

دراسة إحصائية للمنخربات والنانوفوسيل الكلسية على الحد ما بين السينومانيان والتورونيان في السلسلة الساحلية /سورية/

هبة شمعة¹ د. كايد معلولة² د. سامر كنجو³

1 طالبة دراسات عليا /دكتوراه/، قسم الجيولوجيا، كلية العلوم، جامعة دمشق.

2 أستاذ في قسم الجيولوجيا، كلية العلوم، جامعة دمشق.

3 أستاذ مساعد في قسم الجيولوجيا، كلية العلوم، جامعة دمشق.

الملخص

تم إجراء دراسة إحصائية للمرة الأولى لرسوبات فترة الحد بين السينومانيان الأعلى والتورونيان الأسفل في عدة مقاطع تقع في السلسلة الساحلية غرب سورية. استخدمت في هذه الدراسة مجموعتين من المستحاثات المجهرية (المنخربات) في عدة مقاطع والنانوفوسيل الكلسية لمقطع اسقبة . تم تمييز وجود نطاقين بقيم منخفضة لمنحني الغزارة النسبية للمنخربات توافقين فترتين مرجعتين خلال السينومانيان الأوسط وفي قمة السينومانيان الأعلى (تشكيلة باب عبدالله).

استخدم في هذا العمل عدة معايير أشارت بمجملها إلى حصول ارتفاع في منسوب مياه البحر خلال أسفل التورونيان من خلال تزايد في الغزارة النسبية لأنواع النانوفوسيل الكلسية والمنخربات والذي يدل على توفر الشروط الملائمة لغزارتها مثل توفر الضوء وحرارة المياه الدافئة المناسبة بدليل هيمنة أفراد الجنس *Watznueria* من النانوفوسيل الكلسية والذي يعتبر من أنواع المياه الدافئة، إضافة إلى تزايد في غزارة أنواع الجنس *Rotalipora* من المنخربات المتوافقة مع زيادة في سماكة العمود المائي.

تشير المقارنة بين منحني الغزارة الكلية للنانوفوسيل الكلسية والمنخربات في رسوبات السينومانيان لوجود تناقص واضح في الغزارة يتوافق مع بيئة بحرية قليلة العمق ذات نظام ترسيبي حطامي / غضاري مارني / وكيميائي /كلسي غالبا / في السلسلة الساحلية.

تاريخ الإيداع: 2022/02/07

تاريخ القبول: 2022/06/22



حقوق النشر: جامعة دمشق -

سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق

النشر بموجب الترخيص

CC BY-NC-SA 04

الكلمات المفتاحية: السينومانيان، التورونيان، المنخربات، النانوفوسيل، الغزارة النسبية.

Quantitative study of foraminifera and calcareous nannofossils on the boundary between the Cenomanian - Turonian in the coastal chain /Syria/

Hiba Shamaa¹ Kayed Malouleh² Samer Kenjo³

¹ Phd student Geology, Faculty of sciences, Damascus University.

²Prof, Department of Geology, Faculty of sciences, Damascus University.

³Prof Assistant, Department of Geology, Faculty of sciences, Damascus University.

Abstract

A quantitative study is prepared for the first time to the sediments of Upper Cenomanian /Lower Turonian boundary period in several sections situated in the Costal chain in the west of Syria. Two groups of micropaleontology have been used (Foraminifera) in several sections and Calcareous Nannofossils in Escebleh section. Two zones of low values of the relative abundance of Foraminifera are observed corresponding two anoxic period in the middle Cenomanian and the top of Cenomanian (Bab Abdullah Formation).

Several criteria were used indicating in global the increase in the sea level in the lower part of Turonian. 1- The increase of the relative abundance of Calcareous Nannofossils and Foraminifera species indicates the favorable conditions for its abundance like the light and the warm water temperature , as evidenced by The dominance in the assemblage of the species of genus *Watznueria* of calcareous nannofossils is considered the warm specie. 2- The increase in the abundance of *Rotalipora* of Foraminifera corresponding with the increase in the thickness of water column. The correlation between the relative abundance curve of Calcareous Nannofossils and Foraminifera in the Cenomanian sediments indicates the decrease in the abundance coincide to a shallow marine environment that has chemical and debris sedimentation system in the coastal chain.

Received :2021/02/07

Accepted:2022/06/22



Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Key words: CENOMANIAN, TURONIAN, FORAMINIFERA, NANNOFOSSILS, RELATIVE ABUNDANCE.

المقدمة:

تعتبر الدراسات الإحصائية الكمية باستخدام المستحاثات المجهرية من أكثر الأساليب المستخدمة حالياً لتمييز الحد بين طابقين مختلفين (Kenjo et al., 2021; Kenjo, 2014; Mattioli et al., 2008; ; Huber et al., 1999; Bralower, 1988). تعتمد هذه الطريقة على دراسة تغيرات الغزارة النسبية لأنواع المجموعة المدروسة بهدف تحديد الحد الستراتيغرافي بين عمري جيولوجيين مختلفين (عبود وآخرون، 2021؛ العبدون، 2019)، من ناحية أخرى تعتبر دراسة التغيرات الباليوجغرافية في صلب الأهداف التي تسعى هذه الطرق إلى تحقيقها وذلك من خلال تحديد تغيرات عمق الوسط وانعكاس تغيرات النظام الترسيبي على غزارة هذه الأنواع ودراسة تغيرات درجة حرارة مياه البحار والمحيطات (Reolid et al., 2014).

