

استخدام القياسات الجيوفيزيائية البئرية في تحديد المحتوى الغضاري ودراسة تأثيره على الخصائص الخزنية لتشكيلة الرطبة

الدكتور خليل شيخ موسى علي*

الدكتور خالد أحمد خلف**

آلان محمود مراد***

(تاريخ الإيداع 15 / 1 / 2013. قُبِلَ للنشر في 29 / 4 / 2013)

□ ملخص □

يعرض هذا البحث معطيات جديدة حول نتائج استخدام التقانات الجيوفيزيائية البئرية في دراسة بعض الخصائص الخزنية، التي ارتبطت بالتطبيقات الجيوفيزيائية البئرية، بهدف تحديد المحتوى الغضاري ونوعية الفلزات الغضارية في تركيب جنوب العشارة وتل مرمر الواقعين في منخفض الفرات، واللذان يشكلان خزاناً للتجمعات النفطية في المنطقة الشرقية والجنوب شرقية من مدينة دير الزور في سورية. لقد بلغ عدد الآبار المحفورة في التركيبين 8 آبار (4 آبار في جنوب العشارة و4 في تل مرمر).
تم من خلال هذا البحث :

تقسيم تشكيلة الرطبة إلى قسمين علوي وسفلي، بناءً على: ازدياد عامل الترابط بين قيم المسامية قبل وبعد التصحيح، نوعية الفلزات الغضارية، كالكولينت غير الفعال في تركيب جنوب العشارة، وغير المؤثر القياسات الجيوفيزيائية البئرية، أما في تركيب تل مرمر فالفلز السائد هو المونتموريلونيت الفعال، والمؤثر على القياسات الجيوفيزيائية البئرية.

نفذت هذه الدراسة في منطقة منخفض الفرات التابعة إدارياً لمحافظة دير الزور ضمن إطار التعاون العلمي بين جامعة تشرين الشركة السورية للنفط باستخدام الطرائق الجيوفيزيائية والدراسات الجيولوجية.

الكلمات المفتاحية : القياسات البئرية، التشكيلة الخازنة، المسامية، المحتوى الغضاري، نوعية الفلزات الغضارية.

* أستاذ - قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** دكتور مهندس - الشركة السورية للنفط - سورية.

*** طالب دراسات (ماجستير) - قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Using geophysical well logging to determine the clay content and its effects on reservoir properties of Rutba Formation

Dr. Khalil Sheik Mousa Ali*
Dr. Khaled Ahmad Khalaf**
Alan Mahmoud Morad***

(Received 15 / 1 / 2013. Accepted 29 / 4 / 2013)

□ ABSTRACT □

This study highlights the output of geophysical well technique applied on some reservoir properties, in order to determine clay content and type of minerals in Rutba formation (structure South Al Ishara and Tal Marmar) at Euphrates depression – Syria.

Throu this research paper has don:

The Rutba formation could be distributed in two upper and lower parts: based on the increase in coupling factor between porosity values before and after the correction, mineral shale quality , as ineffective Kaolinite in structure at south Al Ishara, and is influential in Well Logging geophysical , but the prevailing mineral in structure at Tal Marmar is efficient and effective Al Montmorillonite Well Logging geophysical.

This reserch achived in Euphrates depression, adminstrativly follow Der Azzor under the scientific collaboration between Tishreen University and Syrian perolium company using geophysical and geological methods.

Keyword : reseroir formation, porosisty, clay content, clay minrals.

*Professor at Department Of Geology, Faculty Of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Dr.Engy, Syrian Petroleum Company, Syria.

***Postgraduate Student at Department Of Geology, Faculty Of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة :

تتكون منطقة الدراسة من تركيبين هما: جنوب العشارة تل مرمر الواقعين في منخفض الفرات الذي يحده نهوض الرطبة من الجنوب الغربي ومرتفع الروضة من الشمال الشرقي التابع إدارياً لمحافظة دير الزور. يركز البحث على دراسة تشكيلة الرطبة العائدة لدور الكريتاسي، والتي تُعد من أهم تشكيلات المقطع الجيولوجي المُخترقة في العديد من تراكيب المنطقة [9]، وذلك لاحتوائها على النفط بكميات تجارية، فهي تُعد خزاناً نفطياً هاماً في المنطقة. تقسيم تشكيلة الرطبة إلى قسمين علوي وسفلي، بناءً على: ازدياد عامل الترابط بين قيم المسامية قبل وبعد التصحيح، نوعية الفلزات الغضارية، كالكاولينيت غير الفعال في تركيب جنوب العشارة، وغير المؤثر القياسات الجيوفيزيائية البئرية، أما في تركيب تل مرمر فالفلز السائد هو المونتموريلونيت الفعال، والمؤثر على القياسات الجيوفيزيائية البئرية. نفذت هذه الدراسة ضمن إطار التعاون العلمي بين جامعة تشرين والشركة السورية للنفط، باستخدام الطرائق الجيوفيزيائية والدراسات الجيولوجية.

طبقت القياسات البئرية في الآبار المحفورة في التركيبين لدراسة الخصائص الخزنية لتشكيلة الرطبة الحاملة للمواد الهيدروكربوناتية. بلغ عدد أنواع القياسات البئرية المنفذة في منطقة الدراسة أربعة، وهي قياس الإشعاع الطبيعي الطيفي، قياس النيوترون التعويضي، قياس الكثافة- الليثولوجيا، قياس قطر البئر. أعطت القياسات نتائج جيدة ودقيقة لتحديد المسامية والمحتوى الغضاري ونوعيته.

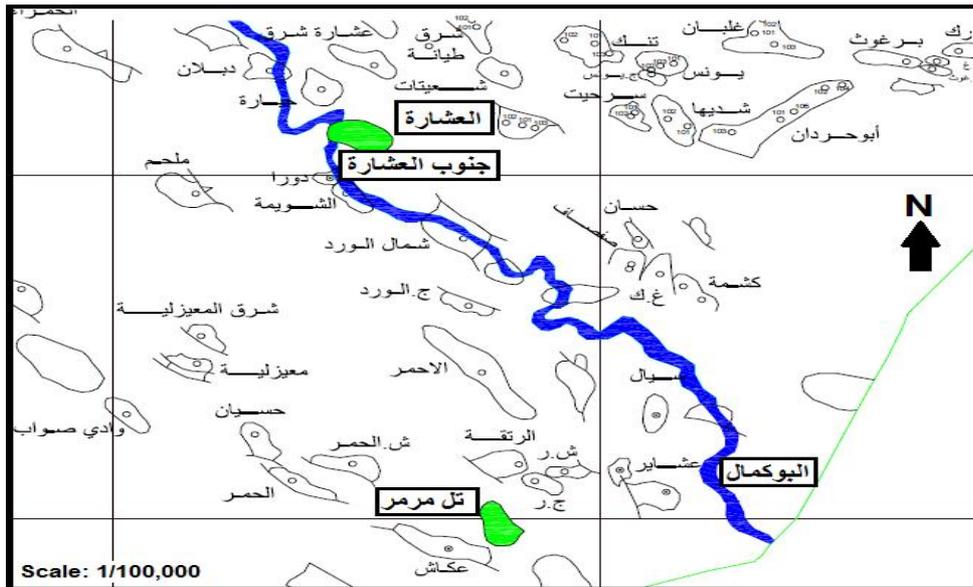
منطقة الدراسة:

يتميز منخفض الفرات بأنه يأخذ شكلاً متطوياً على شكل حرف U، لا يتعدى انخفاضه عن التضاريس المحيطة عدة عشرات من الأمتار، ويحتوي على منحدرات ذات ميول هادئة على العموم [2]. تتراوح الارتفاعات الطبوغرافية للآبار الأربعة المحفورة في تركيب جنوب العشارة على التوالي: جنوب العشارة 1- 192 م وجنوب العشارة 2-194 م وجنوب العشارة 3- 193 م وجنوب العشارة 4-192 م، كما يبلغ عدد الآبار المحفورة في تركيب تل مرمر أيضاً أربعة آبار، ارتفاعاتها الطبوغرافية على التوالي: تل مرمر 1-236 م وتل مرمر 2-238 م وتل مرمر 3- 237 م وتل مرمر 4-232 م [2]، [3]. يقع تركيب جنوب العشارة في الجزء الجنوبي من منخفض الفرات، وإلى جنوب منطقة العشارة بحدود 4 كم، على الضفة الشرقية لنهر الفرات بحدود 1.2 كم، وكما يقع تركيب تل مرمر أيضاً في الجزء الجنوبي من منخفض الفرات، وإلى الغرب من مدينة البوكمال بـ 15.5 كم الشكل (1) [3]، [4]، [5].

جيولوجية منطقة الدراسة :

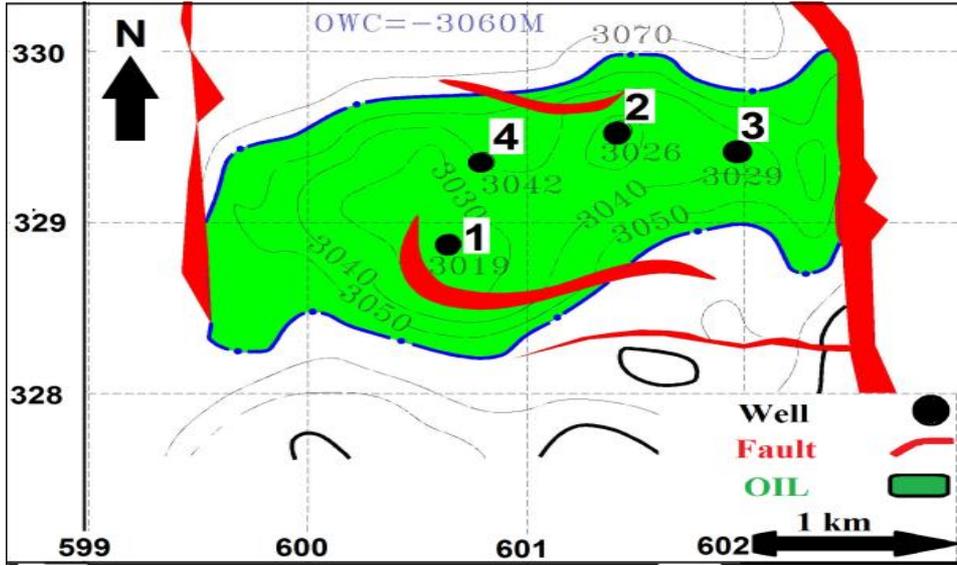
تتكشف على السطح صخور نيوجينية ورباعية غير مشوهة في منخفض الفرات الواقع شرق سورية، حيث تتوضع في نظام مُعقد بنيوياً من الأحواض والنهوضات المتناوبة، مع تكشُّفات نادرة من الصخور الأقدم [7]، [9]. تسيطر على ستراتيجرافية منخفض الفرات شرق سورية التوضعات الحطامية في الباليوزوي، ويتوضع فوقها صخور كربوناتية وبعض المتبخرات من الترياسي وحتى النيوجين ويتداخل معها كميات قليلة من الشيل والحجر الرملي، مع وجود عدة ثغرات ستراتيجرافية واسعة أحياناً خاصة في حقب الميزوزوي [10]. تُظهر دراسة الخارطة

الجيولوجية أن الرسوبيات المتكشفة في موقع تركيب جنوب العشارة تعود لعمر الرباعي Q3, Q4، وهي رسوبيات مكونة من الغضار والغضار الرملي مع حصى، تليها تكشفات البليوسين والميوسين الأعلى للنيوجين [4]، المكونة من الغضار والحجر الرملي مع طبقات من الحجر الكلسي والمارل. كما تتكشف توضعات الميوسين الأعلى (تشكيلة الفارس الأسفل) على السطح في موقع تركيب تل مرمر، وهي مكونة من المتخترات (جص وإنهدريت) والغضار، الذي يكون على شكل تناوبات مع الملح أحياناً في أسفل التشكيلة [5].

