INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE
AND CULTURAL HERITAGE

ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/

Evaluating the efficiency of nanomaterials in the Consolidation of the internal structure of the Diorite Monuments applied on the statues of Sekhmet – Mut Temple – Luxor – Egypt

تقييم كفاءة المواد النانوية في تدعيم الهيكل الداخلي لآثار الديوريت المطبقة علي تماثيل سخمت – معبد موت – الأقصر – مصر

أ.د/ بدوي محمد اسماعيل أستاذ ترميم الأثار والحفاظ علي التراث وعميد كلية الأثار – جامعة الأقصر

أ.د/ نبيل أحمد عبد التواب أستاذ ورئيس قسم علاج وصيانة الأثار- كلية الأثار – جامعة الزقازيق

أ.م/ كارم محمد مبارك أستاذ الجيولوجيا المساعد -كلية العلوم – جامعة جنوب الوادي

الباحثة/ فاطمة عبدالرحيم أحمد شعلان- ماجستير في ترميم وصيانة الأثار –كلية الأثار- جامعة جنوب الوادي

Abstract

Diorite is a large-grained igneous rock with a black hue that consists primarily of plagioclase and hornblende, as well as biotite. "Wadi Umm Shegilet, Wadi Umm Balad, Wadi Umm Barud, Wadi Fatiri El – Bayda" are the most important quarries utilised in ancient Egypt, as I indicated. The diorite stone was utilised in the Karnak Temple's Queen Hatshepsut's palace and the Temple of Mutt's goddess Sekhmet's sculptures. King Amenhotep III of the Eighteenth Dynasty built this temple (1375 - 1411 BC).

These Karnak temples are connected by Avenue of Sphinxes or The King's Festivities Road, which is flanked on both sides by Sphinx statues and runs from south to north between Karnak and Luxor temples, covering a distance of 3 kilometres and is the most damaged. A mystical lake in the shape of a horse exists.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE
AND CULTURAL HERITAGE
ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/

Plagioclase minerals undergo numerous changes as a result of various weathering processes, particularly in the presence of water and carbon dioxide, as feldspar, hornblende, and mica can transform into clay minerals, which then undergo dissolution and replacement processes, resulting in the presence of gaps of various sizes within the mineral composition of the stone. Feldspar transforms into kaolinite or sericite as it ages. Hornblende minerals shift to chlorite and occasionally to biotite, thus biotite transforms to chlorite, and chlorite gradually replaces biotite until biotite is totally replaced, at which point the biotite mineral can change to clay minerals.

Diorite monuments are subjected to a variety of factors and manifestations of damage, particularly on the Sekhmet statues in the Temple of Mut, as a result of the difference in temperatures between day and night, which causes thermal expansion to reach 40 degrees or more, especially in southern Upper Egypt. This causes the surface layer and subsequent layers to mechanically peel away, causing the layer to divide into crusts. Because the many minerals that make up diorite rock can produce granular disintegration, it is known that it is black in colour and acts to absorb heat more effectively.

Because of the vicinity to the sacred lake and the occasional rise and fall of the water level, the Diorite sculptures of Sekhmet in the Temple of Mut suffer from a source of moisture known as "ground water," and the ground water level under the Temple of Mut is less than 3 metres. The capillary feature caused the outside sections of the sculptures to fracture and deteriorate.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE
AND CULTURAL HERITAGE
ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/

The presence of birds and insects in archaeological areas has a number of negative effects on archaeological stones, as evidenced by the processes of erosion and erosion that affect the surfaces of diorite stones in statues, which were weakened by factors that twisted through their nails and beaks in order to extract the salts and minerals they use in their food, and one of the most important types of birds spreads through the archaeological sites. Pigeons and birds, as well as bats, frequent the Temple of Mutt in Luxor owing to its closeness to agricultural regions. These creatures are dangerous because their droppings and nests alter the surfaces of diorite engravings. These wastes become acids when exposed to moisture. Bat droppings can stain stones, leaving dark brown patches on the surfaces that are difficult to remove.

Optical or optical microscopy, polarising microscopy (PM), scanning electron microscope (SEM), scanning electron microscope with unit (EDX), and X-ray diffraction (XRD) analyses were used to examine and evaluate samples of Diorite sculptures of the goddess Sekhmet in the Temple of Mutt. There are two stiffeners (Lime Nano and Core-Shell Nano).

The diorite samples were petrographically examined and found to include plagioclase, hornblende, and biotite as basic minerals and iron oxides as a secondary mineral. Plagioclase decomposes to cercite and kaolinite in variable degrees, hornblende mineral decomposes to light green chlorite and iron oxides, and biotite decomposes to chlorite and iron oxides.

ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/

The presence of some fine cracks resulting from the exposure of the trace to various damage factors, which led to the weakness of the stone's structure and loss of bonding strength, as well as the separation of large parts of the surface in the form of granular fragmentation on the surface of the archaeological samples and the separation of the grains from the archaeological surface, was discovered through the examination of the archaeological samples, as well as the presence of granular fragmentation on the surface of the archaeological samples and the separation of the grains from the archaeological.

The samples were exposed to damage and contained many elements indicating this, such as sulphur, calcium, sodium, and carbon, which explains the presence of salt blooms of nitrate and sulphate salts on the impact surface, as well as the presence of sodium chloride, one of the well-known salts found on the surface of archaeological stones.

The diorite sample from the goddess Sekhmet's statue was analysed using X-ray diffraction to reveal that it contains the fundamental minerals that make up diorite stone, such as anorthite, hornblende, and biotite, as well as quartz. The presence of halite in the sample is also evident from the analysis.

Conducting physical and mechanical tests on the treated samples revealed that the Core-Shell Nano material had the highest density and increased the treated samples' resistance to mechanical stresses, followed by the Lime Nano material, which had the highest density and increased the treated samples' resistance to mechanical stresses.

The capacity of the nano-core-shell material to penetrate and spread well with a dense and very homogenous layer, as well as the ability of Lime Nano material to spread with a very dense layer, was obvious through inspection of the treated samples using a scanning electron microscope.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE
AND CULTURAL HERITAGE
ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/

After conducting physical and mechanical testing on the treated diorite samples following acid ageing, Lime Nano was able to retain the treated samples' capacity to withstand mechanical strains after acidic weathering cycles.

The Core-Shell nano material showed the effect of acid weathering through the gaps and voids, and it was clear that Lime Nano was stable to a large extent after being subjected to cycles of acid weathering, according to a scanning electron microscope examination of the treated samples after exposure to acid weathering.

الكلمات الدالة:- الديوريت، الأملاح، نانو جير، نانو كور-شل.

1- المقدمة : Introduction

الديوريت عبارة عن صخر ناري جوفي ولونه رمادى يميل إلى الأسود يتميز بقوته وصلابته ومقاومته للاحتكاك(و.د.هاملتون وآخرون ،1961) وأهم المحاجرالتي استخدمت من قبل المصري القديم : (Wadi Umm Shegilet , Wadi Umm Balad ,Wadi Umm Barud,Wadi Fatiri El – Bayda) (Heldal,T., Others .,2007)

ان طرق تحجيرالأحجار الصلدة تم ممارستها بنجاح في عصور ما قبل الأسرات وتم استعمال كتل الصخر الساقطة أو التي يمكن فصلها بسهولة(الفريد لوكاس،1991)، وتتعرض الاثار الديوريتية للعديد من عوامل ومظاهر التلف المختلفة وخاصة علي تماثيل سخمت بمعبد موت وذلك نتيجة لأختلاف درجات الحرارة ليلا ونهارا مما يتسبب ذلك في حدوث تمدد حراري وخاصة في جنوب الصعيد قد تصل الي 40 درجة أو أكثر وبتكرار عمليات التسخين والتبريد قد يعرضها لعمليات التمدد والانكماش مما يؤدى ذلك الي حدوث تقشرميكانيكي للطبقة السطحية والطبقات التي تليها مما يتسبب ذلك لأنفصال هذه الطبقة في صورة قشور (الشكل رقم أ) من المعروف أن صخر الديوريت داكن اللون فيعمل علي امتصاص الحرارة بشكل أكبر فاختلاف المعادن المكونة للصخر قد تتسبب في حدوث تفكك حبيبي (Joanna,M,others.,1982) تعاني التماثيل الديوريتية في معبد موت من مصدر الرطوبة (المياه الارضيه) نتيجة لقرب البحيرة المقدسة أدي ذلك لارتفاع منسوب المياه وانخفاضها بشكل متقطع(Bader,N,others.,2015) كما ان مستوي المياه الأرضية اقل من 3 أمتار(M.A.Atya,others.,2012) وبذلك لها تأثير علي التماثيل الديوريتية فوق وتحت الأرض،

