INTERNATIONAL JOURNAL OF
ADVANCED STUDIES IN WORLD ARCHAEOLOGY
ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.

Weathering and its effect on the statues of the path of the gods between the temples of Karnak and Luxor (The Road of Rams) Methods of treatment and maintenance

Prof. Dr. Mohamed Ahmed Awad
Professor of Archeology and Ancient Buildings Restoration - Faculty of Archeology, Sohag University

Prof. Dr. Ahmed Sayed Shuaib
Professor of Inorganic Archeology Restoration, Faculty of Archeology, Cairo University

Mr. Naseem Noshy Habib Atallah
Antiquities restoration specialist, Ministry of Tourism and Antiquities

Abstract:

Weathering means the process of cracking, smashing, fragmentation and dissolution of rocks and minerals by means of physical and chemical action while they are in their positions on the surface of the earth without moving them (1). And the chemical that has arisen in the place, and weathering may cause a kind of limited displacement of the weathered fragments, because the changes in rocky materials are subjected to changes in their sizes, such as crystal growth, buckling, washing and swelling…..etc, leads to the occurrence of individual processes for each rock component (2) Therefore, several steps were taken to save the sphinxes from the impact of weathering of all kinds that surround the statues.

ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.

Therefore, examinations, analyzes and laboratory tests were conducted to find out the components of the stone from which the statue was carved, the change in components, factors and manifestations of weathering in the statues, and how to dispose of and protect them from its impact, as well as engineering solutions. The proposed isolate the soil under the statue to protect the statues from the effect of ground water and the capillary property, as experiments have proven that the Luxor Temple and the statues surrounding it have A groundwater source, and many studies failed to remove it, which was leading to the collapse of the temple, so a concrete base was dug under the statue with a thickness of about 50 cm and the same dimensions as the statue's base. And new stone bases were built from the same material as the statue, due to the presence of statues without bases, which crumbled and deteriorated as a result of weathering factors

.

1- أهداف البحث:- التعرف علي طبيعة المادة المكونة لتماثيل أبو الهول.

- الفحوص والتحاليل المستخدمة في التعرف علي تأثير عوامل التجوية في مادة التمثال.
- أفضل مواد التقوية المستخدمة في العلاج والصيانة .
-عزل التربة أسفل التمثال لحمايتها من تأثير المياة الجوفية.

2- المقدمة:

يؤدي إلي معبد الأقصر طريق مرصوف ببلاطات من الحجر يحف به من الجانبين تماثيل علي هيئة أبو الهول تمثل الملك نختنبو الأول احد ملوك الأسرة الثلاثين الذي انشأ هذا الطريق في عهده وكان هذا الطريق يوصل إلي معبد الآله خنسو(3) الواقع جنوب معابد الكرنك وقد حل هذا الطريق محل طريق الكباش الذي كان يرجع إلي عهد الملك أمنحتب الثالث بدليل وجود بعض التماثيل التي تحمل اسم أمنحتب الثالث عند البوابة الجنوبية لمعبد خنسو وقد نحت تمثال أبو الهول من كتلة واحدة من الحجر الرملي تجسد أسد له رأس الملك نختنبو،

ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.

وقد وضع التمثال علي قاعدة مستطيلة أبعادها 330x120 ولعل الهدف من طريق أبو الهول هو تحديد مسار الموكب سواء الملكي أو الآلهي وإبراز محوره(4) .والتجوية هي عملية تفتيت و تحلل الصخور والتربة والمعادن على سطح الأرض أو قربه بواسطة العوامل الجوية السائدة دون نقل الفتات من مكانه. تختلف التجوية عن التعرية في أنها تشمل تفتيت الصخور مع نقل هذا الفتات وترسيبه وتعمل التجوية علي هدم وتغيير ملامح سطح الأرض بطريقتين وهما:

اولاً: التجوية الميكانيكية:

ويتوقف عليها تفتيت الصخور إلي قطع صغيرة جدا دون أن يحدث أي تغيير كيميائي لها وتقوم التجوية الميكانيكية علي :

1- اختلاف درجة الحرارة

2- الصقيع

3- الجاذبية الأرضية

4- البرق

5- المطر

6- الكائنات الحية

ثانياً :التجوية الكيميائية:

تعتمد التجوية الكيميائية بصورة رئيسية علي بخار ماء الغلاف الجوي لما له من تأثير غير مباشر علي إذابة الصخور لإتمام التفاعلات الكيميائية في عمليات الأكسدة والتفحم(5) حيث تتكون معادن وصخور جديدة وتقوم التجوية الكيميائية علي ما يلي:

1- التأكسد

2- 2-التفحم

3- التميوء

4- الكربنة

5- ومن هنا تنبع أهمية البحث في تأثير عوامل التجوية في تماثيل أبو الهول.

3- العوامل التي تتحكم في التجوية: تتحكم في عملية التجوية عدة عوامل هي :

3-1 تركيب الصخر. Structure of the Rock

3-2 طوبوغرافية سطح الارض. Surface Topography

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ADVANCED STUDIES IN WORLD ARCHAEOLOGY
ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.

3-3 العوامل المناخية. Climatic Factors

4-3 العوامل الحيوية Biologhcal Factors

4- أنواع التجوية :

تقسم التجوية الى نوعين رئيسين هما التجوبة الفيزيائية Physical Weathering والتجوية الكيميائية ,Chemical Weathering ويمكن ان تسمى التجوية الملحية والتجوية العضوية (بالتجوية الفيزيوكيميائية)لانها تشترك في تكوين كلا النوعين من عمليات التجوية.

4-1التجوية الفيزيائية physical weathering :

يطلق مصطلح التجوية الفيزيائية على تكسر الصخور كنتيجة للضغوط الناتجة عن المتغيرات الفيزيائية مثل التمدد الحرارى ، والتمدد الذى يصاحب التجمد ، أو تكون بلورات عن أملاح مختلفة (6) . وبدرجة أقل عن طريق أشياء مثل قوى الجذور النامية والحيوانات ذات الجحور والبرق وعمل الإنسان (7) .

تعرف كذلك بالتجوية الميكانيكية Mechanical Weatherhng وتعني تفكك الصخروتفتته وتحوله الى حطام وكسارة دون تغير في تركيبه الكيميائي (8)

وتحدث التجوية الميكانيكية بفعل عدة عوامل هي:

-تغير درجات الحرارة Temperature Variations.

- النمو البلوري Crystal Growth.

-ازالة الثقل Unloading.

- الترطيب والتجفيف Wetting and Drying.

- التأثير الميكانيكي للكائنات الحية Mechanical action of living Organisms .

4-1-1مظاهر التجوية الفيزيائية:

- التقشر Exfoliation.

- المظهر العمداني Tor- Columnar Structure

- التفلق الصخريRock Shattering

-التفكك الكتلي Block Separation

- التشظي Splitting

-التفكك الحصوي الحبيبي Granular Disintegration

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ADVANCED STUDIES IN WORLD ARCHAEOLOGY
ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.

4-2التجوية الكيميائية Chemical Weathering :

هي تفاعل بين الغلاف الجوى والمعادن والصخور ؛ وذلك للحصول على ظروف متزنة على سطح الأرض (9) ، وتعتمد التجوية ومعدلاتها على مقادير الرطوبة ومصادرها والتي فيها الأمطار والرزاز على سطح الحجر ذي درجة Ph بين (3:5) أى ذات درجة حموضة عالية (10).

