Information Sciences Letters

Volume 11
Issue 5 *Sep. 2022*

Article 18

2022

Salt Weathering Impact on Archaeological Buildings in Al- Ahsa Governorate Saudi Arabia

Amani Hassan
Department of Social Studies, College of Arts, King Faisal University, p. B. 1759 Al-Ahsa, 3189, Kingdom of Saudi Arabia\\ Department of Geography, Faculty of Arts, Assiut University, p. B. 71515 Assiut, 71511' Arab Republic of Egypt, amhassan@kfu.edu.sa

Follow this and additional works at: https://digitalcommons.aaru.edu.jo/isl

Recommended Citation

Hassan, Amani (2022) "Salt Weathering Impact on Archaeological Buildings in Al- Ahsa Governorate Saudi Arabia," *Information Sciences Letters*: Vol. 11 : Iss. 5 , PP -.
Available at: https://digitalcommons.aaru.edu.jo/isl/vol11/iss5/18

This Article is brought to you for free and open access by Arab Journals Platform. It has been accepted for inclusion in Information Sciences Letters by an authorized editor. The journal is hosted on Digital Commons, an Elsevier platform. For more information, please contact rakan@aaru.edu.jo, marah@aaru.edu.jo, u.murad@aaru.edu.jo.

Information Sciences Letters
An International Journal

http://dx.doi.org/10.18576/isl/110518

Salt Weathering Impact on Archaeological Buildings in Al-Ahsa Governorate Saudi Arabia

Amani Hassan[1,2,*]

[1]Department of Social Studies, College of Arts, King Faisal University, p. B. 1759 Al-Ahsa, 3189, Kingdom of Saudi Arabia
[2]Department of Geography, Faculty of Arts, Assiut University, p. B. 71515 Assiut, 71511' Arab Republic of Egypt

Received: 5 Mar. 2022, Revised: 25 Mar. 2022, Accepted: 2 Apr. 2022.
Published online: 1 Sep. 2022.

Abstract: Study seeks to clarify the manifestations of the action of salt weathering and its impact on archaeological buildings in Al-Ahsa governorate at Saudi Arabia and to develop a strategic vision for preservation it. Study was based on the principal approach to the study of the factors causing of salt weathering, and the quantitative approach in the study of the characteristics of archaeological buildings materials. As well as inductive, field examination, laboratory analysis. Using a research tool, including a reconnaissance study, field Study which limestone samples were taken of ancient and modern interior and exterior walls of archaeological buildings, as well as laboratory analysis to identify manifestations of salt weathering in archaeological buildings. There is a variety of salt sources in the study area, including is internal as a natural component of building materials, and some are external, such as sources of moisture. All archaeological buildings in Al-Ahsa were affected by salt weathering, water leakage and crystallization. The transition between the two phases led to the breakdown of cohesion between the components of the stone, thus the appearance of cracking and peeling. Salt-resistant cement is recommended in the ground parts of facilities that are permanently exposed to moisture and salts, with a focus on use of moisture and heat insulation materials that are not affected by climatic conditions and suitable for archaeological structure.

Keywords: Salt weathering, Crystallization, Peeling, Archaeological Buildings, Al-Ahsa.

* Corresponding author E-mail:
amhassan@kfu.edu.sa

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

أثر التجوية الملحية على المنشات الأثرية في محافظة الأحساء بالمملكة العربية السعودية

د.أماني حسين محمد حسن

[1] أستاذ مشارك بقسم الدراسات الاجتماعية، كلية الآداب، جامعة الملك فيصل، ص. ب. 1759الأحساء، 3189، المملكة العربية السعودية

[2] أستاذ مساعد بقسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة أسيوط، ص. ب. 71515أسيوط،71511، جمهورية مصر العربية

الملخص: هدفت الدراسة إلى توضيح تأثير فعل التجوية الملحية على المنشآت الأثرية في محافظة الأحساء بالسعودية، ووضع رؤية استراتيجية للحفاظ عليها. واتبعت المنهج الأصولي لدراسة العوامل المسببة لحدوث التجوية الملحية، والمنهج التحليلي الكمي في دراسة خصائص مواد البناء للمنشآت الأثرية، وكذلك الأسلوب الاستقرائي وأسلوب الفحص الميداني، والأسلوب الكمي وأسلوب التحليل المعملي، مستعينة في ذلك بعدد من الأدوات البحثية منها: إجراء دراسة استطلاعية، وعدد من الزيارت الميدانية أخذت أثناءها عينات من الحجر الجيري للحوائط الداخلية والخارجية القديمة والحديثة للمنشآت الأثرية، بالإضافة إلى التحليل المعملي لتحديد دلائل التجوية الملحية في المنشآت الأثرية ومظاهرها. توصلت الدراسة إلى تنوع مصادر الأملاح بمنطقة الدراسة، فمنها ما هو داخلي بوصفه مكونًا طبيعيًا لمواد البناء، ومنها ما هو خارجي مثل مصادر الرطوبة المختلفة، ويبدأ تأثر المنشآت الأثرية في الأحساء بالتجوية الملحية بالنشع المائي ثم التبلور، كما أن الانتقال ما بين المرحلتين أدى إلى انهيار التماسك بين مكونات الحجر، وبالتالي ظهور التشقق والتقشر. توصى الدراسة باستخدام الأسمنت المقاوم للأملاح في الأجزاء الأرضية من المنشآت المعرضة بشكل دائم للرطوبة والأملاح، مع التركيز على استخدام المواد العازلة للرطوبة والحرارة، والتي لا تتأثر بالظروف المناخية المختلفة وتناسب أجزاء المنشأة الأثرية.

الكلمات المفتاحيه : التجوية الملحية – التبلور– التقشر– المنشآت الأثرية – الأحساء.

1 مقدمة

تحدث التجوية الملحية بسبب تسرب المياه المالحة بين فواصل الصخور ثم تتبخرهذه المياه، وتترك ذرات الملح تتمدد داخل الصخور مما يؤدي إلى حدوث ضغط شديد يعمل على تكسير وتفتت الصخور؛ حيث تتضمن في الواقع عمليات كيميائية، غير أنها تسهم بدورٍ مهمٍ في تفكك الصخر والتي تعد بداية لعمليات فيزيائية أو ميكانيكية (محسوب، 2002)، ومن ثم تحدث الأضرار الناجمة عن تبلور الأملاح في مواد البناء المسامية، والتأثير الميكانيكي الناتج عن ارتفاع درجة الحرارة، بالإضافة إلى التميؤ والإذابة (Castellazzi, et al., 2021). لهذه الأسباب تتعرض المنشآت الأثرية لأضرار نتيجة التجوية الملحية، ولكن من الأهمية بمكان التعامل مع تأثيراتها وانعكاساتها دون تهويل أو تهوين؛ إذ من المفيد توفير معلومات للمساعدة في فهم كيفية الحفاظ عليها والتخطيط لذلك مستقبلاً، وعليه فإن فهم تأثير التجوية الملحية في المنشآت الأثرية بات يمثل ضرورة تنير الطريق أمام استراتيجيات التعامل مع تلك الآثار وإجراءاتها، بما يجنب الوصول إلى مستويات خطرة تنعكس بطبيعة الحال على الموروث الأثري.

2 الاطار العام للبحث

2.1 مشكلة الدراسة

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

تتعرض المنشآت الأثرية في محافظة الأحساء لتأثير عمليات التجوية الملحية المختلفة، التي تعد من أهم عوامل تلف مكونات مواد البناء؛ وبخاصة في ظل الظروف البيئية المتغيرة، وبناء عليه تتمثل مشكلة الدراسة في دراسة وتحديد أثر ودور التجوية الملحية على المنشأت الأثرية بمحافظة الأحساء؛ مما يعني تعرضها لأضرار تؤدي إلى تلف الموروث الأثري، بالإضافة إلى وجود فجوة بحثية تتمثل في عدم تناول موضوع التجوية الملحية وتأثيرها في المنشآت الأثرية في محافظة الأحساء من قَبل.

المنشآت الأثرية والحدود المكانية للدراسة:

تتناول الدراسة عشرين موقعًا للمنشآت الأثرية في محافظة الأحساء، والتي تم اختيارها لتشمل جميع النماذج التي تُمكن من تحقيق أهداف الدراسة. ويرجع بعضها إلى العصر الحجري الحديث مثل قلعة بنت قنيص، والبعض الآخر يرجع إلى العصر الإسلامي، وتمثل في القصور والمساجد مثل قصر إبراهيم، ومسجد القبة، وميناء العقير (المغنم وآخرون، 1978م)، ويمكن تصنيفها حسب الوظائف كالتالي (شكل 1):

1- القلاع والحصون:

أ- **قلعة الوزية:** تقع شرق طريق بقيق الهفوف جنوب مدينة العيون، وقد شيدت في عام(930هـ/1523م).

ب- قصر إبراهيم: يعد من القلاع الحربية في محافظة الأحساء، يقع في حي الكوت القديم وسط الهفوف. كان هذا القصر يشكل جزءًا من سور المدينة الشمالي، ويعود تاريخ بنائه إلى (931هـ /1524م)، ثم تم تطويره في العصور اللاحقة، واستخدمته الدولة العثمانية مقرًا لحاميتها في الأحساء، وتمكن الملك عبد العزيز، من استرداده في عام 1331هـ/1913م وأصبح مركزًا إداريًا للحكومة الإقليمية (الهيئة العامة للسياحة والتراث العمراني ،1431هـ). ويضم مسجد القبة.

ج- قصر صاهود: يرجع تاريخ إنشاؤه الي عام (1204هـ/ 1789م)، بناه براك أول حُكام آل حميد في وسط مدينة المبرز، ويضم مسجد صاهود.

د- قصر محيرس: يقع شمال مدينة المبرز ، تم تشييده في عام (1208هـ/ 1793م)، وهو عبارة عن قلعة حربية تضم برجًا للمراقبة (الدراسة الميدانية، 2019م).

هـ- قصر خزام: يقع في حي الرقيقة القديم بمدينة الهفوف، شيد عام (1220هـ/1805م)، ويطلق عليه قصرًا، ولكنه قلعة شيدت لغرض الدفاع عن الأحساء.

و- قلعة العقير: تقع شرق مدينة الهفوف، وغرب ميناء العقير، شيدت عام (1380هـ /1960م)، وبالقرب منها يوجد الرصيف البحري، ومبني الخان، ومبني الإمارة، والمسجد الذي يقع بين الخان والإمارة(Anajem and Al-Freda,2009) .

ي- قلعة بنت قنيص: تقع في قرية الكلابية شمال شرق مدينة الهفوف، أقرب إلى أن تعد حصنًا صغيرًا أو برجًا للمراقبة.

2- المساجد:

أ- **مسجد جواثى:** وهومن أوائل المساجد في الإسلام، يعود بناؤه إلى عهدالرسول صلّى الله عليه وسلّم (7هـ/628م)، حيث شيد في القرن السابع الهجري، ويقع شرق قرية الكلابية.

ب- مسجد الجعلانية: يقع في قرية البطالية شرق مدينة الهفوف. دلّت الشواهدالأدبية والتاريخية ونتائج المجسات الأثرية التي تمت في منطقة المسجد، على أنه يعودإلى الحكم العيوني للمنطقة، وقد شيد سنة (466هـ/1073م)،

ب- مسجد الجبري: يتوسط حي الكوت بالهفوف، شيده الأمير سيف بن حسين الجبري عام (800هـ/1397م)، تم توسعته وترميمه في عامي 1351هـ،1391هـ (مرجع سابق ،1431هـ).

3- البيوت والمدارس:

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

أ- بيت البيعة: تعود ملكيته إلى القاضي الشيخ عبد اللطيف الملا، ويرجع تاريخ بنائه إلى عام (1203هـ/ 1788م)، ويقع في حي الكوت القديم. وينتمي للعمارةالإسلامية التقليدية، وللبيت أهمية تاريخية فقد شهد هذاالبيت سنة 1313 هـ البيعة الخاصة للملك عبد العزيز رحمه الله (مرجع سابق، د.ت).

ب- المدرسة الأميرية: تقع في مدينة الهفوف في حي الكوت القديم، تأسست عام (1360هـ /1941م)، وهي أول مدرسة نظامية في المدينة . (مرجع سابق،1431هـ).