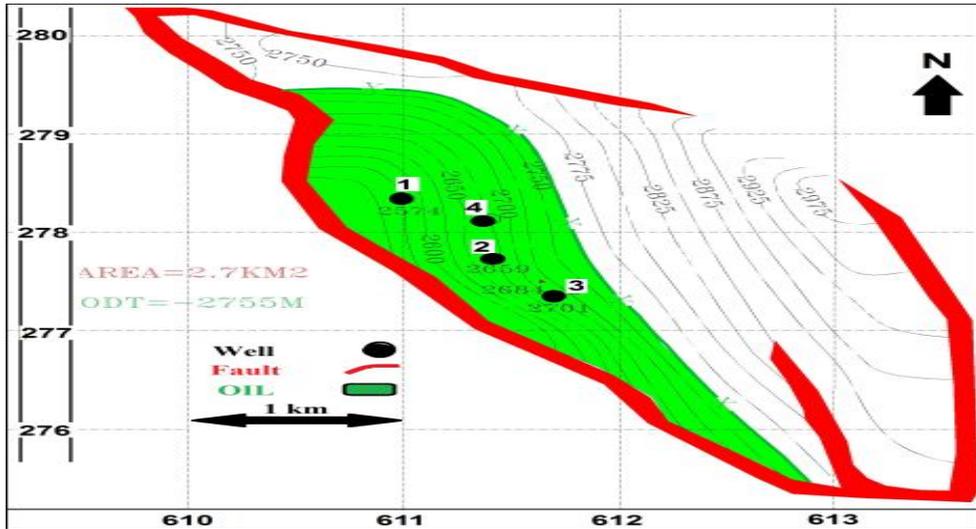


الشكل (1) : خارطة موقعي التركيبين المدروسين .

الوضع البنيوي لتراكيب منطقة الدراسة: يقع القسم الأكبر من منخفض الفرات في العراق، بينما يمتد القسم الغربي في سورية، بين مرتفعي الرطبة والروضة، وهو يتربع فوق بنيات منحدر السطحية العربية بقسميها الثابت والمتحرك نسبياً. وقد بدأ تشكل هذا المنخفض في دور الكريتاسي واستمر حتى نهاية النيوجين، لذلك تُشاهد فيه سماكات كبيرة من الرسوبيات البحرية والشاطئية والقارية تعود لأعمار مُختلفة. يحدُ منخفض الفرات صدوع عادية غير ظاهرة على السطح، مثل صدوع مرتفع الرطبة ومنطقة الأخدود التدمري جنوباً، ويفصله عن هضبة حلب من الغرب صدع الرصافة، أما شرقاً فيحده مرتفع الروضة [6]. يظهر تركيب جنوب العشارة على الخارطة الزمنية (3D) لعاكس الرطبة على شكل بلوك صدعي يتضمن إغلاق بنيوي محدد بصدع من جهتي الشرق والجنوب، ويفصله عن تركيب شرق العشارة منخفض محلي يُشكّل مع الانحدار الطبوغرافي لبنية التركيب من جهة الشرق العزل الجيد له. قُدِّرَت مساحة التركيب اعتماداً على الخارطة الزمنية لعاكس الرطبة بـ 3.5 كم، وسعته بحدود 60 ميلي ثانية الشكل (2)، [4]. يظهر تركيب تل مرمر على الخارطة الزمنية 3D لعاكس الرطبة على شكل بلوك صدعي يتضمن إغلاق بنيوي محدد بصدع من جهة الغرب تغلق عليه بنية التركيب رميته تتراوح بين 450-350 م، مساحة التركيب: 2.7 كم، وسعته بحدود 100 ميلي ثانية، أي حوالي 200 م الشكل (3)، [5].



الشكل (2) خارطة تركيبية للسطح العلوي لتشكلية الرطبة لتركيب تل مرمر وعليها مواقع الآبار المحفورة [5]



الشكل (3) خارطة تركيبية للسطح العلوي لتشكلية الرطبة لتركيب جنوب العشارة وعليها مواقع الآبار المحفورة [4]

أهمية البحث وأهدافه :

يعد النفط مصدراً مهماً للطاقة، ويمتاز عن الخامات الأخرى التي تتواجد في الصخور الرسوبية كالفوسفات والحديد والأملاح وغيرها، بأنه يتمتع بخاصتي السيولة والكثافة، اللتين تجعلانه يتمتع بإمكانية الانتقال أو الهجرة من مكان إلى آخر، وبالتكليف مع شكل وبنية الصخور الخازنة. ومن هنا يمكن القول إن كل الأحواض الرسوبية ذات الاتساع والعمق الكافي والملائم، يمكن أن تتمتع باحتمالات تشكل وتواجد كميات مهمة من البترول، ضمن رسوباتها وتراكيبها. إن الخاصتين الرئيسيتين اللتين يجب أن يمتلكها صخر ما، ليشكل صخوراً خازناً هما : المسامية Porosity والنفاذية Permeability، فالمسامية هي التي تحدد حجم الزيت أو الغاز الموجود في المكمن، أما النفاذية فهي التي تحدد إمكانية انتقال السوائل ضمن الصخور الخازنة وبالتالي قابلية استثمار المكمن.

تؤثر تغيرات المحتوى الغضاري النسبي ونوعيته على جودة الطبقة الرملية المشوبة بالغضار، والتي تُعد المكون الرئيس لتشكيلة الرطبة الحاملة للنفط، في تركيبي جنوب العشارة، وتل مرمر التابعين لمنخفض الفرات. يتجلى تأثير المحتوى الغضاري على المجالات الحاملة للنفط بشكل رئيس، وعلى جميع المستويات الخازنة الأخرى المكونة لتشكيلة الرطبة أفقياً وشاقولياً.

تزداد فعالية التأثير على قياسات المقاومة البئرية وعلى نفاذية الطبقة الرملية الغضارية من تشكيلة الرطبة. إن التغيرات السُحنية لتوضعات الخزان النفطي تتميز بسرعتها أفقياً وشاقولياً، الأمر الذي تطلب تحديد طبيعة الغضار في الطبقة الرملية المشوبة بالغضار، التي تشكل الخزان النفطي في تشكيلة الرطبة وفي هذه الحالة لا بد من أخذ اللباب الصخري وإجراء الاختبارات المخبرية.

ومن هنا أتت أهمية البحث الذي يهدف إلى تحديد حجم الغضار ونوعه في الآبار المدروسة (تشكيلة الرطبة). وتبيان مدى تأثير أنواع الفلزات الغضارية المحددة على القياسات المنفذة، وإجراء عملية التصحيح بالنسبة للغضارية على المجالات المدروسة، وإظهار مدى أهمية إجراء عملية التصحيح للحصول على نتائج أكثر موثوقية لحساب التشبع المائي وبالتالي التشبع النفطي، وحجم الاحتياطي واقتراح السبل الأمثل عند حفر الآبار أمام التشكيلات الحاوية على الغضار.

طرائق البحث ومواده :

جرى تنفيذ بعض القياسات الجيوفيزيائية البئرية في كافة آبار التركيبين، لدراسة الخصائص الخزنية لتشكيلة الرطبة، ويمكن إدراج القياسات الجيوفيزيائية المنفذة على الشكل التالي:

1- سايرة قياس الإشعاع الطبيعي الطيفي Natural Gamma Ray Spectroscopy - NGS.

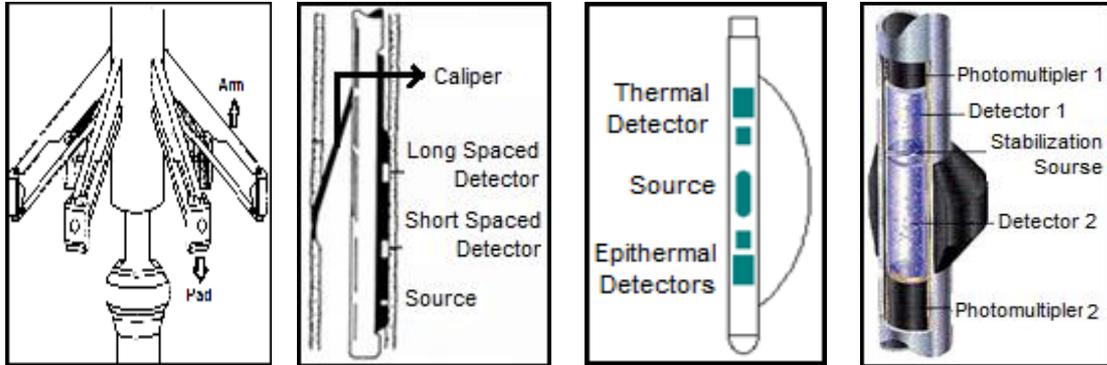
2- سايرة قياس النيوترون التعويضي Compensated Neutron Log - CNL.

3- سايرة قياس الكثافة - الليثولوجيا Litho-Density Log - LDL.

4- سايرة قياس قطر البئر Caliper Log.

تستخدم سايرة الإشعاع الطبيعي الطيفي مكشافاً للوميض من نوع يوديد الصوديوم NaI مثبتاً داخل حاوية مقاومة للضغط توضع أثناء القياس بواسطة نابض قوسي مقابل جدار البئر. وتستخدم عدادات الوميض scintillation counters للقيام بهذه القياسات، يقيس التسجيل الطيفي لإشعاعات غاما النشاطية الإجمالية وطاقة كل من هذه الإشعاعات أيضاً، ويسمح بذلك بتحديد تراكيز البوتاسيوم المشع والثوريوم واليورانيوم في صخور الطبقة، فضلاً على منحني إشعاعات غاما المحسوبة للثوريوم والبوتاسيوم معاً (CGR (Calculated Gamma Ray). ويُعرض التسجيل البئري بأجزاء من مليون (ppm) بالنسبة للثوريوم واليورانيوم وبنسبة مئوية بالنسبة للبوتاسيوم الشكل (5)، [8]. تتألف سايرة الكثافة الصخرية من وسادة تحوي منبعاً لإشعاعات غاما ومكشافين، تُضغَط إلى جدار البئر بواسطة ذراع داعمة يحركها نابض. تصدر أشعة غاما عن المنبع بطاقة مقدارها 662 كيلو إلكترون فولت (Kev)، لتنتشر في الطبقة الصخرية وتخسر طاقتها، إلى أن يتم امتصاصها عبر الظاهرة الكهروضوئية الشكل (6)، [8]. أما السايرة النيوترونية المعوضة CNL فهي مغزلية الشكل، وذات تباعد مزدوج، وتكتشف النيوترونات الحرارية، حيث تتم معاملة نسبة وتائر العد لكل من اللاقطين، بواسطة التجهيزات السطحية، للحصول على تسجيل ذي تدرج خطي لدليل المسامية النيوتروني الشكل (7)، [8].

تحتوي سابرة قطر البئر Caliper أربعة أذرع متناظرة فيما بينها موصولة بمقياس الكمون، تؤدي تغيرات قطر البئر إلى فتح وغلق الأذرع، وتنعكس هذه الحركات بتغيرات في المقاومة على مقياس الكمون، والتي تُعرض بدورها كتسجيل بمقياس خطي بالإنش الشكل (8)، [8].



