Journal of Agricultural, Environmental and Veterinary Sciences (JAEVS) • Vol 9, Issue 1 (2025) • P: 27 — 19
https://journals.ajsrp.com/index.php/jaevs
ISSN: 2522-3364 (Online) • ISSN: 2522-3364 (Print)

Review Paper on the Impact of Climate Change (Temperature, Winds, and Rainfall) on Archaeological Sites in Libya and Mediterranean Basin Countries in Recent Decades

Ms. Aya N. Ashuraks*, Ms. Zuhur S. Lahrsh ,Ms. Retaj F. Altarhony, Dr. Elhadi E. Abugrean, Co-Prof. Yosof M. Khalifa
Libyan Climate Change Research Center | Libya

Received: 07/12/2024
Revised: 21/12/2024
Accepted: 09/01/2025
Published: 15/03/2025

* Corresponding author: ashuraks.a@gmail.com

Citation: Ashuraks, A. N., Lahrsh, Z. S., Altarhony, R. F., Abugrean, E. E., & Khalifa, Y. M. (2025). Review Paper on the Impact of Climate Change (Temperature, Winds, and Rainfall) on Archaeological Sites in Libya and Mediterranean Basin Countries in Recent Decades. *Journal of Agricultural, Environmental and Veterinary Sciences, 9*(1), 19 – 27. https://doi.org/10.26389/AJSRP.K091224

2025 © AISRP • Arab Institute of Sciences & Research Publishing (AISRP), Palestine, all rights reserved.

• **Open Access**

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC) license

Abstract: Libya, like any other country in North Africa and around the world, is experiencing rapid climate changes that impact various environmental, economic, and social aspects of the country. One of the critical areas affected by these changes is archaeological sites, which are integral to Libya's cultural and historical heritage. This paper provides a comprehensive review of previous studies in Libya and some studies from Mediterranean countries (Egypt, Tunisia, Morocco, Algeria and Italy) that addressed the impact of climate change on coastal archaeological sites in the region, highlighting the environmental and cultural effects of these changes. The review noted various implications on certain sites, including coastal erosion due to the rise in waves in Apollonia and Tokra in Northeastern Libya, coastal retreat resulting from floods and high winds, and erosion in Susa in the Northeast and Sabratha in the western coastal area. To mitigate those risks, researchers emphasize the need to use barriers such as seawalls or stone blocks to reduce the impact of waves on the shores, and to plant coastal vegetation and trees to protect the soil from erosion. Hence, the authors emphasize the need to raise public awareness about the importance of cultural heritage, which calls for urgent responses from researchers to conduct specialized studies to protect archaeological sites and understand the long-term effects of climate change on these sites. Additionally, there is a need for the government and policymakers to develop and apply sustainable strategies to preserve the heritage and adapt it to these changes.

Keywords: Climate Change, Archaeological Sites, Leptis Magna, Sabratha, Coastal Erosion, Weathering.

ورقة مراجعة حول تأثير التغيرات المناخية (درجة الحرارة، الرياح، والأمطار) على المناطق الأثرية في ليبيا ودول حوض المتوسط خلال العقود الأخيرة

أ. آية نوري عاشوراكس*، أ. زهورسعد الاحرش، أ. رتاج فتحي الترهوني، الدكتور/ الهادي المبروك ابوقرين، الأستاذ المشارك / يوسف محمد خليفة
المركز الليبي لأبحاث تغير المناخ | ليبيا

المستخلص: تشهد ليبيا، كغيرها من دول حوض المتوسط ودول العالم، تغيرات مناخية متسارعة تؤثر على العديد من الجوانب البيئية والاقتصادية والاجتماعية في البلاد. واحدة من الجوانب المهمة التي تتأثر بها هذه التغيرات هي المناطق الأثرية التي تعد جزءًا لا يتجزأ من التراث الثقافي والتاريخي لليبيا. تقدم هذه الورقة مراجعة شاملة للدراسات السابقة في ليبيا وبعض الدراسات من دول حوض البحر الأبيض المتوسط (مصر، تونس، المغرب، الجزائر وإيطاليا) والتي تناولت تأثير التغيرات المناخية على المواقع المطلة على الساحل وتسلط الضوء على الآثار البيئية والثقافية لهذه التغيرات. لُوحظ من خلال هذه المراجعة وجود تأثيرات مختلفة على بعض المواقع والتي تمثلت في تآكل ساحلي في أبولونيا وتوكره نتيجة لارتفاع الأمواج وانجراف وتراجع ساحلي ناتج عن الفيضانات والرياح العالية في شحات شمال شرق ليبيا، وأيضا حدوث انجراف وتراجع ساحلي في صبراتة في الشمال الغربي. للتقليل أو الحد من هذه المخاطر يرى الباحثون ضرورة استخدام الحواجز مثل الأرصفة البحرية أو الكتل الحجرية لتقليل تأثير الأمواج على السواحل، وزراعة النباتات والأشجار الساحلية لحماية التربة من الانجراف. من هنا يقترح المؤلفون ضرورة تعزيز الوعي العام حول أهمية التراث الثقافي مما يتطلب الاستجابة العاجلة من الباحثين لإجراء أبحاث متخصصة لحماية المواقع الأثرية وفهم الآثار طويلة المدى للتغير المناخي عليها، ومن الحكومة وصناع القرار ضرورة إعداد واعتماد استراتيجيات مستدامة للحفاظ على التراث وتكييفه مع هذه التغيرات.

الكلمات المفتاحية: التغير المناخي، المواقع الأثرية، لبدة، صبراتة، التآكل الساحلي، التجوية.

