http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-irego57

Received	2026/06/25	تم استلام الورقة العلمية في
Accepted	2026/07/28	تم قبول الورقة العلمية في
Published	2026/07/30	تم نشر الورقة العلمية في

زلزال كريت سنة 365م: كارثة طبيعية غيرت وجه الساحل الليبي

ناصر محمد دياب[1] عبدالقادر محمد الأعوج[2]

1- قسم التقنيات المدنية – المعهد العالي للتقنيات الهندسية زليتن – ليبيا
nmdiab72@gmail.com

2- قسم الإدارة الهندسية – المعهد العالي للتقنيات الهندسية زليتن – ليبيا
elawig.@gmail.com

الملخص:

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير زلزال كريت 365 ميلادي على الساحل الليبي، مع التركيز على التغيرات الجيولوجية والطبوغرافية التي أحدثها هذا الحدث التاريخي. يستعرض البحث العلاقة بين النشاط التكتوني وتوزيع الأحواض الهيدروكربونية في ليبيا، وكيف ساهمت الفوالق التكتونية في تكوين وتوزيع هذه الموارد. كما يناقش البحث تأثير التغيرات المناخية وارتفاع مستوى سطح البحر على المناطق الساحلية الليبية، مع تقديم توصيات للتخطيط المستقبلي والتنمية المستدامة لمواجهة هذه التحديات. يخلص البحث إلى أن التخطيط الحضري الواعي واستراتيجيات التخفيف من الكوارث الطبيعية هما أساس حماية المجتمعات الساحلية وضمان استدامتها في مواجهة المخاطر الطبيعية المتزايدة.

وقد تم عرض هذه الورقة العلمية في جلسات المؤتمر الدولي للطاقة المتجددة والنفط والغاز وتغير المناخ "أيريقو" في الفترة 25-27 ابريل 2026م. طرابلس – ليبيا.

الكلمات المفتاحية: زلزال كريت – الساحل الليبي– التكتونيات– التسونامي – التغير المناخي– ارتفاع مستوى سطح البحر– التخطيط العمراني المستدام.

International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 38 العدد
Part 2 المجلد
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
International Science and Technology Journal
ISTJ

زلزال كريت سنة 365م: كارثة طبيعية غيرت وجه الساحل الليبي

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-irego57

The AD 365 Crete Earthquake: A Natural Disaster That Reshaped the Libyan Coast

Nasser M Diab[1], Abdulkader M Elawig[2]
1- Department of Civil Engineering Technologies
Higher Institute of Engineering Technologies, Zliten, Libya
E-mail: nmdiab72@gmail.com

2- , Department of Engineering Management,
Higher Institute of Engineering Technologies, Zliten, Libya
E-mail: elawig@gmail.com

Abstract
This study investigates the impact of the AD 365 Crete Earthquake on the Libyan coast, with particular emphasis on the geological and topographical changes induced by this significant historical event. The research examines the relationship between tectonic activity and the distribution of hydrocarbon basins in Libya, highlighting the role of tectonic faults in the formation, accumulation, and spatial distribution of hydrocarbon resources. Furthermore, the study discusses the impacts of climate change and sea-level rise on the Libyan coastal zones, providing recommendations for future planning and sustainable development to address these environmental challenges. The findings indicate that effective urban planning and comprehensive natural disaster risk reduction strategies are fundamental to protecting coastal communities and ensuring their long-term resilience against increasing natural hazards.

This scientific manuscript was presented at the sessions of the International Renewable Energy, Gas, Oil and Climate Change Conference "iREGO" in the period of April 25-27, 2026. Tripoli – Libya.

Keywords: AD 365 Crete Earthquake; Libyan Coast; Tectonics; Tsunami; Climate Change; Sea-Level Rise; Sustainable Urban Planning.

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-irego57

1. المقدمة

في 21 يوليو 365 ميلادي، شهد البحر الأبيض المتوسط واحدًا من أعنف الزلازل في تاريخه، والمعروف باسم زلزال كريت 365 ميلادي. بلغت قوة هذا الزلزال حوالي 8.0 على مقياس ريختر، وكان مركزه قبالة ساحل جزيرة كريت. لم يكن هذا الحدث مجرد زلزال تقليدي؛ فقد تسبب في رفع أرضي كبير وتوليد تسونامي هائل ضرب السواحل المحيطة بالبحر، بما في ذلك السواحل الليبية.

كان لهذا الزلزال آثار طويلة الأمد على البنية الجيولوجية والاجتماعية والاقتصادية في ليبيا، حيث أدى إلى تغييرات جذرية في شكل الساحل وتوزيع السكان والموارد الطبيعية. يهدف هذا البحث إلى استكشاف العلاقة بين زلزال كريت وتغير الساحل الليبي، مع التركيز على التأثيرات الجيولوجية والبيئية والاجتماعية لهذا الحدث الكارثي.

ويهدف البحث تحليل ودراسة الحركات التكتونية في منطقة البحر الأبيض المتوسط وتأثيرها على توليد الزلازل الكبرى مثل زلزال كريت 365م. وفهم كيفية تفاعل الفوالق التكتونية في البحر الأبيض المتوسط وأثرها على توزيع الهيدروكربونات في الأحواض الرسوبية الليبية.

