

دراسة أسباب تلف اللوحات الجيرية المنقوشة بتل حبوة الأثري بسيناء

د. عز عربي عرابي*

المخلص :

يقع تل حبوة الأثري على مسافة ٣ كم شرق قناة السويس إلى الشمال الشرقي من مدينة القنطرة شرق، ويحتوي الموقع على لوحات أثرية منقوشة نقشت من أحجار عدة ربما أكثرها تالفا تلك التي من الحجر الجيري، حيث تأثرت هذه اللوحات كثيرا من جراء البيئة المحيطة بها خاصة وأن بعض هذه اللوحات كانت مدفونة في تربة ملحية رطبة حتى وقت قريب مما أدى إلي سقوط أجزاء كبيرة منها، الأمر الذي دفع الباحث إلي دراستها لتحديد حالتها، ولتحديد حالة هذه اللوحات وما إعتراها من تلف تم فحص مكوناتها بالعين المجردة وبالعدسات المكبرة فوجد أن المنطقة الأثرية تعاني من تأثير الحرارة والرياح والأمطار وانتشار الأملاح، والشروخ، وبالميكروسكوب المستقطب (PM) والميكروسكوب الألكتروني الماسح وجد أن اللوحات تعاني من تلف شديد وتدهور يتمثل في إنتشار الأملاح، والشروخ والإنفصالات فهي من حجر جيري رسوبي ذا نسيج دقيق جدا إلي دقيق مع وجود أصداف دقيقة بأحجام وأشكال مختلفة وبالتحليل بوحدة تشتيت الأشعة السينية (EDX)، وبحيود الأشعة السينية (XRD) أتضح أن اللوحات بها نسبة من الأملاح المختلفة فهي تتكون من الكالسيت CaCO_3 Calcite والأنكرت Ankerite، $\text{Ca}(\text{Fe}_2, \text{Mg}, \text{Mn}_2)(\text{CO}_3)_2$ والهيماتيت Fe_2O_3 ونسبة من الكوارتز SiO_2 Quartz، مع نسبة من الأملاح مثل الهاليت NaCl Halite، والكمينيت Caminite، $\text{Mg}_7(\text{SO}_4)_5(\text{OH})_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ، والبلوديت Blodite $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 (\text{H}_2\text{O})_4$.

الكلمات الدالة :

تل حبوة، سيناء، اللوحات الجيرية، الأملاح، التربة الرطبة، التلف

Introduction

١- المقدمة :

يقع تل حبوة الأثري في سيناء علي الطريق الحربي القديم المعروف بإسم طريق حورس الحربي الذي يربط بين مصر وفلسطين^(١)، خريطة رقم (١)، صورة رقم (١)، وهو يقع على طريق القنطرة شرق - العريش مباشرة. كانت هناك محاولات للقيام بأعمال المسح الأثري من جامعة بن جوريون أثناء الاحتلال الإسرائيلي لسيناء بعد عام ١٩٦٧ والتي حددت عدة مواقع أثرية في المنطقة المعروفة بتمثلت القنطرة شرق^(٢) وهي المنطقة ذاتها المعروفة حالياً باسم سهل الطينة، هذا إلى جانب أنها أكدت أن المنطقة هي مدينة (T3rw) عاصمة الأقليم الرابع عشر من أقاليم الوجهة البحري حيث لعبت دور بارز خلال عصر الدولة الحديثة^(٣)، ولم يكن بين هذه المواقع تل حبوه حيث كان موقعاً عسكرياً لقربة من جبهة قناة السويس وقت الحرب، وبداء العمل الأثري المصري في سيناء بعد استعادة مصر سيادتها بعد حرب ١٩٧٣ حيث تم الكشف عن موقع آثار تل حبوة على أثر الكشف عن لوحتين للملك عاسح رع - تحسي أحد ملوك عصر الهكسوس، هذا بالإضافة إلى الكشف عن عتب باب يحمل خرطوش باسم الملك سيتي الأول، وكان ذلك الكشف في بداية عام ١٩٨٣ وهو البداية لتحديد أحد المواقع الأثرية الهامة في شمال سيناء، ثم بدأت أعمال الحفائر بطريقة منظمة منذ عام ١٩٨٥ وحتى الآن مازالت جارية حيث تم الكشف فيها على عدد كبير من الآثار واللوحات الحجرية المنقوشة^(٤).

يهدف البحث إلي دراسة اللوحات الجيرية المنقوشة بتل حبوة الأثري للوقوف علي حالة اللوحات الحقيقية وما أصابها من جراء عوامل التلف المختلفة، والتي تعدأولي خطوات

(١) عبد الرحيم ربحان، " سيناء ملثقي الأديان والحضارات " ، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ٢٠١٣، ص ١٤٣-١٤٤.

(٢) حسين دقيل، "آثار سيناء عراقة التاريخ وأفاق الإستثمار"، المعهد المصري للدراسات، ٢٠١٨، ص ١٠.

(٣) هشام محمد حسين حامد، "الحدود المصرية الشرقية، دراسة تاريخية أثرية منذ بداية التاريخ وحتى نهاية الأسرة الثلاثين"، رسالة دكتوراة غير منشورة، جامعة قناة السويس، ٢٠١٣، ص ١٨٧.

(٤) محمد كمال إبراهيم، "تل أبو صيفي، دراسة أثرية وتاريخية"، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الزقازيق، ٢٠٠١، ص ١٥ - ١٧.

العلاج السليم لهذه اللوحات ، خاصة وأن هذه اللوحات تأثرت إلي حد كبير من جراء البيئة المحيطة وذلك لما لهذه الأحجار من تكوين رسوبي تميز باختلاف المكونات المعدنية واختلاف خواصها الطبيعية مما أدى إلي إختلاف تلك المكونات في التأثر بقوي التلف المحيطة، كما تتميز الأحجار الجيرية بوجود المسام التي تسمح للمياه وما تحمله من أملاح بالتحرك داخلها، علاوة علي أن هذه اللوحات كانت مدفونة في تربة رطبة ويعتبر وجود الرطوبة في الأحجار من أهم العوامل التي تؤثر على التجوية والتدهور⁽⁵⁾، بالإضافة إلي تأثير التغير في درجات الحرارة وكذلك تأثيرالرياح، كل ذلك أدى إلي تلف هذه اللوحات.

Materials and Methods

٢- مواد وطرق الدراسة:-

٢-١- مواد الدراسة : Study Materials

تم أخذ عدد من العينات من الأجزاء المنفصلة من اللوحات الجيرية ومن الأملاح المختلطة بالتربة المحيطة لفحصها وتحليلها.

٢-٢- طرق الدراسة : Study Methods

٢-٢-١- الفحص البصري Visual Examination

تمت الدراسة الحقلية لموقع اللوحات كما استخدمت بعض العدسات المكبرة لفحص النقوش الجيرية وكذلك فحص الأجزاء المنفصلة عنها .

٢-٢-٢- الفحص البتروجرافي Petrographic Examination

تم استخدام الميكروسكوب المستقطب في فحص التركيب البتروجرافي للعينات وقد تم إعداد شرائح رقيقة Thin Section من اللوحات موضوع الدراسة بالمعامل المركزية للهيئة المصرية العامة للثروة المعدنية بالقاهرة، وتم الفحص بجهاز ماركة Leitz بكاميرا ديجتال ماركة Leica المتصلة بجهاز كمبيوتر، وتم التصوير عن طريق برنامج Lasez .

⁽⁵⁾Wedekind ,W., López-Doncel R., Dohrmann R., Kocher M. and Siegesmund S., " Weathering of volcanic tuff rocks caused by moisture expansion", Environ Earth Sci, Volume 69, Issue 4, Print ISSN 1866-6280, Springer-Verlag, 2013, p. 1203.

٢-٢-٣- الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح :-

Examination by Scanning Electron Microscope

تم الفحص التحليل بوحدة الميكروسكوب الإلكتروني بالمعامل المركزية للهيئة المصرية العامة للثروة المعدنية بالقاهرة، وقد استخدم جهاز

SEM Model Quanta 250 FEG (Field Emission Gun) attached with EDX Unit (Energy Dispersive X-ray Analyses), with accelerating voltage 30 K.V., magnification 14x up to 1000000 and resolution for Gun. 1n). EMITECH K550X sputters coater England.

وهو من النوع البيئي الذي يفحص ويحلل العينات وهي وهي علي حالتها.

٢-٢-٤- التحليل بالميكروسكوب الإلكتروني المزود بوحدة تشتيت الأشعة

Analysis with Energy Dispersive X- rays

تم التحليل أيضا بوحدة الميكروسكوب الإلكتروني بالمعامل المركزية للهيئة المصرية العامة للثروة المعدنية بالقاهرة.

٢-٢-٥- التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية **X-Ray Diffraction Analysis**

يقوم التحليل بحيود الأشعة السينية XRD بأكبر دور في التعرف علي المواد الأثرية ونواتج تلفها^(٦)، وقد تم هذا التحليل بوحدة تحليل حيود الأشعة السينية بمعامل الهيئة المصرية العامة للثروة المعدنية بالقاهرة.

