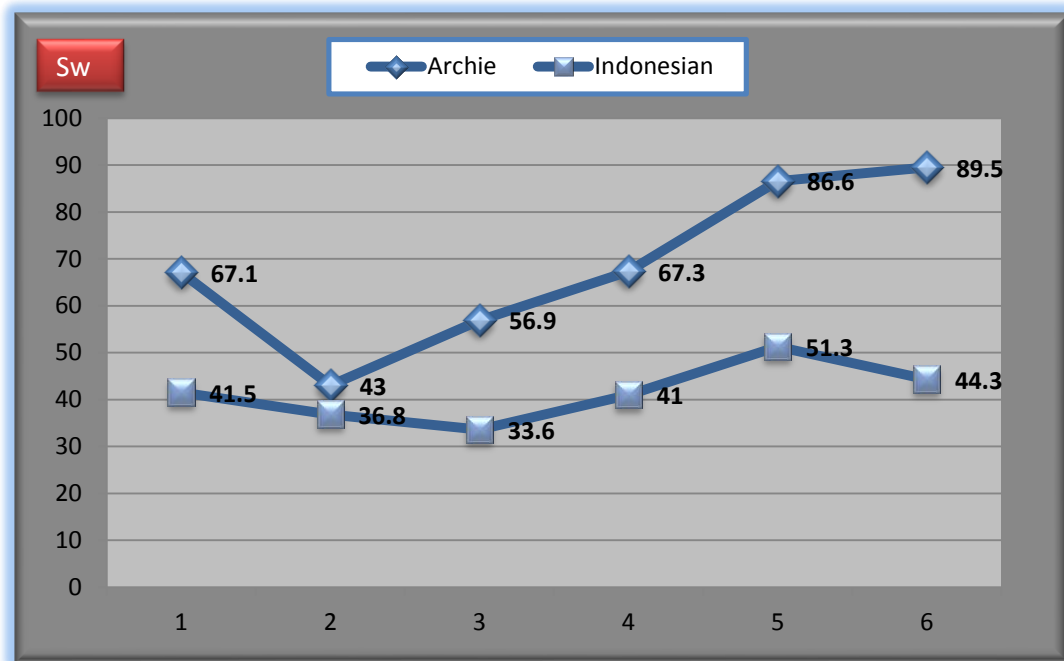
حيث يمثل المحور (X) قيم الإشباع المائيّة، والمحور (Y) أرقام النطاقات المنتجة في البئر المدرّوس (رقم 2)، حيث يدل الخط الأعلى على قيم الإشباع المائيّة المحسوبة من أجل مقاومة مياه طبقيّة تساوي ($Rw=0.035$) ويبين زيادة في نسب الإشباع المائيّة Sw الناتجة، والخط السفلي يمثل قيم الإشباع المائيّة المحسوبة من أجل قيمة مقاومة طبقيّة ($Rw=0.025$) وهو أقل من قيمة الإشباع المائيّة Sw ، بالمقابل أدت الزيادة في الإشباع المائيّة إلى انخفاض قيم الإشباع الهيدروكربونية Shc الناتجة.

وتفسير هذا التغيير هو أن المقاومة الكهربائيّة المقيسة أمام التشكيلة الخزّانة عند عمق معين لها قيمة ثابتة تؤخذ من منحنى المقاومة، وهذه القيمة تمثّل مقاومة كافة مكونات التشكيلة (هيكل صخري + ماء + نفط)، ولأن التيار الكهربائي ينتقل بشدّة معينة عن طريق المياه الطبقيّة بنسبة إشباع معين في التشكيلة، فإن زيادة هذه المقاومة (انخفاض الناقلية) من ($Rw=0.025\Omega.m$) إلى ($Rw=0.035\Omega.m$)، وهذا يعني أن نسبة المياه اللازمة لنقل نفس شدّة التيار الكهربائي تكون أكبر، وبالتالي زيادة نسبة الإشباع المائي في التشكيلة الخزّانة.

ثالثاً:

حساب الإشباع من علاقة أندونيسيان (Indonesian):

من أجل دراسة تأثير العلاقة المستخدمة في حساب الإشباع المائي تم استخدام علاقة أندونيسيان (Indonesian)، فكان الاختلاف في قيم الإشباع كبيراً و واضحاً بحيث انخفضت قيمها بنسبة (40%)، وهي نسبة تباين عالية كما في الشكل (5-2).



الشكل (5-2): قيم الإشباع المائية من معادلات (Archie & Indonesian) لحقل تل مرمر

مما يدل على عدم صلاحية تطبيق هذه العلاقة (اندونيسيان) في دراستنا، لأنها صممت من أجل ظروف معينة، بحيث اعتمدت هذه الطريقة على حساب الإشباع في الطبقات ذات الإشباع المائية العذبة (مقاومة مرتفعة). و في هذا الحقل فإن المياه الطبقيّة مالحة، بحيث أن التيار الكهربائي يحتاج إلى جزء بسيط من المياه الطبقيّة لانتقاله، كونها مياه مالحة، وبالتالي تقتصر باقي الإشباع على أنها إشباع نفطية، وهذا هو سبب الزيادة في الإشباع النفطية.