تشير العديد من الدراسات السابقة إلى كون زمن السينومانيان و التورونيان كانت مميزة بالعديد من الأحداث الجيوكيميائية من خلال ارتفاع في تركيز غاز ثنائي أكسيد الكربون وما رافقه من زيادة درجة حرارة مياه البحار والمحيطات وارتفاع منسوبها، والتي أثرت بشكل عام على توزع المستحاثات المجهرية للمنخربات والنانوفوسيل في مياه المحيطات، (Haq et al., 1987; Clarke and Jenkyns, 1999; Huber et al., 2002; Wilson et al., 2002; Forster et al., 2007a, b; Bornemann et al., 2008). انعكست التغيرات السابقة على زيادة الإمداد بالمواد الرسوبية الغنية بالمواد العضوية ضمن الأحواض الترسيبية والمناطق الهامشية القريبة من القارة والتي تمثلت بهيمنة واضحة لسماكيات كبيرة من التوضعات المارنية الغضارية خلال هذه الفترة والتي دعيت بالفترة المرجعة الفقيرة بالأوكسجين (Schlanger and Jenkyns, 1976). تمثل الفترة المرجعة اضطراب عام في دورة الكربون من خلال وجود قيم مرتفعة من تركيز الكربون العضوي في الفترة المرجعة يوافق نطاق إيجابي من قيم النظير الثابت الكربون C^{13} .

(Arthur et al., 1987, 1988; Schlanger et al., 1987).

شملت الفترة المرجعة السابقة هيمنة شروط مرجعة ضمن الأوساط البحرية العميقة والتي امتدت لتشمل النطاق الضوئي خلال فترة السينومانيان / التورونيان (Kuhnt et al., 1990; Kuypers et al., 2002; Pancost et al., 2004).

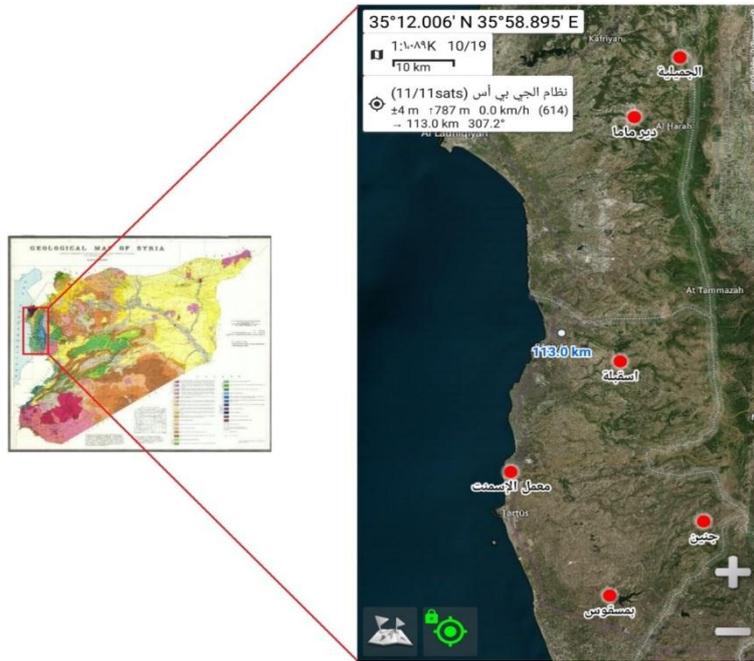
أثرت الشروط السابقة على توزع وغزارة الكائنات البحرية الدقيقة المعلقة منها والقاعية في مياه البحار والمحيطات (Masse and Philip, 1981; Erbacher and Thurow, 1997; Premoli Silva et al., 1999; Leckie et al., 2002). تعتبر المنخربات والنانوفوسيل من ضمن المجموعات الحيوية المجهرية والتي تأثرت بالعوامل السابقة وبالتالي تساعد دراسة تغيرات غزارتها في تحيد التغيرات البيئية القديمة خلال الفترة المدروسة، وبالتالي تعتبر بمثابة دلائل فائقة الأهمية لفهم التغيرات البيئية القديمة التي وسمت الحد بين السينومانيان والتورونيان (Holbourn and Kuhnt, 2002; Gebhardt et al., 2004). أظهرت العديد من الدراسات السابقة وجود ترابط بين تغيرات غزارة المنخربات القاعية مع تغيرات في تدفق المواد العضوية وتنقص في درجة أكسدة المياه الأكثر عمقا من البحر، وأشارت إلى غيابها ضمن رسوبات الفترة المرجعة والتي امتدت حتى المياه الأكثر عمقا من النطاق الضوئي (Martinez, 2003; Holbourn et al., 1999).

تتميز تغيرات تجمعات النانوفوسيل الكلسية بكونها من أهم المعايير الدالة حديثاً على التغيرات البيئية القديمة وتساعد على إعادة بناء التطور المناخي القديم لمنطقة الدراسة من خلال استخدام تغيرات غزارة بعض الأنواع الدالة بيئياً كأنواع الجنس *Biscutum* والتي تتوافق غزارتها المرتفعة مع تزايد في غزارة المواد العضوية (Roth and Krumbach, 1986; Erba et al., 1992; Linnert et al., 2010). تهدف هذه الدراسة إلى تحديد التغيرات البيئية القديمة في منطقة الدراسة وذلك من خلال دراسة تغيرات الغزارة النسبية لأنواع مجموعتي النانوفوسيل الكلسية والمنخربات والتي تمثل انعكاس للتغيرات في مياه البحار والمحيطات القديمة.

الموقع الجغرافي والوصف الليتولوجي

تقع منطقة الدراسة في القسم الشمالي الغربي من سورية موازية للشواطئ الشرقية للبحر المتوسط، وتشكل الجزء الغربي من النظام الانزياحي العربي - الإفريقي.

