SJSI

*مقال بحثي*

# دراسة سيزمية لحقل الفرقلس لوضع تصور شامل حول وضعه الجيولوجي

# Seismic Study of the Froqlos Field to Create a Comprehensive View of its Geological Situation

**المؤلفون:**
**اسماء الكيلاني**
**رامز ناصر**
**كايد معلولة**

**الجهة:** قسم الجيولوجيا- كلية العلوم- جامعة دمشق
**التواصل:** asmaa1.alkelany@damascusuniversity.edu.sy

تاريخ التقديم: 11 نيسان 2023
تاريخ القبول: 16 تموز 2023

## Abstract

In this research, we re-interpreted the Froqlos field based on the most important seismic rules, and according to the interpretation method which is used in reading and analyzing seismic and geological data, starting from the litho-geological section. Then we followed the Kurachine Dolomite reflector (KD), which carries hydrocarbon, the Kurachine Anhydrite reflector (KA), which represents the covered rocks in the study area, and some auxiliary reflectors, such as Quamchouka (QUM) and Amanos Sand (A-SA). After that, we created the two-way time (TWT) map of the Kurachine Dolomite formation in the studied Froqlos field, and the depth map of it. At the end, we located new well sites on the depth map. In our research, we used several geophysical, geological and office programs.

**Keywords:** The Froqlos Field, Hydrocarbon, **L**itho-Geological Section, Seismic Reference Datum (SRD).

## الملخص

قمنا في هذا البحث بإعادة تفسير سيزمي لحقل الفرقلس بناءً على أهم القواعد السيزمية وحسب أسلوب التفسير المتبع في قراءة وتحليل المعطيات السيزمية والجيولوجية، انطلاقًا من المقطع الليتو-جيولوجي، ثم تابعنا عاكس الكوروشينا دولوميت (KD) الحامل للهيدروكربون، وعاكس الكوروشينا أنهيدريت (KA) الذي يمثل الصخور الغطائية في منطقة الدراسة، بالإضافة إلى بعض العواكس المساعدة كالكامشوكا (QUM) والأمانوس-رمل (A-SA)، ثم قمنا بإنشاء الخريطة الزمنية لتشكيلة KD في حقل الفرقلس المدروس، والخريطة العمقية لها، محددين عليها مواقع حفر آبار جديدة، واستخدمنا في بحثنا عددا من البرامج الجيوفيزيائية، الجيولوجية والمكتبية.

**الكلمات المفتاحية:** حقل الفرقلس، هيدروكربون، مقطع ليتو-جيولوجي، مستوى الإرجاع السيزمي.

**المقدمة:**

يمتاز حقل الفرقلس بخصائص فريدة جيولوجياً وتكتونياً، انعكست على أهميته الهيدروكربونية، مما ساهم في إجراء دراسات جيولوجية وجيوفيزيائية حوله للتعمق في مأموليته الهيدروكربونية، بدايةً بالبئر فرقلس-1 الذي تم إجراء اختبار له أثناء عملية حفره لأعلى النطاق C2 في طبقة الكوروشينا

دولوميت المأمولة هيدروكربونيًا، وأعطى البئر شعلة غاز 9 م، وكانت مدة الاختبار 15 دقيقة تقريبًا. وبعد انتهاء حفر البئر وإجراء عملية الإنهاء من أجل تقييم طبقة الكوروشينا دولوميت، أعطى البئر نفطًا وغازًا في المجال العلوي للنطاق C2 ضمن طبقة الكوروشينا دولوميت. وتم حساب الاحتياطي القابل للإنتاج وقُدِّر بـ 663 ألف مترًا مكعبًا. وكان الإنتاج التراكمي للنفط 3574 مترًا مكعبًا. أما نسبة النفط للغاز والتي يشار لها بـ (GOR) فكانت 5000. أما بئر الفرقلس–2، فكانت نتائجه سلبية في تشكيلة الكوروشينا دولوميت، نتيجةً لانخفاضها حوالي 820 مترًا عن بئر الفرقلس–1 [1]. ويتم حاليًا حفر بئر الفرقلس–3، حيث تم اختراق تشكيلة الكوروشينا أنهيدريت بارتفاع تركيبي مقداره 70 م عن المتوقع، و200 م تقريبًا عن بئر الفرقلس–1، وحاليًا يتم متابعة حفر البئر. وفي حال استمرار هذا الارتفاع التركيبي (الـ 200 م) عن بئر الفرقلس–1 فمن المتوقع أن تزداد السماكة الحاملة للغاز في نطاق الـ C2 لطبقة الكوروشينا دولوميت [2، 3]. أما الدراسة السابقة البتروغرافية فتمت على العينات الفتاتية والعينة الأسطوانية وكانت دراسة عينية ومجهرية، وروعي فيها تصنيف فولك ودونهايم للصخور الكربوناتية، بالإضافة إلى دراسة المسامية حسب تصنيف Levorsen، وتم تصنيف المسامية كما يلي:

- مسامية ضعيفة جدًا (0 – 5) %
- مسامية ضعيفة (5 – 10) %
- مسامية متوسطة (10 – 15) %
- مسامية جيدة (15 – 20) %
- مسامية جيدة جدًا (20 – 25) %

وفيما يلي أعالي التشكيلات المخترقة:

- تشكيلة رماح – شيرت (0 – 59) م
- تشكيلة جوديا (59 – 441) م
- تشكيلة حيان (441 – 944) م
- تشكيلة رطبة (944 – 1030) م
- تشكيلة كامشوكا (1030 – 1900) م
- تشكيلة أدايا (1900 – 1989) م
- تشكيلة بطمة (1989 – 2180) م
- تشكيلة كوروشينا أنهيدريت (2180 – 2426) م
- تشكيلة كوروشينا دولوميت (2426 – 3220)
- تشكيلة أمانوس – شيل (3220 – 3460) م
- تشكيلة أمانوس – رمل (3460 – 3530) م العمق النهائي للحفر.

ويمكن توضيح الوصف العام لتشكيلة الكوروشينا دولوميت بأنها عبارة عن صخر كربوناتي بلون رمادي مبلور إلى ناعم التبلور، قاسٍ مع تناوبات من الشيل بلون أسود، طري سريع التفتت، تزداد نسبته في أسفل التشكيلة، وقليل من الأنهيدريت ضمن عدة مجالات، وقليل من الملح ضمن مجالات أخرى، وقليل من الغضار ضمن مجالات متعددة.

أما الوصف المجهري لطبقة الكوروشينا دولوميت فيمكن تلخيصه كما يلي: تتألف تشكيلة الكوروشينا دولوميت من كلس مدلمت ميكروسباريتي، حاوٍ حبات من الرمل مدورة الحواف قياسها (0.02 – 0.08) ملم ضمن عدة مجالات، وحاوٍ أيضًا تداخلات وبعض بلورات من الأنهيدريت وشقوق مملوءة ببلورات من الأنهيدريت وبلورات من الكلس معاد التبلور.

ويمكن تقييم النفط في التشكيلة المأمولة هيدروكربونيًا في الفرقلس–1 بأنه نفط من النوع الخفيف، حيث أن مقياس الكثافة النوعية للنفط حسب معهد النفط الأمريكي API له تتراوح بين (34.8 – 38.1) بمعدل وسطي (36.45).

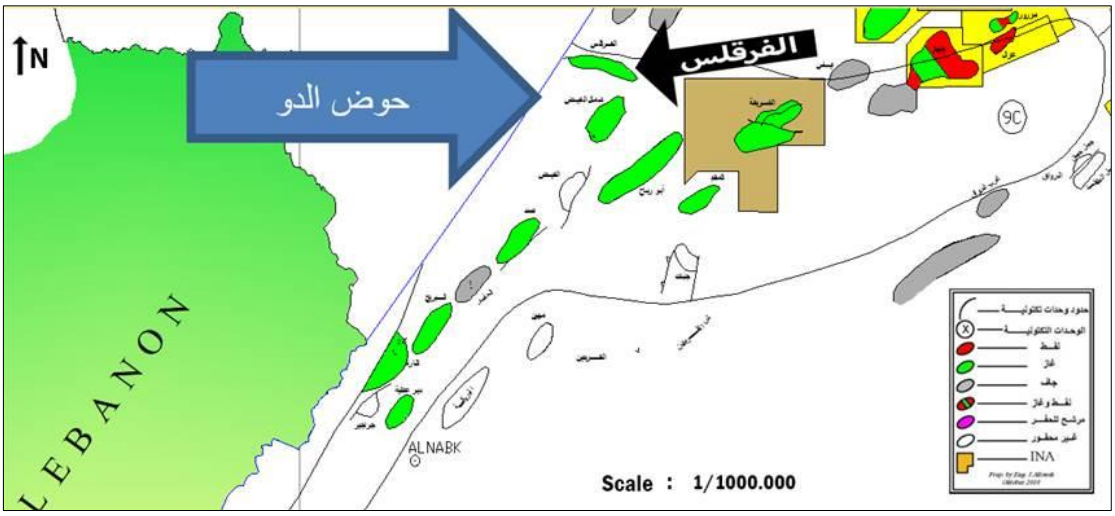
وكنتيجة نهائية ضمن التقرير النهائي لبئر فرقلس–1، وبعد دراسة عينات النفط الخام وعينات البيتوم، يمكن القول إن المصدر الأساسي والرئيسي للتوليد هو الصخور المولدة من المناطق المجاورة الأكثر انخفاضا، مع مشاركة ثانوية من كل من رسوبيات التزياسي (أسفل تشكيلة الكوروشينا دولوميت وتشكيلة الأمانوس شيل).