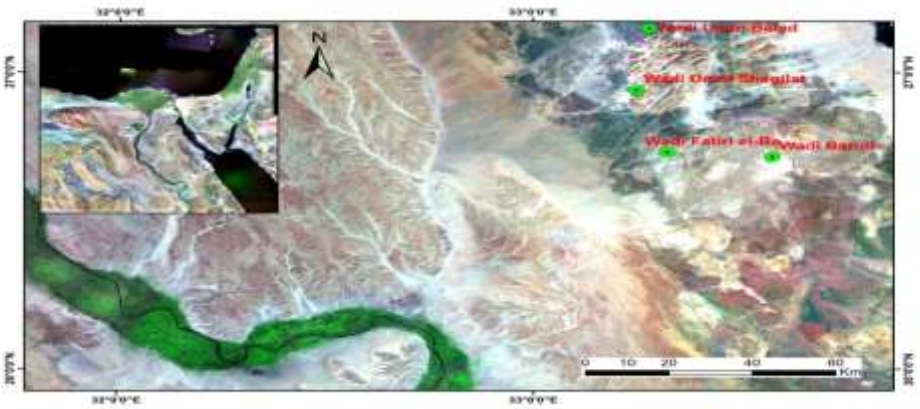
INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE
AND CULTURAL HERITAGE
ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/

وتغلغل المياه الأرضية المالحة داخل التماثيل من خلال الخاصية الشعرية فيعمل على حدوث تشقق وانفصال للأجزاء الخارجة من التماثيل (Ismail,B and El – Habaak,G.,1996) وبفعل الرطوبة الموجودة بالموقع المحيط بمعبد موت المعبودة سخمت قد يؤدى ذلك على تثبيت هذه الاتساخات علي التماثيل الديوريتية مما ينتج عن ذلك حدوث تشوه به (الشكل ب) وتعرضت هذه التماثيل ايضا للرياح الشديدة التي تحملها الحبيبات الرملية مما أدي ذلك الي حدوث تاكل لهذه التماثيل (Lal,B.B.,1985).

تعاني الاثار الديوريتية خاصا تماثيل المعبودة سخمت بمعبد موت من وجود تزهر الاملاح علي السطح(الشكل ت) نتيجة المياه الارضيه التي تعمل علي تبخرها عند الكشف عنها مما يجعلها تفقد المياه وتمتص تتدريجيا فيؤدي ذلك الى حدوث العديد من التغيرات مثل الشقوق و زيادة المسامية وفقدان الترابط بين الحبيبات (Alves, C, et al 1996) وايضا تعاني الأثار الديوريتية في معبد موت من نمو النباتات (الشكل ح) لقربها من التماثيل وداخل الشقوق والفواصل مما يودي علي توسيعها ويجعلها دائما في حالة رطبة .

قد ذكر "Ismail and El – Habaak 1996" أن استخدام مادة البارالويد B72 الذائب في الطولوين المخفف بنسبة 5% أعطى نتيجة جيدة فى تقوية الآثار الديوريتية ، كما ذكر

"Abd El – Tawab 2010" أن استخدام مادة البارالويد B66 المخفف في الأسيتون بنسبة 5% من أفضل المواد التى استخدمت فى تقوية البنية الداخلية لأحجار الديوريت .



صورة رقم (1) توضح خريطة لاهم محاجر الديوريت.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE
AND CULTURAL HERITAGE

ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/

أ	ب	ت
صورة رقم (2) توضح تراكم الأتربة ووجود تقشر ميكانيكي علي التمثال.	صورة رقم (3)توضح تاكل التمثال مما ادى إلى تشوه.	صورة رقم (4)توضح تزهر الأملاح علي سطح التمثال.
ث	ج	ح
صورة رقم (5) توضح وجود تغير لونى بالتمثال.	صورة رقم (6)توضح وجود فقد في بعض أجزاء من التمثال.	صورةرقم(7)توضح نموالنباتات بالقرب وداخل فواصل التمثال.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE
AND CULTURAL HERITAGE
ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/

2 - المواد والطرق Materials and methods

1/2 المواد Materials

تمت الدراسة التجريبية علي مادتين من مواد التقوية المعروفة ومدي تأثير هذه المواد علي مادة الأثر وتحسين خواصها الفيزيائية والميكانيكية وذلك لاستخدامها في ترميم وصيانة التماثيل الديوريتية،وقد تمت الدراسة علي مادتين للتقويةهما:- مادة Nano Lime وهي عبارة عن خليط من Nano Lime في الكحول الايثيلي، بتركيز 1% وزن /جم، مادة Nano Core-shellوهي عبارة عن خليط من Nano Core – Shell في الكحول الايثيلي، بتركيز 1% وزن / جم.

2-2 تقييم الخواص الفيزيائية والميكانيكية لاحجار الديوريت الغير معالجة:-

جدول (1) يوضح متوسط قيم الخواص الفيزيائية والميكانيكية لاحجار الديوريت الغير معالجة.

الكثافة جم /سم^3	المسامية %	امتصاص الماء	مقاومة الضغط
2.59	0.78	0.28	589.17

3-2 اختبارات التجوية الصناعية Artificial Ageing

فقد تم تعريض العينات المعالجة وغير المعالجة الي دورات من التجوية، وقد تم ذلك من خلال تعريض العينات الي عشرين دورة من التجوية الحمضية(حمض كبريتيك المخفف بنسبة 5%) وقد تمت الدراسة كالأتي : تجفيف العينات في فرن التجفيف لمدة 24 ساعة عند درجة حرارة 105 م ، ثم تسجيل أوزانها، وتم غمر العينات في محلول حمض كبريتيك بنسبة تركيز 5 % لمدة 4 ساعات، وتم تجفيف العينات في فرن تجفيف عند درجة حرارة 105 م لمدة 18 ساعة، ترك العينات في درجة حرارة الغرفة لمدة ساعتين، وتكرار هذه العملية 20 دورة .

3- تقنيات الفحوص والتحاليل المستخدمة في الدراسة التجريبية

3 -1 الميكروسكوب المستقطب Polarizing Microscopy (PM)

تم فحص العينات من التماثيل الديوريتية للمعبودة سخمت باستخدام الميكروسكوب المستقطب اوليمبس موديل (PX51m) المزود بكاميرا رقمية لايكا موديل (DFC320)خاصة للتصوير تحت الضوء المستقطب في اتجاهين متعامدين(XPL) وتحت الضوء المستقطب مستوى(PPL) وقوة تكبير(X) في جامعة جنوب الوادي- كليةعلوم- قسم الجيولوجيا - وهذه القطاعات ممثلة لأجزاء مختلفة من تماثيل سخمت.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE
AND CULTURAL HERITAGE
ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/

2-3 الميكروسكوب الالكتروني الماسح Scanning Electron Microscope (SEM)

استخدم الميكروسكوب الالكتروني الماسح SEM موديل (Jol 2000, Japan) فى فحص عينات من التماثيل الديوريتية للمعبودة سخمت، وتم استخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح للعينات المعالجة وللعينات المعالجة بعد تعريضها للتجوية الصناعية.

3-3 التحليل بحيود الأشعة السينية X – Ray Diffraction (X R D)

من خلال استخدام جهاز التحليل بحيود الاشعة السينية X-ray diffraction (X R D), D8 Disrveny, advance, Bruker rmpany, radiation of measurement was 40KV- and 40Am(1600)w at speeds can 0.015 and 2the ta range from 20 to 80 لعينة اثرية من الديوريت لتمثال سخمت المتواجد بمعبد موت.

4- النتائج

1-4 اختبارات الخواص الفيزيائية والميكانيكية للأحجار المعالجة

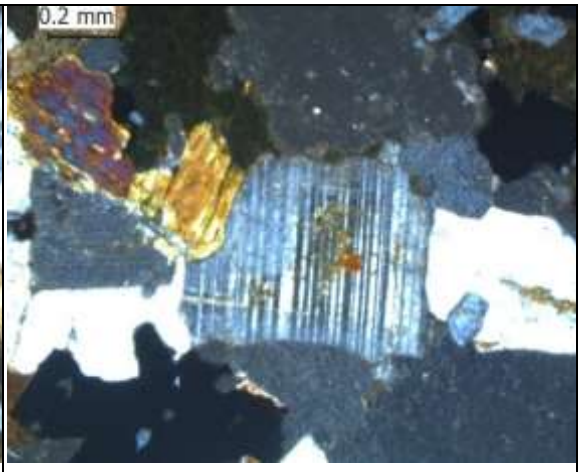
جدول رقم (2) يوضح الخواص الفيزيائية والميكانيكية للأحجار المعالجة ولأحجار الديوريت المعالجة بعد التقادم الحمضي.