تمتد المقاطع المدروسة ضمن محور شمال - جنوب اعتبارا من جنوب السلسلة الساحلية (مقطعي بمسقوس وجنين) مرورا بوسطها (مقطعي معمل الإسمنت وإسقبلة) حتى شمالها (مقطعي الجميلية ودير ماما)، (الشكل 1).



الشكل 1. منطقة الدراسة ومواقع أخذ العينات.

يتغير التركيب الليتولوجي للمقاطع المدروسة اعتبارا من أسفل كل مقطع باتجاه قمته ويتألف من تناوبات من الحجر الكلسي والكلس الغضاري مع الدولوميت بسماكات متغيرة يخلله سماكات كبيرة من المارن الغضاري تصل أحيانا إلى أكثر من خمسة أمتار في بعض المقاطع للسينومانيان (الشكل 2). يمكن ملاحظة استمرار نفس التتابع السابق تقريبا بالنسبة لرسوبات التورونيان مع ازدياد في نسبة الغضار ضمن هذه الرسوبات بشكل واضح وتناقص عام في سماكة المستويات الكلسية، (الشكل 2).

الشكل 2. التتابع الليتولوجي في المقاطع المدروسة.

مواد وطرائق البحث:

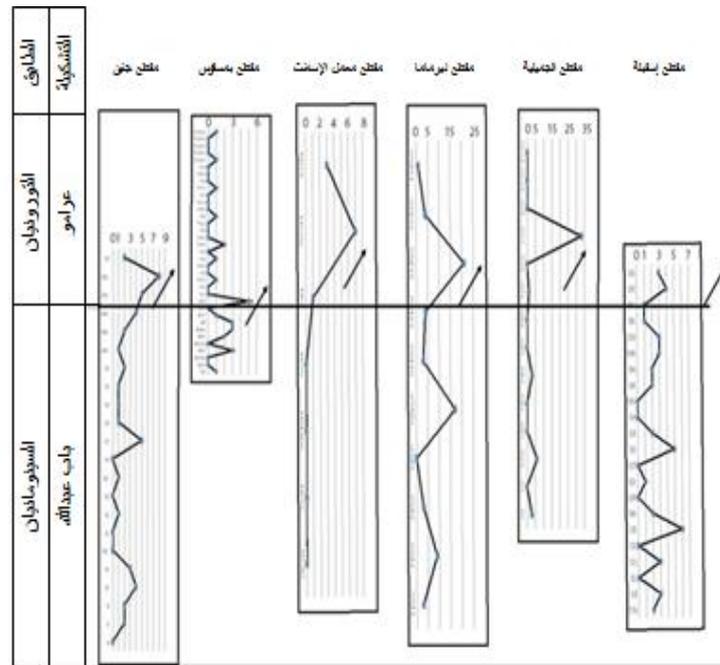
يتضمن هذا البحث القيام بدراسة كمية لأنواع العائدة للمجموعتين (المنخربات والنانوفوسيل الكلسية) من خلال دراسة حوالي 245 عينة للمنخربات في ستة مقاطع و 20 عينة للنانوفوسيل الكلسية في مقطع إسقبلة، وحدد اتجاه المقاطع من جنوب السلسلة (مقطعي بمسقوس وجنين) مرورا بوسطها (مقطعي إسقبلة ومعمل الإسمنت) وصولا إلى شمالها (مقطعي دير ماما والجميلية).

تم تحضير الشرائح المجهرية للنانوفوسيل الكلسية باستخدام طريقة (Geisen et al., 1999) من خلال خلط كمية من العينة الرسوبية بشكل بودرة مع ماء مقطر، حيث يوضع عدة قطرات من هذا المزيج على سائرة مجهرية ثم يتم فرشها وتجفيفها قبل لصقها على شريحة مجهرية باستخدام لاصق بلسم كندا. في مرحلة لاحقة تدرس هذه الشرائح باستخدام مجهر ضوئي استقطابي (OLYMPUS) بواسطة عدسة تكبير 100X وتحديد جميع أنواع النانوفوسيل الكلسية وإحصائها. أما للمنخربات فتم فرز هياكل المنخربات عن نواتج غسل الرسوبات الفتاتية باستخدام مكبرة وتجميعها ضمن خلايا، بحيث تحوي كل خلية أنواع المنخربات العائدة إلى عينة واحدة، كما تم تجهيز شرائح مجهرية للمنخربات من العينات القاسية ودراستها باستخدام مجهر ضوئي استقطابي (OLYMPUS).

النتائج والمناقشة:

حساب الغزارة النسبية للمنخربات

إن معالجة النتائج إحصائياً أعطت منحنيات الغزارة النسبية لجميع أنواع المنخربات المحددة في المقاطع الستة (الشكل 3). تم تمييز وجود ثلاثة نطاقات مثلت تغيرات منحنيات الغزارة النسبية في المقاطع المدروسة. قابل النطاق الأول قيم منخفضة للغزارة النسبية في المقاطع الستة ووافق فترة السينومانيان الأوسط (الشكل 3). في حين وقع النطاق الثاني والتميز بقيم منخفضة للغزارة النسبية لأنواع المنخربات تحت الحد بين السينومانيان والتورونيان (الشكل 3).



