

الفصل الثالث

مادة البحث و الطرق المستخدمة

- المبحث الأول :
فحص و تحليل مكونات الآثار الجرانيتية (موضوع الدراسة).
- المبحث الثانى :
دراسة تجريبية معملية لتأثير الأملاح على الأحجار الجرانيتية و تأثير بعض مواد التقوية و بعض مواد التنظيف.
- المبحث الثالث :
الجانب التطبيقى

المبحث الأول

فحص و تحليل مكونات الآثار الجرانيتية
(موضوع الدراسة)

- فحص و تحليل مكونات الآثار الجرانيتية (موضوع الدراسة):

لابد من القيام بإجراء الفحوص المبدئية و التفصيلية قبل البدء فى أعمال الصيانة و الترميم، و ذلك بأن يستخدم الميكروسكوب للتقييم المبدئى لمظاهر التلف و مواد التجوية لكى يصبح من الضرورى معرفة حدودها و بذلك يمكن القيام بإجراء بعض الأختبارات الأخرى لمعرفة المزيد من التفاصيل مثل التحليل المبدئى و معرفة الشكل الصخرى و بعض الخواص الكيميائية و الطبيعية للحجر.

و تجرى الفحوص لمعرفة نوع الحجر و معرفة عمليات التلف المتداخلة و كذلك لمعرفة المحجر الذى جلب منه هذا النوع، بمعرفة الخواص الميكانيكية و الطبيعية للحجر و العينات المأخوذة من المبنى الأثرى يمكن أن تكون مطابقة لعينات الحجر من حيث التكوين المعدنى و الشكل الصخرى.^(١) و حتى لا يكون التجريب عشوائيا فسيتم أولا دراسة مكونات بعض القطع الجرانيتية موضوع الدراسة، و بناء على تلك الفحوص سيتم أختيار ظروف التجوية و أنواع الجرانيت التى سيتم التجريب عليها، و إختيار أفضل مواد التقوية.

و لقد تم إعطاء العينات موضوع الدراسة عدد من الرموز، كما طبقت على كل عينة عدد من الفحوص و الإختبارات تم ذكرها فى (جدول رقم ١٣).

(جدول: ١٣) يوضح رموز القطع الأثرية موضوع الدراسة و الفحوص التى أجريت عليها

الرمز	الآثر	الفحوص و التحاليل التى تم إجرائها
S1	العضد الأيمن لبوابة الفناء الموجودة برصيف الميناء الشرقى	Thin- SEM- EDX - XRD -XRF Section
S2	قاعدة التمثال الموجودة بالمتحف البحرى	Thin- SEM- EDX - XRD -XRF Section
S3	صرح معبد إيزيس الموجود بالمسرح الرومانى	Thin-Section - SEM-EDX
S4	الحشف و التكلسات البحرية	XRD-XRF
S5	المونة	XRD

أولاً : الوصف البصرى للعينات الآثرية
والفحص بالميكروسكوب (تكبيرات مختلفة)
USB Digital Microscope 200X
Made in China

العينة رقم S1



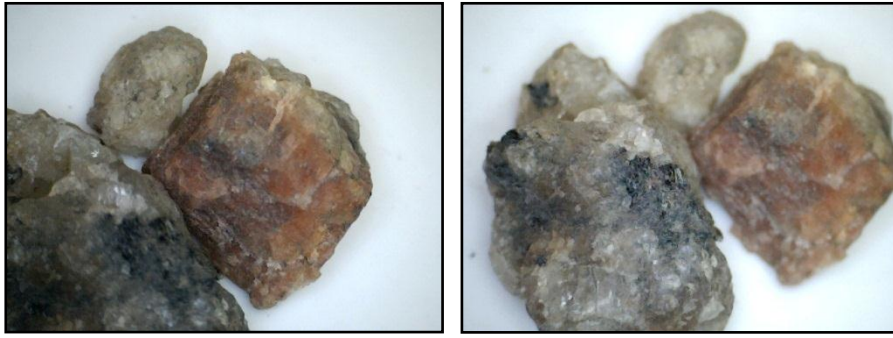
(صورة : ١٣٠) توضح العينة رقم S1 a (البوابة الموجودة بالقلعة - الجزء الثاني الي اليسار)



(صورة: ١٣١) توضح العينة رقم S1 b (البوابة الموجودة بالقلعة - الجزء الأول الي اليمين)

العينة لصخر من الجرانيت و الذى ينتمى لمجموعة الجرانيتويد (Granitoids) حيث يمكن تميز بلورات المعادن الأساسية بالعين المجردة و هى كوارتز - أورثوكليز فلبسار - بلاجيوكليز فلبسار - بيوتيت، و حبيبات هذه المعادن من الحجم المتوسط.

- العينة رقم S2 :

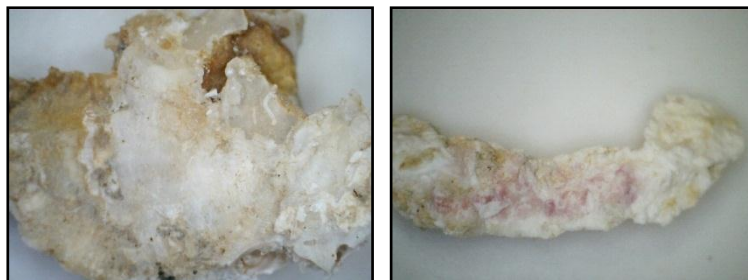


(صورة : ١٣٢) توضح العينة رقم S2 القاعدة الموجودة بالمتحف البحري

- العينة رقم S4 (المسرح الروماني):



(صورة : ١٣٣) توضح العينة رقم S4 a لأصداف صغيرة كلسية التركيب



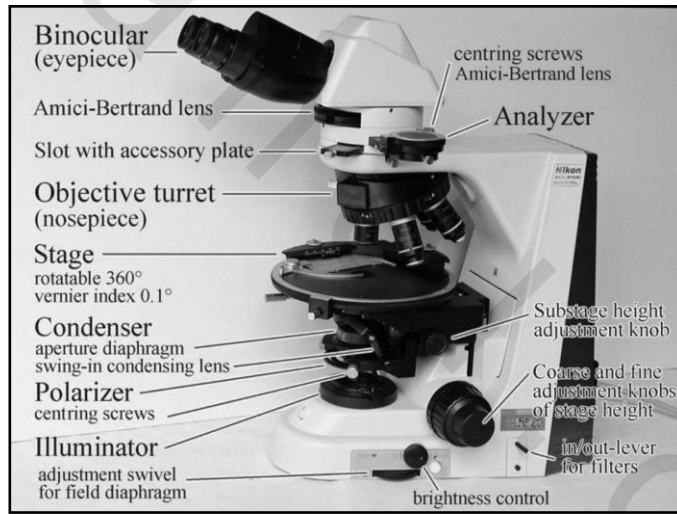
(صورة : ١٣٤) توضح العينة رقم S4 b تكلسات جبيرية و حشف

- ثانياً : الدراسة بواسطة الميكروسكوب المستقطب (polarizing Microscope Study) :

تم عمل قطاعات لأثنين من العينات **Thin - Section** لدراستها تحت الميكروسكوب المستقطب (صورة رقم ١٣٥). و الميكروسكوب المستقطب يعتمد في فحصه للعينات على معامل إنكسار الضوء المستقطب (أى يتذبذب في اتجاه واحد) حيث أن لكل معدن معامل إنكسار محدد، و من خلال التكبير يتم معرفة شكل البلورات و لونها و كذلك الأنفصال الداخلى و التغير اللوني، بالإضافة إلى أنها تساعد في التعرف على مظاهر التلف الموجودة داخل العينات من شروخ دقيقة و تآكل.

تحضير العينات :

يتم تحضير العينة بأن يتم إعداد شريحة رقيقة لا يتجاوز سمكها عن ٠,٠٣ مم ثم يتم تغطيتها في مادة كندا بلسم حيث أن تلك المادة لا تؤثر على معامل الإنكسار الضوئي للعينات، يلي ذلك وضع العينة على الشريحة و تغطيتها، و وضعها تحت الميكروسكوب للفحص تحت الضوء المستقطب.^(١) و قد تم فحص القطاعات الرقيقة لعينتين من الجرانيت، العينة الأولى من القطعة الأثرية S2 و التى تمثل قاعدة التمثال الموجودة بالمتحف البحرى، و الثانية القطعة الأثرية S3 و التى تمثل جزء من برج الصرح العلوى لبوابة معبد أيزيس لوخيّاس.



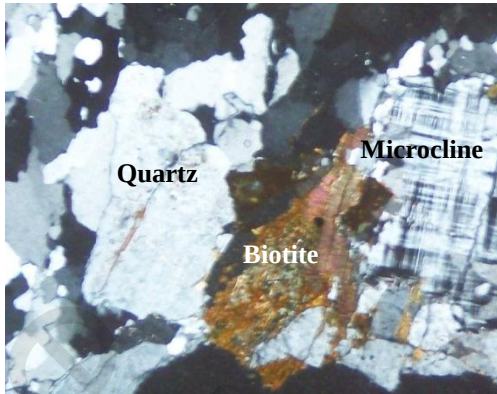
(صورة : ١٣٥) توضيح جهاز ميكروسكوب الضوء المستقطب

نقلًا عن:

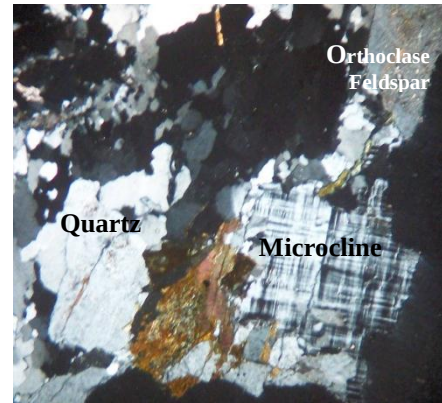
Raith M. M. , Raase P. & Reinhardt J.
(Nikon Eclipse 50/Pol; Leica Laborlux12 Pol)

1- Raith M. M. , Raase P. & Reinhardt J. : Guide to Thin Section Microscopy, January 2011, ISBN 978-3-00-033606-5, (University of Bonn) , (University of Kiel), School of Geological Sciences, University of KwaZulu-Natal, p 12.

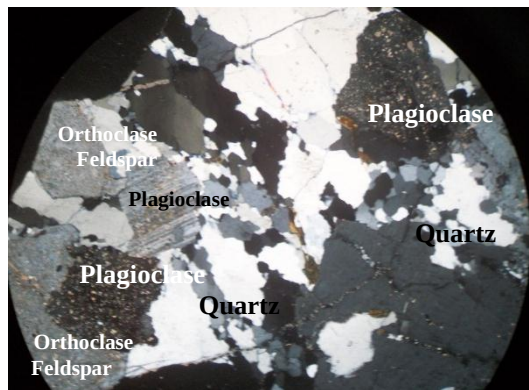
العينة الأولى من القطعة الأثرية S2 و التي تمثل قاعدة التمثال الموجودة بالمتحف البحري:



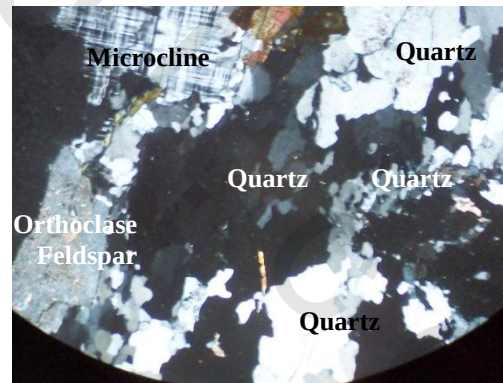
(صورة : ١٣٧) قطاع S2 في النيكل المتعامد يوضح معدن الميكروكلين حيث الـ **cross-hatching** المعروف لمظهر المعدن إلى اليمين و معدن البيوتيت بلونه البنى يليه معدن الكوارتز إلى اليسار.



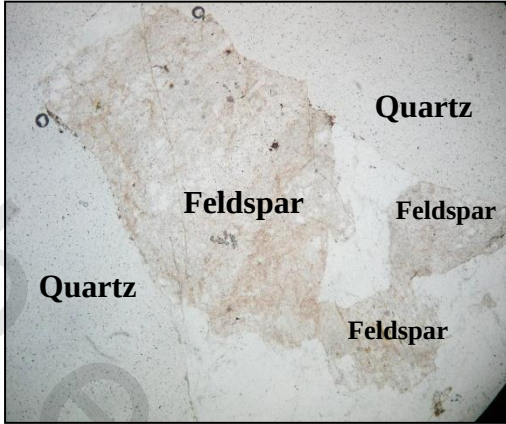
(صورة : ١٣٦) قطاع S2 في النيكل المتعامد يوضح معدن الفلسبار أورثوكليز إلى أعلى اليمين و به بعض التغيرات و أسفله و جانبه معدن الكوارتز يليه معدن الميكروكلين حيث الـ **cross-hatching** المعروف لمظهر المعدن، يليه معدن البيوتيت بلونه البنى يليه معدن الكوارتز إلى اليسار.



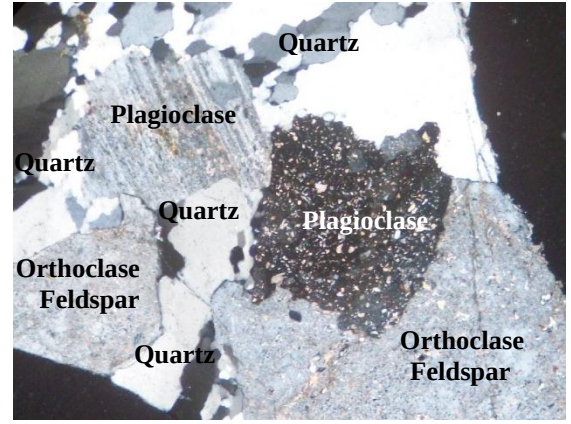
(صورة : ١٣٩) قطاع S2 في النيكل المتعامد يوضح الفرق بين الكوارتز و معادن الفلسبارات الأورثوكليز والبلاجيوكليز ذو التؤمة المعروفة بأسم **Lamellar twinning**.



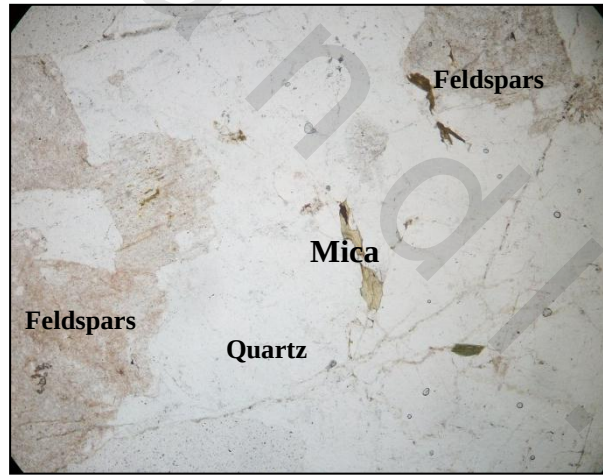
(صورة : ١٣٨) قطاع S2 في النيكل المتعامد يوضح معدن الكوارتز إلى اليمين و أسفل و معدن الميكروكلين حيث الـ **cross-hatching** المعروف لمظهر المعدن إلى أعلى اليسار و معدن الفلسبار أورثوكليز إلى أسفل اليسار و به بعض التغيرات.



(صورة : ١٤١) يوضح قطاع S2 تغير الفلسبارات لمعادن طينية ، كما نلاحظ الكوارتز شفاف و لا يوجد به أى تغيرات فى (الضوء المستقطب المستوى).

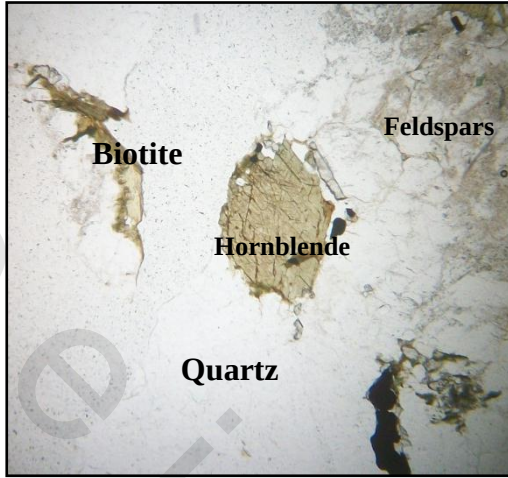


(صورة : ١٤٠) قطاع S2 فى النيكل المتعامد يوضح الفرق بين الكوارتز و الفلسبارات حيث نلاحظ معادن الفلسبارات فنرى الأورثوكليز إلى أسفل و معدن البلاجيوكليز إلى المنتصف و أعلى اليمين حيث نلاحظ التوامة المعروفة بأسم Lamellar twinning .

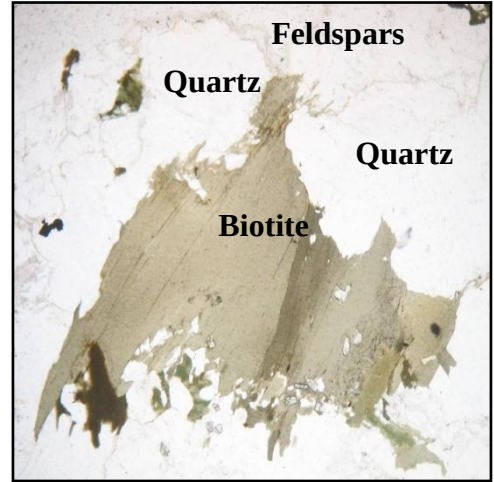


(صورة : ١٤٢) يوضح صورة لقطاع رقم S2 فى الضوء المستقطب المستوى توضح تغير معادن الفلسبارات إلى معادن طينية (بنى فاتح).

العينة الثانية من الصرح الأثرى S3 و الذى يمثل جزء من بوابة صرح معبد أيزيس لوخياس:



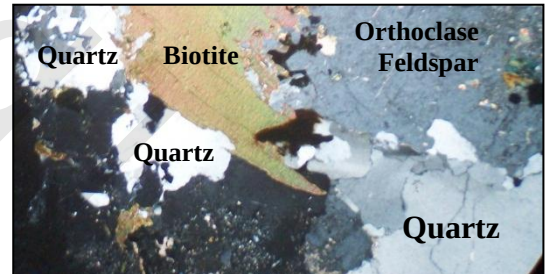
(صورة : ١٤٤) توضح صورة لقطاع رقم S3 فى الضوء المستقطب المستوى توضح اللون البنى المخضر لمعدن الهورنبلند، وكذلك المعادن عديمة اللون مثل الكوارتز و الفلسبارات.



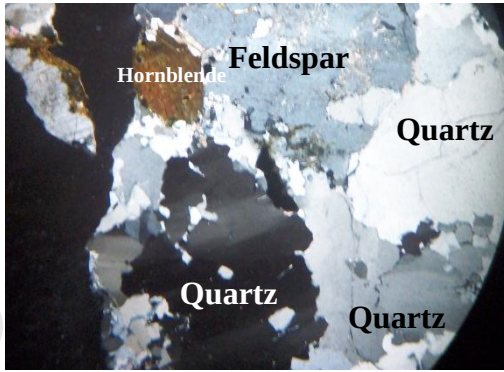
(صورة : ١٤٣) توضح صورة لقطاع رقم S3 فى الضوء المستقطب المستوى توضح معدن البيوتيت باللون البنى و معادن الفلسبارات و الكوارتز عديمة اللون.



(صورة : ١٤٦) يوضح قطاع S3 معدن الكوارتز إلى أعلى اليمين و معدن البيوتيت ذو اللون البنى بتداخلات الألوان فى المنتصف ثم معادن الفلسبار الرمادية إلى أسفل اليمين و المنتصف ومعدن الكوارتز ذو اللون الأبيض بين البيوتيت ذو اللون البنى ومعدن الفلسبار بلاجيوكليز ذو اللون الداكن.



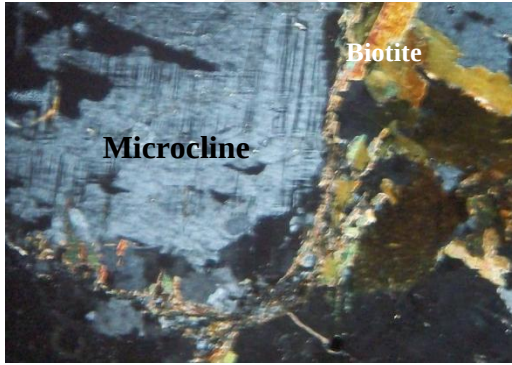
(صورة : ١٤٥) توضح صورة لقطاع S3 فوتوميكروجراف تداخل ألوان البيوتيت، الكوارتز، الأورثوكليز، البلاجيوكليز كمكونات أساسية (النيكول المتعامد).



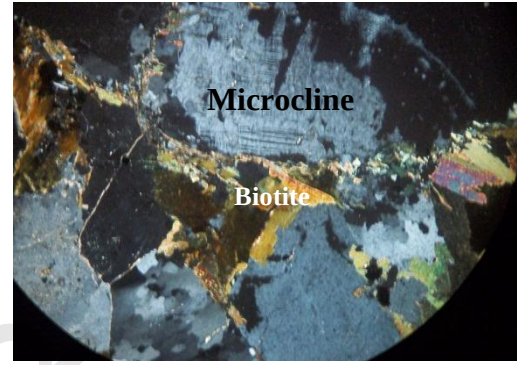
(صورة : ١٤٨) يوضح قطاع S3 معدن الكوارتز إلى اليمين و المنتصف يعلوه معدن الفلسبار بلونه الرمادي ثم معدن الهورنبلند بلونه البني المخضر.



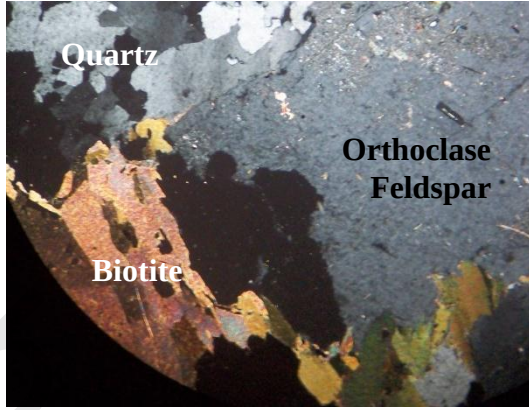
(صورة : ١٤٧) يوضح قطاع S3 والتحول والتغير في معادن الفلسبار أورثوكليز إلى اليمين كما نرى معدن الكوارتز إلى أقصى اليسار.



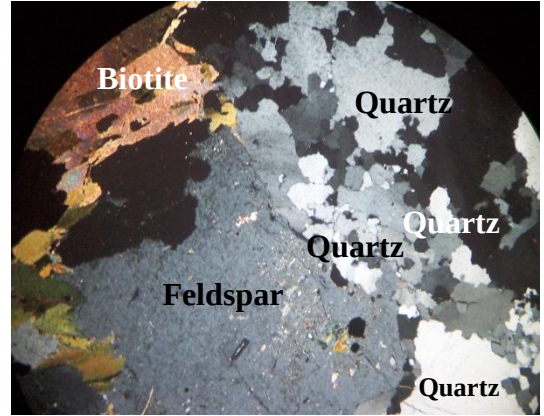
(صورة : ١٥٠) يوضح قطاع S3 تداخل لألوان البيوتيت إلى اليمين و معدن الفلسبار ميكروكلين من المنتصف إلى اليسار حيث cross-hatching المعروف لمظهر المعدن.



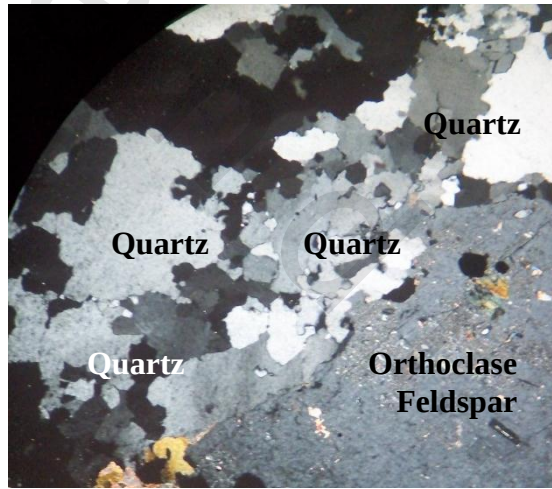
(صورة : ١٤٩) يوضح قطاع S3 والتحول والتغير في معادن الفلسبار أورثوكليز إلى أقصى اليسار تعلوها معادن البيوتيت كما نرى معدن الكوارتز إلى أسفل بين الفلسبارات كما نرى تداخل لألوان البيوتيت يعلونها معدن الفلسبار ميكروكلين حيث cross-hatching المعروف لمظهر المعدن.



(صورة: ١٥٢) قطاع S3 يوضح معدن الفلسبار أورثوكليز و به بعض التغيرات إلى اليمين و معدن الكوارتز إلى أعلى اليسار أسفله معدن البيوتيت بلونه البنى.



(صورة : ١٥١) قطاع S3 يوضح الكوارتز إلى لأقصى اليمين و معادن البيوتيت إلى أقصى اليسار فى الأعلى ذو اللون البنى و معادن الفلسبار (أورثوكليز) فى المنتصف ذو اللون الرمادى حيث نلاحظ التغير و التحول فى معدن الفلسبار.



(صورة: ١٥٣) قطاع S3 يوضح معدن الفلسبار لأورثوكليز و به بعض التغيرات إلى أسفل اليمين و معدن الكوارتز إلى الأعلى و اليسار .

نتائج الفحص بالميكروسكوب المستقطب:

تم فحص عينتين من الآثار الجرانيتية أحدهما تابعة لمنطقة القلعة و الأخرى تابعة لمنطقة السلسلة موضوع الدراسة.

- العينة الأولى من القاعدة الأثرية S2 و التي تمثل قاعدة التمثال الموجودة بالمتحف البحري

أن العينة تتكون أساساً من الفلسبارات القلوية أو البوتاسية (ميكروكلين و أورثوكليز) و البلاجيوكليز فلسبار (صودي و الكوارتز و معادن الميكا الممثلة في البيوتيت البنى اللون كمعادن أساسية. حيث نلاحظ تغيرات الفلسبارات إلى معادن طينية خاصة الأرثوكليز فلسبار ، كما نرى معدن الميكروكلين فلسبار بتؤمته الصفاحية و معدن الكوارتز شفاف و لا يوجد به أى تغيرات، من (صورة رقم ١٣٦ إلى صورة رقم ١٤٢).

- العينة الثانية من الصرح الأثرى S3 و الذى يمثل جزء من بوابة صرح معبد أيزيس لوخيلاس

حيث نلاحظ فلسبارات الأورثوكليز و البلاجيوكليز و الكوارتز و معادن الميكا الممثلة فى معدن الهورنبلند بلونه الأخضر و معدن البيوتيت كمكونات أساسية. كما نلاحظ معدن الفلسبار ميكروكلين بتهشيراتة المتقاطعة، وفلسبار أورثوكليز الذى توجد به بعض التغيرات الطفيفة و يوجد البيوتيت بألوان متداخلة (من صورة رقم ١٤٣ إلى صورة رقم ١٥٣) .

- و نتيجة لما سبق يتضح أن العينة الأولى S2 و التي تمثل قاعدة التمثال الموجودة بالمتحف البحري هى أكثر تلفاً من العينة الثانية من الصرح الأثرى S3 و الذى يمثل جزء من بوابة صرح معبد أيزيس لوخيلاس، حيث أن العينة الأولى S2 تعاني من التفكك الحبيبي الشديد.

ثالثاً : دراسة العينات بواسطة الميكروسكوب الماسح الألكترونى Scanning Electron Microscope (SEM):

و تكون الاستفادة كبيرة بإستخدام هذا الأسلوب حيث أنه يمكن أن يعطى صورة تكبير تصل إلى حجم يسمح معه تتابع ظروف التلف المختلفة^(١).

تمت دراسة ثلاث عينات أثرية بواسطة الميكروسكوب الإلكتروني الماسح (JEOL 5300 JSM) (صورة رقم ١٥٤)، مزود بجهاز تحليل الأشعة السينية EDX (صورة رقم ١٥٥) تحت تكبيرات مختلفة لدراسة النسيج الداخلى و البلورى للعينات و معرفة المسام بين البلورات و شكل و تركيب البلورات و المعادن المختلفة و التغير الحادث للبلورات نتيجة التلف.

يستخدم جهاز لتجفيف الماء من العينات (صورة رقم ١٥٦)، ثم يستخدم جهاز تبخير العينات لترسيب طبقة رقيقة من الذهب على سطح العينات لإعدادها للفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح (صورة رقم ١٥٧).

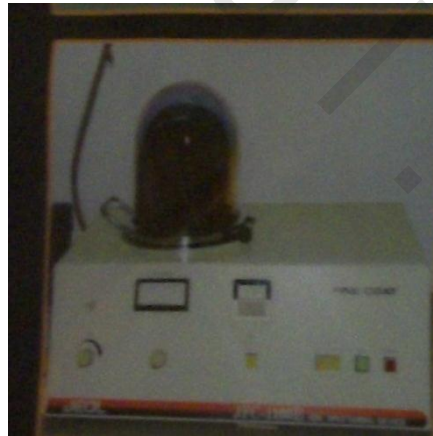
١ - عبد الناصر الزهراني: الموسم ١٤٢٦ هـ، مشروع ترميم العلا، تقرير مبدئي عن ترميم موقعي دادان) الخريبة (قرح) المايبات (في منطقة العلا، ص ٥.



(صورة : ١٥٤) توضح جهاز الميكروسكوب الإلكتروني (صورة: ١٥٥) توضح التحليل الطيفي للعناصر بالإشعة السينية.



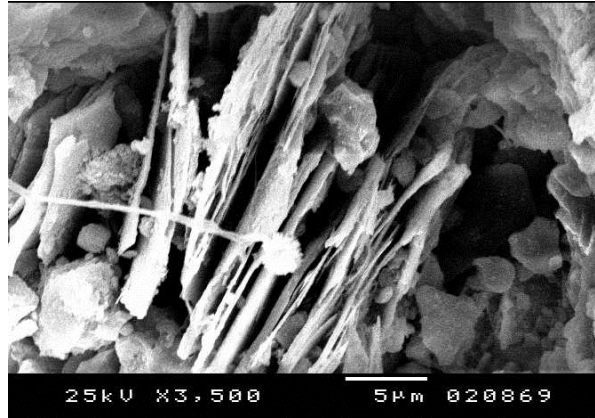
(صورة: ١٥٦) توضح جهاز تجفيف الماء من العينات للإعداد للفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح.



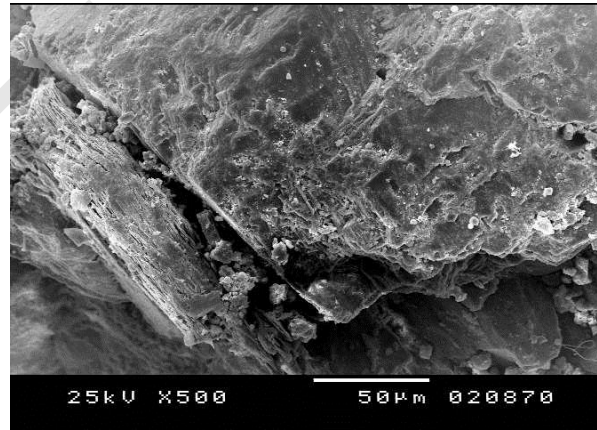
(صورة: ١٥٧) توضح جهاز تبخير العينات لترسيب طبقة رقيقة من الذهب على سطح العينات لإعدادها للفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح.

(تصوير الباحثة)

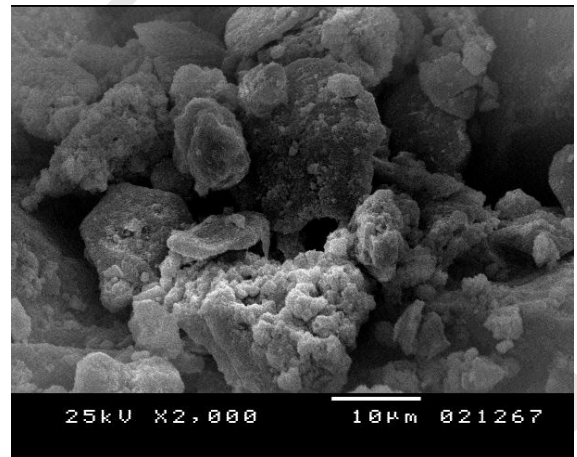
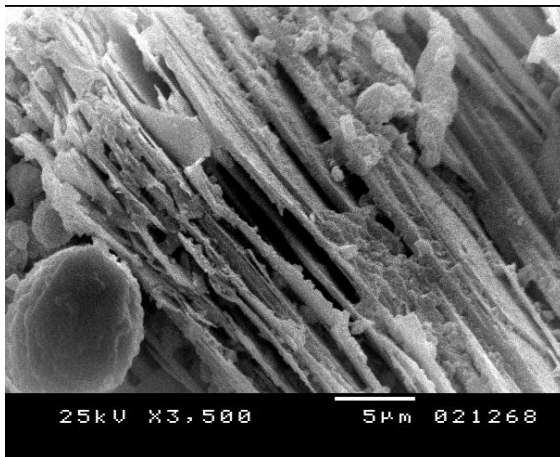
الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح لعينة S1 بوابة الفنار بالرصيف الشرقي لقلعة قايتباي:



(صورة: ١٥٨) يتضح من الصورة لعينة من الجرانيت S1 من بوابة الفنار بالرصيف الشرقي لقلعة قايتباي الصفائح لمعدن الفلسبار (قوة تكبير 3,500 X).



(صورة: ١٥٩) يتضح من الصورة لعينة من الجرانيت S1 من بوابة الفنار بالرصيف الشرقي لقلعة قايتباي تشوه النسيج السطحي للعينة (قوة تكبير 500X).



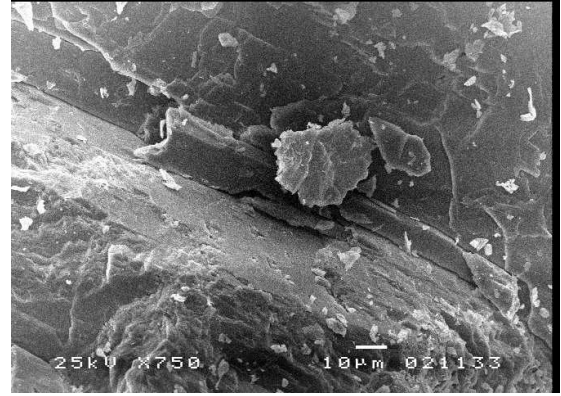
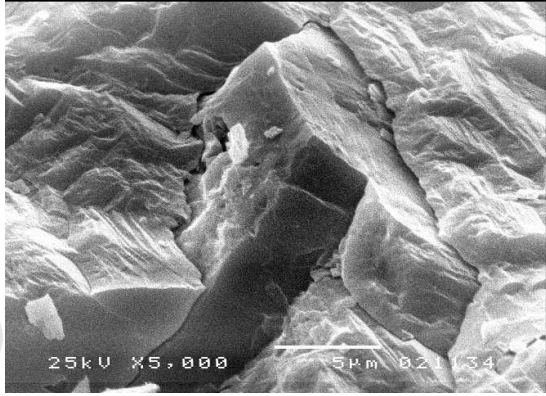
(صورة: ١٦١) (قوة تكبير 3,500X).

(صورة: ١٦٠) (قوة تكبير 2,000X)

يتضح من الصورتين لعينة من الجرانيت S1 من بوابة الفنار بالرصيف الشرقي لقلعة قايتباي أن العينة في حالة شديدة من التلف كما أدت التجوية الملحية في ظروف رطوبة إلى تميو معادن الفلسبار و تحويلها إلى معادن طينية، كما يتضح بالعينة وجود ملح الهاليت NaCl و هذا ما يؤكد تحليل الـ EDX.