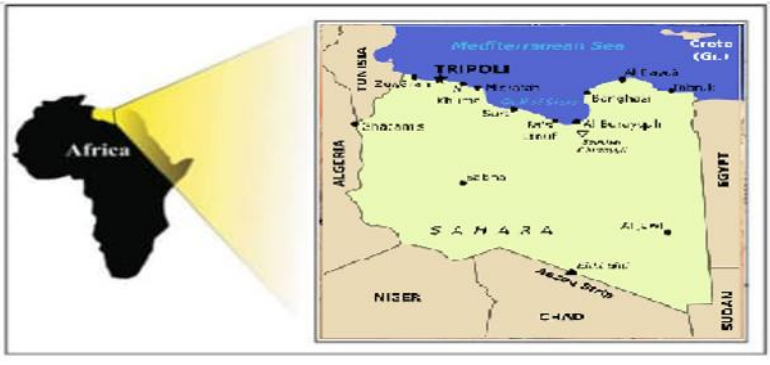
وكذلك تقييم الأثر الاقتصادي والاجتماعي تحليل الدمار الذي لحق بالمدن الساحلية الليبية نتيجة التسونامي وتحديد الأثر طويل الأمد على البنية التحتية والاقتصاد المحلي. ودراسة كيفية تأثير الكوارث الطبيعية الكبرى على المجتمعات الساحلية وكيفية تعافيها على مدى الزمن. وتطوير استراتيجيات لإدارة المخاطر، والمساهمة في البحث العلمي.

1.1. منطقة الدراسة

تقع ليبيا وسط ساحل أفريقيا الشمالي على البحر المتوسط، يحدها من الشرق مصر، ومن الجنوب الشرقي السودان وتشاد والنيجر من الجنوب، ومن الغرب الجزائر وتونس كما في (الشكل.1)، وتبلغ مساحتها ما يقرب من 1.76 مليون كيلومتر مربع وتعد ليبيا رابع أكبر دولة مساحةً في أفريقيا والعالم العربي، وتحتل الرقم 17 كأكبر بلدان العالم مساحة وبساحل يطل على البحر المتوسط يصل إلى 1850 كيلومتر. كما تحتل المرتبة التاسعة بين عشر دول لديها أكبر احتياطيات نفطية مؤكدة لبلدٍ في العالم. تُشكل الصحراء نسبة 95%

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-irego57

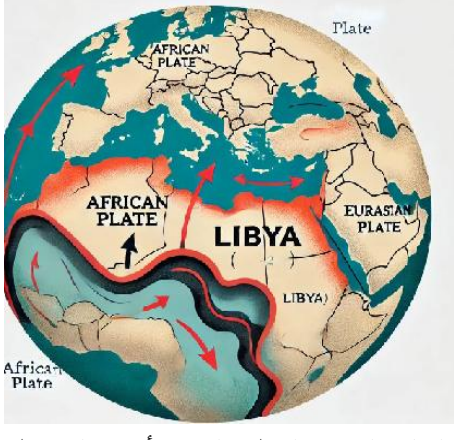
من إجمالي مساحة البلاد. اغلب السكان يعيشون في الشمال، وفلكيا تمتد ليبيا بين خطي طول 9 ° و 25 ° شرقا ، و دائرتي عرض 25 18 ° و 33 ° شمالا.



شكل 1: يبين موقع دولة ليبيا بالنسبة لأفريقيا.

2.1. الخلفية الجيولوجية لمنطقة البحر الأبيض المتوسط

تقع ليبيا على الحافة الشمالية للدرع الإفريقي، وهو جزء من منطقة البحر الأبيض المتوسط التكتونية النشطة. منذ فترات ما قبل الكمبري، كانت هذه المنطقة مسرحًا للحركات التكتونية المستمرة التي أسهمت في تشكيل تضاريسها الحالية (انظر الى الشكل 2)، بما في ذلك رفع الجبال، تشكيل الأحواض الرسوبية، وتغير خطوط السواحل.



شكل2: خريطة توضح الحركة التكتونية لمنطقة البحر الأبيض المتوسط وتفاعل الصفائح الأفريقية والأوراسية [2].

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-irego57

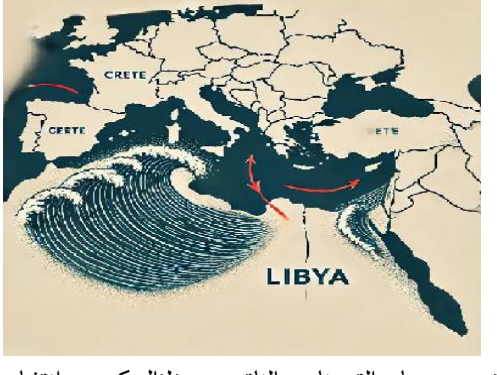
مكونات الخريطة:

- الأسهم: تمثل اتجاه حركة الصفائح التكتونية. يظهر السهم من الصفيحة الأفريقية نحو الصفيحة الأوراسية، مما يوضح حركة الصفيحة الأفريقية شمالاً باتجاه الأوراسية.
- ألوان مختلفة: تستخدم لتوضيح الصفائح المختلفة (على سبيل المثال، الصفيحة الأفريقية والصفيحة الأوراسية).

منطقة البحر الأبيض المتوسط تتأثر بحركة الصفائح التكتونية الأفريقية والأوراسية، وهي جزء من منطقة التيثيس، التي كانت محيطًا كبيرًا يفصل بين قارات لوراسيا وجوندوانا خلال حقب الحياة القديمة (الفانيروزي). عبر العصور الجيولوجية، تقلصت هذه البحار بسبب تحركات الصفائح التكتونية، مما أدى إلى تشكيل البحر الأبيض المتوسط الحديث والأحواض الغنية بالهيدروكربونات في شمال إفريقيا.