الشكل (5) سابرة NGS [8] الشكل (6) سابرة LDL [8] الشكل (7) سابرة CNL الشكل (8) سابرة Caliper [17]

المصطلحات: سابرة قياس قطر البئر Caliper ، سابرة التباعد الطويل Long Spaced Detector ، سابرة التباعد القصير Short Spaced Detector، المنبع Source ، جهاز تصوير مضاعف Photomultiplier ، منبع مستقر Stabilation Source، مقياس الحرارة Thermal Detector .

جرت عملية التسجيل الكهربائي السلكي في عربة التسجيل، التي يشار إليها أحياناً بالمختبر المتحرك، والتي تنقل أجهزة القياس المنزلة في البئر مع الكبل الكهربائي والرافعة اللازمة لإنزالها، فضلاً على التجهيزات المتخصصة لتغذيتها بالطاقة واستقبال الإشارات الواردة منها ومعالجتها، والمعدات اللازمة للتسجيل الدائم للبارمترات المقيسة. تتألف تجهيزات القياس داخل البئر من وحدتين، تحوي إحداها المحساس sensor الذي يقوم بالقياسات ويسمى السابرة sonde، على حين تتمثل الوحدة الأخرى بالخرطوشة وتحوي الإلكترونيات التي تغذي السابرة بالطاقة، وتعالج إشارات القياس الملتقطة، ثم تنقل هذه الإشارات إلى مقصورة القياس في الأعلى عن طريق الكبل. فضلاً على ما تم ذكره أعلاه تمت الاستعانة بالمعطيات الجيولوجية للدراسات السابقة، والتي تتضمن كافة المعلومات المتعلقة بالدراسات المخبرية وغيرها.

تفسير المعطيات الحقلية والمناقشة:

التفسير الجيولوجي لتشكيلة الرطبة :

تعد تشكيلة الرطبة العائدة لدور الكريتاسي من أهم التشكيلات المُخترقة في العديد من تراكيب منخفض الفرات وذلك لاحتوائها على النفط بكميات تجارية، فهي تُعتبر خزاناً نفطياً هاماً في المنطقة، وتتألف من حجر رملي وكربونات وسيلت وغضار في الأسفل. **الحجر الرملي زجاجي**، أبيض إلى رمادي ذو حبات ناعمة جداً إلى خشنة، متوسطة القساوة، تحت مدورة، تحت زاوية، ذو ملاط سيليسي أو كالكارينيتي مع وجود البيريت أحياناً، **الحجر الكربوناتي** عبارة عن كلس مدلمت ذو لون رمادي إلى بيجي متناوب مع الرمل الذي يتصف بأنه ذو حبات زجاجية تحت مدورة تحت زاوية جيدة الفرز، بينما يكون **الحجر السيلتي** رمادي إلى كريمي متوسط القساوة ذو ملاط

غضاري أو سيليسي، أما الغضار فهو رمادي أخضر إلى بني إلى بني أحمر، متوسط القساوة، سيلتي جزئياً، والحجر الغضاري (الشيل) يكون بلون رمادي فاتح إلى رمادي إلى أبيض، ناعم، منتفخ، قابل للانحلال جزئياً، سيلتي جزئياً. مع تواجد الهيماتيت أحياناً، خاصة في بئر جنوب العشارة-1 [4]، [5]، الأمر الذي أدى إلى ارتفاع قيم الكثافة على قياس الكثافة الصخرية. الجدول (1) يعرض السماكات والأعماق الوسطية لتشكيلة الرطبة في آبار التركيبين المدروسين.

الجدول (1) العمق والسماكة الوسطية لتشكيلة الرطبة في تركيب جنوب العشارة

البئر	ج.العشارة-1	ج.العشارة-2	ج.العشارة-3	ج.العشارة-4	الوسطي
أعلى الطبقة	3211	3220	3222	3234	3222
أسفل الطبقة	3322	3285	3269	3331	3302
السماكة (رطبة)	111	65	47	97	80
البئر	تل مرمر-1	تل مرمر-2	تل مرمر-3	تل مرمر-4	الوسطي
أعلى الطبقة	2810	2897	2938	2884	2882
أسفل الطبقة	2880	3003	2950	2978	2953
السماكة (رطبة)	70	106	12	94	70.5

التفسير الجيوفيزيائي للمعطيات الحقلية:

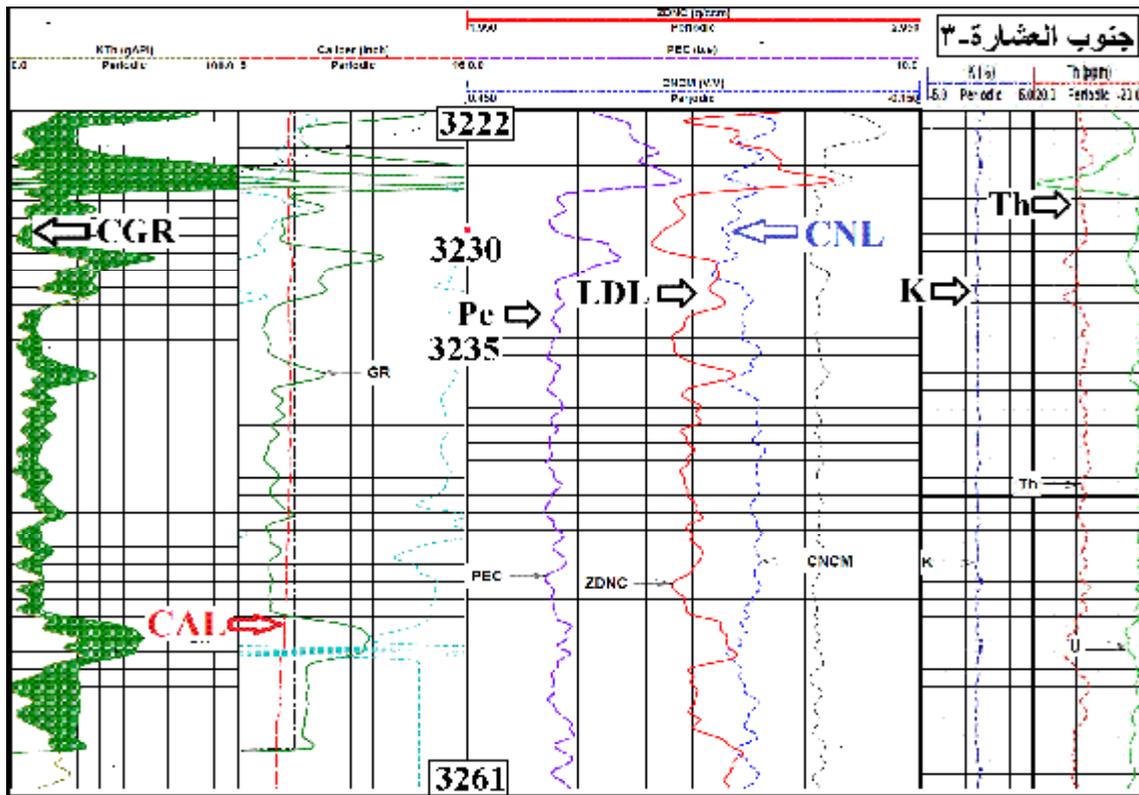
إن وجود المحتوى الغضاري في الصخور الخازنة يؤدي إلى حساب غير دقيق لقيم المسامية والنفاذية والتشبع المائي والنفطي من القياسات البئرية. ويُعد إيجاد المحتوى الغضاري في تشكيلة الرطبة المكونة من الصخور الرملية المشوبة بالغضار، والحاملة للنفط في تركيب جنوب العشارة وتل مرمر، مشكلة قائمة في حساب الاحتياطي والإنتاج النفطي في منطقة الدراسة وفي عالم النفط [14]. تتعلق محتويات المواد المشعة في الطبقة الصخرية بنمط الترسيب، فضلاً على نمط النقل ودرجة المعاملة reworking أثناء الحت والترسيب. فعلى سبيل المثال، يميل الثوريوم، بسبب صعوبة انحلاله ومحدودية حركته، إلى التجمع مع المعادن الثقيلة، على حين تتصف القطاعات المُجَواة، بتفاوت محتواها النسبي من الثوريوم والبوتاسيوم، Th/K [18]. يُطلق عادة تعبير الغضاريات الفعالة effective shales على الصخور التي تتألف من غضاريات مختلطة مثل السمكتيت والإيليت، والتي لديها ساعات تبادل كاتيوني كبيرة (CEC) cation exchange capacities. كما يطلق تعبير الغضاريات غير الفعالة على الكاولينيتات والكلوريتات، التي عادة تكون سعة التبادل الكاتيوني لديها قريبة من الصفر. ونتائج التفسيرات الكمية للرمال الغضارية لتشكيلة الرطبة أثبتت على أن الدور الكبير على نتائج القياسات البئرية يكون لتأثير الغضاريات الفعالة [14].

تأثير المحتوى الغضاري على القياسات المستخدمة:

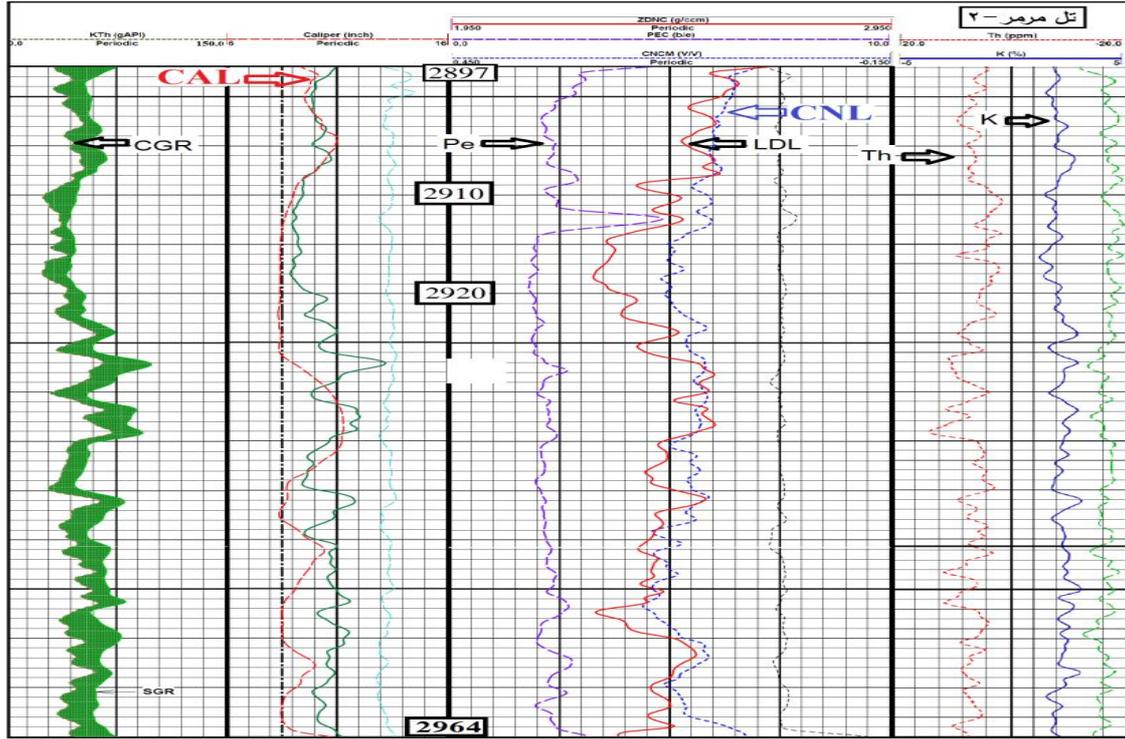
الغضاريات الفعالة: إن زيادة كمية الغضاريات الفعالة سيؤدي إلى زيادة الفعالية الإشعاعية لتشكيلة على قياس NGS [13]، وإن تأثير الغضار على قياس LDL يمكن أن يُعزى إلى كثافة الغضار، فكثافة المونتموريلونيت 2.33 غ/سم^3 ، وكثافة الإيليت 2.76 غ/سم^3 ، لذا سيؤدي الإيليت مسامية أخفض من المونتموريلونيت. وبالتالي تأثير

الغضار على المسامية يتعلق بنوعيته. أما بالنسبة لقياس CNL، فالغضار الفعال يبدي مسامية أعلى، إذ تزيد مسامية المونتوريلونيت عن 40%، والإليت أعلى من 30% [14].