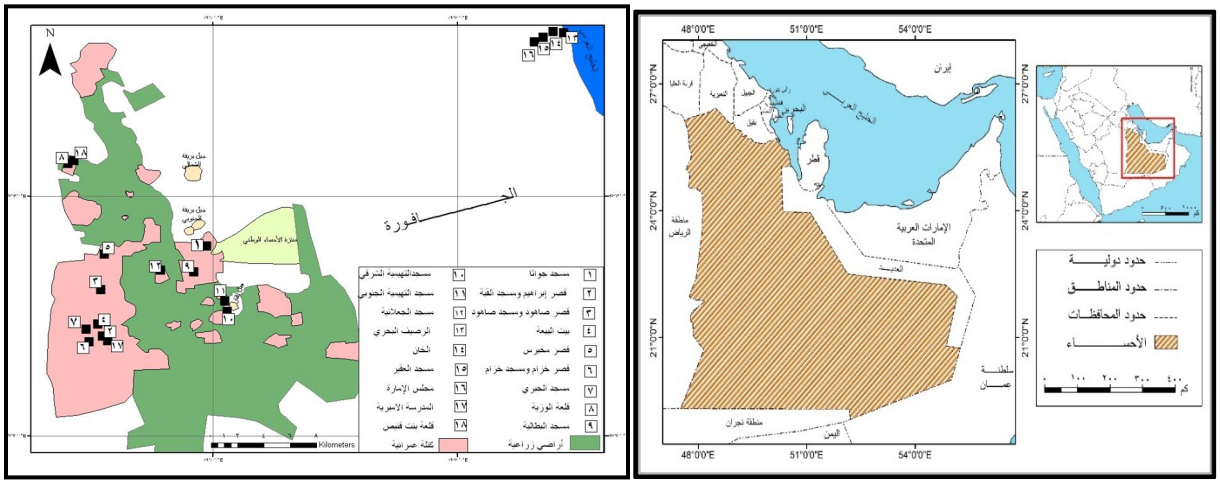
4- المباني التجارية: الرصيف البحري- العقير، والخان، ومجلس الإمارة بالعقير، وتقع على الشاطئ الغربي للخليج العربي، شرق مدينة الهفوف، وقد شيدت في عام (930هـ/1523م).

وتقع جميع المنشآت داخل محافظة الأحساء التي تمتد بين محافظات بقيق والنعيرية وقرية العُليا شمالًا، والخليج العربي ومحافظة العديد شرقًا وسلطنة عمان ونجران جنوبًا، ومنطقة الرياض غربًا، وتمتد بين دائرتي عرض 23" 00' 19° و51" 44' 26° شمالًا، وبين خطي طول 44" 31' 47° و45" 14' 55° شرقًا، بمساحة تبلغ426.761 ألف كم2، وتمثل 63.46% من مساحة المنطقة الشرقية، و19.8% من مساحة المملكة (هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، 2019م).

2.2 أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة الى: -

1. تحديد العوامل المتحكمة في نشاط التجوية الملحية بنطاق المنشآت الأثرية في محافظة الأحساء وتحليلها.
2. تصنيف وضعية حوائط المنشآت الأثرية طبقًا لنطاقات الرطوبة، وبخاصة نطاقي الرشح والتبلور.
3. التحليل المعملي للخصائص الكيميائية للأملاح لعينات الأحجار الجيرية المأخوذة من المنشآت الأثرية.
4. دراسة مظاهر التأثير السلبي للتجوية الملحية على المنشآت الأثرية في محافظة الأحساء ودلائله.
5. وضع رؤية مستقبلية للحفاظ على المنشآت الأثرية من تأثيرات التجوية الملحية.



شكل (1) موقع منطقة الدراسة وموقع المنشآت الأثرية المختارة للدراسة في محافظة الأحساء.

المصدر: اعتمادًا على وزارة التعليم العالي، أطلس المملكة العربية السعودية، 1435هـ، GPS ونتائج الدراسة الميدانية 2018م والهيئة العامة للسياحة والتراث الوطني، 2018م.

2.3 أهمية الدراسة:

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

تنحصر الأهمية الأكاديمية للبحث في أنه يتناول مجالًا من المجالات غير المغطاة ضمن البناء النظري حيث تتأثر المنشآت الأثرية بمحافظة الأحساء لخطر التجوية الملحية، ذلك ومن الأهمية العملية أن يتم دراسة أثر التجوية الملحية كمحاولة لوضع رؤية مستقبلية للحفاظ عليها حيث يعطي ذلك قيمة وأهمية على المستوى القومي.

2.4 منهج الدراسة وأساليبها:

اعتمدت الدراسة في التحليل والمعالجة للوصول إلى النتائج المرجوة وتحقيق الأهداف على ثلاثة مناهج الأول: المنهج الأصولي لدراسة العوامل المسببة لحدوث التجوية الملحية، والثاني المنهج التحليلي الكمي في دراسة خصائص مواد البناء المنشآت الأثرية، وأسباب مظاهر التلف من حيث تباينها وتغيرها، والأخير منهج النظم لدراسة العلاقة بين العناصر والمتغيرات البيئية، والتي تتمثل في العوامل المناخية والمياه الجوفية السطحية والتركيب المعدني وغيرها من العوامل المؤثرة في نشاط عمليات التجوية الملحية، واتبع في ذلك عدة أساليب علمية منها: الأسلوب الاستقرائي، وأسلوب الفحص الميداني، والأسلوب الكمي في تحليل البيانات، وأسلوب التحليل المعملي، بالإضافة إلى الأسلوب الكارتوجرافي.

2.5 مصادر الدراسة:

لتحقيق الأهداف المذكورة اعتمدت الدراسة على المصادر التالية:

– **الدراسات السابقة:** يوجد ندرة في الدراسات الجغرافية الخاصة بالتجوية الملحية والمنشآت الأثرية في محافظة الأحساء، بينما تعددت الدراسات التي تناولت التجوية الملحية، ومن أهم تلك الدراسات:

– دراسة حميدة، 2003، التي تناولت التقييم العلمي لميكانيكية التجوية الملحية، وأهم مصادرها في بعض البيئات الأثرية المصرية وأخطارها على الأحجار الجيرية والرملية المستخدمة في المنشآت الأثرية، ومن أهم نتائجها أن أخطار التجوية الملحية في الآثار المصرية تمثلت في التقشر والفجوات وتساقط المحارة.

– دراسة الحمصاني، 2007، حول مشكلة الأملاح وعلاجها في الصور والنقوش الجدارية بمنطقة سقارة تطبيقيًا على إحدى المقابر المختارة في عصر الدولة القديمة، وأوضحت الدراسة أن أخطار الأملاح بمنطقة آثار سقارة تتمثل في التزهر والتلف بجدران المنشآت.

– دراسة Hack and Jetten, 2015 وضحت آثار التجوية في كتلة الصخور وتأثير الأملاح في الطرق الساحلية.

– دراسة Castellazzi, et al., 2021 ركزت على الأضرار الناجمة عن تبلور الأملاح في مواد البناء المسامية.

– **الدراسة الميدانية:** تم إجراء دراسة استطلاعية، أعقبها عدة زيارت ميدانية أخذت أثناءها (8) عينات من الحجر الجيري للحوائط الداخلية والخارجية القديمة والحديثة للمنشآت الأثرية، وتم فحصها مخبريًا، وتم دراسة مناسيب المياه الجوفية تحت السطحية عن طريق عمل مجسات للتربة في (10) مواقع، بالإضافة إلى قياس مستويات الرطوبة والرشح في المنشآت.

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

– **التحليل المعملي:** تم فحص العينات– السالفة الذكر– بالمختبرات لتحديد دلائل التجوية الملحية في المنشآت الأثرية ومظاهرها، ومن الأجهزة المستخدمة الميكروسكوب المستقطب[1]، والميكروسكوب الإلكتروني الماسح[2]، وحيود الأشعة السينية X–Ray [3] وإجراءات الدراسة البتروجرافية بغرض التعرف على مكوناتها، وتم عمل التحليل البتروفيزيائي ويشمل: المسامية، ودرجة امتصاص المياه، وقدرة تحمل الصخر للضغوط، والتحليل الهيدروكيميائي للأملاح؛ ويشمل الأملاح الذائبة والكاتيونات والأنيونات Cation and Anion .

– **البيانات المناخية:** اعتمدت الدراسة في تحليل العوامل المناخية على بيانات عناصر: درجة الحرارة، والرياح، والتبخر، والرطوبة الجوية، والمطر، الصادرة عن الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة للفترة 1985–2018م لمحطة الأحساء، ورقمها الدولي 40420، وتقع على دائرة عرض 53" 17' 25° شمالاً، وخط طول 11" 29' 49° شرقًا، وارتفاعها 178.17 مترًا عن مستوى سطح البحر.

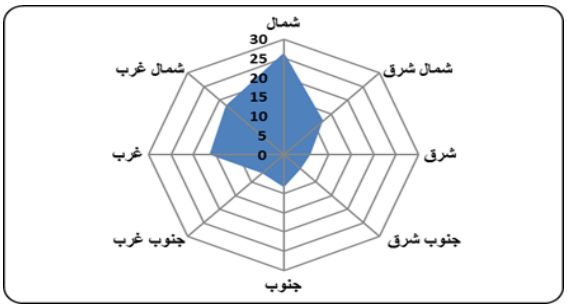
التحليل والنتائج:

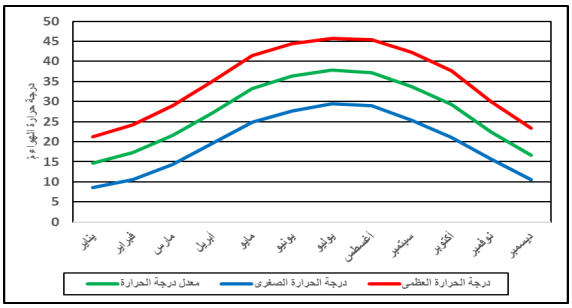
أولاً: عوامل التجوية الملحية في محافظة الأحساء:

تتعدد العوامل التي تؤدي إلى حدوث التجوية الملحية في منطقة الدراسة، منها الطبيعية والبشرية بشكل متداخل، لدرجة يصعب معها تحديد عامل واحد يكون مسئولاً عن نشاط التجوية الملحية، وفيما يلي دراسة لأهم هذه العوامل وتحليلها:

(أ) العوامل المناخية:

إن التغيرات المستمرة في قيم العناصر المناخية اليومية والفصلية؛ يترتب عليها أضرار كيميائية وفيزيائية؛ نتيجة التبلور وإعادة تبلور الأملاح، فمن دراسة المعدلات الشهرية والفصلية لدرجات الحرارة في منطقة الدراسة وتحليلها؛ تبين أن المعدل السنوي لدرجة الحرارة يبلغ 27.3مْ، وأن أعلى الشهور ارتفاعًا في درجات الحرارة العظمى شهر يوليو؛ إذ يبلغ معدله 45.7مْ، في حين يعد شهر يناير أدنى الشهور انخفاضًا؛ إذ يبلغ معدل درجة الحرارة الصغرى 8.5مْ، وبلغ أقصى قيمة للمعدل الفصلي صيفًا نحو 45.2مْ، بينما بلغ أدنى قيمة له في الشتاء نحو 9.9مْ (شكل 2). ومن الطبيعي بمكان أن يكون التباين في درجات الحرارة اليومية والفصلية وبخاصة صيفًا مؤديًا إلى سرعة تبخرالمحاليل الملحية داخل الجدران؛ حيث تتوغل داخل مسام المنشآة الأثرية في اتجاه مخارج تلك المسام، فتتبخر السوائل وتتبلور الأملاح تدريجيًا، إما على السطح أو داخل الجدران؛ مما يؤدي إلى حدوث ضغوط موضعية تتسبب في تلف تلك السطوح وتفتتها.





1 . يستخدم في التعرف على التركيب المعدني للعينة ونسيجها، وكذلك في فحص أي عمليات تلف مبدئية، كذلك الكشف عن التلف الميكانيكي الذي يمكن أن يحدث داخل حبيبات المعادن للعينة نتيجة زيادة الضغط المؤثر عليها والتعرف على وجود الأملاح.

2 . يستخدم في تشخيص نواتج ومظاهر التلف داخل مواد البناء، كما يستخدم في دراسة عمليات التلف الميكروبيولوجي الذي يحدث للأحجار الكربونية، بالإضافة إلى دراسة طبقة إكسالات الكالسيوم التي تتكون على أسطح الأحجار الجيرية داخل المباني.

3 . طريقة تعطي مباشرة اسم المركبات أو المعادن، وذلك لأنها تتعامل مع البناء البلوري للمادة، كما يمكن بواسطتها تحديد كمية المركبات داخل العينة، كما تستخدم في التعرف على معظم المعادن السليكات ومظاهر التلف وعوامله، بالإضافة إلى التعرف على درجة مقاومة الأثر لعمليات التجوية المختلفة (عبد الحميد، 2009).

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

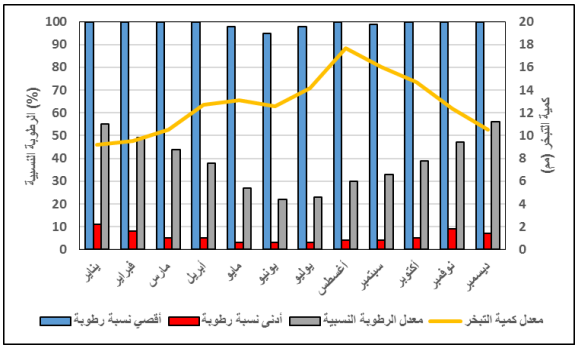
شكل (2) المعدلات الشهرية لدرجات حرارة الرياح وترددات اتجاهاتها في منطقة الدراسة

شكل (3) المعدل السنوي لسرعة الرياح في منطقة الدراسة.