2. تاريخ الزلزال وتأثيره على البحر الأبيض المتوسط

وقع زلزال كريت نتيجة لنشاط تكتوني على طول حدود الصفائح بين الصفيحة الأفريقية والصفيحة الأوراسية. تسبب هذا النشاط في رفع مفاجئ لقاع البحر بالقرب من جزيرة كريت، مما أطلق موجات تسونامي هائلة اجتاحت السواحل المحيطة (انظر الى الشكل 3). كانت ليبيا من أكثر المناطق تأثرًا بهذا التسونامي المدمر، حيث وصلت الأمواج إلى ارتفاعات تجاوزت 10 أمتار، جرفت معها كل شيء في طريقها.



شكل 3: محاكاة توضح مسار التسونامي الناتج عن زلزال كريت وانتشاره عبر البحر الأبيض المتوسط [3،5] .

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-irego57

مكونات الخريطة:

- الدوائر المتدرجة بالألوان: تمثل توسع موجات التسونامي من مركز الزلزال (جزيرة كريت) باتجاه السواحل المحيطة، بما في ذلك ليبيا.
- الأسهم: تشير إلى اتجاه حركة أمواج التسونامي، موضحة كيفية انتشار الأمواج من مركز الزلزال.

3. التأثيرات الجيولوجية على الساحل الليبي

3.1 تدمير المدن والبنية التحتية الساحلية

كانت المدن الساحلية الليبية في ذلك الوقت مراكز حضرية وتجارية هامة. عندما ضرب التسونامي، دمر العديد من هذه المدن، وجرف مبانيها وسكانها إلى البحر. البنية التحتية مثل الموانئ والجسور تم تدميرها بالكامل، مما أدى إلى شلل النشاط الاقتصادي والتجاري في المنطقة لفترة طويلة. (انظر الى الصورة رقم.1. في الاسفل)

صورة 1: صور أثرية للمدن الساحلية الليبية التي دمرها التسونامي بعد زلزال كريت.

3.2. غمر الأراضي الزراعية وتغيرات في التربة

لم تقتصر آثار التسونامي على تدمير المدن فقط، بل امتدت لتشمل الأراضي الزراعية التي كانت تعتمد عليها المجتمعات المحلية. تدفقت المياه المالحة إلى الداخل، مما أدى إلى تدهور التربة وفقدان القدرة الزراعية في بعض المناطق. هذه التغيرات أثرت بشكل كبير على الإنتاج الزراعي وأدت إلى مجاعات ونقص في الموارد.

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-irego57

3.3 تغير خطوط الساحل

كان للتسونامي تأثير طويل الأمد على شكل الساحل الليبي. دفعت الأمواج الكبيرة الرمال والترسبات إلى الداخل، مما أدى إلى إنشاء شواطئ جديدة وغمر مساحات كبيرة من اليابسة (الشكل رقم 4). في بعض المناطق، تراجعت الأراضي بفعل قوة المياه، مما أعاد تشكيل الجغرافيا الساحلية بشكل دائم.

شكل 4: خريطة توضح التغيرات في خطوط الساحل الليبي قبل وبعد زلزال كريت 365م [8,9].

مكونات الخريطة:

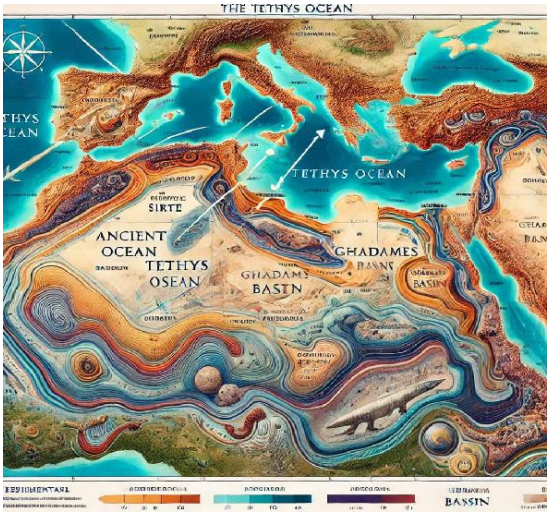
- الخطوط المتقطعة: تمثل خط الساحل الليبي قبل زلزال كريت.
- الخطوط المستمرة: تمثل خط الساحل بعد الزلزال، مما يوضح التغيرات التي طرأت على الساحل بفعل التسونامي.
- المناطق المظللة: تشير إلى الأراضي التي غمرتها المياه نتيجة التسونامي، مما يوضح المناطق التي فقدت أو غُمرت بسبب الزلزال.

4. الترابط الجيولوجي بين ليبيا ومنطقة التيثيس

منطقة التيثيس هي جزء من السياق الجيولوجي الأوسع الذي تقع فيه ليبيا. منذ فترات ما قبل الكمبري، تطورت الصفائح التكتونية في شمال إفريقيا ومنطقة التيثيس كوحدة واحدة، حيث كانت متصلة جسديًا وتتحرك معًا عبر الكرة الأرضية انظر الى الشكل رقم.5). خلال الفترات الجيولوجية المختلفة، كانت هذه الصفائح تقع على هامش سلسلة من البحار التيثيسية، بما في ذلك بروتو- تيثيس، باليو- تيثيس، وني- تيثيس.

زلزال كريت سنة 365م: كارثة طبيعية غيرت وجه الساحل الليبي

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-irego57



شكل5: خريطة جيولوجية لمنطقة التيثيس توضح تأثيرها على تشكيل الأحواض الرسوبية في شمال إفريقيا [12,13].

مكونات الخريطة:

- الأزرق الداكن: يمثل بحر التيثيس القديم الذي كان موجودًا خلال حقب الحياة القديمة (الفانيروزي).
- البني: يشير إلى الأحواض الرسوبية الكبرى مثل حوض سرت وحوض غدامس، التي تشكلت نتيجة للترسبات المتراكمة على مدى ملايين السنين.
- الأخضر: يمثل التضاريس الجبلية التي نشأت بسبب التحركات التكتونية.
- الأسهم: توضح تأثير بحر التيثيس على تكوين الأحواض الرسوبية، حيث تظهر اتجاهات حركة الصفائح التي ساعدت في تشكيل هذه الأحواض.