4-2-1عمليات التجوية الكيميائية :

- الاكسدة Oxidation

-الاذابة Solution

- التكربن Carbonation

-التميوء (الهدرجة Hydration)

4-3التجوية الملحية salt weathering:

مصادر الأملاح :

1- ربما كانت مواد تدخل في التركيب المعدني للصخر. 2- رذاذ البحر. 3- مخلفات الطيور.

4- من عمليات ترميم. 5- ناتجة عن غازات تلوث جوى. 6- ناتجة عن الفطريات والبكتريا.

7- مياه الرشح. 8- مياه المطر .

عوامل تبلور الأملاح :

1- ارتفاع درجة الحرارة. 2- نوع الملح. 3- ظروف التبخر ونوع الحجر ومساميته.

4-ارتفاع المنشآت. 5- إذا لم تكن درجة الحرارة كافية لتبلوره داخل المسام .

أهم أشكال البلورات الملحية :

1ـ منشورية 2- خصلات الشعر 3- إبرية 4- صفيحية 5- متساوية الأوجه وتستمر في التغير حتى الوصول إلى الشكل البلوري الثابت فالإبرى يتحول إلى المكعب .

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ADVANCED STUDIES IN WORLD ARCHAEOLOGY
ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.

أشهر انواع الأملاح :

الكلوريدات أملاح هيجروسكوبية أهمها كلوريد الصوديوم –البوتاسيوم –الكالسيوم – الكبريتات– كبريتات الكالسيوم المائية والامائية – وتتبلور على شكل خصلات الشعر مثل كبريتات الصوديوم وكبريتات الكالسيوم و النترات مثل : نترات البوتاسيوم –الصوديوم نادراً ما تكون متزهرة لقابليتها للذوبان (11).

تزهر الأملاح :- Efflore Scences

تزهر الأملاح عبارة عن بلورات ملحية تتكون على أسطح المواد المسامية عندما يتبخر منها الماء ، لأن الماء يغذي هذه المسام بكميات كبيرة أو لأن سرعة الرياح تكون قليلة.

& التأكل النقري Alveolar Erosion :

التأكل النقري نموذج من نماذج تحليل المواد المسامية التي تلعب الأملاح المتبلورة أهم حلقاته ويعتمد التأكل النقري على حقيقة هامة تميزه ، وهي حدوث عمليات تآكل في مناطق مميزة لتكون في النهاية تجاويف عميقة أو نقر Deep Cavities or Alveolus وذلك في الأسطح غير المحمية ، في الوقت الذي لا تتأثر فيه الأسطح الأخرى القريبة من مناطق التآكل.

4- 4التجوية البيولوجية Biological weathering

تساهم الفطريات في عمليات تجوية الصخور بطرق متعددة ، والفطريات الموجودة فى الصخور التي تفتقد إلى وجود منتجات مبدئية مثل الطحالب الخضراء Green algae أو سيانو بكتريا Cyano bacteria فإن الفطريات تعتمد على التلوث الجوى مثل(الكربون أو مكونات الطاقة) للتدعيم ومن الملاحظ أن إنتاج الحمض الفطري بطئ ولكن مع ذلك يمكن رؤية وملاحظة نشاط أو نتيجة التجوية الفطرية .وللتجوية البيولوجية سواء الناتجة من البكتريا أو الطحالب أو الفطريات فكلها لها دور هام في تحطيم الصخور وتحويلها إلى تربة.

5-الفحوص والتحاليل للعينات موضوع البحث:

لنجاح أي عملية من عمليات العلاج والصيانة للآثار بصفة عامة والآثار الحجرية بصفة خاصة، فلابد وأن تسبق هذه العملية مرحلة غاية في الأهمية،إذ يتوقف عليها إستراتيجية وخطة العلاج والصيانة،حيث تتضمن هذه المرحلة معرفة جوانب الأثر التاريخية والأثرية والفنية،وكذلك دراسة مكونات الأثر،والظروف البيئية المحيطة به، ومظاهر التلف التي طرأت عليه، والأسباب الحقيقية المؤدية إليها،

ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.

بالإضافة إلي معرفة عمليات العلاج السابقة، وتاريخها والمواد التي استخدمت فيها،حيث تفيد النتائج المستخلصة من هذه العمليات كثيرا في التشخيص لحالة الأثر،ومن ثم يصبح من السهل اختيار الأسلوب والمواد المناسبة للعلاج، دون اللجوء إلي عمليات التخمين والافتراض،مما قد يعرض الأثر إلي حدوث تلف جديد(12).

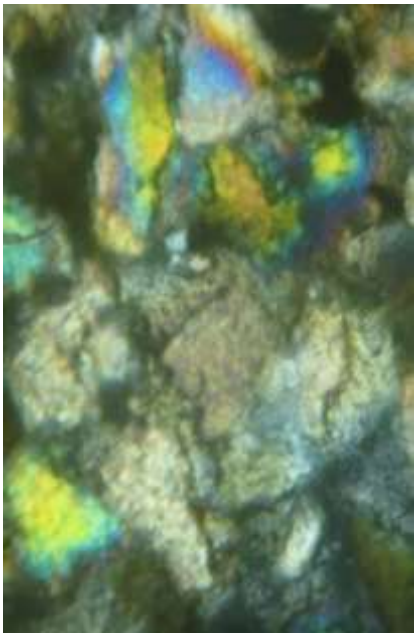
5-1الفحص العيني Visual Examination:

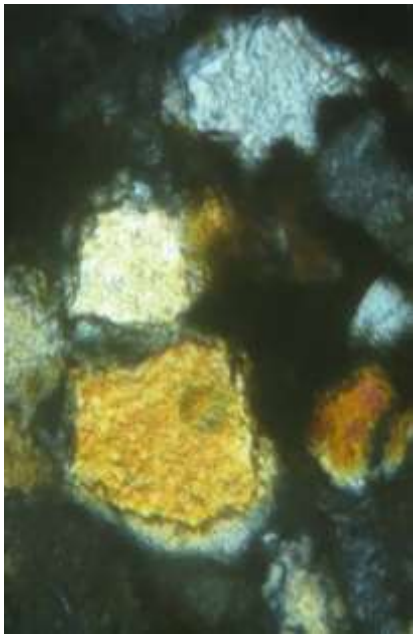
يعتبر الفحص بالعين المجردة،أول الطرق المستخدمة في دراسة مادة الأثر والتعرف علي نوعيتها وحالتها من التلف، وهذا الأسلوب من الفحص يعطي انطباعاً جيداً عن نوع مادة الأثر،كما أنه من الممكن أن يستخدم في هذه المرحلة بعض العدسات المكبرة، والتي تعمل علي تكبير العينة بشكل يساعد علي رؤية بعض المكونات الصغيرة.

5-2الفحص بواسطة الميكروسكوب المستقطب(13) : Examination by Polarizing Microscope

وقد تبين من خلال الفحص بالميكروسكوب المستقطب أن هذا الحجر يصنف علي أنه حجر رملي حديدي ،حيث يتكون بشكل أساسي من حبيبات الكوارتز، والتي ترتبط مع بعضها البعض بواسطة أكاسيد الحديد ذات اللون الداكن.كما يظهر من الفحص أن حبيبات الكوارتز تتدرج من الحبيبات الدقيقة إلي الحبيبات المتوسطة الخشونة، والتي تصنف معظمها علي أنها ذات حواف شبه حادة إلي حادة. كما يظهر من الفحص تعرض حبيبات الكوارتز إلي التشويه الميكانيكي،والمتمثل في بعض التشققات الدقيقة جداً،والتي تعبر عن الإجهادات التي يتعرض لها الحجر.كما يلاحظ هجرة أكاسيد الحديد وترسيبها علي أسطح الحبيبات في أماكن متفرقة كما هو موضح في الصور،وتمت عملية الفحص هذه في كلية العلوم قسم الجيولوجيا جامعة سوهاج.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ADVANCED STUDIES IN WORLD ARCHAEOLOGY
ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.