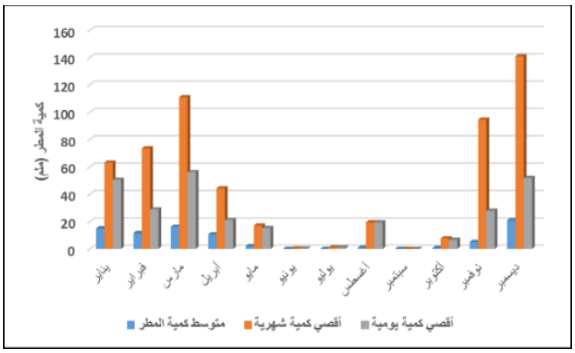
المصدر: الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة، بيانات غير منشورة خلال الفترة 1985– 2018م.

ومن دراسة اتجاهات الرياح ومعدلات سرعة هبوبها وتحليلها؛ تبين أن الرياح الشمالية تأتي في المرتبة الأولى من حيث الاتجاه السائد في منطقة الدراسة؛ إذ يبلغ معدل سرعتها 26.2كم/الساعة سنويًا، بينما تأتي الرياح الشمالية الغربية في المرتبة الثانية؛ حيث يبلغ معدل سرعتها 14.4كم/الساعة سنويًا (شكل 3)، أما اتجاهات الرياح الجنوبية فأن تأثيرها يكاد يكون منعدمًا، وبوجه عام يقتصر تأثير الرياح على دورها بوصفها عاملاً للنحت؛ حيث تؤدي إلى حدوث الثقوب والحفر في الصخور اللينة وتعميقها في المنشآت الأثرية في منطقة الدراسة.

ومن دراسة التبخر والرطوبة الجوية وتحليلها؛ تبين أن الصيف أكثر الفصول ارتفاعًا في معدلات التبخر؛ حيث بلغ معدله 14.8مم، ويعد أغسطس أكثر الشهور ارتفاعًا؛ حيث يبلغ معدله 17.7مم، ويعزى ذلك إلى جفاف الهواء وارتفاع درجة الحرارة، ومع حلول الشتاء تهبط معدلات التبخر إلى أدنى قيمة؛ حيث يبلغ معدله 9.7مم (شكل 4)، ومن الطبيعي أن يسهم ارتفاع معدلات التبخر في زيادة نسبة الملوحة في المنشآت الأثرية، فارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدلات الجفاف مع ارتفاع منسوب الماء الجوفي عن طريق الخاصية الشعرية؛ يؤدئ إلى تكوين بلورات ملحية سواء على السطح أم داخل الحوائط، وتبين من تحليل بيانات الرطوبة النسبية ارتفاع معدلاتها الفصلية في الشتاء والخريف؛ إذ بلغت 53.3% و39.7% على التوالي، ويليهما الربيع والصيف بمعدلات 36.3% و25.0% على التوالي، ويعزى الانخفاض إلى الاضطرابات الجوية للرياح المحلية الحارة والجافة التي بدورها تؤدي إلى انخفاض الرطوبة النسبية، وتسهم الرطوبة الجوية في معظم عمليات التجوية الكيميائية سواء الأكسدة أم التكربن أم الإذابة أم التحلل المائي من خلال تفاعل المعادن الموجودة في الصخور مع الأكسجين الموجود بالرطوبة الجوية وبالتالي تفككها.



شكل (4) المعدلات الشهرية للرطوبة النسبية وكمية التبخر في منطقة الدراسة.



شكل (5) المتوسطات الشهرية وأقصي كمية شهرية ويومية للمطر في منطقة الدراسة.

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة، بيانات غير منشورة خلال الفترة 1985– 2018م.

ومن تحليل المتوسطات الشهرية والفصلية لكميات الأمطار ظهر تباين كميات الأمطار سنويًا وسقوطها بصورة مفاجئة ومركزة طبقًا لنظام المطر الصحراوي؛ حيث يغطي موسم المطر الخريف والشتاء والربيع، بمتوسط سنوي يبلغ 6.9 ملم، مع تساقط أكبر كمية مطر في الشتاء بمتوسط 15.9 ملم، يليه الربيع بمتوسط 12.5 ملم، ثم الخريف بمتوسط 2.9ملم، ويكاد ينعدم المطر في فصل الصيف؛ حيث لم تتعد كمية المطر الساقطة 0.2 ملم (شكل 5)، ذلك وتسقط أحيانًا كميات فجائية من المطر تفوق قدرة التربة على التبخر والتسرب؛ مما يؤدي إلى حدوث السيول، كما حدث في ديسمبر عام 1992م؛ حيث بلغ مجموع كمية المطر الشهري 140.9ملم. وعلى الرغم من قلة

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

كمية المطر وعدم انتظام سقوطها إلا إن تركز التساقط في الشتاء يزيد من فاعليتها؛ حيث تحتفظ الأحجار بالماء لفترة أطول، مما يزيد من نشاط عملية الإذابة، بالإضافة إلى احتواء المطر على أيونات الأملاح التي تتلف الأحجار، وينعكس ذلك بطبيعة الحال سلبًا على المنشآت الأثرية.

(ب) مستوى المياه الجوفية وخصائصها:

تبين من دراسة مناسيب المياه الجوفية وتحليلها تباينها مكانيًا من مكان إلى آخر(جدول 1)، وكذلك زمنيًا حيث تتصف بالتغير تبعًا لفصل المطر، وأمكن تصنيف منطقة الدراسة طبقًا لمناسيب المياه الجوفية السطحية على أساس العمق إلى مستويين الأول: مستوى المياه الجوفية أقل من متر تحت سطح الأرض: تمثل نسبة 70% من إجمالي المواقع، وتشمل قصر إبراهيم، والمدرسة الأميرية، وقصر خزام، وقصر صاهود، ومسجد صاهود، والجبري، وجواثى، والجعلانية، التهيمية الشرقي، وقصر الوزية، وقلعة بنت قنيص، وميناء العقير– الرصيف البحري، والخان، ومجلس الإمارة، والثاني: مستوى المياه الجوفية السطحية أكثر من متر تحت سطح الأرض: وتشمل ستة مواقع بنسبة 30% من إجمالي عدد المواقع في منطقة الدراسة، ومن الأهمية بمكان الإشارة إلى أن تأثير التجوية الملحية يتزايد كلما تناقص العمق بالنسبة إلى المياه الجوفية والملوحة الزائدة، وارتفاع الخاصية الشعرية، وملوحة المياه الجوفية وتركيبها الكيماوي، وتدفق الملح (كوك، وآخرون، 1994)، وينطبق ذلك على عديد من المواضع، وبخاصة ميناء العقير ومدينة الهفوف وقرى الكلابية والبطالية والعيون، إذ يبلغ المتوسط العام – 0.28 مترًا تحت سطح الأرض.

جدول (1) مناسيب المياه الجوفية في مواقع المنشآت الأثرية في محافظة الأحساء.

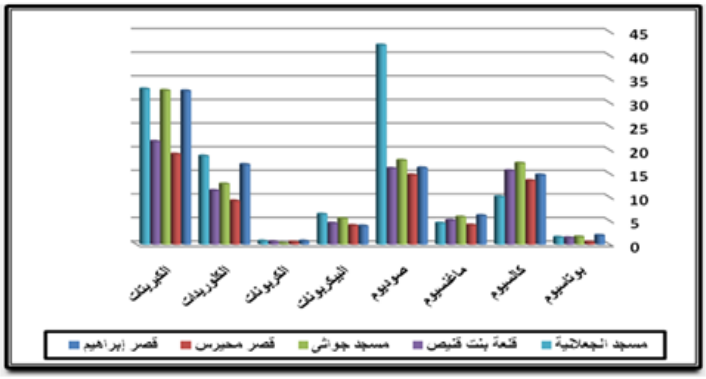
المنشآت الأثرية	منسوب المياه الجوفية(متر)	المنشآت الأثرية	منسوب المياه الجوفية(متر)
قصر إبراهيم	0.28–	قصر صاهود	0.82–
ميناء العقير– الرصيف البحري	0.32–	مسجد الجعلانية	0.83–
مسجد جواثى	0.49–	مجلس الإمارة	0.88–
مسجد التهيمية الشرقي	0.63–	قصر خزام	0.95–
قلعة بنت قنيص	0.65–	مسجد خزام	1.0–
ميناء العقير– الخان	0.67–	مسجد القبة	1.1–
قصر الوزية	0.72–	مسجد التهيمية الجنوبي	1.1–
مسجد صاهود	0.77–	مسجد العقير	1.1–
مسجد الجبري	0.80–	بيت البيعة	1.3–
المدرسة الأميرية	0.82–	قصر محيرس	1.3–
المتوسط العام (0.28–)			

المصدر: هيئة الري والصرف، إدارة الري، (2016م)، بيانات غير منشورة، الأحساء.

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

– الدراسة الميدانية، شهر أكتوبر، 2018م.

تسهم المياه الجوفية في تلف مواد البناء وتآكلها نتيجة زيادة نسبة الأملاح الذائبة فيها؛ حيث تؤدي نسبة الملوحة المرتفعة إلى تلف الأحجار ومكوناتها المعدنية، ومن أهم الأملاح الصوديوم والبيكربونات والكبريتات إلى جانب معامل الحموضة PH والتوصيل الكهربائي EC (صليب، 2008)، ومن تحليل الخصائص الكيميائية للمياه الجوفية السطحية تبين أن درجة تركيز البوتاسيوم تتراوح بين 0.5 و1.9 ملليمكافئ، في حين بلغت أعلى درجة تركيز للكالسيوم في مسجد جواثى بقيمة 17.2 ملليمكافئ، في حين يتراوح تركيز الماغنسيوم بين 4.1 و6.1 ملليمكافئ، أما درجة تركيز الأنيونات فقد لوحظ ارتفاع درجة تركيز الكلوريدات والكبريتات؛ حيث تتراوح بين 9.2 و18.7 ملليمكافئ، و19.1 و32.9 ملليمكافئ على التوالي، وهي تؤدي دورًا خطيرًا في تلف المكونات المعدنية المختلفة للأحجاروتدميرها، وكذلك طبقة الملاط حيث تحولها إلى مواد هشة، بينما تتراوح درجة تركيز الكربونات والبيكربونات بين 0.2 و0.7 ملليمكافئ، و3.9 و6.4 ملليمكافئ على التوالي، ويبلغ معامل الحموضة PH 6.6 و7.3، كما يبلغ درجة التوصيل الكهربائي EC 3.2 و5.9 (شكل 6).



شكل (6) درجة تركيز الأملاح الذائبة في المياه الجوفية في بعض مواقع المنشآت الأثرية بمنطقة الدراسة.

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على الحميد، (2012م)، ص 38–39، و84–85.

وبذلك تخلص الدراسة إلى أن المنشآت الأثرية في محافظة الأحساء تتعرض لارتفاع مناسيب المياه الجوفية السطحية وتذبذبها؛ مما يتسبب في عمليات التلف والتقليل من الخواص الميكانيكية للحجر، ويتمثل التأثير السلبي لهذه المياه فيما تحمله من أملاح أو مواد عضوية موجودة في مصادرها أو التربة التي تختزنها.

(ج) شبكة الصرف الصحي:

تشير بيانات بلدية محافظة الأحساء إلى أن شبكة الصرف الصحي تغطي 40% من الكتلة العمرانية بكل من الهفوف والمبرز بالإضافة إلى البيارات الخاصة، وأن مدينتا الهفوف والمبرز تخدمها شبكة صرف صحي بطاقة تبلغ 105,116م^3/اليوم، وقرية الشعبة بطاقة 3042م^3/اليوم، أي أن إجمالي معدل الصرف بحاضرة الأحساء يبلغ 108158م^3/اليوم، وعلى الرغم من ذلك فإن المنطقة القديمة في المبرز والهفوف توجد فيها شبكة صرف قديمة غير مطابقة للمواصفات، وتتكون من قنوات أسمنتية وخرسانية ومواسير فخار قديمة أو بلاستيك ضعيف السماكة، وتستخدم الآبار للصرف؛ مما يسبب الطفح والتلوث وارتفاع منسوب المياه الجوفية والأرضية (وزارة الشئون البلدية والقروية، 2009م).