المقدمة:

لقد أصبحت ظاهرة التغير المناخي من القضايا العالمية المهمة لما رافق هذه التغيرات من إرتفاع كبير في معدلات درجات الحرارة الناتجة عن الإحتباس الحراري، وهذا بدوره أدى إلى حدوث ذوبان الجليد في القطبين مما تسبب في إرتفاع منسوب مستوي سطح البحر، وكذلك أثرت هذه التغيرات سلبا على الأنظمة البيئية والإقتصادية والإجتماعية مما عزز مخاوف العالم. من هنا تمثلت الإستجابة الدولية في جملة من القمم والإتفاقيات إبتداء من قمة الأرض في ريودي جانيرو سنة 1992م إلى بروتوكول كيوتو سنة 1997م، وإتفاق باريس الذي أعتمد عام 2015م، وصولا إلى قمة كوبنهاغن بشأن التغيير المناخي سنة 2023م، وأخيرا إلى مؤتمر للأمم المتحدة للمناخ (COP28) الذي انعقد في دبي 2023م. حيث وافقت الدول المشاركة في المؤتمر على خارطة طريق "للتحول بعيدا عن الوقود الأحفوري" وهي المرة الأولى من نوعها.

منذ الثورة الصناعية (1860م – 1900م) بدأت درجات الحرارة في الإرتفاع الملحوظ في منتصف القرن العشرين ويعتقد البحاث أنه وبحلول عام 2100م سيرتفع متوسط درجة الحرارة على كوكب الأرض بمعدل 2.0 الى 4.9 درجة مئوية مقارنة بدرجات الحرارة قبل الثورة الصناعية (Raftery, Zimmer, Frierson, Startz, & Liu, 2017). وخلص آخرون إلى أنه من المتوقع أيضا أن يتراوح متوسط إرتفاع مستوي سطح البحر بين 52 و190سم (IPCC, 2019).

لقد أثبتت الكثير من الدراسات تعرض ممتلكات التراث العالمي التي يقع بعضها في المناطق الساحلية المنخفضة لمخاطر وتهديدات تتمثل في إرتفاع معدلات درجات الحرارة ومستوي سطح البحر والفيضانات والتعرية وتآكل السواحل. كما أكد تقرير التقييم السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بالمناخ (المناخ, 2022) أن سبعة من أصل عشرة مواقع أثرية في شمال أفريقيا معرضة لخطر التعرية وإرتفاع مستوى سطح البحر للفترة من (2050م-2100م) من ضمنها موقعي صبراتة ولبدة الأثريين.

مشكلة الدراسة:

- ماهي المخاطر التي تتعرض لها المواقع الأثرية الساحلية نتيجة للتغيرات المناخية؟
- ما هي الاستراتيجيات والبرامج المتاحة لحماية المواقع الأثرية من تأثيرات تلك التغيرات؟
- هل هناك نقص في البيانات والدراسات المتعلقة بتأثير التغيرات المناخية على التراث الثقافي في ليبيا؟

أهمية الدراسة:

تحديد الفجوات المعرفية الخاصة بالموضوع والتي تحتاج إلى مزيد من البحث، حيث يمكن استخدام هذه المعرفة لتوجيه الأبحاث المستقبلية وتطوير المفاهيم والنظريات في هذا المجال وبالتالي حماية المواقع الأثرية.

منهجية الدراسة:

أُعتمدت منهجية مختلطة تجمع بين الأسلوب الوصفي والبحوث المقارنة، حيث تمت مقارنة تأثير التغيرات المناخية على المواقع الأثرية في ليبيا مع دول أخرى في حوض البحر الأبيض المتوسط. بدأت عملية جمع البيانات بالبحث عن الدراسات والأبحاث المنشورة عبر منصة ساينس دايركت (ScienceDirect)، التي تُعنى بنشر الأبحاث المحكّمة ذات المصداقية العالية. ونظرًا لقلة الأبحاث المتاحة حول ليبيا، تم توسيع نطاق البحث ليشمل منصات نشر علمية أخرى مثل ريسيرش جيت وجوجل سكولر ومحرك البحث جوجل. بالإضافة إلى ذلك، تم الاطلاع على مكتبة أكاديمية الدراسات العليا وبعض الجامعات الليبية.

هيكلة الدراسة:

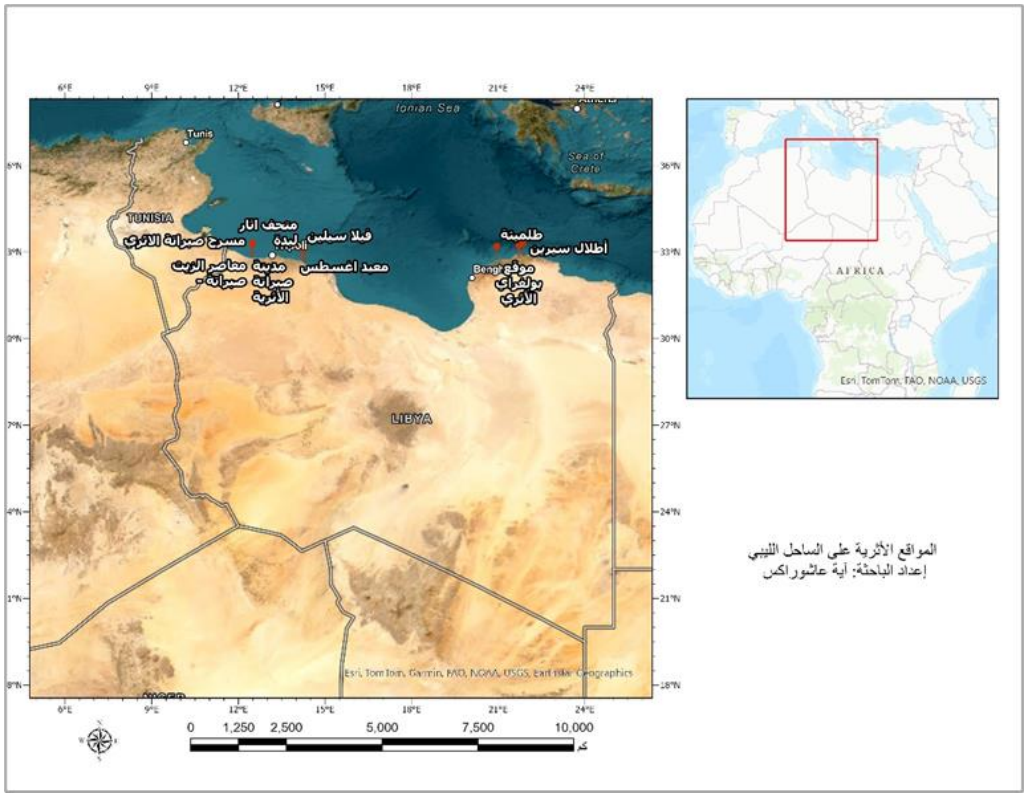
قُسمت الدراسة إلى مبحثين رئيسيين، تناول المبحث الأول الإطار النظري للدراسة والدراسات السابقة، بينما تطرق الثاني إلى الفجوة والدراسات المستقبلية إضافة الى النتائج والتوصيات.