توضح **Thin section** لعينة من الحجر الرملي وطريقة تجهيزها ووضعها أسفل الميكروسكوب والتي تم استدارتها من جميع الاتجاهات.

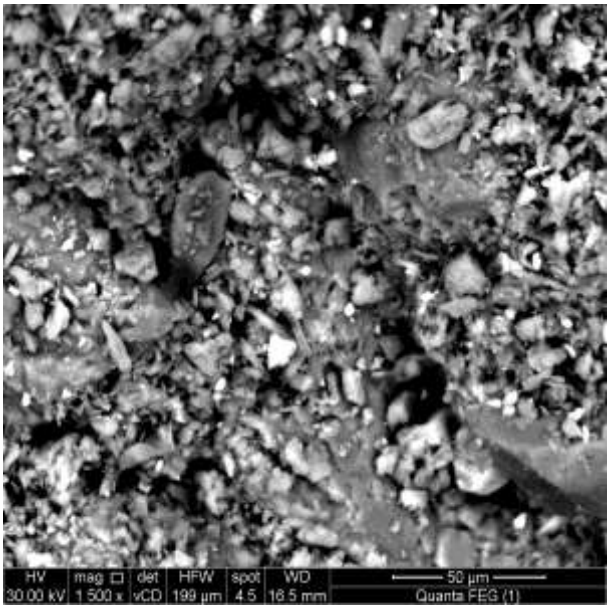
3-5الفحص باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح: Scanning electron microscope

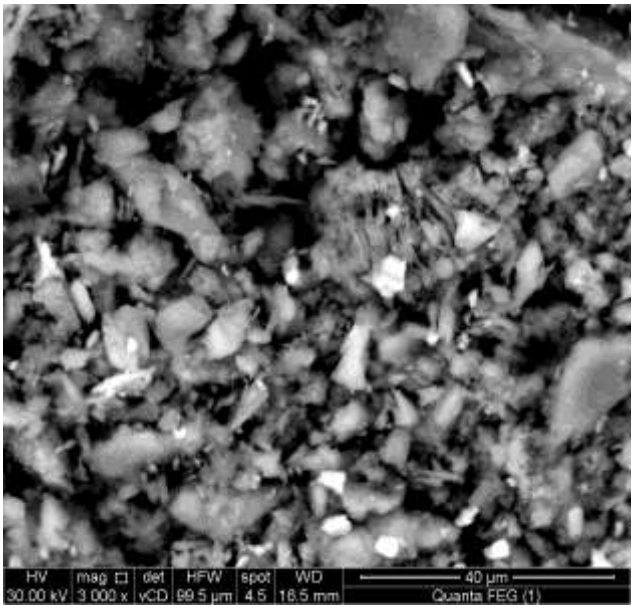
تم عمل فحص لعدد أربع عينات أثرية من حفائر طريق الكباش (موضوع البحث) من الحجر الرملي وعينتين من التربة أسفل التمثال وذلك للمقارنة بينهم من حيث مكونات كلاً منهم الداخلية وما تحتويه من مواد وعناصر مشتركة والتي تغلغلت من التربة إلي داخل التمثال وذلك عن طريق الخاصية الشعرية(14) وقد أظهرت النتائج.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ADVANCED STUDIES IN WORLD ARCHAEOLOGY
ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.

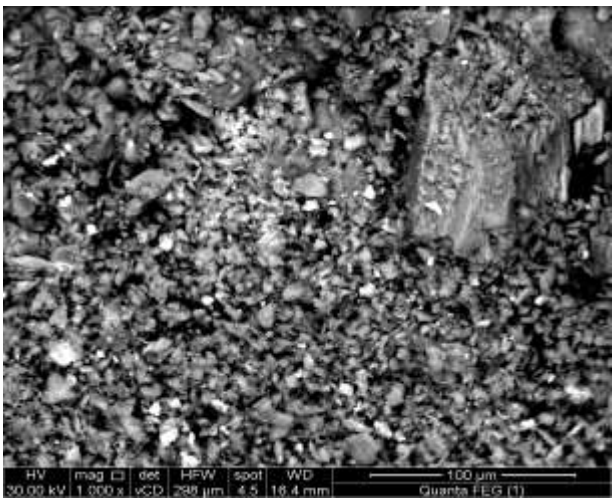
1-تم عمل فحص لعينة حجر رملي ضعيف

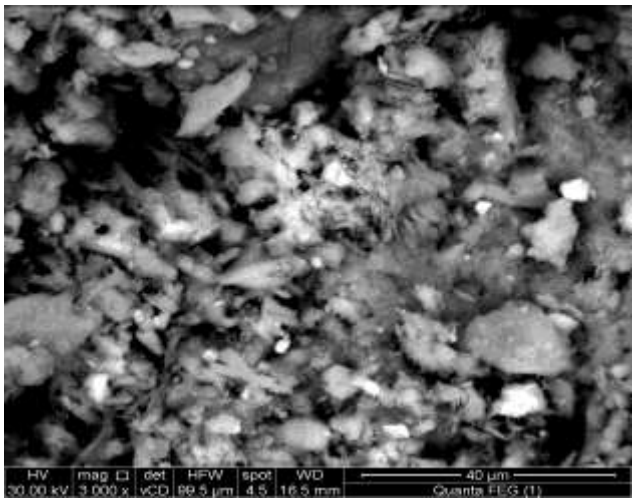
عينة حجر رملي ضعيف من تمثال أبو الهول علي يمين الداخل من معبد الأقصر.





عينة حجر رملي أسفل الميكروسكوب الإلكتروني بقوة تكبير 3000:1500 و ويتضح في هذه الصورة وجود المسام الكبيرة والشوائب والتي تساعد علي تحفز عمليات التفاعل الكيميائي وتسرع من عمليات التدهور وتلف التماثيل .





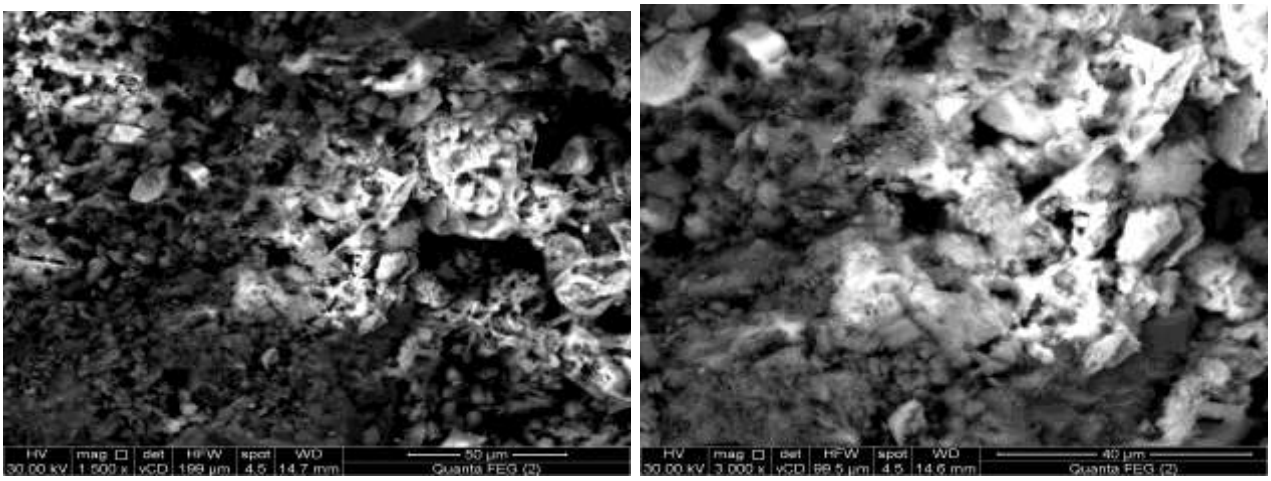
عينة حجر رملي أسفل الميكروسكوب الإلكتروني بقوة تكبير 3000:1000 ويتضح أيضاً في هذه الصورة وجود المسام والشوائب والقشور الملحية والشكل الغير منتظم لحبيبات الكوارتز

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ADVANCED STUDIES IN WORLD ARCHAEOLOGY
ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.