ومن الطبيعي اختلاف مناسيب سطح الأرض – كما سبقت الإشارة إليه – مما يترتب عليه أن تصبح المنشآت الأثرية الموجودة داخل الكتلة العمرانية أكثر عرضة للتأثر بمياه الصرف التي تحمل الأحماض المختلفة، ويعرضها إلى التدهور بزيادة فعل التجوية الملحية، ولوحظ هذا الأمر في قصر إبراهيم، ومسجد الجبري في مدينة الهفوف، وقصرا صاهود ومحيرس في المبرز، بالإضافة إلى مسجد جواثى في قرية الشعبة.

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

(د) خصائص مواد البناء والترميم للمنشآت الأثرية:

تعد خصائص مواد البناء من العوامل الضابطة في تحديد ميكانيكية التلف التي تتعرض له المنشآت الأثرية، بالإضافة إلى أنها تتحكم في نوع إجراء عمليات الترميم وطريقتها. وتؤكد دراسة (Cooke &Doornkamp, 1982) أن تعرض مواد البناء للأملاح يحدث تغيرًا في خصائصها الكيميائية، الأمر الذي يترتب عليه ضعف المنشآت، ويؤثر في عمرها، وبناءً عليه فإن حجم التلفيات في المنشأة يتوقف أثره على حجم الغبار الملحي في مواد البناء؛ لذلك من الأهمية بمكان دراسة خصائص مواد البناء في منطقة الدراسة وتحليلها، ونستعرض النتائج فيما يأتي:

نسبة المسامية: تبين من تحليل بيانات الجدول (2) وجود تباين في نسبة المسامية في الأحجار الجيرية المستخدمة في تشييد المنشآت الأثرية؛ حيث تتراوح بين 27.32% و46.07%، وسجلت أقل نسبة للمسامية بمسجد جواثى في العينة القديمة، وأعلى نسبة مسامية بقصر إبراهيم في العينة القديمة بمتوسط 35.13%. ومن خلال فهم تقنيات المسامية والنفاذية وأثرهما في التجوية الملحية تبين أن التغيرات في سطح المنشآت الحجرية يمكن أن تحدث بسرعة أو ببطء نتيجة اختلاف معدلات استجابة خصائص الحـجر إلى الظروف البيئية، اعتمادًا على نظام المسام وحركة الأملاح أثناء عمليات التجفيف (Buj, et al,2011)، ومن مقارنة نسبة المسامية لعينات الأحجار القديمة والأحجار الحديثة لوحظ ارتفاع نسبة المسامية بالأحجار القديمة في جميع عينات منطقة الدراسة، ماعدا العينتين المأخوذتين من الرصيف البحري ومسجد جواثى، ويدل ذلك على أن التجوية الملحية تسهم بدور في زيادة نسبة المسامية؛ حيث تؤدي إلى إذابة بعض الأملاح الموجودة داخل مواد البناء، كما أن الانتقال بين عمليتي التبلور والتميؤ يؤدي إلى توسيع الفراغات داخل الحجر الجيري.

نسبة امتصاص المياه: من الطبيعي أن ترتفع نسبة امتصاص المياه نتيجة ارتفاع نسبة المسامية، ومن ثم تنخفض مقاومة الصخر لعمليات التلف الناتجة عن التجوية الملحية، ومن تحليل بيانات الجدول (2) تبين أن نسبة امتصاص المياه في عينات الحجر الجيري في منطقة الدراسة تتراوح بين 8.78 و36.82% بمتوسط عام 19.93%، وتبلغ أقل قدرة امتصاص للمياه في مسجد جواثى في العينة القديمة، وأعلى قدرة امتصاص بقصر إبراهيم في العينة الحديثة، والتي استخدمت في عملية الترميم.

جدول (2) نسب المسامية وامتصاص المياه في عينات الحجر الجيري في المنشآت الأثرية في محافظة الأحساء.

موقع العينة	المسامية (%)	امتصاص المياه (%)	موقع العينة	المسامية (%)	امتصاص المياه (%)
مسجد جواثى (قديمة)	**27.32**	**8.78**	**بيت البيعة (حديثة)**	**36.17**	**21.42**
الرصيف البحري (قديمة)	**27.68**	**22.98**	**بيت البيعة (قديمة)**	**37.10**	**26.32**
الرصيف البحري (حديثة)	**29.72**	**9.07**	**مسجد الجعلانية (قديمة)**	**37.63**	**16.94**
مسجد جواثى (حديثة)	**29.87**	**13.24**	**قلعة الوزية (قديمة)**	**42.38**	**20.09**
المدرسة الأميرية (قديمة)	**31.00**	**23.35**	**قلعة بنت قنيص (قديمة)**	**43.36**	**26.18**
قصر إبراهيم (حديثة)	**33.28**	**36.82**	**قصر إبراهيم (قديمة)**	**46.07**	**13.98**

المصدر: تم التحليل بمعمل الأراضي والمياه، (2018م)، كلية الزراعة، جامعة أسيوط، أسيوط.

(قديمة): عينات من الحوائط المبنية من الحجر الأصلي. (حديثة): عينات من حوائط تم عمل ترميم لها.

درجة الصلابة: من تحليل قدرة تحمل صخور الحجر الجيري للضغوط لمعرفة قدرته على مقاومة الضغط الناتج عن نمو البلورات الملحية بالجدول (3) تبين أن الأحجار الجيرية المشيد بها منشآت بيت البيعة، وقلعة الوزية تتصف بأكبر قوة تحمل للضغوط؛ حيث ترتفع لأكثر

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

من 80 كجم/سم^3، في حين تتصف العينات المأخوذة من باقي المواقع بأقل قوة تحمل، ومن ثم تكون أكثر عرضة للتلف والتفتت في حالة تأثرها بالأملاح، كما هو الحال في الرصيف البحري، والمدرسة الأميرية، وقلعة بنت قنيص، ومسجدا جواثى والجعلانية، وقصر إبراهيم، ويأتي ذلك نتيجة التركيب المعدني والكيميائي، ووجود المواد غير الذائبة، وانتشار الحفريات والمادة اللاحمة، بالإضافة إلى أن كثيرًا منها يتم تغطية الحجر الأصلي (الحجر الجيري) بطبقة من الطين.

جدول (3) قدرة تحمل صخور الحجر الجيري في بعض المنشآت الأثرية للضغوط.

موقع العينة	قدرة التحمل كجم/سم^3	موقع العينة	قدرة التحمل كجم/سم^3
الرصيف البحري	**6.23**	**مسجد الجعلانية**	**50.92**
المدرسة الأميرية	**13.80**	**قصر إبراهيم**	**52.63**
قلعة بنت قنيص	**23.04**	**قلعة الوزية**	**82.90**
مسجد جواثى	**41.82**	**بيت البيعة**	**88.76**

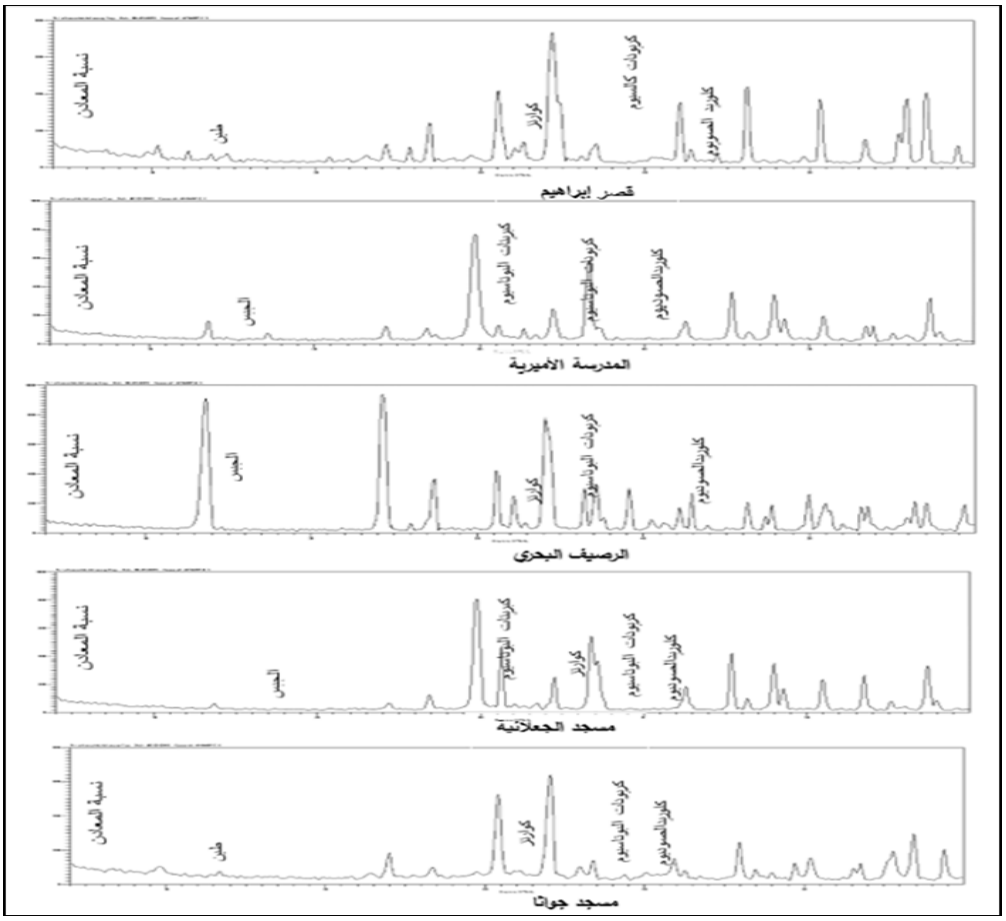
المصدر: تم التحليل بمعمل الأراضي والمياه، (2018م)، كلية الزراعة، جامعة أسيوط، أسيوط.

النسيج المعدني والحفريات: تبين من تحليل النسيج المعدني والحفريات للأحجار الجيرية المشيد بها المنشآت الأثرية بالميكروسكوب المستقطب انتشار كسرات الحفريات وحبيبات الكوارتز بعينات المدرسة الأميرية، والرصيف البحري، ومسجدا جواثى والجعلانية، ويعرف نسيج تلك العينات باسم Wackestone، أما عينات الأحجار من بيت البيعة فكانت تحتوي على حبيبات الكوارتز الناعمة من نسيج Succrose وشظايا كبيرة من نسيج Plecypodes، كما لوحظ انتشار الحفريات في بعض العينات منها: المحاريات، والقواقع، وحبيبات الكوارتز الغرينية في قصر إبراهيم ونسيجه يعرف Lim–Mud، ويعد أكثر مقاومة لعمليات تبلور الأملاح عن النوع الأول؛ حيث يتسم بالمرونة، ففي حالة النمو البلوري للأملاح يضغط على النسيج دون كسر أو تفتت.

التركيب المعدني: يؤثر الاختلاف والتفاوت في نسبة المعادن المكونة لنسيج الصخور وكذلك المواد اللاحمة في تباين درجة التاثير السلبي في المنشآت الأثرية، والشاهد من الدراسة الميدانية استخدام الحجر الجيري والطفل والرمال في بناء المنشآت الأثرية في منطقة الدراسة، ومن تحليل خمس عينات من الأحجار الجيرية عن طريق حيود الأشعة السينية X–Ray لمعرفة التركيب المعدني تبين أن المكون الرئيسي مادة كربونات الكالسيوم $CaCo_3$ التي تعد مادة الحجر الأساسية، إذ تتراوح النسبة بين 38.7% و 55.7% في قصر إبراهيم ومسجد جواثى على التوالي، مع وجود نسبة متوسطة من معدن الكوارتز Sio_2 في جميع العينات؛ حيث تتراوح النسبة بين 5.6% و38.6%، ووجدت أقل نسبة في عينة مسجد المدرسة الأميرية، بينما أعلى نسبة جاءت بمسجد جواثى، ذلك وتبين وجود نسبة من معدن كلوريد الصوديوم –الهاليت– Nacl في معظم العينات؛ إذ تتراوح النسبة بين 8.0% و32.13% في قصر إبراهيم والمدرسة الأميرية على التوالي، بالإضافة إلى وجود كبريتات البوتاسيوم $CaSo_4$ بجميع العينات نسب تتراوح بين 11.6% و42.2%، كما لوحظ وجود معادن

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

أخرى في شكل شوائب في عينات المدرسة الأميرية ومسجد الجعلانية والرصيف البحري– ميناء العقير، بالإضافة إلى نسبة من الطين والألومنيوم في عينات مسجدا الجعلانية وجواثى وقصر إبراهيم (شكل 7)، وتبين من تحليل بيانات (جدول 4) ودراستها وجود نسبة من المواد غير الذائبة في جميع عينات الحجر الجيري؛ حيث تتراوح نسبتها بين 8.91% و82.53%، ومن الطبيعي بمكان أن يكون وجود المواد غير الذائبة ولو بنسب ضئيلة يضعف من الصلابة، وتعرض المنشآت بشكل أكبر لجميع عمليات التجوية وبخاصة التجوية الملحية، ومن ثم تلفها وتدهورها.