الغضاريات غير الفعالة: تظهر الغضاريات غير الفعالة "كرمال نظيفة" على قياس NGS، بسبب انخفاض قيمة سعة التبادل الكاتيوني والبوتاسيوم، أما تأثير الغضاريات غير الفعالة على قياس LDL فهو مرتبط فقط بكثافة الغضار. فلا يمكن تمييز الكاولينيت البالغ كثافته 2.69 g/cm^3 عن الرمال عند ترافقه معها. إن وجود الكاولينيت بنسبة 100% لا يغير في المسامية سوى بنسبة 2%. ويتأثر قياس CNL بكل من الغضاريات الفعالة وغير الفعالة بمسامية أكبر من 40%. وهذا عائد إلى النسبة الكبيرة للمياه المرتبطة بالغضار [14]. تم تسجيل قراءات جميع القياسات المستخدمة في آبار تركيب العشارة وتل مرمر والتي تتضمن: سماكة النطاق H اعتماداً على استجابة وتجانس منحنيات التسجيلات، قياس قطر البئر Caliper، قياس أشعة غاما المحسوبة CGR، قياس عامل الامتصاص الكهرضوئي Pe، وقياس الكثافة الكلية pb، قياس المسامية النيوترونية Φ_N ، يُعرض على سبيل المثال التسجيلات البئرية لبئري: جنوب العشارة-3 وتل مرمر-2 الشكلان (9 و 10) [1]. ملاحظة: لم تسمح الظروف تسجيل NGS لبئر جنوب العشارة-2 في منطقة الدراسة.



الشكل (9) التسجيلات البئرية لبئر جنوب العشارة-3



الشكل (10) التسجيلات البئرية لبئر تل مرمر-2

تصحيح مسامية الغضار:

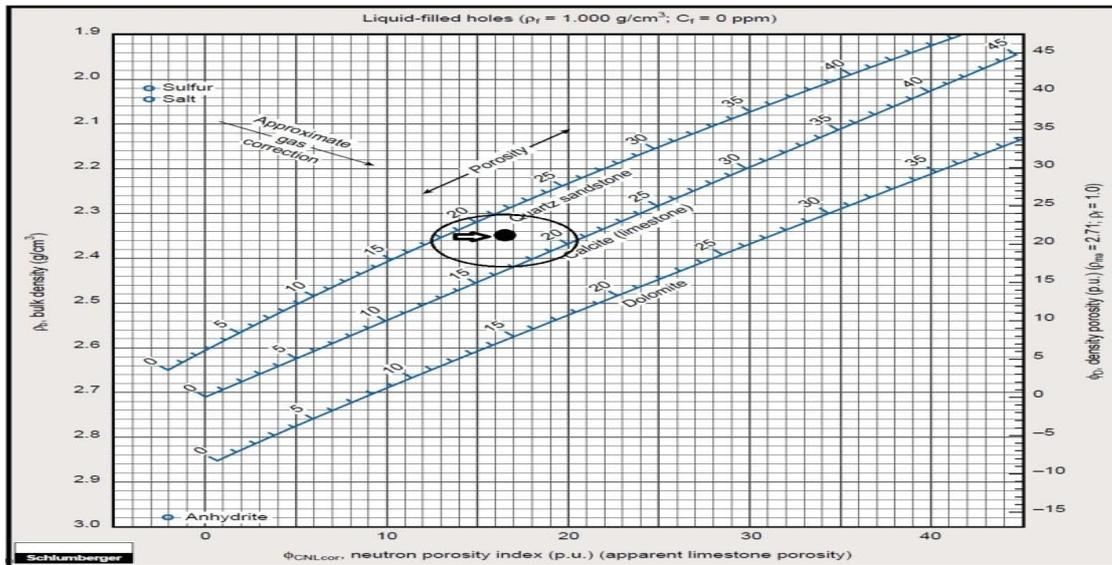
تم الحصول على مسامية ΦND والليثولوجيا الموافقة بالمزاوجة بين قياسي النيوترون والكثافة باستخدام المخطط CP-1e [18] الشكل (11) (بإدخال قيم ΦN من محور السينات وقيم ρb من محور العيانات) (S تعني حجر رملي، L تعني حجر كلسي، D تعني حجر دولوميتي، SL مختلط، الأسهم للأعلى والأسفل تُشير إلى قرب أو بُعد المجال من الليثولوجيا الموافقة لاتجاه السهم). جرى حساب مسامية الكثافة ΦD باستخدام العلاقة:

$$\Phi D = \frac{r_{Mat} - r_b}{r_{Mat} - r_F} \quad [11]$$

حيث: r_{Mat} : كثافة الهيكل الصخري (الماتريكس) وقيمته 2.65 g/cm^3 للحجر الرملي (تشكيلية الرطبة) [15]، r_b : قيمة الكثافة الكلية المقروءة من تسجيل الكثافة مقدره بـ $r_F, \text{ g/cm}^3$: كثافة سائل الحفر، وقيمته تختلف من بئر لآخر الجدول (2).

الجدول (2) قيم كثافات سائل الحفر المستخدم في آبار التركيبين [2],[3]

1- العشارة	جذب العشارة-2	جذب العشارة-3	جذب العشارة-4	1- مرمر	2- مرمر	3- مرمر	4- مرمر
1.24	1.21	1.2	1.21	1.19	1.16	1.09	1.12
							g/cm ³



الشكل (11) المخطط CP-1e لتحديد مسامية النيوترون - كثافة ΦND [18]

ملاحظة: V_{cl1} تعني حجم الغضار المحسوب بالطريقة الأولى، V_{cl2} - حجم الغضار المحسوب بالطريقة الثانية، Cor وتعني القيمة المصححة. بعدها تم الحصول على قيم مسامية ΦND_{COR} المصححة ومسامية ΦND_{COR}

$$[12] \quad \Phi D_{COR} = \Phi N - \Phi N_{Clay} * V_{Clay} \text{ بالنسبة للغضار كالتالي:}$$

$$[13] \quad \Phi D_{COR} = \left(\frac{r_{Mat} - r_b}{r_{Mat} - r_F} \right) - V_{Clay} \left(\frac{r_{Mat} - r_{Clay}}{r_{Mat} - r_F} \right)$$

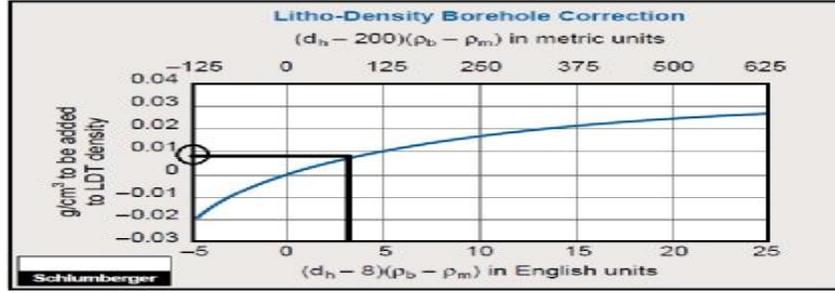
حيث: ΦND_{Clay} : مسامية النيوترون - كثافة للغضار (المقابلة لأعلى قيمة للإشعاعية الطبيعية) في تشكيلة الرطبة، وقد تم اختيار واعتماد المجال الأكثر تأثراً بوجود الغضار من حيث الإشعاعية العالية وتوسع (تكهف) فتحة البئر وكذلك ارتفاع قيمة تسجيل مسامية النيوترون بشكل كبير وانخفاض المقاومات، فكان المجال العمقي -3226 من تشكيلة الرطبة في بئر جنوب العشارة-1 هو الأمثل. وبما أن تسجيل مسامية النيوترون تم تصحيحه أمام تغير قطر البئر تلقائياً أثناء التسجيل [8]، توجب تصحيح قياس الكثافة الصخرية أمام تغير قطر البئر وتم ذلك باستخدام المخطط Por-15a [18] الشكل (12) كالتالي: ندخل إلى محور السينات جداء قطر البئر أمام المجال المذكور $d_h = 10.8$ inch مطروحاً منه 8 inch بقراءة الكثافة المقيسة أمام نفس المجال $\rho_b = 2.40$ g/cm³ مطروحاً منها كثافة سائل الحفر $\rho_m = 1.24$ g/cm³، ثم نقرأ على محور العينات التصحيح الواجب إضافته إلى قراءة ρ_b في تسجيل LDT: $(d_h - 8) * (\rho_b - \rho_m) = (10.8 - 8) * (2.40 - 1.24) = 3.25$

وهكذا تكون قيمة التصحيح من المخطط = 0.009 g/cm^3 ، والكثافة المصححة :

$$\rho_{b\text{cor}} = 0.009 + 2.40 = 2.41 \text{ g/cm}^3$$

ثم ندخل قيمة الكثافة المصححة وقيمة مسامية النيوترون الموافقة للمجال إلى المخطط CP-1e وبالنتيجة

$$\Phi ND_{\text{clay}} = 32\% \text{ علي}$$



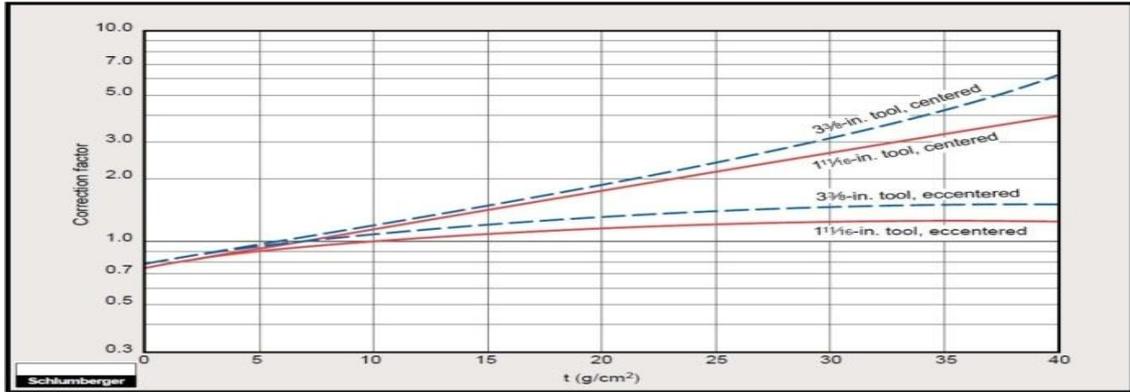
الشكل (12) المخطط Por-15a لتصحيح قياس الكثافة الصخرية أمام تغير قطر البئر [18]

تحديد أنواع الفلزات الغضارية: يمكن الحصول على القيم التفصيلية لكل من الثوريوم TH والبوتاسيوم K من قياس (NGS)، بعدها يجري تصحيحها بيئياً (بالنسبة لقطر البئر وكثافة سائل الحفر) باستخدام متغير الدخل (t)