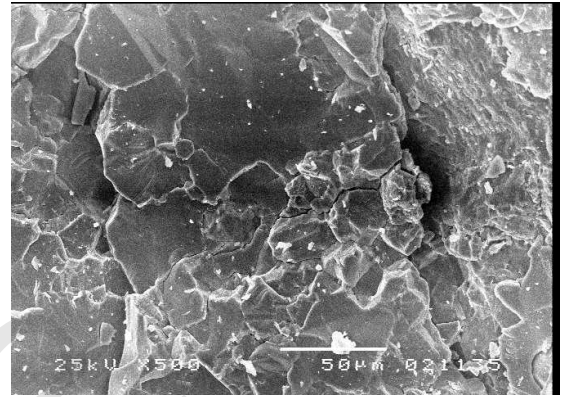
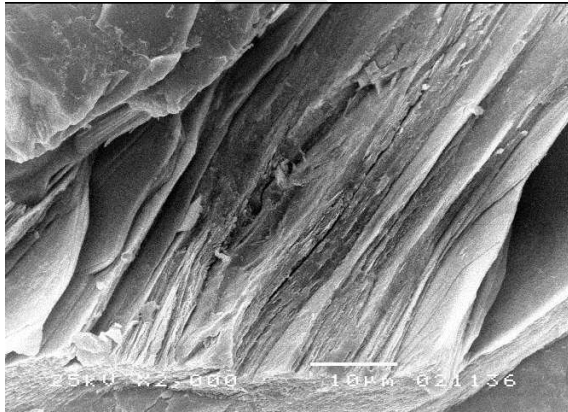
obeykandi.com

الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح لعينة S3 a التابعة للصرح الموجود بالمرسح الروماني :



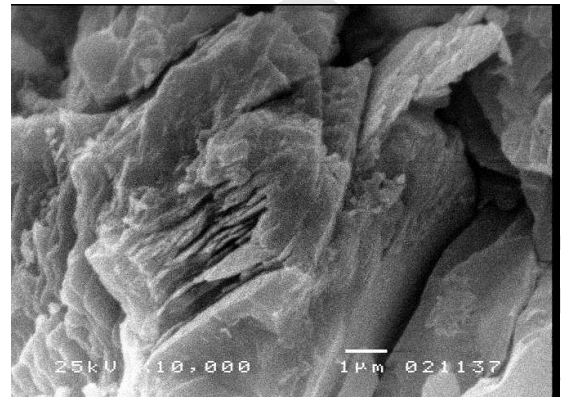
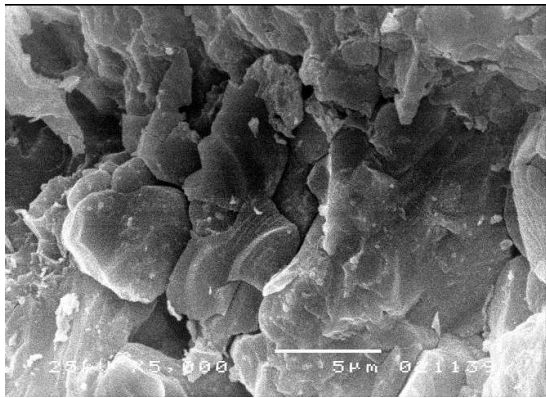
(صورة : ١٦٧) يتضح من الصورة للعينة الجرانيتية S3 a أن معادن الكوارتز تتميز بحواف مستقيمة وقلّة ما بها من تشوهات، ويتضح وجود بعض الفواصل في العينة مما يدل على تعرضها لبعض عوامل التجوية التي أثرت على بعض المناطق (قوة تكبير 5,000 X).

(صورة: ١٦٦) يتضح من الصورة للعينة الجرانيتية S3 a أن معدن الكوارتز يمثل المعدن الأساسي في العينة كما يتضح وجود معادن الميكا (البيوتيت) (قوة تكبير 750X).



(صورة: ١٦٩) يتضح من الصورة للعينة الجرانيتية S3 a وجود معدن الكوارتز و تلف و تشوه معادن الميكا و تحول معادن الفلسبارات إلى معادن طينية (قوة تكبير 2,000 X).

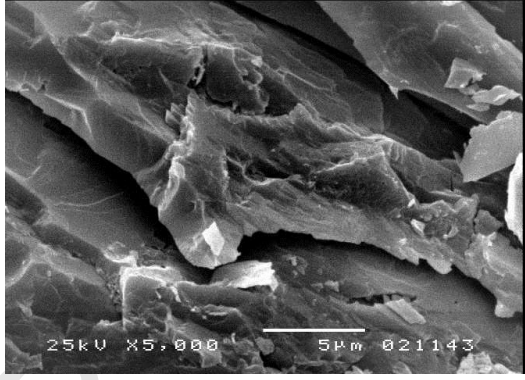
(صورة: ١٦٨) يتضح للعينة S3 a تأثير معادن الميكا بالتجوية في شكل شروخ دقيقة كما يتضح بداية تحليل معادن الفلسبار و تحولها لمعادن طينية (قوة تكبير 500X).



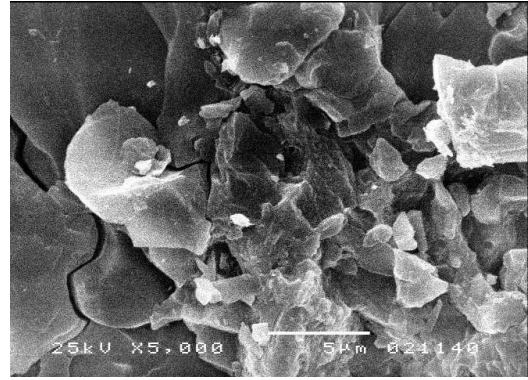
(صورة : ١٧١) (قوة تكبير 5,000X).

(صورة: ١٧٠) (قوة تكبير 10,000 X).

يتضح من الصورتين للعينة الجرانيتية S3 a تلف و تشوه معادن الميكا و تحول معادن الفلسبارات إلى معادن طينية .

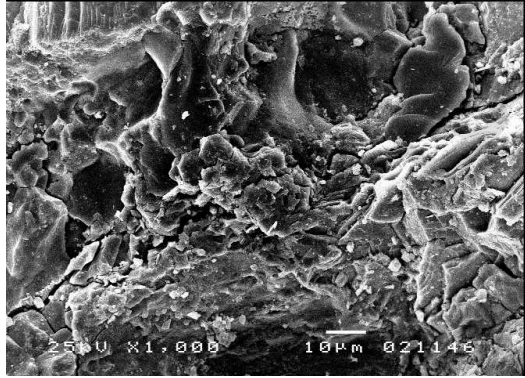


(صورة: ١٧٣) يتضح من الصورة للعينة الجرانيتية S3 a تلف و تشوه معادن الميكا و تحول معادن الفلسبارات إلى معادن طينية (قوة تكبير 5,000 X).



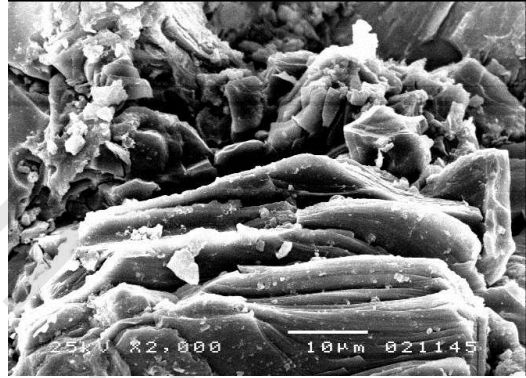
(صورة: ١٧٢) يتضح من الصورة للعينة الجرانيتية S3 a وجود معدن الكوارتز و تلف و تشوه معادن الميكا و تحول معادن الفلسبارات إلى معادن طينية (قوة تكبير 5,000X).

الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح لعينة S3 b الصرح الموجود بالمرشح الروماني :



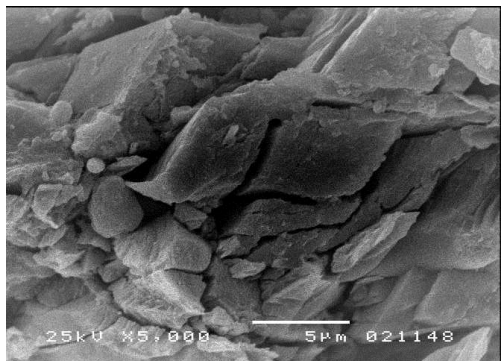
(صورة: ١٧٥) يتضح من الصورة للعينة الجرانيتية S3 b

التشوهات الشديدة لعينة الجرانيت و تفتت معادن الكوارتز و تآكل حوافها نتيجة عوامل التجوية، كما يتضح تحول معادن الفلسبار بالعينة إلى معادن طينية، كما يتضح أن عوامل التجوية كانت كبيرة بدرجة أحدثت تشققات واضحة بالعينة (قوة تكبير 1,000X).

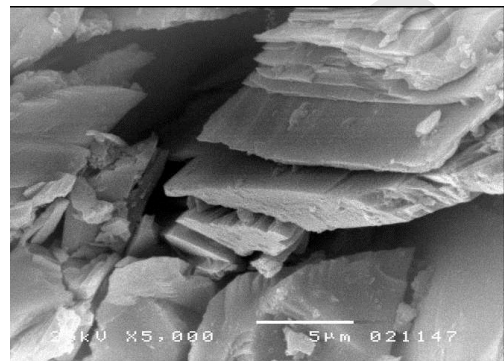


(صورة: ١٧٤) يتضح من الصورة للعينة الجرانيتية S3 b

وضوح ظاهرة التقشر و الصفائح و الانفصالات لمعادن الفلسبار بالعينة (قوة تكبير 2,000 X).

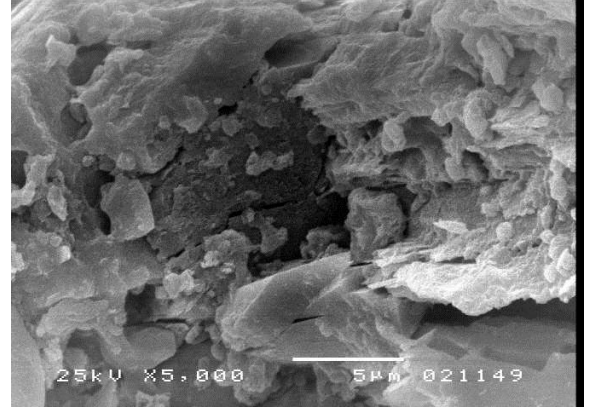
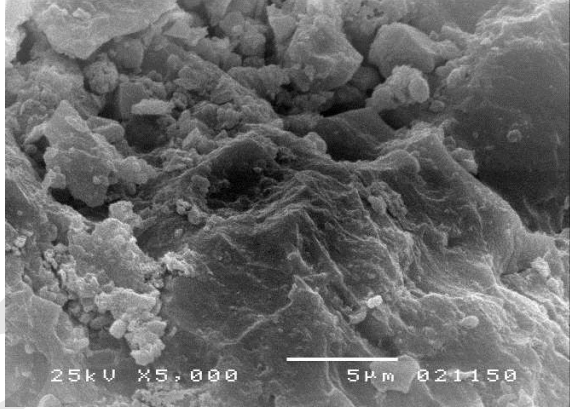


(صورة : ١٧٧) (قوة تكبير 5,000 X).



(صورة : ١٧٦) (قوة تكبير 5,000X).

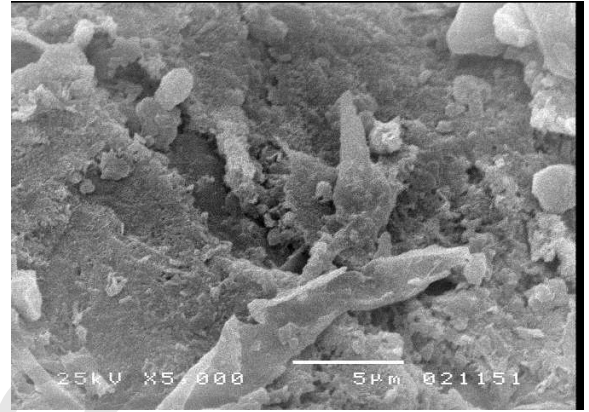
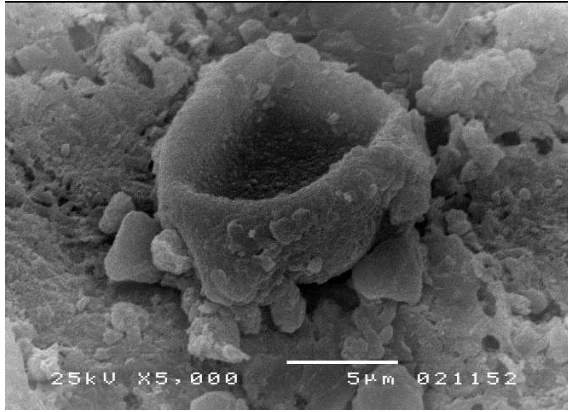
يتضح من الصورتين للعينة الجرانيتية S3 b التابعة للصرح الموجود بالمرشح الروماني وضوح ظاهرة التقشر و الصفائح و الانفصالات لمعادن الفلسبار بالعينة.



(صورة : ١٧٩) (قوة تكبير 5,000X).

(صورة : ١٧٨) (قوة تكبير 5,000 X).

يتضح من الصورتين للعينة الجرانيتية S3 b التابعة للصرح الموجود بالمرشح الرومانى وجود النقش لمعادن الفلسبار بالعينة و التحول لمعادن طينية

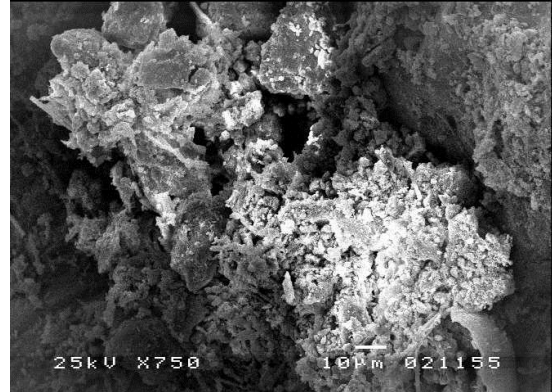
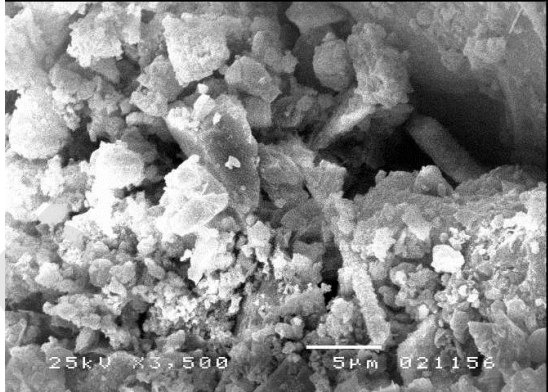


(صورة : ١٨١) (قوة تكبير 5,000X).

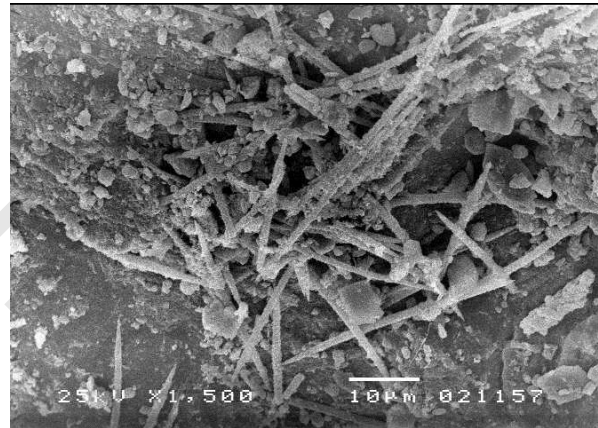
(صورة : ١٨٠) (قوة تكبير 5,000 X).

يتضح من الصورتين للعينة الجرانيتية S3 b التابعة للصرح الموجود بالمرشح الرومانى تحول معادن الفلسبار بالعينة لمعادن طينية.

الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح لعينة S3 C الصرح الموجود بالمرشح الروماني :

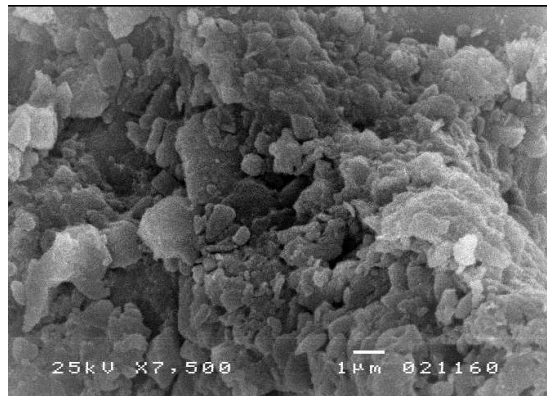


(صورة : ١٨٢) (قوة تكبير 750 X).
(صورة : ١٨٣) (قوة تكبير 3,500 X).
يتضح من الصورتين التشوهات الشديدة لعينة الجرانيت S3 C التابعة للصرح الموجود بالمرشح الروماني نتيجة عمليات التجوية، كما يتضح تحول معادن الفلسبار بالعينة إلى معادن طينية.



(صورة : ١٨٤) (قوة تكبير 1,500X).
(صورة : ١٨٥) (قوة تكبير 750 X).

يتضح من الصورتين الطور الأبرى للأملاح المتبلورة على العينة الجرانيتية S3 C التابعة للصرح الموجود بالمرشح الروماني و يعزى ذلك في الغالب إلى أملاح الكلوريدات.



(صورة : ١٨٦) يتضح من الصورة للعينة الجرانيتية S3 C التابعة للصرح الموجود بالمرشح الروماني تحول معادن الفلسبار بالعينة لمعادن طينية (قوة تكبير 7,500 X).

نتائج الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح :

- تم فحص عدد ١ عينة من أطار بوابة الفنار اليمنى S1 الموجودة بالرصيف الشرقي لقلعة قيتباي (من صورة رقم ١٥٨ إلى صورة ١٦١) و يتضح تشوه النسيج السطحي للعينة و وجود الصفائح لمعدن الفلسبار ، كما يتضح أن العينة في حالة شديدة من التلف حيث أدت التجوية الملحية في ظروف رطبة إلى تميؤ معادن الفلسبار و تحويلها إلى معادن طينية، كما يتضح بالعينة وجود ملح الهاليت NaCl و هذا ما يؤكد تحليل الـ EDX.

- فحص عدد ١ عينة من قاعدة التمثال S2 الموجودة بالمتحف البحري (من صورة رقم ١٦٢ إلى صورة رقم ١٦٥) و يتضح بها المكونات الأساسية لعينة الجرانيت و يظهر بها بللورات ملحية منتشرة على سطح الحبيبات و أنتشار المسام بصورة كبيرة في نسيج العينة و ذلك نتيجة لعمليات التجوية التي أدت إلى التفكك و التدهور.

- فحص ٣ عينات من الصرح S3 التابع لبوابة معبد أيزيس الموجود بالمرسح الروماني حيث قسمت العينات إلى a) S3 ، S3 b ، S3 C.

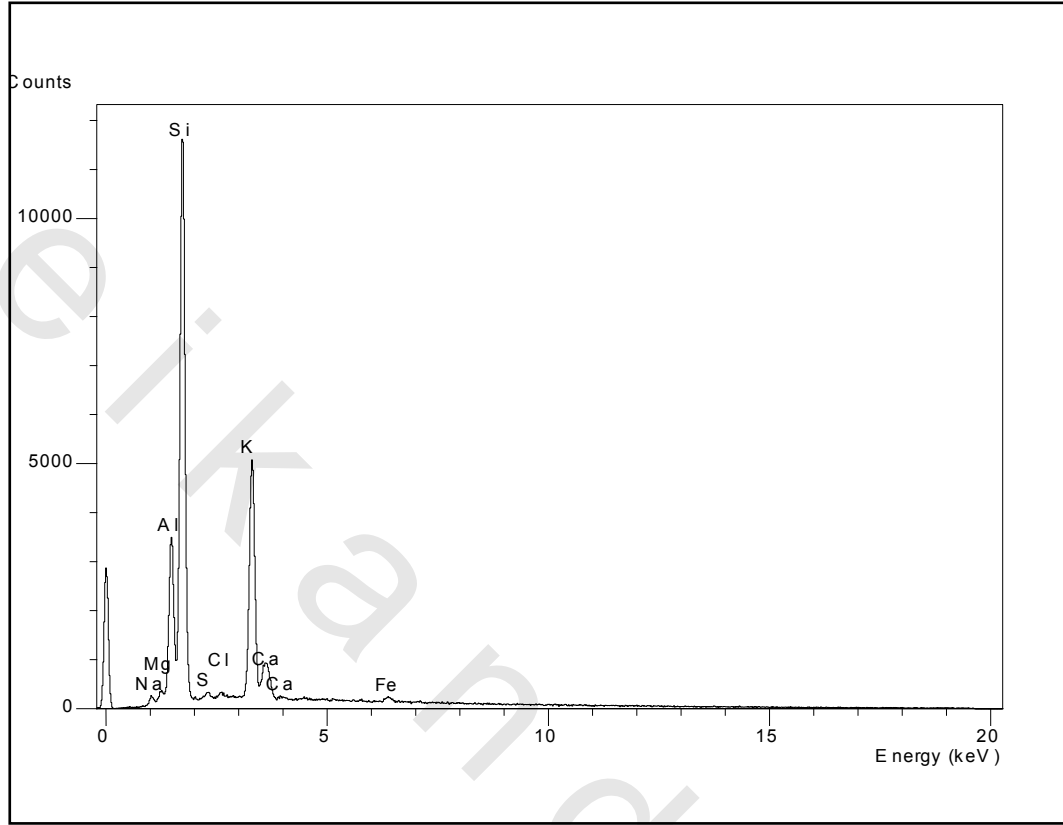
- يتضح من العينة الأولى S3 a (من صورة رقم ١٦٦ إلى صورة رقم ١٧٣) أن معدن الكوارتز يمثل المعدن الأساسي في العينة، كما يتضح وجود معادن الميكا (البيوتيت)، كما أن معادن الكوارتز تتميز بحواف مستقيمة و قلة ما بها من تشوهات، كما يتضح وجود بعض الفواصل في العينة مما يدل على أن العينة تعرضت لبعض عوامل التجوية التي أثرت على بعض المناطق، مع وجود تلف و تشوه في معادن الميكا و تحول معادن الفلسبارات إلى معادن طينية.

- يتضح من العينة الثانية S3 b (من صورة رقم ١٧٤ إلى صورة رقم ١٨١) التشوهات الشديدة لعينة الجرانيت و تفتت معادن الكوارتز و تآكل حوافها نتيجة عوامل التجوية، كما يتضح بوضوح ظاهرة التقشر و الصفائح و الانفصالات لمعادن الفلسبار بالعينة و تحول معادن الفلسبار بالعينة إلى معادن طينية، كما يتضح أن عوامل التجوية كانت كبيرة بدرجة أحدثت تشققات واضحة بالعينة.

- يتضح من العينة الثالثة S3 C (من صورة رقم ١٨٢ إلى صورة رقم ١٨٦) التشوهات الشديدة للعينة نتيجة عمليات التجوية، كما يتضح تحول معادن الفلسبار بالعينة إلى معادن طينية ، كما يتضح الطور الأبرى للأملاح المتبلورة على العينة و يعزى ذلك في الغالب إلى أملاح الكلوريدات.

رابعاً : التحليل بواسطة وحدة EDX الملحقة بالميكروسكوب الإلكتروني :

- التحليل بوحدة EDX لعينة الجرانيت S1 التابعة لبوابة الفناء :



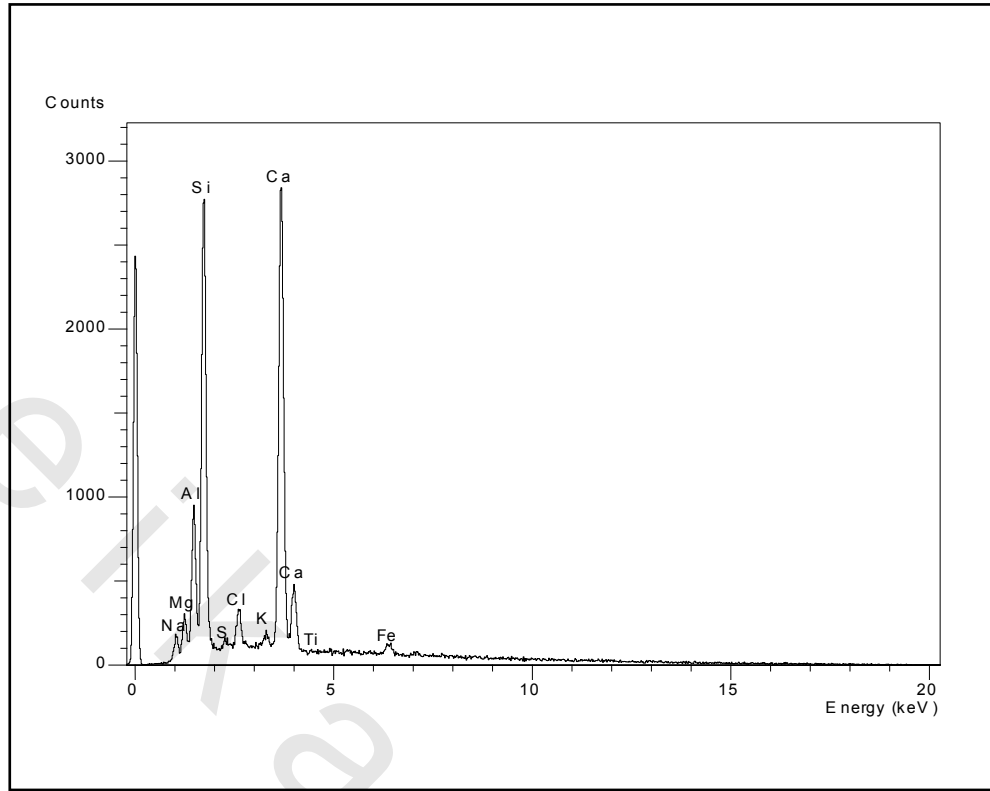
(شكل رقم ٦١) التحليل للعناصر بالأشعة السينية EDX لعينة الجرانيت S1 التابعة لبوابة فناء الإسكندرية

Label	Range (keV)	Gross	Net	% total
NaKa1,	0.947 to 1.148	1943	629	0.6
AlKa	1.388 to 1.587	23418	13986	13.4
SiKa	1.628 to 1.847	76796	58058	55.6
SKa	2.188 to 2.428	3571	614	0.6
ClKa	2.507 to 2.747	3694	178	0.2
KKa	3.188 to 3.447	37969	28897	27.7
CaKa	3.568 to 3.828	8939	1113	1.1
CaKb	3.888 to 4.148	3110	212	0.2
FeKa	6.247 to 6.568	3199	819	0.8

جدول رقم (١٤) التحليل بوحدة E.D.X لعينة الجرانيت S1 التابعة لبوابة الفناء

من خلال تحليل عينة الجرانيت S1 التابعة لبوابة الفناء (شكل رقم ٦١) و (جدول رقم ١٤) تبين أن العينة تتكون من السليكون بنسبة ٥٥,٦% ، البوتاسيوم ٢٧,٧% ، الألومنيوم ١٣,٤% نتيجة لتحول الفلسبار لمعادن طينية بالإضافة إلى الكالسيوم ١,١% و ٠,٢% ، الصوديوم ٠,٦% و هي قابلة للذوبان على هيئة الكلورين ٠,٢% كعناصر أساسية في الطين، مع وجود الحديد ٠,٨% و الكبريت ٠,٦% كشوائب في العينة.

- التحليل بوحدة EDX لعينة الجرانيت S2 التابعة لقاعدة التمثال الموجودة بالمتحف البحرى:



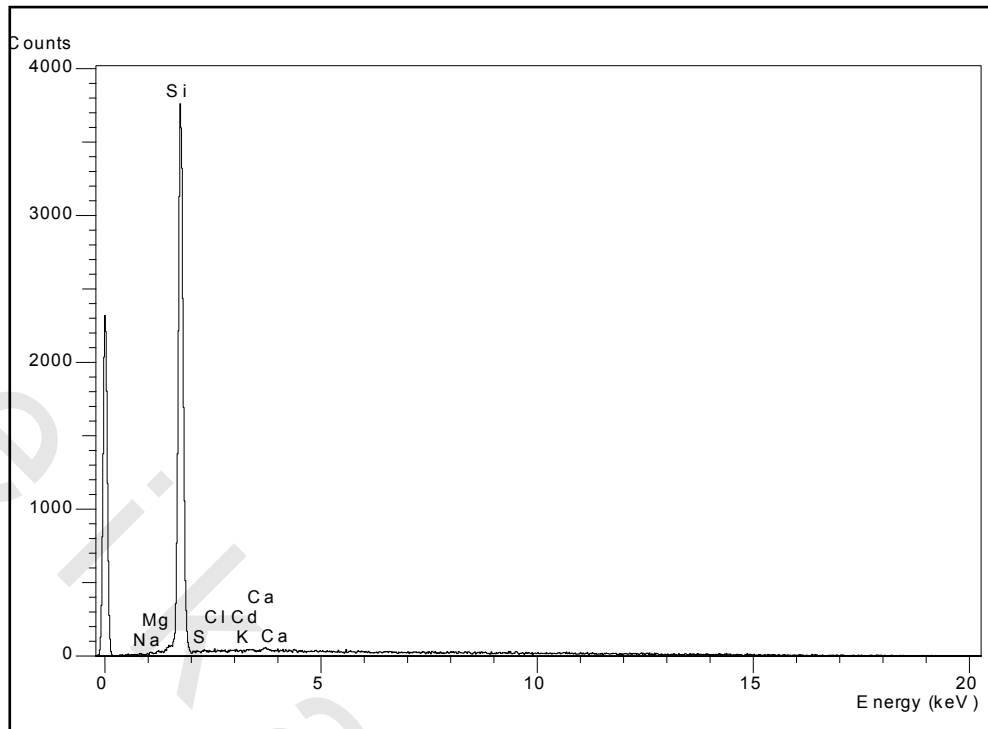
(شكل رقم ٦٢) التحليل للعناصر بالأشعة السينية EDX لعينة الجرانيت S2 التابعة للقاعدة الموجودة بالمتحف البحرى.

Label	Range (keV)	Gross	Net	% total
NaKa1,	0.947 to 1.128	1183	543	1.4
MgKa1,	1.148 to 1.347	2122	923	2.4
AlKa	1.388 to 1.587	6039	3597	9.2
SiKa	1.628 to 1.847	18367	13777	35.1
SKa	2.188 to 2.428	1680	159	0.4
ClKa	2.507 to 2.747	2938	1248	3.2
KKa	3.188 to 3.447	2088	380	1.0
CaKa	3.568 to 3.828	21260	16122	41.1
CaKb	3.888 to 4.148	4009	2028	5.2
TiKa	4.367 to 4.648	1191	59	0.1
FeKa	6.247 to 6.568	1650	401	1.0

جدول رقم (١٥) التحليل بوحدة E.D.X لعينة الجرانيت S2 التابعة للقاعدة

من خلال تحليل عينة الجرانيت S2 الخاصة بالقاعدة الموجودة بالمتحف البحرى (شكل رقم ٦٢) و (جدول رقم ١٥) تبين أن العينة تتكون من عناصر الكالسيوم بنسبة ١,٤% ، السليكون ٣٥,١% ، الألومنيوم ٩,٢% نتيجة لتحول الفلسبار لمعادن طينية بالإضافة للصوديوم ١,٤% ، والبوتاسيوم ١,٠% و هى قابلة للذوبان على هيئة كلورين ٣,٢% كعناصر أساسية فى الطين، مع وجود الماغنسيوم ٢,٤% و الحديد ١,٠% ربما لتحلل البيوتيت، مع وجود الكبريت ٠,٤% و التيتانيوم ٠,١% كشوائب فى العينة.

- التحليل بوحدة EDX لعينة الجرانيت S3 a التابعة للصرح الموجود بالمرشح الرومانى:



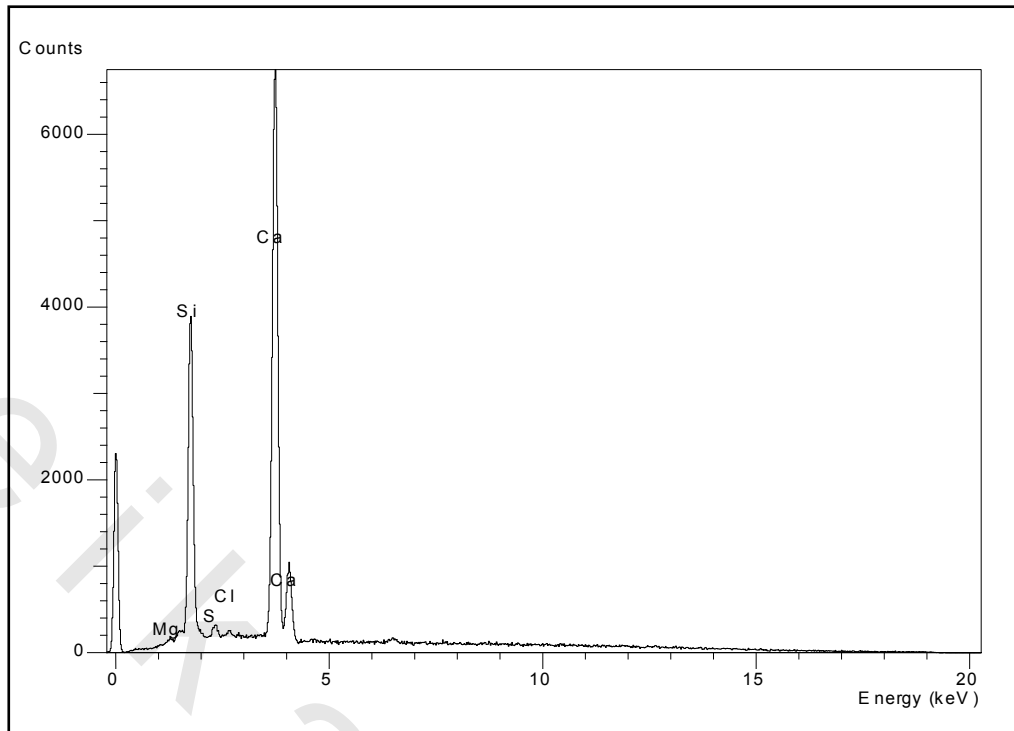
(شكل رقم ٦٣) التحليل للعناصر بالأشعة السينية EDX لعينة الجرانيت S3 a التابعة للصرح الموجود بالمرشح الرومانى

Label	Range (keV)	Gross	Net	% total
MgKa1,	1.168 to 1.347	279	39	0.2
SiKa	1.648 to 1.847	23714	15948	97.7
SKa	2.207 to 2.408	356	59	0.4
ClKa	2.507 to 2.727	422	32	0.2
KKa	3.188 to 3.428	505	89	0.5
CaKa	3.568 to 3.807	596	102	0.6
CaKb	3.888 to 4.148	508	53	0.3

جدول رقم (١٦) التحليل بوحدة EDX لعينة الجرانيت S3 a التابعة للصرح الموجود بالمرشح الرومانى

من خلال تحليل عينة الجرانيت S3 a التابعة للصرح الموجود بالمرشح الرومانى (شكل رقم ٦٣) و (جدول رقم ١٦) تبين أن العينة تتكون من عناصر السليكون بنسبة ٩٧,٧% كمكون أساسى فى العينة يليه الكالسيوم بنسبة ٠,٦% و ٠,٣% و البوتاسيوم بنسبة ٠,٥% يليه الكبريت بنسبة ٠,٤% كشوائب بالعينة ثم الماغنسيوم و الكلورين بنسبة ٠,٢% لكلاً منهما.