وبعد الاطلاع على تلك الدراسات والأعمال؛ قمنا في هذا البحث بدراسة سيزمية جيولوجية متكاملة لحقل الفرقلس، والذي كان محط أنظار الكثير من الباحثين، نظرًا لأهميته الهيدروكربونية الكبيرة التي تنبع من توفر جميع شروط التجمع الهيدروكربوني فيه، حيث توفرت شروط ترسيب ملائمة لصخور غنية بالمادة العضوية، مع وجود عمق دفن مناسب لنضجها، ووجود صخور حاملة للتجمعات الهيدروكربونية الكوروشينا دولوميت (KD)، وصخور غطائية الكوروشينا أنهيدريت (KA). ويهدف هذا

البحث إلى دراسة الوضع الجيولوجي لتركيب الفرقلس انطلاقًا من المقطع الليتو–جيولوجي له للوصول إلى تصور شامل حوله، بالإضافة إلى التفسير السيزمي للعواكس الهامة فيه، وإنشاء خريطة زمنية لعاكس الكوروشينا دولوميت KD الحامل للهيدروكربون وتحويلها إلى خريطة عمقية، مع تحديد أماكن حفر آبار إضافية جديدة في الحقل المدروس.

**المواد والطرائق:**

يقع حقل الفرقلس في الأطراف الغربية لمنخفض الدو على الحدود المتاخمة للسلسلة التدمرية الشمالية (الشكل 1)، ويبعد عن مدينة حمص بحدود 30 كم شرقًا، وعن تركيب شمال الفيض بحوالي 4 كم شمالًا، وإلى الجنوب الغربي من تركيب الشومرية بـ 15 كم تقريبًا [1]. ويوجد في الفرقلس بئران (فرقلس 1 و2)، وله شكل نجمي مضروب بفالق رئيسي اتجاهه شمال شرق – جنوب غرب، مماثل لاتجاه التركيب، وتبلغ أبعاده 13×7 كم [4].




**الشكل 1. موقع تركيب الفرقلس ضمن حوض الدو [1]**

ولإنجاز هذا البحث؛ استخدمنا البرامج التالية:
برنامج Geo-Frame–Imain-Charisma: لأعمال التفسير السيزمي. برنامج Geology Office: لإنشاء المقطع الليتولوجي. برنامج CPS3–VIZ and Mapping: لإنشاء الخرائط الزمنية والعمقية. بالإضافة إلى البرامج: Word, Power Point, Exel: للكتابة والتعديلات المكتبية.

**الوضع التكتوني والجيولوجي لمنطقة الدراسة:**

**الوضع التكتوني:**

ترافق تشكل جميع تراكيب حوض الدو، بما فيها تركيب الفرقلس موضوع الدراسة، مع تشكل نطاق الطي التدمري [5]، وأعقب تشكلها مرحلة تشوه في الغطاء الرسوبي، حيث انزلقت المجموعات الدولوميتية العائدة لعمر الترياسي العلوي – الجوراسي على المستويات التبخرية في تشكيلة KA (أسفل الترياسي الأعلى) بالاتجاه الجنوبي الشرقي، وأدى هذا الانزلاق بدوره إلى نشوء عدم توافق طبقي ضمن المجموعة المعاصرة للتكتونيك [5]، وتبلغ سماكة الغطاء الرسوبي في حوض الدو (9 – 11) كم [6]. انتهى حفر بئر الفرقلس–1 التنقيبي في 30 / 8 / 2008 وهو بئر غازي [1]، بينما تم تقييم بئر الفرقلس–2 على أنه جاف [1، 7].

**الوضع الليتو–جيولوجي في منطقة الدراسة:**

الليتوستراتغرافيا السطحية: خضع حقل الفرقلس لعدد من الأحداث الجيولوجية التي أثرت بشكل مباشر على ليتولوجيته وتكشفاته، فهو ذو ليتولوجيا سطحية متنوعة (دولوميت، كلس، ...)، وتعود أقدم تكشفاته إلى تشكيلة الأرك– مارل العائدة لعمر

الكريتاسي الأعلى [8]. تكشفات الكريتاسي الأعلى: تتنوع الطبيعة الليتولوجية للكريتاسي الأعلى في حوض الدو بالعموم، وتنقسم إلى ثلاثة طوابق هي: الكونياسيان والسانتونيان والكامبانيان والماستريختيان، وتنضوي هذه الطوابق على تشكيلتين أساسيتين هما: 1- التشكيلة السفلية: وهي تشكيلة الأرك- مارل، وتضم طابقين هما: السانتونيان والكامبانيان، وتقسم إلى تحت تشكيلتين هما: تحت التشكيلة الأولى هي رماح- شيرت (طابقي الكونياسيان- السانتونيان): وتتكون من حجر كلسي غضاري تكثر فيه النطاقات الصوانية مع قليل من الدولوميت، وتتراوح سماكته الوسطية ما بين (175 إلى 200) م [8]. أما تحت التشكيلة الثانية فهي أرك- مارل (طابق الكامبانيان): وتتكون من حجر كلسي مارلي مع غلوكونيت، وتتراوح سماكتها من عدة أمتار وحتى (150 إلى 200) م [8].

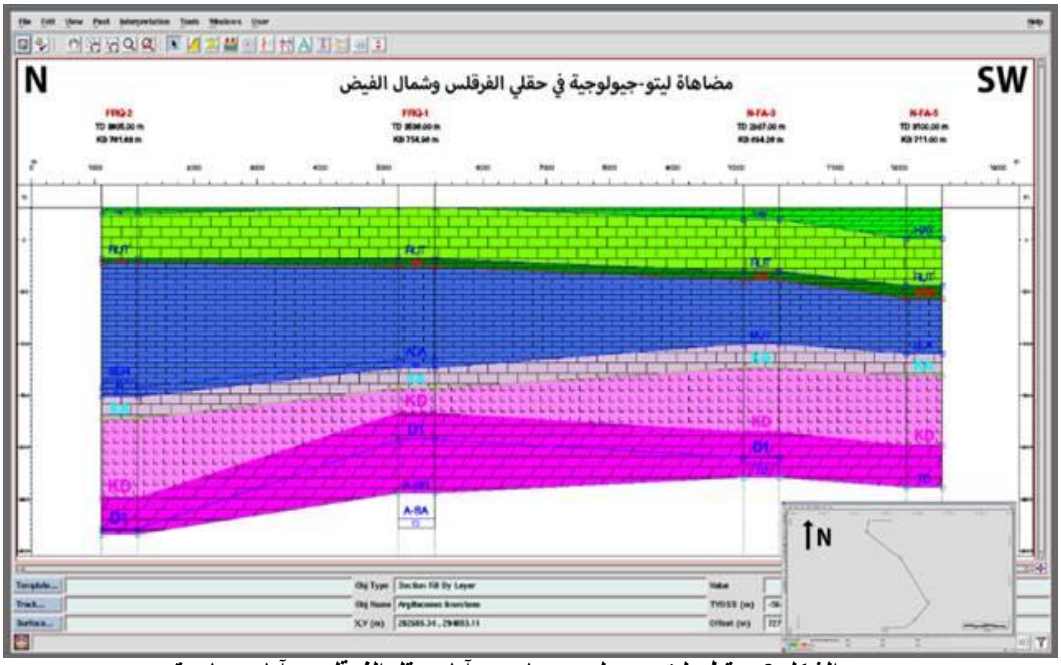
2- التشكيلة العلوية: وهي تشكيلة الشيرانيش، وتضم طابق الماستريختيان، وتتكون رسوباتها من مارل وكلس حواري، وتتراوح سماكتها الوسطية ما بين (200 إلى 350) م. ولا يمكن تمييزها ليتولوجيًا عن رسوبات الباليوجين بسبب التشابه المنيرالوجي الكبير، إنما يتم تمييزها مستحاثيًا فقط، وتبلغ سماكتها الإجمالية المتكشفة من الكريتاسي حوالي 700 م في منطقة الدراسة. وضمن حقل الفرقلس تتكشف رسوبيات الكريتاسي الأعلى في مركز الحقل متمثلةً بتشكيلة الرماح- شيرت التابعة لطابق السانتونيان [8]. تكشفات السينوزوي والرباعي: تملأ توضعات السينوزوي والرباعي حوض الدو (بما فيه منطقة الدراسة)، وتغطي تلك التوضعات أطراف حقل الفرقلس بحيث يصعب تمييز التراكيب الموجودة تحتها. تصل سماكة الباليوجين إلى 600 م تقريبًا، وتصل في النيوجين والرباعي إلى 600 م [8]. تتألف رواسب الباليوجين من المارل والحجر الكلسي الحواري، ويتألف النيوجين من حطاميات ولحقيات تحيط بها بشكل شريط يتسع عرضه في الأجزاء الشمالية الشرقية، أما رواسب الرباعي فتتألف من الكونغلوميرا والحجر الكلسي، والحجر الكلسي المارلي والرمال [8].