5. الأنظمة البترولية الباليوزوية والميسوزوية/السينوزوية

5.1 الأنظمة البترولية الباليوزوية

خلال الفترة الباليوزوية، كانت الترسيبات على طول الهامش التيثيسي تتكون أساسًا من السيليكلستيك مع طبقات متداخلة من الرسوبيات القارية والبحرية. تُعتبر صخور المصدر من العصر السيلوري من أهم الفترات الجيولوجية المنتجة للهيدروكربونات. هذه الصخور تمتد عبر العديد من المناطق في ليبيا، مما يجعلها غنية بالموارد البترولية.

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-irego57

5.2 الأنظمة البترولية الميسوزوية/ السينوزوية

خلال الفترات الميسوزوية والسينوزوية، كانت ليبيا تقع على هامش بحر التيثيس الجديد. تضمنت الترسيبات في هذه الفترات بيئات كربوناتية ضحلة، والتي تشكل أساسًا للعديد من الأنظمة البترولية العالمية اليوم. الصخور الغنية بالمواد العضوية التي تكونت في هذه الفترات أصبحت مصادر رئيسية للنفط والغاز.

5.3 العلاقة بين الزلزال والموارد الهيدروكربونية

رغم أن زلزال كريت كان كارثة طبيعية مدمرة، إلا أنه أتاح فرصة لفهم أعمق للتكوينات الجيولوجية في المنطقة. التغيرات التكتونية التي أحدثها الزلزال قد أثرت على توزيع الهيدروكربونات في الأحواض الساحلية الليبية كما هو موضح بالشكل رقم 6. بعض الدراسات تشير إلى أن الحركات التكتونية التي تسبب بها الزلزال قد أسهمت في تحسين الظروف لتكون هذه الموارد، أو حتى في إعادة توزيعها.

شكل 6: خريطة توضح توزيع الأحواض الهيدروكربونية في الساحل الليبي وتأثير النشاط التكتوني [14,15].

هذه الخريطة (الشكل 6) تعرض توزيع الأحواض الهيدروكربونية على طول الساحل الليبي وتأثير النشاط التكتوني عليها.

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-irego57

مكونات الخريطة:

- الأصفر: يمثل الأحواض الهيدروكربونية الغنية بالنفط مثل حوض سرت وحوض مرزق.
- الأحمر: يوضح الفوالق التكتونية النشطة التي تؤثر على تكوين وتوزيع هذه الأحواض.
- الأخضر الفاتح: يشير إلى المناطق الساحلية المحيطة بالأحواض الهيدروكربونية.
- الخطوط المتقطعة: تمثل الفوالق التكتونية التي تتقاطع مع الأحواض، مما يوضح كيف أن هذه الحركات التكتونية ساعدت في تجميع الهيدروكربونات في تلك الأحواض.

5.4. إنتاج الهيدروكربونات في الساحل الليبي

تمتلك ليبيا احتياطيات ضخمة من النفط والغاز، تم اكتشاف بعضها في الأحواض الساحلية التي تأثرت بالزلزال. حوض طرابلس البحري، على سبيل المثال، يحتوي على احتياطيات تُقدر بمليارات البراميل من النفط. يمكن أن تكون الزلازل والحركات التكتونية الأخرى قد لعبت دورًا في تشكيل هذه الأحواض وجعلها غنية بالهيدروكربونات.

6. الآثار البيئية والاجتماعية طويلة الأمد

1.6 الآثار البيئية

بالإضافة إلى تدمير البنية التحتية والمدن، تسبب زلزال كريت والتسونامي الناتج عنه في تأثيرات بيئية كبيرة. تغيرت ملامح السواحل، تراجعت الشواطئ، وظهرت بحيرات داخلية جديدة بفعل غمر الأراضي المنخفضة بالمياه. هذه التغيرات أدت إلى تدهور النظم البيئية الساحلية، بما في ذلك فقدان المواطن الطبيعية للحياة البحرية. انظر الصورة رقم 2.

صورة 2: صور للأضرار البيئية على السواحل الليبية بعد التسونامي، توضح فقدان المواطن الطبيعية وتدهور النظم البيئية [1].

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-irego57

2.6. الآثار الاجتماعية والاقتصادية

كان التأثير الاجتماعي والاقتصادي للزلزال هائلًا. فقد السكان مواردهم الزراعية والتجارية، مما دفع بعضهم إلى النزوح إلى مناطق أخرى. كما أن فقدان البنية التحتية التجارية أثر بشكل كبير على الاقتصاد المحلي، مما جعل التعافي من الكارثة أمرًا صعبًا وطويل الأمد.