اختبارات الخواص الفيزيائية والميكانيكية للأحجار المعالجة					
مواد التقوية	الرمز	الكثافة	المسامية	امتصاص الماء	مقاومة الضغط
Core-Shell	A	2.75	0.54	0.17	1382.29
Lime	E	2.69	0.56	0.19	1246.32
اختبارات الخواص الفيزيائية لعينات حجر الديوريت المعالجة بعد التقادم الحمضي					
Core-Shell	A	2.66	3.33	1.21	600.50
Lime	E	2.68	2.96	1.10	1246.32

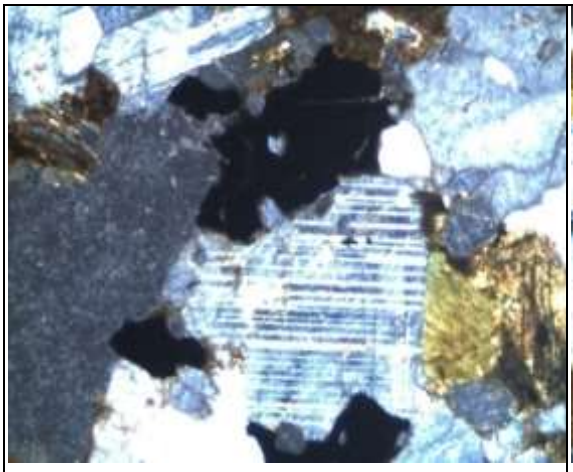
INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE
AND CULTURAL HERITAGE
ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/

2-4 الميكروسكوب المستقطب Polarizing Microscopy (PM)

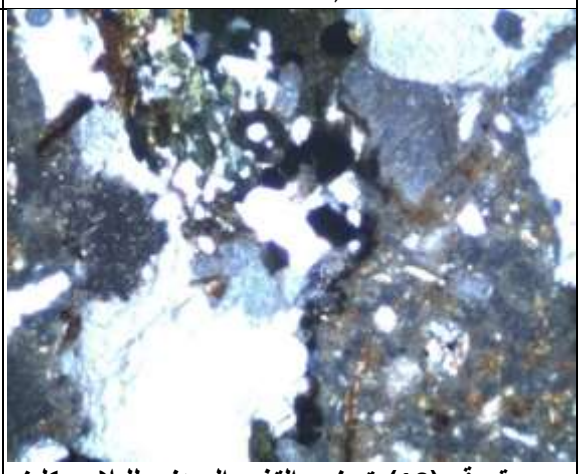
من خلال الفحص البتروجرافي للعينات الديوريتية تتكون جميعا من معادن البلاجيوكليز والهورنبلند والبيوتيت كمعادن أساسية وأكاسيد الحديد كمعدن ثانوي، وصنفت العينات علي أنه حجر ناري كامل التبلور وذات نسيج خشن الحبيبات، كما يظهر من الفحص أن معادن البلاجيوكليز توجد علي هيئة بلورات منشورية معتمة غالبا لوجود التوأميه الصفائحية ويتعرض البلاجيوكليز الي درجات متفاوته في التحلل الي سرسيت وكاولينيت، يتحلل معدن الهورنبلند جزئيا الي الكلوريت الأخضر الباهت و أكاسيد الحديد، أما البيوتيت غالبا بيتحلل الي كلوريت و أكاسيد الحديد .



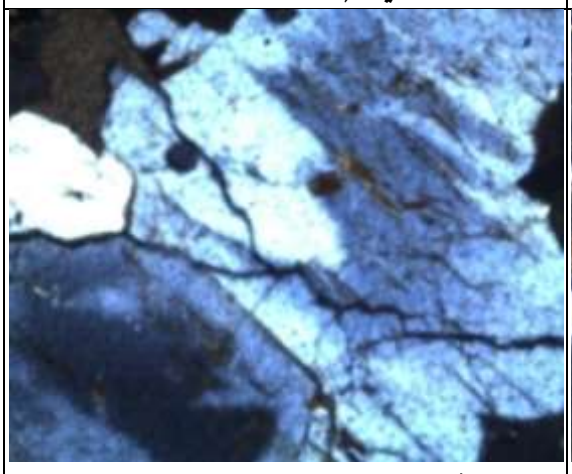
صورة رقم (8) توضح التركيب المعدني الأساسي للديوريت معدن البلاجيوكليز(التوأمية الصفائحية) والهورنبلند والبيوتيت.(بتكبير:XPL:X50).



صورة رقم (9) توضح التغير المعدني للبلاجيوكليز الي سرسيت والهورنبلند إلي كلوريت.(بتكبير XPL:X50).



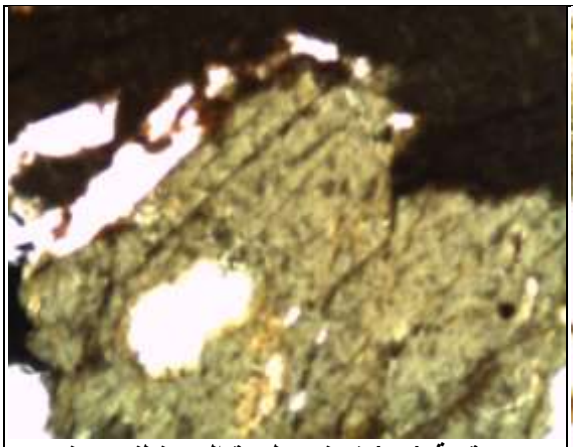
صورة رقم (10) توضح التغير المعدني للبلاجيوكليز الي كاولينيت مع عصر(Squeezing) لمعادن الهورنبلند والبيوتيت نتيجة للضغوط (بتكبير PPL:X50).



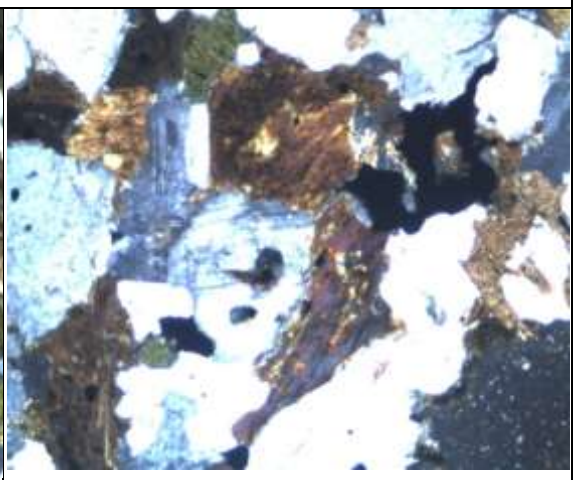
صورة رقم (11) توضح خاصية النطاقية(Zoning) وتشققات(Cracks) في البلاجيوكليز لتعرضها لاجهادات(قوة بتكبير XPL:X100).

INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE
AND CULTURAL HERITAGE
ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/

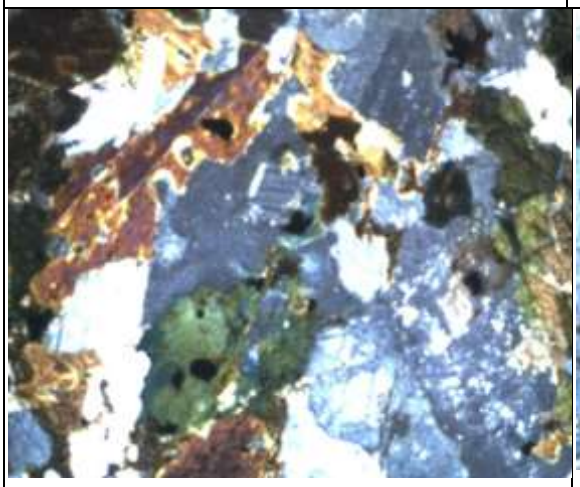
صورة رقم(12) توضح التغير المعدني الجزئي للهورنبلند(اتجاهين للتشقق)الي الكلوريت.(بتكبير PPL:X100).



صورة رقم(13) توضح بلورة الهورنبلند مع نمو البلاجيوكليز علي الحواف وكمكتنفات(inclusions)(بتكبيرPPL:X100).



صورة رقم (14) توضح التغير المعدني للبيوتيت الي أكاسيد الحديد(بتكبيرXPL:X50).

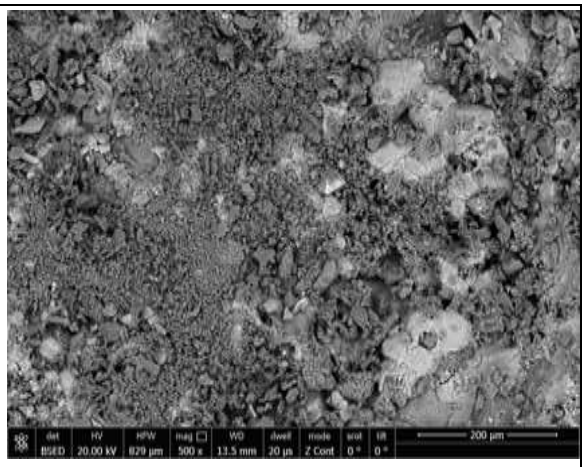


صورة رقم (15) توضح التغير المعدني للبيوتيت الي كلوريت (بتكبيرXPL:X100).