الشكل 3. الغزارة النسبية الكلية لأنواع المنخربات

يمكن ملاحظة وجود زيادة مفاجئة للغزارة النسبية اعتباراً من الحد بين السينومانيان والتورونيان في المقاطع الستة وبالتالي يشير بشكل واضح إلى وجود تغيير في شروط الترسيب ترافق مع ظهور أنواع جديدة وزيادة في غزارة الأنواع اعتباراً من هذا الحد (الشكل 3). يمكن تفسير وجود هذين النطاقين من القيم المنخفضة للغزارة النسبية للمنخربات إلى كونهما يتوافقان مع فترتين مرجعتين تم تمييز الفترة الأولى ضمن رسوبات السينومانيان الأوسط والثانية على الحد بين السينومانيان والتورونيان، حيث أشارت العديد من الدراسات العالمية إلى وجود هاتين الفترتين المرجعتين وسيطرة شروط مرجعة في بحار السينومانيان ضمن مقياس عالمي ترافق مع زيادة في حموضة الوسط البحري والذي امتد حتى النطاق السطحي من مياه بحار السينومانيان (Arthur et al., 1988; Tsikos

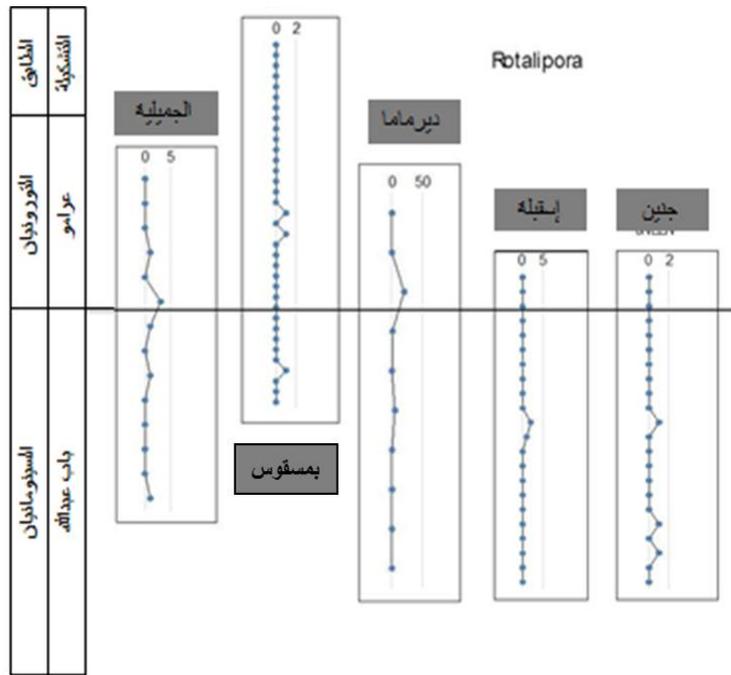
(et al., 2004 Hardas et al., 2012)، أدت زيادة حموضة الوسط إلى حصول انحلال للهياكل الهشة لبعض الأنواع، وبالتالي تناقص كبير في عدد الأشكال المحفوظة ضمن رسوبات طابق السينومانيان. منحنيات الغزارة النسبية لبعض أنواع المنخربات الدالة بيئياً

– الجنس *Rotalipora*

أثرت التغيرات البيئية القديمة على الحد ما بين السينومانيان والتورونيان بشكل أساسي على غزارة أنواع المنخربات المميزة بتلك الفترة. تم حساب عدد الأنواع لكل جنس، ودراسة تغيرات الغزارة على مستوى الجنس في المقاطع التي تم تمييزها فيها. يمكن ملاحظة وجود نادر لأنواع الجنس *Rotalipora* في مقطع اسقبلية حيث يختفي في كل عينات هذا المقطع باستثناء وجود محدود له يوافق السينومانيان الأعلى، في حين يختلف منحنى الغزارة له في مقطع جنين مع ملاحظة وجوده بقيم لا تتجاوز 2 في السنومانيان الأوسط لتختفي في السينومانيان الأعلى وأسفل التورونيان، (الشكل 4).

في مقطع دير ماما يتجه منحنى الغزارة لهذا النوع للزيادة عند الانتقال من السينومانيان الأعلى حيث تكون قيمه نادرة باتجاه التورونيان الأسفل، (الشكل 4).

في مقطع الجميلية لوحظ ازدياد في قيم غزارة هذا الجنس على الحد بين السينومانيان والتورونيان في حين يتناقص باتجاه أسفل المقطع وقيمه.



الشكل 4. الغزارة النسبية لأنواع الجنس *Rotalipora*

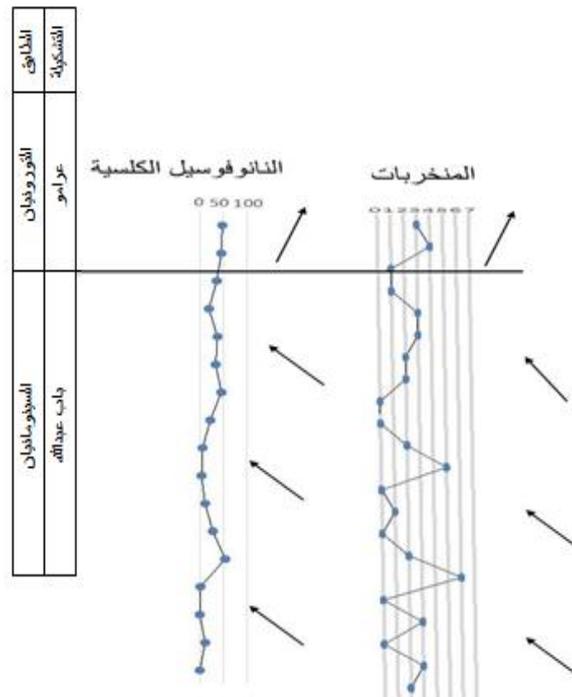
إن وجود غزارة نسبية عالية لأنواع الجنس *Rotalipora* تم تفسيره بهيمنة شروط وسط ذو إمداد غذائي قليل مترافق مع تزايد في سماكة العمود المائي (Reolid et al., 2015).