٣- النتائج :- **Results**

٣-١- الفحص البصري :- **Visual Examination**

يقع تل حبوة الأثري علي قناة السويس مباشرة كما أن الموقع تكثر به الكتلان الرملية وبه بحيرات وزراعات كما في صورة رقم(٢)، بالإضافة إلي تأثير الحرارة والرياح والأمطار التي تعتبر إحدى أسباب ارتفاع نسبة الرطوبة والتي ظهرت علي أرضية المنطقة الأثرية، مما أدي إلي تلف هذه اللوحات خاصة

المكتشفة منها حديثا، كما في الصورتين رقم(٣،٤)، ويظهر ذلك في إنتشار الأملاح، والشروخ والإفصالات وتقشر وتآكل وتفتت وسقوط بعض الأجزاء ونحر رياح للطبقات السطحية والتلف البشري المتعمد لهذه اللوحات، كما يظهر في الصور (٥-١٠) .

⁽⁶⁾ Fink, J. K., Chemicals and Methods for Conservation and Restoration, Scrivener Publishing, Wiley, USA, 2017, p.82.

Petrographic Examination

٣-٢ - الفحص البتروجرافي

تم فحص ثلاث عينات بالميكروسكوب المستقطب وتبين أن الحجر الجيري المستخدم في نقش اللوحات الجيرية هو حجر جيري صدفى متحجر وهو حجر رسوبي كربوناتي عضوي، النسيج دقيق جدا إلي دقيق مع وجود أصداف دقيقة بأحجام وأشكال مختلفة متناثرة في أرضية حبيباتها دقيقة جدا من الكالسيت $CaCO_3$ Calcite (الذي تحول إلي ميكرايت) (قوة تكبير $X63$)، صورة رقم (١١)، كما توجد مسام كثيرة وتجاويف غير منتظمة وكذلك وجود قنوات في توزيع غير متجانس في أرضية الحجر (قوة تكبير $X25$) صورة رقم (١٢).

التركيب المعدني: يتكون أساسا من الكالسيت ناعم الحبيبات وبلوراته متشابكة مع بعضها البعض وهو مرتبط بكمية صغيرة من الفيرو دولوميت $Ca(Mg,Fe)(CO_3)_2$ (ankerite) وكميات ضئيلة من الكوارتز والفسبار $(KAISi_3O_8)$ وأكاسيد الحديد والمعادن المعتمة.

٣-٢-١- عينة حجر جيري يظهر التصوير المجهرى الأصداف الدقيقة وأكاسيد الحديد والمسام غير المنتظمة في أرضية من الميكرايت (قوة تكبير $X63$)، صورة رقم (١٣).

٣-٢-٢- عينة حجر جيري أخرى يظهر التصوير المجهرى أصداف دقيقة وجميلة مع حبيبات دقيقة من الكوارتز في الميكرايت، (قوة تكبير $X25$)، صورة رقم (١٤).

٣-٢-٣- عينة حجر جيري تالثة يظهر التصوير المجهرى أيضا الأصداف الدقيقة وأكاسيد الحديد والمعادن المعتمة والمسام غير المنتظمة في أرضية من الميكرايت ، (قوة تكبير $X25$)، صورة رقم (١٥).

٣-٣- الفحص والتحليل بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة تشتيت الأشعة:-

Examination & Analysis by Scanning Electron

Microscope with Energy Dispersive X-rays

٣-٣-١- الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة تشتيت الأشعة:-

تم فحص ثلاثة عينات بتكبيرات مختلفة وكانت النتائج كالتالي :-

٣-٣-١-١- عينة (١) عينة حجر جيري يظهر بها التدهور الكبير الذي أصاب بلورات الكالسيت ووجود بعض الشروخ المنتشرة بالعينة عند قوة تكبير ٥٠٠ صورة رقم (١٦) ،

وعند زيادة قوة التكبير إلي ١٠٠٠ ظهرت بللورات الكالسيت والشروخ أكثر وضوحاً في أرضية من المكرايت، صورة رقم (١٦ ب).

٣-٣-١-٢- عينة (٢) عينة حجر جيرى ثانياً يظهر بها تفكك بللورات الكالسيت المكعبة الشكل عن بعضها البعض كما يظهر بها وجود الفجوات عند قوة تكبير ٢٥٠، صورة (١١٧)، وعند زيادة قوة التكبير إلي ١٠٠٠ ظهر تفكك البللورات والفجوات التي انتشرت في أماكن عديدة بالعينة بشكل أكثر وضوحاً، صورة (١٧ ب).

٣-٣-١-٣- عينة (٣) عينة حجر جيرى ثالثة يظهر بها تفكك بللورات الكالسيت المتراصة جنباً إلى جنب ووجود الفجوات المختلفة الأشكال والأحجام والمسام غير المنتظمة عند قوة تكبير ١٠٠٠، صورة (١١٨)، وعند زيادة قوة التكبير إلي ٢٠٠٠ (١٨ ب) يظهر تفكك البللورات والفجوات والمسام بشكل أوضح، صورة (١٨ ب).

٣-٣-٢- التحليل بوحدة تشتيت الأشعة السينية Analysis with Energy Dispersive X- rays

تم تحليل عينتان باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني المزود بوحدة تشتيت الأشعة السينية وكانت النتيجة كما يلي :-

٣-٣-٢-١- عينة (١) عينة حجر جيرى إحتوت علي عنصر الكالسيوم Ca بنسبة ٤٩,٨٢، والأكسجين O بنسبة ٣٧,٦٩، و الكربون C بنسبة ٦,٣٢، والماغنسيوم Mg بنسبة ٥,١٥، و السليكون Si بنسبة ١,٠٢، شكل رقم (١).

٣-٣-٢-٢- عينة (٢) عينة حجر جيرى ثانياً وجد بها أيضاً عنصري الكالسيوم والأكسجين بنسبة كبيرة، وعنصري الكربون والماغنسيوم بنسب صغيرة، وعنصر السليكون بنسبة صغيرة جداً، وقد اختلفت نسبة المكونات إلي حد ما فظهر في هذه العينة الكربون C بنسبة ٧,٣٠، والأكسجين O بنسبة ٣٩,٩١، و الماغنسيوم Mg بنسبة ٣,٧٧، و السليكون Si بنسبة ١,٤٦، والكالسيوم Ca بنسبة ٤٧,٥٦، شكل رقم (٢).

٣-٤- التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية X-Ray Diffraction Analysis

تم تحليل ست عينات تجميعها من من اللوحات الحجرية المنقوشة لتحليلها باستخدام جهاز حيود الأشعة السينية بطريقة المسحوق وكانت النتائج كما يلي :-

٣-٤-١- العينة (١) حجر جبيري يظهر بها الكالسيت CaCO_3 بالكارث Calcite
01-083-0578 المكون الرئيسي، والأنكرت Ankerite $\text{Ca}(\text{Mg,Fe})(\text{CO}_3)_2$
بالكارث 00-012-0088 بنسبة متوسطة، كما يظهر فيها أيضا الهيماتيت Hematite
Fe₂O₃ بالكارث رقم 00-001-1053 بنسبة صغيرة، كما في الشكل رقم (٣).

٣-٤-٢- العينة (٢) عينة أخرى من الحجر الجبيري يظهر بها الكالسيت بالكارث رقم
01-083-0578 كمكون رئيسي أيضا بالإضافة إلي الأنكرت بالكارث رقم 00-
012-0088 والهيماتيت Hematite Fe₂O₃ بالكارث رقم 00-001-1053 والكمينيت
Caminitite $\text{Mg}_7(\text{SO}_4)_5(\text{OH})_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ بالكارث رقم 96-110-0099 وكذلك ظهور
ملح الهاليت Halite NaCl بالكارث 96-900-3314 بنسب صغيرة كما في الشكل
رقم (٤).

٣-٤-٣- العينة (٣) عينة حجر جبيري ثالثة يظهر بها الكالسيت CaCO_3 بالكارث
المكون الرئيسي بالكارث رقم 01-083-0578 كما يظهر الكوارتز Quartz SiO₂
بالكارث رقم 01-075-8320 بنسبة متوسطة، كما في الشكل رقم (٥).
٣-٤-٤- العينة (٤) عينة حجر جبيري بها أملاح يظهر بها الكالسيت بالكارث رقم 01-
083-0578 كمكون رئيسي و الكوارتز Quartz SiO₂ بالكارث رقم 01-075-
8320 والهاليت بالكارث رقم 96-900-3310 والكمينيت بالكارث رقم 00-037-0097،
كما في الشكل رقم (٦).

٣-٤-٥- العينة (٥) عينة ملح مختلطة بتربة الموقع ويظهر بها الكوارتز بنسبة كبيرة
بالكارث رقم 01-070-2517، والروتيل (ثاني أكسيد التيتانيوم TiO₂) بالكارث رقم
01-071-4809 بنسبة متوسطة، وكذلك وجود البلوديت Blodite كبريتات الصوديوم
والمغنسيوم المائية $(\text{H}_2\text{O})_4 (\text{SO}_4)_2 \text{Na}_2 \text{Mg}$ بالكارث رقم 01-072-2288 بنسبة
متوسطة، كما في شكل (٧).