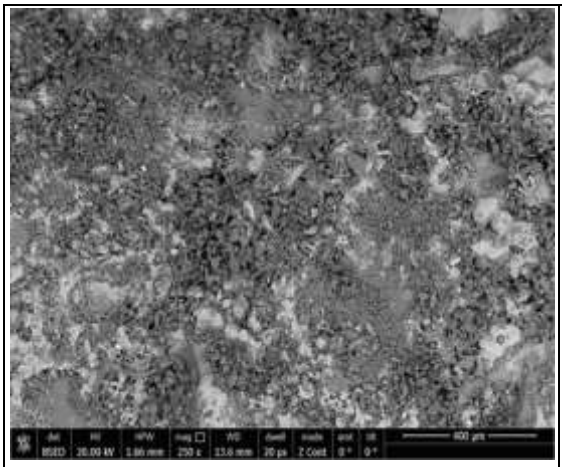
4 -3 الميكروسكوب الالكتروني الماسح Scanning Electron Microscope (SEM)

- من خلال الفحص للعينات الأثرية كما هو موضح بالصور رقم (16-17) عند قوى تكبير مختلفة (X250/X500) تبين حدوث تفتت حبيبي بسطح العينات الأثرية وانفصال للحبيبات من السطح الاثري، كذلك تواجد بعض الشروخ الدقيقة الناتجة من تعرض الأثر الى عوامل التلف المختلفة مما أدي الى ضعف بنية الحجر وفقده لقوة ترابطه وانفصال اجزاء كبيرة من السطح على هيئة حبيبات متساقطة.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE
AND CULTURAL HERITAGE
ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/

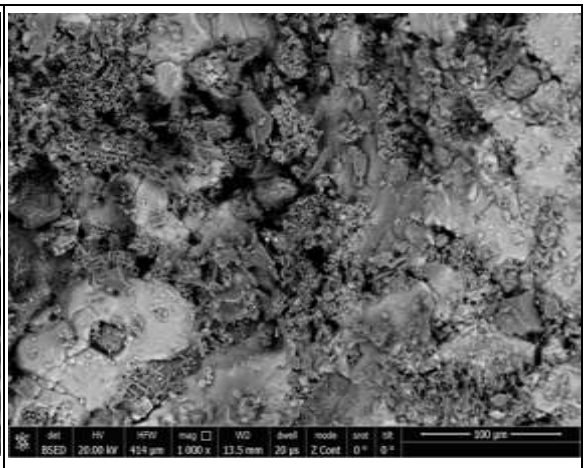


صورة رقم(16) توضح حدوث تفتت حبيبي بسطح العينة وانفصال للحبيبات من السطح كما توجد بعض الشروخ الدقيقة بتكبير (X500).

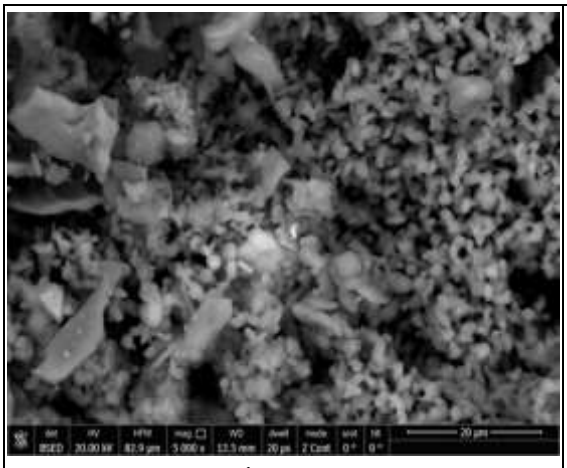


صورة رقم(17) توضح وجود فراغات بين الحبيبات وانفصال الحبيبات من السطح كما توجد بعض الشروخ الدقيقة بتكبير (X250).

– من خلال الفحص باسخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح عند قوى تكبير (X5000-X1000) لعينات اثرية من حجر الديوريت كما هو موضح بالصورة رقم (18) حيث يتضح تشوه سطح الحجر وانفصال الحبيبات المعدنية وتكون الشروخ الدقيقة وهو ما يعمل على اضعاف بنية الحجر، كما يتضح من الصورة رقم (19) تكون بلورات كلوريد الصوديوم على سطح الحجر وفى المسافات البينية بين الحبيبات المعدنية.



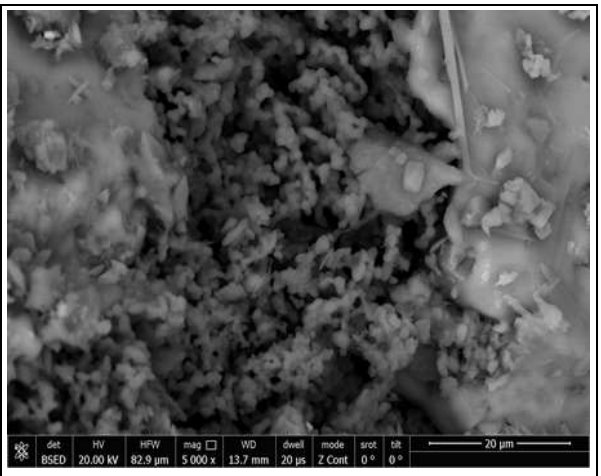
صورة رقم(18) التفتت الحبيبي بسطح حجر الديوريت وظهور الشروخ الدقيقة عند قوى تكبير (X1000).



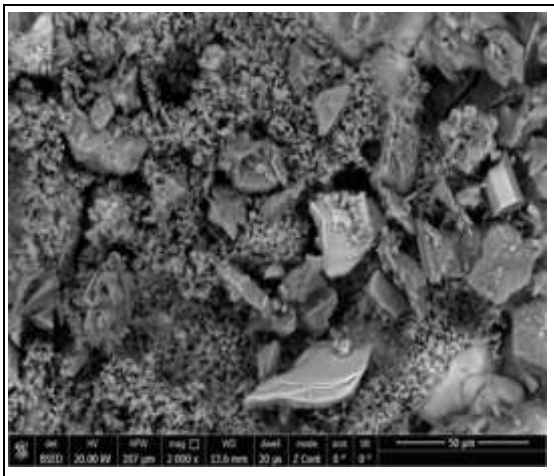
صورة رقم(19) توضح وجود أملاح كلوريد الصوديوم عند تكبير (X5000).

INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE
AND CULTURAL HERITAGE
ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/

– يتضح من خلال الفحص بالميكروسكوب الالكتروني الماسح لعينة اثرية لحجر الديوريت كما هو موضح بالصور رقم (20-21) حدوث انفصال حبيبي للمعادن المكونة لحجر الديوريت وترسب الاملاح وتبلورها بين الحبيبات المعدنية والتى تؤدي بالنهاية الى انفصال تلك الحبيبات عن الحجر الاساسي وهو ما يظهر فى صورة نسيج خشن لسطح حجر الديوريت كما هو موضح بالصورة رقم (21).



صورة رقم(20) توضح حدوث تفسخ فى طبقات الحجر وحبيباته المعدنية على هيئة طبقات رقيقة وقشور بتكبير(X2000).



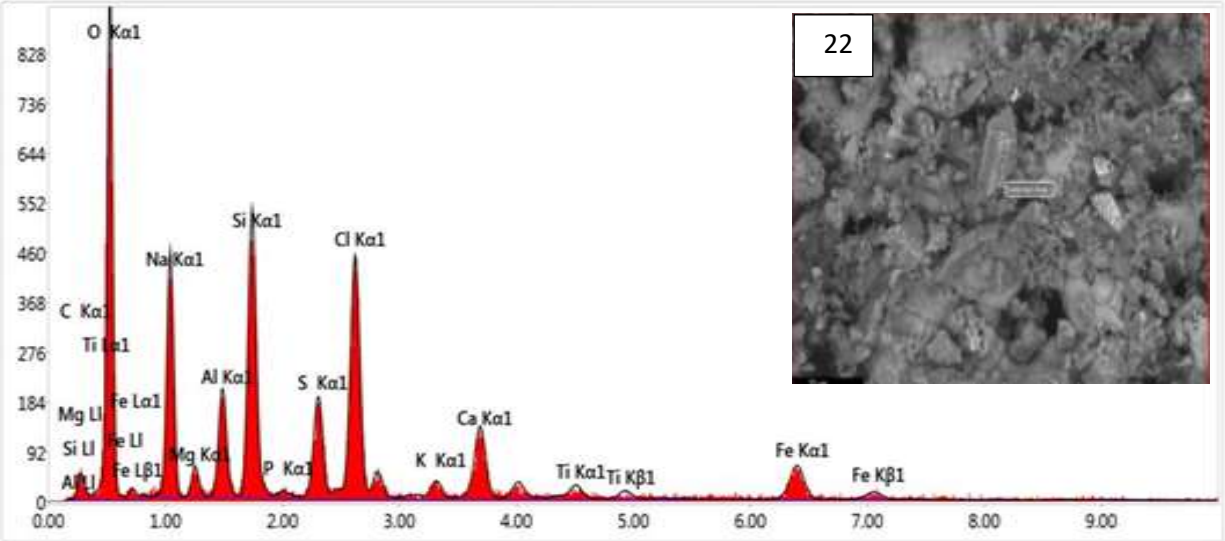
صورة رقم(21) توضح انفصال الحبيبات المعدنية لحجر الديوريت بتكبير(X2000).

