



## البيئة الترسيبية والظواهر التكتونية في تكوين كوميتان، شمال شرقي العراق

قتيبة سعيد الخطابي<sup>1\*</sup> ID، صفوان فتحي اللهبي<sup>2</sup> ID، صدام عيسى الخاتوني<sup>3</sup> ID

<sup>1,2,3</sup> قسم علوم الأرض، كلية العلوم، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

معلومات الارشفة	الملخص
تاريخ الاستلام: 30- يونيو -2024	تمت دراسة تكوين كوميتان في مقطع سطحي في منطقة دوكان شمال شرقي العراق. ويبلغ سمك المقطع 70 متراً، ويتميز بسيادة الصخور الجيرية فيه ذات اللون الرمادي والأبيض، فضلاً عن وجود الستايلولايت بشكل كبير في معظم المقطع، مع وجود عقد الصوان ضمن طبقات تتابع التكوين، وطبقة من المارل في جزئه السفلي. أظهرت دراسة السحنات الدقيقة لصخور التكوين أنها تتألف بشكل رئيس من سحنتين دقيقتين رئيسيتين هما: سحنة الحجر الجيري الواكي وسحنة الحجر الجيري المرصوص، واللذان قسمتا الى تسع سحنات دقيقة ثانوية اعتماداً على مكوناتها الحبيبية. أذ تتألف تلك السحنات الدقيقة من مجموعة متنوعة من الحبيبات الهيكلية، كالفورومنيفيرا الطافية والقاعية والكرات الكلسية والراديوالاريا والفتاتات الحياتية متمثلة بفتات الفورومنيفيرا وقطع من اصداف المحاريات بالإضافة الى فتات الاوستراكودا. تأثرت صخور التكوين بالعديد من العمليات التحويرية كالانضغاط والسمنتة وإعادة التبلور والسلكتة والدلمنة والاذابة، فضلاً عن المعادن موضعية النشأة كالبيرايت والكلوكونايت. تشير الدلائل الرسوبية والحياتية المختلفة الى ان التكوين ترسب ضمن بيئة عميقة ممتدة من نطاق البحر العميق الى مقدمة المنحدر، والتي تقابل أنطقه الباثيال. حددت الدراسة وجود ظواهر تكتونية متمثلة بوجود القواطع النبتونية وتراكيب الستايلولايت، ان تأثر صخور التكوين بعمليات الاجهاد التكتوني كانت السبب وراء تكون القواطع النبتونية. وقد تبين من خلال استخدام متحجرات النانو ان الرواسب التي ملأت هذه القواطع كانت أحدث نسبياً من عمر تكوين كوميتان.
تاريخ المراجعة: 22- يوليو -2024	
تاريخ القبول: 26- اغسطس -2024	
تاريخ النشر الالكتروني: 01- يوليو -2025	
الكلمات المفتاحية:	
تكوين كوميتان	
الستايلولايت	
دوكان	
العراق	
المراسلة:	
الاسم: قتيبة سعيد الخطابي	
Email: <a href="mailto:mr.qutaiba18@gmail.com">mr.qutaiba18@gmail.com</a>	

DOI: [10.33899/earth.2024.151374.1312](https://doi.org/10.33899/earth.2024.151374.1312), ©Authors, 2025, College of Science, University of Mosul.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

# Depositional Environment and Tectonic Phenomena in the Kometan Formation, Northeastern Iraq

Qutaiba S. Al-Khatibi <sup>1\*</sup> , Safwan F. Al-Lhaebi <sup>2</sup> , Saddam E. Al-khatony <sup>3</sup> 

<sup>1,2,3</sup> Department of Geology, College of Science, University of Mosul, Mosul, Iraq.

## Article information

**Received:** 30- June -2024

**Revised:** 22- Jul -2024

**Accepted:** 26- Aug -2024

**Available online:** 01- Jul – 2025

### Keywords:

Kometan Formation

Stylolite

Dokan

Iraq

### Correspondence:

**Name:** Qutaiba S. Al-Khatibi

**Email:** [mr.qutaiba18@gmail.com](mailto:mr.qutaiba18@gmail.com)

## ABSTRACT

Kometan Formation is studied in a surface section in Dokan region, northeastern Iraq. It attains 70 m thick and its rocks are characterized by the predominance of gray-white limestone and stylolites in most of the section with the presence of chert nodules within the layers of the formation succession, and thin layer of marl in the lower part of the formation. Microfacies study of the rocks reveals that they are mostly composed of two main microfacies: lime wackestone microfacies and lime packstone microfacies which are subdivided into nine submicrofacies according to their grain's component. The different microfacies consist of a variety of skeletal grains, such as planktonic and benthic Foraminifera, Calcspheres and Radiolaria. Bioclasts are represented by Foraminifera bioclast and Pelecypoda shells. In addition, the rock succession affected by many diagenetic processes such as compaction, cementation, recrystallization, silicification, dolomitization and dissolution, authigenic minerals such as pyrite and glauconite. Sedimentological and biological evidences indicate that the formation was deposited within a deep environment extending from the deep sea to the toe of the slope, which corresponds to all bathyal zones. The study identifies the presence of tectonic features like Neptunian Dykes and Stylolite structures, which are probably formed by tectonic tension processes. Nannofossils suggests that sediment filled Neptunian dykes are relatively younger in age than Kometan Formation.

DOI: [10.3389/earth.2024.151374.1312](https://doi.org/10.3389/earth.2024.151374.1312), ©Authors, 2025, College of Science, University of Mosul.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

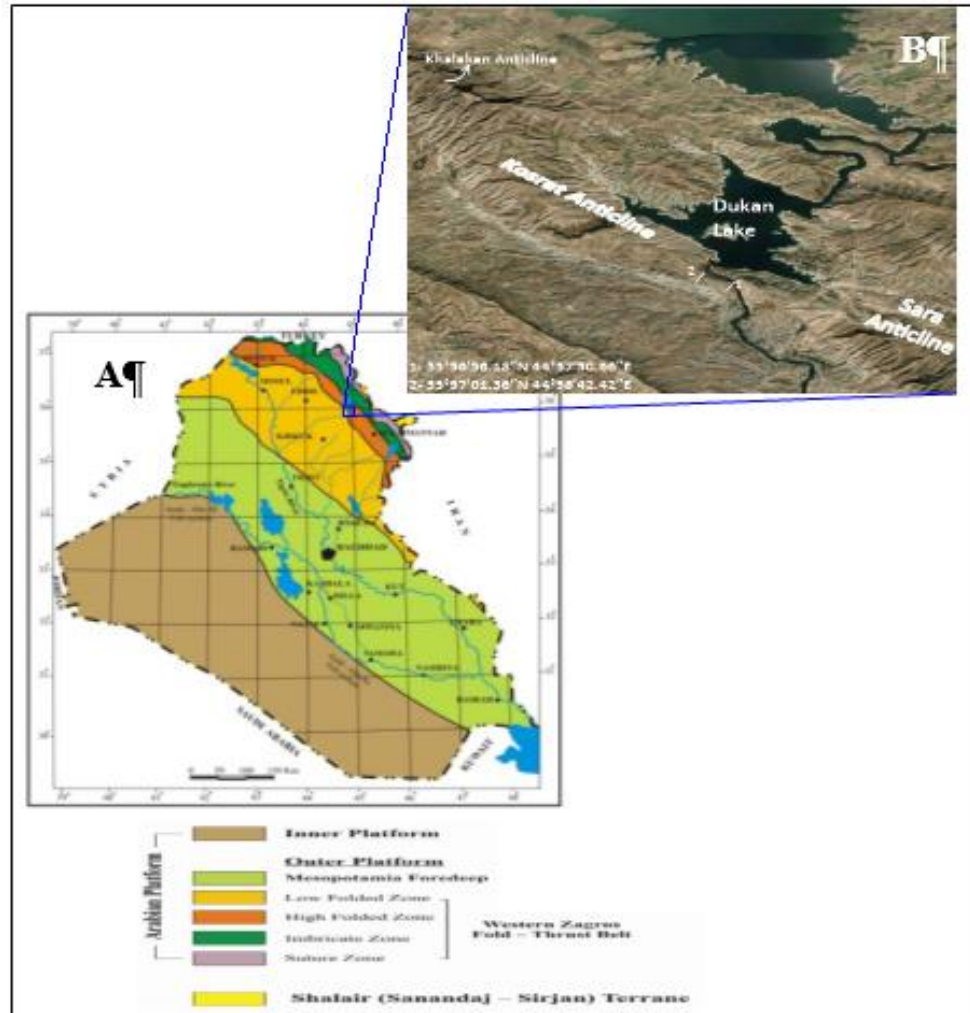
## المقدمة

وصف تكوين كوميتان لأول مرة من قبل (Dunnington, 1953; in Bellen *et al.*, 1959) في المقطع النموذجي في قرية كوميتان في عين دزه شمال مدينة رانبا في شمال شرقي العراق. يتألف تكوين كوميتان من الحجر الجيري المتداخل مع الحجر الجيري المارلي والحجر الجيري السحيلي. يحد التكوين من الأسفل تكوين كولنيري ومن الأعلى تكوين شيرانش ويكون سطح التماس السفلي والعلوي في وضعية عدم توافقية في منطقة الدراسة. تم تمثيل حدود التماس السفلية والعلوية لتكوين كوميتان بالحجر الجيري الحاوي على الكلوكونايت (Bellen *et al.*, 1959). ذكر (Malak *et al.*, 2021) ان بيئة ترسيب تكوين كوميتان بالقرب من سد دوكان تمتد بين بيئة الرف الخارجي الى الباثيال العلوي بالاعتماد على الادلة الرسوبية والحياتية. في طبقة الكلوكونايت الفاصلة بين تكويني كوميتان وشيرانش توجد عقد من الحصى تكونت نتيجة العمليات التحويرية وليس عن طريق الترسيب (Taha and Karim, 2009). عزى (Al-Barzinjy, 2008) في دراسته لمقطع كوميتان في منطقة دوكان، ان وجود عقد الصوان مع عروق الستايولايت الى الدفن العميق وزيادة ضغط الرواسب في التكوين وليس الى الاجهاد التكتوني. يمكن أن تُعزى معظم أسطح التطبيق لتتابعات تكوين كوميتان إلى زيادة التدرية الناجمة عن التغيرات المفاجئة في مستوى سطح البحر أثناء عمليات الترسيب (Alhamdani, 2015). اما بالنسبة للتراكيب الجيولوجية الثانوية Secondary structures فلها اهمية تكتونية في تحديد نشاط الحركات التكتونية التي اثرت على المنطقة. تقسم التراكيب الثانوية الى تراكيب التشوه اللدن (Ductile deformation structures) ومنها (الطيّات الكبيرة والطيّات الثانوية) وتراكيب السحق

(Boudinage structures) وتراكيب التشوه الهش (Brittle failure structures) والتي تشمل الفوالق (faults) و الفواصل (joints) والعروق (veins) والسيتايلولايت (stylolites) (Davis et al., 2012). تهدف الدراسة الحالية الى التشخيص البتروغرافي لمكونات صخور كوميتان ودراسة اهم العمليات التحويرية التي اثرت عليها، والتحليل السحني الدقيق لصخور التكوين ومقارنة السحنات الدقيقة مع السحنات القياسية لاستنباط البيئة الترسيبية، اضافة الى دراسة تكتونية لأهم الظواهر الموجودة في مقطع الدراسة الحالي.