وكذلك فإنها تعتبر كمية من المياه الطبقيّة على أنها جزء من المياه المرتبطة على سطوح الغضار، لذلك فإن كمية الإشباع المائي تكون أقل في كلا الحالتين، وبالنتيجة تكون الفراغات المتبقية من المسامية الفعالة تمثل إشباع نفطية، أي أن استخدام هذه العلاقة سيؤدي إلى إعطاء قيم إشباع نفطية أكبر من القيم الحقيقية بنسبة 40%.

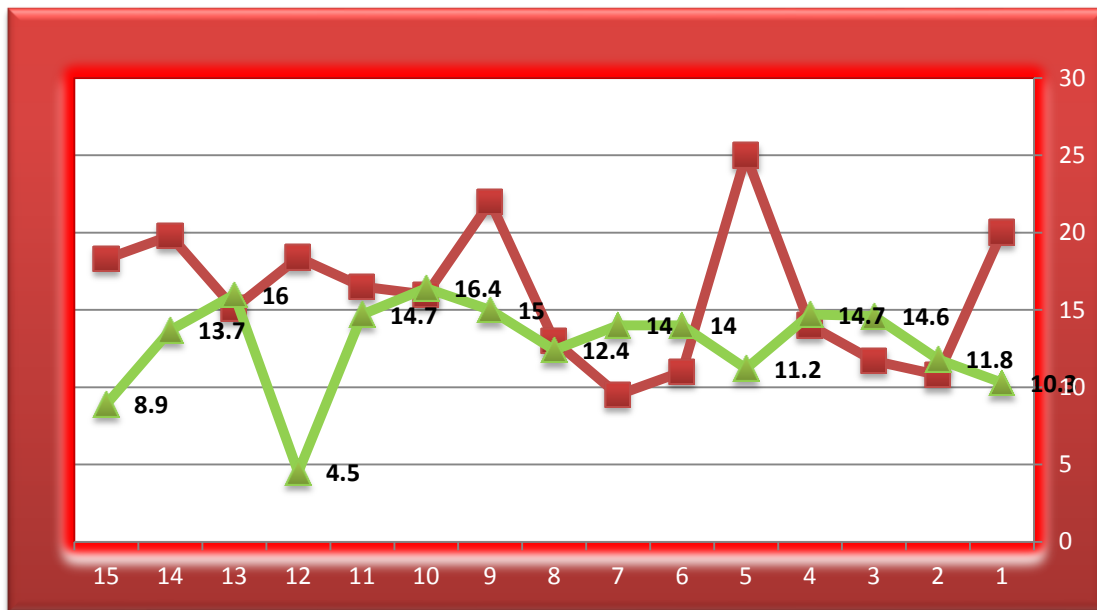
1-2- أس السمنتة m :

تم اعتبار قيمة أس السمنتة لتشكيلة الرطبة ($m=2$) في التفسير الأولي المنفذ على كلا الحقلين، وهي القيمة المعيارية للتشكيلات الرملية. يتم اعتمادها في حال عدم توفر قيم مخبرية لها، وبسبب تساوي هذه القيمة بالنسبة للحقول والتراكيب المتجاورة، تم البحث عن قيم مخبرية لهذا المعامل من الحقول المجاورة، و في حقل الرنكة (في شركة الفرات) المجاور الذي يتبع لنفس التركيب، و ينتج من ذات التشكيلة، توفرت قيمة مخبرية لهذا المعامل وهي ($m=1.8$)، تم اعتمادها كقيمة أصح لأس السمنتة .

أدى اعتبار قيمة أس السمنتة ($m=1.8$) إلى تغيير بعض نتائج التفسير كما يلي:

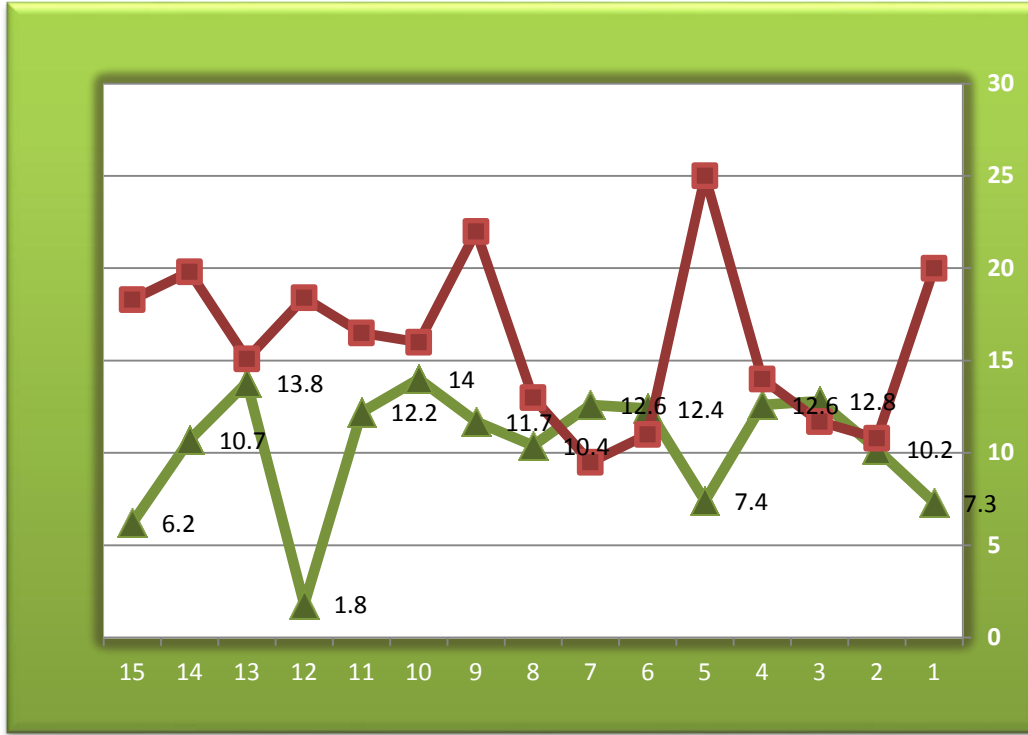
أولاً: زيادة في حجم الغضار Vcl ضمن تشكيلة الرطبة، وبالتالي زيادة تأثيره السلبي على المسامية الفعالة المحسوبة.

التفسير: تناقص قيمة (m) التي تدل على تملط الصخر يقابله زيادة في حجم الغضار لتعويض النقص الحاصل بالكثافة المقيسة بسابرة الكثافية أمام التشكيلة، وبالتالي أدت زيادة حجم الغضار إلى أخذ حيز أكبر على حساب مسامية الصخر الكلية، والذي يسهم الغضار فيها، وبالتالي إنقاص المسامية الفعالة، كما في الشكل (3-5)، حيث يدل المحور (Y) على حجم الغضار والمسامية معا ممثلان على نفس المحور، بينما يمثل المحور (X) أرقام النطاقات المنتجة، بحيث يدل الخط الأحمر على حجوم الغضار والخط الأخضر يعبر عن المسامية:



الشكل (3-5): قيم المسامية مقابل حجم الغضار عندما $m=2$ لحقل تل مرمر

يدل المحور (Y) على حجم الغضار والمسامية معا ممثلان على نفس المحور، بينما يمثل المحور (X) أرقام النطاقات المنتجة، يمثل الخط الأخضر قيم المسامية والخط الأحمر يمثل حجوم الغضار الموافقة التي تأخذ قيمة معينة، ويتغير قيمة أس السمنتة إلى (1.8) فإن قيم المساميات تتأثر بشكل سلبي كما في الشكل (4-5)