شكل (7) يوضح نمط حيود الأشعة السينية X–Ray لعينات الأحجار الجيرية المشيد بها المنشآت الأثرية بمنطقة الدراسة.

المصدر: نتائج التحليل بمعمل الأراضي والمياه، (2018م)، كلية الزراعة، جامعة أسيوط، أسيوط.

جدول (4) نسبة المواد غير الذائبة بعينات الحجر الجيري في المنشآت الأثرية في محافظة الأحساء

المنشآت الأثرية	نسبة المواد غير الذائبة
مسجد الجعلانية	**8.91**
المدرسة الأميرية	**9.99**
الرصيف البحري – ميناء العقير	**10.94**
بيت البيعة	**21.96**
مسجد جواثى	**63.42**
قصر إبراهيم	**79.83**
قلعة بنت قنيص	**79.88**

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

قلعة الوزية	**82.53**

المصدر: تم التحليل بمعمل الأراضي والمياه، (2018م)، كلية الزراعة، جامعة أسيوط، أسيوط.

بناءً على ما تقدم نستنتج أن كربونات الكالسيوم مادة الحجر الأساسية بالمنشآت الأثرية، وأن وجود الجبس بالعينات قد يكون ناتجًا بوصفه مظهرًا للتلف من تحول كربونات الكالسيوم إلى كبريتات الكالسيوم نتيجة تفاعلها مع غاز ثاني أكسيد الكبريت في وجود المياه، وأن وجود الهاليت بنسبة كبيرة في قصر إبراهيم والمدرسة الأميرية، دلالة على وجود نسبة عالية من الأملاح في العينات، وهذا ما أكده بالفعل التحليل الكيميائي للأملاح الذائبة؛ حيث بلغت 47872 و58240 ملليجرام/جم على التوالي، وأن وجود الأنهيدريت– كبريتات الكالسيوم غير المائية– ناتج من تحول الجبس المائي بفعل الحرارة، وفقدان المياه إلى جبس لامائي.

مواد عمليات الترميم: تهدف عمليات الترميم إلى علاج مظاهر التلف التي تسببها العوامل المختلفة بأسلوب علمي صحيح، أما إذا أجريت العمليات بطريقة خاطئة، فإنها تسرع بزوال الأثر أو تغيير مظهره، ذلك ولوحظ خلال الزيارت الميدانية للمنشآت الأثرية؛ وجود عديد من أوجه القصور في عمليات الترميم؛ حيث تبين استخدام الجص أو الجبس الأبيض في معظم الأحيان مثل ما تم في قصر إبراهيم وقصر خزام والمدرسة الأميرية وبيت البيعة (صورة 1)، وينعكس ذلك سلبيًا بدرجة كبيرة جدًا على المنشآت الأثرية؛ حيث تتحد كبريتات الكالسيوم مع الإسمنت، فيصبح الحجر الجيري مع مرور الزمن هشًا جدًا، مما يؤدي إلى ظهور الشقوق وبالتالي تصدع المنشآت، كذلك تم استخدام مونة الإسمنت– من أشهرها الإسمنت البورتلاندي– في عمليات ترميم قصر محيرس والمدرسة الأميرية (صورة 2) ومسجد جواشي، وترتب عليها انهيار جدران المنشأة، ويرجع السبب الرئيس في هذه الحالة إلى استخدام الإسمنت الذي يحتوي على سيليكات الكالسيوم وسيليكات الألومنيوم، وكذلك كبريتات الكالسيوم وبعض الأملاح القلوية، التي تتغلغل داخل مواد البناء مسببة تبلور الأملاح فيها، بالإضافة إلى ظهور التشققات الدقيقة والواسعة نتيجة الاختلاف في درجة الصلادة، ومعامل التمدد والانكماش بين مواد البناء القديمة، والإسمنت المستخدم في الترميم (Lamei, 1995).

صورة (1) استخدام الجبس الأبيض في ترميم جدران بيت البيعة، وتلاحظ فيها التشققات.

صورة (2) استخدام الإسمنت البورتلاندي في ترميم جدران المدرسة الأميرية.

المصدر: تصوير الباحثة، الدراسة الميدانية، شهر سبتمبر، 2018م.

ثانيًا: تصنيف وضع حوائط المنشآت الأثرية طبقًا لنطاقات الرطوبة:

تختلف درجة تأثر المنشآت الأثرية بعمليات التجوية الملحية تبعا لتباين مصادر الرطوبة، ولاسيما المياه الجوفية السطحية، والعوامل السابق ذكرها، ومن نتائج الدراسة الميدانية وطبقًا لتقسيم أرنولد Arnold (Zehnder, 2007) تبين وجود أربعة نطاقات للرطوبة في حوائط المنشآت الأثرية؛ واعتمادًا على درجة تأثرها بعمليات التجوية الملحية يمكن تصنيفها إلى أربعة أنماط هي (شكل 8):

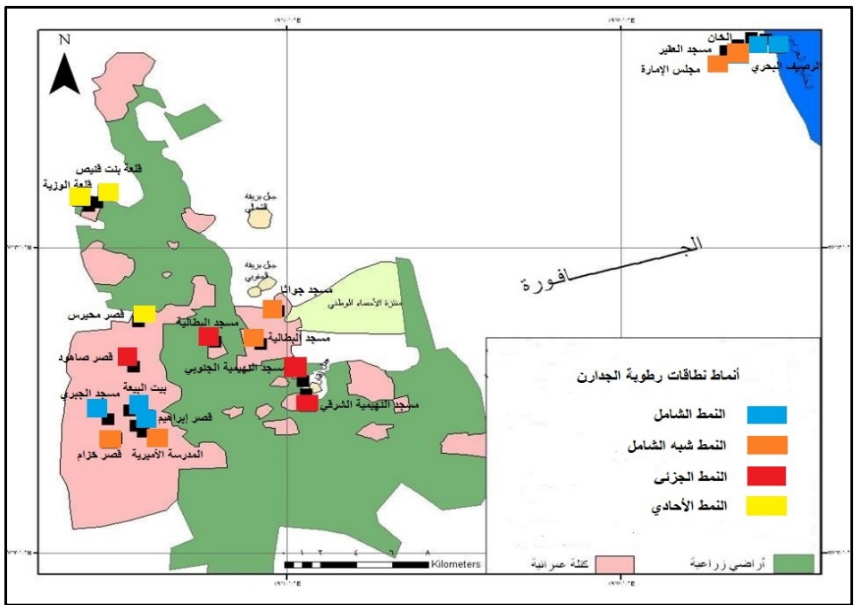
© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

– **النمط الشامل:** منشآت تشتمل على أربعة نطاقات رطوبة، وتشمل: قصر إبراهيم، وبيت البيعة، ومسجد الجبري، والخان– العقير، وتمثل 20% من إجمالي عدد المنشآت الأثرية البالغ 20 منشآة أثرية.

– **النمط شبه الشامل:** منشآت تشتمل على ثلاثة نطاقات رطوبة، وتشمل: مسجد القبة، والمدرسة الأميرية، ومسجد جواثى، وقصر خزام ومسجد خزام، ومسجد العقير ومجلس الإمارة بالعقير، وتبلغ نسبتها 40% من إجمالي عدد المنشآت الأثرية.

– **النمط الجزئي:** منشآت تشتمل على نطاقي النشع والتبلور، وتشمل: مسجد التهيمية الجنوبي، ومسجد التهيمية الشرقي، ومسجد الجعلانية، ومسجد صاهود، وتمثل 20% من إجمالي عدد المنشآت الأثرية.

– **النمط االأحادي:** منشآت تشتمل على نطاق التبلور، وتشمل: قصر محيرس، وقصر صاهود، وقلعة الوزية، وقلعة بنت قنيص، وتمثل 20% من إجمالي عدد المنشآت الأثرية.



المصدر: نتائج الدراسة الميدانية، شهر فبراير 2018م.

شكل (8) تصنيف أنماط نطاقات الرطوبة داخل جدران المنشآت الأثرية في محافظة الأحساء.

ثالثًا: تصنيف نطاقي الرشح والتبلور في المنشآت الأثرية:

نظراً لأهمية النطاقين لعمليات التجوية الملحية؛ حيث يمثلان الأجزاء التالفة أو المتدهورة في المنشآت الأثرية في منطقة الدراسة فأنه يمكن استعراض تصنيفهما وتحليلهما المكاني بشيء من التفاصيل فيما يلي:

(أ) نطاق الرشح:

بناءً على نتائج قياس منسوب الرشح بالمنشآت الأثرية من سطح الأرض إلى بداية خط التبلور فقط (جدول 5 وشكل 9)، أمكن تصنيف نطاق الرشح إلى الفئات الآتية:

الفئة الأولي: وتضم المنشآت التي يقل فيها منسوب الرشح عن 0.5 مترًا من سطح الأرض، وبلغت نسبتها 20% من إجمالي عينات الدراسة؛ حيث سجلت في أربعة مواقع هي: مسجد خزام، ومسجد الجعلانية، وقلعة الوزية، ومسجد التهيمية الشرقي؛ حيث يتراوح منسوب الرشح فيها بين 0.17 و0.48م.

الفئة الثانية: وتشمل المنشآت التي يزيد منسوب الرشح فيها عن 0.5 مترًا ويقل منسوبه عن 1.0 مترًا، وقد بلغت نسبتها 55% من إجمالي عينات الدراسة؛ حيث يتراوح الرشح بين 0.66 و0.96 مترًا، وسجلت بمنشآت قصر إبراهيم، ومسجد القبة، وبيت البيعة، والمدرسة

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

الأميرية، وقصر خزام، وقصر محيرس، ومسجد الجبري، وقلعة بنت قنيص، ومسجد التهيمية الجنوبي، ومسجد العقير، ومجلس الإمارة بالعقير.

الفئة الثالثة: وتشمل المنشآت التي يبلغ منسوب الرشح فيها 1.0 مترًا فأكثر، ورصدت الفئة في باقي المواقع وعددها خمس منشآت بنسبة 25% من إجمالي عينات الدراسة؛ حيث يتراوح منسوب الرشح بها بين 1.0 و2.0 مترًا، وسجل أقصى منسوب بمنشأة الخان في شاطئ العقير.

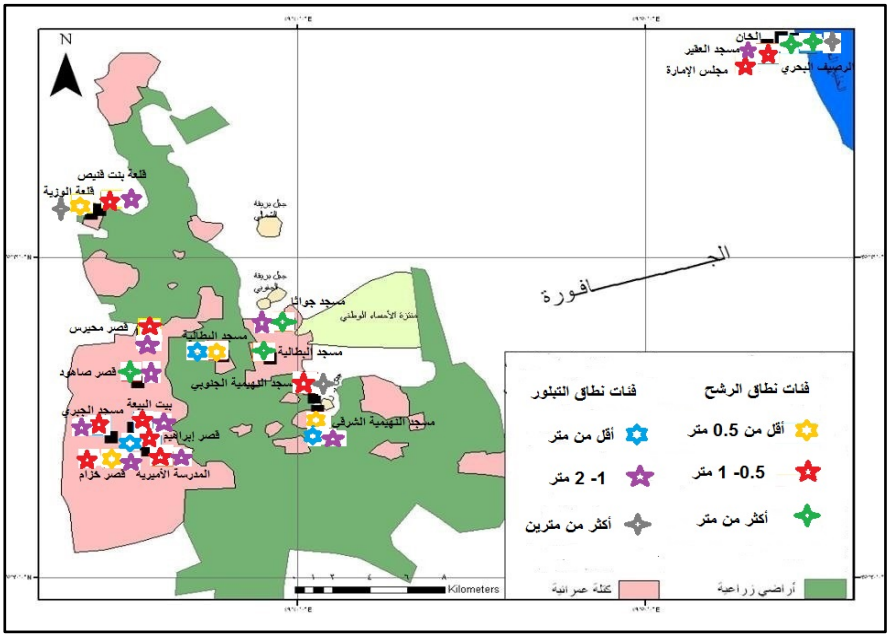
المنشآت الأثرية	منسوب الرشح (سم)		المتوسط (سم)
	أقل منسوب	أعلى منسوب	
قلعة الوزية	3	30	16.5
مسجد التهيمية الجنوبي	5	183	94
مسجد صاهود	5	200	102.5
قصر محيرس	6	185	95.5
قصر صاهود	7	230	118.5
مسجد الجعلانية	10	50	30
المدرسة الأميرية	10	155	82.5
مسجد القبة	10	150	80
بيت البيعة	15	120	67.5
مسجد الجبري	15	150	82.5
مسجد التهيمية الشرقي	20	75	47.5
مسجد جواثى	20	180	100
مسجد خزام	20	70	45
قصر إبراهيم	22	110	66
قصر خزام	23	150	86.5
الرصيف البحري– العقير	36	250	143
قلعة بنت قنيص	60	100	80
مسجد العقير	41	113	77

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

مجلس الإمارة بالعقير	48	95	71.5
الخان	100	298	199
المتوسط	**23.8**	**144.7**	**84.25**

جدول (5): متوسط منسوب **الرشح من سطح الأرض حتى بداية التبلور في المنشآت الأثرية في محافظة الأحساء.**

المصدر: نتائج الدراسة الميدانية، شهر يناير 2018م.