**النتائج:**

**نتائج الدراسة الليتو-جيولوجية:**

قمنا بتحميل الإحداثيات للآبار وأعالي الطبقات ضمنها باستخدام برنامج (Geo-Frame-Imain- Charisma)، وأنشأنا مقطع المضاهاة الليتو-جيولوجية للآبار (فرقلس 1 و2، شمال الفيض 3 و5) (الشكل 2) باستخدام برنامج (Geology Office). من خلال تفسيرنا للمقطع الليتو-جيولوجي؛ لاحظنا أن تشكيلة الجوديا التابعة لطابق التورونيان من عمر الكريتاسي الأعلى؛ ذات سماكة تقارب 400 م، أما تشكيلة الحيان التابعة لطابق السينومانيان من عمر الكريتاسي الأعلى فذات سماكة واحدة تقريبًا (من 400 إلى 500 م)، بينما تعتبر تشكيلة الرطبة التابعة لطابقي الأبتيان والباراميان من عمر الكريتاسي الأسفل ذات سماكة قليلة (من 100 إلى 200 م). أما تشكيلة الكامشوكا التابعة لعمر الجوراسي، فتراوحت سماكتها (من 400 إلى 500 م) ضمن شمال الفيض، وازدادت تلك السماكة باتجاه حقل الفرقلس لتصل إلى (700 – 800 م) تقريبًا. ننتقل بعدها إلى تشكيلة البطمة التابعة لطابق الكارينيان من عمر الترياسي الأعلى، والتي تراوحت سماكتها ما بين (150 إلى 200 م) تقريبًا، بينما تفاوتت سماكة الكوروشينا أنهيدريت التابعة لطابقي اللادينيان أمنيسيان والكرينيان من عمر الترياسي الأوسط، فبلغت ضمن بئر الفرقلس-1 حوالي (300 إلى 400 م)، وتسمكت في باقي الآبار المدروسة لتصل إلى (650 إلى 850 م) تقريبًا. أما تشكيلة الكوروشينا دولوميت التبعة لطابق لادينيان أمنيسيان من عمر الترياسي الأوسط، فكانت ذات سماكة موحدة تقريبًا ضمن منطقة الدراسة (من 450 إلى 500 م).

وفيما يخص الأعماق؛ لاحظنا أن تشكيلات الجوديا والحيان والرطبة حققت ارتفاعاً تركيبياً ضمن حقل الفرقلس أكثر من حقل شمال الفيض، بينما حققت تشكيلات الكامشوكا والبطمة والكوروشينا أنهيدريت ارتفاعًا تركيبيًا في شمال الفيض، وانخفضت في الفرقلس. لاحظنا أيضًا تعمق تشكيلة الكوروشينا دولوميت عند بئر الفرقلس-2، بينما حققت ارتفاعًا تركيبيًا عند بئر الفرقلس-1، وكانت ذات ارتفاع تركيبي متوسط عند البئرين شمال الفيض 3 و5. وجدير بالذكر أنه في البئر فرقلس-1 تم اختراق تشكيلة الأمانوس- شيل التابعة لطابق السيثيان من عمر الترياسي الأسفل، وكذلك تم اختراق تشكيلة الأمانوس- رمل التابعة لطابق البيرميان من عمر أعلى الباليوزيك.



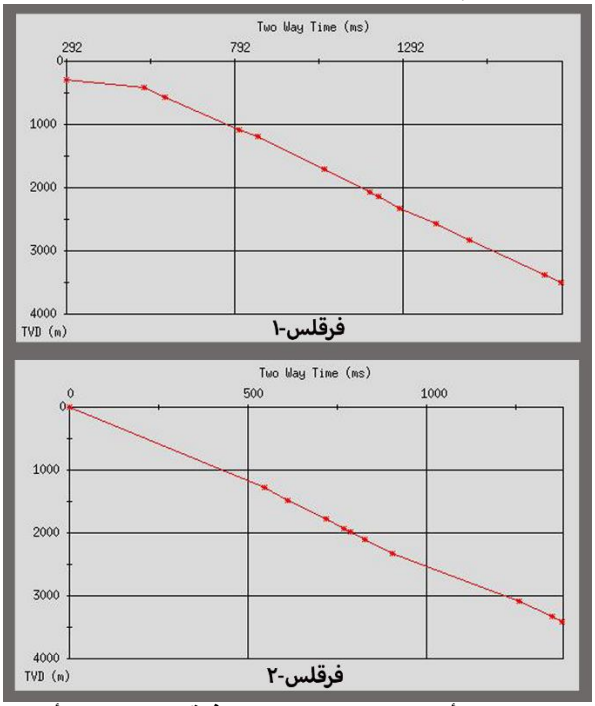

**الشكل 2. مقطع ليتو-جيولوجي مار من آبار حقل الفرقلس وآبار مجاورة**

**نتائج الدراسة والتفسير السيزمي:**

من خلال استخدام برنامج Geo-frame – Imain-Charisma؛ لاحظنا أنه يتوفر في المنطقة شبكة خطوط مسح ثنائي الأبعاد [9] (CHA, QM, QMS, QMW, SH, SHE, AR)، والتي تراوحت جودة المعطيات الاهتزازية فيها بين الجيدة (خطوط مسح QM وQMW وQMS) والمتوسطة (خطوط مسح CH وSHE وAR). وكانت هذه المسوح ذات بارامترات مسح حقلي ومعاملة مختلفة ومنفذة في سنوات مختلفة ومن قبل شركات مختلفة، وبسبب هذه الاختلافات؛ قمنا بتوحيد مستوى الإرجاع السيزمي لمستوى واحد، وكانت هذه الخطوة هي الأولى في تفسير هذه الخطوط السيزمية.

**تنزيل أعالي الطبقات على المقاطع السيزمية:**

بعد دراسة الوضع الليتو-جيولوجي من خلال المقطع السابق وأخذ فكرة جيولوجية معمقة عنه، انطلقنا لأعمال التفسير السيزمي عبر خطوط الشبكة المذكورة (ذات SRD موحد)، بدءًا بتنزيل أعالي الطبقات على المقاطع السيزمية بالاستعانة بقياسات الـ Check-Shot في البئرين: فرقلس1 و2 [10] [11]، ثم أنشأنا منحني TZ لهما (الشكل 3).