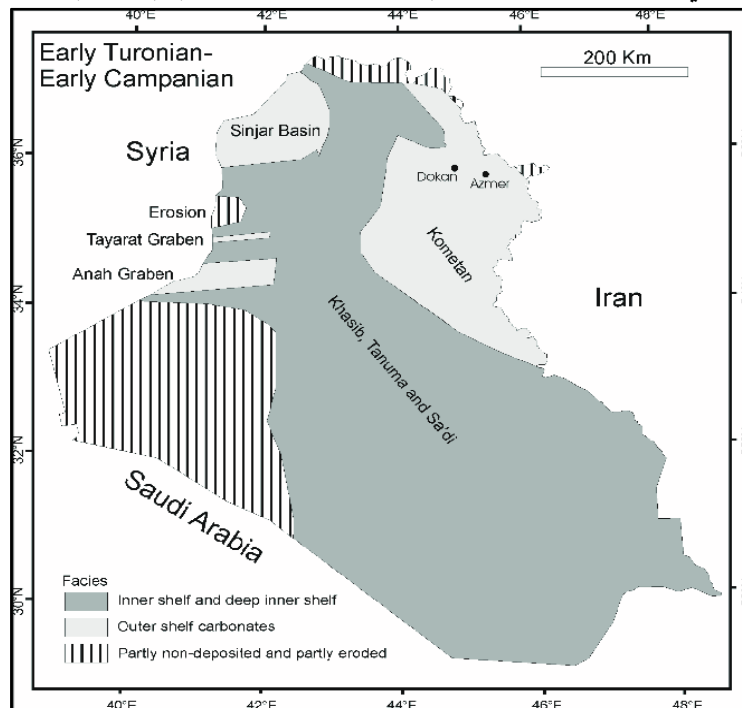
### جيولوجية منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في قضاء دوكان شمال غربي مدينة السليمانية بمحاذاة رافد الزاب الصغير، شمال شرقي العراق، على  $36.1'56''N$   $44^{\circ}57'30.7''E$ . ينكشف المقطع المختار للتكوين ضمن طية كوسرت المكدبة (Kosrat Anticline) على الجانب الغربي لبحيرة دوكان في منطقة الغاطس الجنوبي للطية، ويحدها من جهة الجنوب الشرقي طية سارة المكدبة (Sara Anticline) ومن الشمال الغربي طية خلكان المكدبة (Khalakan Anticline). تتميز طية كوسرت المكدبة انها ذات غطس مزدوج غير متماثل، وان الجناح الجنوبي الغربي لطية كوسرت أكثر انحداراً وأقصر من الجناح الشمالي الشرقي (Al-Kubaisi and Barno, 2015). تكتونيا، تقع منطقة الدراسة ضمن الرصيف غير المستقر (Unstable shelf) للعراق في نطاق الطيات العالية وفق التقسيم التكتوني للعراق (Fouad, 2015) ضمن نطاق الطيات العالية (High folded zone) والذي يتميز بطيات عالية وحادة ومقلوبة ذات اشكال واحجام مختلفة (شكل 1).



الشكل 1. A. خارطة تكتونية للعراق (Fouad, 2015)، B. مرئية فضائية محددا عليها مواقع الدراسة.

ان طبيعة الترسبات في المنطقة تحكمها بها الحوادث التكتونية من غوران وتسلك للأوفيولايت ومن ثم التصادم مع الطبقة الأوراسي على طول الحافة الشمالية والشمالية الشرقية للطبق العربي (Al-Sumaidaie et al., 2020). حيث انتهت الحركات التكتونية الدورة الترسبية الثانوية التي حدثت في اواسط الكريتاسي والتي اثرت على منطقة الرف غير المستقر بشكل واضح، وأدى ذلك الى احداث تغيرات في السمك والسحنات في ترسبات الدورة الترسبية الثانوية اللاحقة (التورونيان - الكمبانيان المبكر) والتي كانت طويلة نسبيا (Buday, 1980). ترسب تكوين كومتان في حوض فورلاند (foreland) اثناء عملية الغوران (subduction) في الكريتاسي - (Neo-Tethyan) تحديدا عمر السينومانيان المتأخر (Late Cenomanian) الى الكمبانيان المبكر (Early Campanian) (Numan, 2001). يعد تكوين كومتان جزءاً من التعاقب التكتوني الطبقي الضخم (AP9) إذ تمتد هذه الدورة من العصر الكريتاسي المتأخر الى الباليوسيني المبكر (Sharland et al., 2004). بعد الحركة التكتونية في التورونيان المبكر، أصبح حاجز قمجوقة (Qamchuqa ridge) اقل انكشافا وقل اتساعا (Jassim and Goff, 2006). تقدم نطاق ما يعرف اليوم بنطاق الطيات العالية خلال العصر الكريتاسي المتأخر، مما أدى هذا التقدم ببدء تموضع الاوفيولايت على طول الحافة الشمالية الشرقية للصفحة العربية، فتسبب هذا الحدث الى اعادة تنشيط الفوالق ورفع الحافة الشمالية الشرقية للصفحة العربية (Haq and Al-Qahtani, 2005). وخلال (التورونيان - الكمبانيان المبكر) في العراق حدث نشاط تكتوني اخر كان مرتبطا بغوران الفرع الجنوبي من بحر التيثس الجديد (Aqrabi et al., 2010) (شكل 2).



الشكل 2. الجغرافية القديمة لدورة التورونيان المتأخر - الكمبانيان المبكر (Jassim and Goff, 2006).

### طرائق العمل

اعتمدت الدراسة الحالية على طرائق تحليل عدة مكملة الواحدة للأخرى، والتي تمت على مقطع واحد منكشف لتكوين كومتان الواقع على طية كوسرت المحدبة شمال شرقي العراق. ومن أبرز هذه الطرائق: العمل الحقلي الذي تضمن وصف كافة الظواهر والمعالم التشخيصية، ومنها التركيز على وصف التطبيق واللون وطبيعة معدنية الصخور عن طريق تفاعل حامض (HCl) المخفف بنسبة 10% مع الصخور الكربوناتيّة وما عليها، من ظواهر كعقد الصوان وتمييز أسطح الستايولايت، بالإضافة الى كافة الظواهر النسيجية التي من الممكن رؤيتها، فضلاً عن رصد التغيرات الجانبية والعامودية للتعاقبات. تم اخذ (33) عينة صخرية من تتابعات صخور التكوين في مقطع دوكان في جميع اجزاء المقطع المنكشف. وتم عمل شرائح صخرية لتلك النماذج في مختبرات؟؟تحدد اين؟؟

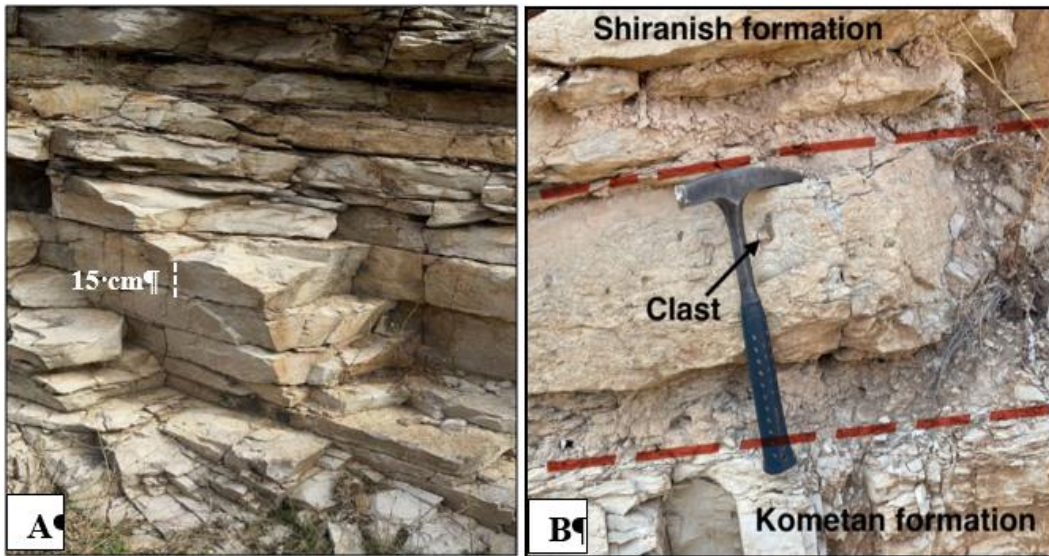
جمهورية إيران. ومن ثم استخدم المهجر المستقطب للتعرف على مكوناتها وتميز الانسجة الرسوبية ولمعرفة خصائصها السحنية والمعدنية ومدى تأثير العمليات التحويرية فيها. وتم فحص نسبة كاربونات الكالسيوم باستخدام تصنيف كل من (Cotillon and Rio, 1984; Sanchez-Hernandez and Florentin, 2014) لمعرفة تصنيف الصخور الكربوناتها، حيث ان نسبة كاربونات الكالسيوم تتراوح في الصخور الوحلية ما بين 0-10%، وتتراوح نسبتها في الصخور الوحلية الجيرية ما بين 10-30%، وتكون نسبتها في صخور المارل ما بين 30-60%، وتكون نسبة كاربونات الكالسيوم في صخور الحجر الجيري المارلي ما بين 60-80%، بينما تتراوح نسبتها في الحجر الجيري الى أكثر من 80%.

## النتائج

### الوصف الصخري

يقع المقطع في محافظة السليمانية شمال شرقي العراق، قضاء دوكان شمال غربي السليمانية بسمك (70) متراً بضمنها (10) أمتار مغطاة.

حقلها، يبدأ تكوين كوميتان عند نهاية تكوين قمجوقة ذي الصخور المتدلّمة الذي يتميز بلون بني فاتح وطبقات صلبة خالية من التراكيب الرسوبية، يليه تعاقب طبقات كوميتان بسمك (20 متراً) من الحجر الجيري. يتميز هذا التعاقب بعقد الصوان على أسطح الطبقات والستايولويات الموازي لمستوى سطح التطبيق. (10) أمتار من الحجر الجيري تكون ذات لون رمادي فاتح مع وجود عقد الصوان والستايولويات، تليها طبقات من الحجر الجيري بسمك (8) أمتار، حيث ظهرت عقد الصوان ضمن أسطح الستايولويات، يليها تعاقب بسمك (22 متراً) مكون من الحجر الجيري الغني بالستايولويات (شكل A-3). شخّصت الدراسة الحالية وجود قطع من الحصى (clast) والتي تكون اشكالها شبه كروية ذات حواف بارزة في طبقة الكلوكونايت الفاصلة بين تكويني كوميتان وشرانش. يعتبر الكلوكونايت معدناً طينياً ذا لون اخضر من مجموعة المايكا غنياً بالبوتاسيوم والحديد. يتشكل الكلوكونايت في البيئات الضحلة والعميقة ذات معدلات الترسيب المنخفضة (low sedimentation rates) ووفرة عالية من العناصر الغذائية (high nutrient) (Scholle and Ulmer-Scholle, 2003). يترافق الكلوكونايت مع رواسب التقدّمات البحرية (Amorosi, 1995, 1997). يوجد الكلوكونايت عند الحد الفاصل بين تكويني شرانش وكوميتان بسمك 20 سم على شكل طبقة من حبيبات خضراء الى داكنة اللون بينها قطع فتاتية بحجم يتراوح ما بين 1-5 سم (شكل B-3).