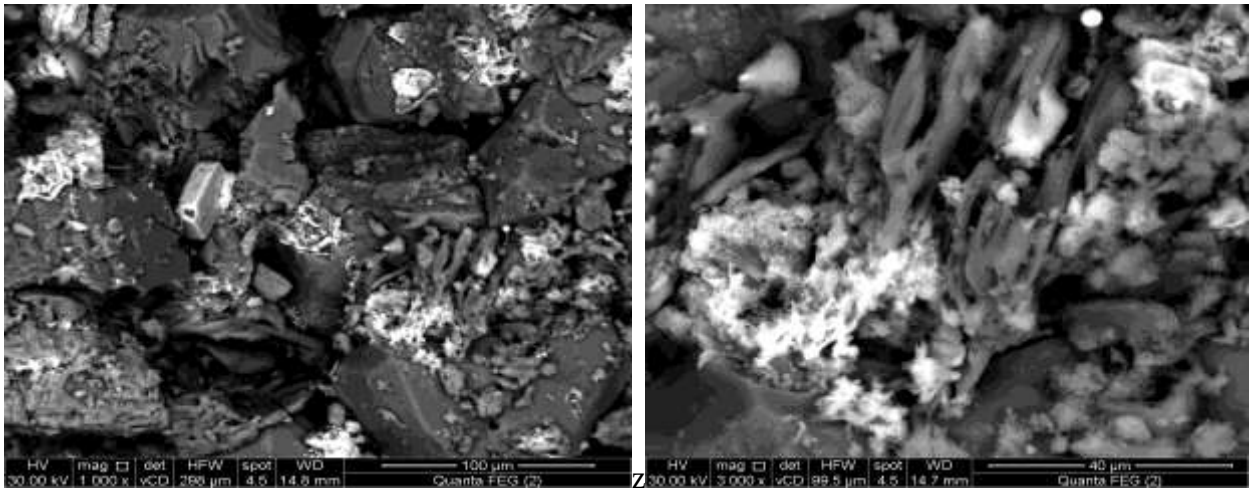
وقد أوضحت نتائج دراسة تصوير عينات الحجر الرملي قبل عملية العلاج أتضح أن بلورات الكوارتز استطاعت أن تقاوم عوامل التلف بصورة كبيرة فعلي الرغم من تعرض أحجار تماثيل أبو الهول بطريق الكباش للعديد من عوامل التلف المختلفة إلا أن بلورات الكوارتز استطاعت أن تحتفظ بالشكل البلوري المميز لها بينما نلاحظ أن عوامل التلف استطاعت أن تؤثر علي المادة اللاحمة التي تربط بين حبيبات الكوارتز حيث تظهر أكاسيد الحديد كبقايا المادة اللاحمة.

وبتحليل عينة الأملاح أتضح أنها أملاح كلوريد صوديوم وكبريتات كالسيوم وكبريتات صوديوم ،

كما اتضح من الفحص أيضا تباين بلورات الكوارتز من خشنة إلي دقيقة التبلور وهذا ما أوضحه أيضا التصوير بالميكروسكوب المستقطب.



عينة حجر رملي أسفل الميكروسكوب الإلكتروني بقوة تكبير 3000:1500 ظهر فيها التلكسات الطينية والشكل الغير منتظم لحبيبات الكوارتز مع وجود الشوائب والمسام .



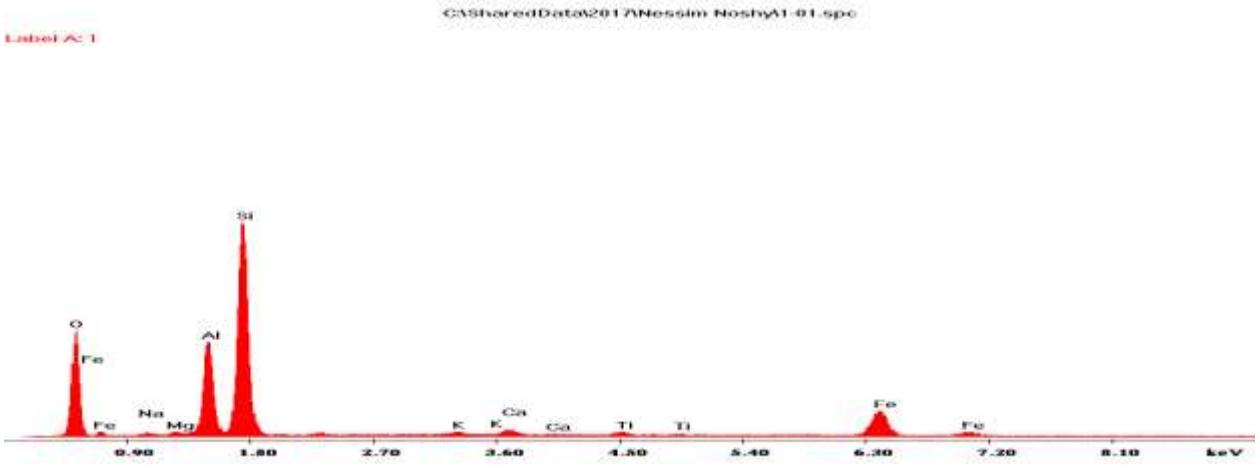
INTERNATIONAL JOURNAL OF
ADVANCED STUDIES IN WORLD ARCHAEOLOGY
ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.

عينة حجر رملي أسفل الميكروسكوب الإلكتروني بقوة تكبير 3000:1000 و فيها الشوائب والمسامات وتكسير لحبيبات الكوارتز

4-5التحليل بواسطة تشتت الأشعة السينية: Energy Analysis (EDX) Dispersive X-ray

وهي من أحدث الطرق المستخدمة في تحليل عينات الآثار وغالبا ما يكون ملحق مع (SEM)