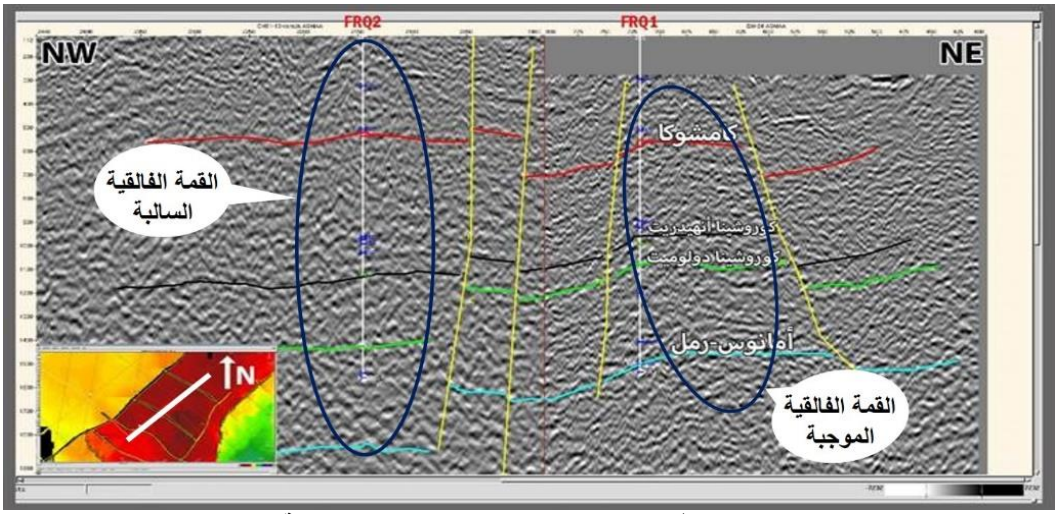



**الشكل 3. إلى الأعلى: منحني T-Z للبئر فرقلس-1 وإلى الأسفل: منحني T-Z للبئر فرقلس-2**

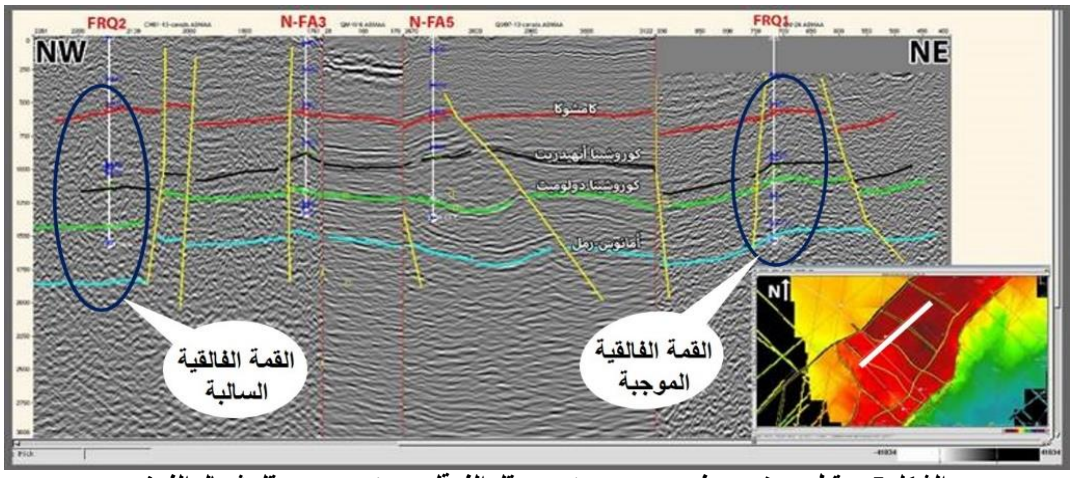
**متابعة الخطوط السيزمية:**

تمت متابعة السطوح العاكسة التابعة لطبقات الكوروشينا أنهيدريت (KA) والكوروشينا دولوميت (KD) بشكل رئيسي، والكامشوكا (QUM) والأمانوس–رمل (A–SA) كعواكس مساعدة (الشكلان 4 و5).

استخدمنا تقنية (Draw) أثناء التفسير وخاصةً عندما تكون الإشارة السيزمية متوسطة الجودة أو ضعيفة، من أجل إتمام المتابعة السيزمية، وخاصةً لعاكسي الكوروشينا أنهيدريت والكوروشينا دولوميت المعقدين تكتونيًا والمضروبين بفوالق كثيرة وذات رميات كبيرة، حيث وجدنا هنا صعوبة في متابعة العواكس عبر المقاطع الزمنية، إلى جانب غياب بعض أجزاء من العواكس في منطقة الدراسة وخاصةً عبر مقاطع برامج المسح (SHE و CH)، بينما لم يكن هناك معاناة في تفسير السطوح عندما تكون الإشارة واضحة ومستمرة وخاصةً عند متابعتنا لعاكسي الكامشوكا والأمانوس–رمل وخصوصًا عبر خطوط مسح (QM و QMS و QMW). وواجهنا مشكلةً أيضًا عند وجود تغير في سماكة الطبقات وأحيانًا اختفائها في منطقة الدراسة، مما سبب وجود صعوبة في متابعة العواكس السيزمية وخاصة عاكس الكوروشينا أنهيدريت، لذا تمت الاستفادة من خاصية سمة العواكس وعملية الدوران (looping) من أجل إتمام أعمال المتابعة السيزمية للعواكس، وخصوصًا عبر خطوط المسح (CH وSHE).




**الشكل 4. مقطع سيزمي مفسر يمر من بئري تركيب الفرقلس**




**الشكل 5. مقطع سيزمي مفسر يمر من بئري حقل الفرقلس وبئرين من حقل شمال الفيض**

إن هدفنا الأساسي من عملية الدوران هو التدقيق والتأكد من المتابعة الصحيحة للعواكس. فعندما تكون متابعة العاكس صحيحة، فيكون هنالك تطابق في الأعماق الزمنية للعواكس بين نقطتي البداية والنهاية لعملية الدوران. وفي حال عدم حصول تطابق، فهذا مؤشر على حدوث خطأ أثناء أعمال المتابعة. وفي بعض الحالات عند متابعة العواكس، لاحظنا تكرر وجود خطأين في المتابعة يلغيان بعضهما، وبالتالي الحصول على عملية دوران صحيحة، وتم تصحيح الخطأ بالرجوع إلى النقاط المشكوك فيها وعمل تدقيق عليها من جديد. وبالتالي، فإن عملية الدوران لوحدها كانت غير كافية في متابعة العواكس وإعطاء نتائج صحيحة، لذلك تمت الاستفادة من سمة العواكس أثناء المتابعة السيزمية للعواكس وتدقيقها، بالإضافة إلى عملية الدوران.

وجدير بالذكر أنه من خلال أعمال التفسير في منطقة الدراسة، كان لعملية الدوران ضرورة ماسة، كونه لا توجد مجموعة كبيرة من الآبار، حيث يتوفر لدينا في منطقة الدراسة أربعة آبار هي: فرقلس–1 وفرقلس–2 وشمال الفيض–3 وشمال الفيض–5. وانطلقنا بمتابعة العواكس من الخطوط المارة من الآبار. ومن خلال عملية الدوران، تم الانتقال إلى باقي خطوط المسح والتي لا تمر منها الآبار. وهنا لا بد من التأكيد على أنه عند اختيارنا لسطح عاكس قوي الإشارة وذي تباين في قيم السرعة بشكل جيد وكبير، فإن هذا العاكس سوف يغلب على باقي السطوح العاكسة التي فوقه وتحته. ورغم ذلك، فإن شكل العاكس والسمة الخاصة به سوف تتأثر بالسطوح العاكسة الأخرى التي تؤثر على طاقة الانعكاس للسطح العاكس القوي، لذلك فإن العاكس سوف يحافظ على السمة المميزة له فقط إذا بقيت السطوح الأخرى محافظة على التباعد فيما بينها وعلى قيم تباين السرع أيضًا، وهذا ما لاحظناه عند متابعة العاكس التابع لطبقة الكامشوكا، (الشكلان 4 و5).