المصدر: نتائج الدراسة الميدانية، شهري يناير ويونيو 2018م.

يتضح مما سبق أنه لا توجد منشآة أثرية في منطقة الأحساء غير متأثرة تمامًا بالمياه الجوفية السطحية أو بأي مصدر من مصادر الرطوبة، والجدير بالذكر أن المنشآت التي تتصف بانخفاض منسوب الرشح ليست أقل خطورة من المنشآت الأخرى التي يرتفع فيها الرشح إلى عدة أمتار؛ حيث تبين من الدراسة الميدانية أن معظم الجدران التي يقل فيها الرشح هي جدران خارجية، ومن ثم انكشاف سطح الجدار وتعرضه للشمس لفترة أطول من الداخلي، تتحول من نطاق الرشح إلى نطاق التبلور بشكل أكثر ارتفاعًا من الجدران التي يرتفع فيها الرشح.

(ب) نطاق التبلور:

تكمن خطورة الأملاح في الضغط الناتج عن تميؤها، أونتيجة تبلورها، والذي ينتج عنه إجهاد ثرموديناميكية (الحمصاني، 2007م). ومع ارتفاع درجة الحرارة في الوسط المحيط تزداد الأيونات Anion الملحية حتى وصولها إلى درجة التشبع القصوى، وتؤدي إلى حدوث تفتت الحجر نتيجة تبلور الأملاح، إما على السطح أو داخل الحجر في نظام متعاقب، يبدأ بتبلور شحيح الذوبان (توفيق، 2005م)، وقد

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

تم قياس ارتفاع نطاق التبلور في المنشآت الأثرية من أقل منسوب إلى أعلى منسوب وصل إليه خط التبلور (جدول 6 والصورة 3)، وأمكن تصنيفها إلى الفئات الآتية (شكل 9):

الفئة الأولى: منشآت يقل فيها منسوب نطاق التبلور عن متر واحد: بلغت نسبتها 15% من إجمالي عينات منطقة الدراسة؛ حيث رصدت في ثلاثة مواقع هي: قصر إبراهيم، ومسجد الجعلانية، ومسجد التهيمية الشرقي، ويتراوح ارتفاع نطاق التبلور فيها بين 75 و95 سم.

جدول (6) متوسط ارتفاع نطاق التبلور في المنشآت الأثرية في محافظة الأحساء.

المنشأة الأثرية	متوسط الارتفاع (سم)	المنشأة الأثرية	متوسط الارتفاع (سم)
مسجد التهيمية الشرقي	75	قصر صاهود	150
مسجد الجعلانية	90	مسجد العقير	166
قصر إبراهيم	95	مسجد جواثي	170
بيت البيعة	110	مسجد التهيمية الجنوبي	173
المدرسة الأميرية	115	قصر خزام	180
مسجد القبة	120	مسجد الجبري	200
مسجد صاهود	123	الرصيف البحري– العقير	220
قلعة بنت قنيص	125	قلعة الوزية	250
قصر محيرس	125	مجلس الإمارة بالعقير	250
مسجد خزام	130	الخان – العقير	355

المصدر: نتائج الدراسة الميدانية، شهر يونيو 2018م.

صورة (3) نماذج من تبلور الأملاح في المنشآت الأثرية في محافظة الأحساء.

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

المصدر: نتائج الدراسة الميدانية، من تصوير الباحثة، شهر يونيو 2018م.

الفئة الثانية: منشآت يتراوح نطاق التبلور فيها بين 1 و2 متر: ورصدت في: مسجد القبة، وبيت البيعة، والمدرسة الأميرية، وقصر خزام ومسجد خزام، وقصر صاهود ومسجد صاهود، وقصر محيرس، ومسجد الجبري، وقلعة بنت قنيص، ومسجد جواثى، ومسجد التهيمية الشرقي، ومسجد العقير، وبلغت نسبتها 65% من إجمالي عينات الدراسة، ويتراوح منسوب التبلور بها بين 110 و200سم.

الفئة الثالثة: منشآت يبلغ نطاق التبلور فيها أكثر من 2 متر: ورصدت في أربع منشآت بنسبة 20% من إجمالي العينات؛ حيث يتراوح منسوبالتبلور فيها بين 220 و355 سم، وسجل أقصى منسوب في الخان في شاطئ العقير.

يتضح مما سبق تأثر جميع المنشآت الأثرية التي تم دراستها ميدانيًا بالتبلور مع وجود تباين في درجة التأثر؛ ويعزى ذلك إلى ارتباط نطاق التبلور بنطاق الرشح، بالإضافة إلى أن درجة الحرارة المرتفعة في محافظة الأحساء تؤدي إلى سرعة تبخر الماء داخل الجدران وبلورة الأملاح تدريجيًا، ومع تكرار العملية يترتب عليها ضعف التركيب البنائي لمواد البناء، ومن ثم تفككها وضعف قوة تماسكها وتساقطها، وذلك ما أكدته نتائج التحاليل الكيميائية للعينات المختلفة من المنشآت الأثرية موضع الدراسة.

رابعًا: الخصائص الكيميائية للأملاح في عينات الأحجار الجيرية في المنشآت الأثرية:

بناء على التحليل الكيميائي لدراسة الخصائص الكيميائية للأملاح تبين وجود تباين كبير جدًا في مقدار الأملاح الكلية بين العينات المأخوذة من منطقة الدراسة (الجدول 7)؛ إذ تتراوح بين2240 و58240 ملليجرام/جم، وقدر أقل تركيز بقلعة بنت قنيص، وأعلى تركيز بقصر إبراهيم، أما باقي العينات فتتراوح الأملاح الكلية بين 2496 و47872 ملليجرام/جم، وتعد أهم أنواع الأملاح الرئيسة المسببة لتلف مواد البناء المستخدمة في المنشآت الأثرية وتفتتها أملاح الكلوريدات، والكبريتات.

(أ) أملاح الكلوريدات:

بناءً على دراسة بيانات (الجدول 7) يتراوح تركيز كلوريد الصوديوم بين 21.15% و56.81 %، أما تركيز كلوريد البوتاسيوم فتراوح بين3.17% و27.3%، بينما تراوح تركيز كلوريد الكالسيوم بين 0.0 % و12.09%، ومصدرها المياه الجوفية السطحية، ومع تحرك

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

الأملاح بعد ذوبانها على هيئة محاليل ملحية داخل الجدران؛ وبخاصة عند تبخر الماء الحامل لها؛ تترسب تاركة الأملاح لتتبلور على أسطح الحوائط أو أسفلها.

(ب) أملاح الكبريتات:

تتمثل أهم مصادر أملاح الكبريتات بصفة عامة في المياه الجوفية السطحية والتلوث الجوي، وتسهم أملاح الكبريتات بدور مؤثر في تلف المكونات المعدنية المختلفة للأحجار وطبقة الملاط وتدميرهما، وتحولها إلى مواد هشة (Feilden,1982). وتبين من التحليلات (جدول 7) أن أهم أملاح الكبريتات الموجودة في عينات منطقة الدراسة هي: كبريتات الصوديوم تراوحت نسبة تركيزها بين 2.11% و9.77%، وكبريتات الماغنسيوم بنسبة تركيز تراوحت بين 2.09% و8.61%، أما كبريتات الكالسيوم فقد تراوحت نسبة تركيزها بين 10.66% و43.34%، وبصفة عامة تتبلور الأملاح تحت السطح مباشرة؛ مما يتسبب في تلف شديد لمواد البناء.

جدول (7): نتائج التحليل الكيميائي للأملاح من عينات الأحجار الجيرية في المنشآت الأثرية في محافظة الأحساء.

الموقع	الأملاح الكلية (ملليجرام/جم)	الكاتيونات (ملليمكافئ/ كجم)				الأنيونات (ملليمكافئ/ كجم)				أملاح الكلوريدات (%)			أملاح البيكربونات (%)	أملاح الكبريتات (%)		
		K+	Ca++	Mg++	Na+	HCO_3^-	CO_3	SO_4^-	Cl^-	$CaCl_2$	NaCl	KCl	$Mg(HCO_3)^2$	$MgSO_4$	$CaSO_4$	Na_2SO_4
قلعة الوزية	2240	6.00	9.80	2.20	12.00	5.00	0.00	5.5	14.00	11.46	28.73	12.09	3.18	2.67	15.35	8.04
قلعة بنت قنيص	2496	9.00	10.80	7.00	11.00	5.00	0.00	21.60	10.20	10.1	33.00	0	1.51	2.8	43.34	2.11
بيت البيعة	10496	3.50	50.00	8.00	102.00	8.00	0.00	84.60	71.20	17.18	22.09	2.15	2.11	2.36	23.34	8.94
مسجد جواثا	13977	6.60	90.00	30.00	81.00	6.00	0.00	56.20	150.00	7.58	31.87	0.71	0	8.61	35.71	7.22
الرصيف البحري	24576	5.70	80.00	20.00	270.00	4.00	0.00	63.00	310.00	12.16	56.81	1.13	0.13	2.09	10.66	8.94
مسجد الجعلانية	25984	33.00	230.00	30.00	110.00	6.00	0.00	117.00	270.00	18.29	21.15	0.71	0	5.29	41.32	6.19
قصر إبراهيم	47872	102.00	260.00	40.00	340.00	24.00	0.00	381.60	300.00	3.17	30.12	2.1	1.13	4.8	35.5	9.77
المدرسة الأميرية	58240	61.00	408.00	50.00	390.00	4.00	0.00	95.40	800.00	27.3	26.19	4.9	0	2.7	19.8	7.06

المصدر: نتائج تحليل العينات بمعمل الأراضي بكلية الزراعة، (2018م)، جامعة أسيوط، أسيوط.

جدول (8): نسب تركيز أملاح الكلوريدات والكبريتات في العينات المأخوذة من المنشآت الأثرية.

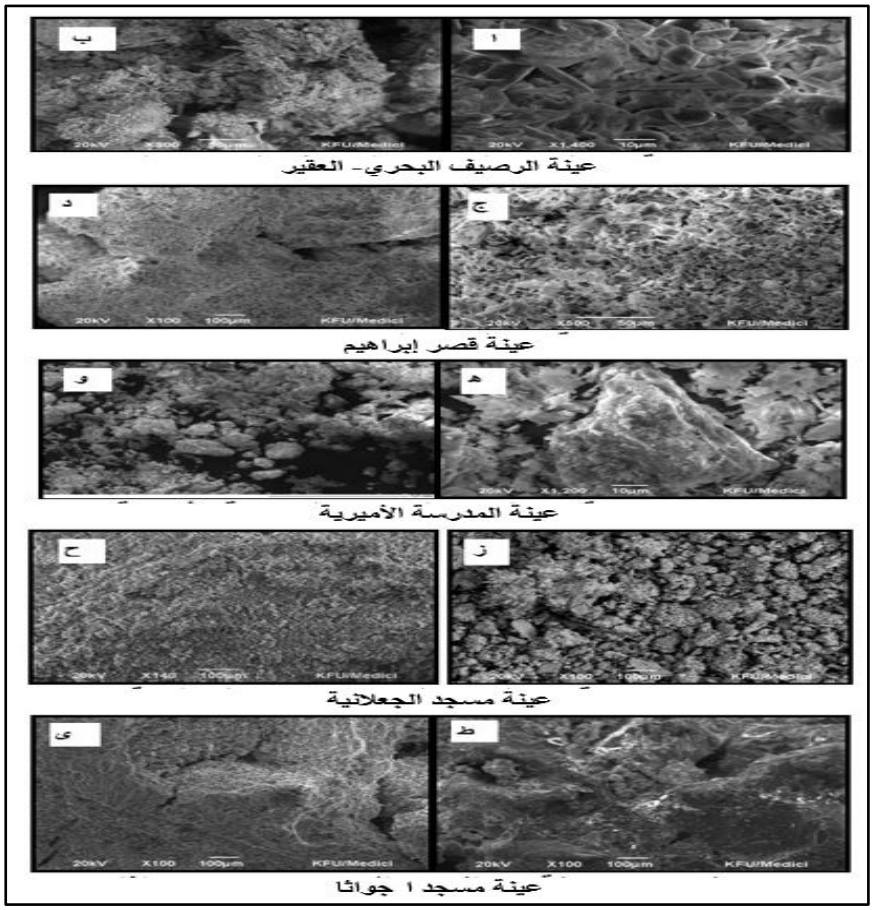
موقع العينة	الكلوريدات %	الكبريتات %	موقع العينة	الكلوريدات %	الكبريتات %
قصر إبراهيم	36.40	51.17	قلعة بنت قنيص	42.50	48.85
مسجد	41.75	52.07	قلعة الوزية	52.36	27.18
مسجد جواثى	42.26	52.49	المدرسة الأميرية	59.39	29.96
بيت البيعة	42.49	34.69	الرصيف البحري	70.18	22.69

المصدر: نتائج تحليل العينات بمعمل الأراضي في كلية الزراعة، (2018م)، جامعة أسيوط، أسيوط.