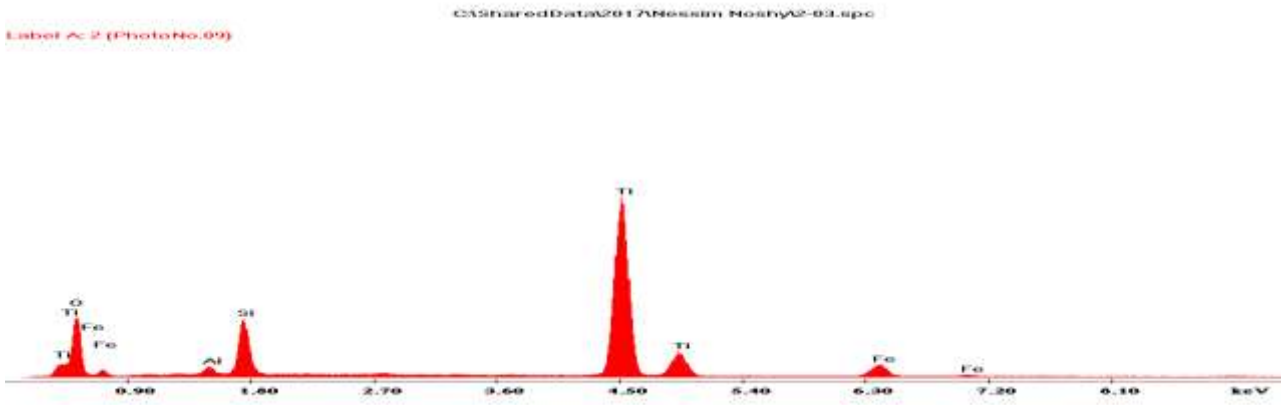
1- تحليل العينة رقم (1) حجر رملي ضعيف



عينة حجر رملي ضعيف توضح العناصر المكونة لها توضح وجود سيليكات الألومونيوم المائية والبوتاسيوم

- وجود سيليكات الألومونيوم المائية Si4 Al4 O8 (OH10)
- نسبة البوتاسيوم عالية جدا
- إحلال الثلاث عناصر الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم لبعضهم البعض - وتوضح انه صخر متحول وليس صخر رسوبي وهو كوارتزيت متحول عن الحجر الرملي وحصل له إعادة تبلور مع فقد نسبة الفراغات.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ADVANCED STUDIES IN WORLD ARCHAEOLOGY
ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.



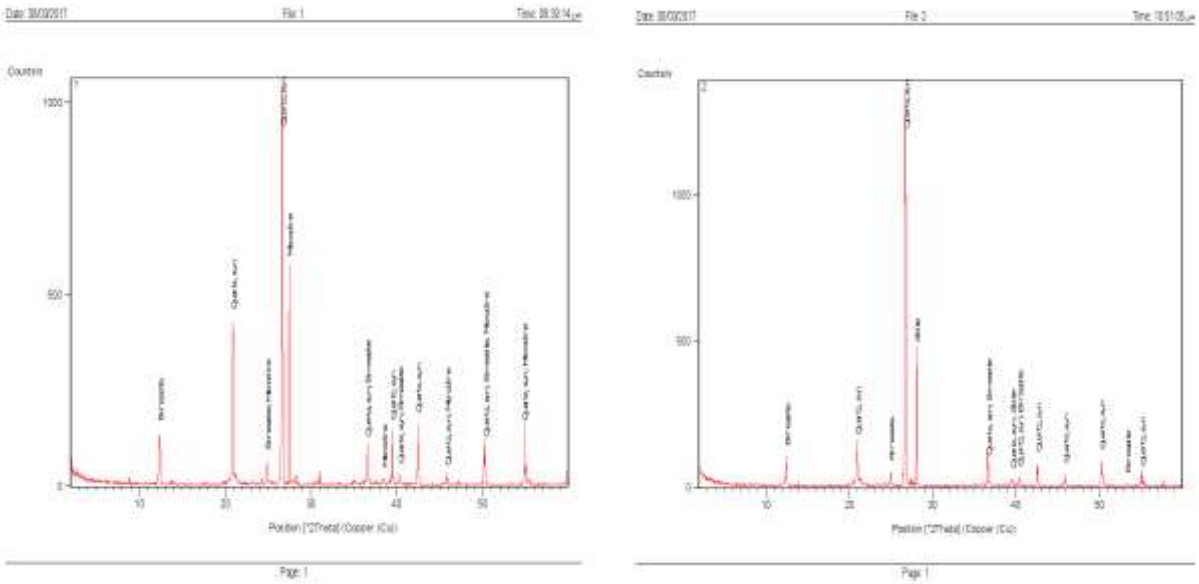
عينة حجر رملي قوي توضح العناصر المكونة لها وأوضحت النتائج وجود معدن التيتانيوم بنسبة عالية جدا

وقد أوضحت النتائج وجود معدن التيتانيوم بنسبة عالية جدا وهذا ناتج من تأثير الخاصية الشعرية والمتمثلة في نقل المعادن من التربة إلي الحجر وهذا يتضح من وجوده في كلا من العينتين.

5-5التحليل بواسطة حيود الأشعة السينية: X-ray Diffraction Analysis

إن استخدام الأشعة السينية في مجال تحليل الآثار من الطرق البالغة الأهمية في التعرف علي المركبات التي يتكون منها الأثر وما يتواجد علي سطحه من مظاهر التلف .

تم عمل تحليل لعينتين حجر رملي بواسطة حيود الأشعة السينية.



عينة حجر رملي ضعيف بحيود الأشعة السيني عينة حجر رملي قوي بحيود الأشعة السينية

أوضحت النتائج وجود الكوارتز بنسبة عالية وهذا يدل علي الحجر الرملي الكوارتزيت.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ADVANCED STUDIES IN WORLD ARCHAEOLOGY
ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.

6-التربة أسفل التمثال:

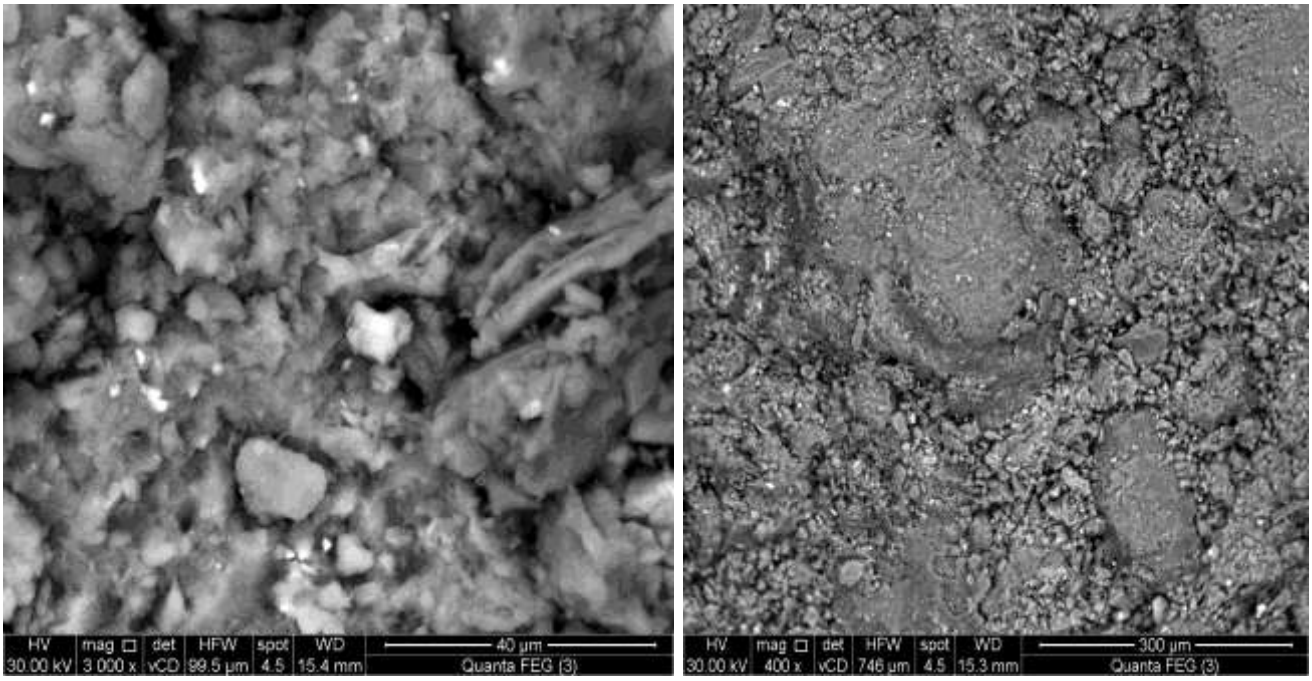
6-1تقدير الرقم الهيدروجيني: أظهرت نتائج عينة التربة أن الpH =**7.4.**

6-2التحليل الكيميائي لعينة التربة: تم إجراء الاختبارات المعملية اللازمة علي العينات وذلك طبقا للمواصفات **المصرية .**

النسبة المئوية لمحتوي الكلوريد الأيوني بالوزن: (0.2017).