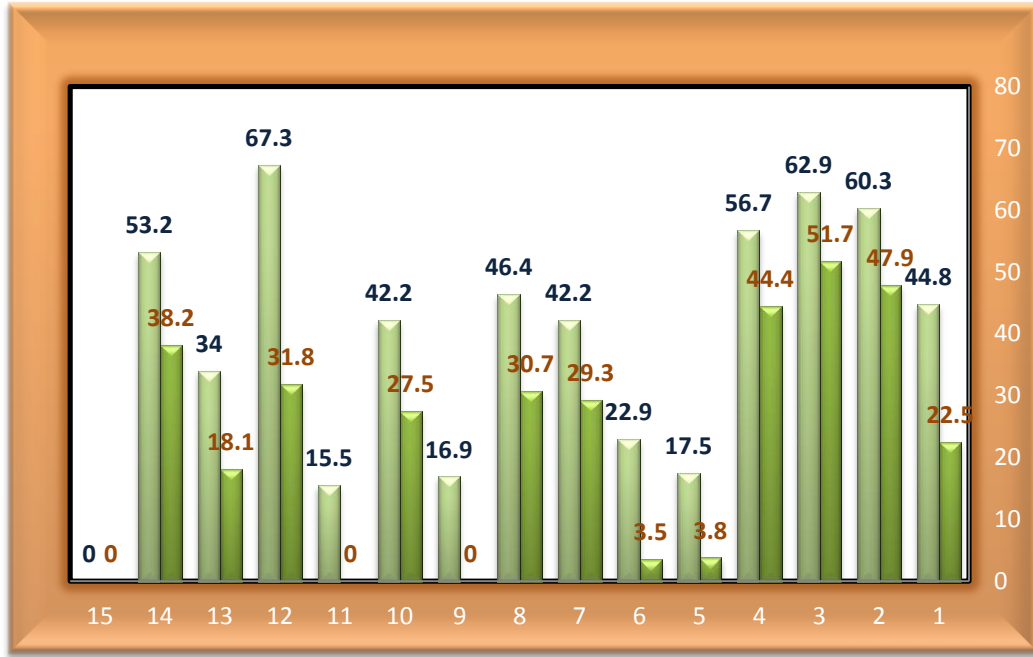


الشكل (4-5): قيم المسامية مقابل حجم الغضار عندما $m=1.8$

نلاحظ انخفاضاً واضحاً بقيم المسامات وانزياح الخط الممثل لها نحو الأسفل مما يدل على التأثير السلبي لانخفاض قيمة أس السمنتة m على مسامية التشكيلة الخازنة.

ثانياً:

تتناقص قيمة الإشباع المائي Sw وبالمقابل زيادة في الإشباع الهيدروكربوني Shc المحسوب والذي تم تمثيل قيمه في كلا القيمتين لـ (2 , $m=1.8$) كما في الشكل (5-5):



الشكل (5-5): تغير الإشباع النفطية نتيجة تغيير قيم أس السمنتة

يدل المحور (Y) على الإشباع النفطية، بينما يمثل المحور (X) أرقام النطاقات المنتجة للبتن المدروس (رقم 4)، يبين مخطط الإشباع النفطية الشكل (5-5) بحيث يمثل اللون (الأخضر الفاتح) قيم الإشباع النفطية المحسوبة من أجل أس السمنتة بقيمة (m=1.8) ، واللون (الأخضر الداكن) يدل على القيم المحسوبة من أجل أس السمنتة بقيمة (m=2).

فسرت هذه الزيادة في قيم الإشباع النفطية بأن الزيادة التي حصلت في حجم الغضار أدت إلى زيادة في الأوساط الناقلة للتيار الكهربائي في الصخر، وبما أن المقاومة الكهربائية المقيسة (Rt) هي قيمة ثابتة، كان التعويض في هذه الزيادة على شكل تناقص في قيمة الإشباع المائي، ولأن حجم الإشباع ثابت ويساوي (1) في العمق المقيس من التشكيلة تم تعويض النقص بالإشباع المائي بزيادة في الإشباع الهيدروكربوني.

3-1- حجم الغضار الأعظمي Shale Cut-Off:

في التفسير الأولي لحقل تل مرمر اعتبرت قيمة حجم الغضار الأعظمي 20% التي تسمح للتشكيلة الرملية بالإنتاج، وكل النطاقات التي لها حجوم غضار أكبر من ذلك أخرجت من حسابات الإشباع، ولكن بعد أن تم رسم المخططات الخاصة بتحديد هذه النسبة كما في المخطط السابق (2-4)، تبين لنا أن نسبة الغضار العظمى وصلت إلى 27% من الحجم الكلي لتشكيلة الرطبة في بعض النطاقات الخازنة في حقل تل مرمر وكانت تسمح للتشكيلة بالإنتاج

وبالتالي صححت التفسيرات على هذا الأساس، أدى هذا التصحيح إلى زيادة في السماكة الفعالة وإدخال نطاقات كانت قد اخرجت من الحسابات الخزنية.

أما في حقل شرق تل مرمر فبسبب سوء المواصفات الخزنية لتشكيلة الرطبة هناك، اعتمدت القيمة المعيارية لحجم الغضار الأعظمي (20%) والتي قد تسمح لتشكيلة رملية بالإنتاج، وهي ذات القيمة المطبقة في التفسير الأولي.

2- تغيرات الخواص الخزنية والليثولوجية لتشكيلة الرطبة.

تتغير حجوم الغضار والمساميات والسماكات لتشكيلة الرطبة من بئر لأخرى، وعند ربط هذه التغيرات مع بعضها البعض بين كافة الآبار، نستنتج الاتجاه العام للتغيرات في الحقل، والعوامل التي ترتبط فيها.

أدت عملية المضاهاة التي تم تنفيذها في هذه الدراسة بين مجمل آبار حقل تل مرمر إلى وضوح الصورة المعبرة عن التغيرات في الخواص الخزنية لتشكيلة الرطبة بحسب موقعها من الحقل، حيث لوحظ تغيرات في حجم الغضار والمسامية والسماكة الكلية والفعالة، إلا أنه يجب الإشارة إلى أن البئر رقم (1) لم يخترق كامل سماكة تشكيلة الرطبة، بسبب انحراف الحفر عن مساره ولم يخترق كامل التشكيلة، وبالتالي فإن عملية المضاهاة بينه وبين باقي آبار الحقل تكون ناقصة من ناحية تغير السماكة.