توافق فترة الحد بين السينومانيان والتورونيان بزيادة في قيم منحنى غزارة هذا الجنس وبالتالي يتوافق هذا التغير مع ازدياد في مستوى ماء البحر باتجاه أسفل التورونيان حيث يترافق مع ازدياد مسافة المقاطع عن اليابسة وبالتالي تناقص في الإمداد الغذائي الوارد منها.

يمكن ملاحظة وجود نفس الاتجاه بالنسبة لغزارة المنخربات ووجود ثلاثة قيم منخفضة الغزارة لها تتراوح بين 0-3 تتخللها قيمتين مرتفعتين للغزارة تصل حتى 8 أفراد في العينة الواحدة.

تظهر عملية المقارنة بين منحنى غزارة النانوفوسيل الكلسية مع المنخربات وجود توافق بين القيم المنخفضة والمرتفعة الغزارة للنانوفوسيل الكلسية والمنخربات (الشكل. 6).

ترتبط العديد من الدراسات العالمية، مثال (Kenjo, 2014: Kenjo et al., 2021) بين تناقص غزارة النانوفوسيل وتراجع في عمق بيئة الترسيب وذلك من خلال تناقص في سماكة النطاق الضوئي الملائم لتكاثر النانوفوسيل الكلسية، وبالتالي استنادا لتغيرات منحنى الغزارة في (الشكل. 6)، يوافق السينومانيان الأوسط والأعلى بيئة ترسيب بحرية ضحلة يتوافق مع التناقص الواضح في الغزارة النسبية للنانوفوسيل الكلسية والمنخربات البلاكتونية.



الشكل. 6. الغزارة النسبية لأنواع النانوفوسيل الكلسية والمنخربات في مقطع اسبقلة.

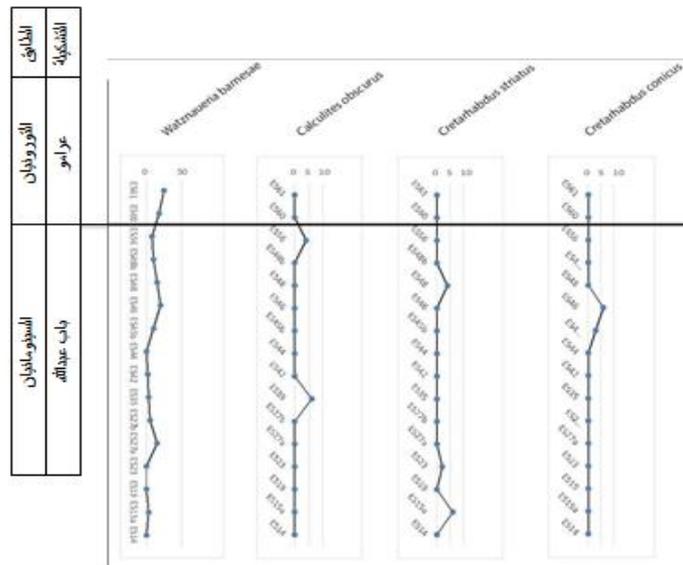
تمثل الفترة الانتقالية بين السينومانيان والتورونيان بداية تغير في الشروط الترسيبية مع بداية تعمق في بيئة الترسيب مترافقة مع تزايد في مستوى مياه البحر باتجاه رسوبات أسفل التورونيان واتجاه منحنى الغزارة للنانوفوسيل والمنخربات بالتزايد التدريجي خلال التورونيان الأسفل مع تغير في سحنة الترسيب باتجاه توضعات كلسية غضارية مترافقة مع مستويات من التوضعات المارنية الغضارية. تتوافق هذه النتيجة مع ما توصل إليه (Mouty et al., 2003) من تزايد في عدد أنواع المنخربات والأمونيت في رسوبات التورونيان الأسفل وتغير سحنة الترسيب إلى طبقات كلسية متوسطة السماكة.

إن المقارنة السابقة بين الغزارة النسبية لأنواع النانوفوسيل الكلسية والمنخربات في هذا العمل مع نتائج (Mouty et al., 2003)، تعطي هيمنة واضحة لشروط بيئة بحرية ضحلة قريبة من القارة مترافقة مع تزايد في إمداد المواد القارية خلال السينومانيان (الأوسط - الأعلى) في سوريا بشكل عام وفي السلسلة الساحلية بشكل خاص، يتبعها تزايد في مستوى ماء البحر خلال التورونيان الأسفل والذي انعكس بشكل خاص بتزايد في منحنى الغزارة مترافق مع تزايد في غضارية الرسوبات.

يتخلل التناقص العام في منحنيات الغزارة لأنواع النانوفوسيل الكلسية والمنخربات تزايد فجائي في الغزارة خلال السينومانيان (الشكل. 6)، والي يمكن تفسيره بشكل أساسي مع وجود تغيرات تضمنت تزايد في مستوى مياه البحر ضمن مقياس محلي ولفترات زمنية قصيرة ترافقت مع تغير في الشروط الترسيبية للوسط والذي انعكس من خلال تناقص في نسبة الدلمتة وزيادة في درجة حفظ هياكل النانوفوسيل الكلسية والمنخربات.