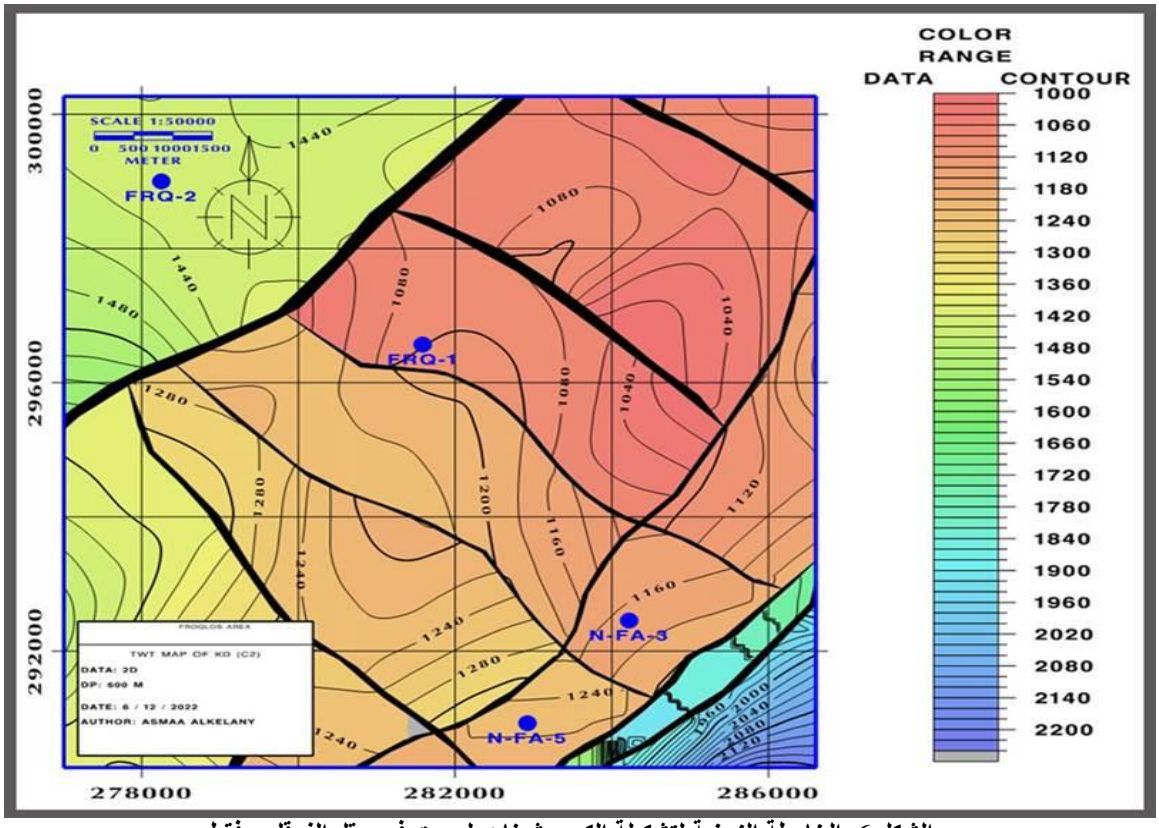
وجدير بالذكر أن تغير سمة العواكس وتعقيداتها تعود إلى تغيرات في التشكيلات الجيولوجية، الأمر الذي بدوره أثر على وضوحها واستمراريتها في بعض أجزاء منطقة الدراسة، كما هو الحال في عاكس الكوروشينا دولوميت. ومن الفوائد التي حصلنا عليها أيضًا أثناء قيامنا بأعمال التفسير هي متابعة عاكس الدليل الأمانوس–رمل، وهو عاكس موازٍ للعاكس الهدف (كوروشينا دولوميت) من أجل الاسترشاد به والحصول على معلومات بنيوية عن الطبقة الحاملة للهيدروكربون (KD)، كون عاكس الأمانوس– رمل له شكل وتعقيد جيولوجي مشابه تمامًا لجيولوجية عاكس الكوروشينا دولوميت.

نلاحظ أن (الشكل 4) يمثل مقطعًا سيزميًا مارًا من البئرين فرقلس–1 وفرقلس–2، قاطعًا التركيب المدروس من القمة الفالقية الموجبة في الاتجاه شمال شرق إلى القمة الفالقية السالبة في الاتجاه شمال غرب. ومن خلال تفسير الخطوط، لاحظنا أنه تتوفر في المنطقة شبكة فوالق، منها العادي والعكسي، وذات رميات كبيرة وخاصةً بين بئري الفرقلس 1 و2 (الشكل 4)، وذات رميات متوسطة بين بئر الفرقلس–1 وشمال الفيض 3 و5 (الشكل 5). يُظهر الشكل 5 مقطعًا سيزميًا مارًا من الآبار: فرقلس–1 وشمال الفيض–5 وشمال الفيض–3 وفرقلس–2، قاطعًا التركيب المدروس من القمة الفالقية الموجبة في الاتجاه شمال شرق إلى القمتين الفالقيتين الواقعتين على الأطراف الشرقية للتركيب، ومارًا بعدها إلى القمة الفالقية السالبة في الاتجاه شمال غرب.

**إنجاز الخريطة الزمنية لعاكس الكوروشينا دولوميت:**

بعد الانتهاء من عملية التفسير السيزمي، وضعنا الخريطة الزمنية للعاكس الهدف KD بحسب معطياتنا (الشكل 6)، حيث تعتبر الخريطة الزمنية ثمرة تفسير ومتابعة العواكس عبر المسوحات السيزمية، ويعدّ عمل الخريطة الزمنية الجزء الأهم من أعمال التفسيرات السيزمية، حيث تظهر العواكس على المقاطع السيزمية بشكل خريطة زمنية، والتي بدورها تتحول لخريطة عمقية. تم وضع الخريطة الزمنية لعاكس الكوروشينا دولوميت في منطقة الدراسة باستخدام برنامج (CPS3–VIZ and Mapping)، الذي يتطلب كخطوة أولى تحميل خريطة المواقع وحدود منطقة الدراسة، ومواقع الآبار، ونقل المعطيات المفسرة (Grid وFault Boundary) لعاكس الهدف كوروشينا دولوميت C2 من برنامج Geo–Frame– Imain– Charisma، وتتم معالجة الـ (Grid و Fault Boundary) لتحويلها إلى surface لنتمكن بعدها من الحصول على خريطة ذات خطوط متساوية الزمن (contours)، (الشكل 6). من خلال دراسة خريطة الـ TWT

تبين لدينا أن أبعاد تركيب الفرقلس (8 ×8) كم، وتراوحت القيم الزمنية للخريطة (من 1000 إلى 1400 ميللي ثانية). واتضح لدينا أن تركيب الفرقلس عبارة عن مجموعة من البلوكات الفالقية الرئيسية البالغ عددها 6، والمفصولة عن بعضها البعض بشبكة من الفوالق الإقليمية ذات الاتجاه: شمال شرق– جنوب غرب، وأخرى رئيسية ذات اتجاه: شمال غرب– جنوب شرق، بالإضافة إلى الفوالق الثانوية ذات الاتجاه: شمال غرب– جنوب شرق. ومن خلال تدقيق ودراسة الخريطة الزمنية تبين لدينا أن بئر الفرقلس–1 محفور ضمن قمة بلوكة فالقية متطاولة الشكل باتجاه شمال غرب– جنوب شرق، ذات أبعاد (2 ×4) كم، وسعة إغلاق (40) ميللي ثانية، أما بئر الفرقلس–2 فهو واقع ضمن منخفض تركيبي مفصول عن بئر الفرقلس–1 بفالق إقليمي رئيسي ذي اتجاه: شمال شرق– جنوب غرب. ولاحظنا أيضًا أن البئرين شمال الفيض 3 و5 يقعان ضمن بلوكتين فالقيتين ذواتا أبعاد (1.5 × 1.5) كم، وذواتا سعة زمنية (20) ميللي ثانية، وتابعتين للجانب الشرقي لتركيب الفرقلس، أما الجانب الشمالي من منطقة الدراسة فهو عبارة عن بلوكة فالقية مناظرة للبلوكة الفالقية الواقع ضمنها الفرقلس–1 وذات شكل متطاول باتجاه: شمال غرب– جنوب شرق، ذو أبعاد ( 3.5 × 4) كم، وذو سعة زمنية: (30) ميللي ثانية، مفصول عن باقي البلوكات بفالقين رئيسيين ذوا اتجاه: شمال شرق– جنوب غرب، وأخرين ثانويين: ذوا اتجاه: شمال غرب– جنوب شرق، أما عن الطرف الجنوبي لتركيب الفرقلس؛ فهو عبارة عن بلوكتين فالقيتين متطاولتي الشكل، ذواتا أبعاد: (4 × 2) كم، وسعتهما الزمنية (35) ميللي ثانية، مفصولتين عن باقي البلوكات بفالقين إقليميين ذوي اتجاه: شمال شرق– جنوب غرب، وفوالق ثانوية ذات اتجاه: شمال غرب– جنوب شرق، كما هو مبين في (الشكل 6).