٣-٤-٦- العينة (٦) عينة ملح أخرى مختلطة بتربة الموقع ويظهر بها الروتيل بالكارث
رقم 01-071-4809 والكوارتز بالكارث رقم 01-070-2517، والهاليت بالكارث
رقم 96-900-6387 الكمينيت بالكارث رقم 00-037-0097، كما في شكل رقم (٨).

٤ - مناقشة Discussion

٤-١ - مناقشة الفحوص والتحليل

بناءً على الفحوص والتحليل التي تمت للوحات المنقوشة موضوع الدراسة فقد تبين الآتي:-

من الفحص البصري أن هذه اللوحات نقشت من الحجر الجيري وأن حالتها متدهورة حيث ظهرت عليها الأملاح والشروخ والإنفصالات والتقشر للطبقات السطحية وتآكل وتفتت وسقوط بعض الأجزاء ومظاهر نحر رياح . ومن خلال الفحص بالميكروسكوب المستقطب اتضح أن الحجر الجيري المستخدم في اللوحات الجيرية هو حجر جيري رسوبي كربوناتي عضوي ذو نسيج دقيق جدا إلي دقيق مع وجود نسبة من أصداف مختلفة الأحجام والأشكال وقد تحول جزء كبير من الكالسيت إلي ميكرايت بالإضافة إلي وجود مسام كثيرة و تجاوزيف غير منتظمة وقنوات في توزيع غير متجانس في أرضية الحجر وهوما يفسر حالة التدهور الشديدة التي وصلت إليها هذه اللوحات ، وكذلك وجود حبيبات دقيقة من الكوارتز وأكاسيد الحديد ربما يكون مصدرها من الرمال المحيطة بالموقع . ومن خلال التحليل بحيود الأشعة السينية اتضح أن الكالسيت هو المكون الرئيسي للوحات الجيرية مع وجود الأنكريت والهيمايتيت ربما يكون مصدرهما من الرمال أيضا وظهور ملح الكمنيت و ملح الهاليت ربما من التربة من المياة الأرضية، ووجود هذه المعادن والأملاح يتفق إلي حد كبير مع ما تم التوصل إليه من خلال الفحص البتوجرافي، ووجود الكوارتز والذي يظهر في إحدى العينات كمكون رئيسي والذي ربما يكون من الكتبان الرملية المحيطة، ويتضح من ذلك كله مدي الاختلاف في مكونات هذه اللوحات والذي بدوره يؤدي إلي الإختلاف في الخواص الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية وبالتالي في التأثير بعوامل التلف الخارجية وهو ما يفسر أيضا حالة التلف التي إعترت هذه اللوحات. وعند تحليل عينة ملح مختلطة بتراب الموقع اتضح وجود معدن الروتيل أملاح البلوديت- كبريتات الصوديوم والماغنسيوم المائية- والهاليت والكمينيت وهو ما يفسر انتقال أملاح الكبريتات والكلوريدات من التربة إلي هذه اللوحات عندما كانت مدفونة فيها . ومن خلال الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح ظهر التدهور السطحي الشديد الذي أصاب بللورات الكالسيت وانتشار الشروخ والفجوات المختلفة الأشكال والأحجام والمسام غير

المنتظمة وكذلك ظهر تفكك بلورات الكالسيت عن بعضها البعض وهو ما يتفق مع ما تم التوصل إليه من خلال الفحص البتوجرافي .

ومن خلال التحليل بإستخدام الميكروسكوب الماسح المزود بوحدة تشتيت الأشعة السينية اتضح وجود عناصر الكالسيوم والأكسجين بنسبة كبيرة، والكربون وهم مكونات الكالسيت كما وجد الماغنسيوم بنسب صغيرة، والسليكون بنسبة صغيرة جدا وهو ما يتفق مع ما تم التوصل إليه من خلال الفحص البتوجرافي والتحليل بحيود الأشعة السينية .

٤-٢- مناقشة عوامل التلف

يقع ثل حبة في بيئة صحراوية ساحلية فبيئة شمال سيناء بيئة صحراوية وأيضا بيئة ساحلية لوقوعها علي قناة السويس عند خط عرض $N 02^{\circ} - 31^{\circ}$ وخط طول $E 01^{\circ} - 33^{\circ}$ (٧)

٤-٢-١- عوامل التلف الداخلية

لقد تجمعت علي هذه اللوحات معظم عوامل التلف سواء الداخلية أو الخارجية وإن كانت معظم عوامل التلف تعمل بصورة مجتمعة علي تلف الأثر^(٨)، فالعوامل الداخلية متمثلة في عدم التجانس في المكونات والخصائص فاللوحات تتربك من حجر جيري عضوي مختلف المكونات المعدنية من كالسيت وأنكرت وهيماتيت وكمنيت وهاليت وكوارتز والتي بطبعها تختلف في تركيبها الكيميائي وفي خواصها الطبيعية والميكانيكية وأيضا تختلف في معدلات التفاعل الفيزيوكيميائي والميكانيكي فيما بينها وفيما بين عوامل وقوي التلف الأخرى^(٩)، تكون في الغالب الأحجار المسامية أكثر عرضة لتأثيرات العوامل الجوية، خاصة التدهور الناجم عن تبلور الأملاح^(١٠).

(٧) الهيئة المصرية العامة للاستعلامات، (د. ت). (د. م). (د. ص).

(8) Sneyers, V. and Henau, P., J., The conservation of stone in the conservation of cultural property, UNESCO, 1968, p.215.

(٩) عز عربي عرابي يوسف، عز عربي عرابي يوسف: تقنية التصوير الجداري علي جدران المعابد البطلمية دراسة لميكانيكية التلف وطرق العلاج تطبيقا علي أحد المعابد المختارة، رسالة دكتوراة غير منشورة، جامعة القاهرة، ٢٠٠٩، ص ١١٦.

(10) Lo ´pez-Doncel, R., " Salt bursting tests on volcanic tuff rocks from Mexico", Environ Earth Science, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, v.75 no.3, 2016, p.212.

٤-٢-٢- العوامل الخارجية

٤-٢-٢-١- التغيرات في درجات الحرارة

يحدث في تل حبة تغير مستمر في معدلات الحرارة حيث تتعدى في الصيف ٤٠°م وقد تصل في الشتاء إلي صفر°م (١١)، كما في شكل رقم (٩) ، فيحدث اختلافا في معدلات التمدد والانكماش في المعادن المكونة للوحات فيحدث لها تلفا شديدا مثل تبلور الأملاح والتقشر والشروخ والتفتت والتكسر^(١٢)، كما أن الحرارة العالية تعمل علي تبخر محاليل الأملاح، فيحدث لها إعادة تبلور، حيث أن حدة التلف تتوقف علي قابلية المعادن المكونة للصخر للتجوية Weatherin وعلي مقدار التجانس في المكونات وعلي مقدار المساحات المعرضة لهذه العوامل^(١٣) .

٤-٢-٢-٢- تأثير الرطوبة The effect of Moisture

تعتبر الرطوبة هي السبب الرئيسي في تحول التلف الفيزيائي physical decay إلي تلف كيميائي chemical decay^(١٤)، إذ تؤدي الرطوبة العالية في أي صورة من صورها إلي الضرر^(١٥)، ويعاني تل حبة من رطوبة نسبية عالية تصل إلي ٧٠% في معظم شهور الشتاء كما يوضحه شكل رقم (٧)، حيث مصادر الرطوبة متنوعة من قناة السويس التي يقع عليها الموقع مباشرة ومن البحيرات والزراعات المجاورة ومن المياه الأرضية ومن مياه الأمطار التي تهاجم المنطقة طوال شهور السنة وتزيد في فصل الشتاء والتي تتسبب في غسل ونزح وإزاحة مكونات اللوحات مما أدى إلي تفكك و تشرخ و تلف قشرتها الخارجية مما أدى إلي تساقطها وضعف بنيتها الداخلية .

^(١١)هيئة الأرصاد الجوية المصرية مرصد شمال سيناء،(د.ت). (د.م). (د.ص).

^(١٢)Mark, B. M., Conservation of Historic Buildings, Butterworth Scientific, London, 2008, PP.98-99.

^(١٣) Amoroso,G., G. and Fassina, V., "Stone Decay and conservation, Atmospheric pollution, cleaning consolidation, and protection", Elsevier, New York, 1993, p.2.

^(١٤)Elsa Sophie Odile Bourguignon, Study of deterioration Mechanism and Protective Treatments for the Egyptian limestone of the Ayyubid city wall of Cairo, master's degree Thesis, Pennsylvania Uni. 2000, p. 24.

^(١٥)Abd-Elkareem, E., Asran, M. & El Shater, A., "Damage blocks Granite of Philip Arrhidaeus Compartment and its source and Treatment, Karnak, Egypt", EJARS, Volume 7, Issue 2, 2017, p. 112.