التغيرات البيئية القديمة لفترة الحد بين السينومانيان والتورونيان:

استخدمت الغزارة النسبية لأفراد بعض أنواع النانوفوسيل الكلسية والتي تم تحديدها في مقطع اسقبلية لفهم أفضل للتغيرات القديمة المرتبطة بدرجة حرارة مياه البحر والتغيرات الترسيبية خلال فترة الحد بين السينومانيان والتورونيان (الشكل. 7). يتميز السينومانيان بوجود فترتين تتراققان مع تزايد في غزارة أفراد الجنس *Watznueria* في العينتين 46ES27a, ES اختفاء لبقية أنواع النانوفوسيل الدالة باستثناء النوع *Cretarhabdus conicus* والمميز بقيم بين 5-10.



الشكل. 7. منحنيات الغزارة النسبية لأفراد بعض أنواع النانوفوسيل الكلسية في مقطع اسقبلية.

إن هيمنة أفراد الجنس *Watznueria* في العينتين السابقتين على بقية أنواع النانوفوسيل الكلسية تشير إلى تغير في الشروط الترسيبية ترافقت مع زيادة في درجة الدياجينيز والدلمتة خلال السينومانيان نتج عنه انحلال معظم هياكل أنواع النانوفوسيل الهشة بحيث بقي منها الهياكل المقاومة للعمليات السابقة.

يعتبر الجنس *Watznueria* من الأشكال المقاومة لعمليات الدياجينيز حيث ربطت العديد من الدراسات السابقة بين مظاهر الدياجينيز وزيادة غزارة أفراد هذا الجنس مقارنة مع بقية أنواع النانوفوسيل الكلسية (Kenjo et al., 2021).

على الحد بين السينومانيان والتورونيان تتناقص الغزارة النسبية للنوع *Calculites obscurus* يقابله تزايد في قيم منحنى غزارة الجنس *Watznueria*. يرتبط هذا التغير مع تزايد واضح في مستوى ماء البحر على الحد بين الطابقين السابقين والذي انعكس على تناقص في الإمداد الغذائي القادم من القارة مع زيادة عمق بيئة الترسيب في المقطع المدروس. تربط العديد من الدراسات البيئية القديمة بين زيادة غزارة أفراد الجنس *Watznueria* والمياه الدافئة وتعتبره أحد أشكال المياه الدافئة وله أهمية بيئية قديمة في تحديد درجة حرارة مياه البحار (عبود، 2021 ؛ عبود وآخرون، 2020 ؛ العبدون وآخرون، 2019؛ العبدون، 2019).

يتوافق بشكل عام تزايد مستوى مياه البحر مع تزايد في درجة حرارة المياه والمرتبب بشكل أساسي مع تزايد في ذوبان الجليديات ويستدل عليه من تزايد غزارة أحد الأشكال المميز للمياه الدافئة (الجنس *Watznueria*).

الاستنتاجات والتوصيات:

- تم في هذه الدراسة إجراء دراسة إحصائية للمرة الأولى لرسوبات فترة الحد بين السينومانيان والتورونيان في عدة مقاطع في السلسلة الساحلية غرب سورية.
- استخدمت في هذه الدراسة مجموعتين من المستحاثات المجهرية التي لها أهمية كبيرة في تحديد التغيرات البيئية القديمة وهي (المنخربات) لستة مقاطع والنانوفوسيل الكلسية لمقطع اسقبله.
- تشير معالجة المعطيات الكمية إلى وجود نطاقين بقيم منخفضة لمنحني الغزارة النسبية للمنخربات يتوافقا مع فترتين مرجعتين خلال السينومانيان الأوسط وفي قمة السينومانيان الأعلى.
- استخدم في هذا البحث عدة معايير أشارت بمجملها إلى حصول ارتفاع في منسوب مياه البحر خلال أسفل التورونيان والذي تم تفسيره من خلال تزايد في الغزارة النسبية لأفراد النانوفوسيل الكلسية والمنخربات في مقطع اسقبله عند مقارنتهما مع بعضهما البعض ومع الغزارة الكلية للمنخربات في بقية المقاطع والذي يدل على تزايد في سماكة النطاق الضوئي الملائم لزيادة أعدادها. يتمثل المعيار الثاني بزيادة في هيمنة أفراد الجنس *Watznueria* من النانوفوسيل الكلسية والذي يعتبر من أنواع المياه الدافئة، إضافة إلى تزايد في غزارة أفراد الجنس *Rotalipora* من المنخربات كمعيار ثالث والذي تدل غزارته العالية على شروط وسط ذو إمداد غذائي ضعيف يوافق زيادة في سماكة العمود المائي خلال أسفل التورونيان.
- يمكن تفسير تزايد غزارة أنواع هذا الجنس *Sachockoina* خلال فترة الحد بين السينومانيان والتورونيان في مقاطع الدراسة عند مقارنتها مع منحنيات غزارة أنواع الجنس *Rotalipora* بكون غزارة أنواع الجنس الأول تزداد ضمن بيئة أكثر عمقا ذات إمداد غذائي ضعيف ضمن شروط أوليغوتروفية.
- يتوافق تناقص منحني الغزارة الكلي للنانوفوسيل الكلسية والمنخربات في رسوبات السينومانيان مع بيئة بحرية قليلة العمق ذات نظام ترسيبي يهيمن عليه عمليات الدلمة للطبقات الكلسية في السلسلة الساحلية.
- تشير هيمنة أفراد الجنس *Watznueria* في رسوبات السينومانيان إلى تغير في الشروط الترسيبية ترافقت مع زيادة في درجة الدياجينيز والدلمة.
- يعتبر هذا العمل خطوة ضمن مجموعة خطوات لاحقة تعتبر استكمالاً لهذا العمل من خلال القيام بدراسات جيوكيميائية للنظائر الثابتة للكربون 13 والأوكسجين 18 وجيوفيزيائية لنطاقات القطبية المغناطيسية القديمة.