– **استخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح المزود بوحدة EDX فى فحص وتحليل العينات الأثرية:-**

– تبين من خلال استخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح المزود بوحدة التحليل EDX كما هو موضح بنمط حيود الاشعة السينية رقم (1) والجدول رقم (3) والصورة رقم (22) تعرض العينة للتلف واحتوائها على العديد من العناصر المشيرة الى ذلك مثل الكبريت والكالسيوم والصوديوم والكربون وهو ما يفسر تواجد التزهرات الملحية لاملاح النترات والكبريتات على سطح الأثر، كما يتبين ايضا تواجد كلوريد الصوديوم وهو احد الاملاح الشهيرة الشائعة الانتشار بسطح الاحجار الاثرية.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE
AND CULTURAL HERITAGE

ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/



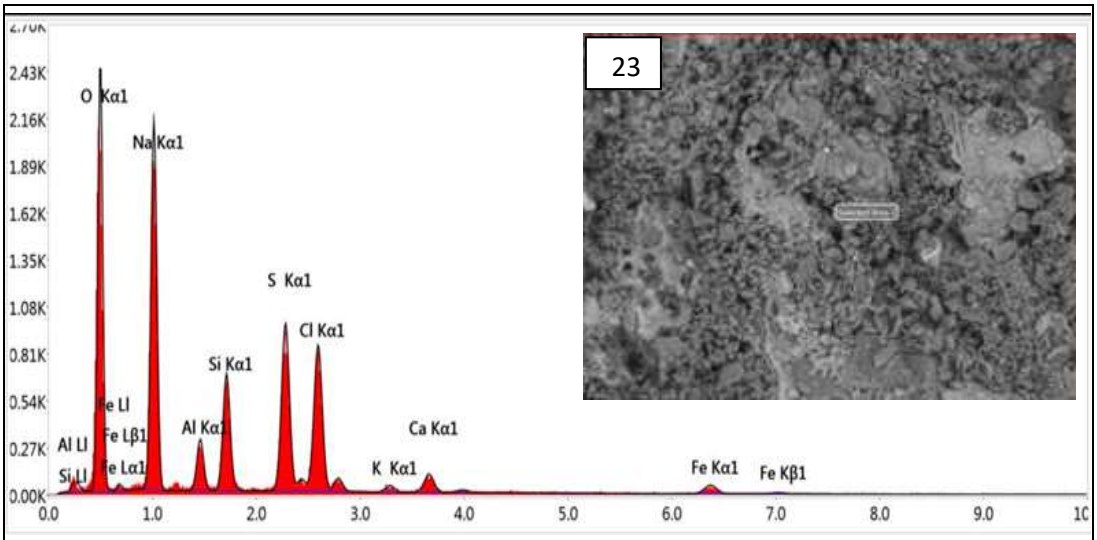
شكل رقم(1) يوضح تحليل باستخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح المزود بوحدة EDX لصخر الديوريت.

جدول رقم(3) يوضح نسب العناصر في عينة (1).

Element	Wt %	At %	Element	Wt %	At %
C K	4.42	7.7	S K	3.75	2.44
O K	42.11	55.06	Cl K	10.52	6.21
Na K	14.17	12.9	K K	0.9	0.48
Mg K	1.23	1.06	Ca K	4.41	2.3
Al K	3.71	2.88	Ti K	0.98	0.43
Si K	9	6.7	Fe K	4.63	1.73
S K	3.75	2.44	P K	0.17	0.11
Total	100	100			

INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE
AND CULTURAL HERITAGE
ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/

– يتضح من خلال الفحص والتحليل لأحد مظاهر التلف سطح عينة الديوريت كما هو موضح بنمط حيود الاشعة السينية رقم (2) والجدول رقم (4) احتواء العينة على ملح كلوريد الصوديوم المتبلور على سطح العينة، وهو ما تؤكده الفحوص السابقة التى تم اجرائها على العينات الأثرية، كذلك يتضح من خلال التحليل كما هو موضح بالجدول رقم (4) احتواء العينة على الكبريتات والتى يعزى وجودها الى املاح كبريتات الكالسيوم والبوتاسيوم بالعينة.



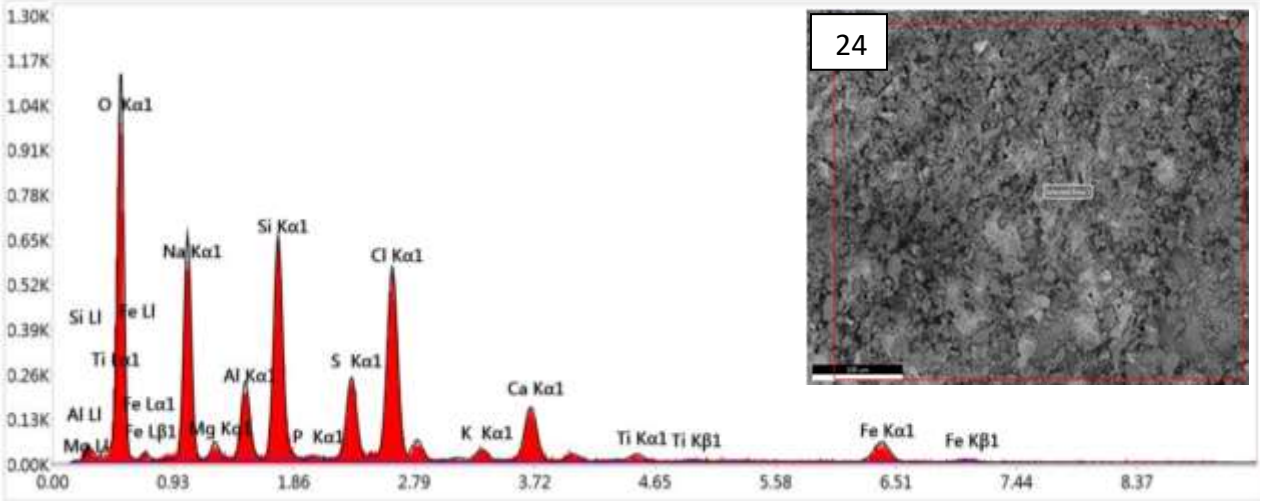
شكل رقم(2) يوضح تحليل باستخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح المزود بوحدة EDX لصخر الديوريت.

جدول رقم(4) يوضح نسب العناصر في عينة (2).

Element	At%	K K	0.27
O K	55.2	Ca K	0.88
Na K	25.06	Fe K	0.65
Al K	2.2		
Si K	4.15	S K	5.98
K K	0.27	Cl K	5.61
		Total	100

– من خلال استخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح المزود بوحدة EDX لدراسة مظاهر تلف عينة اثرية لحجر الديوريت كما هو موضح بنمط حيود الاشعة السينية رقم (3) والجدول رقم (5) تبين احتواء العينة على السيليكون والماغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم، وهي عناصر مكونة لاملاح البوتاسيوم والكالسيوم، وكذلك مؤشر على حدوث تحول لبعض المعادن الأساسية المكونة لحجر الديوريت الأثري.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE
AND CULTURAL HERITAGE
ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/



شكل رقم(3) يوضح تحليل باستخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح المزود بوحدة EDX لصخر الديوريت.