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

ومن المقارنة بين تركيزات أملاح الكلوريدات الكبريتات في المنشآت الأثرية المدروسة بالجدول (8) تبين أن نسبة تركيز أملاح الكلوريدات يفوق نسبة تركيز الكبريتات؛ حيث بلغ المتوسط العام لنسبة أملاح الكلوريدات 48.42%، تزيد إلى 50% في ثلاث عينات، وسجلت أعلى درجة تركيز بالرصيف البحري؛ وذلك لقربها من البحر، أما أملاح الكبريتات فقد بلغ المتوسط العام 39.89%، وتعدت نسبة 50% في ثلاث عينات أيضًا، مع ملاحظة أن وجود أملاح الكلوريدات والكبريتات معًا لها تأثير فيزيائي مدمر على سطح الحجر الجيري أو خلال الشقوق مسببًا تمزقًا عنيفًا وانفصال الحجر في صورة شرائح مما يدمر السطح الحجري، وللتأكد من أن الأحجار المشيد بها المنشآت الأثرية مجواة بالفعل من الداخل والخارج تم استخدام جهاز الميكروسكوب الإلكتروني الماسح، وكانت نتائج عينات خمسة نماذج من المنشآت الأثرية بمنطقة الدراسة على النحو الآتي:

صورة (4) عينات الحجر الجيري من المنشآت الأثرية في محافظة الأحساء.



المصدر: تم التصوير بمعمل الجيولوجيا، كلية العلوم، جامعة أسيوط، 22-9-2018م، أسيوط.

الرصيف البحري – العقير: تبين وجود أملاح الكبريتات منشورية الشكل ومتبلورة، مما يدل على التجوية الكيميائية وتحول كربونات الكالسيوم إلى كبريتات الكالسيوم؛ بسبب وجود فجوات على سطح الصخور الصورة (4- أ)، أما الصورة (4- ب) فيظهر فيها بلورات أملاح الكبريتات والفجوات والشقوق الكبيرة.

قصر إبراهيم: تبين وجود بلورات ملحية كبيرة الحجم مع الحطام الصخري الناتج من التجوية الملحية، كما لوحظ وجود وفرة في المسام الدقيقة بالحجر؛ مما يساعد في التلف بالنمو البلوري للأملاح الصورة (4- ج)، أما الصورة (4- د) فيظهر بها سلفات بلورات الملح المتراكمة بشدة مع وجود تفتيت ونقر بسبب الملح.

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

المدرسة الأميرية: تشير النتائج إلى تدهور شديد في نسيج الصخور في شكل جزيئات، وتساقط لمكونات الصخر، مع وجود بلورات الملح إبرية الشكل في الغالب الصورة (4– هـ / و).

مسجد الجعلانية: تبين وجود تجزئة شديدة للصخور مختلطة مع بلورات الملح، ولوحظ وجود المسام الصغيرة على نطاق واسع في جميع أنحاء عينة الاختبار الصورة (4– ز)، أما الصورة (4– ح) فتبين تدهور صغير وتفتيت الصخور السطحية مع وجود حفر، وفقدان لجزيئات الصخر بسبب تبلور الملح داخل المسام الصخرية.

مسجد جواثى: تبين وجود مسام واسعة وشظايا السطح، مع وجود صدوع صغيرة ضيقة الصورة (4– ط)، أما الصورة (4– ي) فتظهر سطح صخرة بيضاء مع طفح الملح، كما يمكن الكشف عن شقوق ضيقة طويلة ناتجة عن عملية التلف. خامسًا: دلائل التأثير السلبي للتجوية الملحية على المنشآت الأثرية:

يتضح من عينات الدراسة ظهور عديد من التأثيرات في المنشآت الأثرية بالتجوية الملحية، وأبرزها التقشر وحدوث الفجوات، ويمكن تفصيلها فيما يلي:

(أ) ظاهرة التقشر:

يتوقف حدوث ظاهرة التقشر على عدد من العوامل المتشابكة منها: طبيعة مسام سطح الحجر، ودرجة الحرارة، والرطوبة النسبية، والتبخر (الحمصاني، 2007). كما يرتبط حدوث التقشر أيضًا باستخدام الصخور رديئة التوصيل للحرارة في إقامة المنشآت الأثرية أوعمل طبقة الملاط الخارجية؛ حيث تسخن الأجزاء السطحية من الصخر بشكل أسرع من الأجزاء الداخلية، مما ينتج عنه إجهاد للأجزاء السطحية دون الأجزاء الداخلية للصخر فتنفصل الأجزاء السطحية وتسقط (Judy,2005). وقد لوحظ من الدراسة الميدانية انتشار ظاهرة التقشر في عديد من المنشآت الأثرية، ولاسيما قصرإبراهيم، والميناء البحري والخان في العقير، ومسجد العقير؛ حيث وجد تقشر كنتوري يتراوح سمكه بين 0.3 و3مم (صورة 5)، ويعزى ذلك إلى وجود نطاقين جاف ورطب أسهما في حدوث التقشر، وتعرض أسطح الصخور لفعل التسخين والتبريد المتواليين، بالإضافة إلى انتشار أملاح الكبريتات (48.42%)، وخاصة أملاح كبريتات الصوديوم بالأحجار الجيرية المشيد بها المنشآت الأثرية.

(ب) الفجوات (أعشاش النحل):

تنتشر الفجوات بشكل واسع بالمنشآت الأثرية مثل: الميناء البحري – العقير، ومسجد الجعلانية، قلعة الوجاج (صورة 6)، حيث لوحظ تآكل غير منتظم للأسطح الحجرية مع تكوين فجوات متصلة ببعضها البعض في صورة تراكيب تشبه أعشاش النحل،ويعود انتشار الظاهرة إلى وجود أملاح الصوديوم بتركيز تراوح بين 21.15% و56.81 %؛ حيث تنمو في اتجاه واحد لتأخذ الشكل الإبري، وبالتالي زيادة قوتها التدميرية لأحجار البناء بسبب الزيادة في الحجم وقابليتها للذوبان، مما يسبب تكون ما يعرف بأعشاش النحل البري، وتبين من التحليل الكيميائي لأملاح كبريتات الصوديوم المشيدة بها المنشآت الأثرية أنها ترتفع بنسبة 6% عن المنشآت التي تقل بها نسبة الكبريتات، بالإضافة إلي فعل المياه التحت سطحية وتأثيرها في ذوبان الأملاح.

صورة (5) نماذج من الناتج عن عملية التجوية الملحية في بعض المنشآت الأثرية بالأحساء.

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

المصدر: الدراسة الميدانية، شهر يونيو، 2018م.

(ج) تساقط المحارة:

عندما يكون معدل تدفق المحاليل الملحية في اتجاه أسطح التبخر الخارجية بطيئًا بحيث لا تتمكن من الوصول إلى تلك الأسطح تتبلور الأملاح أسفل طبقة الملاط، وبالتالي تتكون مراكز من البلورات الملحية غير المرئية تؤدي إلى ضغط موضعي من الداخل إلى الخارج تنتهي بانفصال وسقوط المحارة، ولاسيما في حالة وجود كبريتات وكلوريد الصوديوم (Flatt,2002)، ولوحظ من الدراسة الميدانية انتشار ظاهرة تساقط المحارة في عديد من المنشآت الأثرية؛ حيث رصدت في: المدرسة الأميرية، ومسجد جواثى، ومسجد العقير والميناء العقير، بنسبة تزيد عن 60% من مساحة الحوائط التي حدث فيها التساقط، كما رصدت بنسبة أقل في: قصر خزام، وقصر صاهود (صورة 7)، حيث تراوحت نسبة تركيزالأملاح بين 2.11% و43.34%.

صورة (6) ظاهرة أعشاش النحل بمواقع المنشآت الأثرية الناتجة عن نشاط عملية التجوية الملحية في محافظة الأحساء.

المصدر: الدراسة الميدانية، شهر أكتوبر، 2018م.

سادسًا: رؤية مستقبلية للحفاظ على المنشآت الأثرية من تأثيرات التجوية الملحية:

تعتمد صياغة الرؤية المستقبلية للحفاظ على المنشآت الأثرية في محافظة الأحساء – في إطار المواثيق والاتفاقيات العالمية والمبادئ والتوصيات المنبثقة عنها – على منهجية التخطيط الاستراتيجي لما تم وضعه من خطط الترميم والصيانة؛ للحفاظ على المنشآت الأثرية وتنفيذها.

(أ) تقييم الوضع الراهن لتأثير التجوية الملحية على المنشآت الأثرية:

لتقييم الوضع الراهن تم الاعتماد على عناصر SWOT Analysis– طبقًا لآليات تحليل تأثير التجوية الملحية على المنشآت الأثرية – على أربعة أسس هي: نقاط القوة Strengths، ونقاط الضعف Weaknesses، والفرص Opportunities، والتهديدات Threats وتبين منها الآتي:

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

نقاط القوة: تنحصر نقاط القوة بوجه عام في وجود عدد كبير من المتخصصين المهتمين بالجهات المعنية بالمنشآت الأثرية بدرجات علمية متنوعة، وكذلك توافر برامج التخطيط والإدارة الأكثر تنظيمًا وتنسيقًا لموارد التراث ذات المستوى المتقدم ليس في محافظة الأحساء فحسب بل على مستوى معظـم محافظات المملكة العربية السعودية، بالإضافة إلى إمكانية تنفيذ بنود الاتفاقيات والمواثيق الدولية المعنية بحماية وصيانة المنشآت الأثرية وموادها، مع سهولة تنفيذ المشروعات من قبل: القطاعين العام، والخاص المحلي، والعالمي، بمراقبة الجهات الحكومية المعنية بالمنشآت الأثرية.

صورة (7) نماذج من تساقط الغطاءات الإسمنتية بالمنشآت الأثرية في محافظة الأحساء.

المصدر: الدراسة الميدانية، شهر نوفمبر، 2018م.

نقاط الضعف: تنحصر نقاط الضعف بوجه عام في تعدد الوكالات والإدارات الحكومية ذات الصلة بحماية المنشآت الأثرية وصيانتها، بالإضافة إلى أن بعضها يتصف بضعف الخلفية في الجوانب المتعلقة بالتراث وأدوات الحفاظ عليه، كذلك يتطلب الحماية الفعلية للمنشآت الأثرية المصادقة على التنظيمات والتعاون بين قطاع الآثار والمتاحف في: الهيئة العليا للسياحة، ووزارة الشئون البلدية والقروية، ومسئولي التخطيط الميداني، بالإضافة إلى قلة الوعي المجتمعي بضرورة الحفاظ على التراث، ونقطة الضعف الأكثر تأثيرًا نقـص قواعـد البيانـات، والحاجة الملحة للمسـح الميـداني الشامل على مستوى النطاق المحلي والإقليمي للمنشآت الأثرية، وكذلك المواد المستعملة في الترميم ومنها الجص أو الجبس الأبيض والإسمنت الذي يترتب عليه زيادة تأثير التجوية.

الفرص: تتمثل الفرص في الحاجـة الملحة للاستثمارات في حماية المنشآت الأثرية وصيانتها وعلاج المشكلات المتزيدة جراء التجوية الملحية، مع وجود بعض الجهات المانحة للمشروعات على المستوي الوطني والعالمي، كذلك التطـور التكنولوجي ووفرة مصادر المعلومات والمكتبات الرقمية، بالإضافة إلى إسهام بعض الأفراد والشركات في عملية الحفاظ والصيانة.

التهديدات: تتمثل التهديدات في نقص الخبرات التقنية والاحترافية في مجال عمليات الصيانة والترميم، ونقص الميزانيات اللازمة لتمويل مشروعات الحماية، والنقص في المسئولين والإداريين المدربين على حماية المنشآت الأثرية، بالإضافة إلى ضـعف الـوعي بأهميـة الحفاظ على المنشآت الأثرية.

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

(ب) صياغة الرؤية المستقبلية لحماية المنشآت الأثرية:

تشمل الرؤية المستقبلية تحديد الرؤية وصياغة الرسالة، وتحديد القيم وصياغة الأهداف الاستراتيجية، وهي وفق ما يلي:

الرؤية: "المنشأت الأثرية تراث عريق ومهم في حضارة المملكة العربية السعودية، ومن الأهمية بمكان حماية البيئة المكانية لها".

الرسالة: "تعزيز قدرات الحماية للمنشآت الأثرية بناءً على نتائج تحليل البيئة المكانية باتباع منهج التخطيط الاستراتيجي".