الشكل 3. A. الستايولويات في تكوين كوميتان. B. طبقة الكلوكونايت في الجزء العلوي لتكوين كوميتان تحوي داخلها قطعاً صخرية.

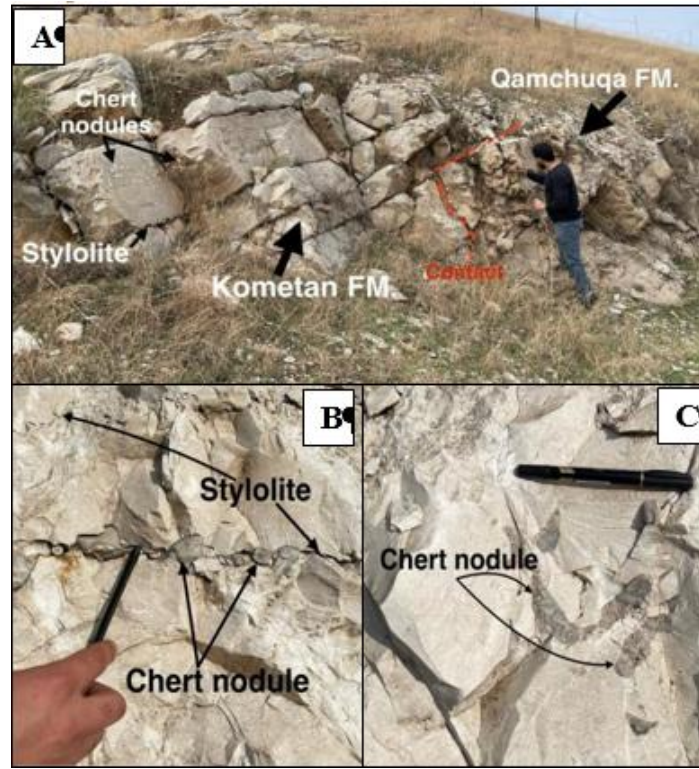


## السحانات الصخرية للتكوين

يتألف تكوين كوميتان من سحنتين صخريتين هما:

### سحنة الحجر الجيري (Limestone lithofacies)

يشكل الحجر الجيري لتكوين كوميتان في المقطع المدروس النسبة العظمى من مكوناته السحنية للصخور كما موضح في العمود الطباقى شكل (A-5) حيث ان هذه السحنة تتصف بلونها الابيض المائل الى الرصاصي يتخللها الستايولولايت في جميع تتابعات السحنة. تتكون هذه السحنة من الحجر الجيري الابيض والمائل الى الرصاصي إذ يكون هذا التتابع صلباً جداً. توجد عقد الصوان وبشكل مكثف فيها ضمن الطبقات (شكل A-4) وضمن أسطح الستايولولايت (شكل B,C-4)، إذ ظهرت عقد الصوان بأحجام تصل الى 8 سم ذات اشكال غير محددة، ضمن سطوح الستايولولايت وعلى الطبقات. عند فحص نسبة كربونات الكالسيوم ( $\text{CaCO}_3$ ) كانت النسبة تشير الى أكثر من 80% (شكل 4).



الشكل 4. A. عقد الصوان في الجزء السفلي لتتابعات صخور كوميتان. B, C عقد الصوان موجودة ضمن سطوح الستايولولايت.

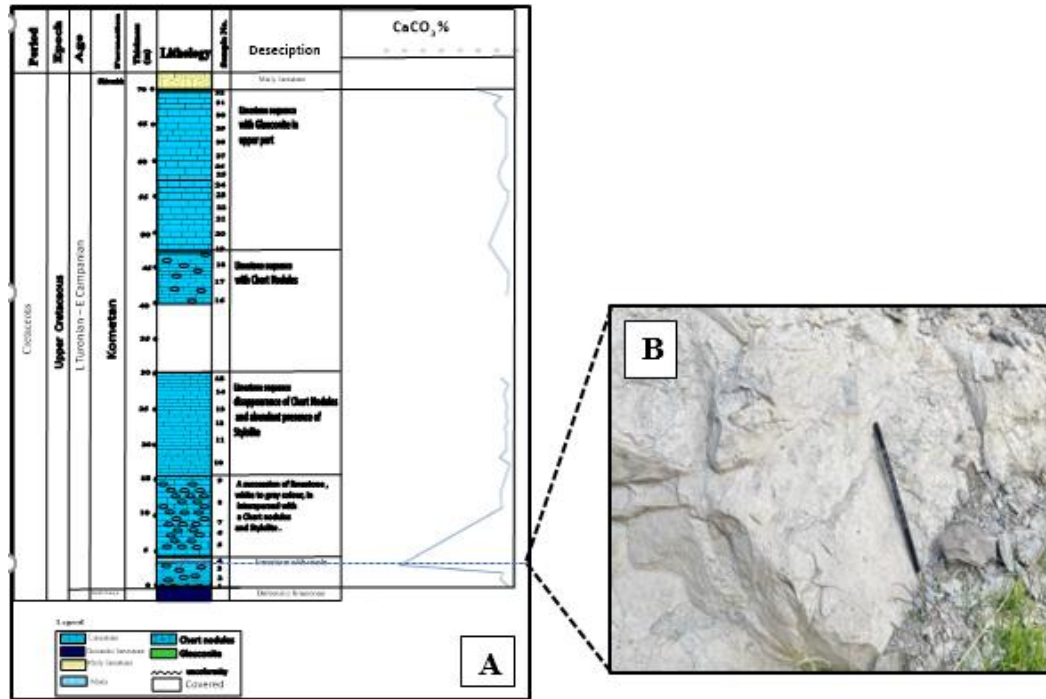
### سحنة المارل (Marle lithofacies)

توجد هذه السحنة على شكل طبقة بسمك (2 متر) في الجزء السفلي من التكوين يتخللها الستايولولايت وبلون ازرق مائل الى الابيض اقل صلابة من الحجر الجيري. أذ ان صخور الحجر المارلي تتكون من (30-60%) من نسبة كاربونات الكالسيوم ( $\text{CaCO}_3$ ) (شكل B-5).

### الدراسة البتروغرافية

شخصت الدراسة البتروغرافية العديد من الحبيبات الهيكلية المكونة لصخور التكوين منها اصداف الفورومنيفيرا الطافية ذات الحجيرات الكروية متمثلة باجناس (*Heterohelix*) لوحة (A-1)، و (*Globigerinelloides*) (لوحة B-1)، واجناس الفورومنيفيرا الطافية (*Globotruncana*) (لوحة C-1)، و (*Globotruncana*) (لوحة D-1)، كما

تواجد بعض اجناس الفورومنيفيرا القاعية (*Rotalids*) (لوحة E-1) وجنس (*Bolivina*) (لوحة F-1). كما تحتوي الصخور على اصداف من الراديولاريا صنف (*Spumellaria*) (لوحة G-1) ضمن ارضية ميكراتية. وتأثرت المكونات الحبيبية وصخور تكوين كوميتان بالعديد من العمليات التحويرية كالانضغاط والسمنتة وإعادة التبلور والسلكة والدلمة والاذابة، فضلا عن المعادن موضعية النشأة. كما شُخصت طبقة غنية بمعدن الكلوكونايت في حد التماس مع تكوين شرانش (لوحة H-1).



الشكل 5. A. العמוד الطباقى لتكوين كوميتان مع نسب كاربونات الكالسيوم. B. طبقة المارل في الجزء الاسفل من التكوين.

### السحنات الدقيقة

تم الاعتماد على تصنيف (Dunham, 1962) في وصف هذه الصخور مجهرياً. واعقبت عملية تشخيص السحنات الدقيقة والتعرف عليها بمضاهاتها بالسحنات القياسية الدقيقة المعروفة بـ (SMF) والانطقة السحنية (Fz) لـ (Wilson, 1975) والمعدلة من قبل (Flügel, 2010). حيث تم تشخيص سحنتين دقيقتين رئيسيتين هما: سحنة الحجر الجيري الواكي وسحنة الحجر الجيري المرصوص ضمن تتابعات تكوين كوميتان في مقطع الدراسة الحالي والتي قُسمت لاحقاً الى تسع سحنات ثانوية دقيقة (submicrofacies) بناءً على المحتوى الحياتي ونوع الارضية وتشخيص العمليات التحويرية التي اثرت على مكونات السحنات. وفيما يلي وصف لتلك السحنات:

#### Lime Wackestone microfacies (W) سحنة الحجر الجيري الواكي

يتألف تكوين كوميتان في الغالب من هذه السحنة، حيث توجد في معظم تتابعات التكوين. استناداً الى (Dunham, 1962)، فان حبيبات الحجر الجيري الواكي تبلغ نسبتها أكثر من 10 % ذات دعم طيني (Mud supported)، تكثر فيها متحجرات الفورومنيفيرا الطافية وبعض اصداف انواع الفورومنيفيرا القاعية فضلاً عن اصداف الكرات الكلسية والاستراكودا وبعض الفتاتات الحياتية. وتم تقسيمها الى ست سحنات دقيقة ثانوية كما يلي:

### 1- سحنة الحجر الجيري الواكي الدقيقة الثانوية الحاوية على الفورومنيفيرا الطافية

#### Planktonic Foraminiferal Lime Wackestone Submicrofacies (PW)

تشكل اصداف الفورومنيفيرا الطافية النسبة العظمى من اجمالي مكوناتها الحبيبية. وتتمثل هذه الاصداف بتجمعات من اجناس الفورومنيفيرا الطافية متمثلة بـ (*Globigerinelloides, Heterohelix*) والقليل من اصداف (*Globotruncana*) واصداف بعض اجناس الفورومنيفيرا القاعية متمثلة بجنس (*Rotalids*) فضلا عن القليل من اصداف الكرات الكلسية وبعض الفتاتات الاحيائية. تتميز البقايا الهيكلية المكونة لهذه السحنة بتوزيعها العشوائي وبأشكالها الكروية والمنفخة، اما ارضيتها فتتكون في معظمها من المكرايت مع نسبة قليلة من السبار الدقيق في بعض اجزائها. تعرضت هذه السحنة الى بعض العمليات التحويرية كالإذابة والانضغاط والسمنتة وتظهر في معظم تتابعات التكوين لوحة (A-2). تمثل هذه السحنة السحنة القياسية الثامنة (SMF8) التي تعكس النطاق السحني الثاني (FZ-) (2) المتمثلة بالبيئات البحرية المفتوحة حسب تصنيف (Wilson, 1975) او نطاق الرف العميق حسب (Flügel, 2010).

### 2- سحنة الحجر الجيري الواكي الدقيقة الثانوية الحاوية على الراديولاريا

#### Radiolarin wackestone submicrofacies (RW)

تحتوي هذه السحنة على نسبة عالية في مكوناتها على الراديولاريا. تتكون السحنة من ارضية مكرائيتية بلون بني مع وجود اصداف الفورومنيفيرا الطافية كروية الحجات كـ (*Heterohelix*) والفتات الاحيائي لبعض اصداف الفورومنيفيرا الطافية والايوستراكودا وتتأثر بالسمنتة من نوع السمنت الحبيبي. وتتأثر بعضها بعملية السلكتة الانتقائية (لوحة B-2). تتوافق هذه السحنة مع السحنة القياسية الثالثة (SMF3) الواقعة ضمن النطاق السحني الأول (FZ1) المعروف بنطاق حوض البحر العميق (Deep Sea) حسب تصنيف (Wilson, 1975; Flügel, 2004).