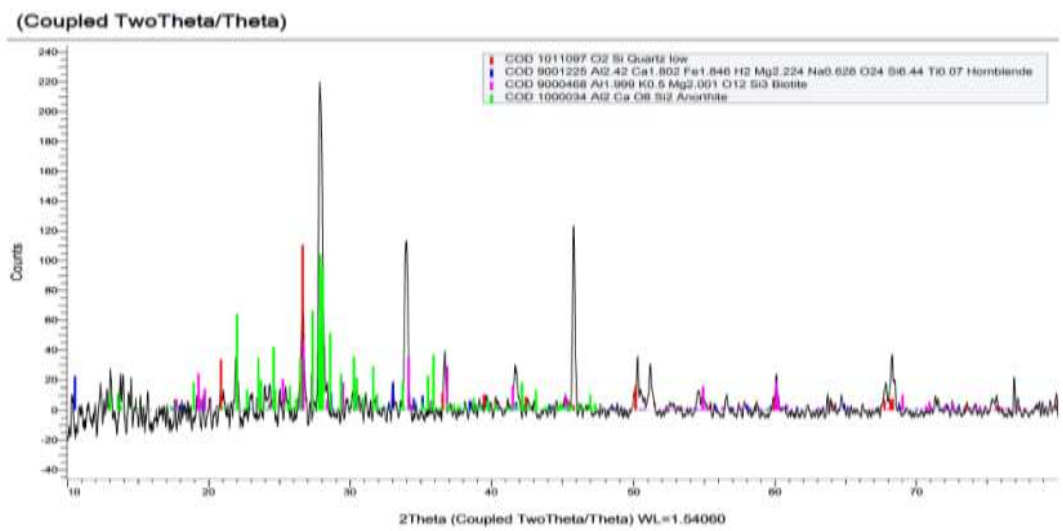
جدول رقم(5) يوضح نسب العناصر في عينة (3).

Element	Wt%	At%			
C K	0.08	0.14	S K	4.23	2.86
O K	42.63	57.69	Cl K	11.53	7.04
Na K	17.14	16.14	K K	0.79	0.44
Mg K	0.99	0.88	Ca K	4.63	2.5
Al K	3.67	2.95	Ti K	0.79	0.36
Si K	9.69	7.47	Fe K	3.7	1.44
P K	0.12	0.08	Total	99.882	99.99

4 -4 التحليل بحيود الأشعة السينية X – Ray Diffraction (X R D)

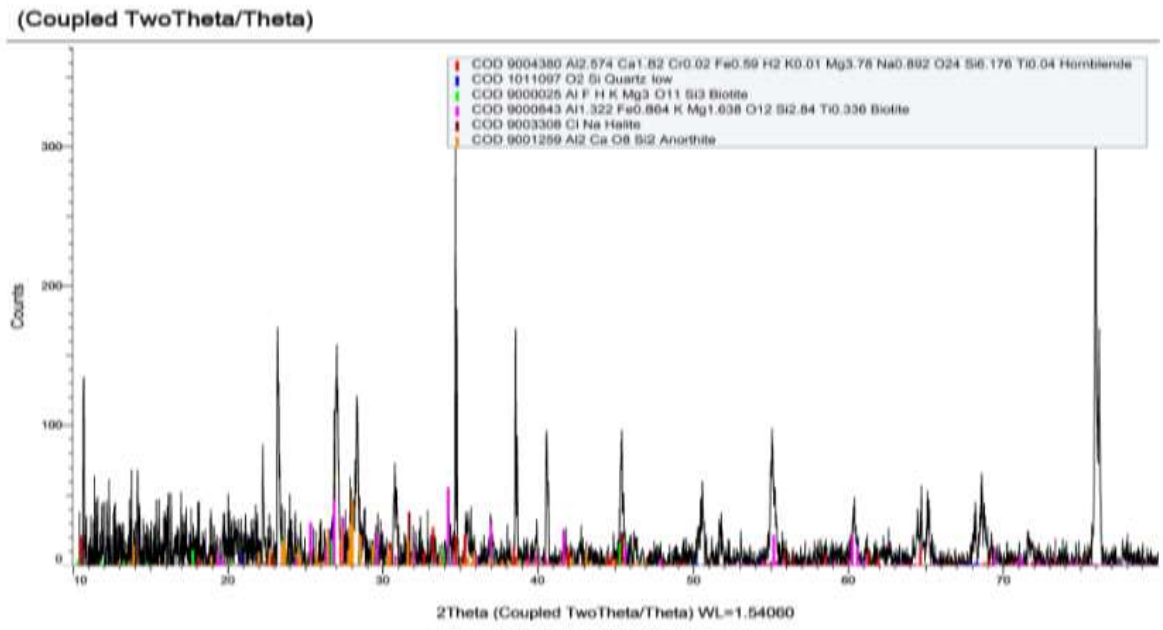
- تبين احتواء العينة على بعض المعادن الاساسية المكونة لحجر الديوريت مثل معدن انورثيت، ومعدن هورنبلند، ومعدن البيوتيت، بالإضافة الي معدن الكوارتز، كذلك يتضح من التحليل احتواء العينة على ملح الهاليت والذي هو عبارة عن ملح كلوريد الصوديوم وهو الملح الاكثر شيوعا ومسبب لتلف حجر الديوريت، حيث يؤدي تبلور هذا الملح بين المسافات البينية بالحجر الى احداث ضغوط تؤدي الى تكون شروخ دقيقة تظهر على السطح الاثري للحجر مشوهة النسيج السطحي ومؤدية الى حدوث تفتت حبيبي للحجر. كما هو موضح بالشكل رقم (4).

INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE
AND CULTURAL HERITAGE
ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/



شكل رقم(4) يوضح نمط حيود الأشعة السينية للعينة رقم(1) من عينات حجر الديوريت المنحوت منه التمثال سخمت في معبد موت.

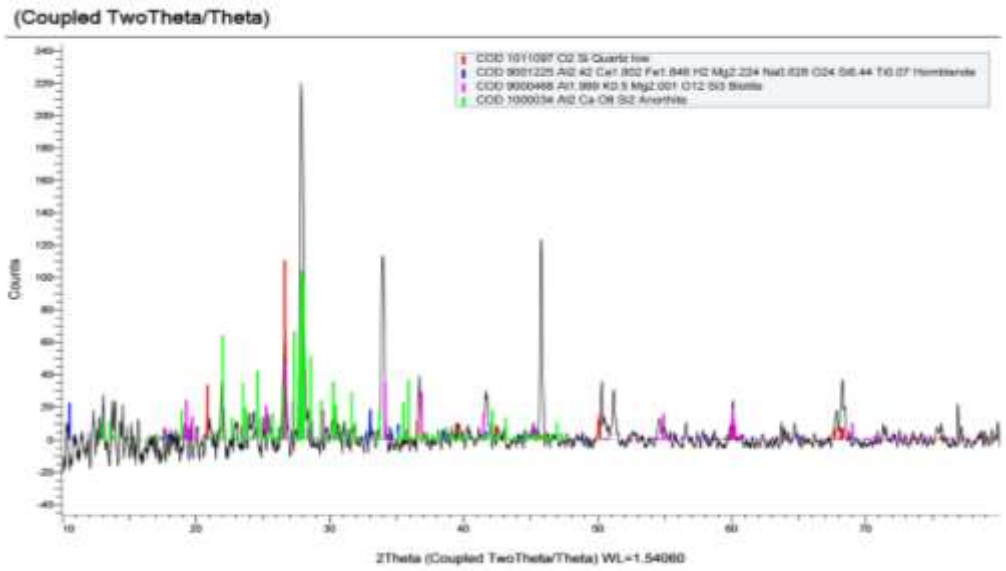
– يتضح من خلال نمط حيود الأشعة السينية رقم (5) تحليل لعينة اثرية لحجر الديوريت بتمثال سخمت بمعبد موت احتواء العينة على مجموعة من المعادن مثل معدن انورثيت، ومعدن هورنبلند، ومعدن البيوتيت وهي المعادن المكونة للديوريت، كذلك اظهر التحليل احتواء العينة على الكوارتز باعتباره مكون ثانوي للديوريت وكذلك ملح الهاليت كأحد نواتج التلف بالحجر الاثري.



شكل رقم(5) يوضح نمط حيود الأشعة السينية للعينة رقم(2) من عينات حجر الديوريت المنحوت منه التمثال سخمت في معبد موت.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE
AND CULTURAL HERITAGE
ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/

من خلال الشكل رقم (6) الذي يوضح نمط حيود الاشعة السينية لعينة الديوريت المأخوذة من تمثال سخمت بمعبد موت تبين احتواء العينة على مجموعة من المعادن المكونة لحجر الديوريت المتمثلة فى معدن انورثيت، ومعدن ألبيت، ومعدن هورنبلند، ومعدن البيوتيت، بالإضافة الي معدن الكوارتز الثانوي يوجد بنسبة منخفضة، ويوجد ملح الهاليت.