بالنسبة لباقي الآبار تكون المقارنة أكثر دقة كون كل بئر اخترق كامل سماكة التشكيلة الخازنة، أي أنها تعبر فعلاً عن تغيرات حقيقية.

2-1- تغيرات متوسط حجم الغضار:

لاحظنا تغيرات في متوسط حجم الغضار بين آبار حقل تل مرمر، حيث كان متقاربا في كل من البئر رقم (2) والبئر رقم (4) بحدود (Vcl=14%) ، فيما زادت هذه القيمة في البئر رقم (1) إلى (Vcl=17.7%)، وانخفضت في البئر رقم (3) لتصل إلى (Vcl=10%). تدل هذه التغيرات على أن الآبار التي حفرتها بعمق اختراق أكبر للسطح العلوي للتشكيلة تتميز بنسبة غضار أقل، وهو البئر رقم (3) ذو العمق الأكبر (2938m) لاخترق تشكيلة الرطبة من باقي آبار الحقل، بالمقابل في البئر رقم (1) كانت أكبر نسبة للغضار، وهو البئر الذي حفر أعلى

التشكيلة الخازنة على اقل عمق (2810m)، وبينها تقع الآبار رقم (4 - 2) اللتان يخترقان تشكيلة الرطبة على عمق (2890m) تقريباً ، ويتميزان بنسب غضار متقاربة تساوي(14%).

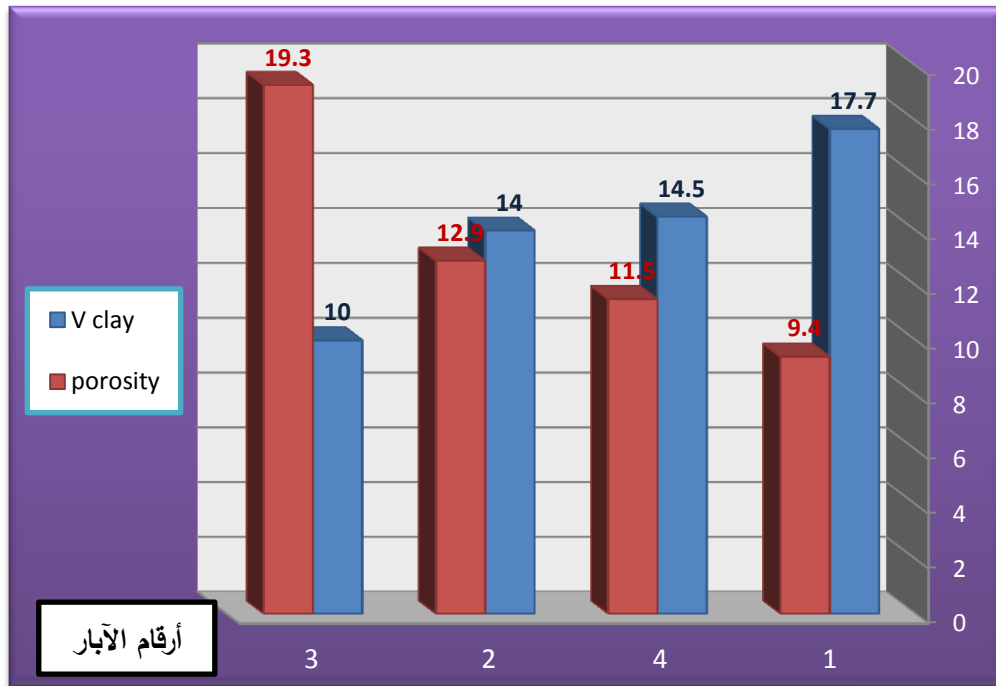
[نستنتج أن نسبة الغضار تقل مع زيادة عمق التشكيلة].

2-2- تغيرات قيمة المسامية

لوحظ تغير بقيم متوسط المسامية، فكان البئر رقم (3) ذو المسامية الأكبر، يليه البئر رقم (2) ثم البئر رقم (4) وأخيراً البئر رقم (1)، هذا بالنسبة لحقل تل مرمر.

[نستنتج أن قيم المسامية تزداد مع العمق].

توضع التغيرات السابقة في شكل واحد لتوضيح التغيرات وسهولة المقارنة الشكل(6-5).



الشكل(6-5): تغيرات قيم المسامية وحجوم الغضار مع العمق في حقل تل مرمر(1-4-2-3)

يلاحظ أن المسامية تزداد من اليمين إلى اليسار بالترتيب التالي للآبار (1 - 2 - 4 - 3) وهذا يرتبط بعمق التشكيلة الخازنة في كل بئر، حيث تزداد المسامية بزيادة عمقها، فيما تقل نسبة الغضار بزيادة عمق التشكيلة وفق ذات الترتيب للآبار الحقل.