النسبة المئوية لمحتوي الكبريتات بالوزن : (0.0703).

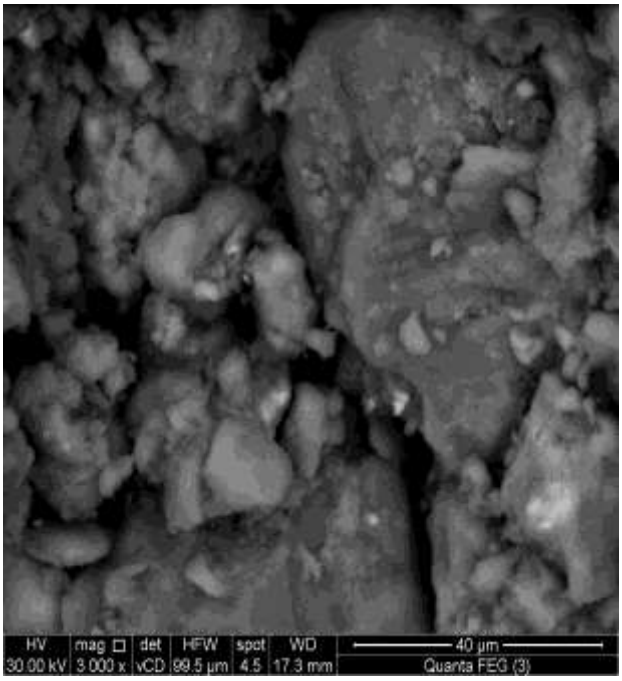
6-3فحص عينة من التربة أسفل التمثال بالميكروسكوب الالكتروني الماسح :

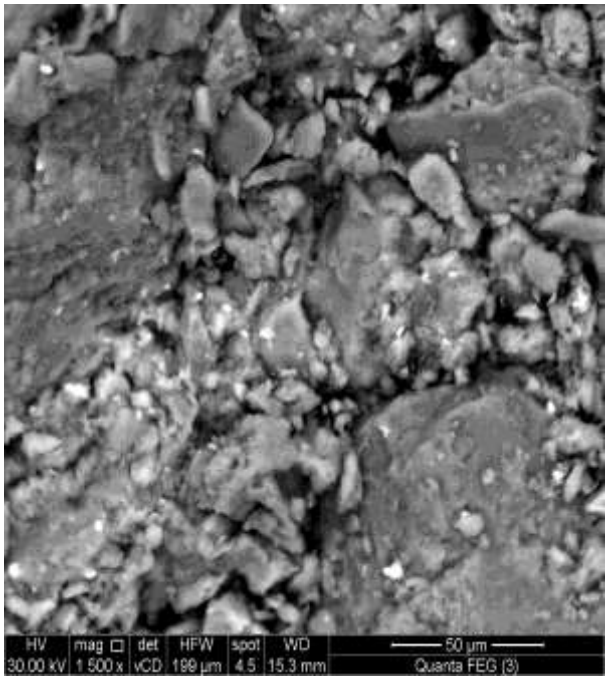


عينة تربة أسفل الميكروسكوب الإلكتروني الماسح بقوة تكبير400و3000

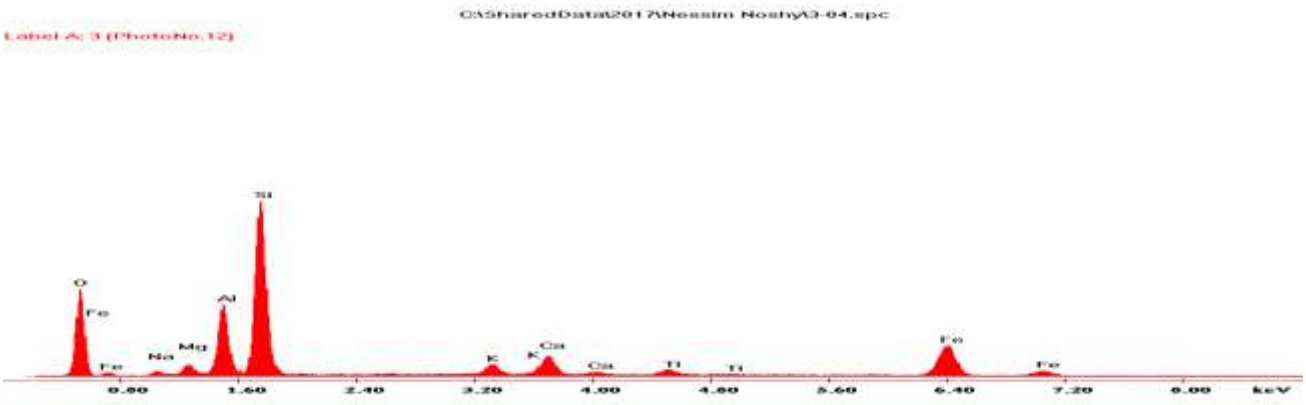
ويتضح انها تربة طينية ويوجد بها نسبة من الرمل وكسر الحجر ووجود المسامات بين حبيباتها

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ADVANCED STUDIES IN WORLD ARCHAEOLOGY
ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.





عينة تربة أسفل الميكروسكوب الإلكتروني الماسح بقوة تكبير1500و3000 وتظهر بها كثرة الشوائب وقلة المسام إلي حد ما وتظهرالفراغات بشكل واضح والشوائب مما يدل علي إنها تربة ضعيفة .



عينة تربة أسفل التمثال توضح العناصر المكونة لها ويتضح بها وجود السليكا بنسبة عالية جدا والألومونيوم بنسبة عالية وأكسيد الحديد والصوديوم والمغنسيوم والبوتاسيوم.

7- الاختبارات المعملية المستخدمة في علاج وصيانة تماثيل أبو الهول:

7-1إستخدام برالويدB44: أساس هذا المركب هو بوليمر مكون من Methyl Methacrylate تم إحضاره في صورة حبيبات كريستال كما هو واضح في الصورة وتم إذابته في الاسيتون بتركيز 3% ليصبح في شكل محلول ثم تم تطبيقه علي العينات بواسطة

ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.

ثلاث طرق وهي :1-الدهان بالفرشاة 2- الرش 3- الحقن وقد طبقت جميع المواد علي العينات بنفس الثلاث طرق.

7-2استخدام مادة Estel 1000: هي أحد منتجات Estel(Estel1100,Estel1000&Bio Estel) والتي تكون مناسبة لمعالجة الأحجار والمواد الطبيعية وغيرها ومن أهم مميزات Estelما يلي:

تسمح بنفاذ بخار الماء بصورة ممتازة مما يسمح بتنفس الأحجار التي يتم علاجها ،غياب التغيرات اللونية وعدم تكون قشرة أو فيلم علي الأسطح بعد العلاج ،تتحد مع مواد البناء السليكاتية بصورة جيدة ومادة Estel 1000 هي عبارة عن مركب جاهز للاستخدام مباشرة يرتكز في تكوينه علي سليكات الإيثيل الذائبة علي صورة محلول في الكحول الأبيض D40 ،وهي مناسبة لتقوية الأحجار السيليكاتية الضعيفة والطوب والشيد.