المبحث الأول- المو اقع الأثرية في ليبيا والدراسات السابقة

أولاً- المو اقع الأثرية في ليبيا

تقع ليبيا في شمال أفريقيا بين دائرتي عرض" 22′ 30 o 19 و " 18′56o32 شمالاً وخطي طول" 16′23 o 9 و"′08o25 51 شرقاً، تتمتع بشريط ساحلي يبلغ طوله حوالي 1970كم، مما يجعلها تمتلك أطول ساحل في أفريقيا والسادس على مستوى الدول المطلة على حوض الأبيض المتوسط. يُلاحظ أن ثلاثة أرباع هذا الساحل منخفضة الارتفاع (التقرير الوطني الرابع حول تنفيذ اتفاقية التنوع الحيوي, 2010). تزخر ليبيا بكنوز من الآثار التي تعود الى مراحل مختلفة من الحضارات من عصور ما قبل التاريخ وحتى العصر العثماني وتحتوي أيضا على

مدن أثرية كاملة من الحضارتين الإغريقية والرومانية كقورينا (شحات)، سوسة (ابولونيا)، وتوكرة، ولبدة الكبرى، وصبراتة، وطليمته كما هو موضح بالشكل (1). نظرا لاحتواء هذا الإرث المتفرد على خصائص عالمية أدرجت خمس مواقع أثرية ضمن قائمة التراث العالمي المهددة بالخطر لمنظمة الأمم المتحدة اليونيسكو وهي آثار لبدة الكبرى، وموقع شحات الأثري، ومدينة غدامس القديمة، ومواقع تادرارت أكاكوس الصخري، وموقع صبراتة الأثري (اليونسكو). وخلال سنة 2020م تم إضافة ثلاثة مواقع اثريه أخرى الى القائمة التمهيدية للتراث العالمي وهي مدينة طلميثه، وكهف هواء فطيح، ومدينة قرزة الأثرية (الليبية, 2020).



يوضح الشكل (1) توزيع المواقع الأثرية على الساحل الليبي

ثانياً- الدراسات السابقة

ترتفع مستويات سطح البحر العالمية بمعدل 2.5ملم سنويًا، بينما في البحر الأبيض المتوسط يصل هذا المستوى إلى 6.8 ملم سنويًا. وفقًا لوتيرة وكيفية حدوث التغيرات المناخية من المتوقع أن يرتفع مستوى سطح البحر بمقدار2.5 متر إضافية بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين. نظرًا لأن معظم السكان الليبيين يقيمون على الساحل، فإنهم سيكونون الأكثر تأثرًا ومن المتوقع أيضا أن يغمر حوالي 5.4٪ من المناطق الحضرية تحت الماء إذا ارتفع مستوى سطح البحر بمقدار متر واحد (Brubacher, 2021). شكل (2) يوضح موقع فيلا سيلين المطل على الساحل الليبي وهي الأكثر عرضة للغرق جراء ارتفاع منسوب مستوى سطح البحر.

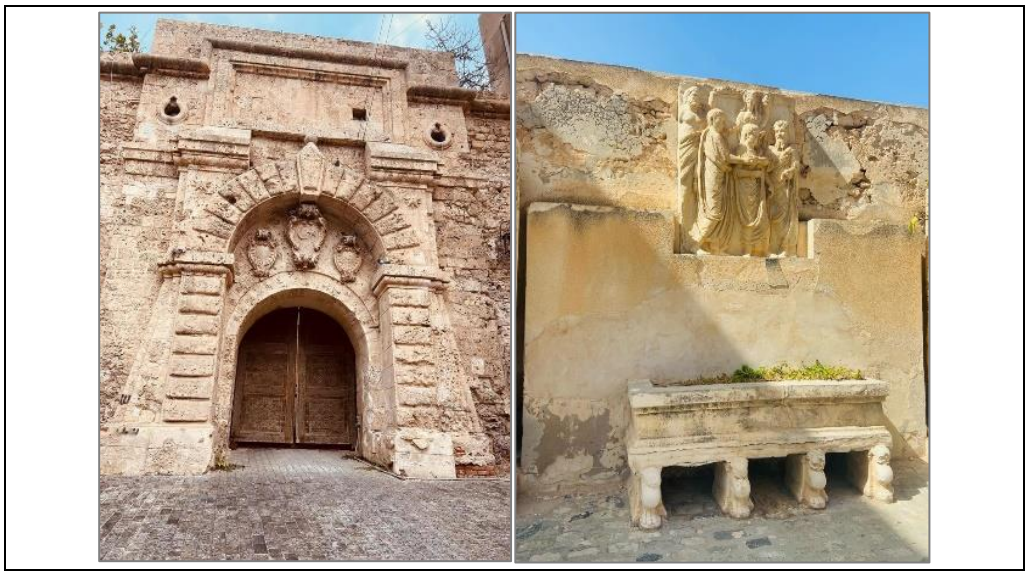
شكل (2) فيلا سيلين – الخمس.