المراجع العربية:

- العبدون، ي. 2019. دراسة نطاقات المستحاثات المجهرية الكلسية الدقيقة لطوابق الكونياسيان - السانتونيان - الكامبانيان في الجزء الشمالي الشرقي من سلسلة الجبال التدمرية الشمالية، سورية. رسالة ماجستير غير منشورة. كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية، ص 89.
- العبدون، ي. معلولة، ك. ويزيك، م. خ. 2019. نانوبيوستراتيغرافية رسوبات الكونياسيان - السانتونيان والكامبانيان في الجزء الشمالي الشرقي لسلسلة الجبال التدمرية الشمالية، سورية. مجلة جامعة دمشق للعلوم الأساسية، جامعة دمشق (قيد النشر مجلة جامعة دمشق).
- عبود، ل. 2021. دراسة نانوبيوستراتيغرافية لرسوبات الكونياسيان - السانتونيان - الكامبانيان في سلسلة الجبال التدمرية الجنوبية، سورية. رسالة ماجستير غير منشورة. كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية.
- عبود، ل. معلولة، ك. ويزيك، م. خ. 2020. دراسة بيوستراتيغرافية وبالويكولوجية لرسوبات الكونياسيان - السانتونيان والكامبانيان باستخدام مستحاثات النانوفوسيل في سلسلة الجبال التدمرية الجنوبية، سورية. مجلة جامعة دمشق للعلوم الأساسية، جامعة دمشق (قيد النشر مجلة جامعة دمشق).

المراجع الأجنبية:

- Arthur, M.A.; Schlanger, S.T.; Jenkyns, H.C. The Cenomanian-Turonian Oceanic Anoxic Event, II. Palaeoceanographic controls on organic-matter production and preservation. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. 1987, 26, 401–420. [CrossRef]
- Arthur, M.A., Dean, W.E., Pratt, L.M., 1988. Geochemical and climatic effects of increased marine organic carbon burial at the Cenomanian/Turonian boundary. Nature 335, 714–717.
- Bornemann, A., R. D. Norris, O. Friedrich, B. Beckmann, S. Schouten, J. S. Sinninghe Damsté, J. Vogel, P. Hofmann, and T. Wagner. 2008. Isotopic evidence for glaciation during the Cretaceous supergreenhouse. Science 319:189–192.
- Bralower, T.J., 1988. Calcareous nannofossil biostratigraphy and assemblages of the Cenomanian-Turonian boundary interval: implications for the origin and timing of oceanic anoxia. Palaeoceanography 3, 275-316.
- Clarke, L. J., and H. C. Jenkyns (1999), New oxygen isotope evidence for long-term Cretaceous climatic change in the Southern Hemisphere, Geology, 27(8), 699–702.
- Erba, E., Castradori, D., Guasti, G., Ripepe, M., 1992. Calcareous nannofossils and Milankovitch cycles: the example of the Albian Gault Clay Formation (southern England). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 93, 47–69.
- Erbacher, J., Thurow, J., 1997. Influence of oceanic anoxic events on the evolution of mid-Cretaceous radiolaria in the North Atlantic and western Tethys. Marine Micropaleontology 30, 139–158.
- Forster, A., S. Schouten, M. Baas, and J. S. Sinninghe Damsté. 2007a. Mid-Cretaceous (Albian–Santonian) sea surface temperature record of the tropical Atlantic Ocean. Geology 35: 919– 922.
- Forster, A., S. Schouten, K. Moriya, P. A. Wilson, and J. S. Sinninghe Damsté. 2007b. Tropical warming and intermittent cooling during the Cenomanian/Turonian oceanic anoxic event 2: sea surface temperature records from the equatorial Atlantic. Paleoceanography 22:PA1219, doi:10.1029/2006PA001349.
- Gebhardt, H., Kuhnt, W., Holbourn, A., 2004. Foraminiferal response to sea level change, organic flux and oxygen deficiency in the Cenomanian of the Tarfaya Basin, southern Morocco. Marine Micropaleontology 53, 133–157.
- Geisen, M., Bollmann, J., Herrle, J.O., Mutterlose, J., Young, J.R., 1999. Calibration of the random settling technique for calculation of absolute abundances of calcareous-nannoplankton. Micropaleontology 45, 437–442.
- Haq, B., Hardenbol, J. & Vail, P. R. 1987. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. Science 235, 1156-1167.