**الشكل 6. الخارطة الزمنية لتشكيلة الكوروشينا دولوميت في حقل الفرقلس فقط**

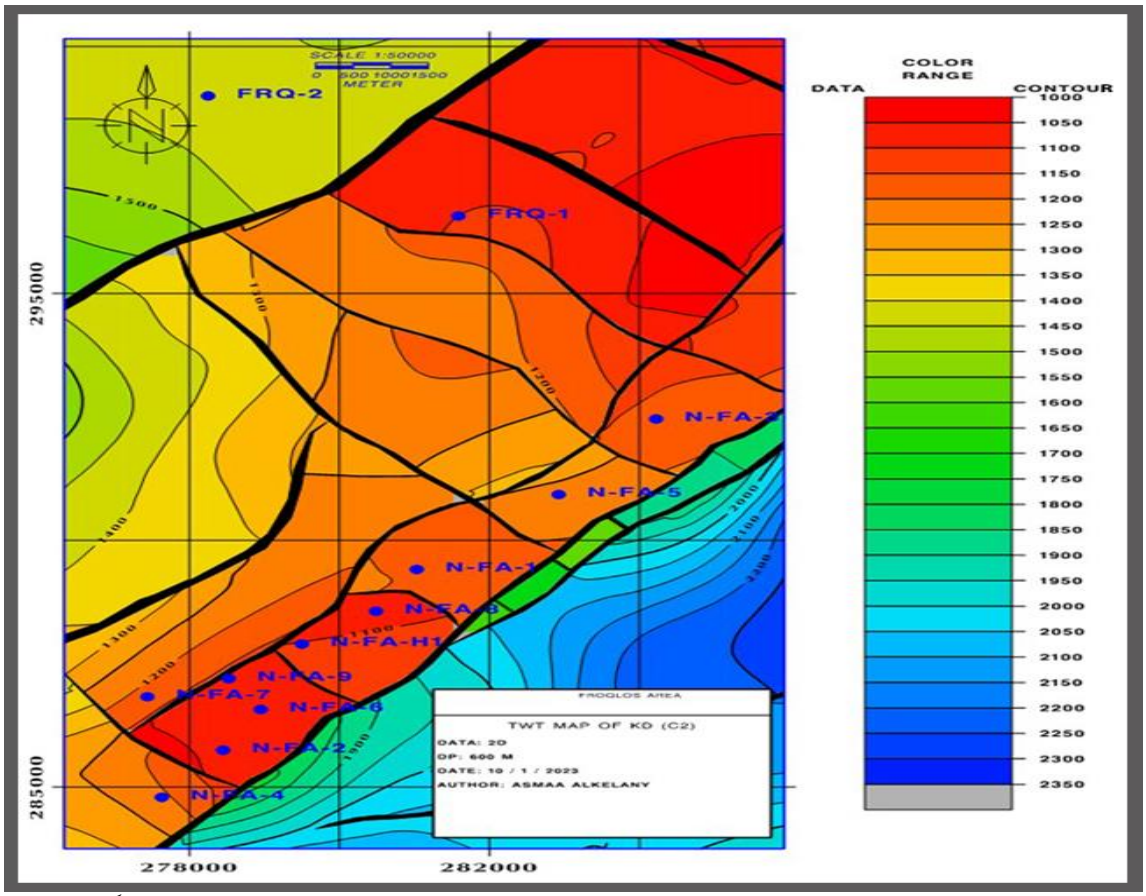
ولتوضيح الوضع الجيولوجي لمنطقة الدراسة مع الحقول المجاورة، وبالتحديد حقل شمال الفيض، قمنا بتوسيع منطقة الدراسة لتشمل حقل شمال الفيض. وبنفس الخطوات السابقة، تم إنشاء خريطة زمنية تشمل منطقة الدراسة (حقل الفرقلس، وحقل شمال الفيض)، كما في (الشكل 7). من خلال دراسة وتفسير الخريطة الزمنية السابقة، تبين لنا أن تركيب الفرقلس مفصول عن تركيب شمال الفيض بفالق رئيسي ذي

اتجاه: شمال غرب– جنوب شرق، وأن بئري شمال الفيض 3 و5 تابعان جيولوجيًا للطرف الشرقي لتركيب الفرقلس، ومفصولان عن باقي آبار شمال الفيض بهذا الفالق الجيولوجي الإقليمي الرئيسي في المنطقة المدروسة.

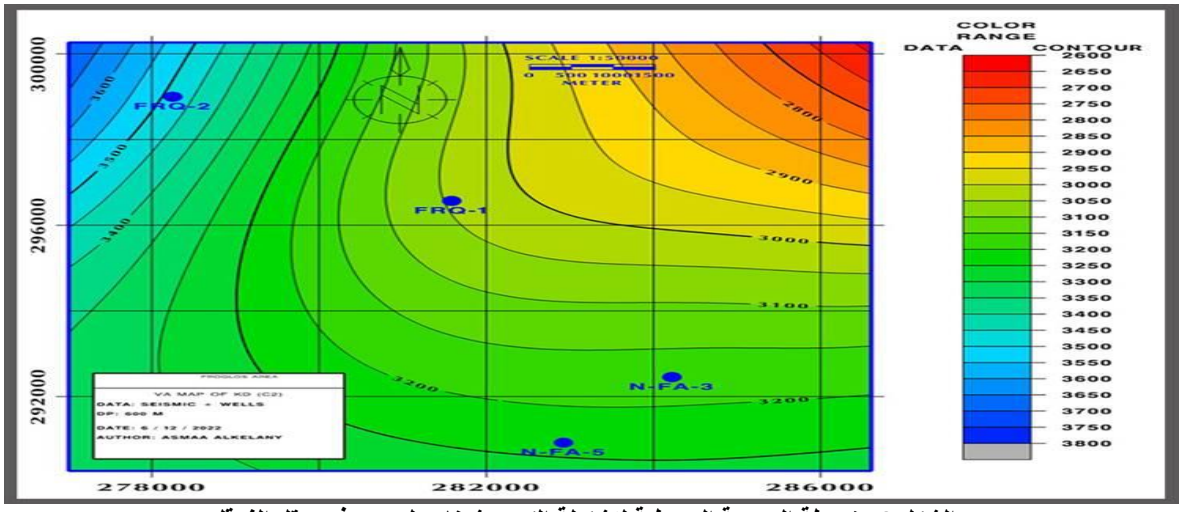
**إنجاز خريطة السرعة الوسطية لتشكيلة الكوروشينا دولوميت في حقل الفرقلس:**

هناك مجموعة من الطرق للحصول على خريطة السرعة الوسطية، وأفضلها هي الطريقة التي تعتمد على المعطيات السيزمية المفسرة مع قيم معطيات الآبار. وهذا ما قمنا به في منطقة الدراسة، حيث تم الاعتماد على بيانات الخريطة الزمنية مع قيم عمق تشكيلة الكوروشينا دولوميت التي تم تحميلها سابقًا ضمن الآبار المتوفرة في منطقة الدراسة (فرقلس 1 و2، شمال الفيض 3 و5)، مع التنويه إلى أنه كلما زاد عدد الآبار المتوفرة في المنطقة المدروسة، كلما زادت مصداقية ودقة خريطة السرع، وذلك لأن معطيات الآبار تكون أكثر ملامسة لطبقات الأرض، ومعبرة عن تباين السرع وتغيراتها في التشكيلات الجيولوجية.

وبعد الانتهاء من إنجاز الخريطة الزمنية وتفسيرها، بدأنا بالمرحلة الانتقالية التي سوف تنقلنا من خريطة الزمن إلى خريطة العمق، حيث كانت الخطوة الأولى الاستفادة من البيانات المفسرة من خرائط الزمن عند مواقع الآبار، وكذلك القيم العمقية للتشكيلة الهدف (الكوروشينا دولوميت C2)، والحصول على معامل السرع عند كل بئر باستخدام المعادلات الرياضية الموجودة ضمن برنامج الـ CPS3– VIZ and Mapping. أما الخطوة الثانية فكانت للحصول على قيم السرعة الوسطية لمنطقة الدراسة، من خلال مجموعة من المعادلات الرياضية. ولاحقاً، قمنا بتحويل هذه القيم الرقمية إلى surface، وبعد ذلك أنشأنا خريطة تساوي مناسيب لقيم السرعة الوسطية كما في (الشكل 8).