يمثل تآكل السواحل (شرق ليبيا) تحديًا كبيرًا لإدارة الآثار والتراث، فالمنطقة غنية بالمواقع الأثرية وتحتوي على مساحات واسعة من السواحل المعرضة للتآكل. توضح دراسة قام بها (Westley, Nikolaus, Emrage, Flemming, & Cooper, 2023) تأثير التآكل من خلال تقييم تغير الخط الساحلي على مستويين مكانيين. فقد قام الباحثين بخطوتين وهما إجراء تقييم شامل باستخدام خطوط ساحلية مستخرجة من سلسلة زمنية لصور ملتقطة بالقمر الصناعي لاندسات متوسطة الدقة. وأيضا تم تقييم المواقع بشكل محدد باستخدام صور فضائية عالية الدقة (VHR) حديثة وتاريخية. في كلا الحالتين، تمت مقارنة خطوط الساحل المستخرجة عبر فترات زمنية مختلفة باستخدام أداة تحليل الخط الساحلي الرقمي (DSAS) لقياس معدلات وحجم حركة الخط الساحلي. أظهرت نتائجهم وجود مناطق واسعة من التآكل حول المواقع الأثرية الرئيسية مثل أبولونيا وبتوليمايس وتوكرا وزيادة معدلات تراجع السواحل في السنوات الأخيرة، والتي يُحتمل أن تكون مرتبطة بالنشاطات البشرية مثل استخراج الرمال والتوسع العمراني، مما قد يعرض الهياكل الأثرية للأضرار أو التدمير في السنوات القليلة القادمة.

أشارت دراسة أخرى إلى تهديدات و مخاطر التآكل الساحلي وارتفاع مستوى سطح البحر بفعل التغيرات المناخية على المواقع الساحلية (Kieran Westley, Nikolaus, & Breen, 2023) من خلال الفيضانات الناتجة عن العواصف (مستويات البحر المتطرفة)، وارتفاع مستوى البحر على المدى الطويل، وتآكل السواحل، وأشارت الى أن العديد من المناطق مثل الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تعاني من نقص في الأدلة الأساسية الضرورية. وقدمت الدراسة نتائج أولية لتقييم تهديدات تغير المناخ على التراث الساحلي في تلك المناطق، باستخدام قاعدة بيانات "الآثار البحرية المهددة"، التي تعد قاعدة بيانات جغرافية مكانية لمواقع الآثار البحرية في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، وتشتمل على تقييم للاختلالات والتهديدات. تضمن هذا التقييم تحليلان للاضطرابات الماضية والتهديدات المستقبلية عن طريق (1) استخدام تقييم شامل للخطر والتهديدات، و(2) استخراج المعلومات الجغرافية المكانية من نماذج التغير الساحلي الخارجية. وأظهرت نتائجهم إلى أنه أقل من 5% من المواقع الساحلية الموثقة تعاني من تأثير التآكل، لكن ما يصل إلى 34% منها قد تكون تعرضت للفيضانات أو التآكل أو تأثيرات العواصف في الماضي. ومن المتوقع حسب الدراسة أن تزداد التهديدات المرتبطة بتغير المناخ خلال القرن الواحد والعشرين، وأن تتسارع بعد عام 2050م إذا استمرت انبعاثات الكربون في مستوياتها العالية. مع إمكانية تأثير ارتفاع مستوى البحر ومستويات البحر المتطرفة على 14-25% من المواقع بحلول عام 2050م، و18-34% بحلول عام 2100م. كما قد يتعرض ما بين 30% إلى 40% من المواقع للتآكل بحلول عامي 2050م و2100م على التوالي. وبالنسبة لشرق ليبيا فقد أظهرت هذه الدراسة تأثر 8-14% من المواقع الساحلية بالتآكل المستمر على طول الساحل في المنطقة من خلال الوثائق المقدمة من كل من GSW وMarEA والملاحظات الميدانية. على سبيل المثال في المستوطنة الساحلية توكرا أظهرت الصور الفضائية الحديثة التآكل المستمر للساحل، فقد تآكل الجزء المركزي من الموقع بمقدار 11 مترًا بين عامي 2002م و2019م. وصنفت المنطقة من قبل الباحثين على أنها عرضة بشكل كبير لمخاطر التآكل، لأن المنحدر يتكون من رواسب وادي سهلة التآكل. كما تم تحديد مجموعة من الهياكل الأثرية التي تتآكل من المنحدر وتهديد التآكل لمواقع أخرى على هذا الساحل (مثل أبولونيا) وتدعمه التوقعات التي تشير الى أنه 25-26% من المواقع الساحلية ستشهد تأثيرات التآكل بحلول عام 2050م وبنسبة 32-33% بحلول عام 2100م. بالنسبة لارتفاع مستوى سطح البحر استنادًا إلى نمذجة CoastalDEM90 وLISCoAsT فإن ارتفاع مستوى البحر على المدى الطويل يشكل تهديدًا أقل من التآكل حيث سيتأثر بحد أقصى 20% من المواقع الساحلية بحلول عام 2100م تحت سيناريو RCP8.5. وذلك لأن العديد من المواقع المدروسة تقع على ارتفاع يزيد عن 2 متر فوق مستوى سطح البحر الحالي.

أما تأثيرات الفيضانات الناتجة عن العواصف العرضية ومستويات البحر الاستثنائية فتمثل تهديدًا مشابهًا للتآكل حيث ستتأثر 27-28% من المواقع الساحلية بحلول عام 2050م، و30-33% بحلول عام 2100م. بشكل عام، فإن درجة الضعف العالية على هذا الشريط الساحلي هي نتاج تركيز المواقع الأثرية، والميل الطبيعي للتآكل الساحلي، وزيادة تكرار وشدة مستويات البحر الاستثنائية خلال القرن الحادي والعشرين.