[نستنتج أن جودة المواصفات الخزنية لتشكيلة الرطبة تزداد مع زيادة عمق التشكيلة].

وضعت جميع التغيرات الحاصلة في آبار حقل تل مرمر في الجدول(1-5).

الجدول(5-1): سماكات تشكيلية الرطبة و خواصها الخزنية في آبار حقل تل مرمر

رقم البئر	السماكة الكلية للتشكيلية (m) Gross	السماكة الخازنة Net(m)	متوسط المسامية (%) Φ_{av}	متوسط حجم الشيل (%) $V_{sh(av)}$	متوسط الإشباع النفطي (%) $S_{hy(av)}$
1	70	5.5	9.4	17.7	67.8
2	106	29.3	12.9	14	57.0
3	80	18.3	19.3	10	55.1
4	94	13.48	11.5	14.5	56.1

بالنسبة لحقل شرق تل مرمر فإنه بشكل عام ذو نسبة غضار أكبر من حقل تل مرمر، ولا يحوي إلا على نطاقات قليلة السماكة التي لها مواصفات خزنية، ولكن كانت نسبة الغضار في هذه النطاقات منخفضة مما كانت عليه في حقل تل مرمر، فكان متوسط حجم الغضار في البئر رقم (1) من هذا الحقل ($V_{cl}=12.5\%$) وفي البئر رقم (2) ($V_{cl}=7.5\%$)، هذا بالنسبة للنطاقات التي طبقت كافة الشروط والمحددات، إلا أن نمط توزيع الغضار فيه يميل بمعظمه إلى النمط المبعثر، والذي يوجد على حساب المسامات، ومجمل التغيرات توضح في الجدول(2)-5.

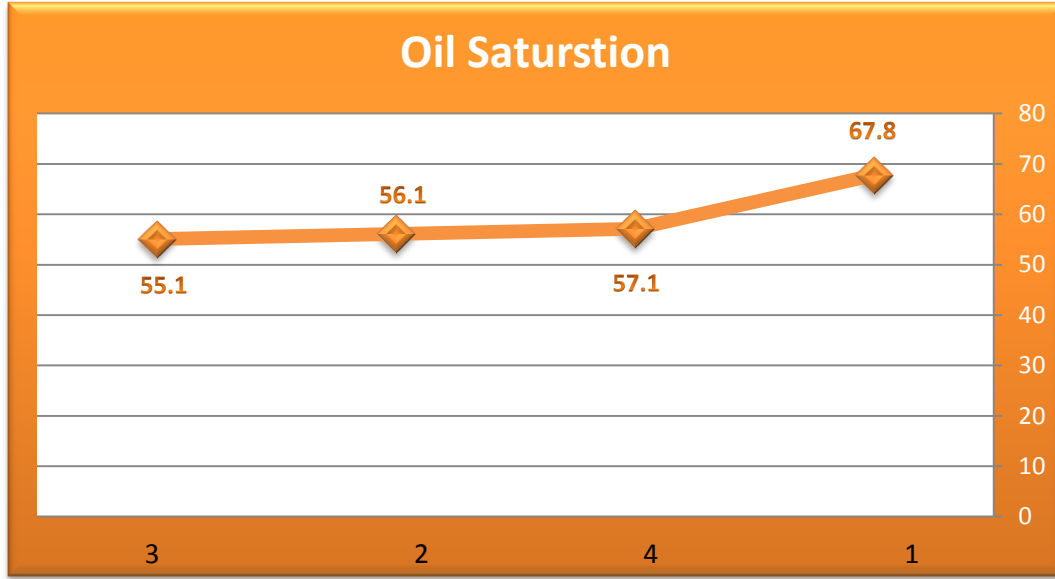
الجدول(5-2): سماكات تشكيلية الرطبة وخواصها الخزنية في حقل شرق تل مرمر

رقم البئر	السماكة الكلية للتشكيلية (m) Gross	السماكة الخازنة Net(m)	متوسط المسامية (%) Φ_{av}	متوسط حجم الشيل (%) $V_{sh(av)}$	متوسط الإشباع النفطي (%) $S_{hy(av)}$
1	160	2.25	8	12.8	59.7
2	110	2.85	11.7	4.5	63.1

من الجدير بالذكر أنه بالرغم من انخفاض نسبة الغضار في بعض النطاقات إلا أن مواصفات الحبات الرملية المكونة للتشكيلية هي سيئة من حيث الفرز ودرجة التدوير، حتى في النطاقات ذات نسبة الغضار المنخفضة لم تحقق شروط الإنتاج من ناحية المسامية ($\Phi < 5$) أو نسبة الإشباعات المائية والتي تجاوزت ($Sw > 50\%$).