- التحليل بوحدة EDX لعينة الجرانيت S3 b التابعة للصرح الموجود بالمرشح الرومانى:



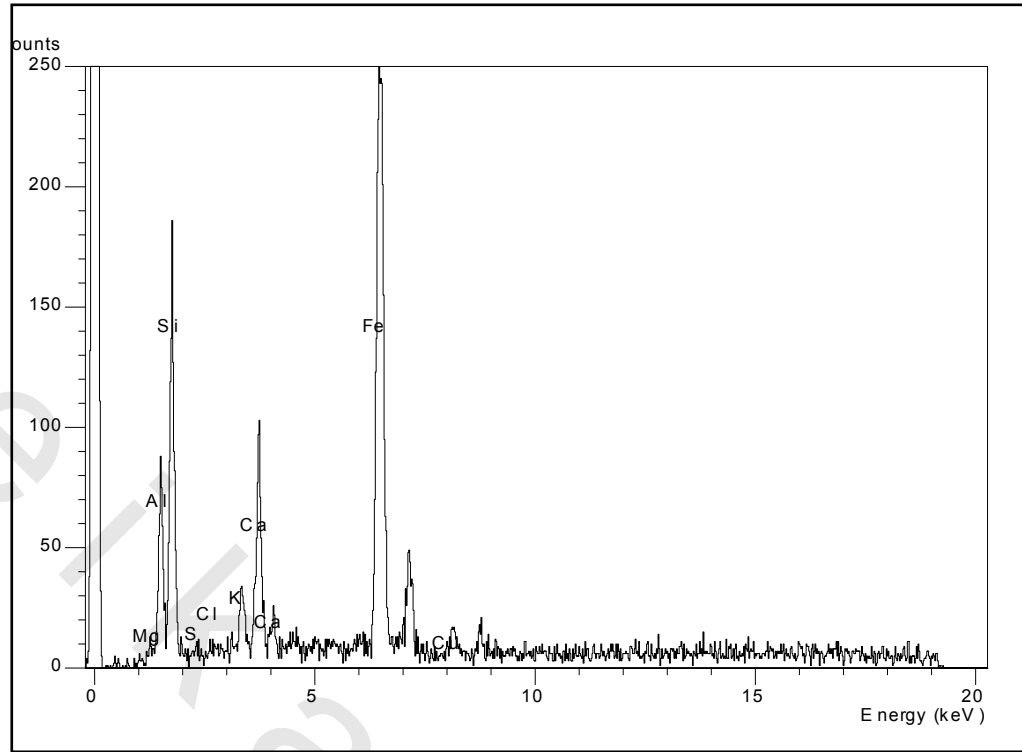
(شكل رقم ٦٤) التحليل للعناصر بالأشعة السينية EDX لعينة الجرانيت S3 b التابعة للصرح الموجود بالمرشح الرومانى .

Label	Range (keV)	Gross	Net	% total
MgKa1,	1.168 to 1.347	1416	126	0.3
SiKa	1.648 to 1.847	25765	16014	39.7
SKa	2.207 to 2.408	2886	428	1.1
ClKa	2.507 to 2.727	2654	140	0.3
CaKa	3.568 to 3.807	47834	21763	53.9
CaKb	3.888 to 4.148	8778	1911	4.7

جدول رقم (١٧) التحليل بوحدة EDX لعينة الجرانيت S3 b التابعة للصرح الموجود بالمرشح الرومانى

من خلال تحليل عينة الجرانيت S3 b التابعة للصرح الموجود بالمرشح الرومانى (شكل رقم ٦٤) و (جدول رقم ١٧) تبين أن العينة تتكون من عناصر الكالسيوم بنسبة ٣,٩% و ٤,٧% و السليكون بنسبة ٣٩,٧% كمعادن أساسية، يليه الكبريت بنسبة ١,١% كشوائب بالعينة ثم الماغنسيوم و الكلورين بنسبة ٠,٣% لكلاً منهما.

- التحليل بوحدة EDX لعينة الجرانيت S3 C التابعة للصرح الموجود بالمرح الروماني:



(شكل رقم ٦٥) التحليل للعناصر بالأشعة السينية EDX لعينة الجرانيت S3 C التابعة للصرح الموجود بالمرح الروماني

Label	Range (keV)	Gross	Net	% total
MgKa1,	1.168 to 1.347	69	24	1.3
AlKa	1.388 to 1.587	486	299	16.7
SiKa	1.648 to 1.847	974	606	33.8
SKa	2.207 to 2.408	77	17	0.9
ClKa	2.507 to 2.727	85	1	0.1
KKa	3.188 to 3.428	262	61	3.4
CaKa	3.568 to 3.807	641	329	18.3
CaKb	3.888 to 4.148	197	64	3.6
FeKa	6.247 to 6.548	2079	375	20.9
CuKa	7.887 to 8.208	172	19	1.1

جدول رقم (١٨) التحليل بوحدة EDX لعينة الجرانيت S3 C التابعة للصرح الموجود بالمرح الروماني

من خلال تحليل عينة الجرانيت S3 C التابعة للصرح الموجود بالمرح الروماني (شكل رقم ٦٥) و (جدول رقم ١٨) تبين أن العينة تتكون من عناصر السليكون بنسبة ٣٣,٨% و الحديد بنسبة ٢٠,٩% و الكالسيوم بنسبة ١٨,٣% و ٣,٦% و الألومنيوم بنسبة ١٦,٧% كمعادن أساسية ، يليه البوتاسيوم بنسبة ٣,٤% و الماغنسيوم بنسبة ١,٣% و النحاس بنسبة ١,١% ثم الكبريت بنسبة ٠,٩% و الكلورين بنسبة ٠,١%.

و من نتائج التحليل بوحدة EDX يتضح :

من خلال تحليل عينة الجرانيت S1 التابعة لبوابة الفناء تبين أن العينة تتكون من السليكون بنسبة ٥٥,٦% ، البوتاسيوم ٢٧,٧% ، الألومنيوم ١٣,٤% نتيجة لتحول الفلسبار لمعادن طينية بالإضافة إلى الكالسيوم ١,١% و ٠,٢% ، الصوديوم ٠,٦% و هي قابلة للذوبان على هيئة الكلورين ٠,٢% كعناصر أساسية في الطين، مع وجود الحديد ٠,٨% و الكبريت ٠,٦% كشوائب في العينة.

من خلال تحليل عينة الجرانيت S2 الخاصة بالقاعدة الموجودة بالمتحف البحري تبين أن العينة تتكون من عناصر الكالسيوم بنسبة ٤١,١% ، السليكون ٣٥,١% ، الألومنيوم ٩,٢% نتيجة لتحول الفلسبار لمعادن طينية بالإضافة للصوديوم ١,٤% ، و البوتاسيوم ١,٠% و هي قابلة للذوبان على هيئة كلورين ٣,٢% كعناصر أساسية في الطين، مع وجود الماغنسيوم ٢,٤% و الحديد ١,٠% ربما لتحلل البيوتيت، مع وجود الكبريت ٠,٤% و التيتانيوم ٠,١% كشوائب في العينة.

من خلال تحليل عينة الجرانيت S3 a التابعة للصرح الموجود بالمرشح الرومانى تبين أن العينة تتكون من عناصر السليكون بنسبة ٩٧,٧% كمكون أساسى فى العينة يليه الكالسيوم بنسبة ٠,٦% و ٠,٣% و البوتاسيوم بنسبة ٠,٥% يليه الكبريت بنسبة ٠,٤% ثم الماغنسيوم و الكلورين بنسبة ٠,٢% لكلاً منهما.

من خلال تحليل عينة الجرانيت S3 b التابعة للصرح الموجود بالمرشح الرومانى تبين أن العينة تتكون من عناصر الكالسيوم بنسبة ٥٣,٩% و ٤,٧% و السليكون بنسبة ٣٩,٧% كمعادن أساسية ، يليه الكبريت بنسبة ١,١% ثم الماغنسيوم و الكلورين بنسبة ٠,٣% لكلاً منهما.

من خلال تحليل عينة الجرانيت S3 C التابعة للصرح الموجود بالمرشح الرومانى تبين أن العينة تتكون من عناصر السليكون بنسبة ٣٣,٨% و الحديد بنسبة ٢٠,٩% و الكالسيوم بنسبة ١٨,٣% و ٣,٦% و الألومنيوم بنسبة ١٦,٧% كمعادن أساسية ، يليه البوتاسيوم بنسبة ٣,٤% و الماغنسيوم بنسبة ١,٣% و النحاس بنسبة ١,١% ثم الكبريت بنسبة ٠,٩% و الكلورين بنسبة ٠,١%.

خامساً: التركيب الكيميائي للعينات (Gr تعنى جرانيت & LM تعنى المواد الكلسية):

جدول رقم (١٩) يوضح العناصر الأساسية لعينات الجرانيت و التكلسات البحرية موضوع الدراسة

	S1 a	S1 b	(A30) S1	(A32) S2	S4 a	S4 b
SiO ₂	70.97	68.38	70.45	72.17	3.31	1.55
TiO ₂	0.45	0.36	0.23	0.68	0	0
Al ₂ O ₃	14.36	16.02	16.03	14.37	0.38	0.17
Fe ₂ O ₃	3.43	2.08	1.58	4.03	0.33	0.2
MnO	0.06	0.03	0.02	0.03	0	0
MgO	0.35	0.29	<0.5	<0.5	1.18	1.45
CaO	2.61	1.58	1.05	1.76	49.97	47.97
Na ₂ O	3.88	3.03	2.24	3.18	0.59	0.55
K ₂ O	2.36	6.63	7.91	2.79	0.1	0.09
P ₂ O ₅	0.12	0.09	0.49	0.98	0.32	0.07

يوضح (جدول رقم ١٩) التركيب الكيميائي لعينات الجرانيت التي أمكن الحصول عليها و تمثل العينة S1 و S1 a العينات الخاصة بأطوار بوابة الفنار اليمنى الموجودة على الرصيف الغربى للميناء الشرقى و هى كما سبق الذكر مقسمة إلى نصفين، العينة رقم S1 a تم أخذها من القطعة الأولى و العينة رقم S1 b تم أخذها من القطعة الثانية، أما العينة S1 (A30) فهي العينة التي قامت بعثة الدراسات السكندرية بأختبارها، و يتضح من التحليل فى العينات الثلاثة ارتفاع نسبة الكوارتز يليه أكاسيد الألومنيوم كمكونات أساسية بالإضافة إلى أكاسيد الكالسيوم ، الصوديوم و البوتاسيوم ، حيث نجد أن نسبة البوتاسيوم مرتفعة فى العينة رقم S1 b و العينة رقم S1 (A30) بينما نجد نسبة البوتاسيوم أقل فى العينة رقم S1 a.

كما يتضح وجود معدن الهيماتيت Fe₂O₃ الذى نجده بنسبة أكبر فى العينة S1 a و بنسبة أقل فى العينة S1 b و تقل النسبة فى العينة S1 (A30) ، مع وجود نسب قليلة من أكاسيد الماغنسيوم، المنجنيز ، الفسفور و التيتانيوم.

أما بالنسبة للعينة S2 (A32) الخاصة بالقاعدة الموجودة بالمتحف البحرى و التي قامت البعثة الفرنسية بعمل التحليل الكيميائي لها حيث لم تتمكن الباحثة من إجراء ذلك الأختبار عليها فلاحظ نسبة الكوارتز العالية تليها أكاسيد الألومنيوم كمكونات أساسية بالإضافة إلى أكاسيد الكالسيوم ، الصوديوم و البوتاسيوم، و نجد هنا أن نسبة البوتاسيوم قريبة من العينة رقم S1 a .

كما يتضح وجود الهيماتيت بنسبة مرتفعة مثل العينة S1 a و بنسبة أعلى، مع وجود نسب قليلة من أكاسيد الماغنسيوم، المنجنيز ، الفسفور و التيتانيوم.

أما التركيب الكيميائي (جدول رقم ١٩) لعينة رقم S4 a و التي تمثل أصداف صغيرة كلسية التركيب و العينة رقم S4 b و التي تمثل تكلسات جبيرية و حشف، فنجد أن أكسيد الكالسيوم يمثل أعلى نسبة فى العينتين، يليه أكاسيد السليكا ثم الماغنسيوم بنسب صغيرة جداً بالإضافة لنسب شديدة الصغر من أكاسيد الماغنسيوم، المنجنيز و الفسفور .

سادساً: التركيب المعدني لعينات الجرانيت:

جدول رقم (٢٠) يوضح التركيب المعدني لعينتين من بوابة الفنار الموجودة بالرصيف الغربى للميناء الشرقى

	S1 a	S1 b
Orthoclase	12.804	38.269
Albite	32.864	25.664
Anorthite	12.160	7.248
Quartz	34.103	22.226
Apatite	0.283	0.212
Hematite	3.430	2.080
Ilmenite	0.428	0.342
Biotite	1.651	1.312
Amphibole	0.000	0.000
Corundum	0.947	1.201
Rest	-0.080	-0.064
Sum	98.590	98.490

من خلال (جدول رقم ٢٠) تحتوى العينة رقم **S1 a** على نسبة لا بأس بها من معدن الكوارتز بالإضافة إلى نسبة مرتفعة نسبياً من معادن الفلسبارات البوتاسية ممثلة في معدن الأرتوكليز و الفلسبارات الصودية ممثلة في معدن الألبيت و الأرثورثيت، و هذا يؤكد ارتفاع نسبة الفلسبارات البلاجيوكليز في العينة عن الفلسبارات البوتاسية.

كما تحتوى العينة رقم **S1 b** على نسبة أقل من معدن الكوارتز، في حين ترتفع نسبة الفلسبارات البوتاسية و الفلسبارات الصودية (البلاجيوكليز) عن العينة رقم **S1 a**.

كما تحتوى العينة **S1 b** على نسبة من معدن الكورندم أعلى قليلاً من العينة **S1 a** ، و يتضح أن نسبة الفلسبارات و المواد الصلبة (مثل الكورندم) في العينة رقم **S1 b** أعطتها صلابة نسبياً أعلى من العينة رقم **S1 a**، أما نسبة الأكاسيد في العينتين فهي متقاربة.

و لقد قامت بعثة المعهد الفرنسى بدراسة العناصر الأرضية النادرة (REEs) في القطعتين **S1 (A30)** و **القطعة S2 (A32)**،^(١) و هى مجموعة من العناصر ذات الخصائص الكيميائية الشديدة التشابه، و يرجع ذلك إلى تماثل أشعاعها الأيونى و تكوينها الذرى، فهى تلعب دوراً هاماً فى الدراسات الجيوكيميائية ، حيث أن توزيعها فى القشرة و الغلاف الأرضى يساهم فى توضيح العمليات التطورية للدورات الجيولوجية، توفر معلومات عن اشتقاق و تأريخ الصخور النارية (جدول رقم ٢١).^(٢)

1- Dessandier D., Akarish A., Antonelli F., Lazzarini L., Leroux L., Nageh A., Soeib A. & Varti-Matarangas M. : July 2008, Atlas of Stones Light house of Alexandria Lighthouse, the supreme council of antiquities, Final report ,Egypt.

2- El-Taher A.: RARE EARTH ELEMENTS IN EGYPTIAN GRANITE BY INSTRUMENTAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, Proceedings of the 2nd Environmental Physics Conference, 18-22 Feb. 2006, Alexandria, Egypt, p133.

	ppm part per mill.	(A30) S1	(A32) S2
Ba	Barium	1597	473
Ce	Cerium	110	819
Dy	Dysprosium	2.6	13
Er	Erbium	1.3	6
Eu	Europium	2	3.2
Ga	Gallium	22	30
Gd	Gadolinium	3.9	21
Hf	Hafnium	4.1	11
Ho	Holmium	0.4	2
La	Lanthanum	58	430
Lu	Lutetium	0.2	0.7
Nb	Niobium	11	46
Nd	Neodymium	37	271
Pb	Lead	22	19
Pr	Praseodymium	11	84
Rb	Rubidium	142	82
Sm	Samarium	5.7	35
Sn	Tin	1.2	4.4
Sr	Strontium	207	171
Ta	Tantalum	0.4	2.1
Tb	Terbium	0.5	2.6
Th	Thorium	8.4	78
Tm	Thulium	0.2	0.8
Y	Yttrium	12	58
Yb	Ytterbium	1.2	5
Zn	Zinc	37	93
Zr	Zirconium	171	455

(جدول : ٢١) يوضح محتوى العناصر النادرة للقطعة S1 (A30) و القطعة S2 (A32) كما أوضحتها بعثة المركز الفرنسي للدراسات السكندرية.^(١)

1- Dessandier D., Akarish A., Antonelli F., Lazzarini L., Leroux L., Nageh A., Soeib A. & Varti-Matarangas M. :op. cit.

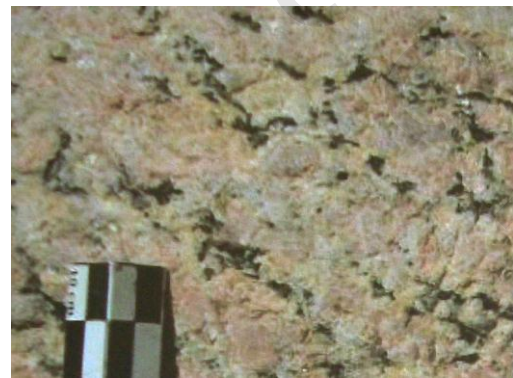
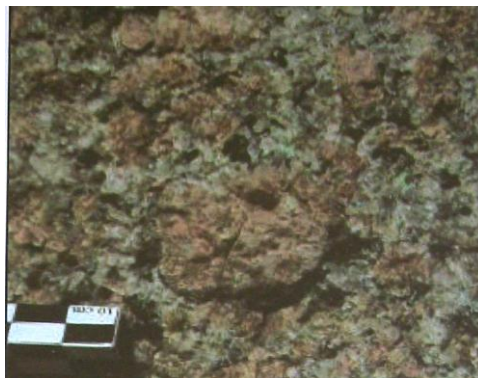
- التشابه ما بين العينة A30 (العُضد الأيمن لبوابة الفنار S1) و منطقة الشلال :

(جدول : ٢٢) يوضح التشابه ما بين العينة A30 و منطقة الشلال

Minerals	Samples of granodiorite – tybe (a)- from El Shellel Road quarries		Sample A30 "right jamb"
	III	IV	
Quartz	28.74	23.49	28.20
Orthoclase	12.74	13.97	13.67
Microcline	28.74	36.87	28.40
Plagioclase	18.88	17.69	17.80
Hornblende	4.00	2.38	3.78
Biotite	5.60	3.88	5.80
Accessory minerals	1.60	1.72	2.35
Total	100	100	100
IUGS Classification	Syenogranite	Syenogranite	Syenogranite

قامت بعثة المركز الفرنسى للدراسات السكندرية بجمع ٤٢ عينة جرانيت وردى من ضمنها العينة A30 تم دراستها بيتروجرافيكياً ، و تم عمل thin-sections لعدد من العينات و تم فحصها بالميكروسكوب المستقطب polarizing optic microscope المزدود بوحدة عد ميكانيكية .

فالنسبة لعينات الجرانيت الوردى التى تم دراستها من قبل البعثة و التى تنتمى إليها القطعة S1 A30 الخاصة ببوابة الفنار السابقة الذكر موضوع الدراسة ، فلقد أثبتت الدراسة الميجاسكوبية megascopically (صورة رقم ١٨٧) أن العينات هى خشنة الحبيبات "يتألف حجم الحبيبات بين ٥ مم إلى ٣ سم" إلى شديدة الخشونة "حجم الحبيبات > ٣سم" يظهر به اللون الوردى أكثر أو أقل بريقاً. الحبيبات المرئية هى فلسبارات قلبية خشنة " وردية إلى حمراء " ، البلاجيوكليزات بيضاء لبنية اللون milk-white ، الكوارتز شفاف إلى نصف شفاف translucent و تالأت سوداء قليلة من البيوتيت.

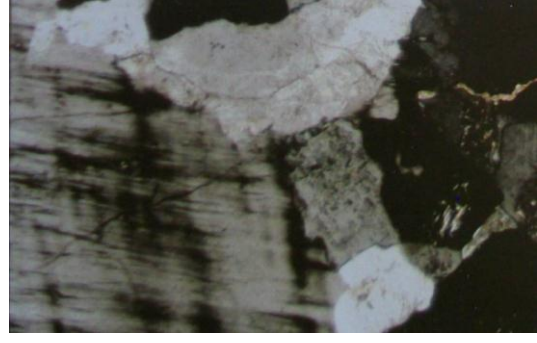
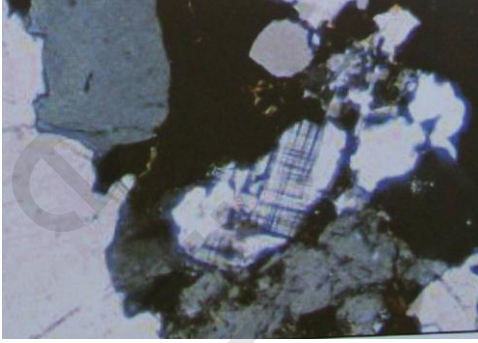


(صورة: ١٨٧) توضح صور مكبرة للجرانيت الوردى الخشن حيث يظهر الجرانيت الوردى الفاتح فى الصورة اليمنى و الجرانيت الوردى الأكثر حمرة فى الصورة اليسرى.

و طبقاً للفحص الميكروسكوبى يظهر نسيج بورفيرى porphyritic ، الفينو كريستات بصورة رئيسية هى فلسبارات قلوية كبيرة " ميكروكلين- أورثوكليز " يصل إلى ٤ سم طولاً (صورة رقم ١٨٨).

العناصر المعدنية السائدة تتكون من بلورات فلسبارات أصغر، كوارتز و معادن فروماجنيسية " بيوتيت و هورنبلند " تملأ الفراغات بين الفينو كريستات.

كميات ضئيلة من السفين Sphene، الأباتيت Apatite، الألانيت Allanite، الزيكرون Zicron و معادن معتمة ممثلة كمعادن ملحقة أو مساعدة.



(صورة: ١٨٨) صور ميكروسكوبية (قوة تكبير 70X) لعينات من الجرانيت الوردى حيث يظهر النسيج البورفيرى و نرى فينو كريستات الميكروكلين فى الصورة اليمنى ، كما نرى الميكروكلين السائد فى الصورة اليسرى.

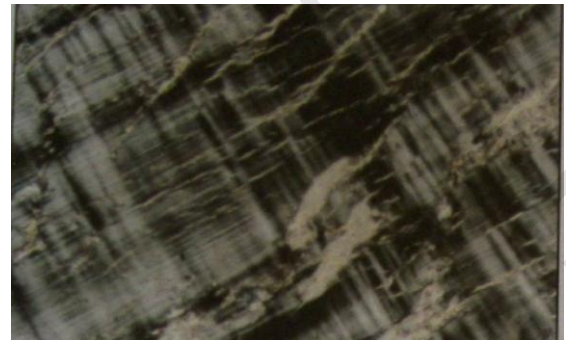
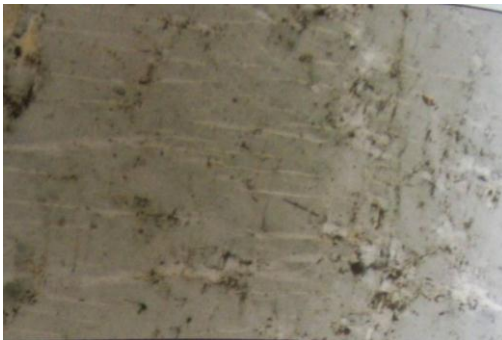
الفلسبارات

" فلسبارات قلوية و بلاجيوكليز " هى أكثر العناصر أهمية، الفلسبارات القلوية ممثلة بالميكروكلين و ميكروكلين بيرثيت microcline perthite، أورثوكليز و أورثوكليز بيرثيت orthoclase perthite.

يوجد الأورثوكليز كبلورات نقية نضرة subhedral (ناقصة الأوجه البلورية) إلى euhedral (كاملة الأوجه البلورية) ، تصل إلى ٣ سم طولاً، تظهر توأمة بسيطة و تحول جزئى لسريسييت sericite و لمعادن الطينية.

بيرثيتات الميكروكلين و الأورثوكليز تمت رؤيتها فى معظم الـ thin-sections التى تم فحصها.

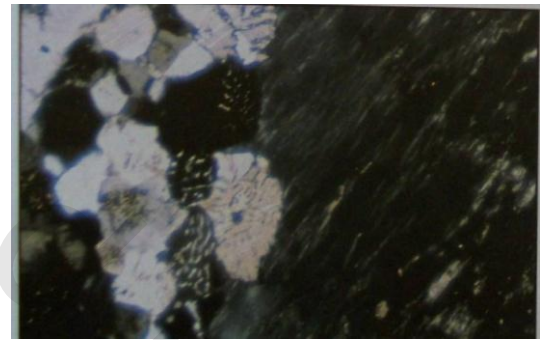
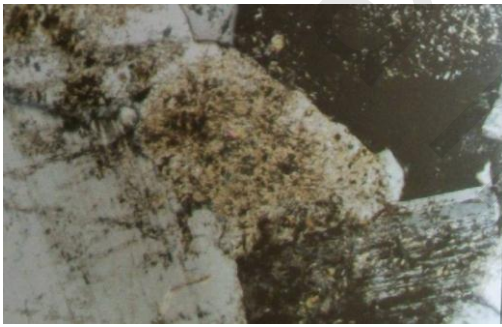
فى شكل عروق غير منتظمة لألبيت exsolved Albite التداخلى النمو مع الميكروكلين أو الأورثوكليز (صورة رقم ١٨٩)



(صورة: ١٨٩) صور ميكروسكوبية (قوة تكبير 70X) لعينات من الجرانيت الوردى حيث نلاحظ عروق من الـ exsolved ألبيت فى الميكروكلين فى الصورة اليمنى ، و نرى الأورثوكليز بيرثيت فى الصورة اليسرى.

- الكوارتز يوجد كبلورات subhedral إلى anhedral تصل إلى ٣ مم، ولقد تم رؤية ثلاث أجيال من نموات الكوارتز: **الجيل الأول** له إنقراض متموج، **الجيل الثاني** يملأ الفراغات interstitially بين المعادن الضرورية الأخرى، **الجيل الثالث** ممثل في شكل كوارتز شديد الصغر (ديداني vermicular) في النسيج الميكروميكتي myrmekitic. (صورة رقم ١٩٠ يميناً).

البلاجيوكليز: على الأغلب أوليوكليز oligoclase يوجد كبلورات subhedral إلى euhedral تصل إلى ٤ مم طولاً، مقسمة لمناطق طفيفة أو قليلة و تظهر توأمة صفائحية أو رقائقية lamellar twinning. تحول الأوليوكليز قليلاً خاصة على طول تخطيطات الانشقاق cleavage layouts للسريسييت sericite و بين الحين و الآخر للكالسيت Calcite و الأبيدوت (الروتايل و الزيركون) epidote. (صورة رقم ١٩٠ يساراً). فيما يخص المعادن الفروماجنيسية، يوجد البيوتيت كبلورات subhedral أو مجموعات من الرقائق أو التقشرات و تظهر لونا بني، و تحولاً جزئياً إلى الكلوريت Chlorite و أكاسيد الحديد. يوجد الهورنبلند كبلورات subhedral تصل إلى ٢ مم طولاً و تظهر تعدد ألوان متميز من أصفر باهت إلى أخضر مصفر إلى أخضر أوليف.



(صورة: ١٩٠) صور ميكروسكوبية (قوة تكبير 70X) لعينات من الجرانيت الوردي حيث نلاحظ النسيج الميرميكتي في الصورة اليمنى، و نرى البلاجيوكليز الذي تحول إلى السريسييت و تحولاً جزئياً إلى الكالسيت و الإبيدوت epidote في الصورة اليسرى.

و تنتمي بوابة الفانار A30 S1 للنوع (a) Fine granite

- **الوصف الميكروسكوبي:** أظهرت العينات نسيج بروفيري مثالي مكون رئيسياً بفينوكريستات فلسبارات قلوية (صورة رقم ١٩١)، المعادن السائدة ممثلة من خلال فلسبارات صغيرة، كوارتز، هورنبلند و بيوتيت تملأ الفراغات بين الفينوكريستات.

كميات ضئيلة من السفين Sphene، أباتيت Apatite، الأللنيت Allanite و معادن معتمة "رئيسياً ماجنتيت و Ilmenite موجودة كمعادن مساعدة.

هذا الجرانيت الوردي الخشن ليس متجانس في التركيب المعدني، مع وفرة فينوكريستات الفلسبار البوتاسي، أساسي، حمضي و تنوعات نيسية يمكن أيضاً التعرف عليها.

هذه التنوعات ليست مفصولة بشكل حاد لكنها مدمجة في بعضها البعض، التنوعات الأساسية تتضمن وفرة معادن الفيروماجنيسين (بيوتيت و هورنبلند)، فلسبارات أقل: هي تقترب من تركيب الجرانوديوريت و بصورة رئيسية تتحدد بالاتصال أو الالتصاق بالجرانوديوريت.

التنوع الحمضي هي فاتحة اللون و تتضمن معادن فيروماجنيسين أقل، التنوع النيسي يظهر ترتيب شبه موازى للفلسبارات و المعادن الفيروماجنيسين و يرى خاصة بالجانب المتصل مع النيس و الثست.

- الفلسبارات : ممثلة بفلسبارات قلوية و بلاجيوكليز.

الفلسبارات القلوية ممثلة بالميكروكلين، ميكروكلين بيرثيت و أورثوكليز و أورثوكليز بيرثيت. الميكروكلين يوجد ككريستالات Subhedral (ناقصة الأوجه البلورية) إلى Euhedral (كاملة الأوجه البلورية) تصل إلى ٤ سم طولاً، ناضجة، تظهر تهشير متقاطع Cross-hatching (صورة رقم ١٩٢ إلى اليسار)، أما ميكروكلين بيرثيت يكون تلطخات صغيرة غير منتظمة أو وريدية من نموات تداخلية للأليت مع الميكروكلين.

الأورثوكليز يوجد ككريستالات Subhedral (ناقصة الأوجه البلورية) تصل إلى ٣ سم طولاً، تظهر تؤمة بسيطة و تحول قليل للسيرسيت Sericite و المعادن الطينية، يظهر الأورثوكليز أيضاً نسيج بيرثيتي (صورة رقم ١٩٢ إلى اليمين).

البلاجيوكليز أيضاً شائع و أقل abundant عن الميكروكلين و الأورثوكليز، و البلاجيوكليز يظهر ككريستالات Subhedral (ناقصة الأوجه البلورية) إلى Euhedral (كاملة الأوجه البلورية) تظهر تؤمة صفائحية أو رقائقية Lamellar و محددة أو مقسمة إلى مناطق في الأحيان. بعض ككريستالات البلاجيوكليز تحولت قليلاً خاصة على طول مسطحات الانفصال أو الانتشاق إلى سيرسيت و في بعض الأحيان إلى كالسيت و Epidote.

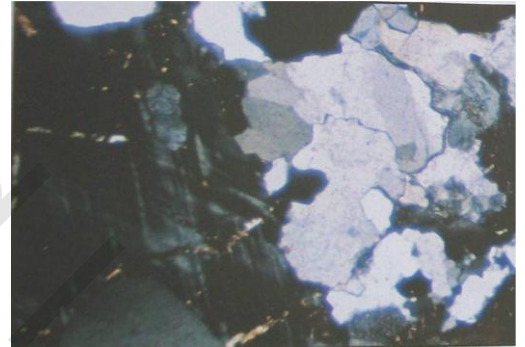
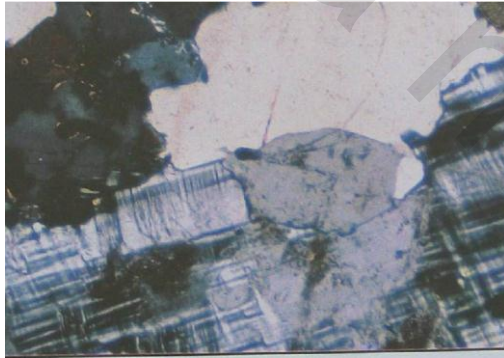
- الكوارتز يظهر في كميات كبيرة خاصة في العينات ذو التنوع الأكثر حموضية، و هو يظهر في ٣ أجيال: الجيل الأول: له أنقراض متموج Wavy extinction. الجيل الثاني: يظهر كملء خلال الفراغات بين المعادن الأخرى. الجيل الثالث: يظهر في شكل كوارتز Vermicular (ديداني) في النسيج الميرميكتي.

- المعادن الفيروماجنيسية متمثلة ببيوتيت داكن متعدد التلون و الهورنبلند، كلاهما يزيد في العينات المتنوعة الأساسية أكثر، و تقل في التنوعات الأكثر حموضية يظهر بترتيبات متوازية أو شبه متوازية في التنوعات النيسية. البيوتيت دائماً بنى اللون يوجد ككريستالات Subhedral (ناقصة الأوجه البلورية) تصل إلى ١ مم طولاً أو عنقود أو كتلة أو مجموعة رقائق، بعض ككريستالات البيوتيت تحولت طفيفاً لكلوريت و أكاسيد حديد. الهورنبلند يوجد ككريستالات Subhedral (ناقصة الأوجه البلورية) إلى Anhedral (عديمة الأوجه البلورية) مع تعدد التلون من اللون الأصفر الشاحب الباهت إلى الأخضر المصفر إلى الأخضر الداكن. السفين حبيبي أو نادراً idiomorphic و قليل من الكالسيت مرتبط قريباً مع الهورنبلند.

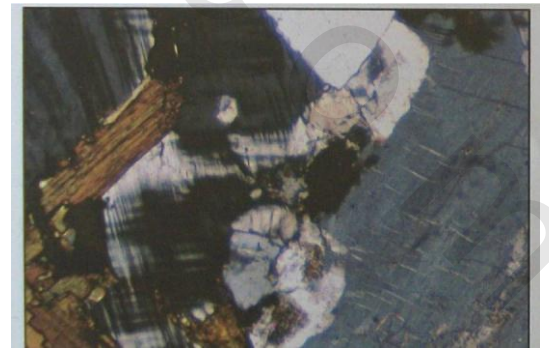
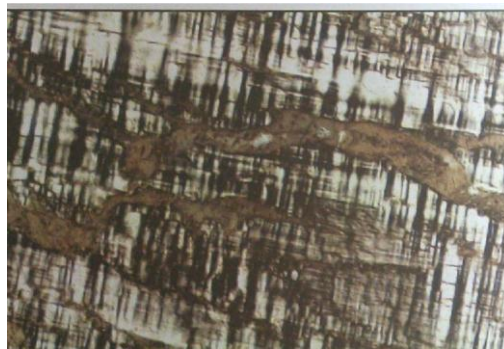
الكريستالات الصغيرة من الأباتيت ، زيكرون و المعادن المعتمدة متمثلة كمعادن إضافية أو مساعدة. الملاحظات البينروجرافيكية عن طريق الميكروسكوب المستقطب السابقة الذكر كشفت تماثل العينات التي أخذت من المحاجر إلى حد كبير من حيث التكوين المعدنى و النسيج مع تلك التي تم أخذها من القطع الأثرية لفنار الإسكندرية، و طبقت الطريقة أيضا على العينة الأثرية ذو الحجم الكاف A30 و هى القطعة موضوع الدراسة و التى تمثل الجانب الأيمن للبوابة العملاقة و المحفورة على الرصيف الغربى للميناء الشرقى بالإسكندرية كما سبق الذكر (جدول رقم ٢٢). فكل عينات الجرانيت الوردى الخشن من محاجر أسوان و فنار الإسكندرية مرسومة فى مجال الـ Syenogranite و عينات الجرانوديوريت فى مجال الجرانيتويت.