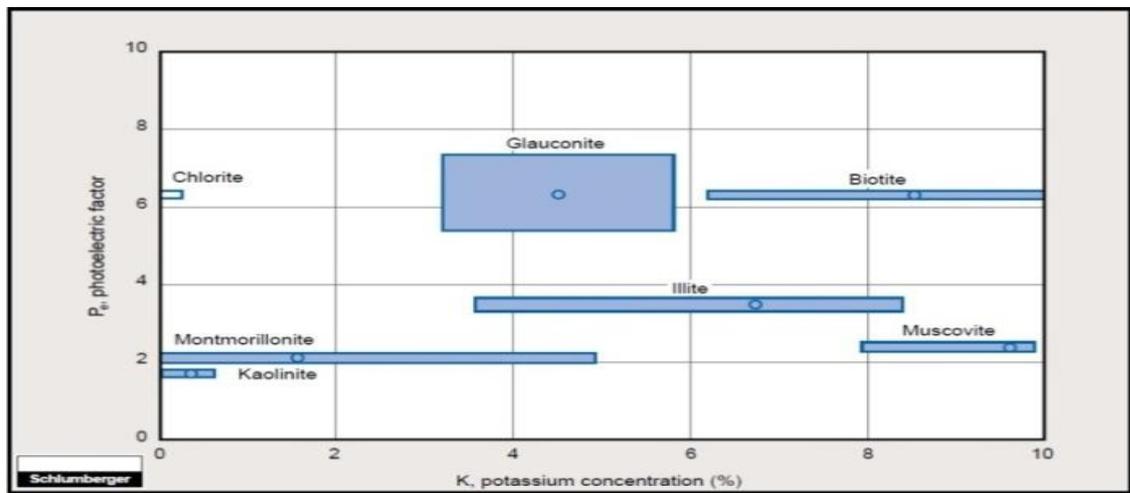
الذي يُعطى بالـ g/cm^3 باستخدام العلاقة: $t = \frac{W_{\text{mud}}}{8.345} \left(\frac{2.54(d_{\text{hole}})}{2} - \frac{2.54(d_{\text{sonde}})}{2} \right)$ [18]، حيث: mud : دليلاً

لسائل الحفر، وهي تتغير من بئر لآخر الجدول (2). d_{hole} : قطر البئر الموافق للمجال الدروس، d_{sonde} : قطر السابرة المستخدمة، وهي في جميع الآبار ذات قطر $3\frac{3}{8}$ inch [2], [3]. تم الحصول على عامل التصحيح الذي تتسبب به t باستخدام المخطط GR-1 [18] الشكل (13) كالتالي: بعد إدخال قيمة t إلى المخطط على المحور X وقراءة نقطة تقاطعه مع منحنى قطر السابرة المستخدمة أثناء القياس (وهي ممركة)، تُسقط النقطة على المحور Y وتكون تلك القيمة المقروءة عامل التصحيح الذي تتسبب به t.

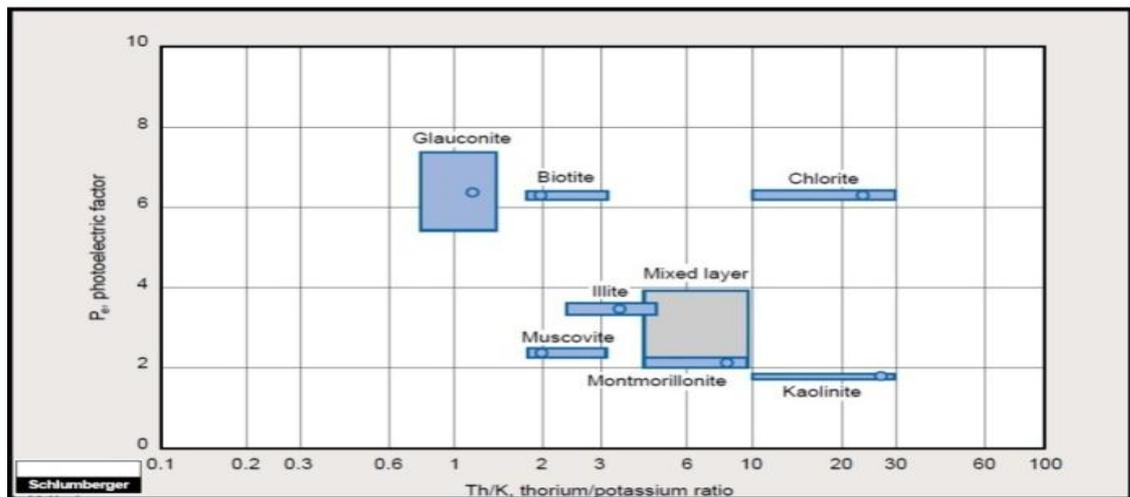
تحديد هوية الفلزات المكونة للهيكل الصخري للغضار: يمكن تحديد هوية الفلزات المكونة للهيكل الصخري من تسجيل الكثافة الصخرية، وتسجيل إشعاعات غاما الطيفية، لأن بعض الفلزات تحوي تراكيز مميزة لعناصر الثوريوم واليورانيوم والبوتاسيوم، وذلك من خلال مقارنة قيم Pe مع محتوى الطبقة من البوتاسيوم أو مع نسبة البوتاسيوم إلى الثوريوم. يزود المخطط CP-18 [18] بجزأه العلوي الشكل (14) والسفلي الشكل (15) بمعلومات حول التركيب الفلزي للغضار. كما يُقارن المخطط CP-19 [18] الشكل (16) بين محتوى البوتاسيوم والثوريوم للغرض المذكور أيضاً. وبما أن المسامية والتركيب الليثولوجي في العديد من فلزات الغضار متفاوتة، فلا تقع عروض هذه الفلزات في نقطة واحدة، وإنما تتوزع عادة على مساحة. تم تحديد أنواع الفلزات الغضارية لكل بئر على حدة باستخدام المخططات المذكورة أعلاه.



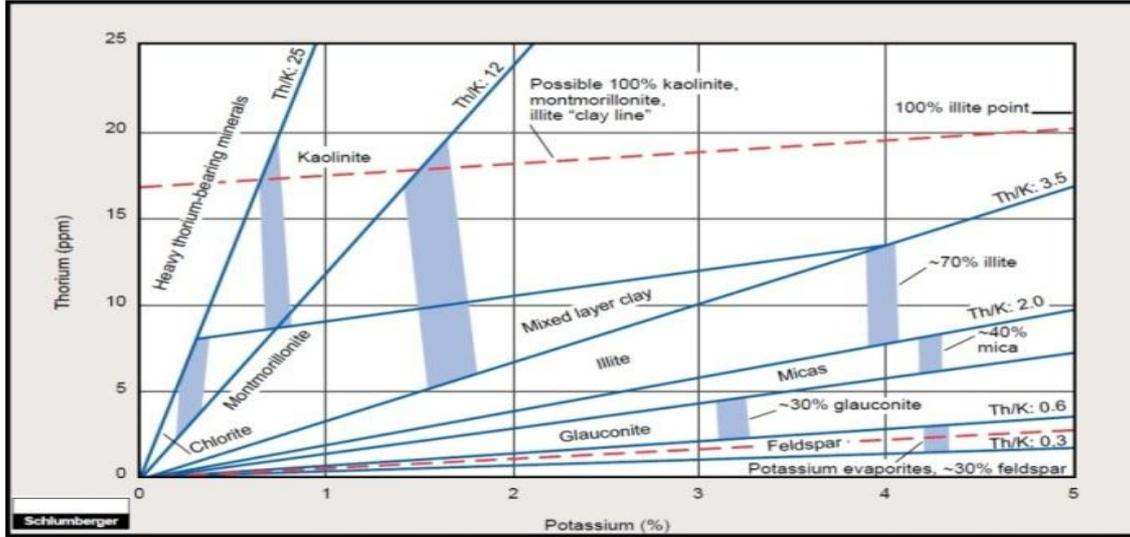
الشكل (13) المخطط GR-1 المستخدم لإجراء التصحيحات البيئية على قيم NGS [18]



الشكل (14) المخطط CP-18 بجزئه العلوي [18]



الشكل (15) يظهر المخطط CP-18 بجزئه السفلي [18]



الشكل (16) يظهر المخطط CP-19 [18]

النتائج والمناقشة:

جرت عملية تصحيح لمعطيات القياسات البئرية بالنسبة لتأثير الغضار على قراءات المسامية كون المعطيات الأولية لقياس الـ NGS تشير إلى وجود الغضار في توضعات تشكيلية الرطبة في تركيب العشرة وتل مرمر، وهذا ما يتوافق مع وصف الفتات أيضاً، الأمر الذي حتم إجراء عمليات التصحيح.

أظهرت مخططات العلاقة بين ΦD و ΦN قبل وبعد إجراء التصحيح (وبالتناوب) زيادة في عامل الترابط R^2 بين قيم المسامية النيوترونية والكثافية المصححتين ΦN_{cor} و ΦD_{cor} كما هو موضح في الجدول (3) وعلى سبيل المثال يعرض الشكل (17 و 18) لبئري جنوب العشرة-3 وتل مرمر-2، المراحل الأربعة (1 و 2 و 3 و 4) للتصحيح. (ملاحظة: تم استبعاد قيم عدة مجالات في بعض الآبار، نظراً للشذوذ الواضح لهذه القيم على المخططات وذلك لأسباب متعددة، منها ما يتعلق بالوضع الفني للآبار من وجود تكهف وغيره، ومنها ما يتعلق بالتأثير الفعال لحجم الغضار المتواجد، والذي جعل تلك القيم غير صالحة حتى بعد تصحيحها).

إن زيادة عامل الترابط بين قيم المسامية النيوترونية ΦN والكثافية ΦD بعد إجراء عملية التصحيح (عدا بئر تل مرمر-3 بسبب الغضارية العالية 21% وتكهف كامل جدار البئر $< 8\text{inch}$)، يزيد من موثوقية (اعتمادية) قيم مسامية ΦND_{cor} في حساب نسبة التشبع المائي وبالتالي النفطية، ففي تركيب جنوب العشرة نجد أن قيم مسامية ΦND المحسوبة قبل وبعد إجراء التصحيح تظهر فرقاً بمقدار 2.2% الجدول (5)، وبمقدار 4.7% في تركيب تل مرمر الجدول (5). الأمر الذي يؤثر كثيراً على حساب الاحتياطي النفطي في التركيبين المدروسين. إن تفسير القياسات الجيوفيزيائية البئرية يبين أن مسامية الحجر الرملي المشوب بالغضار (تشكيلية الرطبة)، والمحددة بـ ΦND ، في أغلبها أكبر من (5%)، وبالعودة إلى وصف فتات الحفر، يُلاحظ أن الحجر الرملي يتصف بتبلور ناعم جداً إلى ناعم، وسيلتي أحياناً كثيرة خاصة في الأسفل، ولم يُلاحظ وجود مسامية مرئية فيه. لهذا كله فإن المسامية المحددة بواسطة القياسات الكهربائية هي مسامية دقيقة حاوية على مياه مرتبطة فيزيائياً. بعد إجراء عملية التصحيح البيئية المشار إليها أعلاه في كافة الآبار المدروسة على قيم NGS، تم إدخال القيم الناتجة بعد عملية التصحيح لكل من البوتاسيوم والثوريوم، بالإضافة إلى قيمة Pe من جداول التفسير إلى المخططات الثلاث

المستخدمة في البحث، وتعرض نتائج تحديد نوع الغضار على سبيل المثال لبثري جنوب العشارة-3 في الأشكال (18،19،20) والجدول (5)، وتل مرمر-2 في الأشكال (21،22،23) والجدول (6). (ملاحظة: يمكن عرض كل الأشكال والجدول المتعلقة بالبحث كملحق). بعد دراسة وتحليل نتائج التفسير الجيوفيزيائية والقيام بعملية مقارنة بينهما تبين بأن نوع الغضار المسيطر في آبار جنوب العشارة: 1 ، 3 ، 4 هو الكاولينيت، وبدرجة أقل الكلوريت والمونتموريلونيت، أما في البثريين: تل مرمر 1 و 4 ، فإن نوع الغضار المسيطر هو المونتموريلونيت، وفي البثريين تل مرمر: 2 و 3 ، فإن نوع الغضار المسيطر مختلط بين المونتموريلونيت والموسكوفيت. إن هذا التنوع في التركيب الفلزّي لغضار التشكيلة يعكس بداية تحول الغضار، حيث أن المونتموريلونيت ربما يتوافق مع فساد غير تام أو تراجعى degraded للموسكوفيت، كما يمكن أن يعكس هذا التنوع أيضاً، تحولاً غير مكتمل في الإبلليت نتيجة الدياجينيز [16].