٤-٢-٣- التجوية الملحية The salt weathering :

تسببت التجوية الملحية في حدوث ظاهرة التفكك والتفتت للوحات الجيرية موضوع البحث، إذ أن حتي محاليل الأملاح الضعيفة قادره علي احداث ضرر ملحوظ في بنية المباني القديمة^(١٦)، إذ تعد الأملاح من أهم عوامل التلف إتلافا وتدميرا^(١٧). فوجود ملح البلوديت Blodite كبريتات الصوديوم والماغنسيوم المائية $Na_2 Mg(SO_4)_2(H_2O)_4$ وملح الهاليت وهم من الأملاح المتميئة التي يزيد حجمها بإمتصاص الماء^(١٨)، كما أن ملح مثل كبريتات الماغنسيوم المائية يمكن أن تتخذ أكثر من طور بللوري ثابت وذلك باختلاف عدد جزيئات الماء المرتبطة بها في التركيب البللوري^(١٩)، فملح كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 يمكن لحجم بلورته أن يزيد في الحجم بمقدار ٣٠٠% عند امتصاصها للماء، فإذا وجدت بللوراته داخل مسام الحجر فيتولد عن ذلك ضغط علي أحجار تلك المسام^(٢٠) يعرف بضغط التميؤ^(٢١)، وقد تعددت مصادر الأملاح في اللوحات موضوع الدراسة فمنها الأملاح الموجودة في مادة الحجر كمكون رئيسي، وكذلك الأملاح الناتجة عن التحلل الكيميائي وتعد الرياح والرذاذ المصدر الرئيسي للرطوبة والأملاح^(٢٢) وخاصة رزاز القناة، هذا بالإضافة إلى الأملاح الموجودة في التربة والتي انتقلت إلى اللوحات الجيرية خاصة وأن بعضها كان مدفونا فيها لفترات طويلة.

⁽¹⁶⁾Abubakr Moussa, "Nano Treatment of Decayed Cement-Lime Mortars from the Edfena Royal Palace (Rosetta, Egypt)", SHEDET Annual Peer-Reviewed Journal Issued by The Faculty of Archaeology, Fayoum University, Issue No. 5, 2018, P.175.

⁽¹⁷⁾خالد محمد أحمد الحمصاني، دراسة مشكلة الأملاح وعلاجها في الصور والنقوش الجدارية بمنطقة سفارة تطبيقا علي إحدى المقابر المختارة من عصر الدولة القديمة، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة القاهرة، ٢٠٠٧، ص ٩٦.

⁽¹⁸⁾Dennis, S.Z., Masonry Decay Through Crystallization, London, 2008, P.212.

⁽¹⁹⁾Wedekind, W., López Doncel R.A., Marié B. and Salvadori O., " Innovative Treatments and Materials for the Conservation of the strongly salt-contaminated Michaelis Church in Zeitz, Germany "Science and Art A future for stone proceedings of the 13th International Congress on the Deterioration and Conservation of stone, Paisley, Scotland, Vol. I, 2016, p.983.

⁽²⁰⁾أيمن حسن حجاب: تأثير الرطوبة على المباني الأثرية الإسلامية بمدينة القاهرة وطرق الصيانة المقترحة، مجلة الاتحاد العام للآثار بين العرب العدد ١٦، القاهرة، ٢٠١٥، ص ٦٣.

⁽²¹⁾Weber, H. and Zinsmeister, K., Conservation of Natural Stone, Germany, 2008, P.39.

⁽²²⁾Moussa, Abubakr " Monitoring Building Materials exposed to Marine Environment: examples from Farasan Islands", Saudi Arabia, Scientific Culture, Vol. 5, No. 2, 2019, pp. 7-20.

تعد الرياح من العوامل الرئيسية للتعرية ويتوقف دور الرياح في التلف علي عاملين الأول هو تأثير العوامل الخارجية مثل المناخ والرطوبة وتوافر الملح، والعامل الثاني علي الحجر من حيث الملمس الصخري (التجانس/عدم التجانس) والتكوين المعدني^(٢٣)، وتتوقف درجة تلف الرياح علي سرعتها وكذلك علي طبيعة الأحجار التي تمر بها وفي ثل حبة تصل سرعة الرياح الشمالية الغربية في بعض الأحيان إلي ٥٠ كم/س، كما في شكل رقم (٧)، واللوحات موضوع الدراسة من الحجر الجيري العضوي الضعيف حيث تمكنت الرياح حمل حبيبات الرمال واستخدامها كمعاول في نحر اللوحات وتفتيتها فيما يعرف بنحر الرياح^(٢٤).

٥- خطة العلاج والصيانة المقترحة: Treatment and Conservation Suggest

تعاني اللوحات الأثرية موضوع الدراسة من ضعف شديد وتدهور يتمثل في إنتشار الأملاح، والشروخ والإنفصالات والتقشر والتآكل والتفتت وإنفصال وسقوط لبعض الأجزاء منها مما يستلزم أولاً إجراء عمليات التقوية والتثبيت للقشور وللأجزاء المنفصلة والساقطة ويفضل أن تكون التقوية باستخدام البلميرات المركزة علي المواد النانوية مثل نانو هيدروكسيد الكالسيوم، حيث وجد أن إستخدام حبيبات هيدروكسيد الكالسيوم النانوية مع البوليمرات السليكونية أعطت درجة عالية من الكفاءة في تقوية وعزل العينات المعالجة، حيث أن تقوية الأحجار بإضافة حبيبات المواد النانوية تعطي أفضل النتائج^(٢٥)، فوجد أن المعالجة باستخدام المواد النانوية مع البوليمرات تحسن الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لعينات الحجر المعالجة فهي تؤدي إلى زيادة تدعيمها وتحسين خصائصها الميكانيكية^(٢٦) كالصلادة، ومقاومة الخدش والبرى، وكذلك مقاومة إجهادات الضغط

⁽²³⁾ Saleh, M., "Honey Comb Weathering of sandstone outcrops at Al-Hijr (Mada'in Salih), Saudi Arabia", "EJARS", Volume 3, Issue 2, 2013, p. 89.

⁽²⁴⁾ Rodrigues, J. and D., Gil Saraiva, J., A., " Experimental and theoretical approach to the study of wind Erosion of stone in monuments, in: proc. 5th Intr. Congr. On deterioration and conservation of stone, vol. 1, Lausanne, 1985, pp: 167-174.

⁽²⁵⁾ Baglioni P., Chelazzi D. and Giorgi, R., "Nanotechnologies in the Conservation of Cultural Heritage, a compendium of materials and techniques", Holland, Springer, 2015, p.34.

⁽²⁶⁾ Pinho L., Elhaddad F., Sebstan D. and Mosquera M. J., A novel T iO2 - SiO2 Nano composite converts a very friable stone into a self- cleaning building material. Applied Surface Science. 2012, pp 391: 394.

والشد والقص كما إنها تمنع تكوين الشروخ في البوليمر أثناء عملية الجفاف داخل مسام الحجر، مما يزيد من كفاءة البوليمر⁽²⁷⁾ ثم يتم بعد ذلك إستخلاص الأملاح أولا ميكانيكيا وذلك باستخدام الفرر والمشارط والفرش الناعمة تحت عدسات مكبرة ، ثم باستخدام كمادات الماء المقطر المخلوط بالكحول الإيثيلي حيث أن الأملاح التي وجدت هي من نوع الأملاح القابلة للذوبان في الماء مثل ملح الهاليت وكبريتات الصوديوم والماغنسيوم المائية، ثم بعد ذلك يمكن سد الشقوق والشروخ والفواصل بمونة الجير النانونية .

٦- الخلاصة Conclusion

لقد توصل البحث إلي أن اللوحات موضوع الدراسة من الحجر الجيري والتعرف علي نوع وطبيعة الحجر الجيري وهو رسوبي كربوناتي عضوي ذو نسيج دقيق جدا إلي دقيق توجد به أصداف مختلفة الأحجام والأشكال بالإضافة إلي وجود مسام كثيرة و تجاوزيف غير منتظمة وقنوات في توزيع غير متجانس وقد حدث لها تشوه وتشرخ بفعل الضغوط والأنفعالات الداخلية من جراء عمليات التجوية الفيزوكيميائية. كما توصل البحث إلي أن المكون الرئيسي للوحات الجيرية هو الكالسيت مع وجود الأنكرت والهيماتيت ونسبة من الكوارتز.

وتوصل أيضا أن الأملاح الموجودة هي ملح الهاليت وملح الكمنيت والبلوديت - كبريتات الصوديوم والماغنسيوم. كما توصل البحث إلي أن حالة هذه اللوحات متدهورة نتيجة تأثير الحرارة والرطوبة النسبية و الأمطار والرياح والمياة الارضية والتلف المتعمد علي تلف مما أدي الي فقد وتحلل كثير من مكونات الحجر الي معادن جديدة مما سبب ضعف التركيب البنائي لهذه اللوحات الجيرية المنقوشة.

⁽²⁷⁾Mosquera, M.J., et al., New Water-Repellent Nanomaterial for Protecting and Consolidating Stone, 11th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Torun, 2009, pp. 993: 1000.