و من وجهة النظر الجيوكيميائية جميع البيانات الكيميائية استخدمت الرسم البيانى لـ Alkalies Versus Silicaa للصخور البلاتونية لـ Wilson (1989) ، فجميع عينات الجرانيتويت التى أخذت من منطقة محاجر أسوان هى صخور مشبعة جمعت معاً فى مجالات الجرانيت، الجرانيت القلوى الديوريت (+) جرانوديوريت + سينوجرانيت) و مطابقة لقطع فنار الإسكندرية.

و تبعاً لمخطط التصنيف الكيميائى الذى قدمه De la Roche et al. (1980) (شكل رقم ٦٦)، هى توضح اختلاف واضح بين الجرانيت و التوناليت/جرانوديوريت و تؤكد أصل مشترك (لمنطقة محاجر أسوان) لجميع العينات لقطع فنار الإسكندرية.

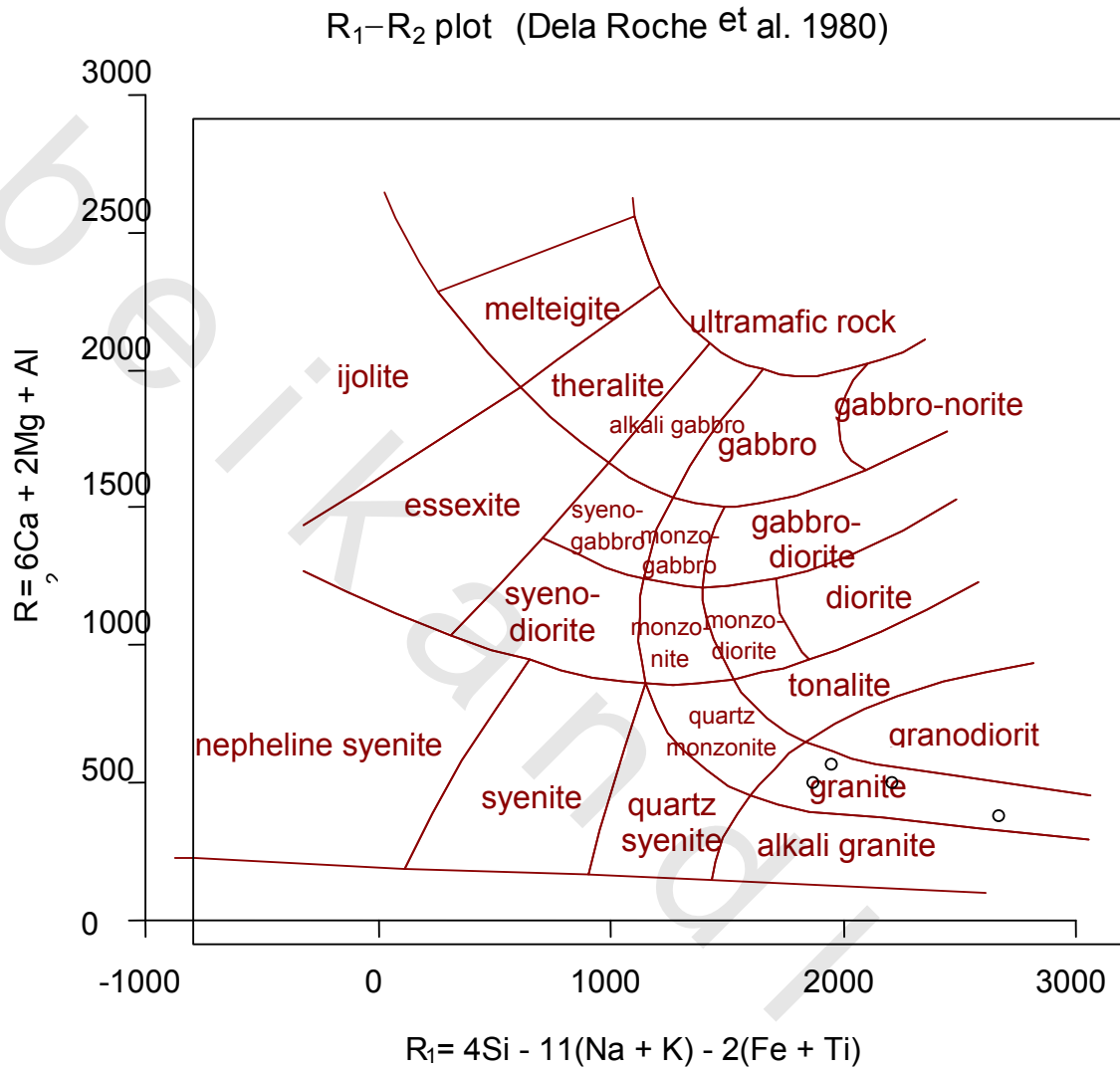


(صورة: ١٩١) صور ميكروسكوبية (قوة تكبير 70X) لعينات من الجرانيت الوردى - النوع a - عينات من محاجر أسوان حيث نلاحظ النسيج البورفيرى فى الصورة اليمنى ، كما نرى فينوكريست الميكروكلين فى الصورة اليسرى.



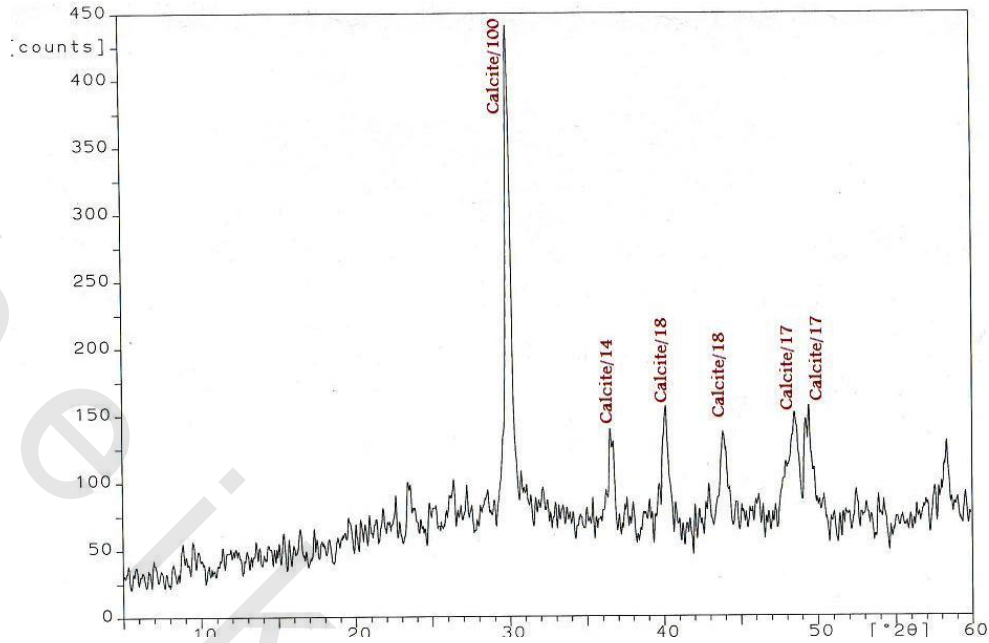
(صورة: ١٩٢) صور ميكروسكوبية (قوة تكبير 70X) لعينات من الجرانيت الوردى - النوع a - عينات من محاجر أسوان حيث نلاحظ الأورثوكليز بيرثيت فى الصورة اليمنى ، و نرى الميكروكلين بيرثيت فى الصورة اليسرى.

سابعاً: توصيف عينات الجرانيت تبعاً لتركيبها الكيميائي:

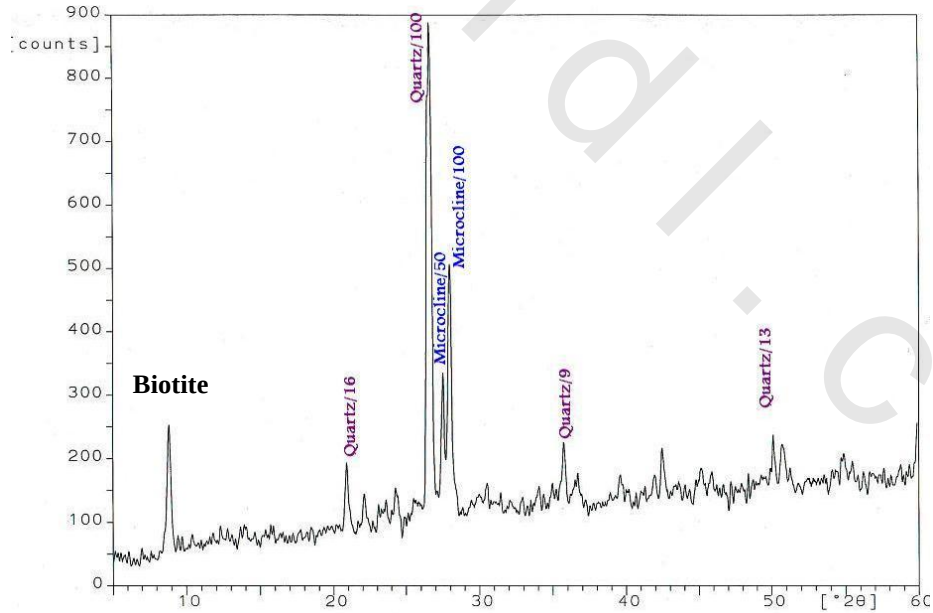


(شكل : ٦٦) يوضح أن العينات الجرانيتية تقع علي هذا الشكل في حقل الجرانيت، تبعاً لتركيبها الكيميائي مما يعضد نتائج الفحص البصري والميكروسكوبي.

- 1- Dessandier D., Akarish A., Antonelli F., Lazzarini L., Leroux L., Nageh A., Soeib A. & Varti-Matarangas M.
:
July 2008, Atlas of Stones Light house of Alexandria Lighthouse, the supreme council of antiquities, Final
report ,Egypt.

عينة الحشف و التكلسات البحرية S4

(شكل: ٦٨) يتضح من الفحص تكون العينة من الكالسيت كعنصر أساسي.

عينة الجرانيت S1

(شكل: ٦٩) يتضح من الفحص لعينة الجرانيت للعضد الأيمن لبوابة الفنار الموجودة برصيف الميناء الشرقى ، وجود الكوارتز يليه معدن الميكروكلين فليسبار و الذى يمثل الفلسبارات البوتاسية كمعادن أساسية فى العينة، كما نجد معدن البيوتيت كمكون أساسى من معادن الميكا.

تاسعاً : الدراسات الميكروبيولوجية Microbiological Studies :

وقد تم إجراء فحص ميكروبيولوجي لبعض عينات التلف البيولوجي للبقع الحمراء الموجودة على هذه القطعة (برج الصرح العلوي لبوابة معبد إيزيس S2) حيث وجدت البقع الحمراء على الجانب الأيسر من القطعة إلى أعلى، و تمثال أبو الهول S5 السابق الذكر حيث أخذت من المنطقة الخلفية و هي معرضة لكثير من عوامل التلف، و التي أظهر الفحص بالميكروسكوب الألكتروني الماسح وجود غزل فطري بها، وذلك لمعرفة نوع هذه الفطريات وقد أجرى هذا الفحص كالتالي:

تمت عملية عزل الفطريات الموجودة بتعقيم هذه العينات سطحياً بالغمر في محلول **Chlorox** [تركيز ١٠ - ١٥%] لمدة دقيقة واحدة، ثم غسلها ثلاث مرات بالماء المقطر المعقم وجففت باستخدام ورق ترشيح معقم، ثم قطعت بسكين حادة معقمة، وتم أخذ عينات البقع الحمراء الصغيرة وتنميتها في أطباق بتري تحتوى على بيئة غذائية من نوع [PDA] بطاطس دكستروز آجار **Potato Dextrose Agar** والتي تتكون من: ٢٠٠ جم بطاطس - ٢٠ جم دكستروز - ٢٠ جم آجار وقد تم تعقيم بيئة (PDA) على درجة حرارة ١٢١°م لمدة ٢٠ دقيقة ثم صببت في أطباق بتري.

وقد حضنت الأطباق التي تحتوى على البيئة الغذائية (PDA) وعينات البقع الحمراء لمدة (٥-٧) أيام عند درجة حرارة ٢٥-٣٠°م.

وبعد الانتهاء من عملية التحضين تم عزل الفطريات النامية وتنقيتها (من صورة رقم ١٩٣ إلى صورة رقم ١٩٦).



(صورة : ١٩٤) طبق رقم (٢) يتضح به فطر الـ *Aspergillus Fumigatus* ذو اللون الأخضر المائل للأصفر و المحاط بحدود بيضاء ، و فطر الـ *Aspergillus Ustus* في أعلى اليمين حيث نرى اللون البنى الداكن، كما ينتشر فطر الـ *Aspergillus Candidus* الذي نراه في بقع اللون الأبيض بدراجته.



(صورة : ١٩٣) طبق رقم (١) يتضح به فطر الـ *Aspergillus Fumigatus* إلى الأسفل حيث نرى تحوله للون الأخضر الرمادي و أحاطته بحدود بيضاء، و فطر الـ *Aspergillus Candidus* ذو الدوائر البيضاء المنتشرة في الطبق، و فطر الـ *Aspergillus Niger* ذو اللون الأصفر الرمادي الباهت.



(صورة : ١٩٦) طبق رقم (٤) يتضح به فطر الـ *Aspergillus Fumigatus* حيث اللون الأبيض القطنى و تغيراته ، كما نرى فطر الـ *Aspergillus Candidus* الذى نراه في بقع اللون الأبيض.



(صورة : ١٩٥) طبق رقم (٣) يتضح به فطر الـ *Aspergillus Fumigatus* حيث اللون الأبيض القطنى و تغيراته ، كما نرى فطر الـ *Aspergillus Candidus* الذى نراه في بقع اللون الأبيض، و فطر الـ *Aspergillus Ustus* في اليسار حيث نرى اللون البنى الباهت و الداكن ، و فطر الـ *Aspergillus Niger* ذو اللون الأصفر الرمادي الباهت.

وقد كانت نتيجة العزل للفطريات النامية على برج الصرح العلوى S2 و تمثال أبو الهول S5 هي التعرف على الأنواع التالية من الفطريات :

- ١- **Rhizopus Sp** (صورة رقم ١٩٧ أ - ب) و (شكل رقم ٧٠).
- ٢- **Aspergillus Flavus** (صورة رقم ١٩٩ أ - ب) و (شكل رقم ٧١).
- ٣- **Aspergillus Niger** (صورة رقم ٢٠٠) و (شكل رقم ٧٢)
- ٤- **Aspergillus Candidus** (صورة رقم ٢٠١)
- ٥- **Aspergillus Ustus** (صورة رقم ٢٠٢).
- ٦- **Aspergillus Fumigatus** (صورة رقم ٢٠٣).

نبذة عن الفطريات المعزولة:

١- فطر عفن الخبز: RHIZOPUS

الرتبة: Class: ZYGOMYCETES ، الفصيلة: Order: MUCORALES ،

العائلة: Family: MUCORACEAE

وهو من الفطريات التي تعيش مترممة على بقايا النباتات الغنية بالمواد النشوية، و بعض أنواعه قد تصيب الإنسان، كذلك فإن بعض أنواعه تستخدم فى تحضير عدد من الأحماض العضوية بصفة تجارية (صورة رقم ١٩٧ أ - ب) و (شكل رقم ٧٠).

٢- فطر الأسبيرجيلس ASPERGILLUS

الرتبة: Form- Class: DEUTEROMYCETES

تحت الرتبة : Form- Sub Class: HYPHOMYCETIDEA

الفصيلة: Form- Order: MONILIALES ، العائلة: Form- Family: MONILIACEAE

الشعبة: SECTION: PHIALOSPORAE

ويعتبر هذا الفطر من أكثر الفطريات شيوعا حيث يوجد في عدد كبير من الأوساط الطبيعية، و أغلب أنواعه تعيش مترممة ، و بصفة عامة فإن فصيلة الأسبيرجيلاس تعتبر أوسع الفصائل أنتشارا، حيث تضم عدد من الأجناس ذات الثمار الزقية المغلقة، و لأنواعها أهمية كبرى، و من أهم أجناسها الأسبيرجيلس و البنسيليوم.

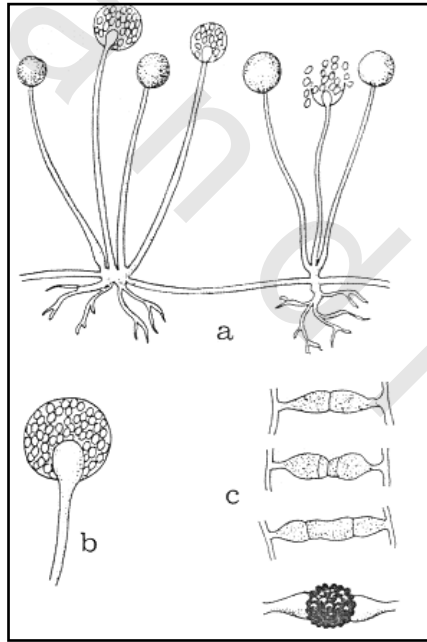


(صورة رقم ١٩٧ ب)



(صورة رقم ١٩٧ أ)

يتضح من الصورتين فطر عفن الخبز. *Rhizopus Sp.* تحت الميكروسكوب

(شكل: ٧٠): يوضح فطر عفن الخبز *Rhizopus*

(a): مجموعة من حوامل الحواظ البوغية (لاحظ وجود أشباه جذور)

(b): حافظة بوغية توضح التركيب الداخلي

(c): أطوار تكوين اللاقحة (ZYGOSPORE)

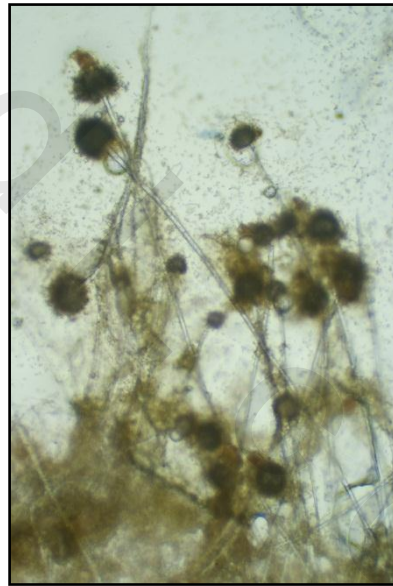
(عن غلبوني ١٩٩٠)

- تصوير الشرائح بالميكروسكوب Light Microscope :

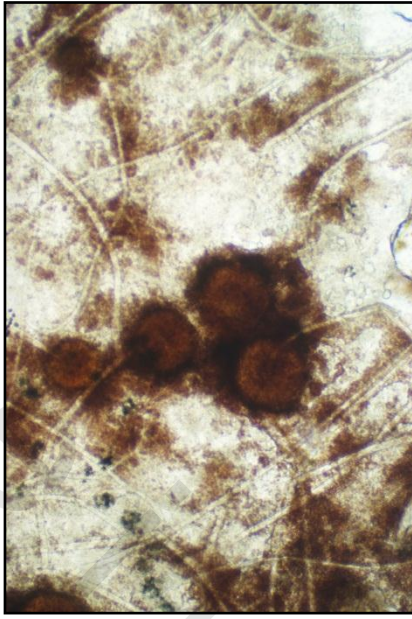
تم تصوير الشرائح التي تحتوي على الفطريات المعزولة، تحت المجهر (صورة رقم ١٩٨)، وذلك للتعرف على أشكال هذه الفطريات .



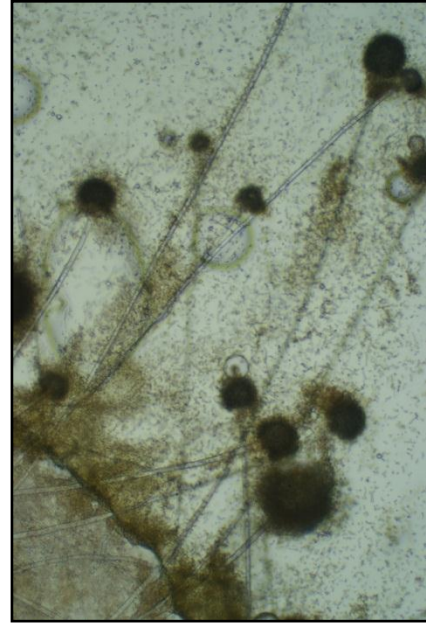
(صورة : ١٩٨) -توضح جهاز الميكروسكوب الـ Light Microscope



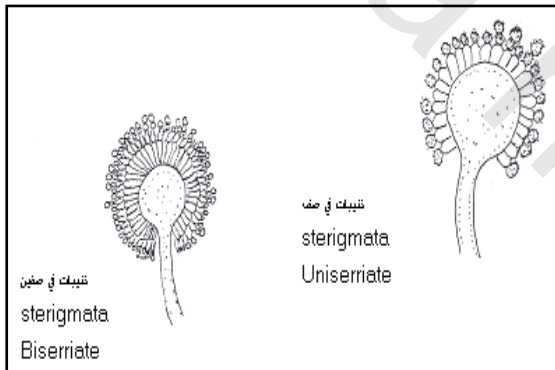
(صورة : ١٩٩ أ وب) توضح فطر الـ Aspergillus Flavus تحت الميكروسكوب Light Microscope



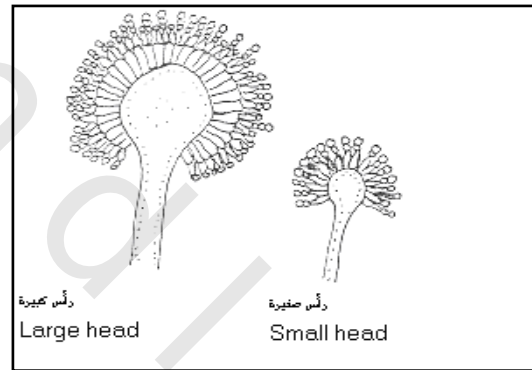
(صورة : ٢٠١) فطر الـ *Aspergillus Candidus*
تحت الميكروسكوب Light Microscope



(صورة : ٢٠٠) فطر الـ *Aspergillus Niger*
تحت الميكروسكوب Light Microscope

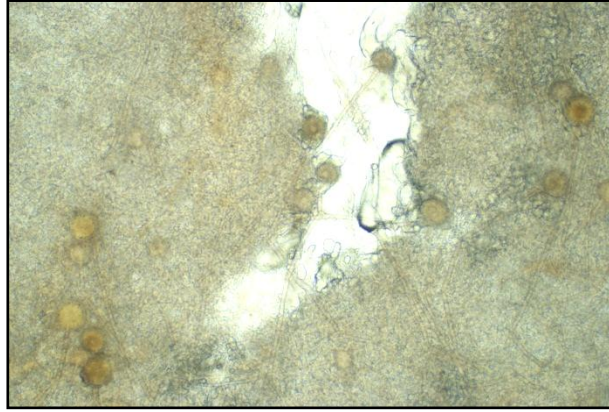


(شكل : ٧٢) : يوضح فطر الأسبيرجيلس نيجر
. *Aspergillus niger*



(شكل : ٧١) يوضح فطر الأسبيرجيلس فلافس
. *Aspergillus Flavus*

(عن المراغي ١٩٩٤)

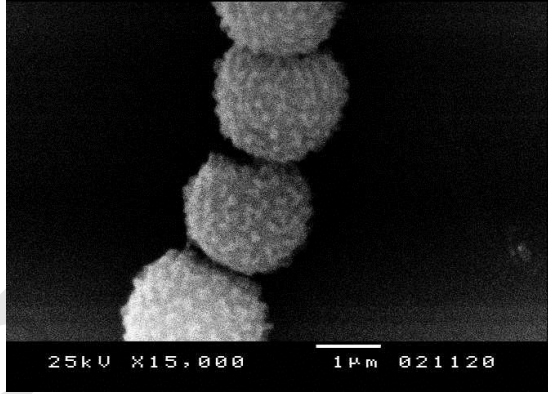


(صورة : ٢٠٢) فطر الـ *Aspergillus Ustus* تحت الميكروسكوب Light Microscope

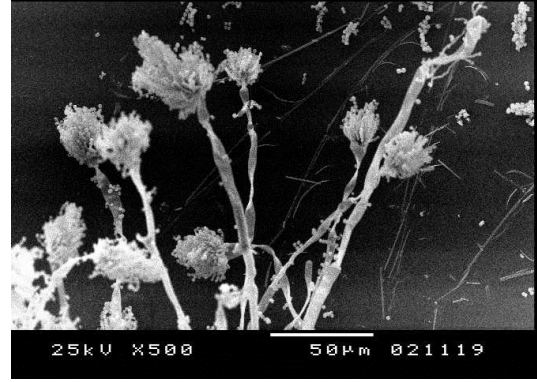


(صورة : ٢٠٣) فطر الـ *Aspergillus Fumigatus* تحت الميكروسكوب Light Microscope

الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح للعينات التلف البيولوجي:

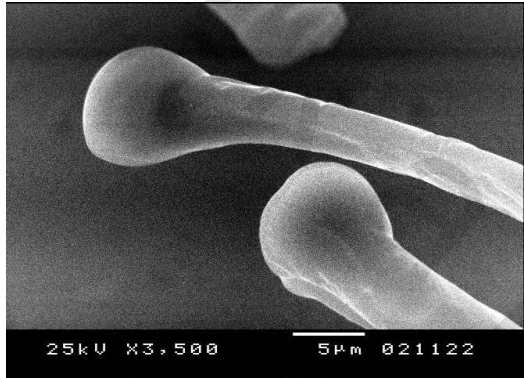


(صورة : ٢٠٥) (قوة تكبير 15,000X).



(صورة : ٢٠٤) (قوة تكبير 500X).

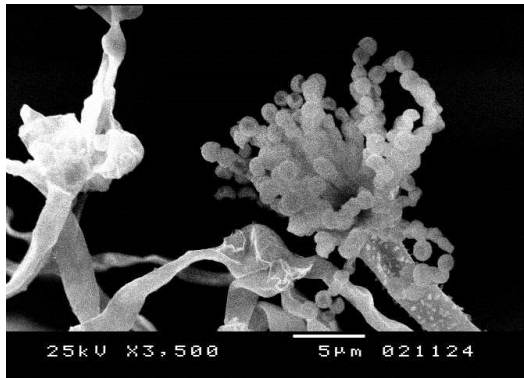
يتضح من الصورتين وجود فطر الـ *Aspergillus Candidus* من خلال الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) لعينة من الطبق رقم ٤ (شكل ٢٦٥).



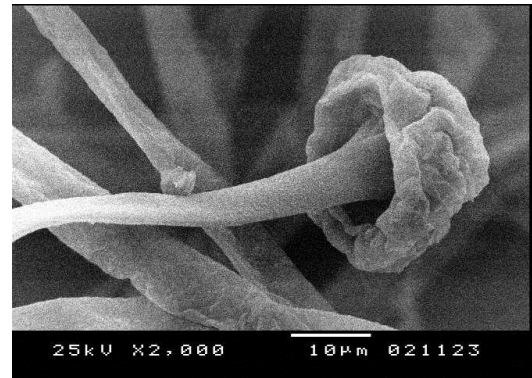
(صورة : ٢٠٧) يتضح وجود فطر الـ *Aspergillus Fumigatus* من خلال الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) لعينة من الطبق رقم ٣ (شكل ٢٦٤) (قوة تكبير 3,500X).



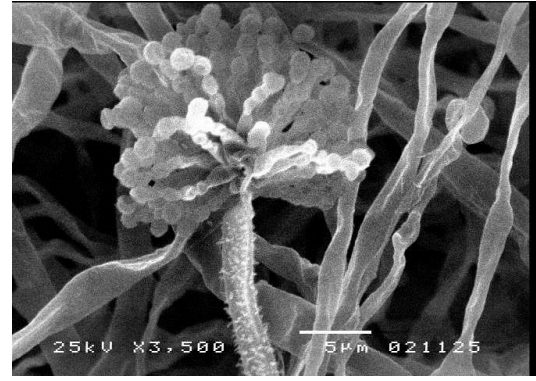
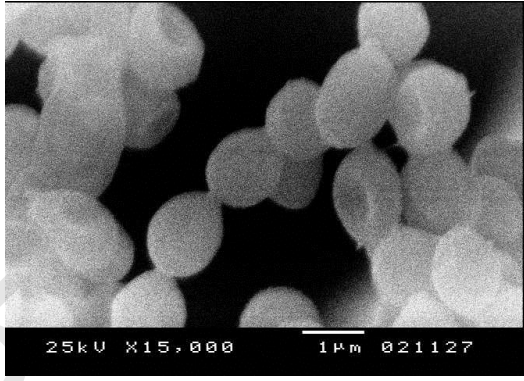
(صورة : ٢٠٦) يتضح وجود فطر الـ *Aspergillus Fumigatus* من خلال الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) لعينة من الطبق رقم ١ (شكل ٢٦٢) (قوة تكبير 500X).



(صورة : ٢٠٩) يتضح وجود فطر الـ *Aspergillus Niger* من خلال الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) لعينة من الطبق رقم ٣ (شكل ٢٦٤) (قوة تكبير 3,500X).

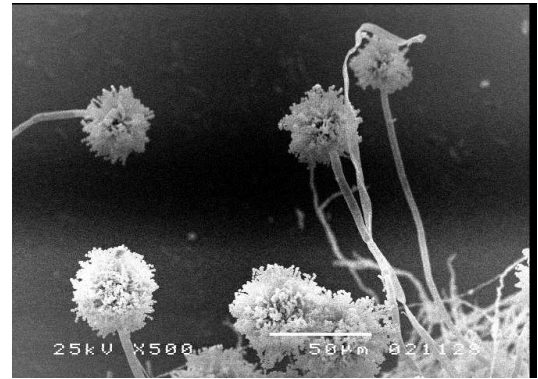
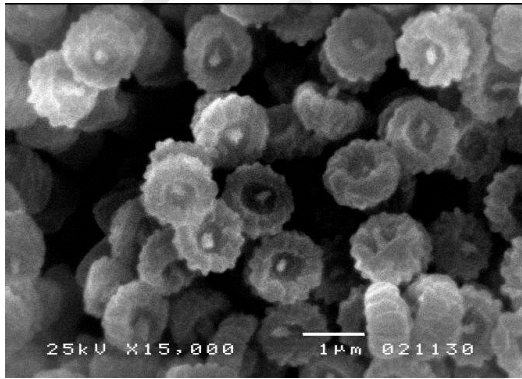


(صورة : ٢٠٨) يتضح وجود فطر الـ *Aspergillus Fumigatus* من خلال الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) لعينة من الطبق رقم ٤ (شكل ٢٦٥) (قوة تكبير 2,000X).



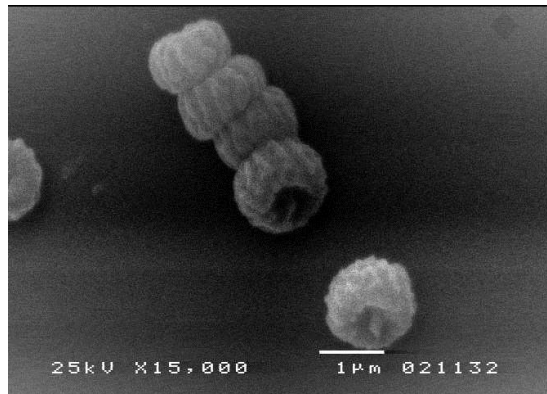
(صورة : ٢١٠) (قوة تكبير 3,500X). (صورة : ٢١١) (قوة تكبير 15,000X).

يتضح من الصورتين وجود فطر الـ *Aspergillus Niger* من خلال الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) لعينة من الطبق رقم ٣ (شكل ٢٦٤) .



(صورة : ٢١٢) (قوة تكبير 500X). (صورة : ٢١٣) (قوة تكبير 15,000X).

يتضح من الصورتين وجود فطر الـ *Aspergillus Flavus* من خلال الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) لعينة من الطبق رقم ٣ (شكل ٢٦٤) .



(صورة : ٢١٤) يتضح وجود فطر الـ *Aspergillus Flavus* من خلال الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) لعينة من الطبق رقم ٣ (شكل ٢٦٤) (قوة تكبير 15,000X).

- التعليق على نتائج الفحص الميكروبيولوجي لعينات التلف البيولوجي :

لقد أظهرت نتائج الفحص الميكروبيولوجي لعينات التلف البيولوجي عن طريق الميكروسكوب Light Microscope (من صورة ١٩٩ إلى صورة ٢٠٣) ، و الميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) (من صورة ٢٠٤ إلى صورة ٢١٤) وجود فطر عفن الخبز Rhizopus ، وفطر Aspergillus Niger ، Aspergillus ، Aspergillus Ustus ، Flavus ، Aspergillus Fumigatus و Aspergillus Candidus و كانت هي الأكثر شيوعا و أنتشارا.

المبحث الثانى

دراسة تجريبية معملية لتأثير الأملاح على الأحجار الجرانيتية و تأثير
بعض مواد التقوية و بعض مواد التنظيف

أولاً : التقادم الصناعى باستخدام الأملاح

تم إجراء عملية التقادم بواسطة كلوريد الصوديوم حيث أنه المركب الأساسى لمياه البحر، أما كبريتات الصوديوم و بيكربونات الأمونيوم فكلما منهما موجود كأحد الملوثات فى مياه البحر و كذلك الجو. و كان لابد قبل القيام بعملية التجوية الملحية التعرف على الخواص الفيزيائية لأنواع الجرانيت المستخدمة من الكثافة، أمتصاص المياه و النفاذية حيث أستخدم ثلاثة أنواع من الجرانيت هى جرانيت وردى، جرانيت أحمر فاتح و جرانيت أحمر داكن.

الخواص الفيزيائية لعينات الجرانيت قبل القيام بعملية التجوية الملحية :

- تجهيز العينات :
تم تجهيز مكعبات لعينات من ثلاث أنواع من الجرانيت الوردى الفاتح و الجرانيت الوردى المائل إلى الأحمرار و الجرانيت الأحمر الداكن.
و نظراً لإستخدام محلول كبريتات الصوديوم و هذه الطريقة مأخوذة فى كتاب القياس البريطانى **B.S 1438,1948** كما أنها ذكرت فى كتاب القياس الأمريكى **A.S.T.M. Desibnation** و الذى تناول إمكانية إستخدام كبريتات الصوديوم فى تجوية الصخور بالإضافة إلى إمكانية إستخدام محلول كبريتات الماغنسيوم بدلاً من كبريتات الصوديوم.^(١)

- كانت أبعاد عينات الجرانيت الوردى الفاتح الكبير الحبيبات $5 \times 5 \times 5$ سم و ارتفاع ٤ سم .
- أبعاد عينات الجرانيت الوردى المائل إلى الأحمرار $4 \times 4 \times 4$ سم و ارتفاع ٤ سم.
- أبعاد عينات الجرانيت الأحمر الداكن $5 \times 5 \times 5$ سم و ارتفاع ٣ سم .
تم وضع العينات فى فرن درجة حرارته ١٠٥° و لمدة ٤ ساعات ثم تبرد لساعة واحدة ثم تم وزن العينات.

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الوزن}}{\text{الحجم}}$$

$$\text{أمتصاص المياه} = \frac{\text{الوزن الجاف} \times \text{الوزن المبتل} \times 100}{\text{الوزن الجاف}}$$

$$\text{المسامية} = \text{الكثافة} \times \text{أمتصاص المياه}$$

1- Basem, K. M. Rchard and H.B. Christin, 1996: Rapid prediction of building research establishment limestone durability class. Q.J.E.G., V. 29,P.285-297.