3.6. تحليل المستقبل: تغير المناخ وتأثيره على السواحل الليبية

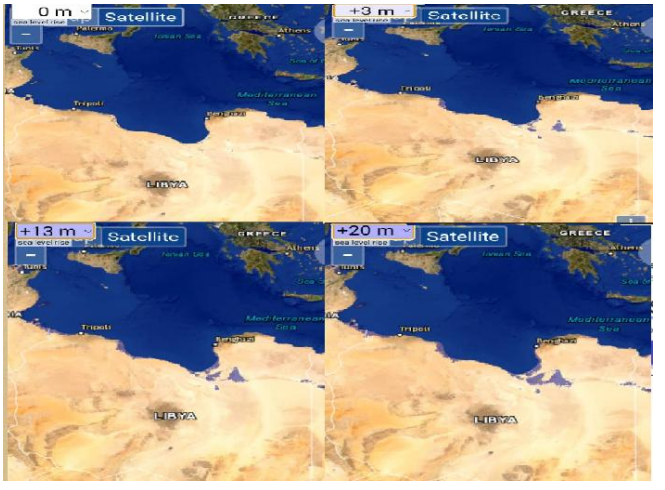
في ضوء تغير المناخ وزيادة مستوى سطح البحر، يمكن أن تكون السواحل الليبية أكثر عرضة للتأثيرات المستقبلية المشابهة لتلك التي تسبب فيها زلزال كريت 365 ميلادي. مع ارتفاع درجات الحرارة العالمية وذوبان الأنهار الجليدية، يتوقع العلماء ارتفاع مستويات سطح البحر، مما يزيد من خطر الفيضانات الساحلية

وتآكل الشواطئ. هذه التغيرات يمكن أن تؤدي إلى تفاقم التأثيرات التي شهدتها ليبيا بالفعل نتيجة للتسونامي الناتج عن زلزال كريت.

7. تأثير ارتفاع مستوى سطح البحر على الجيولوجيا الساحلية

من المتوقع أن يؤدي ارتفاع مستوى سطح البحر إلى زيادة تآكل السواحل، مما سيؤدي إلى فقدان الأراضي الزراعية والمناطق السكنية على طول السواحل الليبية. يمكن أن يتسبب ذلك في تحولات كبيرة في الجغرافيا الساحلية، مشابهة للتغيرات التي حدثت بعد زلزال كريت. الشواطئ المنخفضة والمناطق المحمية التي كانت موجودة في العصور القديمة قد تختفي تمامًا مع ارتفاع مستويات البحر، وخريطة وكالة ناسا توضح ارتفاع مستوى سطح البحر من الصفر إلى 20م واختفاء مساحات شاسعة من اليابسة وغمرها بمياه البحر. كما هو موضح بالشكل رقم 7.

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-irego57



شكل 7: خريطة ناسا توضح المناطق الساحلية الليبية المعرضة لخطر الفيضانات نتيجة لارتفاع مستوى سطح البحر.

1.7. الآثار البيئية المستقبلية

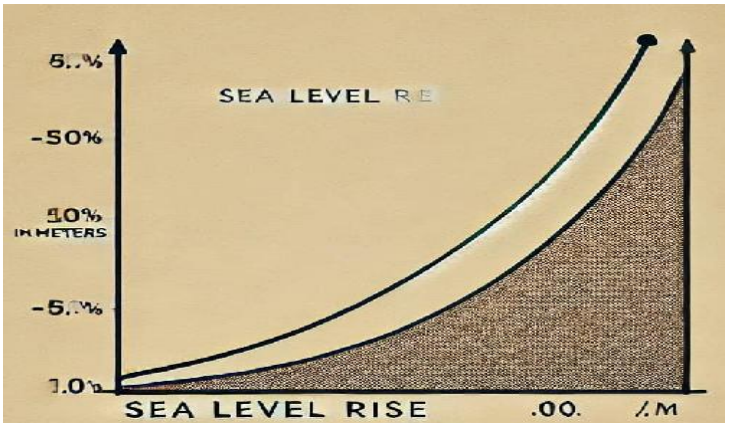
التغيرات في المناخ ومستوى سطح البحر ستؤثر أيضًا على النظم البيئية الساحلية. الشعاب المرجانية، التي تعد حاجزًا طبيعيًا ضد الأمواج، قد تتأثر بشكل كبير بسبب ارتفاع درجات حرارة المياه وتحمض المحيطات. فقدان هذه الحواجز الطبيعية يمكن أن يزيد من تعرض السواحل الليبية للعواصف البحرية والتسونامي.

بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تؤدي الفيضانات المستمرة إلى غمر الأراضي الرطبة الساحلية، مما سيؤثر على التنوع البيولوجي ويؤدي إلى تدمير مواطن الحياة البرية. هذه التغيرات البيئية يمكن أن تكون مشابهة لتلك التي شهدتها المنطقة بعد زلزال كريت، ولكنها قد تكون أكثر ديمومة وصعوبة في التعافي.

2.7. الآثار الاجتماعية والاقتصادية المستقبلية

التغيرات الجيولوجية والبيئية المتوقعة قد تؤدي إلى تحديات اجتماعية واقتصادية كبيرة للسكان الساحليين. فقدان الأراضي السكنية والزراعية يمكن أن يؤدي إلى نزوح السكان إلى الداخل، مما يضغط على الموارد والمرافق في المناطق الداخلية. كما هو موضح بالشكل رقم 8. يمكن أن تؤدي هذه الهجرة إلى توترات اجتماعية وزيادة في الفقر والبطالة.

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-irego57



شكل 8: رسم بياني يوضح العلاقة بين ارتفاع مستوى سطح البحر والنزوح السكاني المتوقع في المناطق الساحلية الليبية [4,7].

مكونات الرسم البياني:

المحور السيني (X): يمثل مستوى ارتفاع سطح البحر (بالمتر). المحور الصادي (Y): يمثل عدد السكان النازحين نتيجة لهذا الارتفاع. الخط الصاعد: يوضح العلاقة المباشرة بين ارتفاع مستوى سطح البحر وزيادة عدد النازحين، مما يشير إلى أن كلما ارتفع مستوى البحر، زاد النزوح السكاني.

كما أن تدهور الموارد الطبيعية، مثل الأراضي الزراعية ومصايد الأسماك، يمكن أن يؤثر على الاقتصاد المحلي ويزيد من الاعتماد على الاستيراد. هذا يمكن أن يؤدي إلى ضعف الأمن الغذائي وزيادة تكاليف المعيشة، مما سيزيد من الضغوط على الحكومات المحلية.