بالإضافة إلى المخاطر المذكورة سابقا تتعرض المواقع الساحلية، نتيجة لموقعها الجغرافي، أيضا لمخاطر عمليات التجوية والتعرية البحرية بفعل الأمواج وتعرية الرياح والأمطار، فمن خلال زيارة ميدانية قام بها الباحثون للسرايا الحمراء في طرابلس الغرب أظهرت تأثر المعالم الأثرية بعمليات التجوية والرطوبة لقربها من البحر كما موضح شكل (3). لذا يجب اتخاذ تدابير التكيف اللازمة وتفعيل نظام الإنذار المبكر للعواصف لتوفير الحماية للقطع الأثرية الفريدة كتغطيتها أو نقلها في أماكن غير معرضة للعوامل المناخية.



شكل (3). تأثر المعالم الأثرية في السر ايا الحمراء - طرابلس - ليبيا بعمليات التجوية

أوضحت دراسة أجريت على حمامات هادريان، أحد أهم المواقع الأثرية في أثار لبدة في شمال غرب ليبيا (EL-TAWAB, 2012)، تعرض الرخام المستخدم في البناء لأشكال متعددة من التدهور، منها تفكك الحبيبات، الحفر، التقشير، التشققات، والتدهور البيولوجي بسبب المناخ البحري المحيط بالموقع. حيث تم إجراء فحوصات مختبرية متعددة باستخدام تقنيات مجهرية وتحليلية لدراسة مواد البناء، خاصةً الرخام، وتقييم دور المياه الجوفية والتجوية البحرية في تدهوره. أظهرت نتائجها أن العوامل البيئية كانت السبب الرئيسي في تدهور الرخام، مثل الرطوبة والتجوية المائية والعوامل البيولوجية والتغيرات في درجة الحرارة وتآكل الرياح. وتم اختبار فعالية بعض المنتجات التجارية المستندة إلى السيلان والأكريليك في المختبر للتوصية بطرق معالجة واقية لحفظ الرخام. وأثبتت الدراسة أن مادتي "Rhdrosil" و" Tegvacon V" هما الأفضل لتعزيز هشاشة الرخام. شكل (4) يوضح تأثر الصخور المكونة لبعض المعالم الأثرية في لبدة بعمليات التجوية مما يظهر الشقوق والتفتت.

شكل (4) يوضح تأثر الصخور المكونة لبعض المعالم الأثرية في لبدة بعمليات التجوية

بالإضافة إلى المخاطر السابقة التي قد تتعرض لها المواقع الأثرية الموجودة بالقرب من السواحل، يهدد مدينة لبدة الأثرية خطر الغرق نتيجة لمخاطر السيول نظرا لموقعها على مصب وادي لبدة، شرق مدينة الخمس بحوالي 3 كم (بكر, 2024) كما هو موضح في الشكل (5).

شكل (5) يوضح المعالم الأثرية في مدينة لبدة الكبرى وموقع وادي لبدة.

أما مدينة صبراتة الأثرية فقد وصفت دراسة (El-Shahat, Minas, & Khomiara, 2014) الأضرار الناجمة عن التجوية بالصخور الكلسية (calcarenites) الأكثر استخداما في بناء الآثار في المدينة القديمة. بينت الدراسة بعض ظواهر التدهور مثل فقدان الحجر، وأشكال من التجوية، خاصة التجوية المناخية، وانفصال قطع الحجر المضغوطة والشقوق، وأن معظم المعالم المدروسة تأثرت بشدة بالتدهور البيولوجي بسبب استعمار الكائنات الدقيقة الذي يظهر على شكل غشاء حيوي. ولخصت النتائج أن ضعف متانة الصخور الكلسية والبيئة البحرية ذات الرطوبة العالية ورذاذ البحر الغني بالملح من العوامل المهمة التي تساهم في تجوية الحجر. وفي دراسة أخرى عن مدينة صبراتة الأثرية هدفت الي إنشاء مشروع الآثار البحرية المهددة في عام 2019م لمدة خمس سنوات لتقييم سريع وشامل لمدى الضعف في التراث البحري والساحلي في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا والمساعدة في إدارته لمواجهة التحديات كالنزاعات وتغير المناخ والتنمية الحضرية ونقص الصيانة برسم خرائط وتوثيق التراث الثقافي البحري بشكل منهجي في جميع أنحاء المنطقة. لقد سلطت الضوء على منطقتي سواكن في السودان وتقييم الخط الساحلي في صبراتة أظهرت نتائجهم استنادا إلى المرئيات الفضائية الملتقطة من خلال القمر الصناعي لاندسات انتشارا متساويا تقريبا بين التراجع الساحلي والتقدم (48٪ مقابل 50٪ من المقاطع على التوالي) مع معدلات حركة قصوى تصل إلى -1.4 م/سنة للتراجع و+0.6 م/سنة للتقدم. وان أغلب معدلات الحركة المنخفضة تقع ضمن فترات الثقة 90٪. بينما أظهرت بعض المناطق مؤشرات أوضح على التقدم والتراجع على سبيل المثال، أظهر الشاطئ في غرب منطقة الدراسة اتجاها قويا للتراجع والتقدم لخليج صغير على بعد 4 كم غرب صبراتة. وقد يكون ذلك مرتبطا بأعمال الميناء الصغيرة (مثل بناء الرصيف) التي يمكن رؤيته من خلال المرئيات الفضائية. أظهرت نتائج صور VHR أن موقع غرب صبراتة شهد تراجعا ساحليا وصل إلى 21.5- متراً منذ عام 1943م ومتوسط معدل تراجع قدره -0.11 م/سنة يحد اقصى بلغ 0.59- م/سنة (Nikolaus, Westley, & Breen, 2023).

أجريت دراسة عن تقييم الهشاشة لساحل الوسط الغربي الجزائري (شرشال) من ناحية الجيوماتكس Nadia AMARNI(2021) بهدف رسم خريطة الهشاشة المادية وفقاً للهشاشة الاجتماعية والاقتصادية لساحل شرشال باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. أوضحت النتائج أن أكثر من ثلث ساحل شرشال (35%) معرض لمخاطر التعرية والغمر، وهو يتكون أساسا من مناطق تراكم رملي، وما يقارب من ثلثيه (65%) يعاني من هشاشة منخفضة إلى متوسطة، حيث يتكون من المنحدرات والشواطئ الصخرية. ومن ناحية أخرى وجد أن ما يقرب من نصف الخط الساحلي (48%) معرض لمخاطر التآكل والغمر. ويفسر ذلك وجود مناطق حضرية ذات كثافة سكانية عالية ومناطق ذات شبكات طرق متطورة وتراث تراثي وثقافي مهم. وأكثر من نصف الخط الساحلي (52%) منخفض إلى معتدل الهشاشة.