### 3- سحنة الحجر الجيري الواكي الدقيقة الثانوية الحاوية على الفورومنيفيرا الجؤجؤية

#### Keeled Planktonic Foraminiferal Wackestone (KW)

تتكون هذه السحنة من ارضية مكرائيتية وحبيبات هيكلية من اجناس الفورومنيفيرا الطافية ذات الاحجام المختلفة متمثلة بـ (*Globigerinelloides, Globotruncana*) فضلا عن وجود بعض الاجناس من الفورومنيفيرا الطافية ذات الحجات الكروية كـ (*Heterohelix*) وبعض اصداف الكرات الكلسية والقليل من اصداف الفورومنيفيرا القاعية متمثلة بـ (*Rotalids*). تأثرت هذه السحنة بعمليات السلكتة والانضغاط والسمنتة (لوحة C-2). وتماثل هذه السحنة السحنة القياسية الثامنة (SMF8) التي تعكس النطاق السحني الثاني (FZ-2) المعروف باسم الرف العميق تبعا لـ (Flügel, 2010).

### 4- سحنة الحجر الجيري الواكي الدقيقة الثانوية الحاوية على الفتاتات الحياتية

#### Bioclastic Lime Wackestone Submicrofacies (BW)

تشكل الارضية المكرائيتية الغالبة الاجمالية لهذه السحنة مع قليل من المواد العضوية المبعثرة فيها. تتمثل المكونات الهيكلية لهذه السحنة بالفتات الاحيائي كأصداف الفورومنيفيرا الطافية متمثلة بأجناس (*Heterohelix, Globotruncana, Globigerinelloides*) وحطام الاوستراكودا وقليل من اصداف الكرات الكلسية. تعرضت هذه السحنة الى العمليات التحويرية كالإذابة والانضغاط والسمنتة وبصورة اقل الى عمليات الدلمتة والسلكتة والمكرتة. تظهر هذه السحنة ضمن التتابعات السفلى من تكوين كوميتان (لوحة D-2). تتطابق هذه السحنة مع السحنة القياسية التاسعة (SMF9) والمترسبة ضمن النطاق البيئي السحني الثاني (FZ-2) المعروف تبعا لـ (Wilson, 1975) برف البحر المفتوح (Open sea shelf) او الرف العميق طبقا لـ (Flügel, 2010).



## 5- سحنة الحجر الجيري الواكي الدقيقة الثانوية الحاوية على الفورومنيفيرا الطافية والكرات الكلسية

### Calcsphere-Planonic Foriminiferal Lime Submicrofacies (CW)

تتألف هذه السحنة من اصداف الفورومنيفيرا الطافية متمثلة بـ (*Heterohelix, Globigerinelloides*) وقليل من (*Globotruncana*) وغلبة اصداف الكرات الكلسية فيها وبعض الفتات الاحيائي، كما وان ارضية هذه السحنة تتمثل بالمكرايت الداكن والمائل الى البني. تأثرت هذه السحنة بالعديد من العمليات التحويرية كالسمنتة والاذابة والسلكتة والانضغاط واعادة التبلور لوحة (E-2). تكافئ هذه السحنة القياسية الثالثة (SMF3) التي تعكس النطاق السحني الثالث (FZ-3) المعروف باسم مقدمة المنحدر حسب (Flügel, 2010).

## 6- سحنة الحجر الجيري الواكي الدقيقة الثانوية الحاوية على فتات المحاريات

### Pelecypoda Bioclastic Lime Wackestone Submicrofacies (Pel-W)

تتألف هذه السحنة من ارضية مكرائية وقطع موشورية لأصداف المحاريات المرتبة بشكل متناسق، حيث يكون شكلها مستديراً وحاداً بشكل طولاني في المقطع الطولي مع حبيبات هيكلية لأجناس الفورومنيفيرا الطافية. اثرت العمليات التحويرية فيها على قطع الفتات الحياتية كالسلكتة والسمنتة (لوحة F-2). تتوافق هذه السحنة مع السحنة القياسية العاشرة (SMF10) والمترسبة ضمن النطاق السحني الثاني (FZ-2) المعروف بالرّف العميق (Deep shelf) حسب تصنيف (Flügel, 2010).

## سحنة الحجر الجيري المرصوص Lime Packstone microfacies (P)

تكون هذه السحنة الدقيقة ذات دعم حبيبي (Grain supported)، وتتكون الحبيبات الهيكلية في هذه السحنة من متحجرات الفورومنيفيرا الطافية والقاعية، كما توجد فيها بعض كسارات الفتات الاحيائية وحبيبات معدنية كالكلوكونايت. وقسمت الى ثلاث سحنات دقيقة ثانوية هي:

### 1- سحنة الحجر الجيري المرصوص الدقيقة الثانوية الحاوية على الفورومنيفيرا الطافية

#### Planktonic Foriminiferal Lime Packstone submicrofacies (FP)

تشكل اصداف الفورومنيفيرا الطافية الغالبة العظمى من حبيبات هذه السحنة الدقيقة، فضلا عن القليل من اجناس الفورومنيفيرا القاعية والكرات الكلسية فيها. وتتمثل الفورومنيفيرا الطافية في هذه السحنة بأصداف الاجناس (*Globigerinelloides, Heterohelix*) والقليل من اصداف اجناس الـ (*Globotruncana*). وتتميز معظم حبيبات الفورومنيفيرا الطافية بكونها كاملة (Biomorpha) قابلة للتشخيص والتصنيف رغم تشوه بعضها بسبب العمليات التحويرية. اما ارضية السحنة فإنها ممثلة بالمكرايت مع وجود نسب متباينة من السبار الدقيق فيها. وتظهر هذه السحنة اثار العديد من العمليات التحويرية كالإذابة والانضغاط الفيزيائي من عمليات رص الحبيبات وتوجيهها (لوحة G-2). تقابل هذه السحنة السحنة القياسية الرابعة (SMF-4) المترسبة ضمن النطاق السحني الثالث (FZ-3) المعروف بمقدمة المنحدر حسب تصنيف (Flügel, 2004).

## 2- سحنة الحجر الجيري المرصوص الدقيقة الثانوية الحاوية على الفتات الحياتية

### Bioclastic Lime Packstone submicrofacies (BP)

تحتوي هذه السحنة على نسبة عالية من كسارات الاصداف الحياتية من اجناس الفورومنيفيرا الطافية (*Globigerinelloides, Globotruncana*) وبعض قطع الاوستراكودا والكرات الكلسية، كما سجلت وجود جنس (*Heterohelix*) بهيئته الكاملة. تتوزع حبيبات هذه السحنة بشكل مرصوص ضمن ارضية مكرائية، وتتأثر مكونات هذه

السحنة بعمليات الانضغاط الميكانيكي ووجود العروق (لوحة H-2). تقابل هذه السحنة السحنة القياسية الرابعة (SMF-4) المترسبة ضمن النطاق السحني الثالث (FZ-3) المعروف بـ مقدمة المنحدر حسب تصنيف (Flügel, 2004).

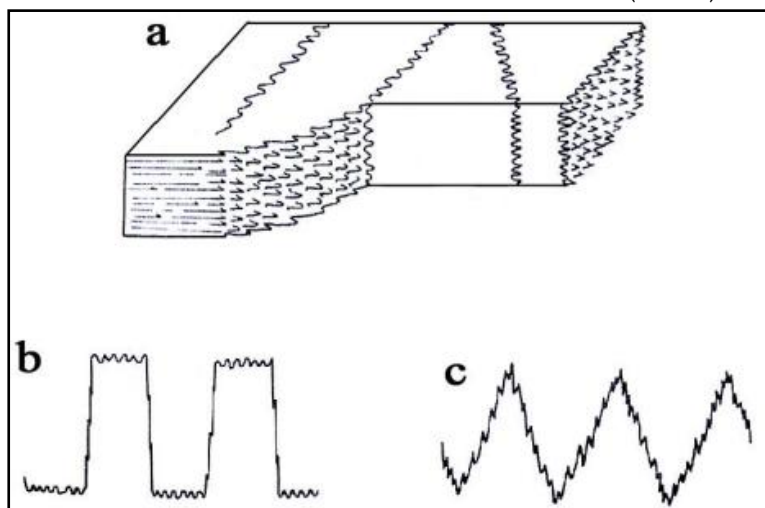
### 3- سحنة الحجر الجيري المرصوص الدقيقة الثانوية الحاوية على الكلوكونايت

#### **Glauconitic-Planktonic Foraminiferal Lime Wackestone-Packstone submicrofacies (GP)**

تتكون هذه السحنة من ارضية مكراتية مع حبيبات من معدن الكلوكونايت الاخضر. تحتوي مكونات هذه السحنة على الكسور والتشققات في حبيبات معدن الكلوكونايت، ومتحجرات الفورومنيفيرا الطافية من جنسي (*Heterohelix*, *Globigerinelloides*) مع بعض اكاسيد الحديد الحمراء. تكون حبيبات الكلوكونايت مستديرة بشكل عام، والبعض الآخر تكون طولانية الشكل. تأثرت هذه السحنة بالعديد من العمليات التحويرية، كالاذابة والمكرتة والسمنتة والانضغاط (لوحة H-1). شُخصت هذه السحنة في الجزء العلوي من التكوين تحديداً في طبقة الحد الفاصل بين تكويني كوميتان وشرانش. تكافئ هذه السحنة في تكوين كوميتان السحنة القياسية الرابعة (SMF-4) المترسبة ضمن النطاق السحني الثالث (FZ-3) المعروف باسم مقدمة المنحدر حسب تصنيف (Flügel, 2004).

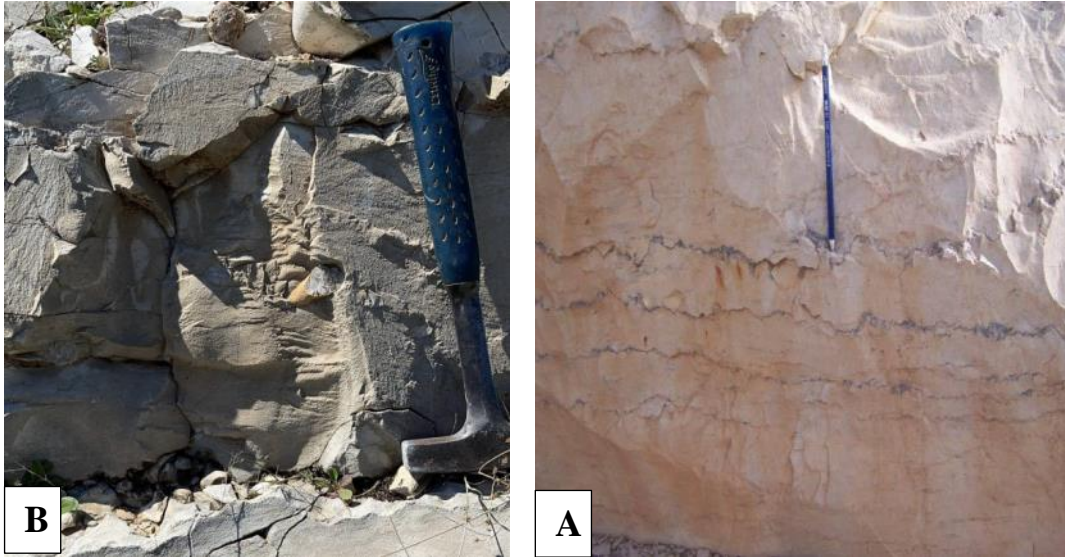
#### **الستايلولايت Stylolite**

تتكون تراكيب الاذابة الانضغاطية (الستايلولايت) تكتونياً بفعل التشوه الهش، والتي تكون عمودية على اتجاه الاجهاد التكتوني المسبب لها، ونتيجة لهذا الضغط، فإنها تقطع أسطح التطبق وتتقاطع ايضاً معها (Ramsay et al., 1983). ذكر (Shadmon, 2008) ان الستايلولايت الموازية لمستويات التطبق هي غير تكتونية المنشأ، وان الانواع العمودية والمائلة على مستوى التطبق هي التي تعكس الفعاليات التكتونية. بشكل عام هناك نوعان من اشكال الستايلولايت هما الاسطوانية والمخروطية (شكل 6).