صورة (١) وهي صورة جوية توضح موقع تل حبة الأثري



زراعات

حبة

صورة (٢) هي صورة جوية توضح موقع حبة الأثري وما حوله من كثنان رملية وزراعات



صورة (٤) توضح اللوحات الجيرية المنقوشة أثناء الكشف



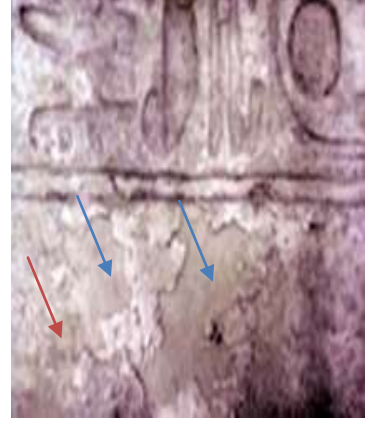
صورة (٣) توضح حفائر تل حبة وظهور الرطوبة



صورة (٧) توضح الشروخ والانفصالات التي تعاني منها اللوحات



صورة (٦) توضح الأملاح ونحر الرياح في اللوحات



صورة (٥) تفشر وتآكل في النقوش



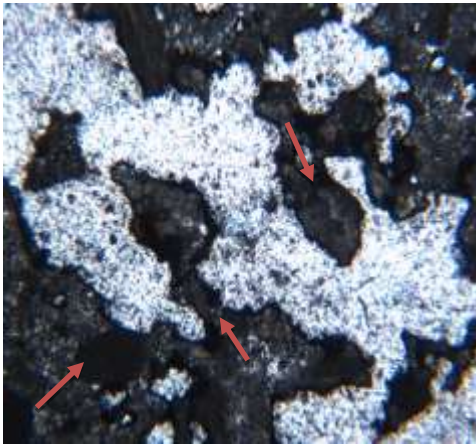
صورة (١٠) توضح محو خرطوش ملكي تلف متعمد في أحد اللوحات



صورة (٩) توضح بعض الشروخ في اللوحات



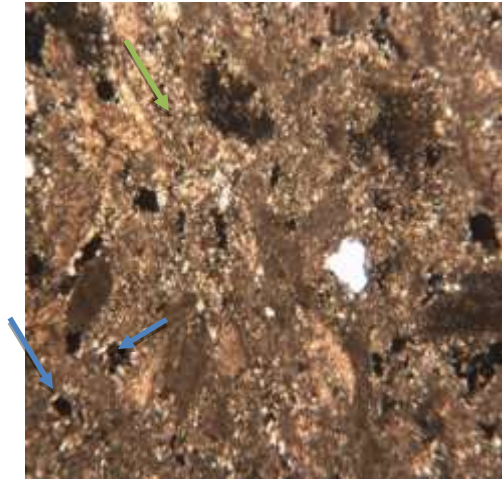
صورة (٨) توضح تفتت وسقوط أجزاء من اللوحات



صورة (١٢) تجاويف وقنوات P.L.P (x٢٥).



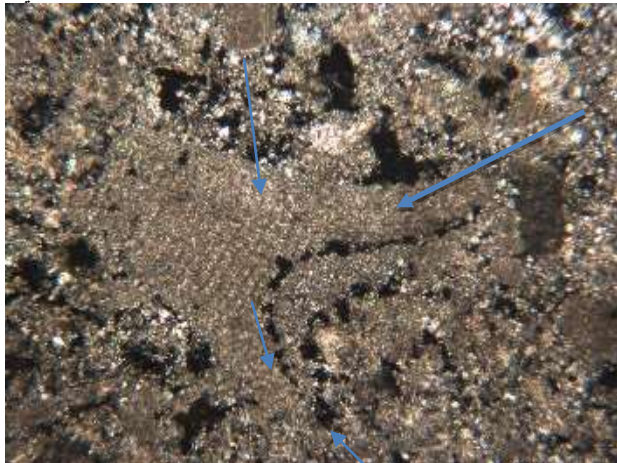
صورة (١١) توضح أصداف دقيقة في أرضية الكالسيت C.N (x٦٣). (x٠).



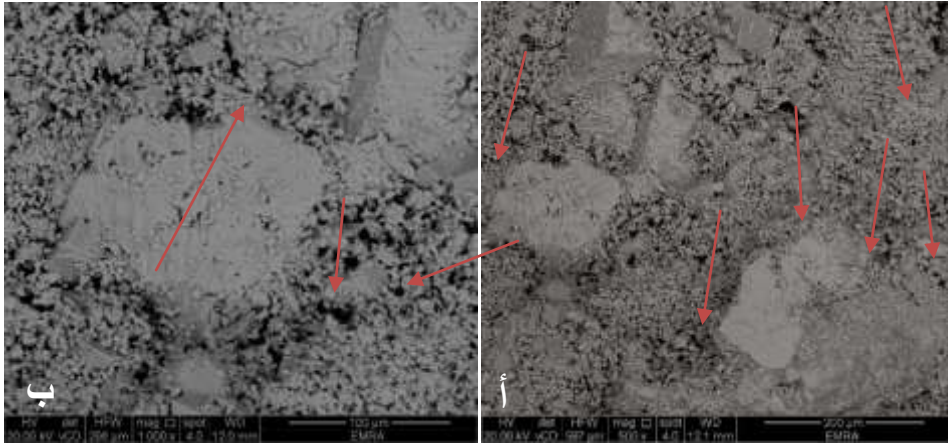
صورة (١٤) عينة حجر جيري تظهر الأصداف الدقيقة مع حبيبات دقيقة من الكوارتز في الميكرايت، C.N (x٢٥)



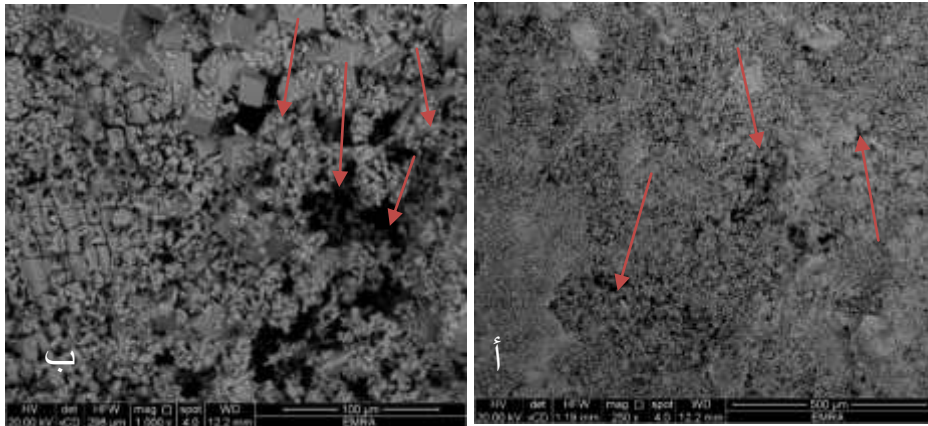
صورة (١٣) تظهر الأصداف الدقيقة وأكاسيد الحديد والمسام غير المنتظمة في الميكرايت C.N (x٦٣)



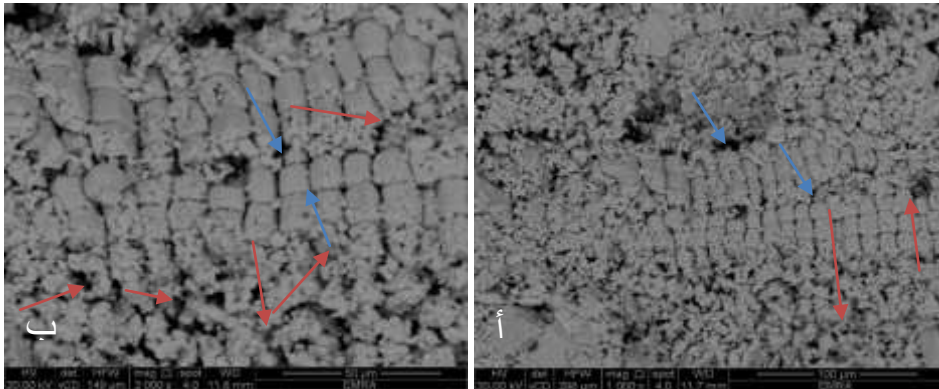
صورة (١٥) عينة حجر جيري تظهر الأصداف الدقيقة وأكاسيد الحديد والمعادن المعتمة في الميكرايت C N (25x)



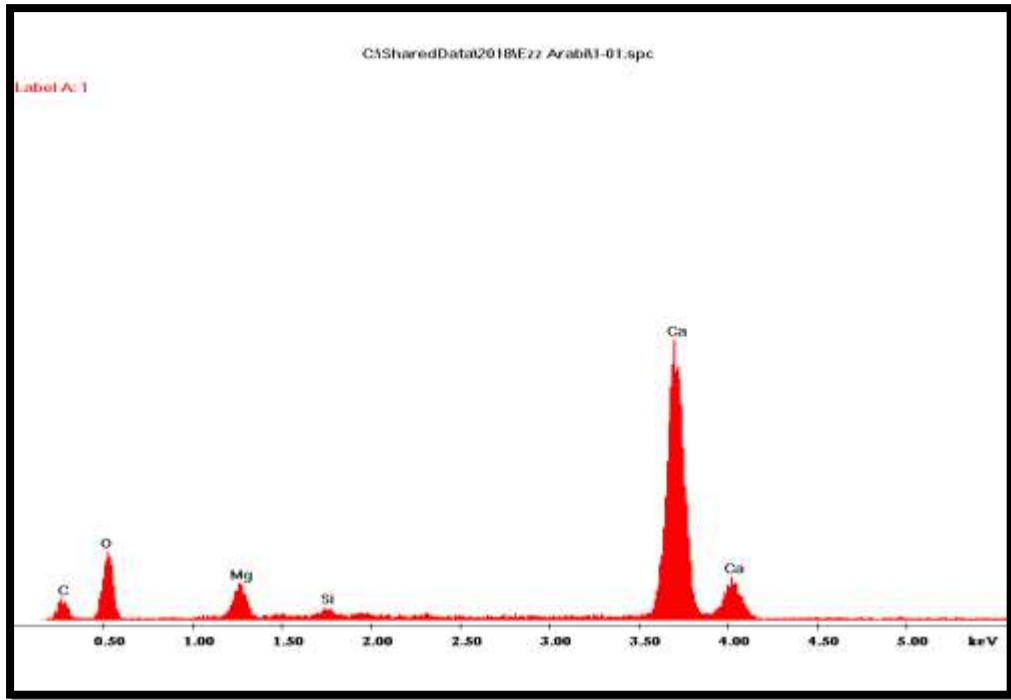
صورة (١٦) فحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح لعينة حجر جيرى؛ حيث يتضح في الصورة ١٦-أ تدهور البلورات الكالسيت ووجود الشروخ، x500 ، وفي الصورة ١٦-ب تظهر تدهور البلورات والشروخ أوضح x1000