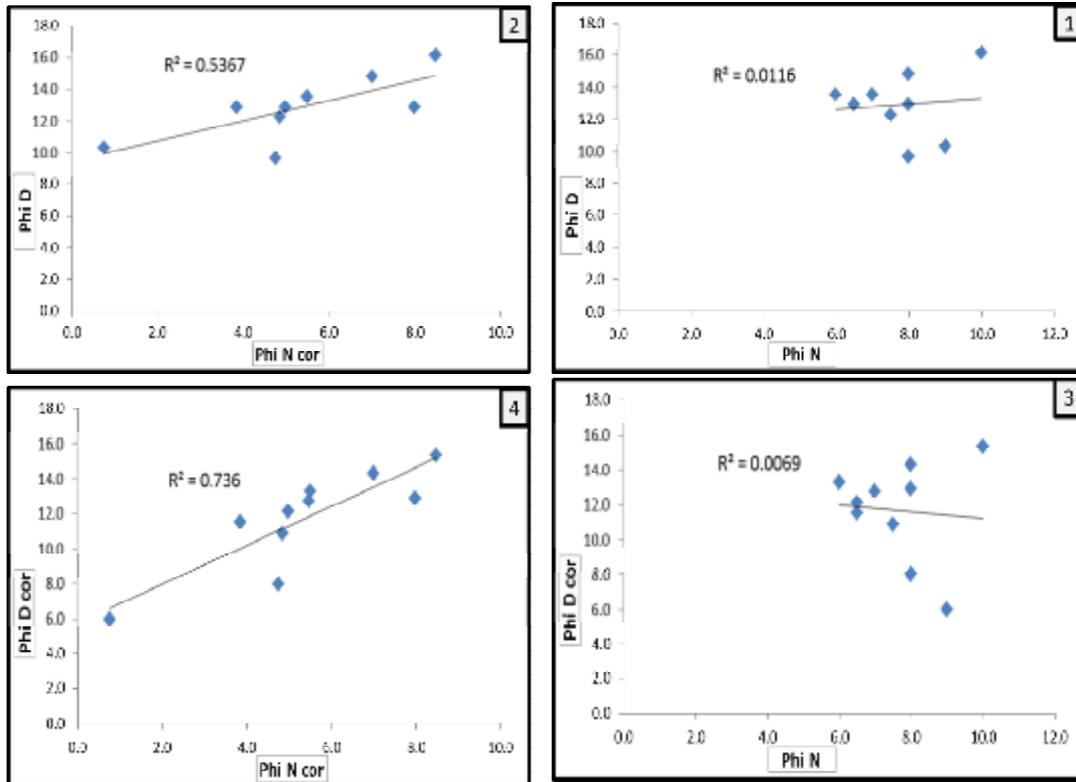
الاستنتاجات والتوصيات:

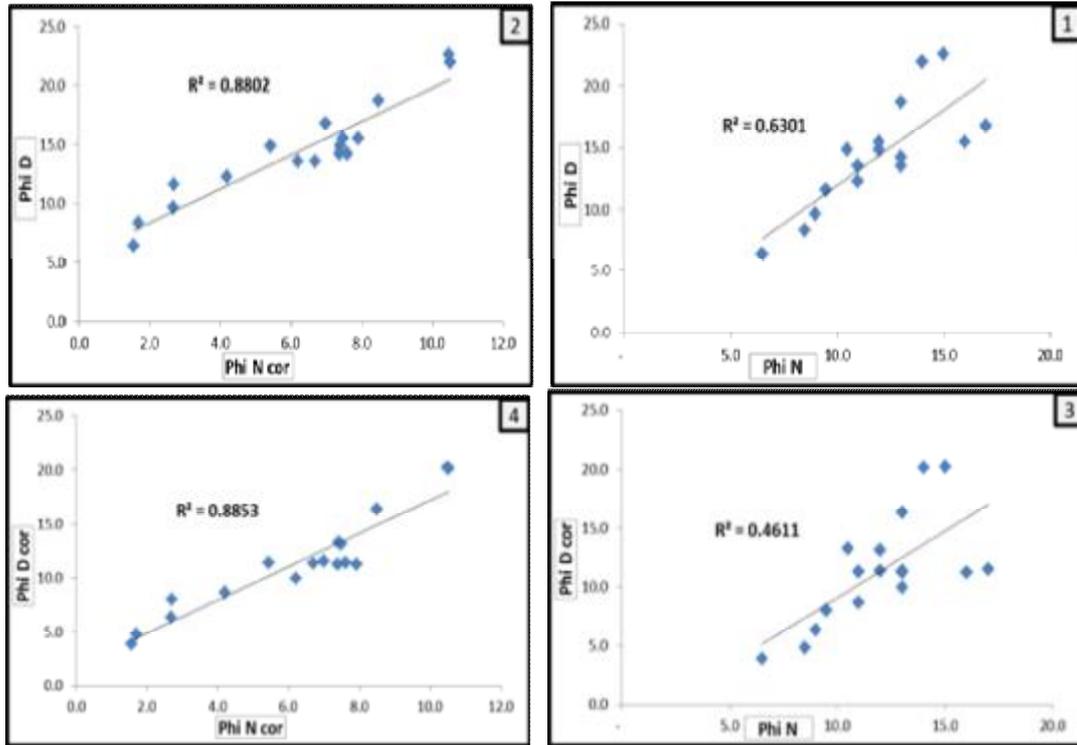
وفقاً لنتائج تفسير معطيات القياسات الحقلية المنفذة في موقع تركيب العشارة وتل مرمر تم التوصل إلى الاستنتاجات التالية:

- 1) تحديد المحتوى الغضاري في تشكيلة الرطبة في تركيب العشارة (7%) وتل مرمر (16%).
- 2) مقارنة قيم المسامية لكل من ΦN و ΦD قبل وبعد التصحيح، دلّت إلى ازدياد عامل الترابط بينهما، الأمر الذي يؤكد على ضرورة إجراء تصحيح قيم المسامية بالنسبة للمحتوى الغضاري للحصول على تشبع بالهيدروكربون أدق وأكثر موثوقية.
- 3) تحديد نوعية الفلزات الغضارية، ففي تركيب جنوب العشارة سيطر فلز الكاولينيت غير الفعال، وبالتالي لم تتأثر القياسات الجيوفيزيائية البثرية، أما في تركيب تل مرمر فالفلز السائد هو المونتموريلونيت الفعال، وبالتالي تأثرت القياسات الجيوفيزيائية البثرية.
- 4) تم تقسيم تشكيلة الرطبة إلى قسمين علوي وسفلي في تركيب جنوب العشارة، بناءً على نوعية الغضار.
- 5) تحديد مسامية النطاقات الرملية الخازنة في تشكيلة الرطبة من النوع الدقيق الحاوي على مياه مرتبطة فيزيائياً، ووصف فئات الصخر الناتج عن حفر الطبقة وخاصة في آبار تركيب تل مرمر. لهذا نرى أن لاستخدام القياسات المذكورة أعلاه فوائد عملية كبيرة في اختصار الوقت والتكاليف اللازمين لدراسة المحتوى الغضاري وتأثيره على الخصائص الخزنية لتشكيلة الرطبة باستخدام القياسات الجيوفيزيائية البثرية. ونقترح استخدام الرنين المغناطيسي النووي القابل للإدماج لتلافي مشكلة المياه المرتبطة فيزيائياً، التي ستفقد في الجمهورية العربية السورية وغيرها من الدول العربية والأجنبية، فضلاً على استخدام الطفلة الزيتية لتلافي تدهم جدار البئر، واعتماد نتائج دراسة العينات اللبابية التي ستُحفر في كل الآبار التي ستخترق تشكيلة الرطبة في كل من التركيبين المذكورين.

الجدول (3) قيم عامل الترابط R^2 بين ΦD و ΦN قبل وبعد إجراء التصحيح وبالتناوب

عامل الترابط R^2 بين				
4	3	2	1	
القيمتان مصححتان		ΦD غير مصححة و ΦN غير مصححة	القيمتان غير مصححتان	
ΦN_{cor} vs ΦD_{cor}	ΦN vs ΦD_{cor}	ΦN_{cor} vs ΦD	ΦN vs ΦD	البئر
0.94	0.88	0.75	0.8	جنوب العشارة-1
0.74	0.6	0.62	0.63	جنوب العشارة-2
0.74	0.007	0.54	0.01	جنوب العشارة-3
0.65	0.17	0.52	0.17	جنوب العشار-4
0.76	0.45	0.36	0.44	تل مرمر-1
0.89	0.46	0.88	0.63	تل مرمر-2
0.06	0.07	0.07	0.11	تل مرمر-3
0.71	0.5	0.72	0.64	تل مرمر-4

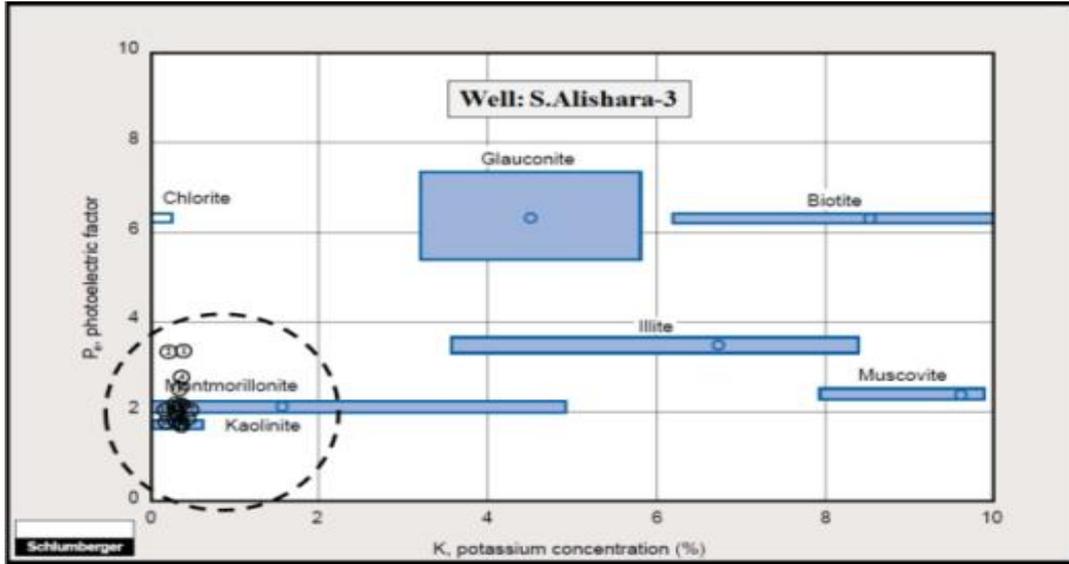
الشكل (17) مخططات العلاقة بين ΦN و ΦD قبل وبعد إجراء التصحيح لبئر جنوب العشارة-3