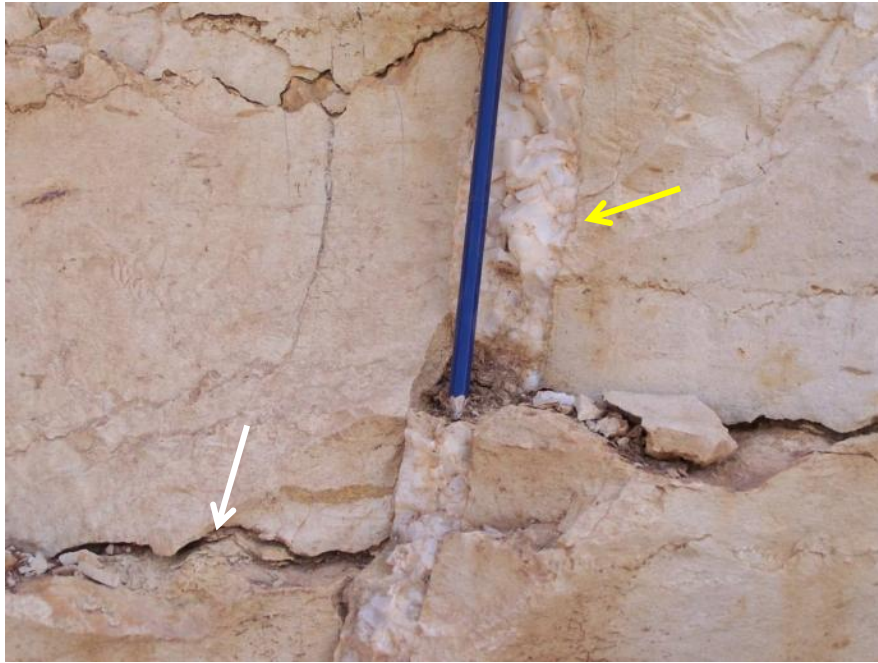
شكل 6. a مجسم عام، b ستايلولايت أسطواني، c ستايلولايت مخروطي (Bles and Feuga, 1986).

شخصت الدراسة الحالية وجود الستايلولايت بشكل مكثف في تكوين كوميتان بنوعيه المخروطي والاسطواني، والذي يكون موازياً لمستوى التطبق. يظهر انتشار تراكيب الستايلولايت بشكل جيد في مقطع الدراسة على الجناح الجنوب الغربي، وظهر ان الكثير من حدود طبقات تكوين كوميتان متمثلة بأسطح الستايلولايت وبعض الرواسب الطينية بأقل من 1 سم (شكل A-7). وبالتالي، فان تراكيب الستايلولايت الاخرى والتي لا توازي أسطح التطبق مع وجود عقد الصوان هي تكتونية المنشأ (شكل B-7).



الشكل 7. A. ستايولايت متطبق. B. ستايولايت تكتوني عمودي على سطح التطبيق.

في معظم منطقة الدراسة في تكوين كوميتان توجد تراكيب الستايولايت مع العروق في نفس المكشف الصخري بالقرب من بعضهما البعض (شكل 8). وتفسيراً لهذا الوجود هو ان المعادن المذابة التي نتجت من تكوّن الستايولايت بواسطة الإجهاد الانضغاطي تترسب في الفراغات المفتوحة للعروق القريبة، وهذا النوع من الترافق بين العروق وتراكيب الستايولايت يكون شائعاً إذ أطلق عليه *styloboudinage* من قبل (Mullenax and Gray, 1984)، ويدل هذا الترافق على العلاقة الحركية بينهما من حيث المنشأ.



الشكل 8. ترافق الستايولايت مع عرق ضمن تكوين كوميتان.

لوحظ كذلك ترافق تراكيب الستايولايت مع الفواصل والفوالق الثانوية (شكل 9-A)، إذ تترافق مع فواصل مجموعتي (ac, bc) الشديتين، ويعلل ذلك بأن كلا التركيبين تكوّننا ضمن نفس حقلي الإجهاد الانضغاطي الاعظم ( $\delta_1$ ) الأولي والثانوي. أما ترافق الستايولايت مع الفوالق الثانوية، فيشير إلى مرحلة الرفع النهائي لعملية الطي (شكل 9-B).



الشكل 9. A. ترافق الستابولايات الموازي والعمودي على سطح التطبيق مع سطح فاصل، B. ترافق الستابولايات مع فائق.

### القواطع النبتونية (Neptunian Dykes)

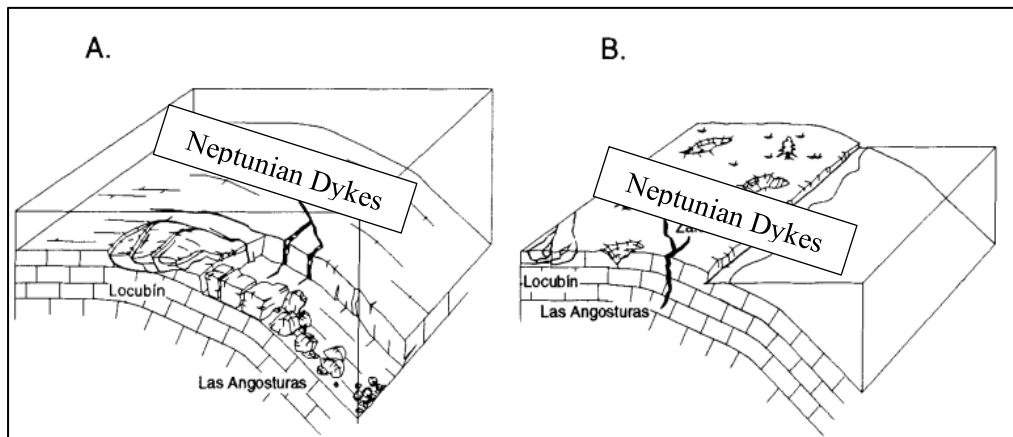
تعتبر القواطع النبتونية التكتونية في تكوين كومتان من الظواهر الجيولوجية المهمة التي تعكس الحركات التكتونية المؤثرة على الحوض في منطقة الدراسة الذي يعود عمره الى التورونيان، اذ يعرض مجموعة متنوعة من الكسور والشقوق التي تملؤها رواسب حديثة، مما يوفر سجلاً قيماً للتغيرات الجيولوجية والبيئية في هذه المنطقة. وعُدّت القواطع النبتونية بأنها من التراكيب الثانوية وانها تحدث نتيجة الحركات التكتونية سواء كانت الحركات محلية او اقليمية والتي تعمل على تشوه الحوض بعد تصلب الصخور (Santantonio, 1993; Winterer and Sarti, 1994; Flügel, 2004)، أذ ان القواطع الرسوبية ذات العمر الاحداث بالنسبة للصخور المقطوعة (المضيفة) يطلق عليها اسم القواطع النبتونية (Neptunian Dykes)، وهي شقوق أو كسور جيولوجية مملوءة بالرسوبيات التي تكونت نتيجة نشاطات تكتونية وعمليات جيولوجية، هذه القواطع تمثل اختراقات رأسية أو شبه رأسية للرسوبيات داخل الصخور المضيفة وتحدث في مختلف البيئات الجيولوجية، كما قد تحدث عملية إعادة ترسيب للرواسب في الفجوات والشقوق نتيجة لتعرضها الى حركات تكتونية متعاقبة، أو الانهيارات الأرضية، أو نتيجة نشاطات جيولوجية أخرى تؤدي إلى توسع تلك الشقوق والكسور (Ouardi et al., 2022) (شكل 10). تتحكم عوامل عدة بوجود القواطع النبتونية في الصخور الكربوناتيّة متمثلة بتعرض الترسبات الكربوناتيّة الى التصلب بشكل أسرع من الصخور الفتاتية، مما يجعل استجابتها هشة لأيّ اجهاد تكتوني. وبالتالي، تتولد كسور عمودية حتى وان كانت في مرحلة اولية من الترسيب. ولذلك فان الرواسب الكربوناتيّة تكون عرضة لعملية الاذابة مما يجعل المياه غير المشبعة تعمل على احداث فراغ شبه كبير في الصخور المترسبة، فضلاً عن ان الصخور الكربوناتيّة المترسبة قابلة للتكسر بسبب ضغط الرواسب العمودي (Smart et al., 1988) حيث ان المنصات (Platforms) المترسبة للكربونات أكثر اندحاراً من الفتاتية (Schlager and Camber, 1986).





الشكل 10. القاطع النبتوني في تكوين كوميتان.

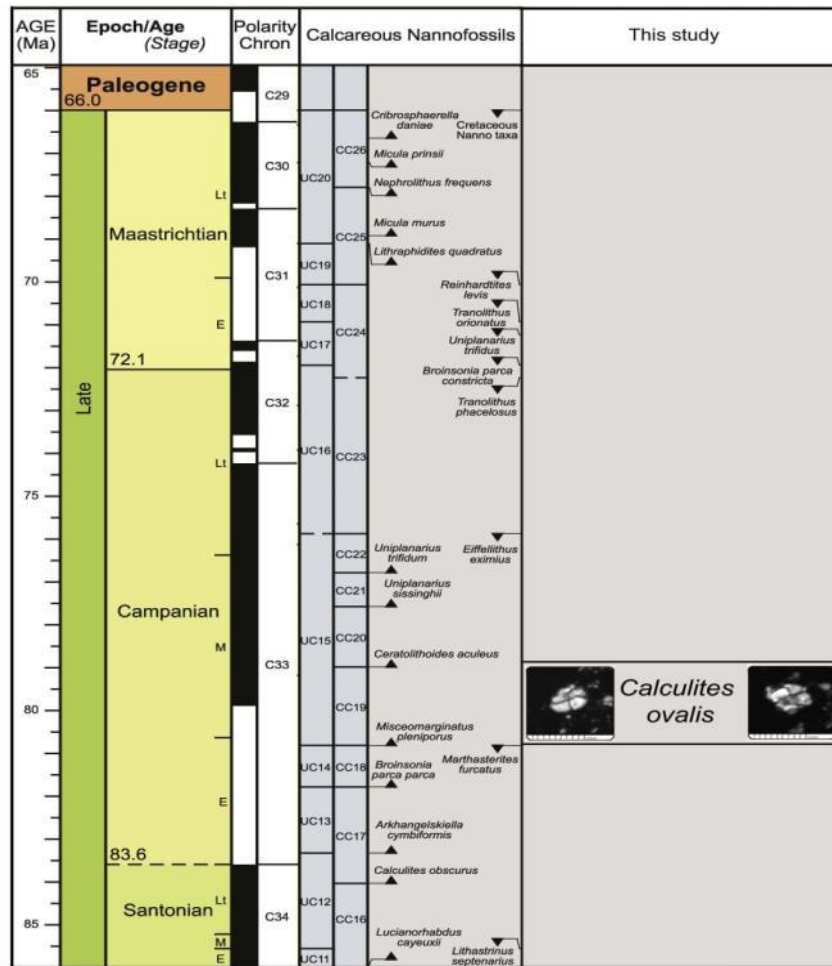
نتيجة لانشاء اللثوسفير القاري واستجابة للأحمال التكتونية الزاحفة فوقها خلال مراحل التقارب ومن ثم تصادم الصفائح التكتونية (Beaumont, 1981)، يتكون تكوين الكوميتان من رواسب مرحلة ما بعد هبوط المنصة العربية الذي يُعزى إلى التقدم الجنوبي الغربي للصفحة الإيرانية (الاوراسية)، مما أدى إلى ضغوط حمل أفقية وعامودية عالية أدت بالتالي إلى الهبوط. إذ حدث تسلق الصفحة الإيرانية على المنصة التابعة للصفحة العربية وارتفاع المنطقة الشمالية الشرقية لحوض الترسيب ما بعد منطقة المنصة نتيجة تصادم الصفيحتين، وبعدها حدث انغلاق لمحيط التيثيس الجديد، وتحول الحوض من البحر العميق (fore deep) إلى حوض فورلاند (foreland basin) (Taha and Karim, 2009). وعليه، فإن الاجهادات الشديدة المؤثرة على منطقة البروز أدت الى تجمع الرواسب البحرية بتلك الشقوق المتكونة (شكل A-11). بعد انكشاف المنصة وتراجع البحر، تكون القواطع معرضة لعمليات التجوية، وهذه صفة ظاهرة في البيئات اللحية بكثرة والكربوناتية منها بشكل أكبر (Winterer and Sarti, 1994) (شكل B-11).