7-3مادة Klucel G:

Klucel G هو إستر السليلوز غير الأيوني. إنه يتميز بمزيج رائع من الخصائص التي تجعلها مثيرة للاهتمام للغاية في الترميم لاستخدامها كمقويات قابلة للذوبان في الماء أقل من 38 درجة مئوية ، وغير قابل للذوبان في الماء أعلى من 40 درجة مئوية. كما أنه قابل للذوبان في العديد من المذيبات العضوية القطبية ، بما في ذلك الكحول الميثيلي ، الكحول الإيثيلي ، وكحول الأيزوبروبيل (95 ٪). وهو غير قابل للذوبان في التولوين والزيلين. Klucel G نشط للغاية على السطح ، ومرن جدا بدون الملدنات في الأفلام والطلاء. بمجرد التحضير يتمتع Klucel G بلزوجة متوسطة (محلول 2٪: 150-400 MPAS) ودرجة الحموضة (محلول 1٪) من 5.0-8.5. **4.**

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ADVANCED STUDIES IN WORLD ARCHAEOLOGY
ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.

4-7مادة (Wacker Bs OH 100) :

وهذه المادة من مركبات (Wacker Silicones) وهي مادة تتركب بشكل أساسي من تترا إيثوكسي سيلان Si(OC2H5)4 Tetra Ethoxy Silane والمادة الفعالة بها هي سيليكات الإيثيل ،وهي جاهزة للاستخدام مباشرة ،وتستخدم لعمليات تقوية الأسطح الصخرية ومواد البناء الأثرية ومن أهم مميزاتها سهولة التطبيق ،ذات وزن جزيئي منخفض مما يسمح بسهولة التغلغل داخل الأسطح التي يتم علاجها ،وبعد ذلك تتحد مع تلك الأسطح مكونة قوة ربط كبيرة بين الحبيبات وبعضها البعض وهي مادة مقاومة لعوامل التلف الطبيعية بشكل كبير وتتميز بدرجة عالية من الثبات ضد أشعة الشمس وخاصة الأشعة فوق البنفسجية ،ولا تؤدي إلي حدوث تبقع أو تغير لون الأسطح المعالجة ولا تؤدي إلي إغلاق مسام تلك الأسطح وبالتالي تسمح بنفاذ بخار الماء، كما تسمح أيضا بإجراء عمليات التنظيف واستخلاص الأملاح من علي الأسطح الحجرية بعد تطبيق المعالجة .

5-7 Baraloid B72:

B-72عبارة عن راتنجات أكريليك متينة وغير صفراء ، والتي يمكن وصفها كيميائيًا على أنها بوليمر مشترك من إيثيل ميثاكريلات. وهو قابل للذوبان في الأسيتون والإيثانول والتولوين والزيلين ، من بين المذيبات الأخرى ومخاليط المذيبات. واحدة من المزايا الرئيسية لـ B-72 كمقوي هو أنها أقوى وأصعب من أسيتات البولي فينيل دون أن تكون هشة للغاية. هذه المادة اللاصقة أكثر مرونة من العديد من المواد اللاصقة الأخرى التي تستخدم عادة وتتحمل المزيد من التوتر والضغط على الوصلة أكثر من غيرها. ترتبط العيوب الرئيسية لاستخدام B-72 بخصائص المناولة: كما هو الحال في راتنجات الأكريليك الأخرى ، يصعب تطبيقها كمادة لاصقة والتلاعب بدقة.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ADVANCED STUDIES IN WORLD ARCHAEOLOGY
ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.

8-النتائج والمناقشات:

8-1نتائج الدراسة التحليلية:

- تبين من خلال الفحص بالميكروسكوب المستقطب لعينات الحجر الرملي المنحوت منه التمثال موضوع الدراسة،أن حبيبات الكوارتز ترتبط مع بعضها البعض بواسطة أكاسيد الحديد ذات اللون الداكن ،وظهر أيضا من الفحص أن الحبيبات تتدرج من الحبيبات الدقيقة إلي الحبيبات المتوسطة الخشونة،والتي تصنف معظمها علي أنها حواف شبه حادة إلي حادة،كما أتضح من الفحص تعرض حبيبات الكوارتز إلي التشوه الميكانيكي ،والمتمثل في بعض التشققات الدقيقة والتي تعبر عن الإجهادات التي يتعرض لها الحجر.كما يلاحظ أيضا هجرة أكاسيد الحديد وترسيبها علي أسطح الحبيبات في أماكن متفرقة.

- اتضح من خلال الفحص باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح لعينات الحجر الرملي المنحوت منه التمثال موضوع الدراسة، أنها تتكون بشكل أساسي من حبيبات معدن الكوارتز،والتي ترتبط مع بعضها بواسطة طبقات رقيقة من أكاسيد الحديد، كما أتضح من الفحص وجود تأكل شديد في أسطح الحبيبات فضلاً عن تفككها وانفصالها عن بعضها البعض،بالإضافة إلي وجود بعض الحفر والفجوات والشروخ والتشققات الدقيقة،وكذلك نزح المادة الرابطة وتبلور الأملاح وتواجدها بدلاً منها مما أدي إلي خلخلة وانفصال الحبيبات عن بعضها البعض.

- أتضح من خلال الدراسة بطريقة حيود الأشعة السينية لعينات الحجر الرملي المنحوت منه التمثال أنها تتكون بشكل أساسي من حبيبات معدن الكوارتز،بالإضافة إلي نسب صغيرة من أكاسيد الحديد ،والتي تبين أنها تتكون من معدني الجوثيت FeO(OH) Goethiteوالهيماتيت Hematite Fe2O3 ،وأنها تتكون بشكل أساسى من ملح الهالايت Halite NaCL.

- جاءت نتائج التحليل بإستخدام EDX،مؤكدة نتائج التحليل بإستخدام حيود الأشعة السينية، حيث أتضح من خلال هذا التحليل احتواء العينات من الحجر الرملي علي عناصر السيلكون ، الأكسجين، الحديد، الكربون،الكلور، الكالسيوم، الألومنيوم،الماغنسيوم والصوديوم.

ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.

8-2نتائج الاختبارات المعملية:

لقد أعتمد المنهج العلمي المتبع في هذه الدراسة علي تقييم مواد التقوية المستخدمة في العلاج ،بحيث يمكن في النهاية من خلال دراسة نتائج هذه المواد، التعرف علي أفضل وأنسب المواد المستخدمة في تقوية الحجر الرملي المنحوت منه التمثال موضوع الدراسة.ومن خلال إجراء الاختبارات الفيزيوكيميائية والميكانيكية ،وأيضاً اختبارات التجوية الصناعية علي العينات المعالجة بالمواد Klucel **G** ، Paraloid B-72 ، (Wacker Bs OH 100)، Paraloid B-44، Estel1000 ،تم التوصل إلي النتائج التالية :

*نجاح معظم مواد التقوية وعلي رأسها مادة الفاكر OH 100 ،في التغلغل داخل مسام العينات الحجرية ، ويرجع ذلك إلي ما تتميز به المركبات السليكونية من درجة لزوجة منخفضة جداً ،مما يمكنها من التغلغل الجيد والعميق داخل العينات الحجرية الرملية ،وبالتالي يمكن من خلال هذه المركبات التغلب علي عائق من أهم العوائق التي تصاحب مواد التقوية الأخرى ، والمتمثلة في حدوث تقوية للطبقة السطحية فقط دون عمق الحجر، الأمر الذي قد يتسبب فيما بعد بسقوط هذه الطبقة السطحية ، نتيجة اختلاف خصائصها عن خصائص عمق الحجر.