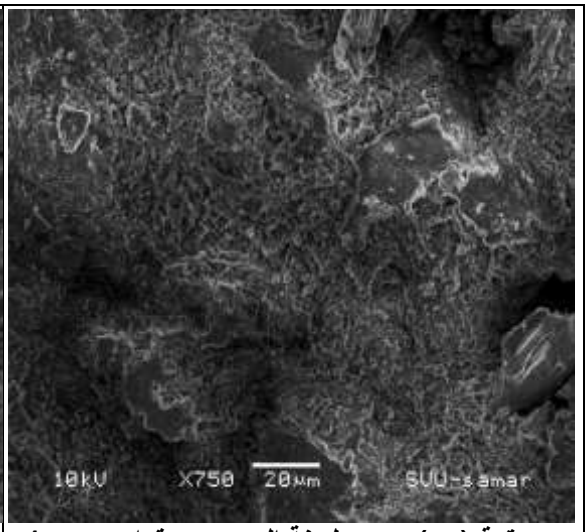
شكل رقم(6) يوضح نمط حيود الأشعة السينية للعينة رقم(1) من عينات حجر الديوريت المنحوت منه التمثال سخمت في معبد موت.

5- 4-1 **الفحص باستخدام الميكروسكوب الالكترونى الماسح (SEM)**

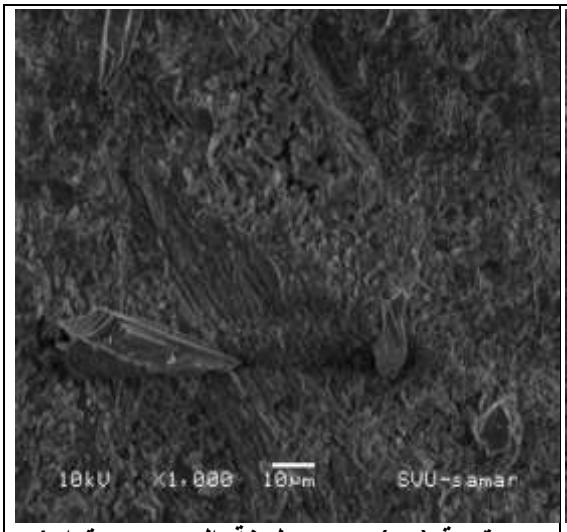
Examination by Scanning Electron Microscope

خلال الفحص باستخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح للعينات المعالجة، أتضح قدرة مادة Core – shellعلي التغلغل والانتشار الجيد بطبقة كثيفة ومتجانسة بشكل كبير كما هو موضح بالصور رقم (25،26)، كما أتضح قدرة مادة Lime علي الانتشار بطبقة كثيفة ، كما هو موضح بالصور رقم (27،28)

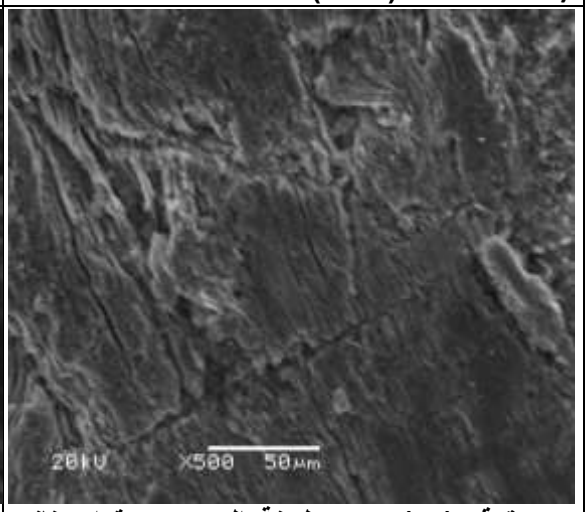
INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE
AND CULTURAL HERITAGE
ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/



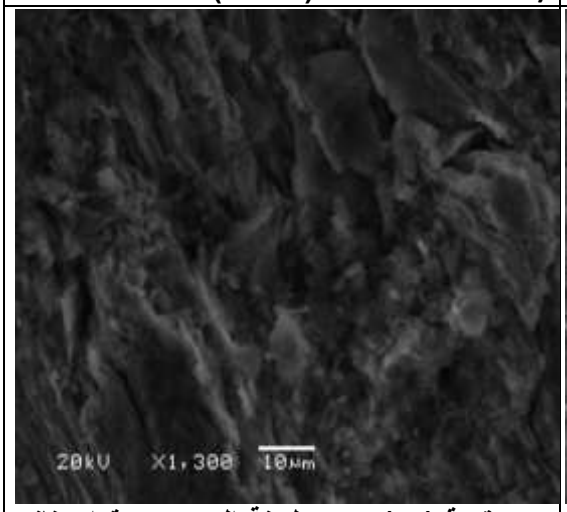
صورةرقم(25) SEM لعينة الديوريت مقواه (Core – shell) بتكبير (X750)



صورة رقم(26) SEM لعينة الديوريت مقواه (Core – shell)بتكبير(X1000)



صورةرقم (27) SEM لعينة الديوريت مقواه بنانو Lime بتكبير(X500)

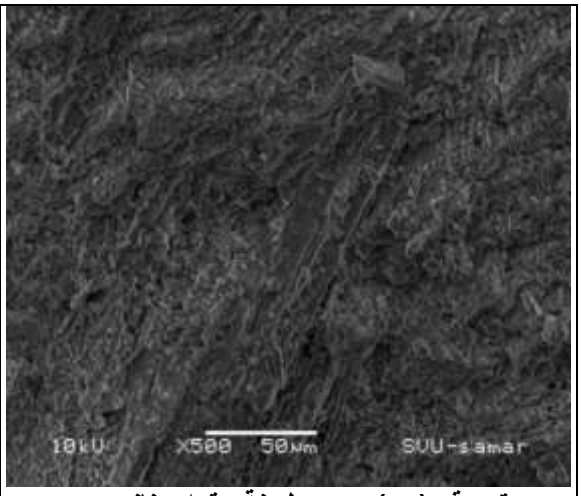


صورة رقم(28) SEM لعينة الديوريت مقواه بنانو Lime بتكبير(X1300)

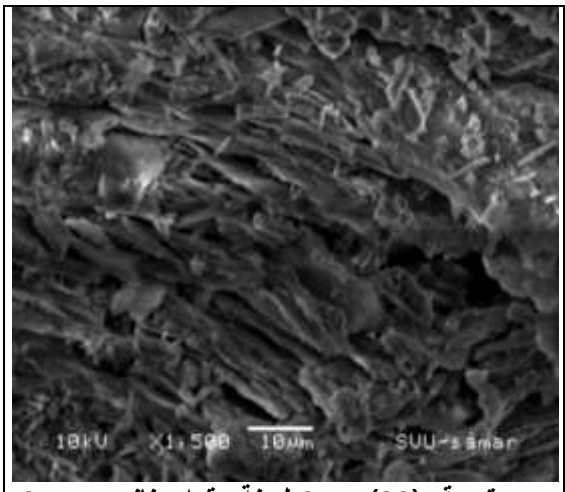
5 – 4 -2 الفحص باستخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح (S.E.M)

يمكن من خلال عمليات الفحص باستخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح للعينات المعالجة بالمادتين بعد تعريضها لدورات التجوية الصناعية ، أتضح أن مادة Core – Shell قد أظهرت تأثيرالتجوية الحمضية من خلال الفجوات و الفراغات كما هو موضح بالصور رقم (29،30)، أتضح أن مادة Lime أظهرت درجة كبيرة من الثبات لدورات التجوية الحمضية كما هو موضح بالصور رقم(31،32).

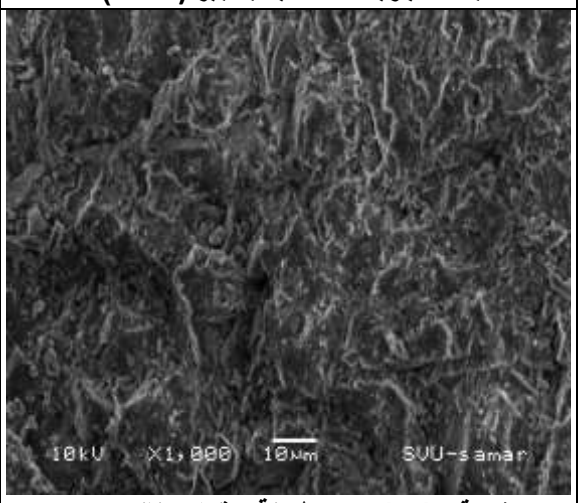
INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE
AND CULTURAL HERITAGE
ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/



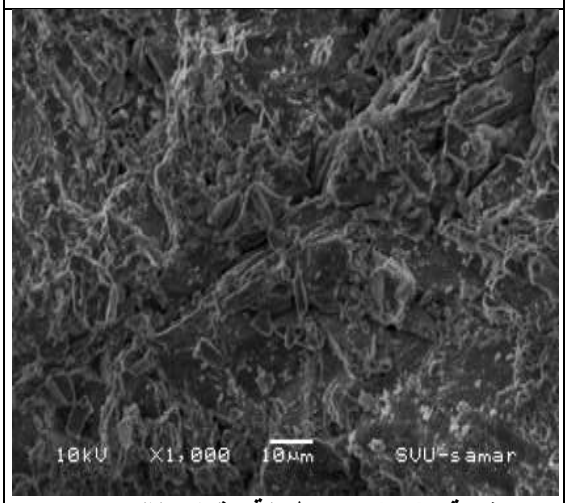
صورة رقم (29) SEM لعينة مقواه بنانو – Core Shell بعد التجوية الحمضية بتكبير (X500)