8. التقنيات الحديثة في استكشاف الزلازل القديمة

1.8. استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في دراسة الزلازل التاريخية

تقنيات الاستشعار عن بعد، مثل صور الأقمار الصناعية والرادار، تعد أدوات حيوية في دراسة الزلازل التاريخية وآثارها الجيولوجية. يمكن لهذه التقنيات أن تكشف عن التغيرات الطبوغرافية والتكتونية التي خلفتها زلازل قديمة مثل زلزال كريت 365 ميلادي كما هو موضح بالشكل رقم 9. على سبيل المثال، يمكن استخدام صور الأقمار الصناعية لتحليل التغيرات في ارتفاعات السواحل، مقارنة البيانات الحديثة بالخرائط الجيولوجية القديمة.

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-irego57

شكل 9: صور رادارية تظهر التغيرات الطبوغرافية في السواحل الليبية بعد زلزال كريت 365م.

هذه الصور الرادارية تُظهر التغيرات الطبوغرافية التي حدثت على السواحل الليبية بعد زلزال كريت 365م [3,5].

مكونات الصور:

الأحمر الداكن: يشير إلى المناطق التي شهدت ارتفاعًا طبوغرافيًا بعد الزلزال. الأزرق: يمثل المناطق التي تعرضت للغمر أو الهبوط الطبوغرافي نتيجة للزلزال. الأبيض: يظهر المناطق التي لم تتأثر بشكل كبير. الخطوط المتقطعة: تمثل الحدود الجديدة للساحل الليبي بعد التغيرات الطبوغرافية التي حدثت بفعل الزلزال.

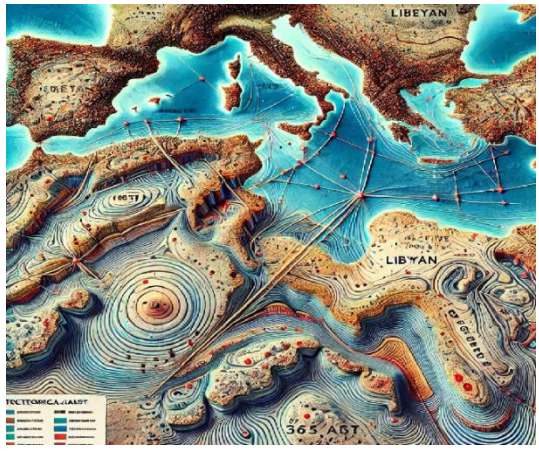
كما تتيح تقنيات الرادار، مثل تقنية الرادار ذو الفتحة التركيبية (SAR)، قياس التشوهات في سطح الأرض بدقة عالية. يمكن لهذه التقنية أن تساعد في تحديد الفوالق التكتونية التي قد تكون نشأت أو تحركت نتيجة للزلزال. هذه البيانات يمكن أن تكون أساسية لفهم كيف تغيرت الهياكل التكتونية للساحل الليبي بعد الزلزال، وكيفية تأثير ذلك على توزيع الرواسب والموارد الهيدروكربونية.

2.8. استخدام التنقيب الجيوفيزيائي لفهم الهياكل التكتونية

التنقيب الجيوفيزيائي هو أداة أخرى قوية لفهم الهياكل التكتونية المتأثرة بالزلازل. باستخدام تقنيات مثل الجاذبية والمغناطيسية والسيزموغرافيا (علم الزلازل)، يمكن للباحثين استكشاف

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-irego57

الطبقات الجيولوجية تحت سطح الأرض واكتشاف الفوالق والصدوع التي قد تكون نشأت أو تحركت نتيجة للزلازل القديمة. كما هو موضح بالشكل رقم 10.



شكل 10: بيانات جيوفيزيائية توضح الفوالق التكتونية في منطقة الساحل الليبي وتأثير زلزال كريت عليها [16,17] .

مكونات الخريطة:

الأحمر: يرمز إلى الفوالق التكتونية النشطة التي تأثرت بشكل كبير بالزلزال، مما يدل على النشاط الزلزالي القوي في تلك المنطقة. البرتقالي: يمثل الفوالق التكتونية الأقل نشاطًا ولكنها لا تزال ذات أهمية في السياق الجيولوجي للمنطقة. الأصفر: يشير إلى المناطق التي تأثرت بالهزات الأرضية الناتجة عن الزلزال. الأسهم: توضح اتجاه حركة الفوالق التكتونية التي ساهمت في التغيرات الطبوغرافية والجيوفيزيائية للساحل الليبي.

يمكن للتنقيب الجيوفيزيائي أن يكشف عن الفوالق التي قد تكون نشأت تحت البحر بالقرب من السواحل الليبية. هذه الفوالق يمكن أن تكون لها آثار مباشرة على توزيع الهيدروكربونات، حيث يمكنها أن تعمل كقنوات للهجرة النفطية أو كحواجز تمنع الهجرة. تحليل هذه الفوالق يمكن أن يساعد في تحسين استراتيجيات استكشاف النفط والغاز في المناطق الساحلية الليبية.