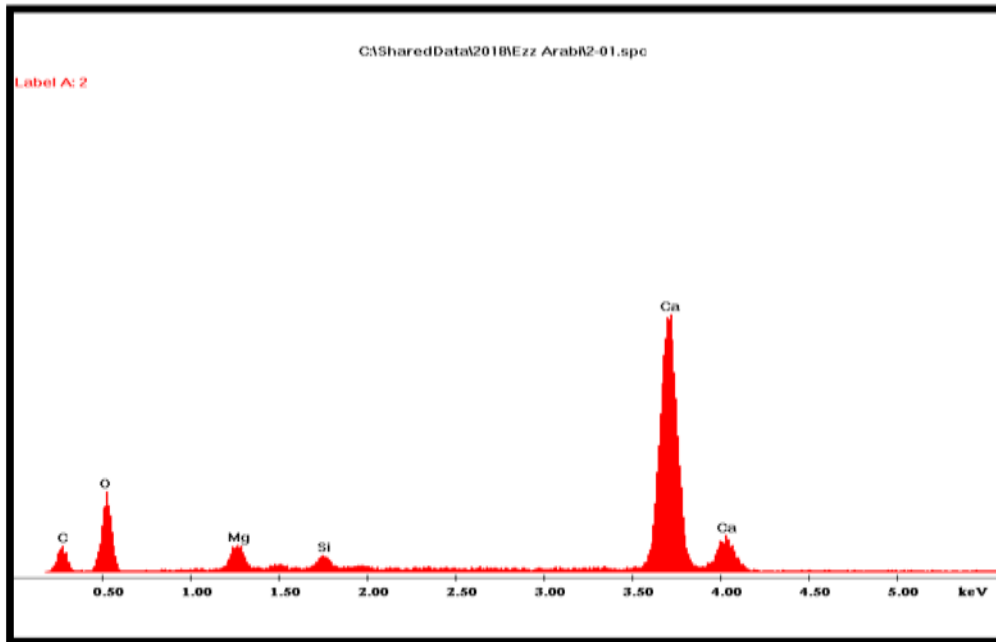
صورة (١٧) فحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح لعينة حجر جيرى؛ حيث يتضح في الصورة ١٧-أ تلك بلورات الكالسيت ووجود الفجوات x250 ، ١٧-ب يظهر تفكك البلورات والفجوات بشكل أكبر x1000



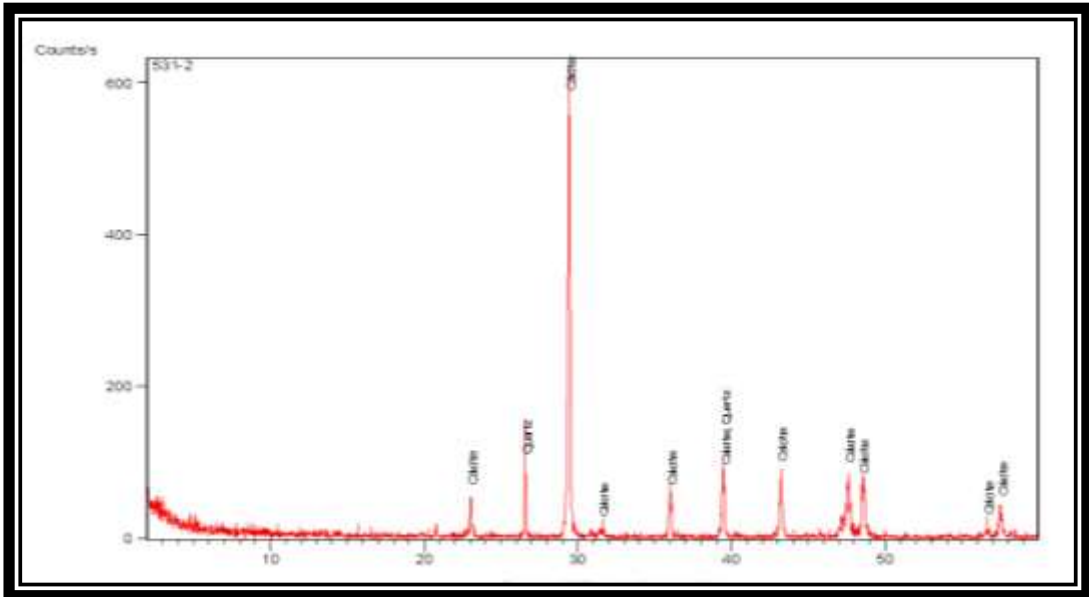
صورة (١٨) فحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح لعينة حجر جيرى؛ حيث يتضح في الصورة ١٨-أ تفكك بلورات الكالسيت المتراسة جنباً إلى جنب ووجود الفجوات المختلفة الأشكال والأحجام والمسام غير المنتظمة بقوة تكبير x1000 ، ١٨-ب يظهر بها تفكك البلورات والفجوات والمسام بشكل أوضح x2000



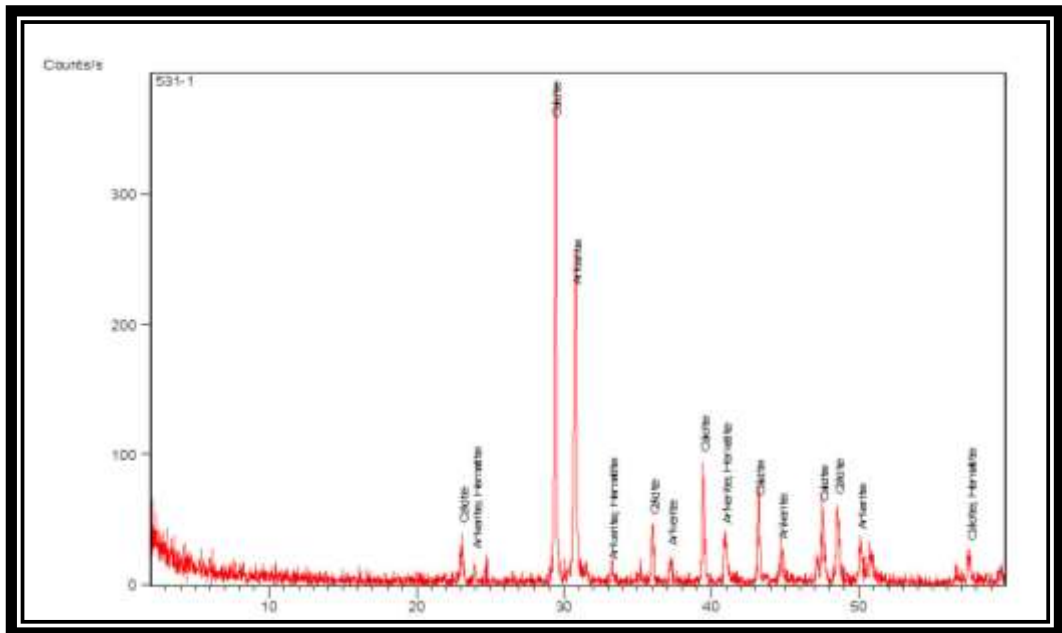
شكل رقم (1) تحليل بوحددة EDX لعينة حجر جيري يظهر بها الكربون C و الماغنسيوم Mg و السليكون Si و الكالسيوم Ca