- الكثافة و أمتصاص المياه و المسامية لعينات الجرانيت قبل القيام بعملية التجوية الملحية:

تم اختبار العينات من خلال اختبار الكثافة و أمتصاص المياه و المسامية و ذلك لمعرفة مدى صلابة مكعبات الجرانيت الوردى ، الجرانيت الأحمر الفاتح و الجرانيت الأحمر الداكن و ذلك قبل القيام بعملية التجوية الملحية (جدول رقم ٢٤) .

(جدول : ٢٤) اختبار الكثافة و أمتصاص المياه و المسامية لعينات الجرانيت قبل القيام بعملية التجوية الملحية

العينه	الكثافة	امتصاص المياه	المسامية
جرانيت وردى	٢.٤٩	٠.٧٦٤	١.٩٠
جرانيت أحمر فاتح	٢.٧٥	٠.٤٦٧	١.٢٨
جرانيت أحمر داكن	٢.٧٠	٠.٥٦٨	١.٥٣

- النتائج المستخلصة :

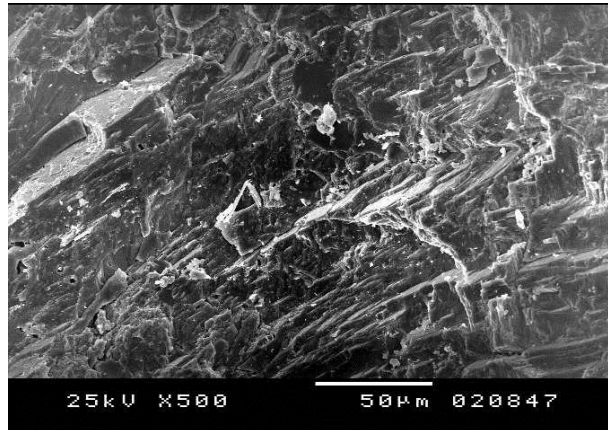
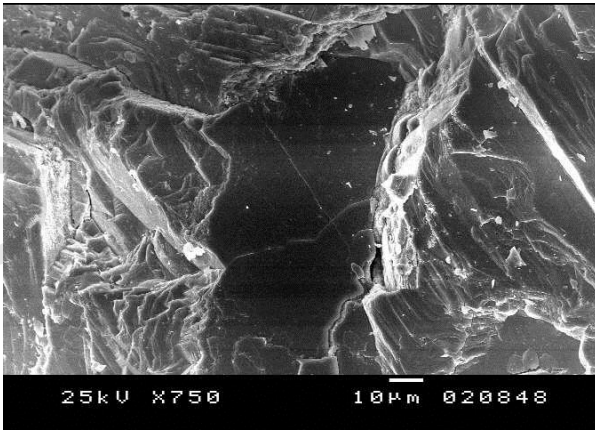
- بالنسبة للكثافة يتضح أن مكعبات الجرانيت الأحمر الفاتح هى الأعلى كثافة يليها مكعبات الجرانيت الأحمر الداكن ثم يليها مكعبات الجرانيت الوردى.

- بالنسبة لأمتصاص المياه فيتضح أن مكعبات الجرانيت الوردى هى الأعلى فى نسبة أمتصاص المياه تليها مكعبات الجرانيت الأحمر الداكن ثم مكعبات الجرانيت الأحمر الفاتح .

- بالنسبة للمسامية يتضح أن مكعبات الجرانيت الوردى هى الأعلى مسامية تليها مكعبات الجرانيت الأحمر الداكن ثم مكعبات الجرانيت الأحمر الفاتح .

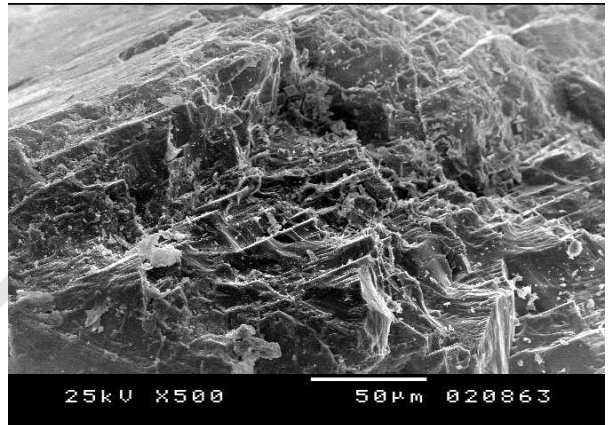
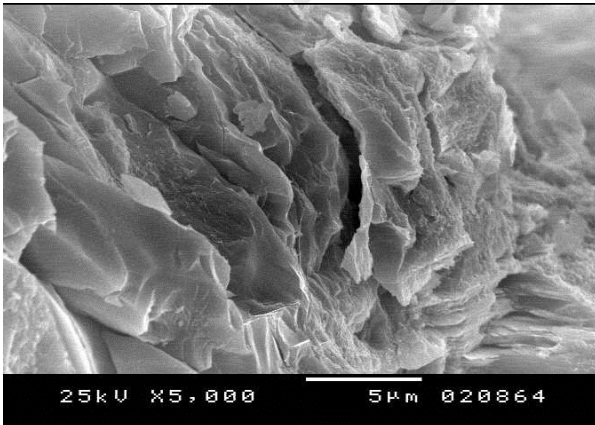
و بذلك تكون مكعبات الجرانيت الوردى أقل صلابة من مكعبات الجرانيت الأحمر الداكن و مكعبات الجرانيت الأحمر الفاتح.

- الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح للعينات قبل عملية التجوية:



(صورة : ٢١٥) (قوة تكبير 500X). (صورة : ٢١٦) (قوة تكبير 750X).

يتضح من الصورتين قلة المسامية و تماسك الحبيبات لعينة الجرانيت الأحمر الداكن.

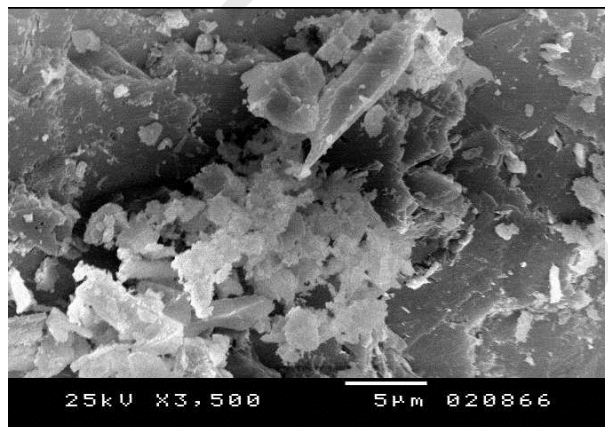
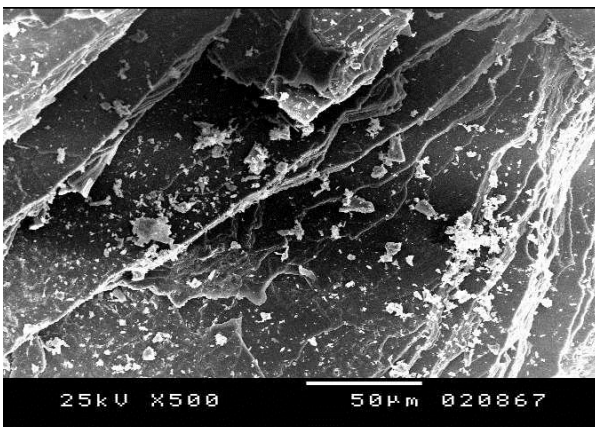


(صورة : ٢١٨) يتضح من الفحص قلة المسامية و يظهر معدن

الفلسبار بوضوح لعينة الجرانيت الوردي (قوة تكبير 5,000X).

(صورة : ٢١٧) يتضح من الفحص قلة المسامية و

تماسك الحبيبات لعينة الجرانيت الوردي (قوة تكبير 500X).



(صورة : ٢٢٠) يتضح من الفحص قلة المسامية و تماسك الحبيبات

لعينة الجرانيت الأحمر الفاتح (قوة تكبير 500X).

(صورة: ٢١٩) يتضح من الفحص قلة المسامية و يمكن

رؤية معدن الفلسبار و الكوارتز لعينة الجرانيت الأحمر الفاتح

(قوة تكبير 3,500X).

نتيجة الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح للعينات قبل التجوية:

يتضح من الفحص باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM (من صورة رقم ٢١٥ إلى صورة رقم ٢٢٠) قلة المسامية و تماسك الحبيبات لمكعبات الجرانيت الأحمر الداكن و الجرانيت الوردي و الجرانيت الأحمر الفاتح قبل القيام بعملية التجوية الملحية.

- دورات التجوية الملحية :

تم إجراء عمليات التقادم الملحي باستخدام الأملاح (كبريتات الصوديوم - كلوريد الصوديوم - بيكربونات الأمونيوم) حيث طبق كل ملح على حدى، و وضعت كل مجموعة مكونة من المكعبات (الوردي - الأحمر الفاتح - الأحمر الداكن)، فى كل ملح من هذه الأملاح بتحضيره بإذابة ٢٠٠ جرام فى لتر ماء .

و تم القيام بعدد من دورات التجوية حيث قامت الباحثة بتعريض المكعبات الجرانيتية لدرجات حرارة عالية لمعرفة درجة تحمل كل نوع من أنواع الجرانيت لدرجة الحرارة و كيفية تأثره ، و حتى تتمكن من ملاحظة و تسجيل تأثير مواد التقوية المختلفة على العينات الجرانيتية الشديدة التفكك و التلف ، و لقد تم تسجيل ملاحظات عامة على أنواع الجرانيت المختلفة من خلال دورات التجوية الملحية و الحرارة و كانت كالآتى:

- الدورة الأولى تم غمر المكعبات لمدة أسبوع فى الأملاح، بعد ذلك تم تجفيفها فى درجة حرارة الغرفة ثم وضعت فى فرن درجة حرارته ٢٥٠ درجة لمدة ٣ ساعات و تركت لتبرد لمدة ساعة .

- الدورة الثانية تم غمر المكعبات لمدة ٢٤ ساعة فى الأملاح ، بعد ذلك تم تجفيفها فى درجة حرارة الغرفة ثم وضعت فى فرن درجة حرارته ٢٥٠ درجة لمدة ٣ ساعات و تركت لتبرد لمدة ساعة .
و كانت نتيجة هذين الدورتين هو عدم ظهور أى تلف على المكعبات الجرانيتية.

- الدورة الثالثة تم غمر عينات الجرانيت فى الملح لمدة ٢٤ ساعة ثم جففت فى درجة حرارة الغرفة و تم وضعها فى فرن درجة حرارته ٤٥٠ درجة و تركت لتبرد لمدة ساعة (صورة رقم ٢٢١) .
بعد الدورة الثالثة لوحظ حدوث تغير طفيف فى اللون حيث أصبح أكثر فتحاً و ظهر بهتاناً فى السطح المصقول اللامع للعينات كما ظهرت بعض الخدوش السطحية الدقيقة المتداخلة على سطح الجرانيت .

- الدورة الرابعة تم وضع المكعبات فى الملح لمدة ٢٤ ساعة ثم جففت فى درجة حرارة الغرفة و تم وضعها فى فرن درجة حرارته ٩٠٠ درجة و تركت لتجف .

بعد الدورة الرابعة ظهر تلف شديد خاصة بقطع الجرانيت الوردي الكبير الحبيبات بينما كانت نسبة التلف أقل لعينات الجرانيت الأحمر الفاتح و أقل تلقاً بالنسبة لعينات الجرانيت الأحمر الداكن (صورة رقم ٢٢٢) و (صورة رقم ٢٢٣).



(صورة : ٢٢١) توضح المكعبات داخل الفرن بعد تعرضها لعملية التجوية الملحية و قبل تعرضها لدرجات الحرارة المختلفة .



(صورة : ٢٢٢) توضح ما حدث لمكعبات الجرانيت المختلفة الأنواع و التي تم غمرها في أملاح كبريتات الصوديوم و كلوريدات الصوديوم و بيكربونات الأمونيوم بعد تعرضها لدرجات الحرارة المختلفة.



(صورة : ٢٢٣) توضح ما حدث لمكعبات الجرانيت المختلفة الأنواع بعد تعرضها لدرجات الحرارة المختلفة.

- مظاهر التلف التى أمكن مشاهدتها على كل نوع من أنواع المكعبات الجرانيتية بعد عملية التجوية الملحية بكل ملح على حدى:

١- أملاح كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 Sodium Sulphate:

تعتبر كبريتات الصوديوم من الأملاح الضارة، كثيرا ما تستخدم للتسريع من عملية التجوية الملحية فهى شرهة لأمتصاص المياه، و بالنسبة لأحجار الجرانيت ، يحدث الملح تأثيرات ضارة نتيجة لظهور شروخ جديدة أو توسيع الشروخ الموجودة، و تكون النتيجة هى ميكانيكية الأحلال الكيميائى لمكونات الجرانيت بالجبس (صورة رقم ٢٢٤) .

- مكعبات الجرانيت الوردى الفاتح كبير الحبيبات:

بعد الدورة الثالثة ظهر على الجرانيت تشرخات شعيرية شديدة الصغر متداخلة .
بعد الدورة الرابعة ٩٠٠ درجة تلفت المكعبات تلفا شديداً و أصبحت شديدة التفتت و يغلب عليها اللون البرتقالى المحمر نتيجة لتحويلات معادن الميكا.

كما تظهر البلورات الصغيرة الذهبية بشكل كبير نتيجة لتأكسد معادن الميكا أو تحولها لمعدن البيريت المشابه فى مظهره لمعدن الذهب (يعرف جرانيت أسوان بوجود معدن البيريت)، و يظهر الفلسبار بلون أكثر فتحة عن ذى قبل.
يظهر الكوارتز بلون أبيض لبنى و لون رمادى متداخل و يبدو أنه قد حدث به أنشاقات، كم أن هناك بعض الأجزاء المتحولة للون الأصفر الباهت.

السطح البراق فقد بريقه تماماً و باقى الأسطح أصبح أكثر بهتا كما أنها شديدة الأحمرار نتيجة التحويلات التى حدثت .
يوجد بعض بريق للبلورات و شروخ و تفتتات عميقة كما أن هناك أجزاء صغيرة بداخل المكعب متحولة للون الأوكر (لوحة رقم ٢٢٥ أ- ب- ج- د).

- مكعبات الجرانيت الأحمر الفاتح :

فقد السطح اللامع كثيرا من بريقه، وتظهر الميكا على هيئة بقع كبيرة سوداء تتحول للون البرونزى المحمر و البنى.
كما تظهر تشقات لونية محمرة فى جميع أجزاء المكعب، و يوجد تحولات للون الأبيض إلى اللون المصفر (الأوكر).
الفلسبار الأحمر الفاتح أصبح أكثر حمرة كما أن هناك شروخ شديدة و متناهية الصغر و متداخلة و يوجد الكوارتز بلون رمادى كريستالى أو زجاجى.
الأوجه الأخرى أكثر تجيرا و الفلسبار بها أكثر فتحا، هناك أجزاء بها تفتت عند الأطراف و يغلب على المكعب اللون الأحمرار فى بعض أجزائه.
هناك بعض أجزاء الميكا بها بلورات صغيرة ذهبية، و لكنها لا تظهر بشكل كبير فهى قليلة ربما تكون نتيجة لأكسدة الحديد أو تحوله لمعدن البيريت المشابه فى مظهره لمعدن الذهب (صورة رقم ٢٢٦ أ- ب).

- مكعبات الجرانيت الأحمر الداكن:

الفلسبار ذو اللون الأحمر أصبح أكثر أحمراراً، الميكا بنسب صغيرة و لونها مازال أسود مع وجود نقط قليلة متناهية الصغر ذهبية اللون نتيجة للأكسدة، كما تظهر بقع تميل للون البرتقالى المحمر. تظهر تداخلات بيضاء بعد دورات التجوية ربما تكون تكلسات ملحية كما تظهر بها بلورات مائلة للون الرمادى على أغلب الظن أنها كوارتز. توجد بقع لونية قليلة صفراء نتيجة تحول معدن الميكا كما تظهر بعض الترسبات البيضاء المتزهرة على السطح على هيئة نقاط بيضاء من ملح كبريتات الصوديوم. السطح اللامع فقد كثير من لمعانه و باقى الأسطح أصبحت أكثر بهتاناً و خشونة و يوجد أجزاء بها شروخ رقيقة شديدة الصغر متداخلة (صورة رقم ٢٢٧ أ-ب).

- مما سبق يتضح أن الجرانيت الوردى الكبير الحبيبات هو أكثر أنواع الجرانيت تلفاً نتيجة للتجوية الملحية.

٢- ملح كلوريد الصوديوم **Sodium Chloride**: (صورة رقم ٢٢٨ أ-ب)

- مكعبات الجرانيت الوردى الفاتح كبير الحبيبات:

ظهر تفتت و تكسر و بهتان شديد بعد الدورة الرابعة فلقد تحول الفلوسبار إلى اللون الوردى الشديد الفتحان و الكوارتز إلى اللون الأبيض البنى. تحولت الميكا إلى اللون البرونزى المحاط باللون القرموزى و بها بلورات صغيرة تحولت للون الذهبى نتيجة تأكسد معادن الميكا كالبوتيت أو تحول لمعدن البيريت المشابه فى مظهره لمعدن الذهب. كما ظهرت أجزاء تميل للون الأصفر منتشرة بالمكعب كما أن هناك بلورات كبيرة متحولة للون الأصفر الباهت المائل للأوكر و يطغى اللون البنى المائل للحمرة على المكعبات المفتتة من الداخل (صورة رقم ٢٢٩ أ - ب) .

- مكعبات الجرانيت الأحمر الفاتح :

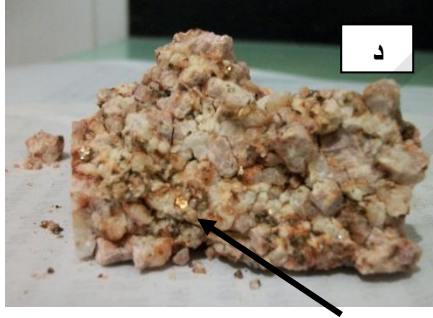
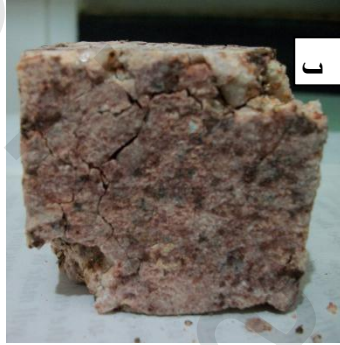
يحثل الفلوسبار النسبة الأكبر و أصبح ذو لون أفتح و به شروخ سطحية دقيقة متناهية الصغر، الكوارتز ذو لون أبيض لبنى و به أجزاء تميل للون الرمادى و بنسب أقل من الفلوسبار . الميكا متداخلة بنسب صغيرة و قد تحولت للون البنى البرونزى و الأسود، كما تظهر بعض البلورات المنتفتحة بداخل المكعبات. السطح اللامع فقد كثيراً من لمعانه كما أن باقى الأسطح أصبحت أكثر تجيراً كما أن هناك بقع شبه محمرة منتشرة فى أنحاء المكعب و يوجد أجزاء مفتتة عند الأطراف (صورة رقم ٢٣٠) .

- مكعبات الجرانيت الأحمر الداكن:

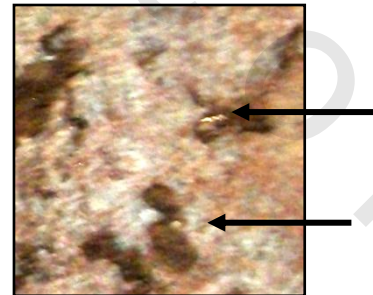
أصبحت المكعبات شديدة التجير و بعض الأجزاء بها تنقيير صغير ، الفلوسبار ذو لون أحمر داكن و الميكا بنسب صغيرة ذو لون بنى داكن يميل للبرونزى كما تظهر بلورات صغيرة كريسستالية متداخلة ذو بريق كوارتز . السطح اللامع فقد بعض من بريقه و لكن تظهر بقع لونية شديدة البياض لم تكن موجودة من قبل داخل المكعبات يبدو أنها تكلسات ملحية مترسبة بداخل المكعب، كما أن الأوجه الأخرى للمكعب خشنة و باهتة (صورة رقم ٢٣١) .



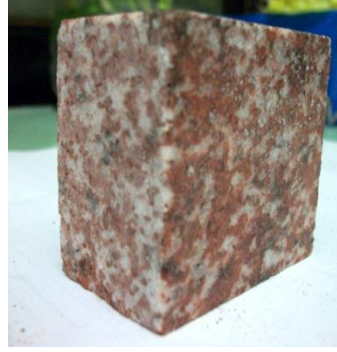
(صورة: ٢٢٤) توضح مكعبات الجرانيت الأنواع بعد الغمر في أملاح كبريتات الصوديوم و قبل وضعهم في درجة حرارة الفرن.



(لوحة: ٢٢٥ أ.ب-ج.د) توضح ما حدث من تغيرات للجرانيت الوردي بعد تعرضه لعدد من دورات التجوية الملحية و الحرارية بأملاح كبريتات الصوديوم حيث نلاحظ التشوهات و انتشار اللون الأحمر نتيجة أكسدة المعادن و التفتت الشديد و البلورات الذهبية الصغيرة و التي يشير السهم إلى واحدة منها.



(صورة: ٢٢٦ أ - ب) توضح ما حدث من تغيرات للجرانيت الأحمر الفاتح بعد تعرضه لعدد من دورات التجوية الملحية و الحرارية بأملاح كبريتات الصوديوم و يشير الشكل أ لتفصيلية توضح البلورات الصغيرة الذهبية، و هي تشير للشكل ب- حيث توضح الجزء الموجود به الدائرة كما نلاحظ في المكعبين اللون الباهت و انتشار التبقعات الحمراء و البنية نتيجة لتأكسد المعادن.



(صورة: ٢٢٧ أ-ب) حدثت تغيرات للجرانيت الأحمر الداكن بعد تعرضه لعدد من دورات التجوية الملحية و الحرارية بأملاح كبريتات الصوديوم.



(صورة: ٢٢٨ أ-ب) مكعبات الجرانيت المختلفة الأنواع قبل و بعد الغمر في أملاح كلوريد الصوديوم و قبل وضعهم في حرارة الفرن.



(صورة: ٢٢٩ أ-ب) توضح ما حدث من تغيرات للجرانيت الوردي بعد تعرضه لعدد من دورات التجوية الملحية و الحرارية بأملاح كلوريد الصوديوم حيث نلاحظ التشرخات و الهالات الحمراء حول معادن الميكا السوداء نتيجة التأكسد و التفتت الشديد و البلورات الذهبية الصغيرة و التي يشير السهم إلى واحدة منها.



(صورة: ٢٣١) حدثت تغيرات للجرانيت الأحمر الداكن بعد تعرضه لعدد من دورات التجوية الملحية و الحرارية بكبريتات الصوديوم فنلاحظ بهتان اللون الشديد و الخشونة.

(صورة: ٢٣٠) حدثت تغيرات للجرانيت الأحمر الفاتح بعد تعرضه لعدد من دورات التجوية الملحية و الحرارية بكلوريد الصوديوم فنلاحظ بهتان اللون الشديد و الخشونة.

٣- ملح بيكربونات الأمونيوم **Ammonium Bicarbonate** : (صورة رقم ٢٣٢)

- مكعبات الجرانيت الوردي الفاتح كبير الحبيبات:

ظهرت تشريخات خيطية دقيقة الصغر و سطحية بعد الحريق الأول و الثانى.
بعد الدورة الثالثة ظهر الفلسبار بلون وردي أفتح به بعض إضافات لونية من اللون الأصفر البنى مما يرجح أنها نتيجة لمعدن الميكا، كما يتداخل معهم الكوارتز بلونه الأبيض و الرمادى الكريستالى يتخلله الميكا بالبقع السوداء المحاطة بألوان صفراء تنتشر حولها تميل إلى اللون الأصفر الفاتح، كما أن مكعبات الجرانيت أصبحت ذو فتحة شديدة و السطح المصقول فقد كثيرا من لمعانه .

بعد الدورة الرابعة ظهرت شروخ شديدة العمق بالمكعبات دون أنهيارها و تظهر المعادن الميكا بلونها الأسود المحاط باللون البنى المحمر القرموزى نتيجة لتحول الميكا .
الكوارتز أصبح ذو لون أبيض لبنى و الفلسبار بلون وردي يميل يميل إلى الرمادى كما يوجد تقطت فى إحدى جوانب المكعبات و السطح اللامع فقد بريقه تماما بينما باقى الأسطح تميل للتجبر .
هناك آثار بسيطة لبلورات صغيرة و متناهية ذو لون ذهبى الصغر نتيجة لتحول و تأكسد معادن الميكا قد يكون البيوتيت (صورة رقم ٢٣٣) .

- مكعبات الجرانيت الأحمر الفاتح :

لم يظهر أى تلف خلال الدورة الأولى و الثانية، فى الدورة الثالثة ظهر بهتان فى السطح المصقول أخفاء لمعانه إلى حدا ما، و لكن بعد الدورة الرابعة قل البريق بشدة و ظهر تقطت فى أطراف المكعبات و ظهرت التشريخات البيضاء فى جميع الاتجاهات فى الفلسبار الأحمر الفاتح.
تظهر بعض الأجزاء مائلة إلى الحمرة الداكنة و بعض التحولات الصغيرة إلى اللون الأصفر الباهت، كما يظهر الكوارتز بلون أبيض و لون رمادى يميل للشفافية و يبدو أنه من أكثر العناصر التى لم تتعرض للتغير حيث أنه معروف كما سبق الذكر بثباته الكيميائى.

عند الأوجه الأخرى ترى خشونة السطح و ظهور خطوط بنية حمراء فى اتجاهات عدة خارجة من الميكا السوداء .
تظهر الميكا على شكل بقع كبيرة سوداء اللون و لكن ليست بانتشار كبير و يبدو أنها تحولت إلى اللون البرونزى المؤكسد الداكن فى بعض أماكن المكعبات و ظهر اللون البنى المحمر حولها نتيجة لتحول معادن الميكا .
هناك بعض البلورات الصغيرة جدا ذو لون ذهبى متناهية الصغر و هى نتيجة لتأكسد معادن الميكا نتيجة عملية التجوية .
كما يظهر فى المكعبات تقطت واضح فى بعض الأجزاء و ظهور شرخ كبير عند أطراف الميكا و الفلسبار (صورة رقم ٢٣٤ - ب) .

- مكعبات الجرانيت الأحمر الداكن:

لم تقطت العينة و لكن هناك تقطت طفيف و تنقير بسيط فى إحدى جوانب المكعب و يظهر الفلسبار بلون أحمر غامق و هو الغالب فى هذا النوع من الجرانيت.

كما تظهر البلورات البيضاء التي لم تكن موجودة من قبل و يبدو أنها أملاح متراكمة داخل المكعب كما تظهر بلورات كريستالية رمادية صغيرة يبدو أنها كوارتز.

و تظهر الميكا بنسب متداخلة صغيرة بلون أسود و على هيئة نقاط و شرائط صغيرة و يبدو أن هناك تحول للون البنى (صورة رقم ٢٣٥ أ - ب) .



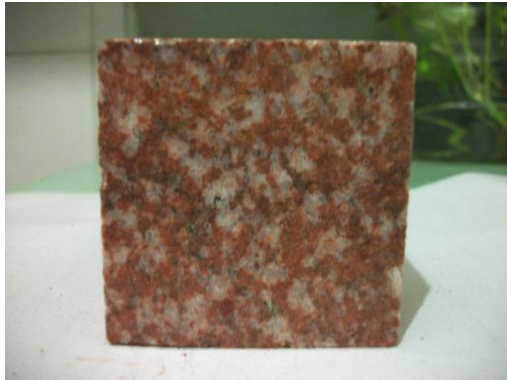
(صورة: ٢٣٣) حدث تغيرات للجرانيت الوردي بهتان للون وبعض الشروخ العميقة و لكن لم يصل إلى مرحلة التفتت بعد تعرضه لعدد من دورات التجوية الملحية و الحرارية بيكرينات الأمونيوم.



(صورة : ٢٣٢) مكعبات الجرانيت المختلفة الأنواع بعد الغمر فى بيكرينات الأمونيوم و قبل وضعهم فى درجة حرارة الفرن.



(صورة: ٢٣٤ أ-ب) يوضح ما حدث من تغيرات للجرانيت الأحمر الفاتح حيث حدوث بهتان للون بعد تعرضه لعدد من دورات التجوية الملحية و الحرارية بأملاح بيكرينات الأمونيوم.



(صورة: ٢٣٥ أ-ب) يوضح ما حدث من تغيرات للجرانيت الأحمر الداكن حيث حدوث بهتان للون و خشونة بعد تعرضه لعدد من دورات التجوية الملحية و الحرارية بأملاح بيكرينات الأمونيوم.



الكثافة و الفاقد فى الوزن بعد عملية التقادم بالتجوية الملحية

(جدول : ٢٥) يوضح الكثافة و الفاقد فى الوزن بعد عملية التجوية باستخدام أملاح كبريتات الصوديوم

العينة	الكثافة	الفاقد فى الوزن
جرانيت وردى	٢.٢٣ جم/سم ^٣	١٠.٦٢
جرانيت أحمر فاتح	٢.٦٦ جم/سم ^٣	٣.٥١
جرانيت أحمر داكن	٢.٦٨ جم/سم ^٣	٠.٧٣

(جدول : ٢٦) يوضح الكثافة و الفاقد فى الوزن بعد عملية التجوية باستخدام أملاح كلوريد الصوديوم

العينة	الكثافة	الفاقد فى الوزن
جرانيت وردى	٢.٠٠٨ جم/سم ^٣	١٩.٥١
جرانيت أحمر فاتح	٢.٥٤ جم/سم ^٣	٧.٨١
جرانيت أحمر داكن	٢.٦٥ جم/سم ^٣	١.٧٧

(جدول : ٢٧) يوضح الكثافة و الفاقد فى الوزن بعد عملية التجوية باستخدام أملاح بيكربونات الأمونيوم

العينة	الكثافة	الفاقد فى الوزن
جرانيت وردى	٢.٥٦ جم/سم ^٣	٢.٨٠
جرانيت أحمر فاتح	٢.٦٧ جم/سم ^٣	٢.٦٠
جرانيت أحمر داكن	٢.٦٨ جم/سم ^٣	٠.٩٣

- النتائج المستخلصة بعد تجربة التقادم الصناعى باستخدام الأملاح:

يتضح من خلال (جدول رقم ٢٥) و (جدول رقم ٢٦) و (جدول رقم ٢٧) أن كثافة المكعبات التى تمت تجويتها باستخدام أملاح كبريتات الصوديوم و أملاح كلوريد الصوديوم و أملاح بيكربونات الأمونيوم، قد أظهرت أعلى كثافة بالنسبة للجرانيت الداكن يليه الجرانيت الأحمر الفاتح ثم الجرانيت الوردى.

كما يتضح من (جدول رقم ٢٥) أن الفاقد فى الوزن للمكعبات الجرانيتية المجواه بأملاح كبريتات الصوديوم، أن الفاقد فى الوزن لمكعبات الجرانيت الوردى ذو نسبة عالية جداً يليه الجرانيت الأحمر الفاتح ثم الجرانيت الأحمر الداكن.

و يتضح من (جدول رقم ٢٦) و الذى يوضح الفاقد فى الوزن للمكعبات الجرانيتية المجواه بأملاح كلوريد الصوديوم أن الفاقد فى الوزن لمكعبات الجرانيت الوردى ذو نسبة عالية جداً و يليه الجرانيت الأحمر الفاتح ثم الجرانيت الأحمر الداكن.

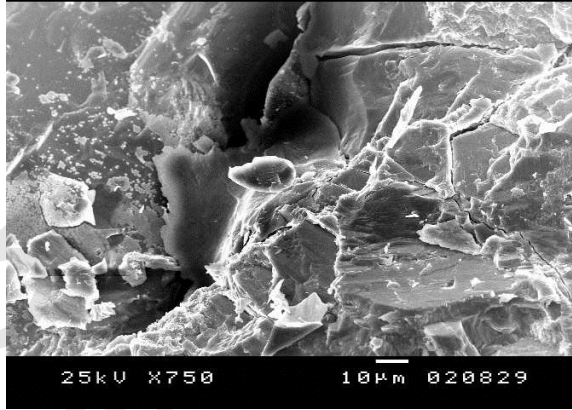
و يتضح من (جدول رقم ٢٧) و الذى يوضح الفاقد فى الوزن للمكعبات الجرانيتية المجواه بأملاح بيكربونات الأمونيوم أن الفاقد فى الوزن لمكعبات الجرانيت الوردى ذو نسبة أعلى يليه الجرانيت الأحمر الفاتح بنسبة مقاربة ثم الجرانيت الأحمر الداكن بنسبة أكبر.

و كنتيجة لذلك نجد أن أملاح كلوريد الصوديوم و كبريتات الصوديوم أشد تلفاً للمكعبات الجرانيتية من أملاح بيكربونات الأمونيوم، حيث نجد أن مكعبات الجرانيت الوردى المجواه بأملاح كلوريد الصوديوم ذو نسبة فاقد فى الوزن عالية جداً ١٩٠٥١ و مكعبات الجرانيت الأحمر الفاتح ٧٠٨١ وهى نسب عالية جداً، يليه فى القيمة العالية مكعبات الجرانيت الوردى المجواه بأملاح كبريتات الصوديوم و هى بنسبة عالية ١٠٠٦٢ و مكعبات الجرانيت الأحمر الفاتح ٣٠٥١ ، مما يدل على شدة تأثير الجرانيت الوردى يليه الجرانيت الأحمر الفاتح بكلوريد الصوديوم و كبريتات الصوديوم أيضاً، بينما نجد الجرانيت الأحمر الداكن أقل تأثراً بهذين الملحيتين و لكن الفاقد فى الوزن بكلوريد الصوديوم أعلى من الفاقد فى الوزن للجرانيت الأحمر الداكن المجواه بأملاح كبريتات الصوديوم .

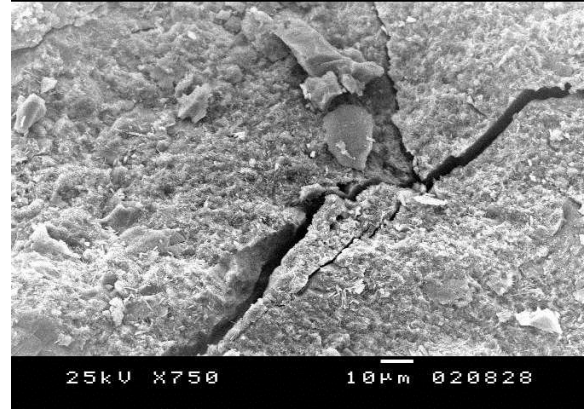
كما نجد أن نسبة الفاقد فى الوزن أقل بكثير و متقاربة بالنسبة للجرانيت الوردى و الأحمر الفاتح الجواه ببيكربونات الأمونيوم، بينما نسبة الفاقد فى الوزن للجرانيت الأحمر الداكن أقل و متقاربة مع الجرانيت الأحمر الداكن المجواه بكبريتات الصوديوم.

و هذا يؤكد أن الجرانيت الوردى هو الأقل مقاومة و صلادة يليه الجرانيت الأحمر الفاتح الذى يعد أكثر مقاومة و صلادة لعوامل التجوية ، بينما الجرانيت الأحمر الداكن ذو مقاومة و صلادة عالية لعمليات التجوية.

الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح بعد التجوية الملحية:
١- أملاح كبريتات الصوديوم Na_2SO_4

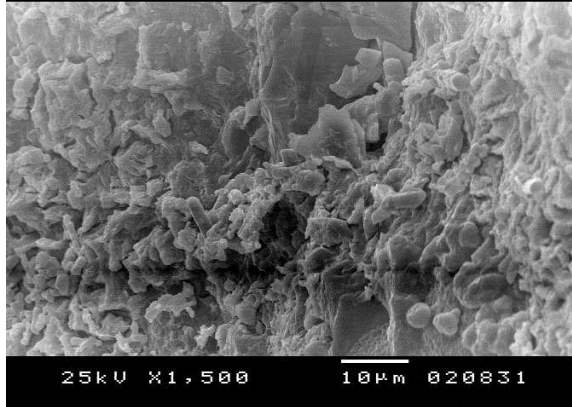


(صورة: ٢٣٧) (قوة تكبير 750X)

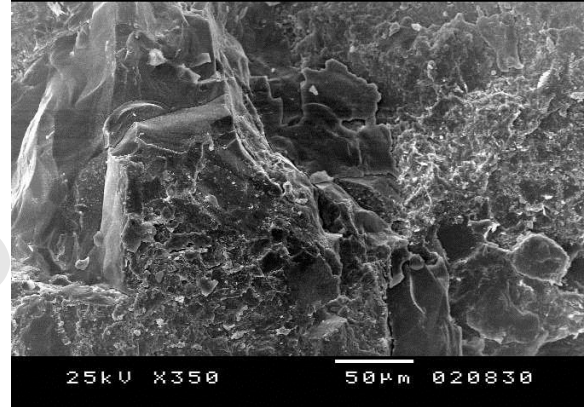


(صورة: ٢٣٦) (قوة تكبير 750X).

يتضح من الفحص إنتشار الأملاح بشكل كثيف و مغلف لحبيبات و مكونات عينة الجرانيت الأحمر الداكن و وجود شروخ عميقة فى الصورة اليمنى و وجود شروخ صغيرة فى الصورة اليسرى نتيجة التجوية بكبريتات الصوديوم و التعرض لدرجة الحرارة العالية .



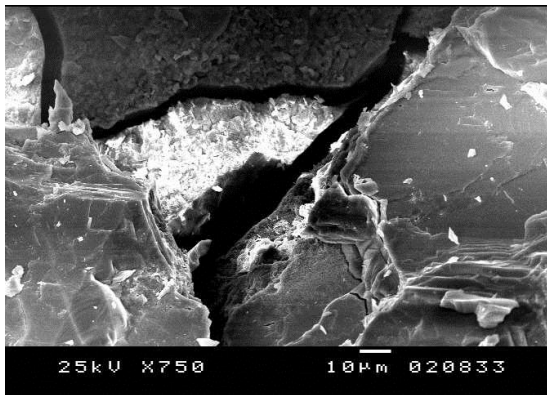
(صورة: ٢٣٩) يتضح من الفحص إنتشار الأملاح بشكل كثيف



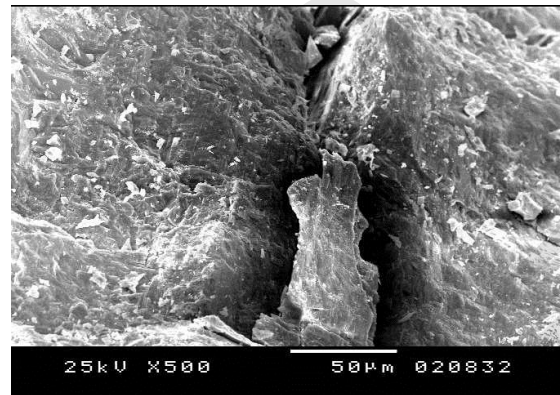
(صورة : ٢٣٨) يتضح من الفحص إنتشار الأملاح

و مغلف لحبيبات و مكونات عينة الجرانيت الوردى نتيجة التجوية
بأملاح كبريتات الصوديوم و التعرض لدرجة الحرارة العالية
(قوة تكبير 1,500X).

الكثيف و المغلف لبعض حبيبات و مكونات عينة الجرانيت
الوردى نتيجة التجوية بأملاح كبريتات الصوديوم و
التعرض لدرجة الحرارة العالية (قوة تكبير 350X).



(صورة : ٢٤١) (قوة تكبير 750X). يتضح من الصورتين



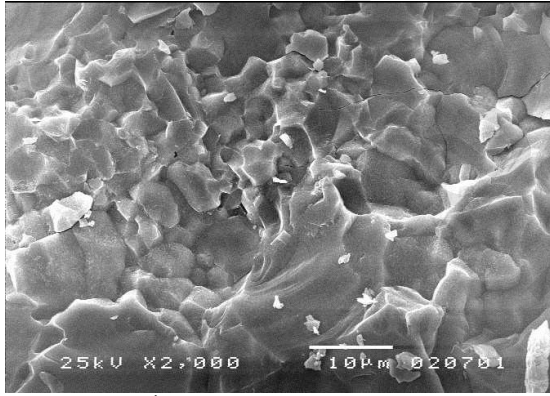
(صورة : ٢٤٠) (قوة تكبير 500X).

وجود الشروخ العميقة و إنتشار الأملاح بشكل كثيف و مغلف لحبيبات و مكونات عينة الجرانيت الأحمر الفاتح نتيجة التجوية
بكبريتات الصوديوم و التعرض لدرجة الحرارة العالية.

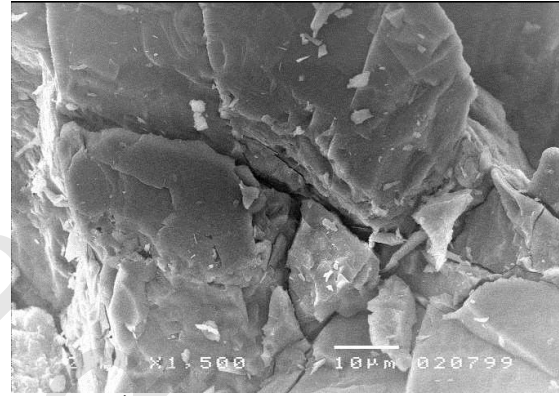


(صورة : ٢٤٢) يتضح من الفحص تأثير التجوية الملحية لأملاح كبريتات الصوديوم على مادة الجرانيت الأحمر الفاتح، كما يتضح وجود المعادن الطينية نتيجة التجوية بفعل الرطوبة (قوة تكبير 5,000X).

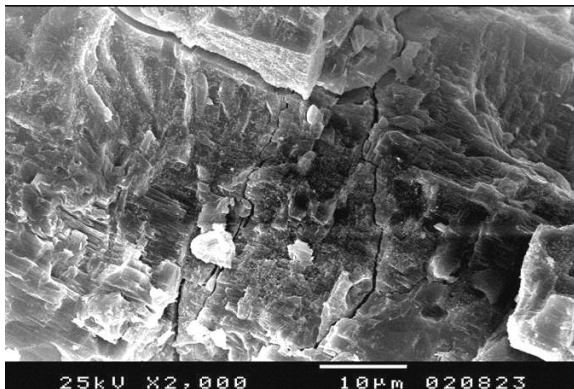
٢- ملح كلوريد الصوديوم Sodium Chloride:



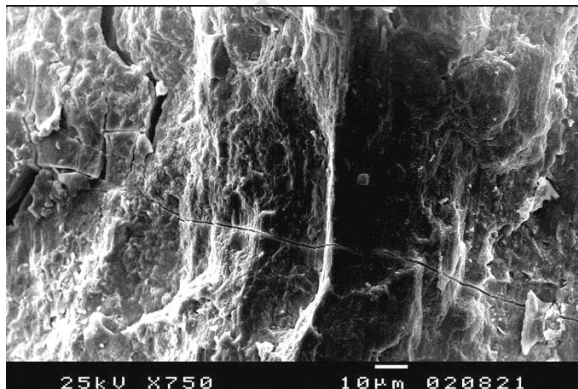
(صورة : ٢٤٤) يتضح من الفحص إنتشار الأملاح بشكل كثيف ومغلف لحبيبات ومكونات عينة الجرانيت الأحمر الداكن نتيجة التجوية الملحية بكلوريد الصوديوم و درجات الحرارة العالية (قوة تكبير 2,000X).



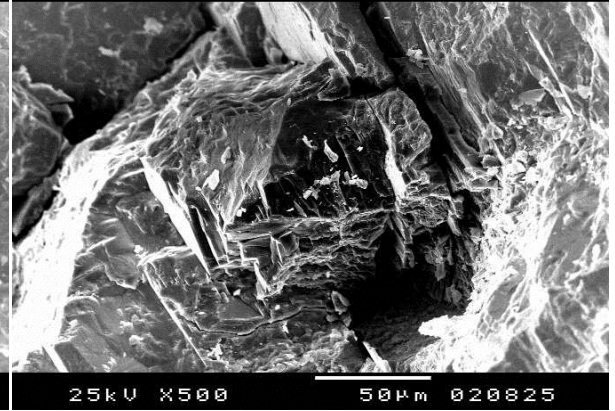
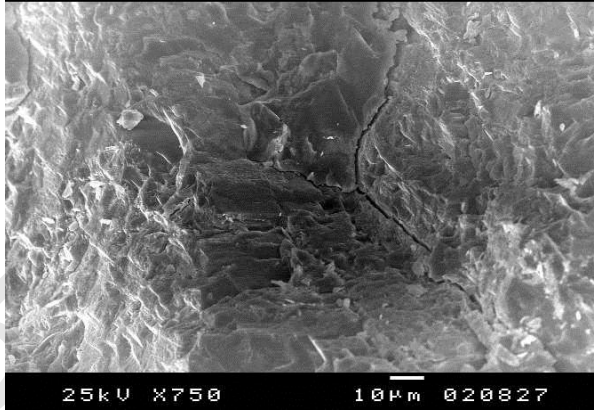
(صورة : ٢٤٣) يتضح من الفحص إنتشار الأملاح لمكونات عينة الجرانيت الأحمر الداكن و وجود بعض الشروخ نتيجة التجوية الملحية بكلوريد الصوديوم و التعرض لدرجات الحرارة العالية (قوة تكبير 1,500X).



(صورة : ٢٤٦) يتضح من الفحص إنتشار الأملاح بشكل كثيف ومغلف لحبيبات ومكونات عينة الجرانيت الوردي و وجود شروخ صغيرة نتيجة التجوية الملحية بكلوريد الصوديوم و التعرض لدرجات الحرارة العالية (قوة تكبير 2,000X).

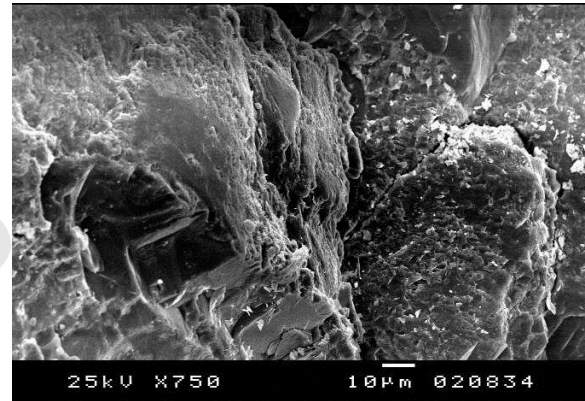
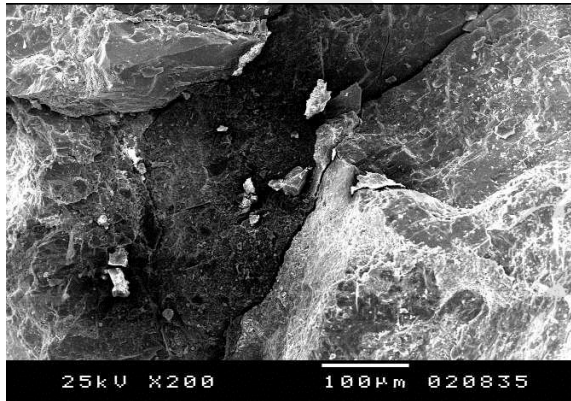


(صورة : ٢٤٥) يتضح من الفحص وجود الأملاح على أجزاء من سطح الجرانيت الوردي و وجود شروخ صغيرة نتيجة التجوية الملحية بكلوريد الصوديوم و التعرض لدرجات الحرارة العالية (قوة تكبير 750X).



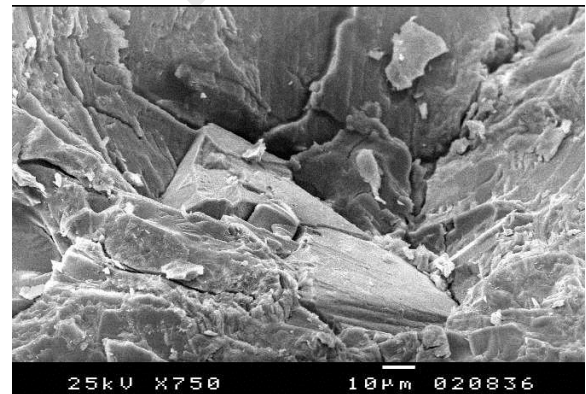
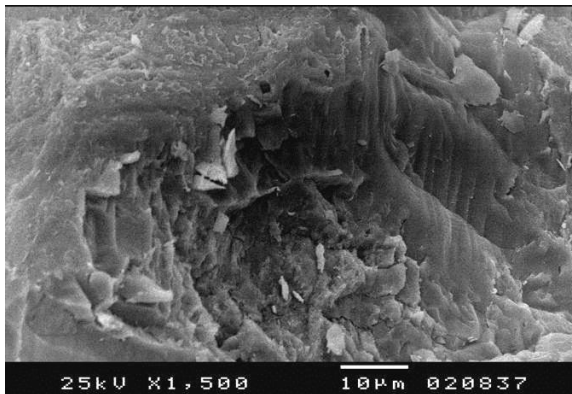
(صورة : ٢٤٧) (قوة تكبير 500X).
(صورة : ٢٤٨) (قوة تكبير 750X).
يتضح من الصورتين وجود شروخ صغيرة في عينة الجرانيت الأحمر الفاتح نتيجة التجوية الملحية بكلوريد الصوديوم والتعرض لدرجات الحرارة العالية.

٣- ملح بيكربونات الأمونيوم Ammonium Bicarbonate :



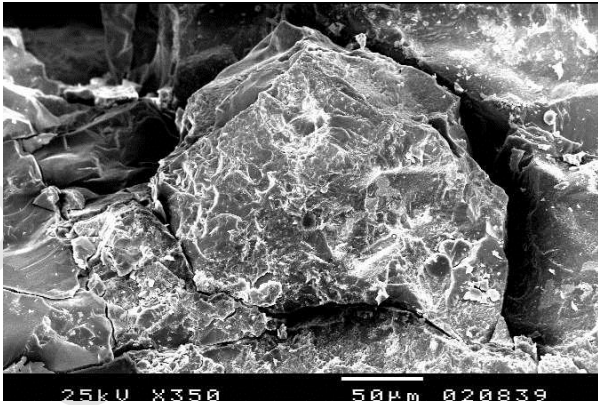
(صورة: ٢٥٠) يتضح من الفحص إنتشار الأملاح الكثيف والمغلف لبعض حبيبات ومكونات عينة الجرانيت الأحمر الداكن نتيجة التجوية ببيكربونات الأمونيوم ودرجة الحرارة العالية (قوة تكبير 200X).

(صورة: ٢٤٩) يتضح من الفحص إنتشار الأملاح الكثيف والمغلف لبعض حبيبات ومكونات عينة الجرانيت الأحمر الداكن مع وجود شروخ طفيفة نتيجة التجوية ببيكربونات الأمونيوم ودرجة الحرارة العالية (قوة تكبير 750X).

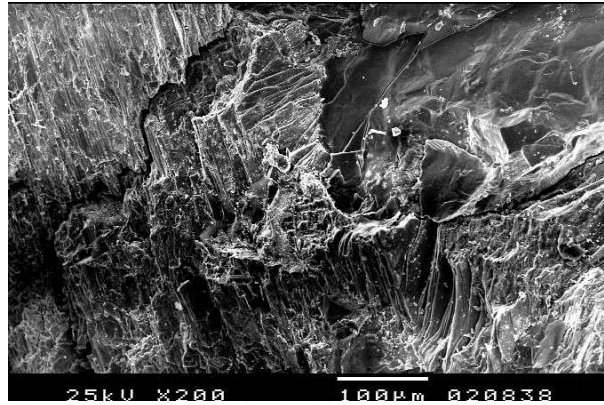


(صورة: ٢٥٢) يتضح من الفحص إنتشار الأملاح الكثيف والمغلف لبعض حبيبات ومكونات عينة الجرانيت الوردي نتيجة التجوية بأملاح بيكربونات الأمونيوم ودرجة الحرارة العالية (قوة تكبير 1,500X).

(صورة: ٢٥١) يتضح من الفحص إنتشار الأملاح الكثيف والمغلف لبعض حبيبات ومكونات عينة الجرانيت الوردي مع وجود شروخ نتيجة التجوية بأملاح بيكربونات الأمونيوم ودرجة الحرارة العالية (قوة تكبير 750X).



(صورة : ٢٥٤) يتضح من الفحص وجود الشروخ و إنتشار
الأملاح على سطح مكونات عينة الجرانيت الأحمر الفاتح نتيجة
التجوية بأملاح بيكربونات الأمونيوم و درجة الحرارة العالية
(قوة تكبير 350X).



(صورة : ٢٥٣) يتضح من الفحص ترسب و إنتشار
الأملاح على سطح عينة الجرانيت الأحمر الفاتح نتيجة
التجوية بأملاح بيكربونات الأمونيوم و درجة الحرارة
العالية (قوة تكبير 200X).

- نتيجة الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح لتأثير الأملاح على المكعبات المجواه:

تأثير أملاح كبريتات الصوديوم في الجرانيت الداكن يتضح من الفحص إنتشار الأملاح بشكل كثيف و مغلف
لحببيات و مكونات عينة الجرانيت الأحمر الداكن و وجود شروخ عميقة نتيجة التجوية بأملاح كبريتات الصوديوم و
التعرض لدرجة الحرارة العالية (صورة رقم ٢٣٦) و (صورة رقم ٢٣٧).

تأثير أملاح كبريتات الصوديوم في الجرانيت الوردي يتضح من الفحص إنتشار الأملاح الكثيف و المغلف لبعض
حببيات و مكونات عينة الجرانيت الوردي نتيجة التجوية بأملاح كبريتات الصوديوم و التعرض لدرجة الحرارة العالية (
صورة رقم ٢٣٨) و (صورة رقم ٢٣٩).

تأثير أملاح كبريتات الصوديوم في الجرانيت الأحمر الفاتح يتضح من الفحص وجود الشروخ العميقة و إنتشار
الأملاح بشكل كثيف و مغلف لحبيبات و مكونات عينة الجرانيت الأحمر الفاتح نتيجة التجوية بأملاح كبريتات الصوديوم
و التعرض لدرجة الحرارة العالية ، كما يتضح وجود المعادن الطينية نتيجة التجوية بفعل الرطوبة (صورة رقم ٢٤٠)
و (صورة رقم ٢٤١) و (صورة رقم ٢٤٢).

تأثير أملاح كلوريد الصوديوم في الجرانيت الأحمر الداكن يتضح من الفحص إنتشار الأملاح بشكل كثيف و مغلف
لحببيات و مكونات عينة الجرانيت الأحمر الداكن و وجود بعض الشروخ نتيجة التجوية الملحية بكلوريد الصوديوم و
التعرض لدرجات الحرارة العالية (صورة رقم ٢٤٣) و (صورة رقم ٢٤٤).

تأثير أملاح كلوريد الصوديوم في الجرانيت الوردي يتضح من الفحص إنتشار الأملاح بشكل كثيف و مغلف لحبيبات
و مكونات عينة الجرانيت الوردي و وجود شروخ صغيرة و كبيرة عميقة نتيجة التجوية الملحية بكلوريد الصوديوم و
التعرض لدرجات الحرارة العالية (صورة رقم ٢٤٥) و (صورة رقم ٢٤٦).

تأثير أملاح كلوريد الصوديوم في الجرانيت الأحمر الفاتح يتضح من الفحص و جود شروخ صغيرة في عينة الجرانيت الأحمر الفاتح نتيجة التجوية الملحية بكلوريد الصوديوم و التعرض لدرجات الحرارة العالية (صورة رقم ٢٤٧) و (صورة رقم ٢٤٨).

تأثير أملاح بيكربونات الأمونيوم في الجرانيت الأحمر الداكن يتضح من الفحص إنتشار الأملاح الكثيف و المغلف لبعض حبيبات و مكونات عينة الجرانيت الأحمر الداكن مع وجود شروخ طفيفة نتيجة التجوية بأملاح بيكربونات الأمونيوم و درجة الحرارة العالية (صورة رقم ٢٤٩) و (صورة رقم ٢٥٠).

تأثير أملاح بيكربونات الأمونيوم في الجرانيت الوردي يتضح من الفحص إنتشار الأملاح الكثيف و المغلف لبعض حبيبات و مكونات عينة الجرانيت الوردي مع وجود شروخ نتيجة التجوية بأملاح بيكربونات الأمونيوم و درجة الحرارة العالية (صورة رقم ٢٥١) و (صورة رقم ٢٥٢).

تأثير أملاح بيكربونات الأمونيوم في الجرانيت الأحمر الفاتح يتضح من الفحص وجود الشروخ و إنتشار الأملاح على سطح مكونات عينة الجرانيت الأحمر الفاتح نتيجة التجوية بأملاح بيكربونات الأمونيوم و درجة الحرارة العالية (صورة رقم ٢٥٣) و (صورة رقم ٢٥٤).

ثانياً : التقادم الصناعى بإستخدام مياه البحر

تم إجراء عملية التقادم الصناعى بإستخدام مياه البحر من منطقتى الدراسة السلسلة (رأس لوخيّاس قديماً) و قلعة قايتباى (فاروس قديماً).

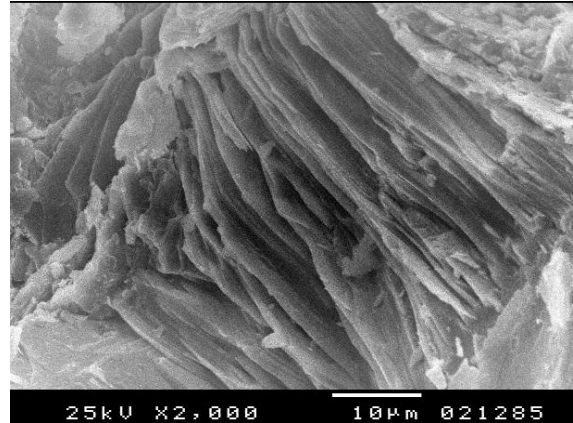
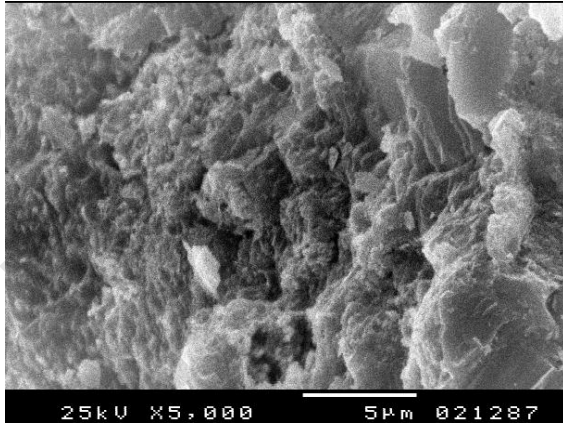
تجهيز العينات :

تم تجهيز مكعبات لعينات من ثلاث أنواع من الجرانيت الوردي الفاتح و الجرانيت الوردي المائل إلى الأحمرار و الجرانيت الأحمر الداكن.

- أبعاد عينات الجرانيت الأحمر الداكن ٥ × ٥ سم و ارتفاع ٣ سم .
- أبعاد عينات الجرانيت الوردي الفاتح الكبير الحبيبات ٥ × ٥ سم و ارتفاع ٤ سم .
- أبعاد عينات الجرانيت الوردي المائل إلى الأحمرار ٤ × ٤ سم و ارتفاع ٤ سم.

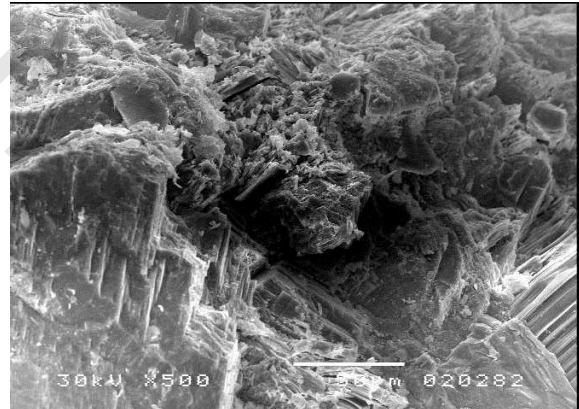
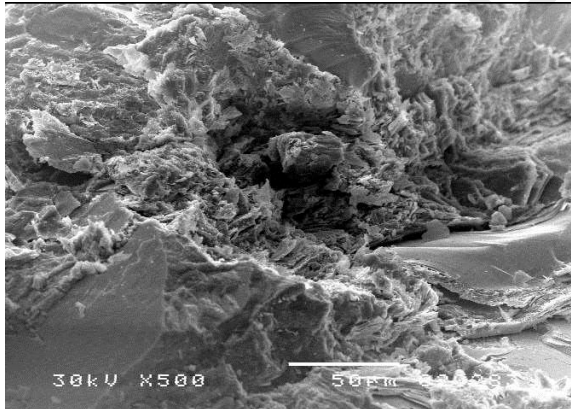
ثم غمر عدد ثلاث مكعبات من كل نوع في مياه السلسلة (رأس لوخيّاس قديماً) لمدة عام بأكمله، كما غمرت أيضاً عدد ثلاث مكعبات أخرى من كل نوع في مياه قلعة قايتباى (فاروس قديماً) لمدة عام .
و تم إجراء الفحص عليها بواسطة الميكروسكوب الألكترونى الماسح لمعرفة ما حدث لها من تلف خلال غمرها في مياه البحر لمدة عام.

الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح لمعرفة تأثير مياه البحر بمنطقة السلسلة على المكعبات الجرانيتية:



(صورة: ٢٥٦) يتضح من الفحص لعينة الجرانيت الداكن التي تم وضعها بمياه منطقة السلسلة وجود شكل الصفائح المكونة لمادة العينة مع تشوه النسيج السطحي للحبيبات نتيجة التجوية الملحية (قوة تكبير 5,000X).

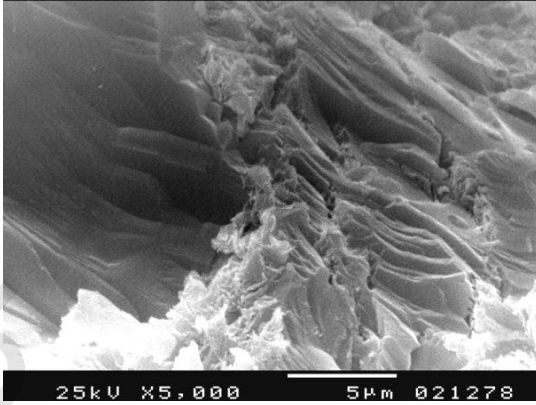
(صورة: ٢٥٥) يتضح من الفحص لعينة الجرانيت الداكن التي تم وضعها بمياه منطقة السلسلة وجود شكل الصفائح المكونة لمادة العينة نتيجة التجوية الملحية (قوة تكبير 2,000X).



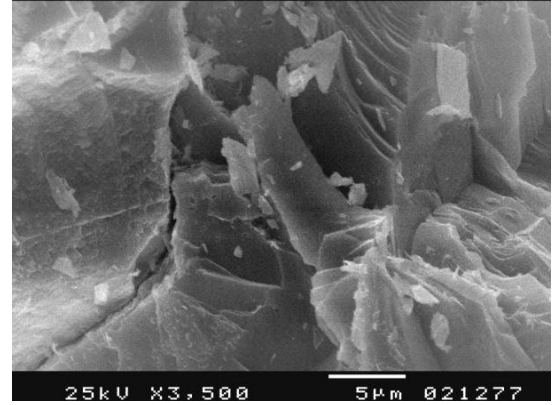
(صورة: ٢٥٨) (قوة تكبير 500X).

(صورة: ٢٥٧) (قوة تكبير 500X).

يتضح من فحص الصورتين لعينة الجرانيت الأحمر الداكن التي تم وضعها بمياه منطقة السلسلة وجود شكل الصفائح المكونة لمادة العينة مع تشوه النسيج السطحي للحبيبات نتيجة التجوية الملحية.



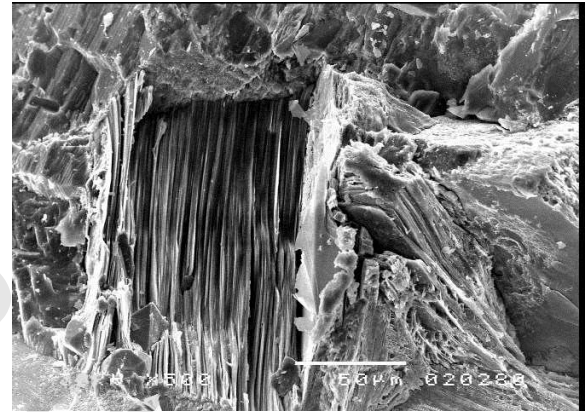
(صورة : ٢٦٠) يتضح من الفحص لعينة الجرانيت الوردى التى تم وضعها فى مياه السلسلة وجود شكل الصفائح المكونة لمادة العينة نتيجة التجوية الملحية (قوة تكبير 5,000X).



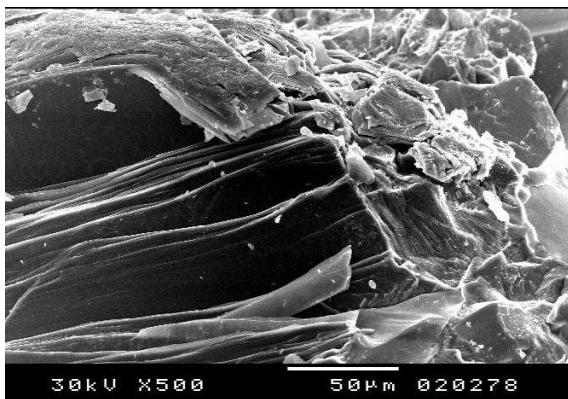
(صورة : ٢٥٩) يتضح من الفحص لعينة الجرانيت الوردى التى تم وضعها فى مياه السلسلة وجود ترسب للبلورات الملحية (قوة تكبير 3,500X).



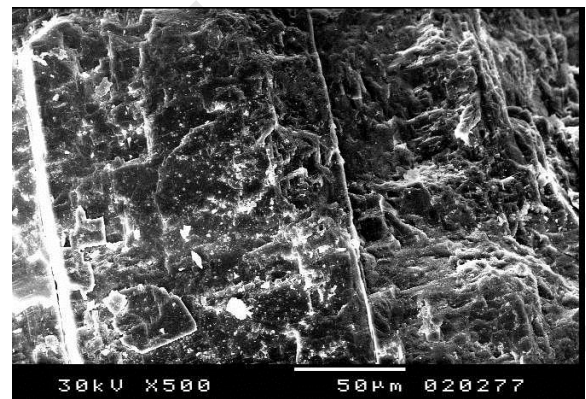
(صورة: ٢٦٢) يتضح من الفحص لعينة الجرانيت الوردى التى تم وضعها بمياه منطقة السلسلة وجود شكل الصفائح المكونة لمادة العينة (قوة تكبير 500X).



(صورة : ٢٦١) يتضح من الفحص لعينة الجرانيت الوردى التى تم وضعها بمياه منطقة السلسلة وجود شكل الصفائح المكونة لمادة العينة مع تشوه النسيج السطحى للحبيبات نتيجة التجوية الملحية (قوة تكبير 500X).

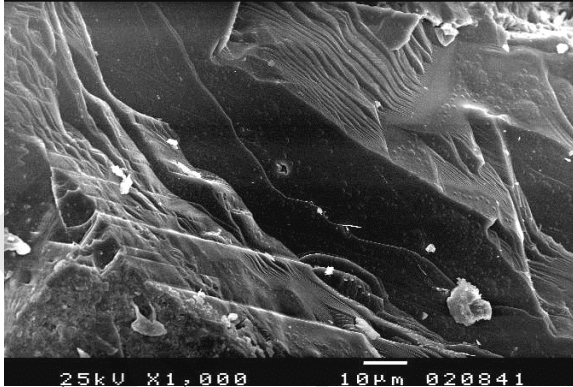


(صورة: ٢٦٤) يتضح من الفحص لعينة الجرانيت الأحمر وجود شكل الصفائح المكونة لمادة العينة مع وجود ترسب لبلورات الملح فى بعض الأماكن نتيجة التجوية الملحية (قوة تكبير 500X).

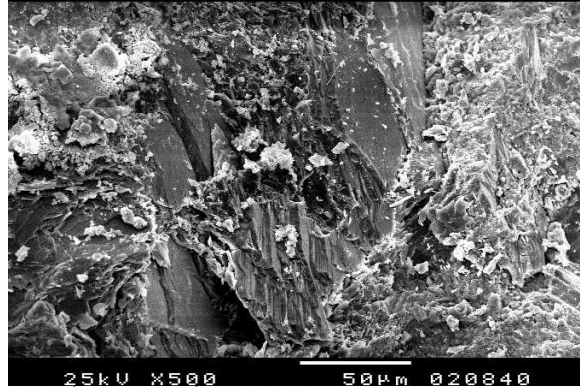


(صورة : ٢٦٣) يتضح من الفحص لعينة الجرانيت الأحمر الفاتح التى تم وضعها بمياه منطقة السلسلة ترسب بلورات الملح على سطح العينة (قوة تكبير 500X).

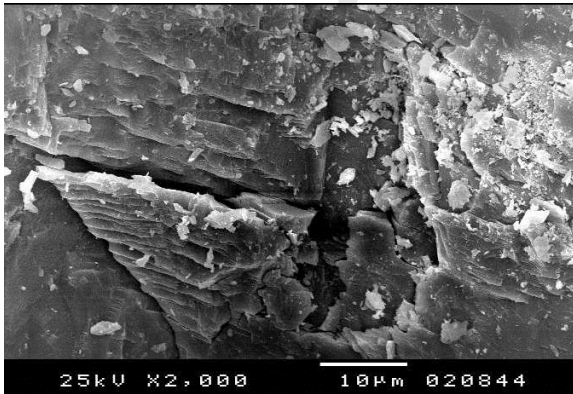
الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح لمعرفة تأثير مياه البحر بمنطقة القلعة على المكعبات الجرانيتية:



(صورة: ٣٦٦) يتضح من الفحص لعينة الجرانيت الأحمر الداكن التي تم وضعها بمياه منطقة القلعة عدم ترسب بلورات الملح في بعض الأماكن (قوة تكبير 1,000X).

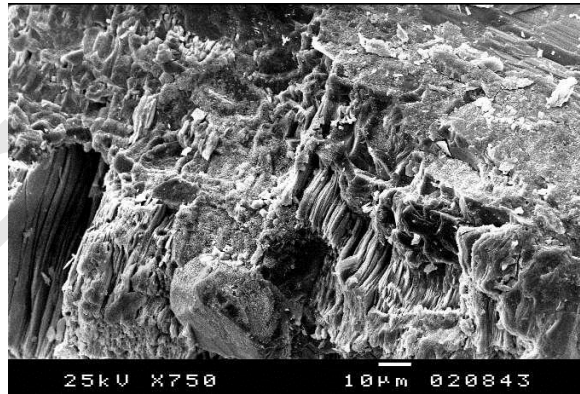


(صورة: ٢٦٥) يتضح من الفحص لعينة الجرانيت الأحمر الداكن التي تم وضعها بمياه منطقة القلعة ترسب بلورات الملح مع التأثر الشديد لحبيبات الجرانيت الداكن (قوة تكبير 500X).