**الشكل 7. خريطة زمنية لتشكيلة الكوروشينا دولوميت في حقلي الفرقلس وشمال الفيض معاً**



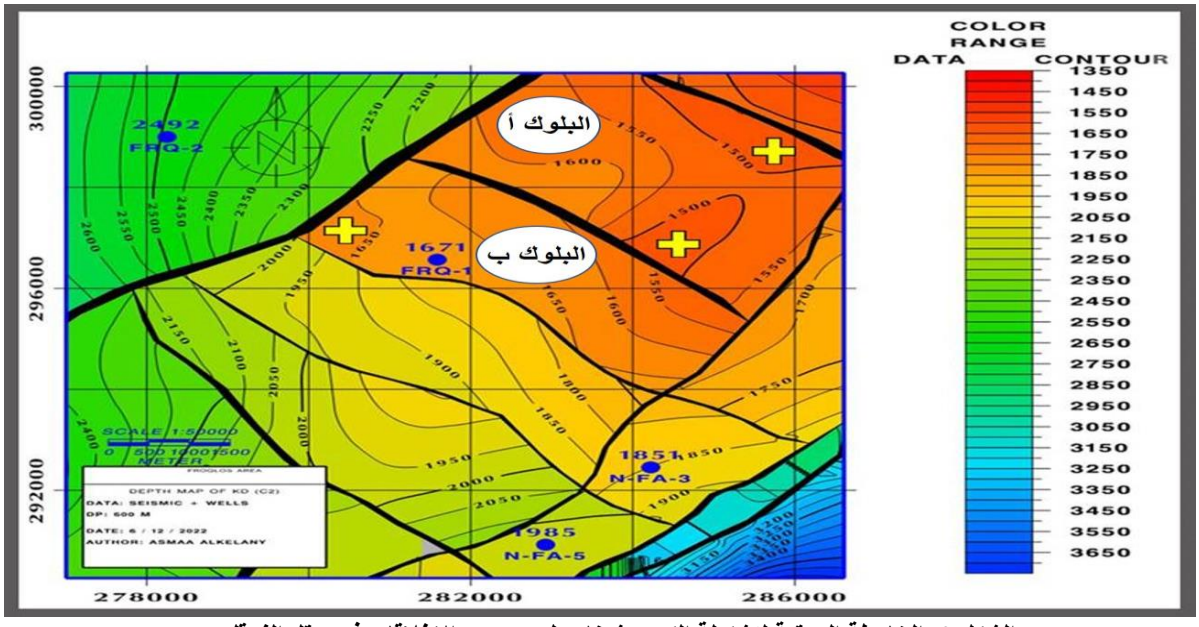

**الشكل 8. خريطة السرعة الوسطية لتشكيلة الكوروشينا دولوميت في حقل الفرقلس**

وجدنا من خلال دراسة خريطة السرعة الوسطية لعاكس الكوروشينا دولوميت C2 أن قيم السرعة تراوحت ما بين (2900 إلى 3800) م/ثا، وكدقة علمية؛ تعتبر مقبولة جدًا، كونه يتوفر في المنطقة أربع آبار. وكما ذكرنا سابقًا، كلما زاد عدد الآبار في منطقة الدراسة كلما زادت دقة الخريطة.

**إنجاز الخريطة العمقية لتشكيلة الكوروشينا دولوميت C2 في حقل الفرقلس:**

بالاعتماد على خريطة السرعة الوسطية وخريطة الزمن اللتين تم إنشاؤهما؛ انتقلنا إلى بناء الخريطة العمقية للـ KD (باستخدام برنامج CPS3) (الشكل 9)، وحددنا عليها بالإشارة (+) مواقع آبار جديدة مقترحة للحفر.

من خلال دراستنا للخريطة العمقية لعاكس الكوروشينا دولوميت في الحقل المدروس؛ تبين لنا تراوح القيم العمقية ما بين (1350 – 3150) م، وأن التركيب مقسم إلى أربعة مناحٍ تركيبية؛ إلى الشرق منحيين منخفضين، ويقع ضمن أحدهما بئران هما: شمال الفيض–3 و5، ومنحى فالقي منخفض تركيبيًا يقع إلى الغرب، ويقع ضمنه بئر الفرقلس–2. أما المنحى الفالقي الرابع فيقع في المنتصف، وهو عبارة عن منحى فالقي تركيبي مرتفع، مقسم إلى أربع بلوكات، ويقع بئر الفرقلس–1 في البلوك ب. وتم تعيين آبار جديدة ضمن البلوكين أ و ب.




**الشكل 9. الخارطة العمقية لتشكيلة الكوروشينا دولوميت مع الإغلاقات في حقل الفرقلس**

**المناقشة:**

عبر دراستنا وتفسيرنا للمقطع الليتو– جيولوجي في منطقة الدراسة؛ تبين لنا التوزع المنتظم لتشكيلة الجوديا، الحيان، الرطبة، الكامشوكا، البطمة، الكوروشينا دولوميت، وكان الاختلاف الوحيد في سماكة تشكيلة الكوروشينا أنهيدريت. أما بالنسبة للارتفاعات التركيبية؛ فقد تباينت الارتفاعات بشكل قليل، وكان التباين الأبرز والواضح في تشكيلة الكوروشينا دولوميت، حيث كانت الأعلى في بئر الفرقلس–1.

ومن خلال دراسة وتفسير المقاطع السيزمية والخرائط الزمنية والعمقية لحقل الفرقلس؛ تبين لنا أن منطقة الدراسة مضروبة بفوالق رئيسية إقليمية ذات اتجاه شمال شرق– جنوب غرب، من النوعين العكسي والعادي، كما أن المنطقة تأثرت بفوالق ثانوية ذات اتجاه شمال غرب– جنوب شرق، من النوع العادي، حيث أن الفوالق الإقليمية مع الثانوية التي ضربت المنطقة أدت إلى تقسيمها إلى مناحٍ وبلوكات فالقية مرتفعة ومنخفضة تركيبيًا. حيث أن وقوع بئر الفرقلس–1 ضمن مرتفع تركيبي فالقي؛ جعله بئرًا إيجابيًا، أما البئر فرقلس–2 فهو سلبي، بسبب وقوعه في منخفض تركيبي ضمن حقل الفرقلس.

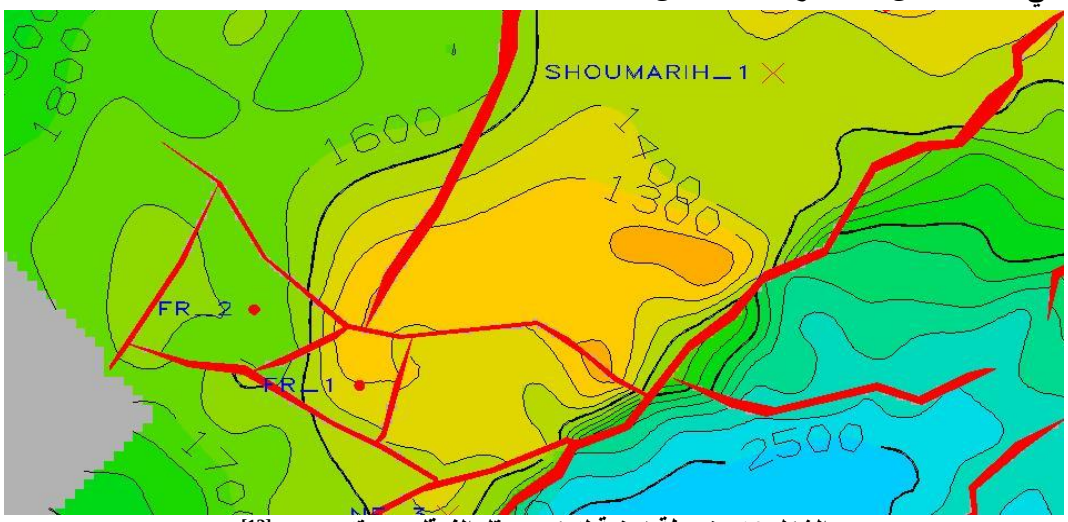
وقد تم تعيين حدود تركيب الفرقلس من خلال تفسير المقاطع السيزمية والخرائط الزمنية والعمقية التي قمنا بإنشائها لتشكيلة الكوروشينا دولوميت في منطقة الدراسة؛ ووجدنا أن البئرين شمال الفيض 3 و5 يتبعان جيولوجيًا لتركيب الفرقلس ويقعان ضمن المنحى الشرقي المنخفض تركيبيًا والمشار إليه سابقًا، نتيجة وجود فالق رئيسي يفصلهما عن بقية آبار شمال الفيض.

وقد تم تنفيذ عدة دراسات في حقل الفرقلس [12، 13]. وبمقارنة نتائج دراستنا مع نتائج هذه الدراسات السابقة وجدنا نقاط تشابه واختلاف.

بالنسبة لنقاط التشابه فكانت؛ أولاً: توافق في المنحى العام لاتجاه الفوالق الرئيسية (شمال شرق– جنوب غرب) والفوالق الثانوية (شمال غرب– جنوب شرق) بين دراستنا والدراسات السابقة؛ ثانياً: حقل الفرقلس هو عبارة عن بلوكات فالقية؛ ثالثاً: عدد المناحي الفالقية (الشرقي والغربي) المنخفضة هو (2) في كل من دراستنا والدراسات السابقة.