الشكل 11. الية تكون القواطع النبتونية (Winterer and Sarti, 1994).

أظهرت الدراسة الحالية للقواطع النبتونية (شكل 10) باستخدام المتحجرات النانوية، ان اصداف (*Calculites ovalis* CC19) التي وجدت فيها تعود الى نطاق عمر الكامبانيان، وهذا يتطابق مع ما جاءت به دراسة المتحجرات النانوية لمناطق مختلفة حسب (Gradstein et al., 2004)، حيث يشير تواجدها الى الكامبانيان المبكر - الاوسط، وهو عمر ترسب تكوين شرانس (Al-Hadidi and Hassan, 2022) (شكل 12).





الشكل 12. مقطع جيولوجي زمني يوضح وجود المتحجرات النانوية.

### المناقشة

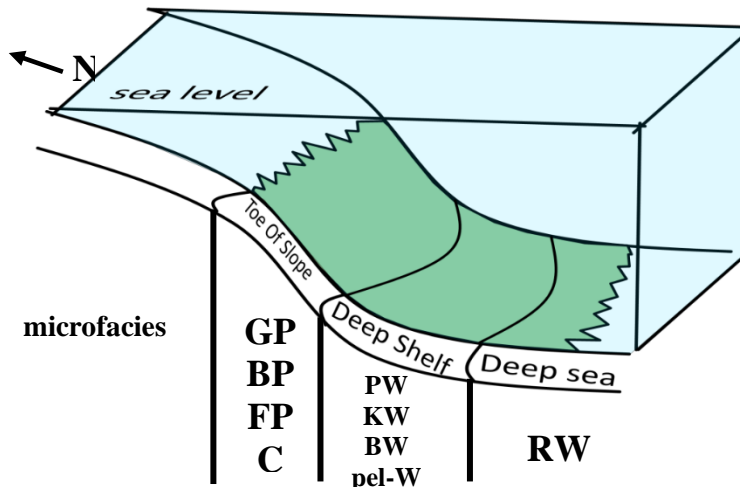
تبين مما تقدم ان صخور التكوين الحاوية على عقد الصوان وبشكل مكثف يعزى الى زيادة الضغط العمودي للطبقات في منطقة الدراسة كما اوضح (Al-Barzinjy, 2008) أذ عزى تكوّن هذه العقد السليكاتية الى زيادة عمق الدفن، وبالتالي زيادة الاجهاد على حساب الصخور الكلسية المضيفة. وان انعدام الحبيبات غير الهيكلية مثل الحبيبات المغلفة والفتاتيات الصخرية وغيرها يدل على البيئة البحرية العميقة الهادئة، كما أنّ غلبة المكرايت في جميع عينات الدراسة يفسر أنّ الظروف الترسيبية للتكوين كانت تحت ظروف البيئة الهادئة والعميقة. وهذا يتفق مع ما جاء به Boggs, (2006) حيث أشار الى ان وجود المكرايت يشير الى ان البيئات التي تكون مليئة بالطاقة الواطنة من ضمن البيئات العميقة. اما شيوع جنسي (*Globigerinelloides, Globotruncana*) بالذات وبعض اجناس الفورومنيفيرا الطافية الاخرى، فتعطي دلالة على ان ترسبات هذا التتابع تكثر في الرواسب البحرية المفتوحة وكما جاء في (Abawi et al., 2000). وجود الراديولاريا السليكاتية في مختلف العينات المدروسة ولاسيما الجزء السفلي من التكوين، دليل على أنّ التكوين ترسب ضمن رواسب البيئة البحرية العميقة. وهذا يتماشى مع ما ذكره (Flügel, 2010) بان وجود الراديولاريا يشير الى بيئة الترسيب اللجسية، وان وجود قطع اصداف المحاريات له امتداد بيئي ضمن انطقة الباثيال العميقة (MacLeod et al., 1996) كذلك وجود وانتشار اصداف جنس (*Heterohelix*) كروي الحجيرات ضمن بيئة منحدر الباثيال الأعلى وكما علل (Sliter, 1972). فضلا عن ان قلة وجود الفورامنيفيرا القاعية تشير الى بيئة الترسيب العميقة، اذ انها توجد ضمن أنطقه بيئية محددة وضحلة (Boudagher, 2008).

وعليه، فقد اكدت نتائج التحليل السحني الدقيق في الدراسة المزمعة الى ان تتابعات تكوين كومتان تتألف من تعاقب مجموعة من السحنات الدقيقة المماثلة للسحنات القياسية الدقيقة. حيث ان وجود الراديولاريا في سحنة الحجر الواكي

(RW) تقابل السحنة القياسية الاولى (SMF1) والتي تقع في نطاق البحر العميق (Deep Sea- FZ-1) تبعاً لـ (Wilson, 1975; Flügel, 2010). يشير وجود اصدادف الفورومنيفيرا الطافية وغلبتها في السحن الواكية والمرصوصة الى الرف العميق (Deep Shelf) تبعاً لـ (Flügel, 2010). تكافئ سحنات (FP, GP, BP) في تكوين كوميتان السحنة القياسية الرابعة (SMF-4) المترسبة ضمن النطاق السحني الثالث (FZ-3) المعروف باسم مقدمة المنحدر (Toe of Slope) حسب تصنيف (Flügel, 2010) (شكل 13). وكما موضحة في الموديل الرسوبي (شكل 14).

Standard Microfacies and Zone (Flügel, 2010)			Facies of Kometan Formation
Location Zone	Zone Microfacies (FZ)	Standard Microfacies (SMF)	Microfacies
Toe of Slope	3	4	Glauconitic-Planktonic Foraminiferal Lime Wackestone-Packstone submicrofacies (GP)
		4	Bioclastic Lime Packstone submicrofacies (BP)
		4	Planktonic Foraminiferal Lime Packstone submicrofacies (FP)
		3	Calcsphere-Planktonic Foraminiferal Lime Submicrofacies (CW)
Deep shelf	2	10	Pelecypoda Bioclastic Lime Wackestone Submicrofacies (Pel-W)
		9	Bioclastic Lime Wackestone Submicrofacies (BW)
		8	Keeled Planktonic Foraminiferal Wackestone (KW)
		8	Planktonic Foraminiferal Lime Wackestone Submicrofacies (PW)
Deep Sea	1	8	Radiolarin wackestone submicrofacies (RW)

الشكل 13. السحنات الدقيقة الثانوية ومضاهاتها مع السحنات القياسية الدقيقة ضمن الانطقة الترسيبية المقترحة من قبل (Flügel, 2010).



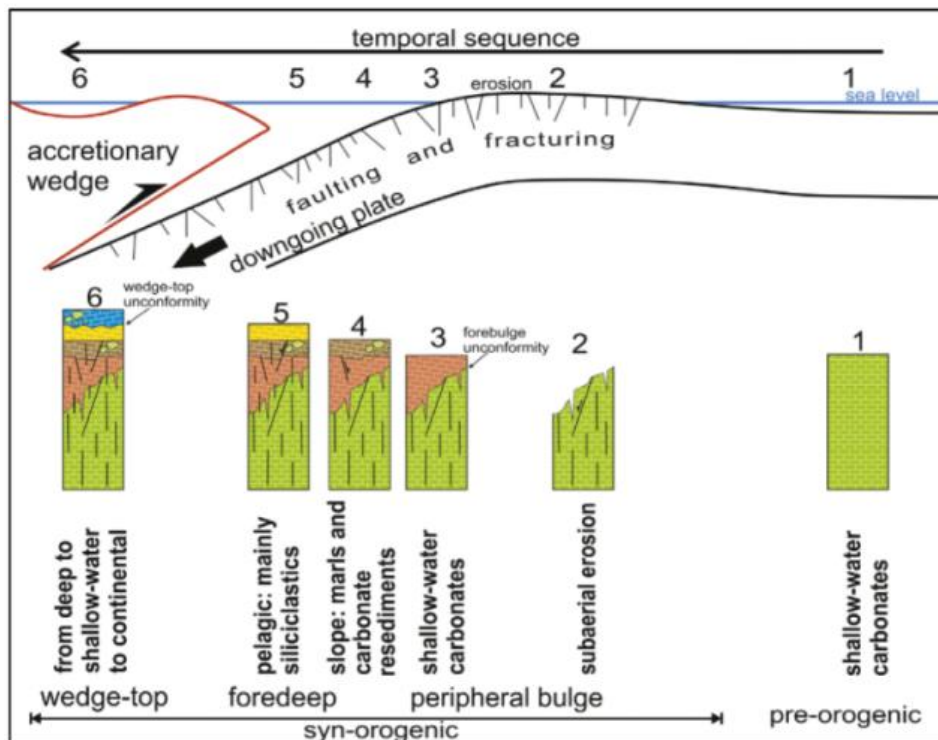
الشكل 14. الموديل الرسوبي المقترح لمقطع الدراسة الحالي.