2-3- تغيرات الإشباعات

بالمقابل لاحظنا أن حجم الإشباعات النفطية في الآبار يتغير حسب العمق بالرغم من أن جودة الخواص الخزنية تزداد مع العمق، إلا أن البئر رقم (1)، وهو البئر الذي يخترق التشكيلة الخازنة الأكثر ارتفاعاً في الحقل، يتميز بنسب إشباعات نفطية هي الأكبر، فيما تقل هذه النسبة مع زيادة عمق التشكيلة، كما هو واضح في الشكل (5-7):



الشكل (5-7): قيم متوسط الإشباعات النفطية للآبار بالترتيب من اليمين لليساار (1-4-2-3)

لاحظنا زيادة الإشباعات النفطية وبالمقابل انخفاض الإشباعات المائية كلما ارتفعنا أكثر بالتشكيلة، وهذا يدل على زيادة كمية المواد الهيدروكربونية في قمة الحقل.

أي أن البئر رقم (3) هو الأفضل من ناحية الجودة الخزنية واحتوائه على الفراغات، بينما يكون البئر رقم (1) هو الأفضل من حيث إشباعه بالمادة الهيدروكربونية بحيث تحوي مساميته على أعلى نسبة من الإشباع النفطي.

تبين لنا أن السماكة الكلية لتشكيلة الرطبة في حقل شرق تل مرمر أكبر منها في حقل تل مرمر (تعادلها مرة ونصف) ولكن السماكة الفعالة قليلة جداً مقارنة بحقل تل مرمر، وكذلك بالنسبة للخواص الخزنية فقد تميز حقل تل مرمر بصفات خزنية، ونسب إشباعات جيدة مكنته من القدرة على إنتاج الهيدروكربون، بعكس حقل شرق تل مرمر الذي تتصف تشكيلة الرطبة فيه بمواصفات خزنية سيئة، ونسب إشباعات نفطية قليلة أدت إلى تصنيفها كتشكيلة غير منتجة في هذا الحقل، وبالتالي فإن مضاهاة الخواص الخزنية لتشكيلة الرطبة في كلا الحقلين كانت ذات تباينات كبيرة.

2-4- تحديد نمط توزيع الغضار ونوعه

تمكنا في هذه الدراسة من تحديد نمط توزيع الغضار في التشكيلة الخازنة (الرطبة)، بالنسبة لحقل تل مرمر تبين لنا أن الغضار يتوضع على شكل غضار مبعثر بين الحبات الرملية، وعلى شكل طبقات (رقائقي) بسماكات متفاوتة من بضع سنتيمترات إلى عدة أمتار بنسب متقاربة، وكذلك وفق النمط التركيبي، ولكن بنسبة أقل.

أما في حقل شرق تل مرمر كانت نسبة الغضار المبعثر أكبر من الغضار الرقائقي وانعدام تواجد الغضار التركيبي ، وبالتالي كان تأثيرها السلبي واضح في الصفات الخزنية لهذا الحقل.

كما تم تحديد أنواع الغضار الموجودة في تشكيلة الرطبة في كلا الحقليين بحيث كان يسيطر المونتموريللونيت والإيليت بنسب متساوية تقريباً في حقل تل مرمر، بينما تمثل الغضار المسيطر في حقل شرق تل مرمر بالمونتموريللونيت بمعظم التشكيلة ونسب أقل من الإيليت، وهذا ما يفسر الخواص الخزنية السيئة لهذه التشكيلة في هذا الحقل بسبب التأثير السلبي لوجود المونتموريللونيت في التشكيلات الرملية، الذي يتكون من صفائح ضعيفة الترابط قابلة للحلمة بشكل كبير والإنتفاخ، يؤدي إلى إضعاف المسامية بشكل كبير بالرغم من أن حجمه في النطاقات الخازنة أقل من حقل تل مرمر.

3- التوصيات:

- 1- تنفيذ قياسات الرنين المغناطيسي NMR من أجل تحديد قيم النفاذية التي تساعد في تحديد أدق للنطاقات القابلة للإنتاج، وكذلك يساعد هذا القياس في تحديد الإشباع المائية بنوعيتها الحرة والمرتبطة وبالتالي تدقيق قيم الإشباع.
- 2- إعادة تفسير المسوحات السيزمية خصوصاً في حقل تل مرمر، بسبب احتوائه على إمتدادات لتشكيلة الرطبة الخازنة في مناطق مجاورة للآبار المحفورة، يحد هذه الإمتدادات فوالق تلعب دور مصايد للهيدروكربون.
- 3- إجراء دراسة بتروغرافية لتشكيلة الرطبة في حقل شرق تل مرمر، من أجل تحديد المواصفات الحبية لتشكيلة الرطبة، وإعادة النظر بالدراسات الترسيبية للمنطقة.
- 4- إعادة تنفيذ القياس الصوتي بسبب تشوش قراءاته في التفسيرات البرئية، وكذلك من أجل تدقيق التفسير السيزمي للمنطقة.