- Hardas SS, Sultana R, Warriar G, Dan M, Florence RL, Wu P, et al. 2012. Rat brain pro-oxidant effects of peripherally administered 5 nm ceria 30 days after exposure. *NeuroToxicology* 33:1147–55.
- Holbourn, A.E.L., Kuhnt, W., 2002. Cenomanian-Turonian paleoceanographic change on the Kerguelen Plateau: a comparison with Northern hemisphere records. *Cretaceous Research* 23, 333–349.
- Holbourn, A.E.L., Kuhnt, W., El Albani, A., Ly, A., Gomez, R., Herbin, J.P., 1999. Palaeoenvironments and palaeobiogeography of the late cretaceous casamance transect (Senegal, NW Africa): distribution patterns of benthic foraminifera, organic carbon and terrigenous flux. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* 212, 335–377.
- Huber, B. T., Bralower, T. J. and Leckie, R. M., 1999. Paleocological and geochemical signatures of Cretaceous anoxic events: a tribute to William V. Sliter. *Journal of Foraminiferal Research*, 29: 313–506.
- Huber, B.T., Norris, R.D., MacLeod, K.G., 2002. Deep-sea paleotemperature record of extreme warmth during the Cretaceous. *Geology* 30, 123-126.
- Kenjo, S., 2014. Biostratigraphie intégrée à nannofossiles calcaires et ammonoïdes: développement et implications pour la définition et la valorisation des stratotypes d'unité et de limite. L'exemple des étages Berriasien et Valanginien et de leur limite (~140 Millions d'années). Unpublished PhD Thesis. Université Claude Bernard, Lyon 226 pp.
- Kenjo, S., Reboulet, S., Mattioli, E., Ma'louleh, K., 2021. The Berriasian-Valanginian boundary in the Mediterranean Province of the Tethyan realm: ammonite and calcareous nannofossil biostratigraphy of the Vergol section (Montbrun-les-Bains, SE France), candidate for the Valanginian GSSP. *Cretac. Res.* 121, 1–27.
- Kuypers, M.M.M., Pancost, R.D., Nijenhuis, I.A., Sinninghe Damsté, J.S., 2002. Enhanced productivity led to increased organic carbon burial in the euxinic North Atlantic basin during the late Cenomanian oceanic anoxic event. *Paleoceanography* 17, 3/1–3/13.
- Kuhnt, W., Herbin, J., Thurow, J., Wiedmann, J., Distribution of Cenomanian-Turonian organic facies in the Western Mediterranean and along the adjacent Atlantic margin, in *Deposition of Organic Facies*, edited by Alain-Yves Huc, AAPG Studies in Geology, 30, 133-160, 1990.
- Leckie, R.M., Bralower, T.J., Cashman, R., 2002. Oceanic anoxic events and plankton evolution: Biotic response to tectonic forcing during the mid-Cretaceous. *Paleoceanography*, 17 (10.1029/2001PA000623).
- Linnert, C., Mutterlose, J., and Erbacher, J., 2010, Calcareous nannofossils of the Cenomanian–Turonian boundary interval from the Boreal Realm (Wunstorf, northwest Germany): *Marine Micropaleontology*, v. 74, p. 38–58.
- Martinez, J.I., 2003. The paleoecology of Late cretaceous upwelling events from the upper magdalena basin, Colombia. *Palaios* 18, 305–320.
- Masse, J.P., Philip, J., 1981. Cretaceous coral-rudist buildups in France. In: Toomly, D.F. (Ed.), *European fossil reef models*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Special Publication 30, Tulsa, pp. 399–426.
- Mattioli, E., Pittet, B., Suan, G., Mailliot, S., 2008. Calcareous nannoplankton changes across the early Toarcian oceanic anoxic event in the western Tethys. *Paleoceanography* 23, PA3208.
- Mouty, M., Al Malel, K. & Abou Laban, H. 2003. Lécrotace moyen delachaine palmyrides (Syrie Centrale). *Departement de Geologie. Universite de Damas (Syrie)*.
- Pancost, R.D., Crawford, N., Magness, S., Turner, A., Jenkyns, H.C., Maxwell, J.R., 2004. Further evidence for the development of photic-zone euxinic conditions during Mesozoic oceanic anoxic events. *Journal of the Geological Society* 161, 353–364.
- Premoli Silva, I., and W. V. Sliter. 1999. Cretaceous paleoceanography: evidence from planktonic foraminiferal evolution. In E. Barrera, and C. C. Johnson, eds. *Evolution of the Cretaceous ocean-climate system*. Geological Society of America Special Paper 332:301–328.
- Reolid, M., Marok, A., Sebane, A., 2014. Foraminiferal assemblages and geochemistry for interpreting the incidence of Early Toarcian environmental changes in North Gondwana palaeomargin (Traras Mountains, Algeria). *Journal of African Earth Sciences* 95, 105–122
- Reolid, M., Sánchez-Quiñónez, C.A., Alegret, L., Molina, E., 2015. Palaeoenvironmental turnover across the Cenomanian-Turonian transition in Oued Bahloul, Tunisia: foraminifera and geochemical proxies. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 417, 491–510.

- Roth, P.H., Krumbach, K.R., 1986. Middle Cretaceous calcareous nannofossil biogeography and preservation in the Atlantic and Indian oceans: implications for palaeoceanography. *Marine Micropaleontology* 10, 235-266.
- Schlanger, S.O.; Jenkyns, H.C., 1976. Cretaceous oceanic anoxic events: Causes and consequences. *Geol. Mijnb.* 55, 179–184. 63.
- Schlanger, S.O.; Arthur, M.A.; Jenkyns, H.C.; Scholle, P.A., 1987. The Cenomanian-Turonian Oceanic Anoxic Event, I. Stratigraphy and distribution of organic carbon-rich beds and the marine $\delta^{13}C$ excursion. *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ.*, 26, 371–399. [CrossRef]
- Tsikos, H., Jenkyns, H. C., Walsworth-bell, B., Petrizzo, M. R., Forster, A., Kolonic, S., Erba, E., Premoli Silva, I., Baas, M., Wagner, T. & Sinninghe damste', J. S. 2004. Carbon-isotope stratigraphy recorded by the Cenomanian-Turonian Oceanic Anoxic Event: correlation and implications based on three key-localities. *Journal of the Geological Society, London* 161, 711–20.
- Wilson, P. A., R. D. Norris, and M. J. Cooper. 2002. Testing the Cretaceous greenhouse hypothesis using glassy foraminiferal calcite from the core of the Turonian tropics on Demerara Rise. *Geology* 30:607–610.