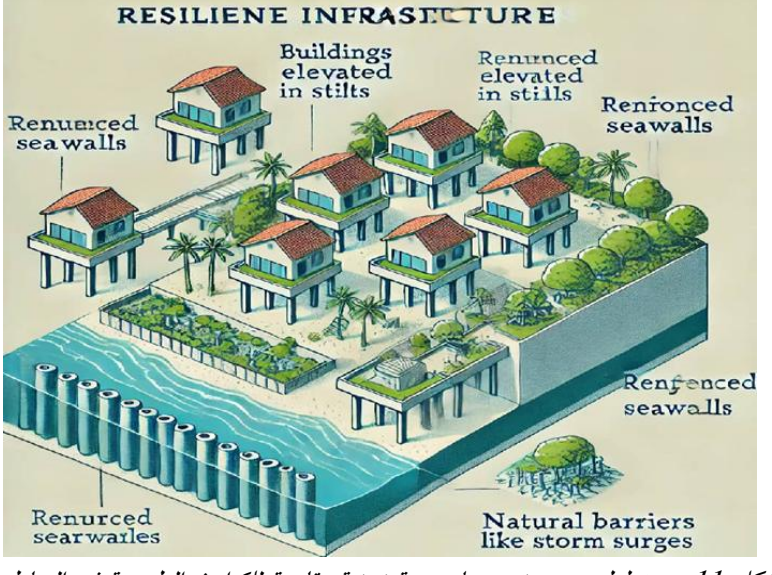
http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-irego57

9. استراتيجيات التخفيف والجاهزية للكوارث المستقبلية

1.9. تطوير خطط إخلاء وتخفيف للمدن الساحلية

بناءً على الدروس المستفادة من زلزال كريت 365 ميلادي، من الضروري تطوير خطط إخلاء فعالة للمجتمعات الساحلية المعرضة لخطر الزلازل والتسونامي. يجب أن تشمل هذه الخطط:

- تحسين نظم الإنذار المبكر: تزويد المجتمعات بأجهزة إنذار مبكر يمكن أن توفر وقتًا كافيًا للإخلاء في حالة حدوث تسونامي.
- بناء بنية تحتية مقاومة للكوارث: تصميم المباني والمرافق الساحلية لتحمل الأمواج العالية والتأثيرات الزلزالية. يمكن استخدام تقنيات البناء الحديثة التي توفر مرونة واستدامة للبنية التحتية الساحلية.
- تدريب المجتمعات المحلية: إجراء تدريبات دورية للسكان حول كيفية التصرف في حالة الطوارئ وكيفية الإخلاء بأمان.



شكل 11: مخطط يوضح تصميمات بنية تحتية مقاومة للكوارث الطبيعية في المناطق الساحلية [10,11].

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-irego57

2.9. التخطيط للتنمية المستدامة في المناطق الساحلية المعرضة للخطر

يجب أن يكون التخطيط العمراني في المناطق الساحلية الليبية حساسًا للمخاطر الجيولوجية. استراتيجيات التنمية المستدامة يجب أن تأخذ في الاعتبار:

- تحديد المناطق المعرضة للخطر: استخدام الخرائط الجيولوجية وتقييم المخاطر لتحديد المناطق التي لا ينبغي تطويرها بسبب المخاطر الزلزالية أو خطر التسونامي.
- تشجيع استخدام الأراضي الذكية: توجيه التنمية إلى مناطق أكثر أمانًا بعيدًا عن خطوط الساحل، وتقليل كثافة البناء في المناطق المعرضة للخطر.
- تعزيز الحماية الطبيعية: مثل استعادة النظم البيئية الساحلية مثل الشعاب المرجانية والأراضي الرطبة التي يمكن أن تعمل كحواجز طبيعية ضد الأمواج العالية.

3.9. الجدوى الاقتصادية للتنمية المستدامة في المناطق الساحلية

عند النظر إلى الاستثمارات في البنية التحتية المقاومة للكوارث والتنمية المستدامة في المناطق الساحلية، من الضروري إجراء تحليل للتكلفة والفائدة. هذا التحليل يمكن أن يساعد في توضيح كيف يمكن لتلك الاستثمارات أن تكون مجدية اقتصاديًا على المدى الطويل، من خلال تقليل التكاليف المحتملة للكوارث الطبيعية. الجدول رقم 1. يوضح التكلفة والفائدة لاستراتيجيات التنمية المستدامة في المناطق الساحلية.

جدول 1: تحليل التكلفة والفائدة لاستراتيجيات التنمية المستدامة في المناطق الساحلية مقارنة بتكاليف الكوارث الطبيعية [4,10].

استراتيجية	التكلفة المتوقعة (مليون دولار)	الفوائد المتوقعة (مليون دولار)	توضيح الفوائد
بناء بنية تحتية مقاومة للكوارث	800–1600	6000–16000	تقليل الأضرار المادية والبشرية بنسبة 50–80%، تحسين الاستجابة
تحصين السواحل	100–500	1000–3000	حماية الممتلكات وتقليل تآكل السواحل، دعم الأنشطة الاقتصادية المستدامة
استعادة الحواجز الطبيعية	20–60	400–900	حماية النظم البيئية، دعم السياحة المستدامة، تعزيز التنوع البيولوجي

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-irego57

وهذه التقديرات خضعة للعوامل والشروط التالية

- التقديرات تقريبية وتستند إلى بيانات دولية، قد تحتاج إلى تعديل لتناسب السياق الليبي.
- يجب أن يشمل التحليل التغيرات المناخية المستقبلية والمخاطر الجيولوجية المحتملة.
- التقديرات تشمل الفوائد غير المباشرة مثل تحسين صحة المجتمع وزيادة فرص العمل.

10. الاستنتاجات

مع التوسع الذي تم تقديمه، يساهم البحث الآن بشكل أكبر في تقديم صورة شاملة ليس فقط لتأثير زلزال كريت 365 ميلادي على الساحل الليبي، ولكن أيضًا كيف يمكن استخدام الدروس المستفادة من هذا الحدث لتشكيل مستقبل أكثر أمانًا واستدامة للمجتمعات الساحلية. يغطي البحث الآن تحليلًا جيولوجيًا وبيئيًا واجتماعيًا موسعًا، مع التركيز على استراتيجيات التخفيف المستقبلية والتخطيط المستدام.