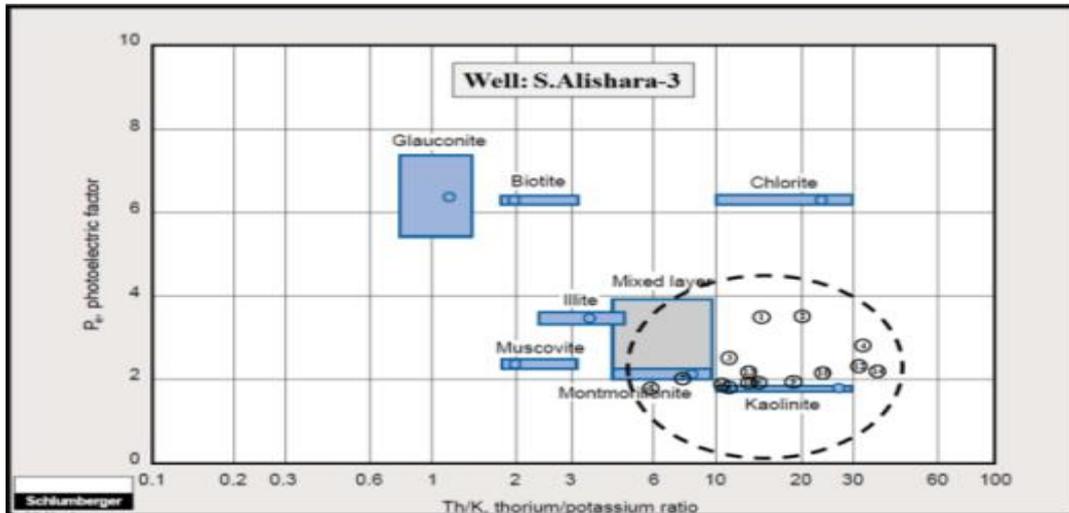
الشكل (18) مخططات العلاقة بين ΦN و ΦD قبل وبعد إجراء التصحيح لبقير تل مرمر-2

الجدول (4) الفرق بين قيم مساميتي ΦND و $\Phi NDcor$ في آبار تركيبية جنوب العشارة وتل مرمر

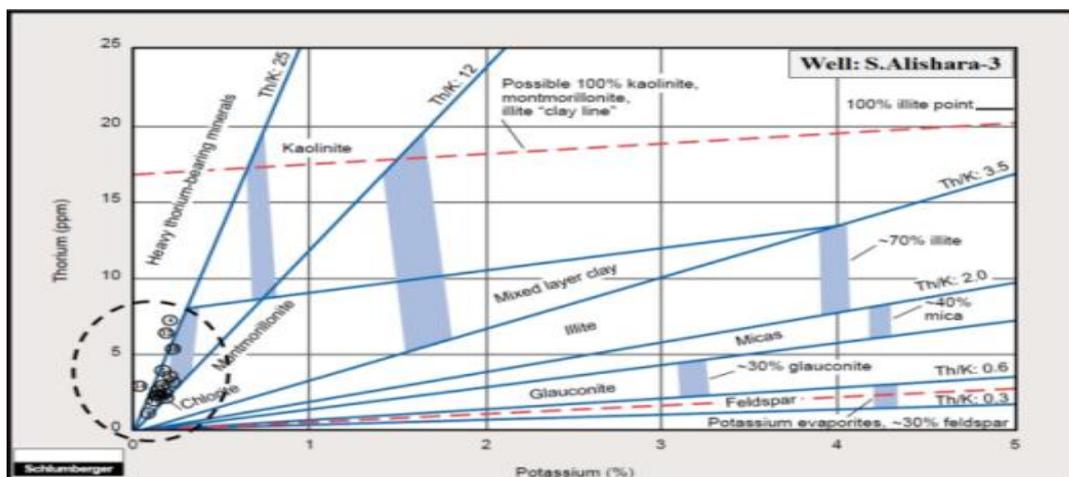
الفرق المسامية بعد التصحيح	1- جنوب العشارة-1	2- جنوب العشارة-2	3- جنوب العشارة-3	4- جنوب العشارة-4	المتوسط الموزون	1- تل مرمر-1	2- تل مرمر-2	3- تل مرمر-3	4- تل مرمر-4	المتوسط الموزون
Vcl	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.11	0.18	0.21	0.16	0.16
ΦND	17.3	12.9	12.1	11.9	13.9	12.9	15.0	18.1	15.3	14.7
$\Phi NDcor$	15.5	10.8	10.0	8.6	11.7	9.6	9.5	11.7	10.6	10.0
الفرق المسامية بعد التصحيح	1.8	2.1	2.1	2.1	2.2	3.3	5.5	6.4	4.7	4.7



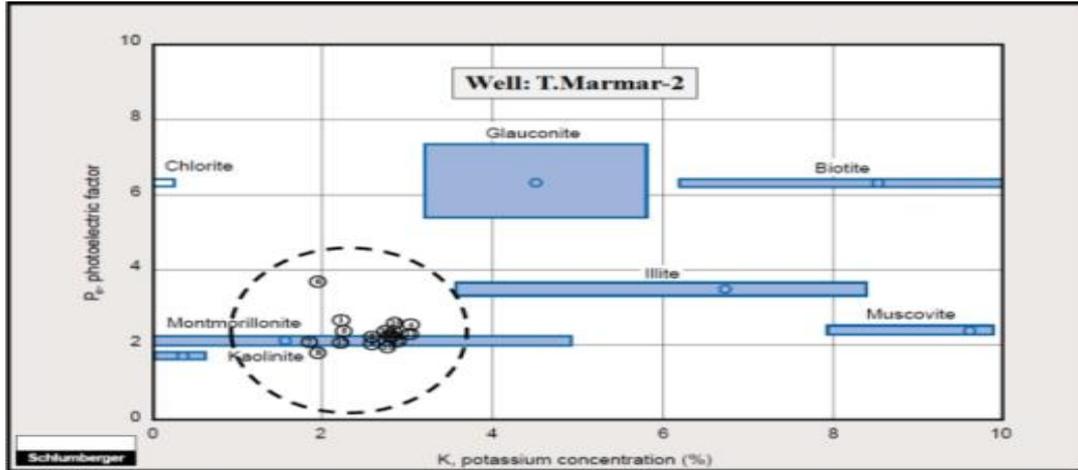
الشكل (18) نتائج تحديد نوع الغضار من المخطط CP-18 بجزئه العلوي في بئر جنوب العشارة-3



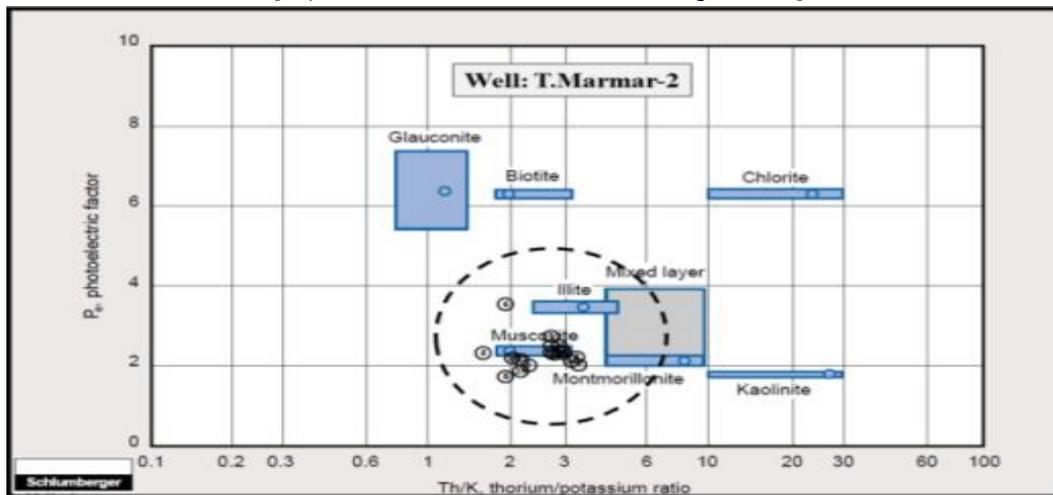
الشكل (19) نتائج تحديد نوع الغضار من المخطط CP-18 بجزئه السفلي في بئر جنوب العشارة-3



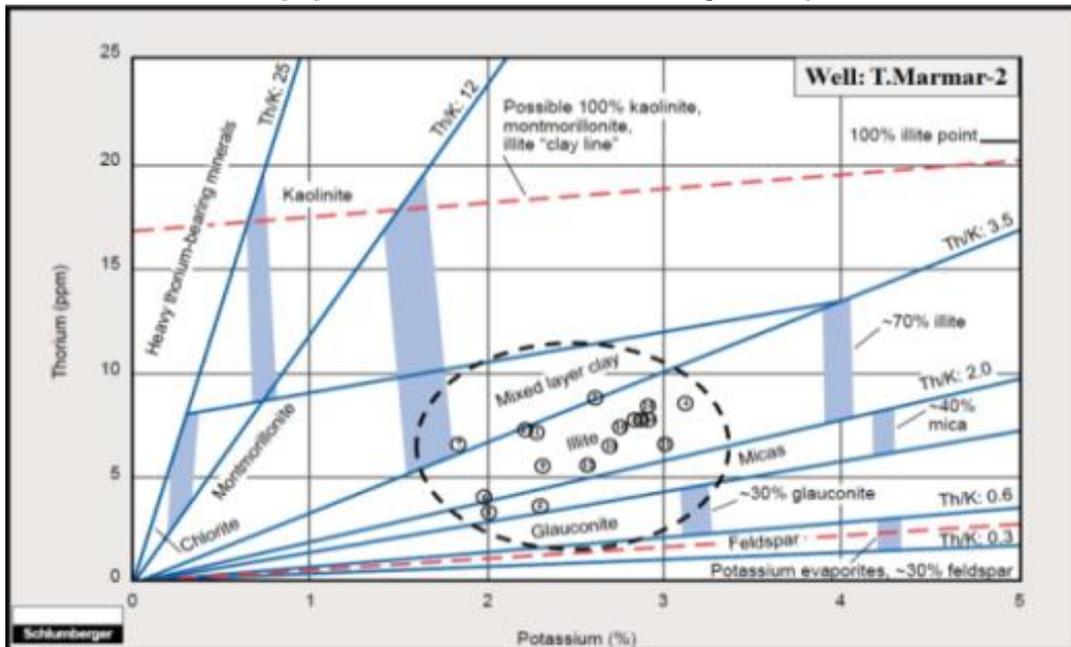
الشكل (20) نتائج تحديد نوع الغضار من المخطط CP-19 في بئر جنوب العشارة-3