أما أوجه الاختلاف بين دراستنا والدراسات السابقة فنصنفها كما الآتي؛ بمقارنة نتائجنا مع نتائج دراسة سابقة (الشكل 10)، تبين أن عدد البلوكات في تركيب الفرقلس (3) بلوكات [12]، بينما كان في دراستنا (6) بلوكات، كما وأن المنحى الفالقي المرتفع بحسب الدراسة السابقة الأولى كان مقسمًا إلى بلوكتين فالقيتين [12]، بينما تبين في دراستنا أن هذا المنحى مقسم إلى أربع بلوكات فالقية مرتفعة. أما لدى مقارنة نتائجنا مع نتائج دراسة سابقة أخرى (الشكل 11) [13]، تبين أن عدد البلوكات الفالقية المرتفعة هي (6) بلوكات [13]، بينما في دراستنا وجدنا أن عدد البلوكات (4) فقط (الشكل 6).

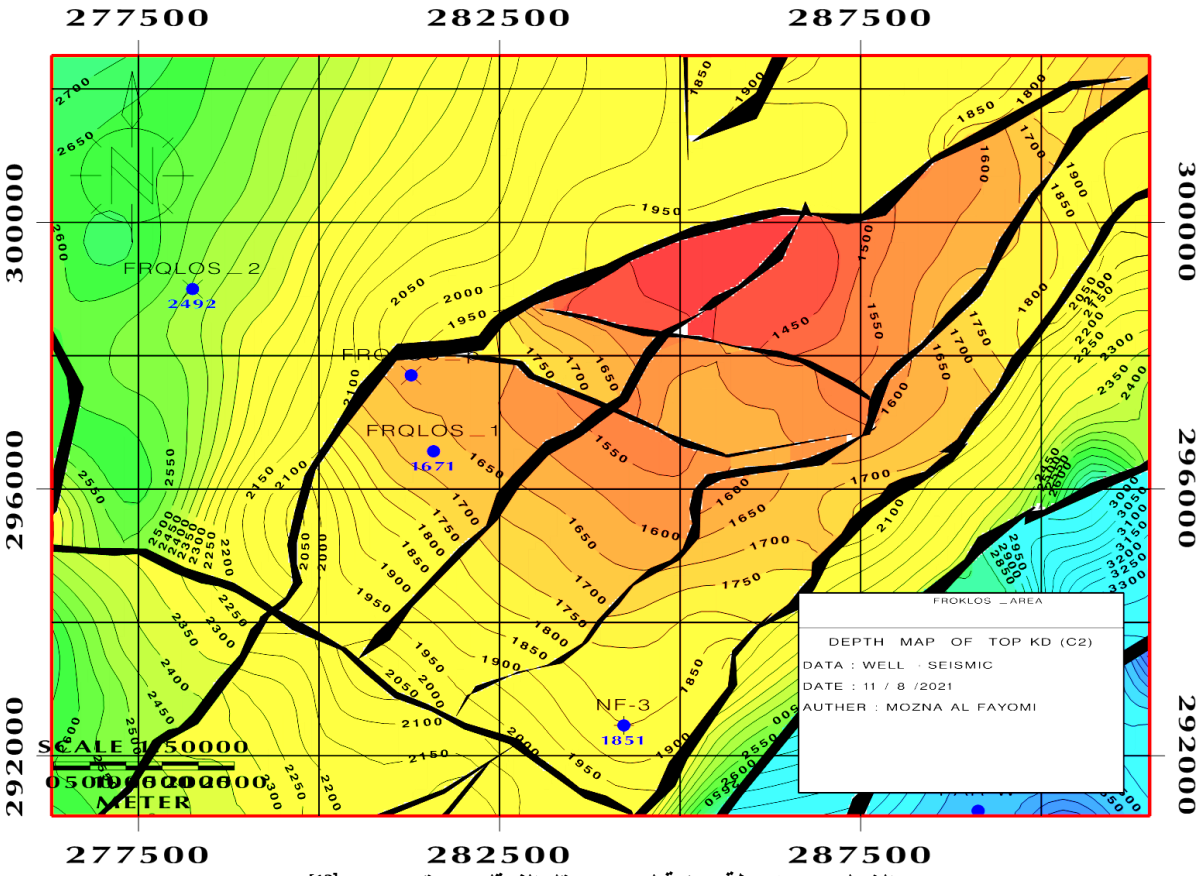
أما بالنسبة لتبعية آبار شمال الفيض 3 و5، ففي الدراسة الأخيرة السابقة [13] فتم اعتبار بئر شمال الفيض–3 تابعًا جيولوجيًا لتركيب الفرقلس، بينما في دراستنا وجدنا أن بئري شمال الفيض 3 و5 تابعين جيولوجيًا للأطراف الشرقية لتركيب الفرقلس.




**الشكل 10. خريطة زمنية لتركيب حقل الفرقلس، مقتبس من [12]**

**الاستنتاجات والتوصيات:**

إن حقل الفرقلس ذو أهمية هيدروكربونية (نفطية وغازية) ويستحق الدراسة، حيث أن بئر الفرقلس–3 قيد الحفر حاليًا، ووصل إلى تشكيلة الكوروشينا أنهيدريت محققًا ارتفاعًا تركيبيًا عن بئر الفرقلس–1. وفي حال استمرار هذا الارتفاع التركيبي؛ فمن المتوقع زيادة السماكة الحاملة للغاز في نطاق الـ C2 لطبقة الكوروشينا دولوميت. وعلى ضوء نتائج بئر الفرقلس–3؛ بالتكامل مع نتائج تفسيرنا ودراستنا لهذا الحقل؛ نوصي بالاستفادة من مواقع الآبار الجديدة التي قمنا بتحديدها في بحثنا. وبما أن كثافة خطوط المسح المغطية لمنطقة الدراسة قليلة؛ نوصي بالعمل على تكثيف شبكة خطوط المسح السيزمي ضمن تركيب الفرقلس من أجل تأكيد وتدقيق الوضع الجيولوجي التركيبي للحقل المدروس، بالإضافة إلى تعميم فكرة وضع النماذج الليتو–جيولوجية بالتكامل مع التفسيرات السيزمية في أي دراسة قادمة لحوض الدو.




الشكل 11. خريطة زمنية لتركيب حقل الفرقلس، مقتبس من [13]

**intracontinental Palmyride fold-thrust belt, Syria, (1990).**

5 **Ponikarov (1958 - 1964) - Geological Explanation Note - Palmyra Area - Al-Qaryatayn, Moscow.**

6 **Techno-Export company (1974) - Geological reports of Syrian geology.**

7 **Al-Bazrah E, Zaza T. (2002) - Exploration and its development prospects in the Syrian Arab region - Statistical research presented to the Syrian Oil and Gas Symposium - Syrian Oil Company - Exploration Directorate.**

## REFRENCE

1 **The Syrian Oil Company (2008-2009) final reports of the Furqulus-1 and Furqulus-2 exploration wells.**

2 **The Syrian Oil Company (2021) - justifying memorandum for the Furqlus field.**

3 **Syrian Oil Company - Exploration Directorate - Field Geology Department (2021-2022) Drilling and Geology Telegrams.**

4 **Barazangi M, Chaimov T, Alsaad D, Sawaf T, and Gebran A. Mesozoic and Cenozoic deformation inferred from seismic stratigraphy in the southwestern**

8 **The General Organization for Geology and Mineral Resources - Laboratory Department (2008-2009) - Description of clastic samples in drilled wells.**

9 **Syrian Petroleum Company: Seismic survey work in the Al-Daw basin - an unpublished study, Damascus, Syria, (2007).**

10 **Schlumberger– Q- Borehole Survey Report (field: Froqlos, well: Froqlos-1) (2008).**

11 **Schlumberger - Q- Borehole Survey Report (field: Froqlos, well: Froqlos-2) (2008).**

12 **The Syrian Oil Company - Directorate of Exploration - Department of Interpretations (2018) - The amended annual report of the Dou Basin - An interpretive study of most of the Dou Basin fields - Furqlus field.**

13 **The Syrian Oil Company - Directorate of Exploration - Department of Interpretations (2021) - An integrated interpretive study of the Furqlus field.**


**Fund:** No funding is allocated for this work.

**Author contributions:** All authors participated in all manuscript sections.

**Competing interests:** The Authors declare that they have no competing interests.

**Data and materials availability:** All data are available in the main text.