و تبين دراسة أخرى MéNANTEAU (2021) الأسباب الرئيسية لتآكل سواحل الخليج الإيبيري المغربي سواء كانت طبيعيا أو بشرية وتبين أيضا التداعيات المباشرة و الغير مباشرة لهذا التآكل علي المواقع الأثرية من اختفاء تام للآثار المعمارية أو مواقع اثريه بالكامل أو تغطية المواقع الأثرية بالكثبان الرملية وأيضا إعادة استخدام المناطق المتآكلة مثل المنصات المقطوعة بالأمواج (المحاجر ومرافق الصيد)، و قد خلصت الدراسة الى تقديم بعض الاقتراحات لحماية المناطق الأثرية من تآكل السواحل، مما يعكس أهمية اتخاذ تدابير فعالة للحفاظ على التراث الثقافي في ظل التحديات البيئية.

في تونس فقد تمت متابعة الأبحاث الجيولوجية الأثرية التي أجريت على طول الساحل التونسي في الفترة من عام 1987م إلى عام 1997م Oueslati (2021)، حيث قدمت تلك الأبحاث نتائج تشير إلى أن معظم المواقع الأثرية الساحلية معرضة للتعرية البحرية. وعند مراجعة المواقع التي تم تصنيفها سابقاً كمناطق تعرية أظهرت استمرارية هذه الظاهرة وأحياناً أظهرت علامات تشير إلى تسارعها.

وفي إيطاليا قام G. Mattei (2019) بتقديم منهجا لتحديد هشاشة المواقع الأثرية الساحلية إزاء عوامل التعرية الساحلية بفعل الأمواج والرياح والفيضانات المؤقتة وما إلى ذلك. حيث قاموا بتحديد مستويات هشاشة مختلفة، مع مراعاة كل من الأثر المحتمل للعمليات الفيزيائية والخصائص المعمارية للهياكل الأثرية المدروسة. عرضت النتائج على شكل خريطة هشاشة وسلطت الضوء على سبعة مواقع أثرية في إيطاليا معرضة الى مستوى عالٍ من الهشاشة، أربعة منها موجودة في حديقتين أثريتين غارقتين (حدائق الآثار البحرية لـ بايا وجايولا).

وفي دراسة أخرى أجريت في إيطاليا أيضا Rosaria Ester Musumeci (2021)، تم تقييم المخاطر المرتبطة بالانهيارات الأرضية أو تدفقات الحطام أو الفيضانات أثناء هطول الأمطار. على وجه الخصوص تدفق الحطام في متجمعات المياه عند منبع نهر دجيلا (Gela) على موقع التراث العالمي فيلا ديل كازالي (Villa del Casale) والتي تقع عند جزء مغلق من حوض النهر. من خلال مزيج من التحليلات التاريخية والمسوح الميدانية والتحقيقات المورفولوجية والهيدرولوجية والنمذجة الهيدروليكية ثنائية الأبعاد لمستوى حوض النهر. تم في هذه الدراسة تجميع تصميم هندسة شبكة المراقبة اللاسلكية، وتقنية الاستشعار المعتمدة لتطوير نظام فعال للمراقبة البيئية في الوقت الحقيقي ومنصة الإدارة لبناء نظام للإنذار المبكر والإبلاغ بواسطة شبكة استشعار لاسلكية (WSN)، والذي يمكن تطبيقها كإجراء وقائي وتحديد الفئات الأكثر عرضة للخطر داخل موقع الدراسة.

استخدم Abdelaziz Elfadaly (2022) أحدث البيانات والأساليب والمنصات في دراسة تأثير الفيضانات وتآكل السواحل والتغيرات في الغطاء الأرضي على المواقع الأثرية في منطقتي ميتابونتو و بوليكورو في إقليم بازيليكاتا في جنوب إيطاليا. أظهرت نتائجهم بأن حدوث الفيضانات خلال الفترات 2014م و2016م و2018م و2019م والفترة الإجمالية بين عامي 2014م و2021م غطت مساحات بلغت عدة كيلومترات مربعة بناءً على إجمالي المساحة الغير مغمورة بالمياه، وبلغت تلك المساحات على التوالي 8.3 و1.7 و0.5 و0.6 و39.17 كيلومترا مربعا. وخلصوا الى انه من الممكن أن تساعد نتائج الدراسة في تقليل المخاطر في المناطق التراثية من خلال اكتشاف المناطق الأكثر تأثرًا بالتغيرات الساحلية والفيضانات.

أما في جنوب شرق صقلية قامت دراسة Giovanni Scicchitano (2017) بتحليل العمليات الجيومورفولوجية المرتبطة بالمعالم الأثرية لموقع Ognina فقد تم الكشف عن ارتباط الممارسات الطقوسية والأماكن المقدسة بتغير مستوى سطح البحر. وقد استخدموا في دراستهم معلومات جديدة حول تغير مستوى سطح البحر النسبي خلال فترة الهولوسين المتأخر (منذ 4200 سنة تقريبا)، كما جمع بين أساليب متنوعة لتحليل المناظر الطبيعية الغارقة. وطمح أيضًا لتكوين نموذجًا للتوجهات المستقبلية في هذا المجال المحدد. وخلصت نتائج البحث أن التغيرات في مستوى سطح البحر والعمليات الجيومورفولوجية التي تمت دراستها أدت إلى ربط الجزيرة بالبر الرئيسي فقط عن طريق جسر صخري مع غمر العديد من المناظر الطبيعية من العصر الحجري الحديث.