القيم: لتحقيق الرؤية والرسالة لابد من توافر مجموعة من القيم الأساسية الداعمة لمستقبل المنشآت الأثرية تتمثل في:

– القيم الإدارية، والأمانة العلمية، والمسئولية الأخلاقية والمجتمعية، لدى المعنين بحماية المنشآت الأثرية.

– الالتزام بالمسئولية تجاه المنشآت الأثرية المتضررة، وبصفة خاصة تأثيرات التجوية الملحية.

– تحقيق التوازن بين وجهات النظر العلمية بما يسهم في تحسين جودة صيانة المنشآت الأثرية وترميمها.

– الحرص على تطبيق أولويات العمل؛ من خلال إدارة مشروعات حماية المنشآت الأثرية وصيانتها بطريقة عملية وفعالة.

– الإبداع الذي يحقق مواكبة ما هو جديد ومتطور في مجال ترميم المنشآت الأثرية وصيانتها، بما يضمن تبوء دور مؤثر ومهم في مجال حمايتها والحفاظ عليها.

الأهداف الاستراتيجية:

– إعداد خطة هيكلية لمشروعات الصيانة للمنشآت الأثرية وأعمالها بطريقة تدعم المسئولية الإدارية والمشاركة الاجتماعية.

– التوعية بأهمية المنشآت الأثرية من خلال التسجيل والبحث العلمي والعروض الثقافية؛ ليتمكن القطاعان العام والخاص من أخذ أهمية التراث بعين الاعتبار.

– بحث الخيارات المتاحة لاستخدام المنشآت الأثرية والموروث الأثري في مجالات السياحة والتعليم ودراستهم من خلال دعم الأنشطة السياحية، والتعليمية، والثقافية، والاجتماعية.

– ضم المنشآت الأثرية في برامج الحماية والبحث العلمي والتنمية الثقافية والاجتماعية والاقتصادية، وإعداد برامج أفضل وأكثر استدامة بمساعدة الجهات الحكومية.

– الشراكة المجتمعية في الحفاظ على المنشآت الأثرية من خلال تعزيز أهمية حمايتها.

– تعزيز مكانة الموروث الثقافي من خلال دعم أنشطة التعاون والعلاقات الثقافية مع الجهات المعنية بالجامعات والمنظمات والمراكز البحثية، وتشجيع المشاركة في المؤتمرات الداعمة للحفاظ على المنشآت الأثرية.

– ضمها لقائمة التراث العالمي بمنظمة اليونسكو إن توافرت بها شروط هذا الضم.

3 خاتمة

تعد الأحوال المناخية السائدة بمحافظة الأحساء من أهم العوامل المؤثرة في حدوث التجوية الملحية في المنشآت الأثرية، بالإضافة إلى ارتفاع منسوب المياه الجوفية السطحية (−0.28 سم)، وخصائصها الكيميائية (تتراوح ملوحتها بين 6045− 79400 ملليجم/لتر)، وشبكة الصرف القريبة من المنشآت الأثرية، والترميم الخاطئ، وخصائص مواد البناء المستخدمة لاحتوائها على مادة كربونات الكالسيوم ومعادن الهاليت والجبس والكوارتز، والتي تسهم بدور مهم في زيادة المحتوى الملحي؛ حيث تتصف معظم الأحجار بارتفاع المسامية وقدرتها على امتصاص المياه؛ حيث بلغ المتوسط العام 35.13% و19.93% على التوالي، مع ارتفاع درجة الحرارة وطاقة التبخر، إذ بلغ معدلتها 25.5مْ و12.8مم على التوالي، الأمر الذي يسهم في تنشيط عملية التجوية الملحية، ومن ثم تعرض المنشآت الأثرية للضرر.

وقد لوحظ من الدراسة الميدانية ونتائج التحليل المعملي ظهور الرشح والتبلور في كثير من المواضع، بخاصة عند ارتفاع درجة الحرارة؛ حيث تتبخر السوائل وتتبلور الأملاح تدريجيًا، وقد أدى تكرار هذه العملية إلى تكوين طبقات ملحية على أسطح المنشآت الأثرية يتراوح

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

سمكها بين أقل من 0.2 إلى 1.3سم، وبألوان تتباين بين اللون الأبيض واللون الأسود؛ حيث أثبتت التحليلات المعملية وجود أملاح الكلوريدات والكبريتات معًا، مما كان له أثر على سطح الحجر والتي كانت أهم مظاهرها التقشر وتساقط المحارة وظاهرة أعشاش النحل.

ومن خلال تقييم الوضع الراهن بالاعتماد على عناصر التحليل الرباعي (SWOT Analysis) نقاط القوة، ونقاط الضعف، والفرص، والتهديدات، وطبقًا لآليات تحليل تأثير التجوية الملحية على المنشآت الأثرية، تم صياغة الرؤية المستقبلية لحماية المنشآت الأثرية، والتي خلصت إلى أنه من الضروري الاهتمام بالبيئة المحيطة التي تضم مواقع المنشأت الأثرية أثناء القيام بأعمال الترميم والتطوير، ويتعين على كل من: وزارة الشؤون البلدية والقروية، وقطاع الآثار والمتاحف في الهيئة العليا للسياحة، والجهات المعنية؛ التعاون لحماية المنشآت الأثرية وتجنب تأثيرات التجوية الملحية والحد منها.

وبناء عليه توصي الدراسة بما يلي:

1. حث الهيئة العامة للآثار والتراث الوطني على الاهتمام بالمنشآت الأثرية وأحيائها، وإعادة النشاط لها.
2. تشجيع المشاريع البحثية التي تسعى إلى الحفاظ على الموروث الأثري.
3. ضرورة استخدام الأدوات والبرامج الحديثة عند التعامل مع المواقع التراثية في المملكة بصفة عامة، ومحافظة الأحساء بصفة خاصة، مثل: نظم المعلومات الجغرافية Geography Information Systems (GIS)، وبرامج التنمية السياحية المستدامة، لما لها من بالغ الأثر وعظيم النفع في عملية الحماية والارتقاء بالمنشآت الأثرية.
4. اهتمام الجهات المعنية بالمشاريع التي تدعم وتحافظ على حالة المنشآت الأثرية في محافظة الأحساء؛ بخاصة المعرضة للانهيار بشكل كلي أو جزئي.
5- ضرورة استخدام الإسمنت المقاوم للأملاح في الأجزاء الأرضية من المنشآت المعرضة بشكل دائم للرطوبة والأملاح، مع التركيز على استخدام المواد العازلة للرطوبة والحرارة، والتي لا تتأثر بالظروف المناخية المختلفة وتناسب أجزاء المنشأة.

شكر وتقدير: تتقدم الباحثة بالشكر لعمادة البحث العلمي بجامعة الملك فيصل، المملكة العربية السعودية، على دعمها المادي والمعنوي لنشر البحث، رقم المشروع (180071).

المصادر والمراجع

أولًا: باللغة العربية:

[1] توفيق، أكمل على، (2005م)، تأثير بيئة الدلتا على تلف المنشآت الأثرية ومنهجية العلاج والصيانة تطبيقًا على معابد منطقة تل بسطة، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة، القاهرة.

[2] الحمصاني، خالد محمد أحمد، (2007م)، دراسة مشاكل الأملاح وعلاجها في الصور والنقوش الجدارية بمنطقة سقارة تطبيقًا على إحدى المقابر المختارة من عصر الدولة القديمة، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة، القاهرة.

[3] الحميد، عبد الله حسين مبارك، (2012م) ، دراسة تأثير جودة المياه لطبقتي النيوجين والدمام الجوفية على تآكل أنابيب الآبار في واحة الأحساء، المملكة العربية السعودية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم البيئة والمصادر الطبيعية الزراعية، كلية العلوم الزراعية والأغذية، جامعة الملك فيصل، الأحساء.

[4]حميدة، سيد محمد سيد (2003م)، التقييم العلمي لميكانيكية التجوية الملحية وأهم مصادرها في بعض البيئات الأثرية المصرية وتأثيرها على الأحجار الجيرية والرملية المستخدمة في المنشآت الأثرية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة، القاهرة.

[5] صليب، ميرفت ثابت، (2008م) ، تأثير المياه الجوفية على المباني الأثرية، دار العالمية للنشر والتوزيع، القاهرة.

[6] عبد الحميد، محمد مصطفى، (2009)، دراسة لأسباب تصدع وانهيار المباني الأثرية الإسلامية والحلول المقترحة للآثار المختارة، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة.

[7] كوك، ر. يو؛ وبرنسدين، د.؛ ودورنكامب، جي.؛ وجونز، د، (1994م)، الأبعاد الجيومورفولوجية لتنمية الأراضي في الصحراء مع التركيز على المملكة العربية السعودية، ترجمة وتعليق عبد الله بن ناصر الوليعي، سلسلة دراسات جغرافية (2)، الجمعية الجغرافية السعودية، الرياض.

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.

[8] محسوب، محمد صبري، (2002م)، البيئة الطبيعية – خصائصها وتفاعل الإنسان معها، دار الفكر العربي، القاهرة.

[9] المغنم، على، وبوتس، دانيال، وفراي، جوتري، وساندرز، دونالد، وكارلنسكي، ك.ك.لامبرج ، (1978م)، برنامج المسح الأثري الشامل لأراضي المملكة العربية السعودية، التقرير المبدئي عن المرحلة الثانية لمسح المنطقة الشرقية، أطلال. حولية الآثارالعربية السعودية، العدد الثاني، إدارة المتاحف بوزارة المعارف السعودية– الرياض.

[10] هيئة الري والصرف، (2016م)، إدارة الري قسم المياه والتربة، بيانات غير منشورة، الأحساء.

[11] الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة، بيانات غير منشورة، خلال الفترة من 1985–2018م.

[12] الهيئة العامة للسياحة والآثار، (1431هـ)، من معالم التراث العمراني في المملكة العربية السعودية، فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية– الرياض.

[13] الهيئة العامة للسياحة والآثار، (د. ت)، دليل الزائر للآثار والتراث، مركز الاتصال السياحي– الرياض.

[14] الهيئة العامة للسياحة والتراث الوطني، (2018م)، بيانات غير منشورة، متحف الأحساء للآثار والتراث الشعبي، الأحساء.

[15] هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، (2019م)، بيانات غير منشورة، الرياض.

[16] وزارة التعليم العالي، (1435هـ)، أطلس المملكة العربية السعودية، خريطة محافظة الأحساء، الرياض.

[17] وزارة الشئون البلدية والقروية، (2009م)، مشروع إعداد المخطط الهيكلي لمحافظة الأحساء، التقرير الثاني، المخطط الهيكلي لمحافظة الأحساء، الجزء الثاني: مخطط التنمية الشاملة، وكالة الوزارة لتخطيط المدن، بلدية الأحساء، الأحساء.

ثانيًا: باللغة الإنجليزية:

[1] Anajem, S.and Al-Freda, K., (2009), Oqeir Its Historical, Commerical, and Touristic Roles. Chamber of Commerice and Industry, Al hasa.

[2] Buj, O., Gisbert, J., Mckinley, J.M., and Smith, B., (2011) , Spatial characterization of salt accumulation in early-stage limestone weathering using probe permeametry, Earth Surf, Process, Landforms., **36**, 383–394, 2011.

[3] Castellazzi, G., D'Altri, A.M., Miranda, S., Molari, L., Emami, H., and Ubertini, F.(2021), A staggered multiphysics framework for salt crystallization-induced damage in porous building materials, Construction and Building Materials, 304, Article number., **124486**,1- 13, 2021.

[4] Cooke, R.U. & Doornkamp, J.C., (1982), Urban Geomorphology in Dry land, Oxford Univ press, New York.

[5] Feilden, B. (1982): Conservation of Historic Buildings - Technical studies in Arts, Archaelogy and Architecture, Butter Worth Co (Publishets) Ltd, England.

[6] Flatt, R.J., (2002), Salt damage in porous material: how high supersaturation are generated, Journal of Crystal Growth., **242(3-4)**, 435-454, 2002.

[7]Hack, H.R. , and Jetten, V.G., (2015), Weathering effects in Mass of rocks and rocks Characteristics and Salt effect in Coastal roads in St.Vincent and Dominica. Enschede, Netherlands.

[8] Judy, E., (2005), Above the weathering front: Contrasting approaches to the study and classification of weathered mantle, Geomorphology., **67**, 7–21, 2015.

[9] Lamei, S., (1995), Restoration of the Mosque of Al- Zahir Baybars in Cairo, in the Restoration and conservation of Islamic Monuments in Egypt, Ed. Bacharach, J.L., Cairo: American univ, in Cairo., 143-152, 1995.

[10] Zehnder, K. A., (2007) , Long-term monitoring of wall paintings affected by soluble salts, *Environ geol.*, **(52)2**, 353-367, 2007.

© 2022 NSP
Natural Sciences Publishing Cor.