تأثر التكوين بحركات تكتونية تسببت بتكوين تراكيب الستايلولايت، أذ تنشأ تحت تأثير الاجهادات الانضغاطية، حيث ان الضغط الجانبي يؤدي الى إذابة المحاليل للصخور مكونة شكلاً متعرجاً (Sinha-Roy, 2002). كما شوهد في الدراسة الحالية تأثر تكوين كوميتان بحمل رسوبي عالٍ وكذلك بحركات تكتونية أدى كلاهما الى تكوين تراكيب الستايلولايت بنوعيه الرسوبي والتكتوني. اذ وجد تأثر المنطقة بإجهاد انضغاطي تكتوني باتجاه (NW-SE) إذ استتببط اتجاه الإجهاد الانضغاطي هذا من الستايلولايت الموجودة على سطح الطبقة ضمن تكوين كوميتان على الجناح الجنوبي

الغربي لطية كوسرت، وتتبع بمستواها فواصل المجموعة (ac). إذ إن قممها توازي مضرب الطبقة وكذلك المحور التكتوني (b) (شكل A-9). وكذلك تأثر المنطقة بإجهاد تمديدي حيث سجل الأخير من الستايولوليت التي تقع في المستوي (ab) الموازية أو شبه الموازية لأسطح التطبيق وقمما تكون عمودية على سطح التطبيق، أي توازي المحور (c) عندما تكون  $(\sigma_1)$  عمودية و  $(\sigma_3)$  تكون افقية أو شبه افقية، هذا يحدث أثناء مرحلة الرفع النهائي لعملية الطي وتتوافق بمستواها مع سطح الفاصل (ab) (شكل B-9).

ووجدت الدراسة الحالية أيضا ظهور القواطع النبتونية في تكوين كوميتان، وهذه تعتبر من الميكانيكيات التكتونية المهمة والمؤثرة على التكوين، وذلك كون ان الضغط التكتوني المستمر نتيجة تصادم الصفيحتين العربية والاوراسية حدث هبوط في منطقة المنصة الكاربوناتية بفعل اجهادات انضغاطية اقليمية كبيرة عقبها نهوض في منطقة ما بعد المنصة، ونتج عن ذلك تولد اجهادات شديده كنتاج عرضي لعملية التصادم مؤدية الى تكون شقوق طولية وعرضية على نطاق النهوض، وبعدها ملئت بالرواسب الاحداث مكونة القواطع النبتونية. كما أشار (Parrino et al., 2019) كذلك الى ان القواطع قد تنشأ بواسطة الاجهادات التكتونية الاقليمية. وتأييداً لذلك ما جاء به (Znad, 2013) الذي اوضح بان النهوض الانتثائي لنطاق البروز الامامي (Fore Bulge) نتجت عنه إجهادات شديده على الأجزاء الخارجية من نطاق البروز وبالأخص تلك التي تمثل حافة نطاق الحوض الامامي العميق، وقد نجم عن الاجهادات الشدية نشوء فوالق اعتيادية او إعادة لتنشيط الفوالق ذات التكوين المسبق.

علاوة على ذلك، فان تكوّن الكسور العرضية والطولية حدث نتيجة التقارب الطبقي وعدم تجانس صخرية الصفيحتين العربية والایرانية. قسم من المجاميع المختلفة من الكسور تحدث عليها ازاحة متحولة بذلك الى فوالق طولية ومستعرضة، والقسم الآخر منها تتحول الى شقوق تملؤها رواسب أحدث منها نسبياً مؤديةً بذلك الى تكون قواطع نبتونية، أذ ان القواطع تنشأ بواسطة اجهادات الشد الناجمة عن الحركة المؤثرة على الحوض نفسه وبشكل محلي في البيئات الكاربوناتية البحرية (Budd et al., 2013). كما ان نواتج عملية الرفع التكتوني تسمح بعملية التجوية والتعرية محدثة بذلك تكون الكسور والشقوق وملئها بالرواسب اللاحقة (شكل 15).



الشكل 15. يوضح الحمل الرسوبي على المنصة وتطور حوض الفورلاند ونهوض منطقة البروز الامامي (Fore bulge) وتكون أنواع الكسور والشقوق عن (Sabbatino et al., 2021).

### الاستنتاجات

أظهرت الدراسة الحالية لتتابعات تكوين كوميتان في المقطع المدروس ان صخور التكوين تحتوي على عقد الصوان التي تكونت نتيجة الدفن العميق، وأن صخور التكوين تتألف بتروغرافياً وبشكل أساسي من الحبيبات الهيكلية تحديداً أصداف متحجرات الفورومنيفيرا الطافية والقاعية، والكرات الكلسية، الراديولاريا ذات البنيات العميقة والفتاتات الحياتية المختلفة. ومن خلال الأدلة السحنية الدقيقة، شخّصت الدراسة سحنتين رئيسيتين متمثلتين بسحنة الحجر الجيري الواكي وسحنة الحجر الجيري المرصوص، واللّتين قُسمتا الى تسع سحنات دقيقة ثانوية وفرت أدلة مهمة لاستنتاج بيئة التكوين واقتراح موديل رسوبي لوجود السحنات الدقيقة المشخصة. إذ ان بيئة ترسيب تكوين كوميتان هي بيئة عميقة تمتد من البحر العميق (Deep sea) الى مقدمة المنحدر (Toe of Slope) والتي تشمل أنطقه الباثيال العميقة. شخّصت الدراسة تأثير صخور التكوين بالعمليات التكتونية التي ادت الى نشوء التراكيب الثانوية منها الستايولويات، وأن الاجهاد الانضغاطي (stress Compression) أثر على تكوين الستايولويات والعروق، الفواصل والفوالق، والقواطع النبتونية. كما تبين ان القواطع النبتونية تكونت نتيجة الحركات التكتونية الشديدة بعد تصلب صخور التكوين. أذ ان الاجهادات الشديدة الموقعية او المحلية المتزامنة مع الاجهادات الانضغاطية الإقليمية تسببت بنشوء الكسور والقواطع النبتونية في رواسب البروز الامامي (تكوين قمجوقة) وعلى رواسب تكوين كوميتان الذي يعلوه، حيث اصبحت هذه الكسور بمثابة قواطع ملئت برواسب أحدث نسبياً.

### References

- Abawi, T.S. and Dawood, N.A., and Khader, K.S., 2000. Micropaleontology, Dar Al-Kutub for Printing and Publishing, University of Mosul, 416 P.
- Al-Barzinjy, S.T. 2008. Origin of Chert Nodules in Kometan Formation from Dokan Area, Northeast Iraq. Iraqi Bulletin of Geology and Mining, 4(1), pp. 95-104
- AL-Hadidi, A.S. and Hassan, Y.H., 2022. Planktic Foraminifera and Biostratigraphy of The Shiranish Formation, Jambour Well No. 61 Kirkuk Area, Northeastern Iraq. Iraqi Bulletin of Geology and Mining, 18(2), pp. 43-52.
- Alhamdani, A.M., 2015. Pseudo-bedding and burrow silicification in the Kometan Formation of the Dokan area, Northeastern Iraq. Arabian Journal of Geosciences, 8, pp. 325-333. DOI: [10.1007/s12517-013-1202-0](https://doi.org/10.1007/s12517-013-1202-0)
- Al-Kubaisi, M.S. and Barno, J.M., 2015. Fold geometry and kinematics of inversion tectonics for Kosrat anticline, northeastern Iraq. Arabian Journal of Geosciences, 8, pp. 9469-9480. DOI: [10.1007/s12517-015-1864-x](https://doi.org/10.1007/s12517-015-1864-x)
- Al-Sumaidaie, M.A.H., Al-Azzawi, N K., Znad, R K., 2020. Effect of Tectonostratigraphic Units in Evolving Aqra Anticline Model. Iraqi National Journal of Earth Science, Vol. 20, No. 2, pp. 126-147. DOI: [10.33899/earth.2020.170374](https://doi.org/10.33899/earth.2020.170374)
- Amorosi, A., 1995. Glaucony and Sequence Stratigraphy: A Conceptual Framework of Distribution in Siliciclastic Sequences. Journal of Sedimentary Research, Vol. 65, No. 4b, pp. 419-425. <https://doi.org/10.1306/D4268275-2B26-11D7-8648000102C1865D>
- Amorosi, A., 1997. Detecting Compositional, Spatial, and Temporal Attributes of Glaucony: A Tool for Provenance Research. Sedimentary Geology, 109(1-2), pp.135-153. [https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(96\)00042-5](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(96)00042-5)
- Aqrabi, A.A., Goff, J.C., Horbury, A.D. and Sadooni, F.N., 2010. The petroleum geology of Iraq. Scientific Press Ltd.: Beaconsfield, UK., 424P.

- Beaumont, C., 1981. Foreland Basins. *Geophysical Journal International*, 65(2), pp.291-329. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1981.tb02715.x>
- Bellen, R.C. van, Dunnington, H.V., Wetzel, R. and Morton, D., 1959. *Lexique Stratigraphique International*. Asia, Iraq, Fasc. 10a, Paris, 333 P.
- Boggs, S.J., 2006. *Principles of Sedimentology and Stratigraphy* (4th), Person Prentice-Hall, 662 P.
- Budd, D.A., Frost, E.L., Huntington, K.W., and Allwardt, P.F., 2013. Syndepositional Deformation Features in High-Relief Carbonate Platforms: Long-Lived Conduits for Diagenetic Fluids. *Journal of Sedimentary Research*, 83(1), pp. 12-36. <https://doi.org/10.2110/jsr.2013.3>
- Boudagher-Fadel, M.K., 2008. Biology and Evolutionary History of Larger Benthic Foraminifera. *Developments in Palaeontology and Stratigraphy*, 21, pp. 1-37.
- Buday, T., 1980. *The Regional Geology of Iraq*. Stratigraphy and Paleogeography Vol. 1, Geosurv Publication, Baghdad 445 P.
- Cotillon, P. and Rio, M., 1984. Cyclic Sedimentation in the Cretaceous of Deep-Sea Drilling Project Sites 535 and 540 (Gulf of Mexico), 534 (Central Atlantic), and in the Vocontian basin (France). *Initial Reports of the Deep-Sea Drilling Project*, 77, pp. 339-376. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.809132>,
- Davis, G.H., Reynolds, S.J. and Kluth, C.F., 2012. *Structural Geology of Rock and Regions*, 3<sup>rd</sup> Edition, John Wiley and Sons, Inc., 839 P.
- Dunham, R.J., 1962, Classification of Carbonate Rocks According to Their Depositional Texture, in W. E. Ham, ed., *Classification of Carbonate Rocks—A Symposium*: Tulsa, OK, American Association of Petroleum Geologists Memoir 1, pp. 108-121.
- Flügel, E., 2004. *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application*, Springer Verlag: 976 P.
- Flügel, E., 2010. *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application*, 2<sup>nd</sup> Ed. Springer, Berlin: 984 P.
- Fouad, S.F., 2015. Tectonic map of Iraq, Scale 1: 1000 000, 2012. *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, 11(1), pp. 1-7.
- Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Smith, A.G., Bleeker, W. and Lourens, L.J., 2004. A New Geologic Time Scale, with Special Reference to Precambrian and Neogene. *Episodes Journal of International Geoscience*, 27(2), pp. 83-100. DOI: [10.18814/epiiugs/2004/v27i2/002](https://doi.org/10.18814/epiiugs/2004/v27i2/002)
- Haq, B.U. and Al-Qahtani, A.M., 2005. Phanerozoic Cycles of Sea-Level Change on the Arabian Platform. *GeoArabia*, 10(2), pp. 127-160. DOI: [10.2113/geoarabia1002127](https://doi.org/10.2113/geoarabia1002127)
- Jassim, S. Z., Goff, J. C., 2006. *Geology of Iraq*. Czech Republic, Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno, 341 P.
- MacLeod, K.G., Huber, B.T., Ward, P.D., 1996. The Biostratigraphy and Paleobiogeography of Maastrichtian Inoceramids. In: Ryder, G., Fastovsky, D., Gartner, S. (Eds.), *The Cretaceous-Tertiary Event and Other Catastrophes in Earth History*. Geological Society of America Special Paper, Vol. 307. pp. 361–373. <http://hdl.handle.net/10088/7438>