وفي إفريقيا تناولت احدى الدراسات Michalis I. Vousdoukas (2022) تعرض 284 موقع تراثي طبيعي وثقافي أفريقي للتعرية ولفيضانات ساحلية وأظهرت النتائج أن حوالي 56 موقعا مهددا بحدوث فيضان مرة كل 100 سنة وانه بحلول عام 2050م سوف يتضاعف عدد المواقع المهددة بالخطر الي ثلاثة أضعاف.

أما في مصر فقد استحدثت الباحثة آمال فهمي عمر (2023) أسلوب المنهج الوصفي التحليلي لتقييم أثر التغيرات المناخية على النشاط السياحي في الإسكندرية وكان من أبرز نتائجها وجود تأثير للتغيرات المناخية، حيث أدت الرياح الشديدة الى ارتفاع منسوب مستوي سطح البحر ليصل الي 50 سم في مدينة الإسكندرية.

المبحث الثاني-الفجوة والدراسات المستقبلية

من خلال هذه المراجع تبين قلة الدراسات والأبحاث العلمية المنشورة في المنصات العالمية مثل سكوبيس وساينس دايركت وان جل الأبحاث المحلية منشورة في مؤتمرات او مجلات علمية محلية. بصفة عامة أثبتت المجموعة الواسعة من المنهجيات والبيانات ودراسات الحالة التي تم تقديمها في الأبحاث والدراسات المنشورة أن علوم الأثار والتراث والمواد والبيئة وتأثرها بالتغيرات المناخية هي حاليًا مجالات بحث ودراسة نشطة وواسعة، مع انتشار الخبرة في جميع أنحاء العالم وفرق تستغل بالكامل قدرة تقنيات الرصد المبتكرة والتجريبية والمحاكاة الرقمية لدراسة الهشاشة وآليات التدهور على مواد ومكونات الأثار والمواقع الأثرية، وخاصة في المواقع ذات السياقات الجغرافية والبيئية المختلفة والمعرضة أكثر من غيرها لأخطار التغيرات المناخية. من الواضح أن بديهية العلماء والبحاث تؤثر على تقييم آثار تغير المناخ على تلك المواد، فيما يتعلق بالتحليل الذي يمكن أن يجريه المُقيِّم المعياري. قد تعوّض التجربة أحيانًا عن الصعوبات التي تواجه تقدير معدل التدهور بشكل دقيق. تنشأ الصعوبات بسبب المشاكل في التقدير الكمي للتقادم الطبيعي على المواد، وأعمال الصيانة - الترميم. يمكن فهم آليات التدهور المجهولة إلى حد كبير والتي تفاقمت اليوم بسبب تغير المناخ بشكل أكبر من خلال جمع ما يكفي من البيانات الإحصائية للمقارنة مع البحوث التجريبية والمحاكاة الرقمية التي أجريت على مواد تراثية مماثلة، وعلى وجه التحديد، يُعد الرصد طويل الأجل للمعايير البيئية القياسية، مثل درجة الحرارة والرطوبة النسبية والهطول المطري، وكذلك البيانات المتعلقة بالتلوث ووجود الأملاح والعلاجات التحفظية السابقة، هي المفتاح للتقدم في البحث من أجل تأمين الحماية المثلى للأثار والمواقع التراثية.

النتائج والتوصيات

تعد التغيرات المناخية على المناطق الأثرية في ليبيا ودول حوض البحر الأبيض المتوسط تحديًا كبيرًا ومتعدد الأبعاد. تتطلب حماية هذه المناطق تعاونًا شاملاً بين الحكومة والمجتمع والمنظمات المحلية والدولية، بالإضافة إلى تبني بعض التدابير والاستراتيجيات المستدامة للحفاظ على التراث الثقافي وتكييفه مع التغيرات المناخية. تتضمن هذه الاستراتيجيات، استخدام التقنيات الحديثة للحفاظ على المواقع الأثرية الهشة، وتطوير استراتيجيات لإدارة المياه وحماية المواقع الساحلية، وتعزيز الوعي الثقافي والتربوي لدى الجمهور ولصانعي القرارات بأهمية المحافظة على التراث الأثري.

للتقليل أو الحد من هذه المخاطر يرى الباحثون ضرورة استخدام الحواجز مثل الأرصفة البحرية أو الكتل الحجرية لتقليل تأثير الأمواج على السواحل، وزراعة النباتات والأشجار الساحلية لحماية التربة من الانجراف. نتيجة لمخاطر عمليات التجوية والتعرية البحرية على المعالم الأثرية الناتجة عن الأمواج وتعرية الرياح والأمطار، يقترح الباحثون ضرورة اتخاذ تدابير التكيف اللازمة وتفعيل نظام الإنذار المبكر للعواصف وتوفير الحماية للقطع الأثرية الفريدة كتغطيتها أو نقلها في أماكن غير معرضة للعوامل المناخية. وكإجراءات وقائية يجب إنشاء شبكة مراقبة لاسلكية، وتقنية الاستشعار عن بعد لتطوير نظام فعال للمراقبة البيئية في الوقت الحقيقي وبناء منصة للإنذار المبكر والإبلاغ عن المخاطر المحتملة بواسطة شبكة استشعار لاسلكية.

إضافة الى ذلك يوصي الباحثون ضرورة تشجيع المزيد من الدراسات والبحوث العلمية حول تأثير التغيرات المناخية على المواقع الأثرية، وتطوير نماذج تنبؤية لتقييم المخاطر المستقبلية، وأخيرا نتطلع أن تكون هذه المراجعة بداية لفهم أعمق لتأثيرات التغيرات المناخية وتوجيه الجهود والسياسات للحفاظ على المناطق الأثرية في ليبيا للأجيال القادمة.