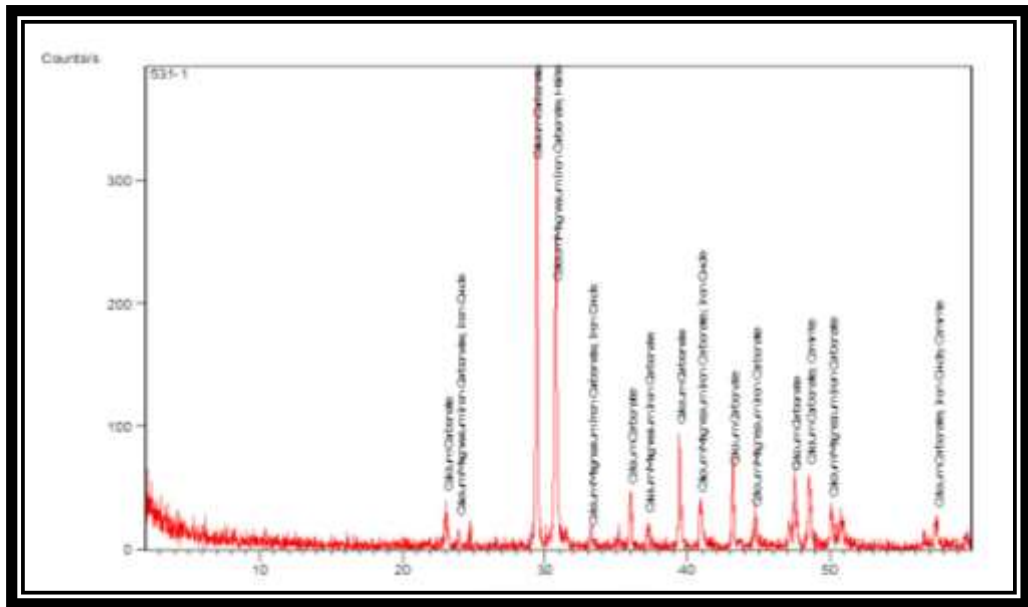
شكل رقم (2) تحليل بوحددة EDX لعينة حجر جيري أخرى يظهر بها أيضا الكربون C و الماغنسيوم Mg و السليكون Si و الكالسيوم Ca



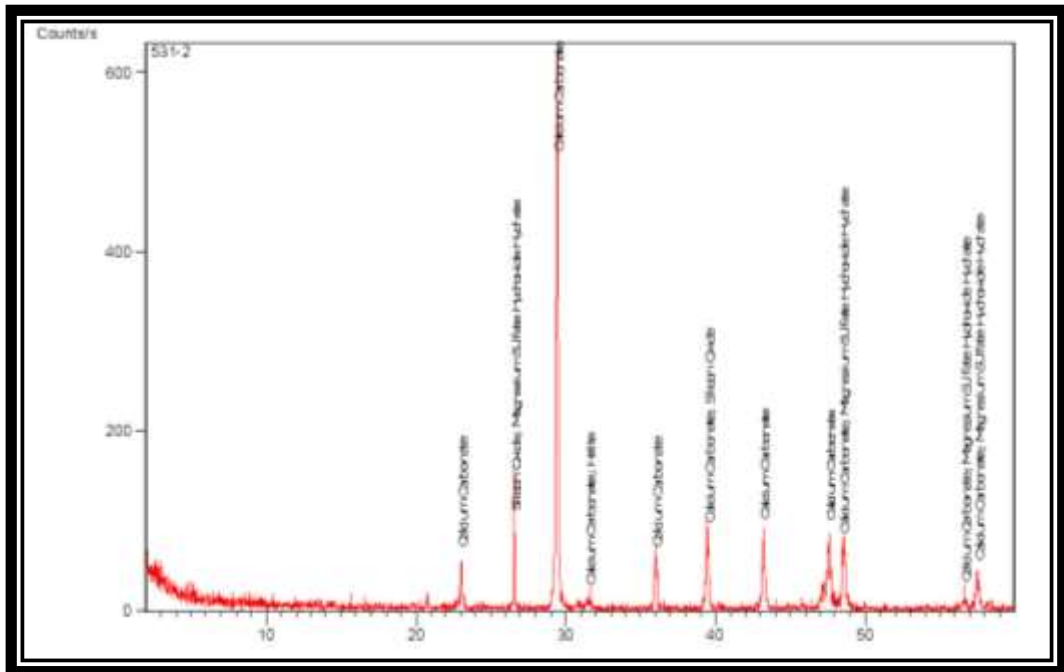
شكل رقم (٣) نمط حيود الأشعة السينية لعينة حجر جيري يظهر بها الكالسيت والأنكرت والهمياتيت.



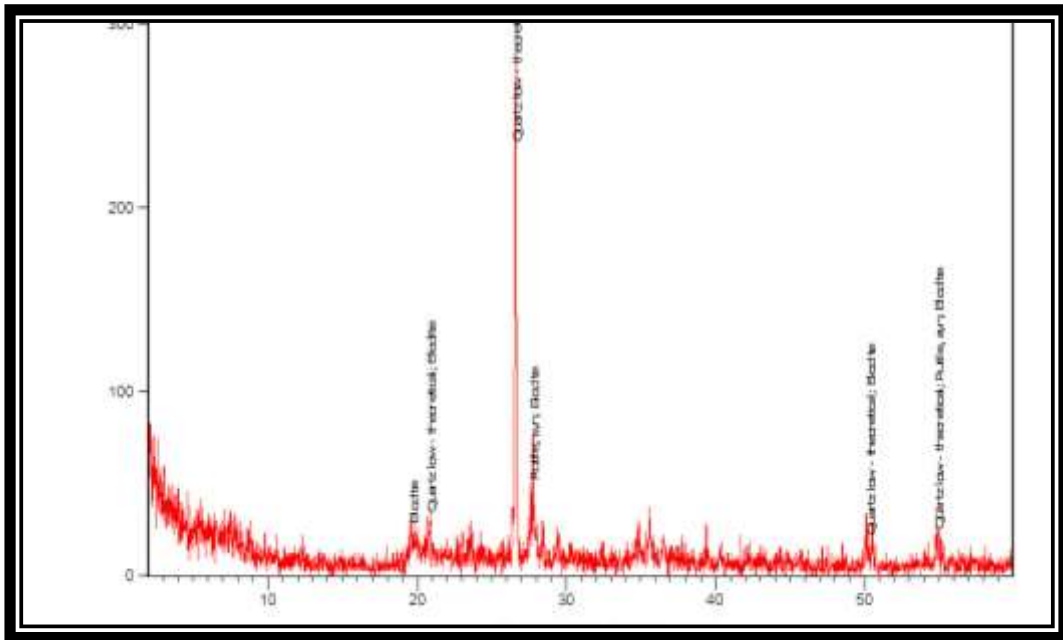
شكل (٤) نمط حيود الأشعة السينية لعينة من الحجر الجيري يظهر بها الكالسيت والأنكرت والهمياتيت والكمينيت والهاليت.



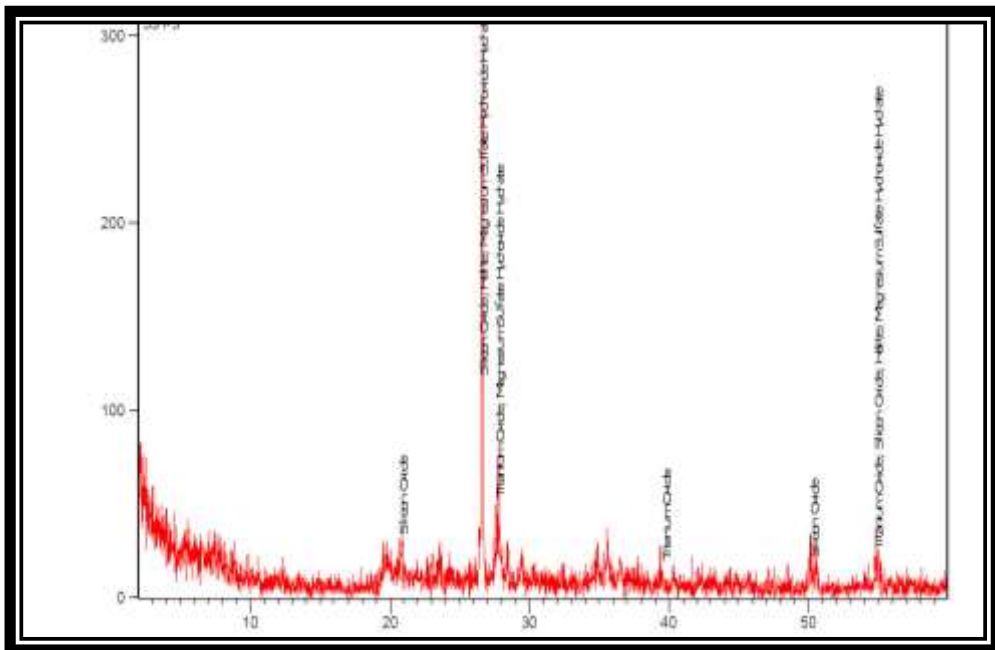
شكل (٥) نمط حيود الأشعة السينية لعينة حجر جيري يظهر بها الكالسيت و الكوارتز .