صورة رقم (30) SEM لعينة مقواه بنانو – Core Shell بعد التجوية الحمضية بتكبير (X1500)



صورة رقم (31) SEMلعينة مقواه بنانو Limeبعد التجويةالحمضية بتكبير (X1000)



صورة رقم (32) SEMلعينة مقواه بنانو Limeبعد التجويةالحمضية بتكبير (X1000)

5 - النتائج

1) اتضح من خلال الفحص باستخدام الميكروسكوب المستقطب لعينات الديوريت قد حدث تغير معدني، أن معادن البلاجيوكليز تعرضت الي درجات متفاوته في التحلل الي سرسيت وكاولينيت، تحلل معادن الهورنبلند الي الكلوريت الأخضر الباهت وأكاسيد الحديد، أما البيوتيت غالبا تحلل إلي كلوريت وأكاسيد الحديد .

2) اتضح من خلال الفحص للعينات الأثرية تبين حدوث تفتت حبيبي بسطح العينات الأثرية وانفصال للحبيبات من السطح الاثري، كذلك تواجد بعض الشروخ الدقيقة الناتجة من تعرض الأثر الى عوامل التلف المختلفة مما أدي الى ضعف بنية الحجر وفقده لقوة ترابطة وانفصال اجزاء كبيرة من السطح على هيئة حبيبات متساقطة.

INTERNATIONAL JOURNAL OF
MULTIDISCIPLINARY STUDIES IN ARCHITECTURE
AND CULTURAL HERITAGE
ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/

3) اتضح من خلال استخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح المزود بوحدة التحليل EDX تعرض العينات للتلف واحتوائها على العديد من العناصر المشيرة الى ذلك مثل الكبريت والكالسيوم والصوديوم والكربون وهو ما يفسر تواجد التزهرات الملحية لاملاح النترات والكبريتات على سطح الأثر، كما يتبين ايضا تواجد كلوريد الصوديوم وهو احد الاملاح الشهيرة الشائعة الانتشار بسطح الاحجار الاثرية.

4) اتضح من خلال الدراسة بحيود الأشعة السينية لعينة الديوريت من تمثال المعبودة سخمت ،أنها تتكون من المعادن الاساسية المكونة لحجر الديوريت مثل معدن انورثيت، ومعدن هورنبلند، ومعدن البيوتيت، بالإضافة الي معدن الكوارتز، كذلك يتضح من التحليل احتواء العينة على ملح الهاليت.

5) ومن خلال إجراء الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للعينات المعالجة، حيث حققت مادة Nano Core –Shell أعلي كثافة للعينات المعالجة بها وزيادة في مقاومة العينات المعالجة بها للضغوط الميكانيكية، وتليها حققت مادة Nano Lime في كثافة للعينات المعالجة بها وزيادة في مقاومة العينات المعالجة بها للضغوط الميكانيكية.

6) ومن خلال الفحص باستخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح للعينات المعالجة، أتضح قدرة مادة نانو Core – shellعلي التغلغل و الانتشار الجيد بطبقة كثيفة ومتجانسة بشكل كبير، كما أتضح قدرة مادة Nano Limeعلي الانشار بطبقة كثيفة جدا.

7) وبعد إجراء الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية لعينات الديوريت المعالجة بعد التقادم الحمضي،نجحت مادة Nano Lime بعد دورات التجوية الحمضية في الحفاظ علي قدرة العينات المعالجة علي مقاومة الضغوط الميكانيكية.

8) الفحص باستخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح لعينات المعالجة بعد تعرضها للتجوية الحمضية، أتضح أن مادة نانو Core –Shell قد أظهرت تأثيرالتجوية الحمضية من خلال الفجوات و الفراغات، وأتضح قدرة مادة Lime Nanoعلي الثبات بدرجة كبيرة بعد تعرضها لدورات من التجوية الحمضية.

التوصيات

1) تعتبر الأحجار الديوريتية ذات طبيعة خاصة من حيث تركيبها المعدنى وخصائصها الفيزيائية والميكانيكية لذلك توصى الباحثة باستخدام التقنيات العلمية الحديثة لإجراء عمليات الفحوص والتحاليل لتفسير ميكانيكية تلف كل معدن من المعادن المتواجدة بالأحجار الديوريتية على حده للوقوف على التغيرات المعدنية التى حدثت له وبالتالى مدى تأثر خواص الديوريت بهذه التغيرات قبل إعداد خطة العلاج والصيانة الملائمة.

2) ونوصى بعمل الصيانة الدورية والملاحظة المستمرة للتماثيل الديوريتية، لذلك لابد من العمل علي توفير المناخ الآمن للتماثيل على قدر الأمكان .

3) يجب عمل مظلات توضع على التماثيل لحمايتها من التعرض المستمر لعوامل التلف المختلفة.

4) إجراء أعمال خفض مناسيب المياه الأرضية بالمنطقة على أسس علمية سليمة للحفاظ على الآثار الديوريتية .

5) تري الباحثة أنه من أجل الحفاظ علي التماثيل، فإنه لابد من رفعها عن مستوي سطح الأرض، بإزالة القاعدة المعروضة عليها، وعمل قاعدة جديدة مناسبة من حيث الشكل والأبعاد والارتفاع، علي أن تعزل جيدا وبشكل يضمن عزل التماثيل تماما عن تأثير المياه الأرضية.

6) يجب ارتداء القفازات والاقنعة والملابس الواقية عند التعامل بشكل مباشر مع الحبيبات النانوية نظرا لقدرتها العالية على التطاير والانتشار.

7) يجب العمل على تنفيذ مشروع الترميم وعلاج التماثيل نظرا لتعرضها للتلف الشديد خاصة تعرضها للمياه الأرضية.

المراجع

1) الفريد لوكاس :المواد والصناعات عند قدماء المصريين ،الطبعة الأولي ،(ترجمة) زكي اسكندر – محمد زكريا ، مكتبة مدبولي ،1991 ،ص110.

2) جيمس بيكي (ترجمة) لبيب حبشي و شفيق فريد : الاثار المصرية في وادي النيل ، الجزء الثالث ، 1993.

3) و.د.هاملتون وآخرون:المعجم الجيولوجي المصور في المعادن والصخور والحفريات ،دار المعارف بمصر ،الطبعة الأولي،1961.

4)Joanna M ,& Kristine M ,& Wilson Y , & Sidney J ,& Carla F ,& Ceorge B ,: The mechanisms of the physicochemical reactions in diorite used in the construction of ancient royal Egyption ststus .,University of Toronto , 1982 .

5) Bader ,N , Moubark , K &Badry , A :Investigation of environmentally driven deterionration of diorite statues in Mut temple Egypt and concepts for conservation , Mediterranean Archaeology and Archaeometry , Vol .15 , No3, 2015 .

6) Bader, N.A,: Deterioration and conservation of Dioiritic Relief in the Queen Hathepsut’s chapel at Temple of Karnak, the 1st international conference for studies environments, South Valley University, Luxor, Egypt, 25-28 Qctober, pp.62-77.

ISSN: 2735-4415 VOLUME 4, ISSUE 2, 2021, 18 – 40. www.egyptfuture.org/ojs/

7) M.A.Atya , S.O.Al khateeb ,M.F.Musa, M.Gaballa , A.M.Abbas ,F.F.Shaaban, M.A.Hafez : GPR investigation to allocate the archaeological remains in Mut temple ,Luxor , Upper Egypt , NRIAG Journal Research Institute of Astronomy and Geophysics , 2012.

8) Ismail ,B, & El-Habaak ,G:Durability characteristics of som Diorite and Granodiorite Monumental , South Valley University . 1996 .

9) Heldal, T., Storemyr, P& Kelamy, A: Modern stone and mineral extraction and its impact on ancient Egyption quarry landscapes . Risk Assessment and Monitoring of Ancient Egyptian Quarry landseapes .Geological Survey of Norway(NGU),2007.

10) Lal,B.B, 1985: Weathering and Disintegration of Stone Monuments, in Vth(Inter. Cang. Of Deterioration& Conservation of Stone) Vol I. Italy. P.213.

11) Alves, C, et al 1996: Water Transfer& Decay of Granitic Stones in Monuments Surface Geosciences, C,R, Acad. Sic, Paris, pp. 397-398.