من خلال دمج المعرفة العلمية والتكنولوجية مع التخطيط الحضري والسياسات البيئية، يقدم هذا البحث رؤية متكاملة حول كيفية تعزيز مقاومة المجتمعات الساحلية الليبية للكوارث الطبيعية. يشير البحث إلى أن فهم تأثير زلزال كريت 365 ميلادي واستخدامه كدراسة حالة يمكن أن يكون أساسًا لتطوير استراتيجيات فعالة لمواجهة التحديات الحالية والمستقبلية المرتبطة بالتغيرات الجيولوجية والمناخية.

التغيرات الجيولوجية الناتجة عن زلزال كريت لم تؤثر فقط على التضاريس والسواحل الليبية، بل تركت أثرًا طويل الأمد على البيئة والاقتصاد والمجتمعات المحلية. مع تزايد مخاطر تغير المناخ، يصبح من الضروري أن تستفيد ليبيا من هذه الدروس لتطوير خطط إخلاء محكمة، وبنية تحتية مقاومة للكوارث، وتنمية مستدامة تضمن حماية المجتمعات الساحلية والموارد الطبيعية.

11. التوصيات

استنادًا إلى نتائج هذا البحث، يمكن تقديم التوصيات التالية:

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-irego57

1. تعزيز نظم الإنذار المبكر: يجب على الحكومة الليبية والشركاء الدوليين تطوير نظم إنذار مبكر متقدمة للكوارث الطبيعية، مع التركيز على التحذير من التسونامي والزلازل في الوقت المناسب.
2. استثمار في البنية التحتية المقاومة للكوارث: ينبغي تعزيز الاستثمار في البنية التحتية المقاومة للكوارث، بما في ذلك المباني المقاومة للزلازل، والتحصينات الساحلية، واستعادة الحواجز الطبيعية مثل الشعاب المرجانية.
3. تخطيط عمراني مستدام: يجب على السلطات المحلية استخدام أدوات التخطيط المستدام لتحديد المناطق المعرضة للخطر وتوجيه التنمية إلى مناطق أكثر أمانًا، مع مراعاة العوامل الجيولوجية والبيئية.
4. التوعية والتدريب: يجب تنفيذ برامج توعية وتدريب للسكان المحليين حول كيفية التصرف في حالات الطوارئ والجاهزية للكوارث، مما يعزز من قدرتهم على الاستجابة الفعالة وتقليل الخسائر.
5. إجراء دراسات مستمرة: من الضروري استمرار الأبحاث والدراسات حول تأثيرات الكوارث الطبيعية في ليبيا،
6. تحديد استراتيجيات التنمية المستدامة: زراعة الغابات الساحلية، بناء الحواجز الاصطناعية (مثل الجدران البحرية)، تعزيز البنية التحتية المرنة، تحسين أنظمة الصرف الصحي وإدارة المياه،
7. حماية التنوع البيولوجي البحر: يستخدم التقنيات الحديثة لتحليل التغيرات البيئية والجيولوجية، مما يسهم في تحسين الخطط والسياسات المستقبلية.

المراجع12 [1] .

[2] Ambraseys, N. (2009). Earthquakes in the Mediterranean and Middle East: A Multidisciplinary Study of Seismicity up to 1900. Cambridge University Press.
[3] Bohnhoff, M., et al. (2016). The Seismicity of the Mediterranean Region. Springer.
[4] Stiros, S. (2001). The 365 Crete Earthquake and Possible Seismic Clustering During the Fourth to Sixth Centuries A.D.

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-irego57

Bulletin of the Seismological Society of America, 91(3), 803-810.
[5] IPCC (2021). Sixth Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
[6] Shaw, B., et al. (2008). Eastern Mediterranean Tectonics and Tsunami Hazard Inferred from the AD 365 Earthquake. Nature Geoscience, 1(4), 268-276.
[7] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). Sixth Assessment Report. IPCC.
[8] Nicholls, R. J., & Cazenave, A. (2010). Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones. Science, 328(5985), 1517-1520.
[9] Marriner, N., & Morhange, C. (2007). Geoscience of Ancient Mediterranean Harbors. Earth-Science Reviews, 80(3-4), 137-194.
[10] Pirazzoli, P. A., & Evelpidou, N. (2013). Paleoseismic Evidence of Coastal Uplift in Western Crete: Review and New Data. Tectonophysics, 602, 10-21.
[11] Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR). (2010). Safer Homes, Stronger Communities: A Handbook for Reconstructing after Natural Disasters. The World Bank.
[12] UNISDR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). (2015). Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. United Nations.
[13] Scotese, C. R. (2001). Atlas of Earth History, Volume 1, Paleogeography. PALEOMAP Project.
[14] Stampfli, G. M., & Borel, G. D. (2002). A Plate Tectonic Model for the Paleozoic and Mesozoic Constrained by Dynamic Plate Boundaries and Restoration of the Alpine Tethys. Earth and Planetary Science Letters, 196(1-2), 17-33.
[15] Purcell, P. G., & Purcell, R. R. (Eds.). (1998). The Sedimentary Basins of Libya. Elsevier Science.
[16] Hallett, D. (2002). Petroleum Geology of Libya. Elsevier.
[17] Meghraoui, M., et al. (1996). Active Faulting and Seismicity along the Plate Boundaries of North Africa. Annali di Geofisica, 39(3), 501-514.

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-irego57

[18] Guidoboni, E., Comastri, A., & Traina, G. (1994). Catalogue of Ancient Earthquakes in the Mediterranean Area up to the 10th Century. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.