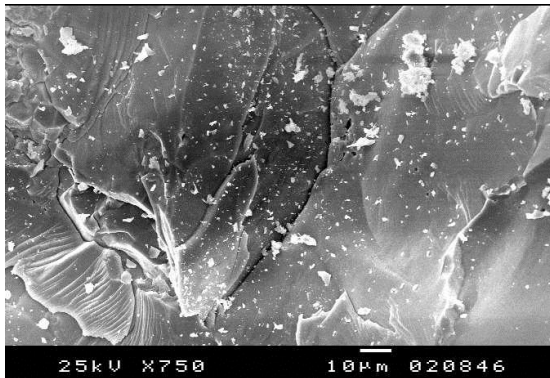


(صورة : ٢٦٨) (قوة تكبير 2,000X).

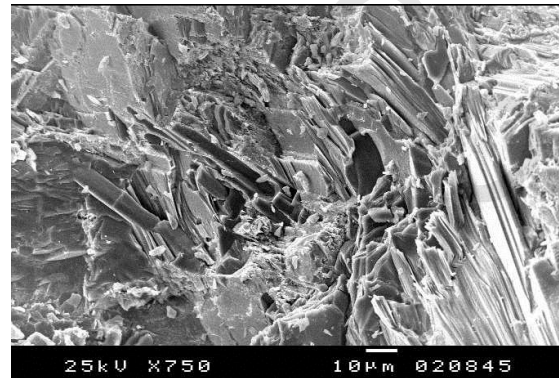
يتضح من الفحص لعينة الجرانيت الوردي التي تم وضعها بمياه منطقة القلعة وجود شكل الصفائح المكونة لمادة العينة مع تشوه النسيج السطحي للحبيبات نتيجة التجوية الملحية مع وجود ترسب لبلورات الملح في بعض الأماكن في الصورة اليسرى.



(صورة : ٢٦٧) (قوة تكبير 750X).



(صورة: ٢٧٠) يتضح من الفحص لعينة الجرانيت الأحمر الفاتح التي تم وضعها بمياه منطقة القلعة ترسب بلورات الملح على سطح العينة (قوة تكبير 750X).



(صورة: ٢٦٩) يتضح من الفحص لعينة الجرانيت الأحمر الفاتح وجود شكل الصفائح المكونة لمادة العينة مع تشوه النسيج السطح للحبيبات نتيجة التجوية الملحية (قوة تكبير 750X).

- نتائج الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح لمعرفة تأثير مياه البحر بمنطقة السلسلة على المكعبات الجرانيتية:

- أتضح من الفحص لعينة الجرانيت الداكن التي تم وضعها بمياه منطقة السلسلة وجود شكل الصفائح المكونة لمادة العينة مع تشوه النسيج السطحي للحبيبات نتيجة التجوية الملحية (من صورة رقم ٢٥٥ إلى صورة رقم ٢٥٨).

- أتضح من الفحص لعينة الجرانيت الوردي التي تم وضعها بمياه منطقة السلسلة وجود شكل الصفائح المكونة لمادة العينة مع تشوه النسيج السطحي للحبيبات نتيجة التجوية الملحية و وجود ترسب للبلورات الملحية (من صورة رقم ٢٥٩ إلى صورة رقم ٢٦٢).

- أتضح من الفحص لعينة الجرانيت الأحمر الفاتح التي تم وضعها بمياه منطقة السلسلة وجود شكل الصفائح المكونة لمادة العينة مع وجود ترسب للبلورات الملح في بعض الأماكن نتيجة التجوية الملحية (صورة رقم ٢٦٣) و (صورة رقم ٢٦٤).

- نتيجة الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح لمعرفة تأثير مياه البحر بمنطقة القلعة على المكعبات الجرانيتية:

- أتضح من الفحص لعينة الجرانيت الأحمر الداكن التي تم وضعها بمياه منطقة القلعة ترسب للبلورات الملح في بعض الأماكن مع عدم التأثير الشديد لحبيبات الجرانيت الداكن (صورة رقم ٢٦٥) و (صورة رقم ٢٦٦).

- أتضح من الفحص لعينة الجرانيت الوردي التي تم وضعها بمياه منطقة القلعة وجود شكل الصفائح المكونة لمادة العينة مع تشوه النسيج السطحي للحبيبات نتيجة التجوية الملحية مع وجود ترسب للبلورات الملح في بعض الأماكن (صورة رقم ٢٦٧) و (صورة رقم ٢٦٨).

- أتضح من الفحص لعينة الجرانيت الأحمر الفاتح التي تم وضعها بمياه منطقة القلعة وجود شكل الصفائح المكونة لمادة العينة مع تشوه النسيج السطحي للحبيبات نتيجة التجوية الملحية و ترسب بلورات الملح على سطح العينة (صورة رقم ٢٦٩) و (صورة رقم ٢٧٠).

ثالثاً : الدراسة التجريبية لإختبار مواد التقوية

نظراً لوجود و إنتشار العديد من مواد التقوية و للتفاضل بينهما بعد أن تم إعداد المكعبات الجرانيتية سالفه الذكر و فحصها بواسطة الميكروسكوب الإلكتروني الماسح و دراسة خواصها الطبيعية ثم إجراء عملية التقادم الملحي عليها و فحصها بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح و دراسة خواصها بعد التقادم، ثم تطبيق مواد التقوية و تم إختيار مواد التقوية الآتية : (صورة رقم ٢٧١)

- **Wacker-OH 100** حيث تم إستخدام المادة المقوية كما هي دون أى إضافات.

- **Wacker-OH 100** مضافا إليه الكحول الأثيلى بنسبة تركيز ١٠%.

- **Wacker-OH 100** مضافا إليه الكحول الأثيلى بنسبة تركيز ٣%.

- **Paraloid 44** بنسبة تركيز ٣% فى التولوين.

- **Paraloid 44** بنسبة تركيز ٥% فى الأسيتون.

- **Paraloid 72** بنسبة تركيز ٣% فى التولوين.

- **Paraloid 72** بنسبة تركيز ٥% فى الأسيتون.

و لقد تم إستخدام طريقة الغمر حيث تم وزن العينات (صورة رقم ٢٧٢) و غمرت كل مجموعة من العينات فى محلول تقوية من هذه المحاليل لمدة ثلاث دورات، حيث غمرت فى المرة الأولى لمدة ١٢ ساعة (لوحة رقم ٢٧٣) ثم تم أخراجها و تغطيتها بأكياس من البلاستيك (يتم تخريم أكياس البلاستيك للتهوية) (صورة رقم ٢٧٤ أ-ب) لمدة ثلاثة أيام ثم بعد ذلك وزن العينات ثم غمرها فى محاليل التقوية للمرة الثانية لمدة ١٢ ساعة أخرى و أخرجها و تغطيتها لمدة ثلاثة أيام ثم وزنها و غمرها فى محاليل التقوية للمرة الثالثة و الأخيرة لمدة ٦ ساعات ثم أخرجها و تغطيتها بأكياس البلاستيك لمدة شهر على الأقل و ذلك لإحداث عملية البلمرة الكاملة لمواد التقوية.

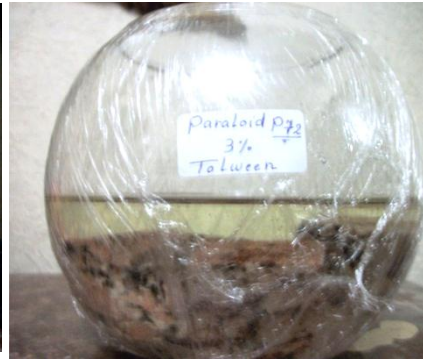
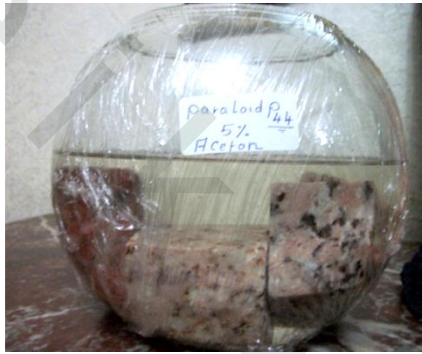
بعد ذلك يتم وزن العينات بعد عملية التقوية ثم فحص العينات بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح لدراسة تأثير المادة المقوية و دراسة عمق التغلغل ثم إجراء أختبارات الخواص الفيزيائية، وذلك إختيار أفضل مادة للتقوية يتم تطبيقها على اللآثار الجرانيتية موضوع الدراسة بناء على النتائج التى تم التوصل إليها.



(صورة: ٢٧٢) توضح عملية وزن العينات المختلفة بعد القيام بكل مرحلة من مراحل التقوية.



(صورة: ٢٧١) توضح مواد التقوية و المذيبات التي تم إستخدامها .

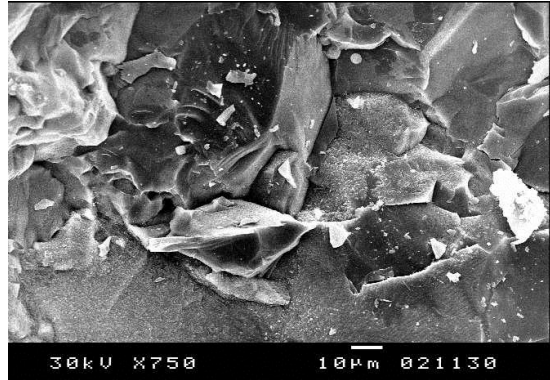
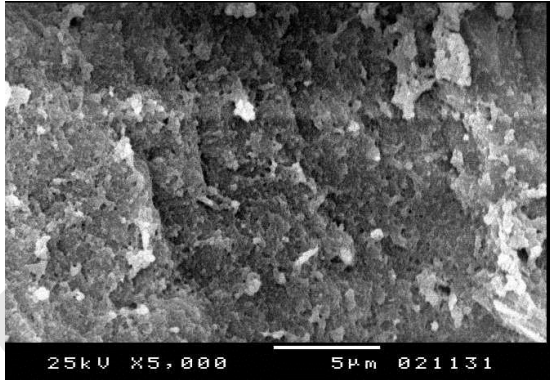


(لوحة : ٢٧٣) توضح غمر مكعبات الجرانيت المختلفة الأنواع فى محاليل التقوية



(صورة: ٢٧٤ أ ب) توضح عملية لف المكعبات الجرانيتية بالأكياس البلاستيكية بعد غمرها فى محاليل التقوية لإتمام عملية البلمرة.

الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح بعد عملية التقوية :
Wacker –OH 100

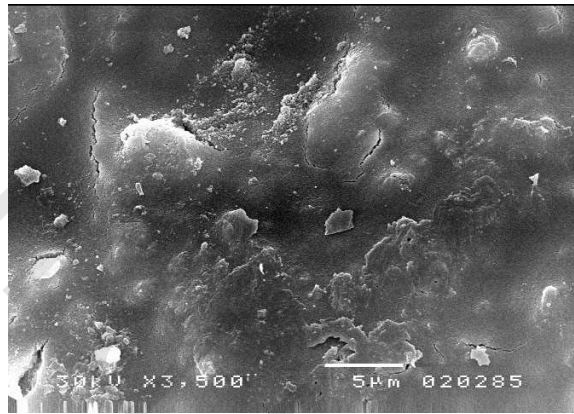
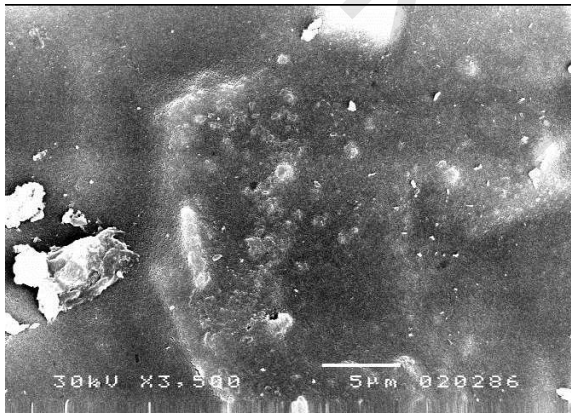


(صورة : ٢٧٦) يتضح من الفحص أن مادة التقوية W –OH 100

قد تغلغت بدرجة مناسبة إلى حد ما و عملت على ترابط الحبيبات المعدنية للجرانيت الأحمر الداكن و هناك ترسيبات لمادة التقوية على أسطح الحبيبات المعدنية (قوة تكبير 5,000X).

(صورة : ٢٧٥) يتضح من الفحص أن مادة التقوية قد

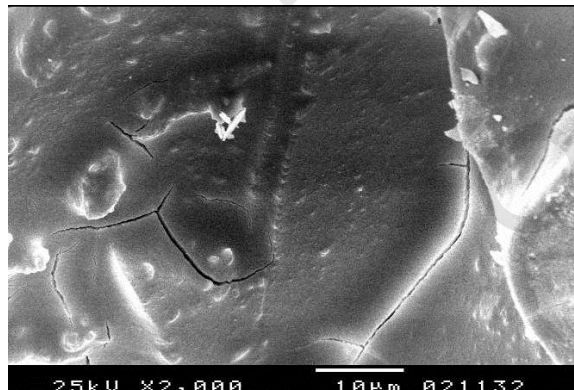
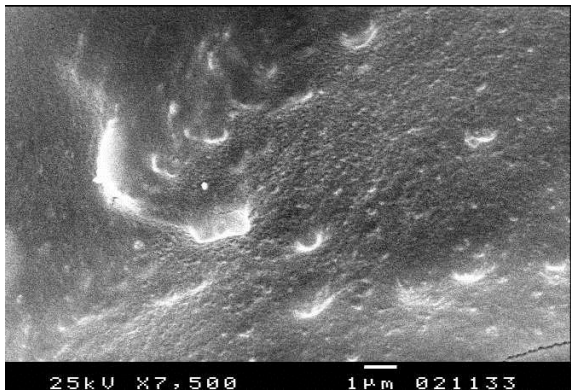
عملت إلى حد كبير في تغليف الحبيبات المعدنية لمادة الجرانيت كما يتضح أن عينات الجرانيت الأحمر الداكن بحالة جيدة و متماسكة إلى درجة كبيرة كما أن مادة التقوية لم تعمل على غلق جميع المسام (قوة تكبير 750X).



(صورة : ٢٧٨) (قوة تكبير 3,500X).

(صورة : ٢٧٧) (قوة تكبير 3,500X).

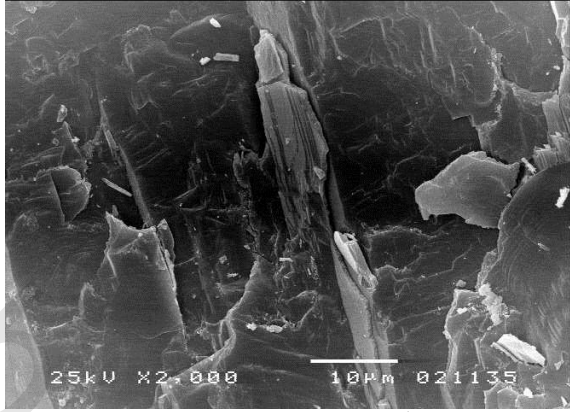
يتضح من الصورتين أن مادة التقوية Wacker –OH 100 قد تغلغت بدرجة مناسبة إلى حد ما و عملت على ترابط الحبيبات المعدنية للجرانيت الأحمر الداكن كما يبدو أن هناك ترسيبات لمادة التقوية على أسطح الحبيبات المعدنية.



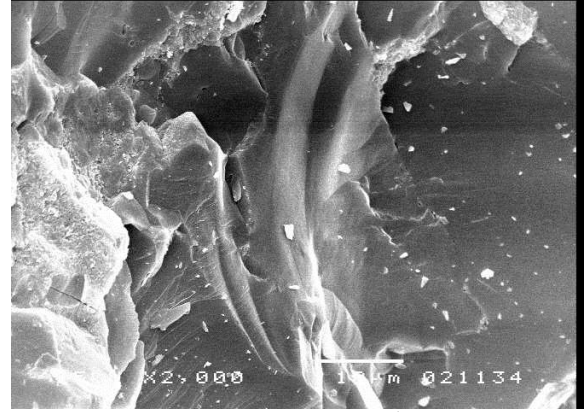
(صورة : ٢٨٠) (قوة تكبير 7,500X).

(صورة : ٢٧٩) (قوة تكبير 2,000X).

يتضح من الصورتين أن مادة التقوية Wacker –OH 100 التي تمت على عينات الجرانيت الوردي كانت تقوية سطحية و حدث تشقق في فيلم مادة التقوية، و يعكس هذا الحالة العامة للتلف الذي تعرضت له العينات بفعل تأثير ما تعرضت له من نسبة عالية من التجوية الملحية .



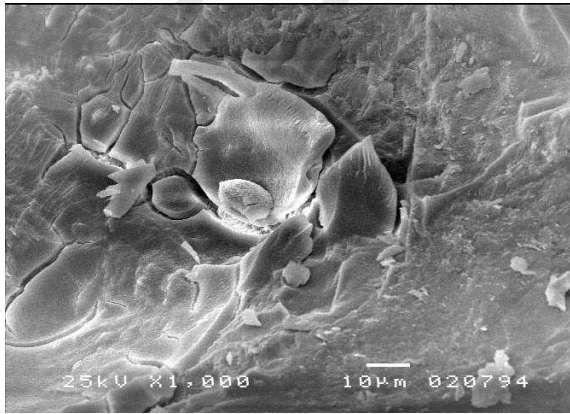
(صورة : ٢٨٢) (قوة تكبير 2,000 X).



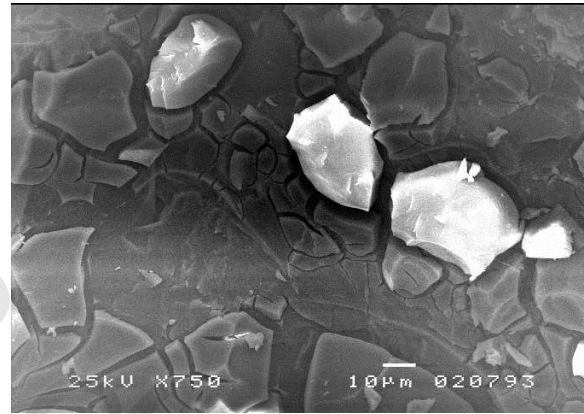
(صورة : ٢٨١) (قوة تكبير 2,000 X).

يتضح من الصورتين أن مادة التقوية Wacker –OH 100 قد توزعت بشكل مناسب و عملت على ربط الحبيبات المعدنية لعينات الجرانيت الأحمر الفاتح بنسبة كبيرة.

Wacker-OH 100 المضاف إليه ١٠% الكحول الإيثيلي

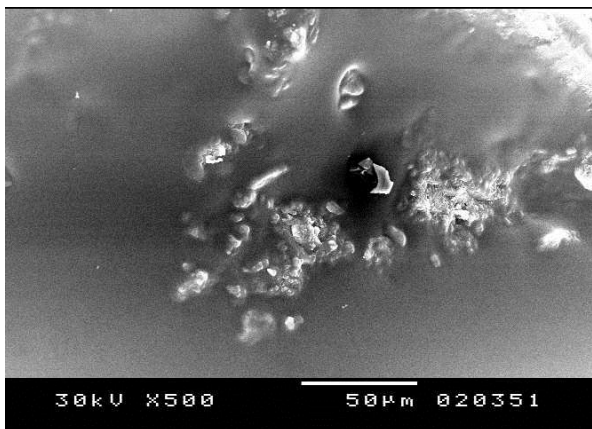


(صورة : ٢٨٤) (قوة تكبير 1,000 X).



(صورة : ٢٨٣) (قوة تكبير 750 X).

يتضح من الصورتين لعينة الجرانيت الوردي عدم التغلغل المناسب لمادة التقوية Wacker-OH المضاف إليه ١٠% الكحول الإيثيلي، كما أن اللزوجة المرتفعة أدت إلى حدوث تشقق في فيلم المادة المقوية.

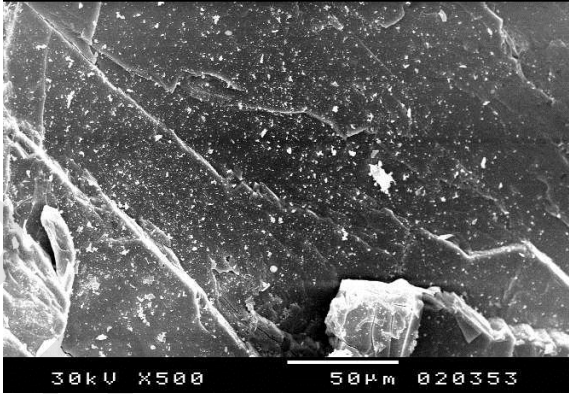


(صورة : ٢٨٦) (قوة تكبير 500 X).

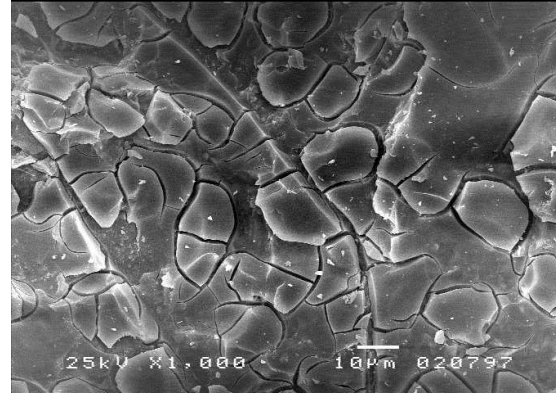


(صورة : ٢٨٥) (قوة تكبير 500 X).

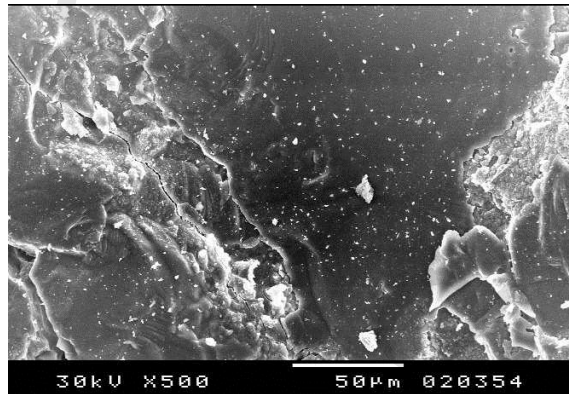
يتضح من الصورتين لعينة الجرانيت الوردي الضعف الشديد للعينة و عدم التجانس في توزيع مادة التقوية الفاكر Wacker-OH المضاف إليه ١٠% الكحول الإيثيلي.



(صورة : ٢٨٨) يتضح من الفحص لعينة الجرانيت الأحمر الفاتح التغلغل الجيد لمادة التقوية W-OH100 المضاف إليه ١٠% الكحول الإيثيلي في العينات و ربطها بشكل جيد للحبيبات المعدنية (قوة تكبير 500X).

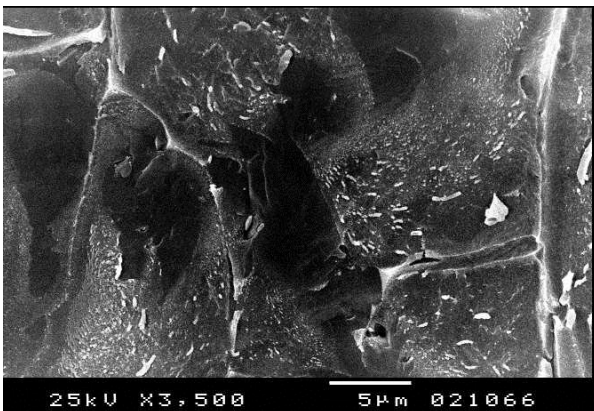


(صورة : ٢٨٧) يتضح من الفحص لعينة الجرانيت الأحمر الفاتح حدوث تشقق في فيلم المادة المقوية نتيجة اللزوجة المرتفعة للمادة المقوية W-OH100 المضاف إليه ١٠% الكحول الإيثيلي مما أدى إلى حدوث تقوية سطحية في بعض العينات (قوة تكبير 1,000X).



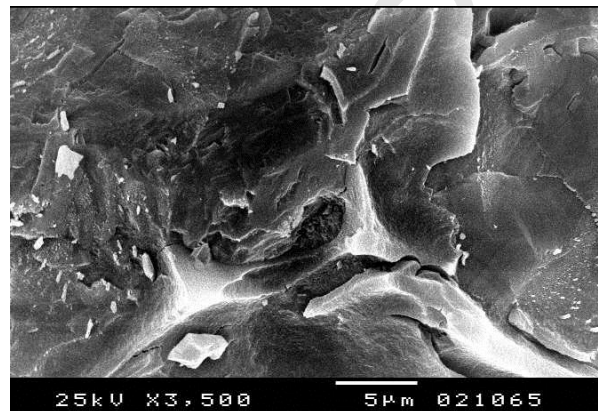
(صورة : ٢٨٩) يتضح من الفحص لعينة الجرانيت الأحمر الفاتح حدوث تشقق في فيلم المادة المقوية Wacker-OH المضاف إليه ١٠% الكحول الإيثيلي في مناطق الضعف بالعينات و بشكل عام يعتبر التغلغل جيد (قوة تكبير 500X).

Wacker-OH100 +Ethyl Alcohol 3%

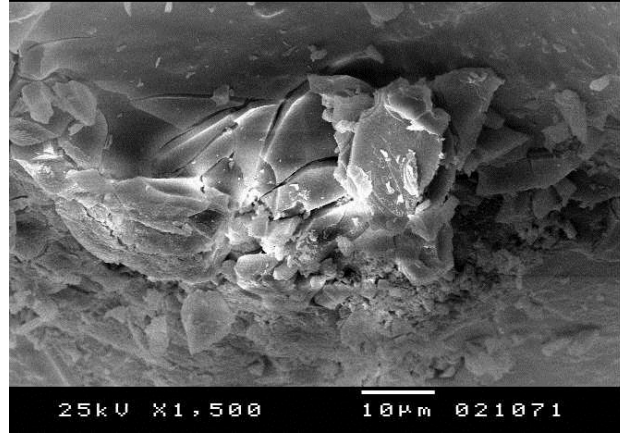


(صورة : ٢٩١) (قوة تكبير 3,500X).

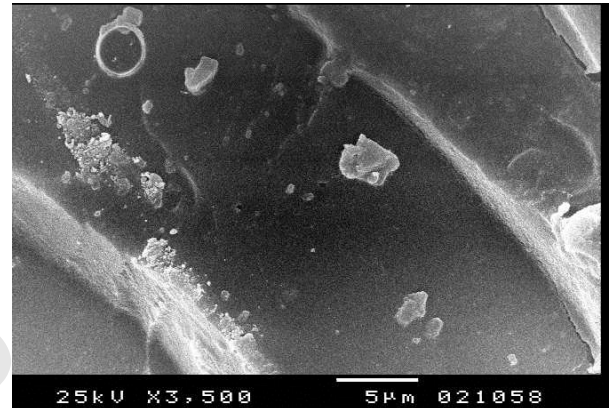
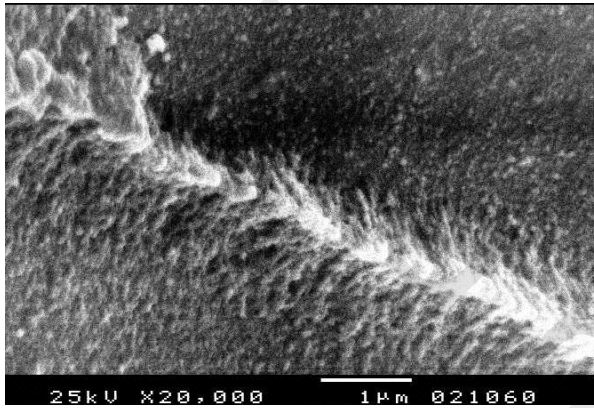
يتضح من الصورتين لعينة الجرانيت الوردي أن مادة التقوية Wacker-OH المضاف إليه ٣% الكحول الإيثيلي قد تغلغلت بشكل جيد و عملت على ربط الحبيبات المعدنية.



(صورة : ٢٩٠) (قوة تكبير 3,500X).



(صورة : ٢٩٢) يتضح من الفحص لعينة الجرانيت الوردي التغلغل الجيد لمادة التقوية Wacker-OH المضاف إليه ٣% الكحول الإيثيلي و ربطها للحبيبات المعدنية (قوة تكبير 1,500X).

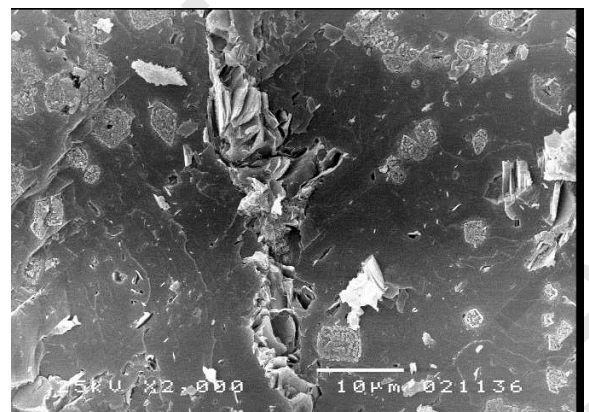
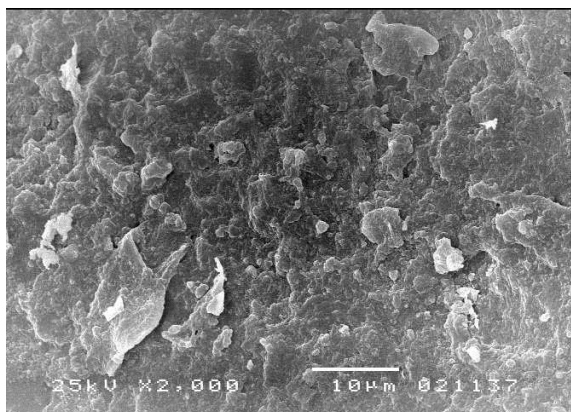


(صورة : ٢٩٤) (قوة تكبير 20,000X).

(صورة: ٢٩٣) (قوة تكبير 3,500X).

يتضح من الصورتين لعينة الجرانيت الأحمر الفاتح أن مادة التقوية Wacker-OH المضاف إليه ٣% الكحول الإيثيلي قد تغلغلت بشكل جيد و عملت على ربط الحبيبات المعدنية .

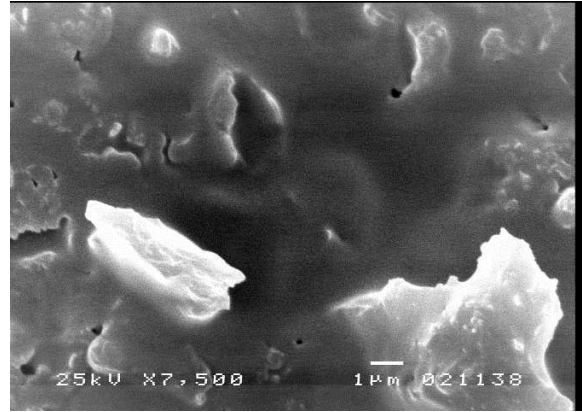
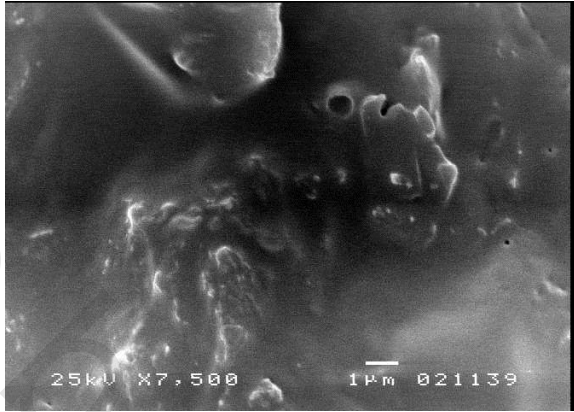
P44 3% in Toluene



(صورة : ٢٩٦) (قوة تكبير 2,000X).

(صورة : ٢٩٥) (قوة تكبير 2,000X).

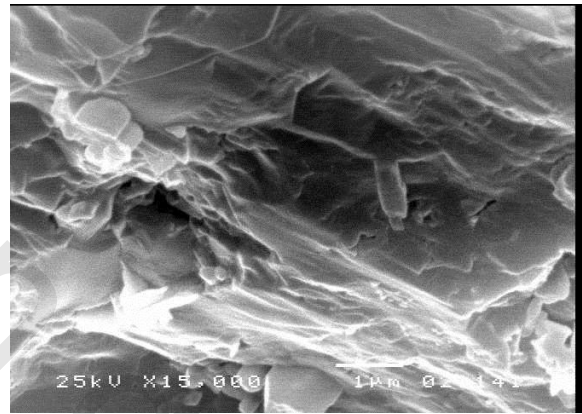
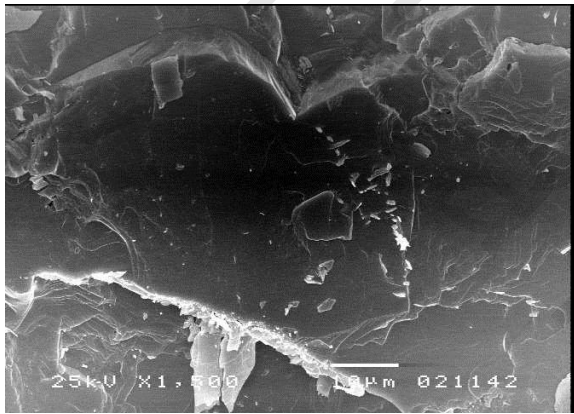
يتضح من الصورتين أن مادة التقوية P44 ٣% في التولوين قد تغلغلت داخل مادة الحجر و قامت بربط الحبيبات المعدنية للجرانيت الأحمر الداكن، لكن يتضح أن هناك الكثير من المسام تم سدها بواسطة مادة التقوية .



(صورة : ٢٩٨) (قوة تكبير 7,500X).

(صورة : ٢٩٧) (قوة تكبير 7,500 X).

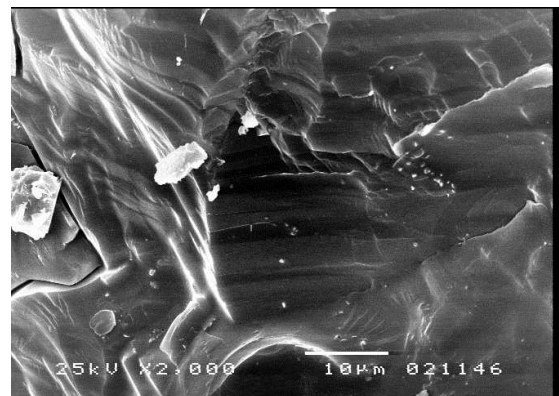
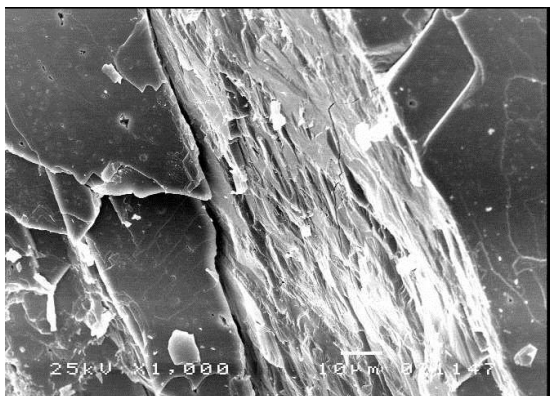
يتضح من الصورتين أن مادة التقوية P44 ٣% في التولوين بالرغم من ربطها للحبيبات المعدنية للجرائيت الوردى إلا أنه كانت هناك الكثير من المسام المسدودة.