الشكل (21) نتائج تحديد نوع الغضار من المخطط CP-18 بجزئه العلوي في بئر تل مرمر-2



الشكل (22) نتائج تحديد نوع الغضار من المخطط CP-18 بجزئه السفلي في بئر تل مرمر-2



الشكل (23) نتائج تحديد نوع الغضار من المخطط CP-19 في بئر تل مرمر-2

الجدول (5) نتائج التفسير الكمي وتحديد نوع الغضار في بئر جنوب العشارة-3

interval	m	H m	Cal Inch	Pe b/e	pb g/c3	φN %	φND chart	Lithology	CGR API	Vcl 1	IGR 2	Vcl cor2	φND ppm	Th %	K ppm	U chart	t factor	cor ppm	Th cor %	K cor ppm	U cor ppm	Th / K cor	Clay Type		
																							Th vs K	Pe vs K	Pe vs Th/K
1	3222 - 3225	3.0	8.3	3.50	2.50	8.0	14.2	LS	17	0.26	0.38	0.22	7.5	2.90	0.20	3.10	9.0	1.18	3.4	0.2	3.7	14.5	MIX	MO	MIX
2	3225 - 3227	2.0	8.3	3.50	2.55	9.0	9.2	L↑	12	0.15	0.22	0.12	5.7	3.20	0.16	11.50	9.0	1.18	3.8	0.2	13.6	20.0	Chl	MO	MIX
3	3227 - 3230	3.0	8.4	2.30	2.40	10.0	15.0	S	8	0.07	0.09	0.05	13.6	1.90	0.17	1.70	9.2	1.20	2.3	0.2	2.0	11.2	Chl	MO	MIX
4	3230 - 3233	3.0	8.4	2.50	2.50	10.5	11.8	L↑	22	0.37	0.53	0.36	1.0	6.50	0.18	2.30	9.2	1.20	7.8	0.2	2.8	36.1	HTBM	MO	MIX
5	3233 - 3236	3.0	8.4	2.00	2.45	8.0	12.0	S	5	0.00	0.00	0.00	12.0	2.10	0.15	1.20	9.2	1.20	2.5	0.2	1.4	14.0	Chl	MIX	KA
6	3236 - 3238	2.0	8.4	1.95	2.50	8.5	10.8	SL	11	0.13	0.19	0.10	7.9	2.34	0.20	1.81	9.2	1.20	2.8	0.2	2.2	11.7	MIX	KA	KA
7	3238 - 3240	2.0	8.4	2.05	2.45	6.5	11.5	S↑	10	0.11	0.16	0.08	9.1	1.63	0.21	1.10	9.2	1.20	2.0	0.3	1.3	7.7	Chl	MIX	MO
8	3240 - 3243	3.0	8.4	1.90	2.44	6.0	11.2	S↑	6	0.02	0.03	0.01	10.8	0.92	0.15	1.00	9.2	1.20	1.1	0.2	1.2	6.0	Chl	KA	MIX
9	3243 - 3245	2.0	8.3	1.90	2.44	7.0	11.8	S↓	8	0.07	0.09	0.05	10.4	2.21	0.11	0.84	9.0	1.18	2.6	0.1	1.0	19.3	Chl	KA	KA
10	3245 - 3249	4.0	8.2	1.95	2.45	6.5	11.2	S	8	0.07	0.09	0.05	9.8	1.85	0.14	0.82	8.8	1.18	2.2	0.2	1.0	13.2	Chl	KA	KA
11	3249 - 3251	2.0	8.1	1.95	2.42	8.0	13.0	S↓	7	0.04	0.06	0.03	12.1	1.25	0.12	1.28	8.6	1.17	1.5	0.1	1.5	10.6	Chl	KA	KA
12	3251 - 3254	3.0	8.0	2.15	2.50	9.0	11.2	LS	18	0.28	0.41	0.25	3.7	5.81	0.17	2.26	8.4	1.15	6.7	0.2	2.6	33.8	HTBM	MIX	MIX
13	3254 - 3256	2.0	8.0	2.05	2.45	8.5	12.2	LS	19	0.31	0.44	0.28	3.9	1.70	0.13	1.20	8.4	1.15	2.0	0.1	1.4	13.5	Chl	MO	MIX
14	3256 - 3258	2.0	8.0	2.10	2.46	7.5	11.8	S	10	0.11	0.16	0.08	9.4	2.42	0.06	1.72	8.4	1.15	2.8	0.1	2.0	42.5	HTBM	MO	MIX
15	3258 - 3261	3.0	8.0	2.00	2.52	8.5	9.6	LS	21	0.35	0.50	0.33	-0.3	4.89	0.19	2.33	8.4	1.15	5.6	0.2	2.7	26.1	MIX	MO	MIX

الجدول (6) نتائج التفسير الكمي وتحديد نوع الغضار في بئر جنوب العشارة-3

interval	m	H m	Cal Inch	Pe b/e	pb g/c3	φN %	φND chart	Lithology	CGR API	Vcl 1	IGR 2	Vcl cor2	φND ppm	Th %	K ppm	U ppm	t chart	cor factor	Th cor ppm	K cor %	U cor ppm	Th / K cor	Clay Type		
																							Th vs K	Pe vs K	Pe vs Th/K
1	2898 - 2900.5	2.5	9.7	2.72	2.54	7.0	8.6	LS	37	0.19	0.27	0.15	4.1	5.20	1.90	1.70	9.2	1.20	6.24	2.28	2.04	2.74	KA	MO	MU
2	2900.5 - 2903.5	3.0	10.0	2.22	2.52	8.5	11.0	LS	45	0.25	0.35	0.21	4.8	7.20	2.10	1.20	9.7	1.23	8.86	2.58	1.48	3.43	ILL	MO	MU
3	2903.5 - 2906	2.5	10.8	2.32	2.50	9.0	11.0	LS	43	0.23	0.33	0.19	5.3	6.00	2.20	1.80	10.8	1.29	7.74	2.84	2.32	2.73	ILL	MO	MU
4	2906 - 2909	3.0	10.2	2.52	2.52	9.5	10.5	LS	45	0.25	0.35	0.21	4.3	6.80	2.50	1.20	10.0	1.26	8.57	3.15	1.51	2.72	ILL	MO	MU
5	2909 - 2911	2.0	9.0	2.32	2.42	10.5	14.5	S↑	28	0.13	0.18	0.09	11.73	0.00	1.85	1.80	8.2	1.15	3.45	2.13	2.07	1.62	Micas	MO	MIX
6	2911 - 2914	3.0	8.6	3.62	2.44	11.0	14.0	SL	34	0.17	0.24	0.13	10.13	5.00	1.80	0.90	7.6	1.10	3.85	1.98	0.99	1.94	ILL	MIX	MIX
7	2914 - 2918	4.0	8.5	2.02	2.31	14.0	19.8	S↓	30	0.14	0.20	0.11	16.66	0.00	1.70	1.60	7.5	1.10	6.60	1.87	1.76	3.53	ILL	MO	MU
8	2918 - 2920	2.0	8.5	1.82	2.30	15.0	20.2	S	35	0.18	0.25	0.14	16.13	5.00	1.80	1.20	7.5	1.10	3.85	1.98	1.32	1.94	Micas	KA	MIX
9	2920 - 2922.5	2.5	8.4	2.02	2.36	13.0	17.8	S	35	0.18	0.25	0.14	13.75	0.00	2.10	1.40	7.3	1.09	5.45	2.29	1.53	2.38	ILL	MO	MU
10	2922.5 - 2926	3.5	8.4	1.92	2.42	12.0	15.0	SL	44	0.24	0.34	0.20	9.0	6.00	2.50	1.50	7.3	1.09	6.54	2.73	1.64	2.40	ILL	MO	MU
11	2935 - 2937	2.0	10.6	2.22	2.43	13.0	15.0	LS	40	0.21	0.30	0.17	9.9	5.00	2.40	1.25	10.6	1.28	6.40	3.07	1.60	2.08	ILL	MO	MU
12	2937 - 2940	3.0	9.2	2.12	2.41	12.0	15.0	SL	35	0.18	0.25	0.14	10.94	5.00	2.10	1.30	8.5	1.17	5.27	2.46	1.52	2.14	ILL	MO	MU
13	2940 - 2943	3.0	8.6	2.22	2.46	11.0	14.0	LS	45	0.25	0.35	0.21	7.8	7.20	2.60	2.20	7.6	1.10	7.92	2.86	2.42	2.77	ILL	MO	MU
14	2943 - 2950	7.0	9.5	2.32	2.41	16.0	17.5	L↑	50	0.28	0.40	0.24	10.26	5.00	2.40	1.95	8.9	1.19	7.74	2.86	2.32	2.71	ILL	MO	MU
15	2950 - 2953	3.0	8.5	2.52	2.39	17.0	17.9	L↑	57	0.33	0.47	0.30	8.8	7.50	2.60	1.80	7.5	1.10	8.25	2.86	1.98	2.88	ILL	MO	MU
16	2953 - 2960	7.0	9.0	2.32	2.44	13.0	14.5	LS	45	0.25	0.35	0.21	8.3	6.50	2.40	2.00	8.2	1.15	7.48	2.76	2.30	2.71	ILL	MO	MU
17	2960 - 2964	4.0	8.5	2.22	2.43	13.0	15.0	LS	39	0.20	0.29	0.16	10.16	5.00	2.00	2.10	7.5	1.10	7.15	2.20	2.31	3.25	ILL	MO	MU

المراجع:

- 1- مديرية الاستكشاف، الشركة السورية للنفط.
- 2- أرينوف، ف، ن. - التوضعات الغضارية في أساسات المنشآت المائية، موسكو " نيدرا " روسيا الاتحادية 1990- 281 -59 -60.
- 3- الخريطة الجيولوجية لسوريا- رفعة البوكمال (Sheet Al-bukamal -NI-39-M-1-C.1984- scale 1:50 000).
- 4- الخريطة الجيومورفولوجية لسوريا - 1962- مقياس (1:1000 000).
- 5- بعض الصور الجوية لسوريا -1974-مقياس (1:100000) ومقياس (1:50000).
- 6- بونيكاروف، ب، ف وكازمين، غ، ف. الجيولوجيا والمواد المفيدة للدول الأجنبية - سوريا، ليننغراد " نيدرا "، روسيا الاتحادية، 1968-267.
- 7- شحود، علي. جيولوجية سوريا الإقليمية (2)، منشورات جامعة تشرين، 2007 - - 2008-524.
- 8- الشركة السورية للنفط. النفط والغاز في القطر السوري، ظروف توزيعهما وبرنامج لاستكمال استكشافهما، دائرة الاستكشاف، دمشق 1983.
- 9- شقير، فارس، سلوم،. تفسير التسجيلات البئرية، مبادئ وتطبيقات (تعريب) شلومبرغر، الطبعة الأولى، دمشق، 1996-211.
- 10- Geological map of Syria, 1979 scale.1/50 000 .Sheet Jableh. Printed in the German Democratic Republic. by VEB Herman Haack NI-12-M-3-C.Geographisch-Kartographische Anstait . Gotha/ Leipzig.
- 11- Sawaf, T; Al-Saad, D; Gebran, A; Barazangi, M; Best, J; and Chaimove, T. *Stratigraphy and structure of Eastern Syria across the Euphrates depression. Tectonophysics*, 220, 267-281. 1993, 25.
- 12- ROBERT, K, Litak; BARAZANGI, M; BREW, G; SAWAF, T; AL-IMAM, A; AL-YOUSSEF, W. *Structure and Evolution of the Petroliferous Euphrates Graben System Southeast Syria*. AAPG Bulletin, V. 82, No. 6 (June 1998), P. 1173–1190.
- 13- RIDER, M, H. *The Geological Interpretation of Well Logs*. Second edition, Whittles Publishing, Scotland, 2002, 280.
- 14- ASQUITH, G; GIBSON, C. *Basic well log analyses for geologist*. Second printing, the American association of petroleum geologists, USA, 1982, 218.
- 15- ATLAS, D. *Well logging and interpretation technique*, third edition, USA, 1982.
- 16- HILCHIE, D, W. *applied open hole log interpretation for geologists and engineers*, Second edition, USA, 1982, 480.
- 17- SCHLUMBERGER, *The Essentials of Log Interpretation Practice*, Schlumberger, France, 1972, 60.
- 18- SCHLUMBERGER, *essentials of N.G.S interpretation*, Schlumberger, USA, 1982, 64.
- 19- SCHLUMBERGER, *Log Interpretation Principles / Application*. Seventh printing, Schlumberger, USA, 1998, 230.
- 20- SCHLUMBERGER, *Log Interpretation Charts* Seventh printing, Schlumberger, USA, 1998.