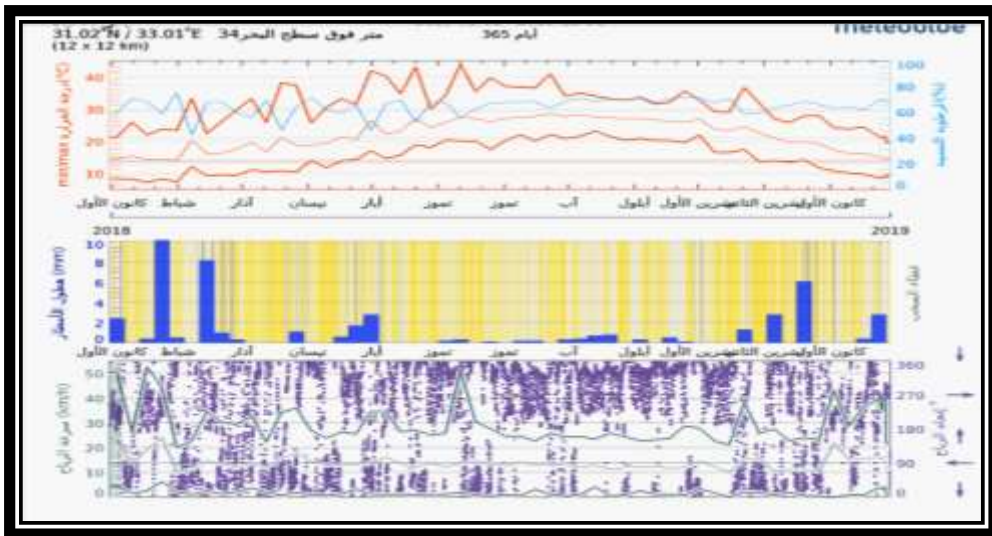
شكل (٦) نمط حيود الأشعة السينية لعينة حجر جيري يظهر بها الكالسيت و الكوارتز والهاليت والكمينيت



شكل (٧) يبين نمط حيود الأشعة السينية لعينة ملح مختلطة بترربة الموقع يظهر بها الكوارتز والروتيل و البلوديت



شكل (٨) عينة ملح أخرى مختلطة بترربة الموقع يظهر بها الروتيل و الكوارتز والهاليت والكمينيت .



شكل (٩) يوضح درجات الحرارة والرطوبة النسبية ونسبة هطول الأمطار وسرعة الرياح واتجاهها علي تل حيوة خلال العام عن هيئة الأرصاد الجوية مرصد شمال سيناء عن عام (٢٠١٨)

المراجع:-

أولاً:- المراجع العربية:-

-الهيئة المصرية العامة للاستعلامات.

- أيمن حسن حجاب : تأثير الرطوبة على المباني الأثرية الإسلامية بمدينة القاهرة وطرق الصيانة المقترحة ، مجلة الاتحاد العام للآثاريين العرب العدد ١٦ ، القاهرة، ٢٠١٥ ، ص ٦٣ .

- حسين دقيل:أثار سيناء عراقة التاريخ وأفاق الإستثمار ، المعهد المصري للدراسات ، ٢٠١٨ ، ص ١٠ .

- خالد محمد أحمد الحمصاني : دراسة مشكلة الأملاح وعلاجها في الصور والنقوش الجدارية بمنطقة سقارة تطبيقا علي إحدي المقابر المختارة من عصر الدولة القديمة، رسالة ماجستير غير منشورة ، قسم ترميم الآثار ، كلية الآثار،جامعة القاهرة،٢٠٠٧ ، ص٩٦ .

- عبد الرحيم ربحان: سيناء ملتقي الأديان والحضارات ، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة ، ٢٠١٣ ، ص ١٤٣-١٤٤ .

- عز عربي عربي يوسف: تقنية التصوير الجداري علي جدران المعابد البطلمية دراسة لميكانيكية التلف وطرق العلاج تطبيقا علي أحد المعابد المختارة ، رسالة دكتوراة غير منشورة، قسم الترميم ،كلية الآثار ،جامعة القاهرة،٢٠٠٩ ، ص ١١٦ .

- محمد كمال إبراهيم: تل أبو صيفي، دراسة أثرية وتاريخية، رسالة ماجستير غير منشورة ، المعهد العالي لحضارات الشرق الأدنى القديم، جامعة الزقازيق،٢٠٠١ ، ص ١٥ - ١٧ .

- هشام محمد حسين حامد : الحدود المصرية الشرقية ، دراسة تاريخية أثرية منذ بداية التاريخ وحتى نهاية الأسرة الثلاثين ،رسالة دكتوراة غير منشورة ،جامعة قناة السويس ، كلية الآداب والعلوم الإنسانية ، قسم التاريخ والحضارة ، ٢٠١٣ ، ص ١٨٧ .

- هيئة الأرصاد الجوية المصرية مرصد شمال سيناء عن عام ٢٠١٨ .

ثانيا :- المراجع الأجنبية :-

- Abd-Elkareem, E., Asran, M. & El Shater, A., Damage blocks Granite of Philip Arrhidæus Compartment and its source and Treatment, Karnak, Egypt, Egyptian Journal of Archaeological and Restoration Studies "EJARS, Volume 7, Issue 2, 2017, p. 112.

- Abubakr Moussa, Nano Treatment of Decayed Cement-Lime Mortars from the Edfena Royal Palace (Rosetta, Egypt), SHEDET Annual Peer-Reviewed Journal Issued by The Faculty of Archaeology, Fayoum University, Issue No. 5, 2018, P.175.

- Abubakr Moussa, Monitoring Building Materials exposed to Marine Environment: examples from Farasan Islands, Saudi Arabia, Scientific Culture, Vol. 5, No. 2, 2019, pp. 7-20.

-Amoroso, G., G. and Fassina, V., Stone Decay and conservation, Atmospheric pollution, cleaning consolidation, and protection, Elsevier, New York, 1993, p.2.

- Baglioni P., Chelazzi D. and Giorgi, R., Nanotechnologies in the Conservation of Cultural Heritage, a compendium of materials and techniques, Holland, Springer, 2015, p.34.
- Bourguignon, E. S., Study of deterioration Mechanism and Protective Treatments for the Egyptian limestone of the Ayyubid city wall of Cairo, master's degree Thesis, Pennsylvania Uni. 2000, p. 24.
- Dennis, S.Z., The Mechanism of Masonry Decay Through Crystallization, London, 2008, P.212.
- Fink, J. K., Chemicals and Methods for Conservation and Restoration, Scrivener Publishing, Wiley, USA, 2017, p.82.
- López-Doncel, R., Salt bursting tests on volcanic tuff rocks from Mexico, Environ Earth Science, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, v.75 no.3, 2016, p.212.
- Mark, B. M., Conservation of Historic Buildings, Butterworth Scientific, London, 2008, PP.98-99.
- Mosquera, M.J., New Water-Repellent Nanomaterial for Protecting and Consolidating Stone, 11th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Torun, 2009, pp. 993: 1000.
- Pinho L., Elhaddad F., Sebastian D. and Mosquera M. J., A novel TiO₂ - SiO₂ Nano composite converts a very friable stone into a self- cleaning building material. Applied Surface Science. 2013, pp 391: 394.
- Rodrigues, J., D. and Gil Saraiva, J., A., Experimental and theoretical approach to the study of wind Erosion of stone in monuments, in: proc. 5th Intr. Congr. On deterioration and conservation of stone, vol. 1, Lausanne, 1985, pp: 167-174.
- Saleh, M., Honey Comb Weathering of sandstone outcrops at Al-Hijr (Mada'in Salih), Saudi Arabia, Egyptian Journal of Archaeological and Restoration Studies "EJARS", Volume 3, Issue 2, 2013, p. 89.
- Sneyers, V. and Henau, P. J., The conservation of stone in the conservation of cultural property, UNESCO, 1968, p.215.
- Weber, H. and Zinsmeister, K., Conservation of Natural Stone, Germany, 2008, P.39.
- Wedekind W., López-Doncel R., Dohrmann R., Kocher M. and Siegesmund S., Weathering of volcanic tuff rocks caused by moisture expansion, Environ Earth Sci, Print ISSN 1866-6280, Springer-Verlag, 2013, p. 1203.
- Wedekind, W. López Doncel R.A., Marié B. and Salvadori O., " Innovative Treatments and Materials for the Conservation of the strongly salt-contaminated Michaelis Church in Zeitz, Germany ", Science and Art A future for stone proceedings of the 13th International Congress on the Deterioration and Conservation of stone, Paisley, Scotland, Vol. I, 2016, p.983.

Study the damage causes in the limestone Plates inscriptions at Habwa archaeological hill in Sinai

Dr. EZZ Arabi Orabi*

Abstract :

Tel Habwa is located at a distance of 3 km east of the Suez Canal to the northeast of the city of Qantara east, and contains the site of engraved archaeological inscriptions of several stones, perhaps the most greatly affected were Limestone plates because these plates were affected by the surrounding environment, especially some of these plates were buried in salt soil moist until recently, which led to the fall of large parts of them, which prompted the researcher to study these plates, and to determine the status of these plates and what it saw Damage has been checked and analyzed component It was found that the archaeological area suffers from the impact of heat, wind, rain and magnifying lenses. In the X-ray dispersing unit (EDX, XRD diffraction), the plates were made up of calcite CaCO_3 , Ankerite $\text{Ca}(\text{Fe}_2, \text{Mg}, \text{Mn}_2)(\text{CO}_3)_2$, hematite Fe_2O_3 and a percentage of quartz SiO_2 , and they contained salts such as halite NaCl , Caminite $\text{Mg}_7(\text{SO}_4)_5(\text{OH})_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ and Blodite $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 (\text{H}_2\text{O})_4$

Keywords:

Hill Habwa, Sinai, limestone plates, salts, wet soil, Deterioration

*Lecture of inorganic archaeological Materials Conservation, Conservation Department, Faculty of Archaeology, Aswan University ezz_arabi@yahoo.com