*إمكانية تطبيق مواد التقوية في صورة طبقات متتالية ، حيث تتميز مركبات السليكون بطول الفترة اللازمة لإتمام عملية النضج، مما يسمح بتطبيق أكثر من طبقة تقوية ، دون أي إعاقة لتغلغل الطبقات الأخيرة .

*نجاح كل مادة الفاكر OH 100،Paraloid B-44 في الحفاظ علي المظهر العام للأحجار الرملية المعالجة بها ، وعدم التأثير علي لون السطح المعالج ، وهو ما يحقق شرط من أهم الشروط الواجب توافرها في مواد التقوية.

*تتميز مادة الفاكر OH 100، بقدرتها العالية علي تقوية الأحجار المعالجة بها ، إلا أنها تعتبر من المواد غير الطاردة للماء ، وربما يرجع السبب في ذلك إلي عدم احتوائها علي مجموعات الألكيل والتي تضفي علي البوليمر خصائص مانعة وطاردة للماء ، وذلك نظرا لما تتمتع به هذه المجموعات من خصائص عضوية غير قطبية ، تجعلها غير جاذبة للماء .

*أدت مواد التقوية إلي زيادة كثافة العينات المعالجة ،وحققت مادة الفاكر OH 100 ،أعلى قيم ارتفاع في الكثافة ، تلاها في ذلك مادةParaloid B-44 .

ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.

*أدت مادة الفاكر OH 100، إلي انخفاض نسبة مسامية العينات وامتصاصها للماء ،بالرغم من كونها من المواد غير الطاردة للماء ، ويحدث ذلك نتيجة ترسيب البوليمر بين مسام الحجر ،مما يؤدي إلي غلق المسام وتقليل نسبة المسامية.

*حققت مادة الفاكر OH 100 ، أعلي القيم في تحسين مقاومة العينات المعالجة للضغوط الميكانيكية *نجحت معظم مواد التقوية في تقليل معدلات التأثر بالتجوية بالتسخين الرطب والجاف ، وأيضا التجوية الملحية والحمضية ، وذلك بالمقارنة بالأحجارغير المعالجة والتي تسببت دورات التجوية في إذابة وهجرة أكاسيد الحديد إلي أسطحها الخارجية بشكل مشوه للغاية .

*نجحت معظم مواد التقوية بعد دورات التجوية في الحفاظ علي قدرة العينات المعالجة علي مقاومة الضغوط الميكانيكية،وإن قلت بنسبة بسيطة عما كانت عليه قبل دورات التجوية ، وقد جاءت مادة الفاكر OH 100 ،في المرتبة الأولي.

*تم عمل قواعد خرسانية جديدة أسفل التمثال لحمايته من تأثير المياه الجوفية حيث تم حفرالقاعدة أسفل التمثال علي عمق خوالي 50سم وذلك لإزالة التربة الرديم والمشبعة بالمياه الجوفية والأملاح وإحلالها بقاعدة خرسانية جديدة مكونة من أسمنت ورمل وعزلها بالبيتومين ثم وضع الخيش المقطرن لزيادة حماية العزل وذلك بواسطة مشروع ترميم طريق الكباش بواسطة القوات المسلحة وهذا يتضح من خلال الصورالاتية :

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ADVANCED STUDIES IN WORLD ARCHAEOLOGY
ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.

صورتوضح إزالة التربة الأثرية القديمة المشبعة بالمياه وإحلال التربة الخرسانية الجديدة المكونة من الأسمنت والرمل المعالج (بمشاركة الباحث) مشروع القوات المسلحة لترميم طريق الكباش.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
ADVANCED STUDIES IN WORLD ARCHAEOLOGY
ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.

صور توضح خطوات عمل القاعدة الخرسانية الجديدة أسفل التمثال وعزلها بالبيتومين والخيش المقطرن (بمشاركة الباحث)

*وإكمالا لهذا المشروع أوصي بالعمل علي حماية التمثال من التأثيرات الفيزيوكيميائية لمياه الأمطار وأشعة الشمس المباشرة،ويتم ذلك عن طريق عمل نظام تغطية مناسب،يتوافق وينسجم مع طبيعة التمثال والموقع الأثري من حيث الشكل والحجم واللون.وتتمثل في عمل مظلة مناسبة لعرض التمثال، والتي تتكون من بعض التراكيب والشدادات المعدنية غير القابلة للصدأ،سهلة الفك والتركيب،حيث يتم تركيبها وتجميعها مع بعضها البعض بواسطة مجموعة من المسامير المعدنية،لتكون في النهاية الهيكل الخارجي للمظلة بالأبعاد المطلوبة، ويتم بعد ذلك دهان هذا الهيكل بلون مناسب بحيث ينسجم مع شكل التمثال والموقع الأثري، علي أن يغطي هذا الهيكل أو التركيب المعدني المكون للمظلة باستخدام ألواح من البلاستيك ذو اللون الفاتح للعمل علي انعكاس أشعة الشمس.

9-المراجع

1)Richard John Huggett , Fundamentals of Geomorphology, second edition, Routled Taylorand Francis group ,London and Newyork, 2007,p154.

(2)عبد الاله رزوقي كربل ، علم الاشكال الارضية ، الدار النموذجية للطباعة والنشر،صيدا(لبنان)، ، ص 23 .

(3)منصور بريك رضوان ،"طريق الآلهة بين معابد الكرنك والأقصر"، 2012 ص. 25 .

(4)سيد توفيق " تاريخ العمارة فى مصر القديمة "، دار النهضة العربية ، القاهرة ، 1990 ، ص 112:113.

ISSN: 2785-9606 VOLUME 5, ISSUE 1, 2022, 157 – 178.

5)Winkler , E.M., problems in the deterioration of stone in conservation of historic stone building and monuments , report of the committee on conservation of historic stone building and monuments , national academy press, Washington , 1982, P. 108 .

6) F. J. Monkhouse and John smallm, Dictionary of the Natural Environment, Edward Arnold (publishers), Britain, 1976, p314.

(7)السيد البنا، مقدمة في علاج وصيانة الأحجار الآثرية ، قسم الترميم، كلية الاثار، جامعة القاهرة ،2001، ص6:8.

(8)حاتم جميل محمود قناوى ، الترميم المعمارى والدقيق للأسوار الحجرية تطبيقا على سور مجموعة الهرم المدرج بسقارة ،ص37.

(9)ضاحى شعبان حسن ، دراسة علاج وصيانة المقابر المحفورة فى الجبل تطبيقا على بعض مقابر الحواويش والسلامونى بمنطقة سوهاج، 2000 ،ص152.

10)Willioms ,P.J, the surface of the earth, London , 1982, P.25 .

11)Foster, R.J., Geology , London , 1985, P.35 .

12) Scott Ryan , Cliffs Quick Review Earth Science , Weley publishing , 2006 , p39.

13) Thompson and Turk , Introducthon to Physical Geology , Saunders Golden Sunburst
Series , p96.

14)محمد يوسف حسن واخرون،اساسيات علم الجيولوجيا ،مركز الكتب الاردني، عمان،1990،ص2010.