قائمة المراجع

أولاً- المراجع بالعربية

- أمال فهمي عمر. (2023). تقييم أثر التغيرات المناخية على النشاط السياحي بالتطبيق على مدينة الإسكندرية. The international journal of tourism and hospitality studies, (IJTHS) O6U, 4, 105-118.
- أمينة صالح عبد الله أبوبكر. (2024). مخاطر سيول وادي لبدة علي مدينة لبدة الأثرية (سيول1987-1988م نموذجا) مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية, 4(2). doi:10.37375/jlgs. v4i2.2839
- التقرير الوطني الرابع حول تنفيذ اتفاقية التنوع الحيوي - الهيئة العامة للبيئة - طرابلس - ليبيا. (2010)
- الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ (2022). تقرير التقييم السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (آثار وخيارات التكيف ومجالات الاستثمار في شمال إفريقيا القادرة على التكيف مع تغير المناخ).
- محمّد عبد الله عياد قصودة (2004). مقومات البيئة السياحية وأفضلية المكان لمدن (صبراتة-يفرن-غدامس) بالطرف الشمالي الغربي من الجماهيرية. جامعة السابع من أبريل - كلية الآداب - قسم الجغرافيا. ليبيا.
- مندوبية ليبيا لدى اليونسكو. المواقع الليبية ضمن قائمة التراث العالمي https://libya-unesco.org/arabic/culture-ar.htm 1/10/2024م

ثانياً- المراجع بالإنجليزية

- Abdelaziz Elfadaly, K. Abutaleb, Doaa M. Naguib, Rosa Lasaponara. (2022). Detecting the environmental risk on the archaeological sites using satellite imagery in Basilicata Region, Italy the Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, 25, 181–193. doi:10.1016/j.ejrs.2022.01.007.
- Brubacher, Matthew. (2021). Climate- Fragility Risk Brief: libya. adelphi research gGmbH 1-23.
- EL-TAWAB, Nabil.A. ABD. (2012). DEGRADATION AND CONSERVATION OF MARBLE IN THE GREEK ROMAN HADRIANIC BATHS IN LEPTIS MAGNA, LIBYA. international Journal of conservation science, 3(3), 163-178.
- G. Mattei, A. Rizzo, G. Anfuso, P.P.C. Aucelli, F.J. Gracia. (2019). A tool for evaluating the archaeological heritage vulnerability to coastal processes: The case study of Naples Gulf (southern Italy). Ocean and Coastal Management, 179, 1-13. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2019.104876.
- Giovanni Scicchitano, Carmelo Monaco, Fabrizio Antonioli, Cecilia Rita Spampinato. (2017). Sacred Landscapes and Changing Sea Levels: New Interdisciplinary Data from the Early Neolithic to the Present in South-Eastern Sicily. In (Vol. 23).

- IPCC. (2019). المخاطر المرتبطة بالمناخ والتغيرات البيئية في منطقة البحر الأبيض المتوسط-التقييم الأوليّ من قبل شبكة الخبراء المعنية بالتغيّرات المناخية والبيئية-2019. Retrieved from https://south.euneighbours.eu/ar/publication/altqyym-alawlyw-mn-qbl-shbkt-alkhbra-almnyt-baltghywrat-almnakhyt/
- Kieran Westley, Georgia Andreou, Crystal El Safadi, Harmen O. Huigens, Julia, Nikolaus, Rodrigo Ortiz-Vazquez, Nick Ray, Ash Smith, Sophie Tews, Lucy, & Breen, Blue & Colin. (2023). Climate change and coastal archaeology in the Middle East and North Africa: assessing past impacts and future threats. The Journal of Island and Coastal Archaeology, 18, 251–283. doi:10.1080/15564894.2021.1955778.
- MéNANTEAU, Loïc. (2021). L'érosion côtière et ses implications archéologiques:Exemple du golfe ibéro-marocain. Journal of Mediterranean Geography doi: https://doi.org/10.4000/mediterranee.13430
- Michalis I. Vousdoukas, Joanne Clarke, Roshanka Ranasinghe, Lena Reimann, Nadia Khalaf, Trang Minh Duong, Birgitt Ouweneel, Salma Sabour, Carley E. Iles, Christopher H. Trisos, Luc Feyen, Lorenzo Mentasch, Nicholas P. Simpson. (2022). African heritage sites threatened as sea-level rise accelerates. Nature Climate Change, 12, 256–262. doi:10.1038/s41558-022-01280-1
- Nadia AMARNI, Lounes FERNANE, Rabah BELKESSA. (2021). Évaluation de la vulnérabilité côtière du littoral centre ouest algérien (Cherchell), sous l'angle de la géomatique Geo-Eco-Marina, 27. doi:10.5281/zenodo.5779564.
- Nikolaus, Julia, Westley, Kieran, & Breen, Colin. (2023). Endangered maritime archaeology in North Africa – the MarEA Project. Libyan Studies, 54, 135-150. doi:10.1017/lis.2023.4
- Oueslati, Ameur. (2021). Sur l'érosion marine des vestiges archéologiques antiques du littoral tunisien et les risques d'une accélération de leur dégradation. Méditerranée(133), 97-106. doi:10.4000/mediterranee.13399.
- Raftery, A. E., Zimmer, A., Frierson, D. M. W., Startz, R., & Liu, P. (2017). Less Than 2 degrees C Warming by 2100 Unlikely. Nat Clim Chang, 7, 637-641. doi:10.1038/nclimate3352.
- Rosaria Ester Musumeci, Enrico Foti, Davide Li Rosi, Mariano Sanfilippo, Laura Maria Stancanelli , Claudio Iuppa, Vincenzo Sapienza, William Yang, Massimo Cantarero , Domenico Patan`e (2021). Debris-flow hazard assessment at the archaeological UNESCO World Heritage site of Villa Romana del Casale (Sicily, Italy). International Journal of Disaster Risk Reduction, 64, 1-21. doi: 10.1016/j.ijdrr.2021.102509.
- Westley, K., Nikolaus, J., Emrage, A., Flemming, N., & Cooper, A. (2023). The impact of coastal erosion on the archaeology of the Cyrenaican coast of Eastern Libya. PLoS One, 18(4), e0283703. doi: 10.1371/journal.pone.0283703.