[المراجع-References]

العربية:

- 1- التقارير النهائية لحقل الرتكة، 1988، شركة الفرات للنفط، دمشق.
- 2- التقارير النهائية لحقلي تل مرمر وشرق تل مرمر، 2011، الشركة السورية للنفط، دمشق.
- 3- تقارير المسوحات السيزمية تل مرمر وشرق تل مرمر، 2009، الشركة السورية للنفط، دمشق.
- 4- العجي. ع، رماح. س، 2010، القياسات الجيوفيزيائية البئرية (1)، منشورات جامعة دمشق، ص(187-198).
- 5- القاضي. م، 1994، جيولوجيا النفط، منشورات جامعة دمشق، ص(183).
- 6- شقير. ف، 1996، تفسير التسجيلات البئرية، دار الأيوبية للنشر، دمشق، ص(101-104).
- 7- صوالحة. ح، 2005، الجيولوجيا العامة، دار المسيرة للنشر والتوزيع، عمان، ص(134-135).
- 8- مجلة العلوم الجيولوجية السورية، العدد الثاني، السنة الحادية والثلاثون، 2008، ص(33-37).
- 9- محمد. ر، 2009، دراسة ترسيبية وبتروفيزيائية لتشكيلة الرطبة في منخفض الفرات، جامعة دمشق، ص(198-199).
- 10- ميلتون. ب، 1976، مقدمة في الاستكشاف الجيوفيزيائي (مترجم)، دار ماكجرو هيل للنشر، القاهرة، ص(17-18).

English:

- 1- Ballay. R, 2005: Formation Evaluation (Carbonate Versus Sandstone), p(14-15).
- 2- Bassiouni, Z., 2002, Evaluation of Hydrocarbon Potential in Low-Salinity Shaly Sand, p(2-5).
- 3- Bond, L. J, Denslow. K. M, Griffin. J.W, Dale.G.E, Harri. R.V, Moran. T.L, Sheen. D.M, Schenkel. T, 2010: Evaluation of Non-Nuclear Techniques for Well Logging: Technology Evaluation,USA, p(24-27).
- 4- Bosma. P. J, 1996, An Introductin to the Basics of Log Evaluation, 2nd Edition, p(11-13).
- 5- Brew, G., 2001, Tectonic Evolution of Syria Interpreted From Integrated Geophysical and Geological Analysis, p(208-210).
- 6- Brew, G., Barazangi, M., Al-Maleh, A., Sawaf, T., 2011, Tectonic and Geologic Evolution of Syria, p(508).
- Chopra. P, Papp. E, Gibson. D, 2000, Geophysical Well Logging.
- 7- Koopman, A., 2004, Regional Structural Analysis and Kinematic Framework of the Euphrates Graben, East Syria, p(13-17).
- 8- Kumar, H., 2010, 8th Biennial International Conference & Exposition on Petroleum Geophysics, Hyderabad, p(72-74).
- 9- Lisle, R., 2004: Geological Sturctures and Maps, 3rd Edition, Elsevier Butterworth-Heinenmann, Oxford.,p(1-3).
- 10- Litak, R.K., Barazangi, M., Brew, G., Sawaf, T., Al-Imam, A., and Al-Youssef, W. (1998): Structure and Evolution of the Petroliferous Euphrates Graben System, Southeast Syria.
- 11- Pram. C. , Eva , P. , and David Gibson , 2000, geophysical well logging , Department of geology , Australan National University Cooperative Research Center for Landscape Environments and Minirals Exploretion, p(110-111).
- 12- Rider. Malcolm, 2002, The Geological Interpretation Of Well Logs, 2nd Edition, Whittles Publishing, Scotland, p(43-45).

13- Saudi Aramco Desk Top Standard , 1998, Engineering Encyclopedia, Petroleum Geology And Reservoirs , p(60-63)

14- Schlumberger , 2002, Integration Reservoir Analysis.

15- Schlumberger , 1997, Sonic Scanner , Acoustic scanning .

16- Schlumberger, 1989, Log Interpretation Principles/Application, Wire Line & Logging Center, Texas, p(45-58)

17- Schlumberger, 1989, Well Services ,Log Interpretation Charts , Houston ,p(192-194).

18- Schlumberger, 2003, A New Methods For Formation Evaluation.

19- Tiab, D., Donaldson. E, 2004, Theory and Practice of Measuring Reservoir Rock and Fluid Transport Properties, Second Edition , Djebbar Tiaba and Professor Emeritus , University Of Oklahoma ,Gulf Professional Publishing, p(88-91), (302-310).

Web Sites:

1- www.slb.com/oilfield