- Malak, Z.A., Al-Badrani, O.A. and Al-Hamidi, R.I., 2021. Stratigraphic and Microfacies Study of Kometan Formation (Upper Turonian-Lower Campanian), in the Dokan Area, Northern Iraq. *The Iraqi Geological Journal*, pp. 51-68. <https://doi.org/10.46717/igj.54.1F.6ms-2021-06-26>
- Mullenax, A.C. and Gray, D.R., 1984. Interaction of Bed-Parallel Stylolites and Extension Veins in Boudinage. *Journal of Structural Geology*, 6(1-2), pp. 63-71. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(84\)90084-1](https://doi.org/10.1016/0191-8141(84)90084-1)
- Numan, N.M., 2001. Cretaceous and Tertiary Alpine Subductional History in Northern Iraq. *Iraqi Journal of Earth Science*, 1(2), pp. 59-74.
- Ouardi, H., Amine, A., Zouiten, S., El Makrin, S., Habibi, M., El Makrini, H., and Boualoul, M., 2022. Origin of Clastic Dykes and Normal Faults Affecting the Lacustrine Limestones Within the Neogene Saiss Basin, Northern. *Geogaceta*, Vol. 72, pp. 63-66.
- Parrino, N., Agosta, F., Di Stefano, P., Napoli, G., Pepe, F. and Renda, P., 2019. Fluid Storage and Migration Properties of Sheared Neptunian Dykes. *Marine and Petroleum Geology*, 102, pp. 521-534.
- Ramsay, J.G., Huber, M.I., and Lisle, R.J., 1983. *The Techniques of Modern Structural Geology, V.1: Strain Analysis*: Academic Press, London, 307 P.
- Sabbatino, M., Tavani, S., Vitale, S., Ogata, K., Corradetti, A., Consorti, L., Arienzo, I., Cipriani, A. and Parente, M., 2021. Forebulge Migration in the Foreland Basin System of the Central-Southern Apennine Fold-Thrust Belt (Italy): New High-Resolution Sr-Isotope Dating Constraints. *Basin Research*, 33(5), pp. 2817-2836. DOI: [10.1111/bre.12587](https://doi.org/10.1111/bre.12587)
- Sanchez-Hernandez, Y. and Florentin, J.M.M., 2014. Geochemical Characterization and Redox Signals from the Latest Barremian to the Earliest Aptian in a restricted Marine Basin: El Pui section, Organyà Basin, South-Central Pyrenees. *Chemical Geology*, 372, pp. 12-31.
- Santantonio, M., 1993. Facies Associations and Evolution of Pelagic Carbonate Platform/Basin Systems: Examples from the Italian Jurassic. *Sedimentology*, 40(6), pp. 1039-1067.
- Schlager, W. and Camber, O., 1986. Submarine Slope Angles, Drowning Unconformities, and Self-Erosion of Limestone Escarpments. *Geology*, 14(9), pp. 762-765.
- Scholle, P.A. and Ulmer-Scholle, D.S., 2003. *A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, Textures, Porosity, Diagenesis*, AAPG Memoir Vol. 77. 459 P. <https://doi.org/10.1306/M77973>
- Shadmon, A., 2008. Stylolites: A Diagnostic Tool. Retrieved from [www.litosonline.com/articles/73/ar730ue.shtml](http://www.litosonline.com/articles/73/ar730ue.shtml).
- Sharland, P.R., Casey, D.M., Davies, R.B., Simmons, M.D. and Sutcliffe, O.E., 2004. Arabian Plate Sequence Stratigraphy—Revisions to SP2. *GeoArabia*, 9(1), pp. 199-214. DOI: [10.2113/geoarabia0901199](https://doi.org/10.2113/geoarabia0901199)
- Sinha-Roy, S., 2002. Kinetics of Differentiated Stylolite Formation. *Current Science*, Vol. 82, No. 8, pp. 1038-1046.
- Sliter, W.V., 1972. Upper Cretaceous Planktonic Foraminiferal Zoogeography and Ecology—Eastern Pacific Margin. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 12(1-2), pp. 15-31.

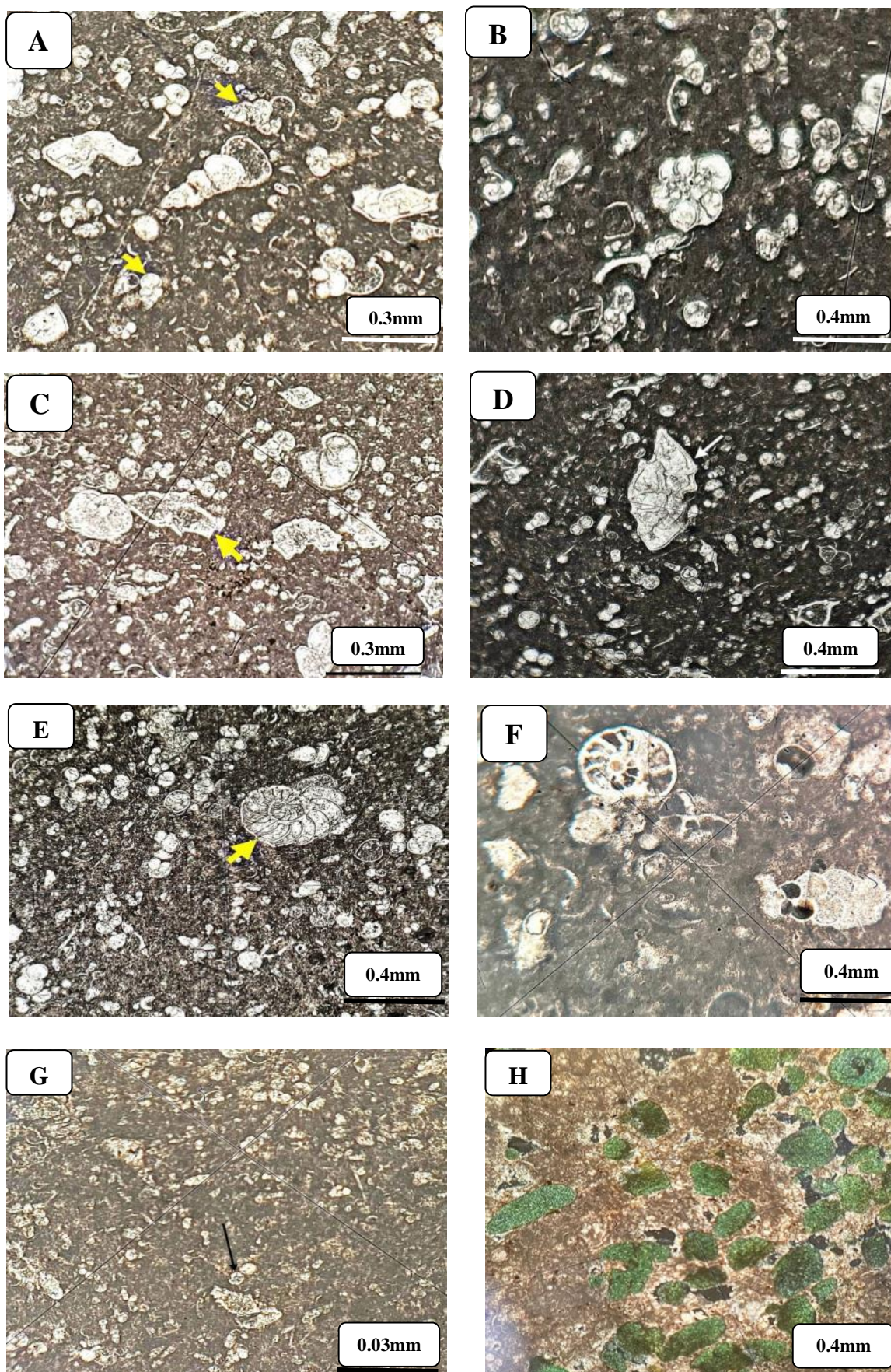
- Smart, P.L., Palmer R.J., Whitaker F. and Wright V.P., 1988. Neptunian Dikes and Fissure Fills: An Overview and Account of Some Modern Examples. In: James N.P. and Choquette P.W. (Eds.), Paleokarst. New York: Springer-Verlag, pp. 149-163.
- Taha, Z.A. and Karim, K.H., 2009. New Ideas About Gulneri Formation (Early Turonian) in Dokan Area, Kurdistan Region, NE Iraq. Iraqi Bulletin of Geology and Mining, 5(2), pp. 29-39.
- Wilson, J. L., 1975. Carbonate Facies in Geologic History, Springer-Verlag, Berlin, 471 P.
- Winterer, E.L. and Sarti, M., 1994. Neptunian Dykes and Associated Features in Southern Spain: Mechanics of Formation and Tectonic Implications. Sedimentology, 41(6), pp. 1109-1132. DOI: [10.1111/j.1365-3091.1995.tb00420.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1995.tb00420.x)
- Znad, R.K., 2013. Early Cretaceous – Early Eocene Tectonic Evolution of a Part of Zagros Foreland Basin, Northern Iraq. Unpublished PhD Thesis, University of Mosul, College of Science, 194 P. (in Arabic).

### اللوحة الاولى

- A. صدفة لجنس (*Heterohelix*)، ضمن التتابعات الوسطى لتكوين كوميتان.
- B. مقطع عرضي لجنس (*Globigerinelloides*) ضم التتابعات العليا لتكوين كوميتان.
- C. مقطع عرضي لجنس (*Globotruncana*) المتصف بصدفته المحدبة الوجهين وبجوؤه المزدوج، ضمن التتابعات السفلى لتكوين كوميتان.
- D. صدفة لجنس (*Globotruncania*) ذو الجؤجؤ المنفرد والمحدب الوجهين ضمن التتابعات السفلى من التكوين.
- E. مقطع عرضي لصدفة الروتاليد (*Rotalids*) العائدة للفورامينيفرا القاعية.
- F. مقطع عرضي لصدفة جنس (*Bolivina*) العائدة للفروامينيفرا القاعية والمتواجدة ضمن الجزء العلوي من التكوين.
- G. صدفة الراديولاريا صنف *Spumellaria* الكروي.
- H. معدن الكلوكونايت في سحنة الحجر الجيري المرصوص الحاوية على الكلوكونايت ضمن حد التماس بين تكويني شيرانش وكوميتان.



## اللوحة الاولى



### اللوحة الثانية

- A. سحنة الحجر الجيري الواكي الحاوية للفورامنيفيرا الطافية.
- B. سحنة الحجر الجيري الواكي الحاوية على الراديولاريا.
- C. سحنة الحجر الجيري الواكي الحاوية على الفورامنيفيرا الطافية الجؤجؤية.
- D. سحنة الحجر الجيري الواكي الحاوية على الفتاتات الدقيقة الثانوية.
- E. سحنة الحجر الجيري الواكي الحاوية على الفورامنيفيرا الطافية والكرات الكلسية
- F. سحنة الحجر الجيري الحاوية للفتاتات من قطع اصداق المحاريات.
- G. سحنة الحجر الجيري المرصوص والحوية على الفورامنيفيرا الطافية، حيث يظهر في هذه السحنة عملية رص الحبيبات، واثار عمليات الانضغاط الميكانيكي من كسور في الاصداف، وتوجيه الحبيبات.
- H. سحنة الحجر الجيري المرصوص الحاوية على الفتاتات الحياتية الدقيقة.



## اللوحة الثانية