(صورة : ٣٠٠) (قوة تكبير 1,500 X)

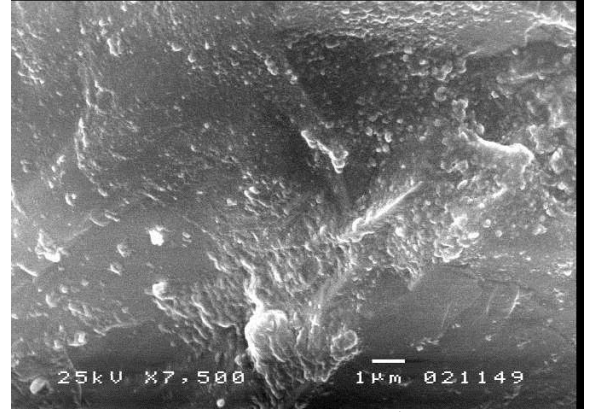
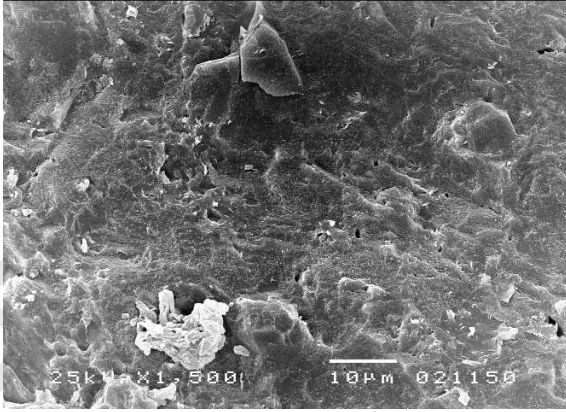
(صورة : ٢٩٩) (قوة تكبير 15,000X).

يتضح من الصورتين التوزيع الجيد لمادة التقوية P44 ٣% في التولوين و ربط المادة لمسام الجرائيت الوردى بالرغم من وجود مسام مسدودة .

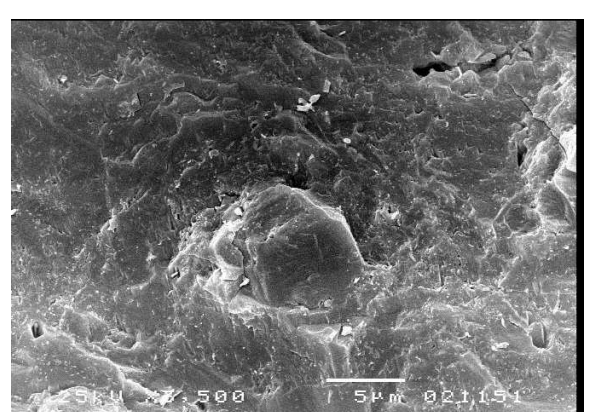
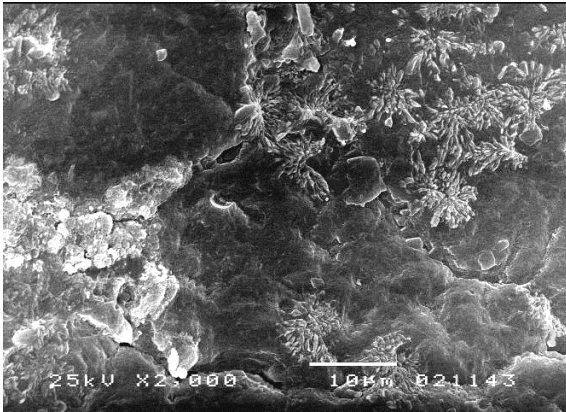


(صورة : ٣٠٢) يتضح من الفحص أن مادة التقوية P44 ٣% في التولوين عملت على ربط الحبيبات المعدنية للجرائيت الأحمر الفاتح، و يلاحظ تشقق في فيلم مادة التقوية (قوة تكبير 1,000X).

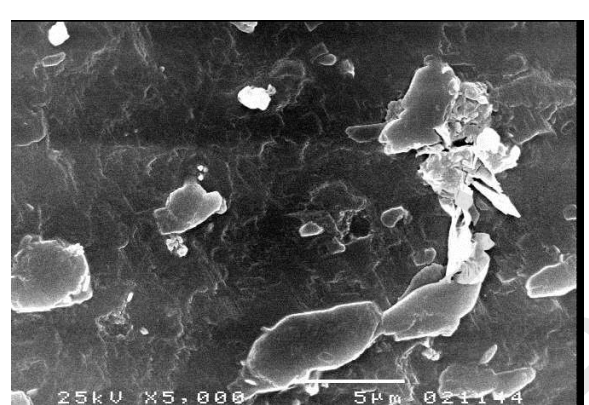
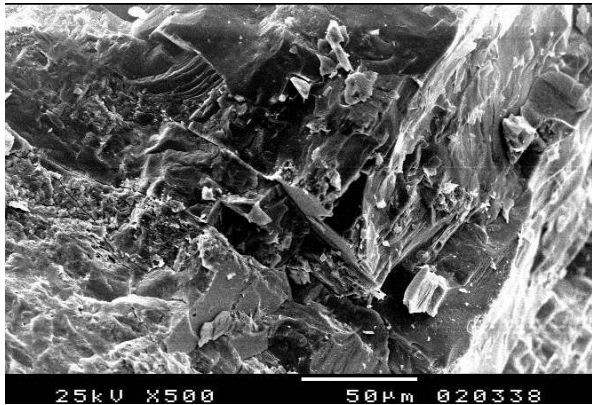
(صورة : ٣٠١) يتضح من الفحص أن مادة التقوية P44 ٣% في التولوين بالرغم من ربطها للحبيبات المعدنية للجرائيت الأحمر الفاتح إلا أنه كانت هناك الكثير من المسام المسدودة (قوة تكبير 2,000X).

P44 5% in Aceton

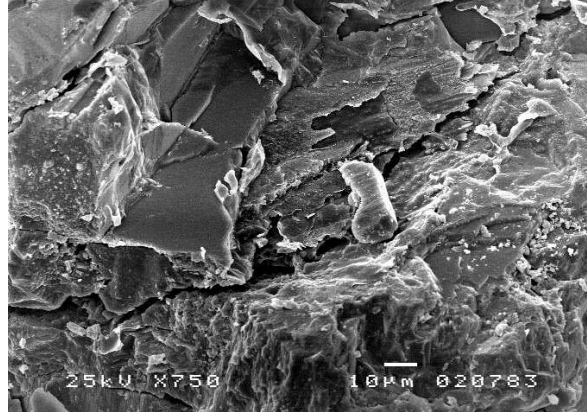
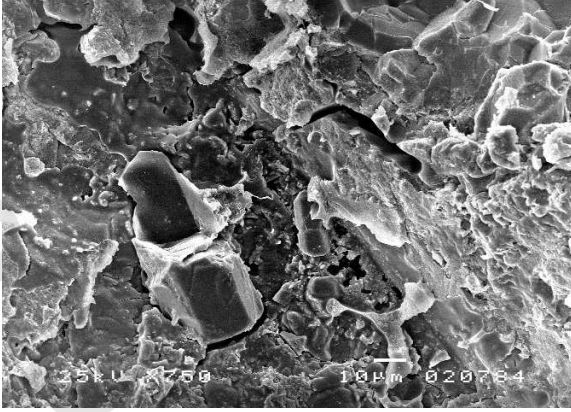
(صورة : ٣٠٣) (قوة تكبير 7,500X).
 يتضح من الصورتين أن عينة الجرانيت الأحمر الداكن بحالة جيدة من حيث التماسك و قد عملت مادة التقوية P44 ٥% في الأسيتون على ربط أجزاء المادة و الحبيبات المعدنية ببعضها.



(صورة : ٣٠٥) يتضح من الفحص أن مادة الجرانيت الأحمر الداكن بحالة جيدة من حيث التماسك و قد عملت مادة التقوية P44 ٥% في الأسيتون على ربط أجزاء المادة و الحبيبات المعدنية ببعضها (قوة تكبير 3,500X).
 (صورة : ٣٠٦) يتضح من الفحص تغليف مادة التقوية P44 ٥% في الأسيتون للحبيبات المتماسكة لعينة الجرانيت الوردي في حين أن هناك ضعف واضح في الأجزاء المتأثرة بالأملاح (قوة تكبير 2,000X).



(صورة : ٣٠٧) يتضح من الفحص تأثير الأملاح على عينة الجرانيت الوردي (قوة تكبير 5,000X).
 (صورة : ٣٠٨) يتضح من الفحص توزيع مادة التقوية P44 ٥% في الأسيتون لعينة الجرانيت الأحمر الفاتح و تغليفها للحبيبات المعدنية متجانس مع وجود مسام مفتوحة (قوة تكبير 500X).

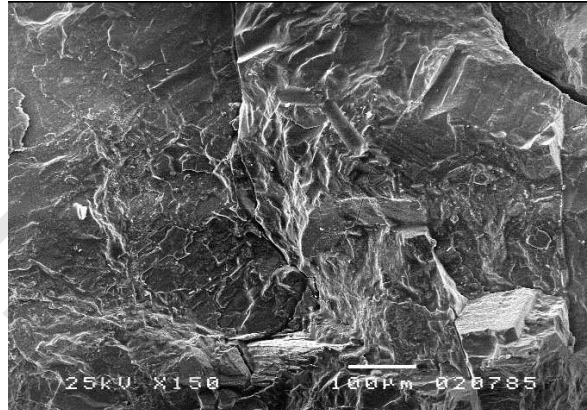
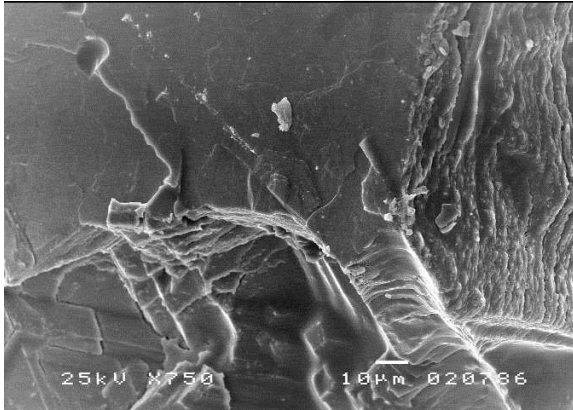


(صورة : ٣٠٩) (قوة تكبير 750X).

(صورة: ٣١٠) (قوة تكبير 750X).

يتضح من الصورتين توزيع مادة التقوية P44 ٥% في الأسيتون و ربطها للحبيبات المعدنية للجرايت الأحمر الفاتح مع وجود فراغات بين الحبيبات المعدنية .

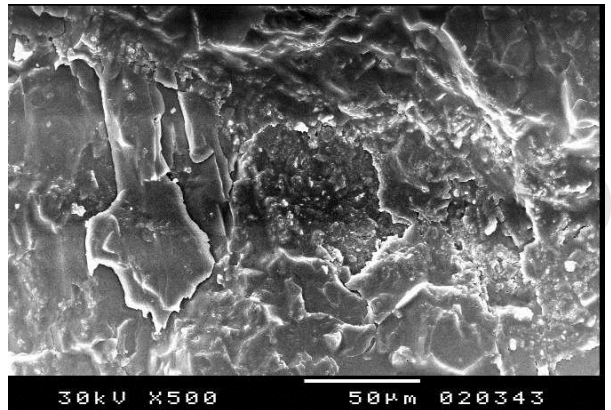
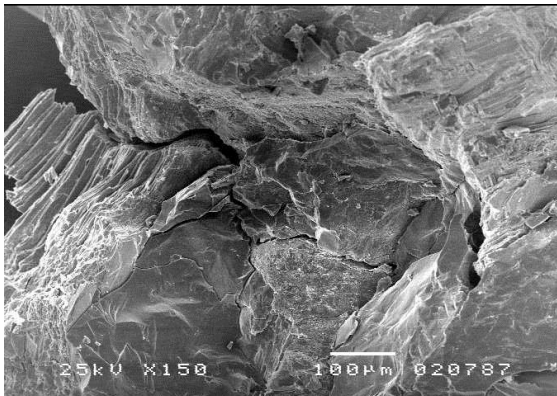
P72 3% in Toluene



(صورة : ٣١١) (قوة تكبير 150X).

(صورة: ٣١٢) (قوة تكبير 750X).

يتضح من الصورتين أن مادة التقوية P72 ٣% في التولوين توزعت بشكل جيد في عينة الجرايت الوردى و لكن لزوجة المادة عالية.



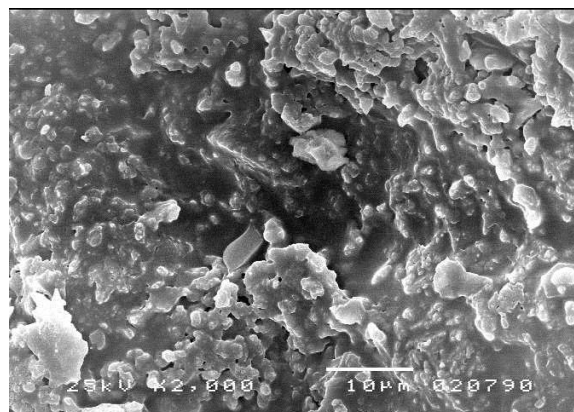
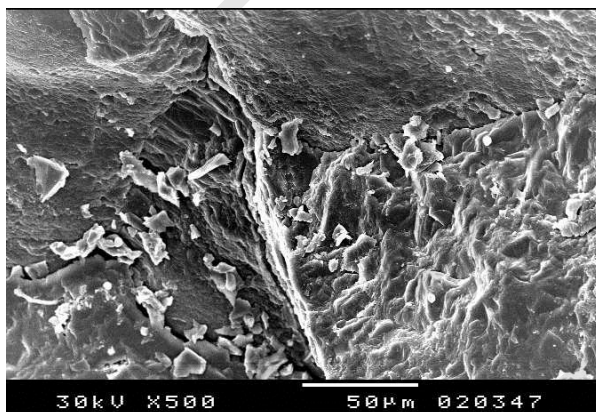
(صورة: ٣١٣) يتضح من الفحص أن مادة التقوية P72 ٣% في التولوين توزعت بشكل جيد في عينة الجرايت الوردى و لكن لزوجة المادة عالية (قوة تكبير 500X).

(صورة: ٣١٤) يتضح من الفحص لعينة الجرايت الأحمر الفاتح للزوجة المرتفعة للبوليمرات أدت إلى حدوث تشقق في فيلم (الطبقة الرقيقة) للمادة المقوية P72 ٣% في التولوين (قوة تكبير 150X).

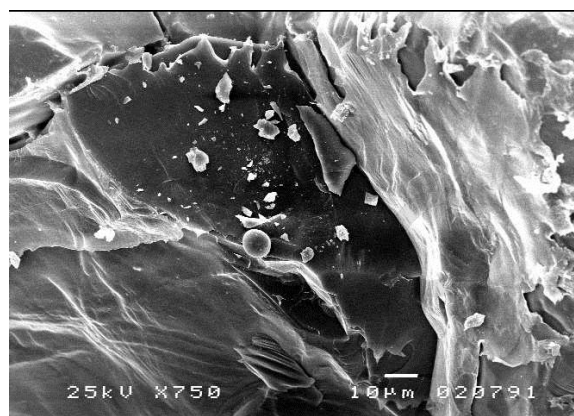
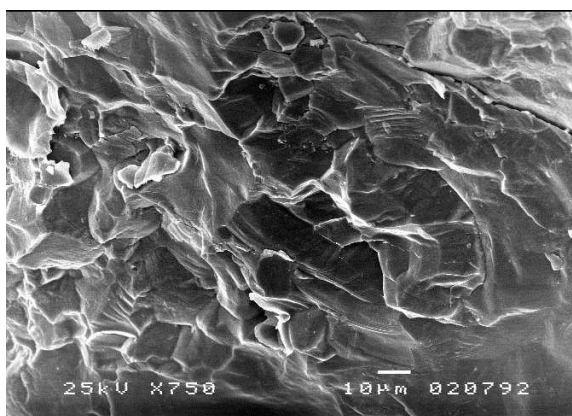


(صورة : ٣١٥) يتضح من الفحص لعينة الجرانيت الأحمر الفاتح اللزوجة المرتفعة للبوليمرات أدت إلى حدوث تشقق في فيلم (الطبقة الرقيقة المادة المقوية P72 ٣% في التولوين (قوة تكبير 1,000X).

P72 5% in Aceton



(صورة : ٣١٦) (قوة تكبير 2,000X). يتضح من الصورتين لعينة الجرانيت الوردي تأثير مادة التقوية P72 ٥% في الأسيتون و عملها على ربط الحبيبات المعدنية ببعضها بشكل متجانس.



(صورة : ٣١٨) (قوة تكبير 750X). يتضح من الفحص لعينة الجرانيت الأحمر الفاتح توزيع مادة التقوية P72 ٥% في الأسيتون بشكل جيد و تغليفها للحبيبات المعدنية و ربطها بشكل جيد .

- نتيجة الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح لتأثير مواد التقوية على العينات المجواه:

تمت عملية التقوية على المكعبات المجواه بأملاح كبريتات الصوديوم ، كلوريد الصوديوم و كربونات الأمونيوم السابقة الذكر ، و كان تأثير المواد المستخدمة فى عملية التقوية كالآتى:

- مادة التقوية Wacker –OH 100

- يتضح من الفحص أن تأثير مادة التقوية Wacker –OH 100 قد تغلغت بدرجة مناسبة إلى حد ما و عملت على ترابط الحبيبات المعدنية للجرائيت الأحمر الداكن كما يبدو أن هناك ترسيبات لمادة التقوية على أسطح الحبيبات المعدنية (من صورة رقم ٢٧٥ إلى صورة رقم ٢٧٨) .

- يتضح من الفحص أن تأثير مادة التقوية Wacker –OH 100 التى تمت على عينات الجرائيت الوردى كانت تقوية سطحية و حدث تشقق فى فيلم مادة التقوية، و يعكس هذا الحالة العامة للتلف الذى تعرضت له العينات بفعل تأثير ما تعرضت له من نسبة عالية من التجوية الملحية (صورة رقم ٢٧٩) و (صورة رقم ٢٨٠) .

- يتضح من الفحص أن تأثير مادة التقوية Wacker –OH 100 قد توزعت بشكل مناسب و عملت على ربط الحبيبات المعدنية لعينات الجرائيت الأحمر الفاتح بنسبة كبيرة (صورة رقم ٢٨١) و (صورة رقم ٢٨٢) .

- مادة التقوية Wacker-OH +Ethyl Alcohol 10%

يتضح من الفحص أن تأثير مادة التقوية Wacker-OH المضاف إليه ١٠% الكحول الإيثيلي لعينة الجرائيت الوردى لم تتغلغل بشكل مناسب حيث عدم التجانس فى توزيع مادة التقوية ، كما أن اللزوجة المرتفعة أدت إلى حدوث تشقق فى فيلم المادة المقوية (من صورة رقم ٢٨٣ إلى صورة رقم ٢٨٦) .

يتضح من الفحص أن تأثير مادة التقوية Wacker-OH المضاف إليه ١٠% الكحول الإيثيلي لبعض عينات الجرائيت الأحمر الفاتح قد حدث لها تشقق فى فيلم المادة المقوية نتيجة اللزوجة المرتفعة للمادة المقوية مما أدى إلى حدوث تقوية سطحية فى بعض العينات، كما حدث تشقق فى فيلم المادة المقوية فى مناطق الضعف بالعينات ، و يتضح أن مادة التقوية قد تغلغت عموماً بشكل جيد و عملت على ربط الحبيبات المعدنية بشكل جيد (صورة رقم ٢٨٧) و (صورة رقم ٢٨٨) و (صورة رقم ٢٨٩) .

- مادة التقوية Wacker-OH +Ethyl Alcohol 3%

يتضح من الفحص أن تأثير مادة التقوية Wacker-OH المضاف إليه ٣% الكحول الإيثيلي لعينات الجرائيت الوردى و عينات الجرائيت الأحمر الفاتح قد تغلغت بشكل جيد و عملت على ربط الحبيبات المعدنية (من صورة رقم ٢٩٠ إلى صورة رقم ٢٩٤) .

- مادة التقوية P44 3% in Toluene

يتضح من الفحص أن تأثير مادة التقوية P44 المضافة بنسبة ٣% إلى التولوين لعينة الجرانيت الأحمر الداكن قد تغلغت داخل مادة الحجر و قامت بربط الحبيبات المعدنية، لكن يتضح أن هناك الكثير من المسام تم سدها بواسطة مادة التقوية (صورة رقم ٢٩٥) و (صورة رقم ٢٩٦).

يتضح من الفحص أن تأثير مادة التقوية P44 المضافة بنسبة ٣% إلى التولوين لعينة الجرانيت الوردي قد قامت بربط الحبيبات المعدنية و مسام الجرانيت و التوزيع الجيد لمادة التقوية بالرغم من وجود مسام مسدودة (من صورة رقم ٢٩٧ إلى صورة رقم ٣٠٠).

يتضح من الفحص أن تأثير مادة التقوية P44 المضافة بنسبة ٣% إلى التولوين لعينة الجرانيت الأحمر الفاتح قد قامت بربط الحبيبات المعدنية للجرانيت إلا أنه كانت هناك الكثير من المسام المسدودة ، كما لوحظ تشقق في فيلم مادة التقوية (صورة رقم ٣٠١) و (صورة رقم ٣٠٢).

- مادة التقوية P44 5% in Aceton

يتضح من الفحص أن تأثير مادة التقوية P44 المضافة بنسبة ٥% إلى الأسيتون لعينة الجرانيت الأحمر الداكن قد عملت على ربط أجزاء المادة و الحبيبات المعدنية ببعضها البعض و العينة بحالة جيدة من التماسك (من صورة رقم ٣٠٣ و (صورة رقم ٣٠٤) و (صورة رقم ٣٠٥).

يتضح من الفحص أن تأثير مادة التقوية P44 المضافة بنسبة ٥% إلى الأسيتون لعينة الجرانيت الوردي التغليف للحبيبات المتماسكة في حين أن هناك ضعف واضح في الأجزاء المتأثرة بالأملاح (صورة رقم ٣٠٦) و (صورة رقم ٣٠٧).

يتضح من الفحص أن تأثير مادة التقوية P44 المضافة بنسبة ٥% إلى الأسيتون لعينة الجرانيت الأحمر الفاتح قد وزعت و قامت بتغليف و ربط الحبيبات المعدنية بشكل متجانس مع وجود مسام مفتوحة و فراغات بين الحبيبات المعدنية (صورة رقم ٣٠٨) و (صورة رقم ٣٠٩) و (صورة رقم ٣١٠).

- مادة التقوية P72 3% in Toluene

يتضح من الفحص أن تأثير مادة التقوية P72 المضافة بنسبة ٣% إلى التولوين لعينة الجرانيت الوردي قد توزعت بشكل جيد و لكن لزوجة المادة عالية (صورة رقم ٣١١) و (صورة رقم ٣١٢) و (صورة رقم ٣١٣).

يتضح من الفحص أن تأثير مادة التقوية P72 المضافة بنسبة ٣% إلى التولوين لعينة الجرانيت الأحمر الفاتح للزوجة المرتفعة للبوليمرات أدت إلى حدوث تشقق في فيلم (الطبقة الرقيقة لمادة التقوية) (صورة رقم ٣١٤) و (صورة رقم ٣١٥).

- مادة التقوية P72 5% in Aceton

يتضح من الفحص أن تأثير مادة التقوية P72 المضافة بنسبة ٥% إلى الأسيتون لعينة الجرانيت الوردي عملت على ربط الحبيبات المعدنية بشكل متجانس (صورة رقم ٣١٦) و (صورة رقم ٣١٧).

يتضح من الفحص أن تأثير مادة التقوية P72 المضافة بنسبة ٥% إلى الأسيتون لعينة الجرانيت الأحمر الفاتح قد توزعت بشكل جيد و غلفت الحبيبات المعدنية و ربطتها بشكل جيد (صورة رقم ٣١٨) و (صورة رقم ٣١٩).

- الكثافة بعد عمليات التقوية :

(جدول : ٢٨) يوضح الكثافة بعد عملية التقوية بمادة الـ Wacker-OH 100

العينة	الكثافة قبل التقوية	الكثافة بعد التقوية
جرانيت وردي	٢,٥٦ جم/سم ^٣	٢,٦١ جم/سم ^٣
جرانيت أحمر داكن	٢,٦٣ جم/سم ^٣	٢,٦٥ جم/سم ^٣
جرانيت أحمر فاتح AB	٢,٧٠ جم/سم ^٣	٢,٧٤ جم/سم ^٣
جرانيت أحمر فاتح SS	٢,٦٥ جم/سم ^٣	٢,٧٤ جم/سم ^٣
جرانيت أحمر فاتح SC	٢,٦٨ جم/سم ^٣	٢,٧١ جم/سم ^٣

(جدول : ٢٩) يوضح الكثافة بعد عملية التقوية بمادة الـ Wacker-OH 100 + الكحول الأثيلي بنسبة ١٠%

العينة	الكثافة قبل التقوية	الكثافة بعد التقوية
جرانيت وردي	٣,٣	٣,٤٦
جرانيت أحمر داكن	٢,٧٣	٢,٧٦
جرانيت أحمر فاتح AB	٢,٧١	٢,٧٥
جرانيت أحمر فاتح SS	٢,٦٩	٢,٧٢
جرانيت أحمر فاتح SC	٢,٦١	٢,٦٤

(جدول : ٣٠) يوضح الكثافة بعد عملية التقوية بمادة الـ Paraloid 44 ٣% في التولوين

العينة	الكثافة قبل التقوية	الكثافة بعد التقوية
جرانيت وردي	٢,٥٨	٢,٥٥
جرانيت أحمر داكن	٢,٦٥	٢,٦٥
جرانيت أحمر فاتح AB	٢,٦٨	٢,٦٨
جرانيت أحمر فاتح SS	٢,٧	٢,٧٠
جرانيت أحمر فاتح SC	٢,٦٥	٢,٦٦

(جدول : ٣١) يوضح الكثافة بعد عملية التقوية بمادة الـ Paraloid 44 ٥% في الأسيتون

العينة	الكثافة قبل التقوية	الكثافة بعد التقوية
جرانيت وردي	٢,٣٨	٢,٣٧
جرانيت أحمر داكن	٢,٦١	٢,٦٤
جرانيت أحمر فاتح AB	٢,٧٠	٢,٧
جرانيت أحمر فاتح SS	٢,٦٩	٢,٦٦
جرانيت أحمر فاتح SC	٢,٥٥	٢,٥٥

(جدول : ٣٢) يوضح الكثافة بعد عملية التقوية بمادة الـ Paraloid 72 ٣ % في التولوين

الكثافة قبل التقوية	الكثافة بعد التقوية	العينة
٢.٣٤	٢.٣٤	جرانيت وردى
٢.٥٢	٢.٥٢	جرانيت أحمر فاتح AB
٢.٦٩	٢.٦٨	جرانيت أحمر فاتح SS
٢.٥٤	٢.٥٤	جرانيت أحمر فاتح SC

(جدول : ٣٣) يوضح الكثافة بعد عملية التقوية بمادة الـ Paraloid 72 ٥ % في الأسيتون

الكثافة قبل التقوية	الكثافة بعد التقوية	العينة
٢.٥٣	٢.٥٢	جرانيت وردى
٢.٦٧	٢.٦٨	جرانيت أحمر فاتح AB
٢.٥٤	٢.٥٤	جرانيت أحمر فاتح SS
٢.٦٥	٢.٦٥	جرانيت أحمر فاتح SC

- إختبار أمتصاص المياه و المسامية على العينات بعد التقوية :

(جدول : ٣٤) يوضح نسبة أمتصاص الماء و المسامية في الجرانيت الوردى بعد عملية التقوية

رقم العينة	مادة التقوية	أمتصاص المياه	المسامية
١	Wacker-OH 100	٢.٩٧٠	٧.٧٥
٢	Wacker-OH 100 + الكحول الأيثلى ١٠ %	٤.٧٨٠	١٦.٥٣
٣	Paraloid 44 ٣ % في التولوين	٣.٣٨٥	٨.٦٤
٤	Paraloid 44 ٥ % في الأسيتون	٣.٨١٩	٩.٠٧
٥	Paraloid 72 ٣ % في التولوين	٤.٧٩٧	١١.٢٤
٦	Paraloid 72 ٥ % في الأسيتون	٤.٦١٤	١١.٦٥

(جدول : ٣٥) يوضح نسبة امتصاص الماء و المسامية فى الجرانيت الأحمر الفاتح بعد عملية التقوية

رقم العينة	مادة التقوية	امتصاص المياه	المسامية
١	Wacker-OH 100	١.٤٨٩	٤.٠١
٢	Wacker-OH 100 + الكحول الأثيلى ١٠%	١.٤٨٢	٣.٩
٣	Wacker-OH 100 + الكحول الأثيلى ٣%	١.٤٨٦	٤.٠٠
٤	Paraloid 44 ٣% فى التولوين	١.٩٤٠	٥.١٦
٥	Paraloid 44 ٥% فى الأسيتون	١.٩٦٠	٤.٩
٦	Paraloid 72 ٣% فى التولوين	٢.٢٠٤	٥.٥٨
٧	Paraloid 72 ٥% فى الأسيتون	٢.٢٠	٥.٨٣

(جدول : ٣٦) يوضح نسبة امتصاص الماء و المسامية فى الجرانيت الأحمر الداكن بعد عملية التقوية

رقم العينة	مادة التقوية	امتصاص المياه	المسامية
١	Wacker-OH 100	١.٣١	٣.٤
٢	Paraloid 44 ٣% فى الأسيتون	١.٨٢	٤.٨
٣	Paraloid 44 ٥% فى التولوين	١.٦٩	٤.٤

- إختبار المقاومة للإنضغاط لعينات الجرانيت الأحمر الفاتح :

يوضح (جدول رقم ٣٧) نتيجة أختبار المقاومة للإنضغاط لمكعبات الجرانيت الأحمر الفاتح السليمة قبل إجراء عمليات التقادم الصناعى (الملحى و الحرارى) و عملية التقوية عليها، كما يوضح (جدول رقم ٣٨) نتيجة أختبار المقاومة للإنضغاط لنفس مكعبات الجرانيت الأحمر الفاتح بعد إجراء عمليات التقادم الصناعى و عملية التقوية عليها، حيث نلاحظ الفرق فى المقاومة للإنضغاط.

(جدول : ٣٧) يوضح نتائج اختبار المقاومة للإتضاغط لعينات الجرانيت الأحمر الفاتح السليمة

رقم العينة السليمة	إجهاد الكسر (كجم/سم ^٢)
١	١١٣٢,٧
٢	١٣١٤,٦
٣	١٤٧٥,٤

(جدول : ٣٨) يوضح نتائج اختبار المقاومة للإتضاغط لعينات الجرانيت الأحمر الفاتح بعد عملية التقوية

رقم العينة	مادة التقوية	إجهاد الكسر (كجم/سم ^٢)
١	Wacker-OH 100	٦٠٦,٠
٢	Wacker-OH 100 + الكحول الأثيلي ١٠ %	٧٣٩,٣
٣	Wacker-OH 100 + الكحول الأثيلي ٣ %	٥٤١,٥
٤	Paraloid 44 ٣ % فى التولوين	٥٥٨,٢
٥	Paraloid 44 ٥ % فى الأسيتون	٤٩١,٠
٦	Paraloid 72 ٣ % فى التولوين	٣٩٦,٥
٧	Paraloid 72 ٥ % فى الأسيتون	٦٢٢,٤

- نتائج اختبار المقاومة للإتضاغط :

يتضح من الاختبار (جدول رقم ٣٨) أن العينات المقواه بمادة **Wacker-OH 100** و المذابة فى الكحول الأثيلي بنسبة ١٠ % أعطت أعلى مقاومة للضغط .
و هذا يفسر أن زيادة نسبة الكحول الأثيلي يسرت عملية التغلغل لمادة الفاكس OH 100 مما ساعد فى عمل تقوية جيدة للعينات و زاد من تماسكها .

- إجراء عملية التجوية الملحية بعد عملية التقوية :

بعد عملية التقوية تم وضع المكعبات فى محلول ملحي من الصوديوم كلوريد و مكعبات أخرى فى كبريتات الصوديوم، ثم تعرضت المكعبات لدرجة حرارة ٤٦٥ درجة مئوية لمعرفة مدى تأثير مواد التقوية على المكعبات الجرانيتية بأنواعها الثلاث، و كانت النتيجة أنه لم يظهر أى تهشم لعينات الجرانيت الوردى و الجرانيت الأحمر الفاتح و الجرانيت الأحمر الداكن، حدث فقط تغير لوني طفيف فى مكعبات الجرانيت الوردى المقوى بالبارلويد بنوعيه (لوحة رقم ٣٢٠ أ-ب-ج-د) ، أما الجرانيت الوردى المقوى بالفاكس فلم يحدث أى تغير (لوحة رقم ٣٢١ أ-ب-ج) ، كما حدث تغير لوني و لكن أقل بالنسبة للجرانيت الأحمر الفاتح المقوى أيضاً بالبارلويد بنوعيه (لوحة رقم ٣٢٢ أ-ب-ج-د) ، و بالنسبة للجرانيت الأحمر الداكن فلم يلحظ عليه أى تغيرات (شكل رقم ٣٢٣ أ-ب-ج).

الجرانيت الوردى

(لوحة: ٣٢٠ أ-ب-ج-د) توضح التغير اللونى لقطع الجرانيت الوردى المقواه بمواد التقوية بعد تعرضها للملح و الحرارة لأختبار مدى تأثير مواد التقوية عليها: أ- الجرانيت الوردى المقوى بـ p44 ٣% فى التولوين، ب- الجرانيت الوردى المقوى بـ p44 ٥% فى الأسيتون، ج- الجرانيت الوردى المقوى بـ p72 ٣% فى التولوين ، د- الجرانيت الوردى المقوى بـ p72 ٥% فى الأسيتون.

الجرانيت الوردى

(لوحة: ٣٢١ أ-ب-ج) توضح عدم حدوث أى تغير لقطع الجرانيت الوردى المقواه بمواد التقوية الفاكس سواء بمفرده أو بتركيزات الكحول الأثلى المختلفة المضافة إليه بعد تعرضها للملح و الحرارة لأختبار مدى تأثير مواد التقوية عليها .

الجرانيت الأحمر الفاتح

(لوحة: ٣٢٢ أ-ب-ج-د) توضح عدم حدوث أى تغير لقطع الجرانيت الأحمر الفاتح سواء المقواه بمواد التقوية الفاكس سواء بمفرده أو بتركيزات الكحول الأثلى المختلفة المضافة إليه أو بـ p44 و p72 فى المذيبات و التركيزات المختلفة بعد تعرضها للملح و الحرارة لأختبار مدى تأثير مواد التقوية عليها

الجرانيت الأحمر الداكن



(صورة: ٣٢٣ أ-ب-ج) توضح عدم حدوث أى تغير لقطع الجرانيت الأحمر الداكن المقواه بمواد التقوية الفاكر أو بـ p44 ٣% فى التولوين أو بـ p44 ٥% فى الأسيتون، بعد تعرضها للملح و الحرارة لأختبار مدى تأثير مواد التقوية عليها .

- النتائج المستخلصة من إختبار مواد التقوية:

يلاحظ من مقارنة تأثير المقويات السابقة (من جدول ٢٨ إلى جدول ٣٨) أن مادة **Wacker-OH 100** و المذابة فى الكحول الإيثيل بنسبة ١٠% يسرت عملية التغلغل لمادة الفاكر OH 100 مما ساعد فى عمل تقوية جيدة للعينات و زاد من تماسكها حيث تغلغلت عموماً بشكل جيد و عملت على ربط الحبيبات المعدنية بشكل جيد .
 يليه مادة التقوية **P72** المضافة بنسبة ٥% إلى الأسيتون حيث أن الأسيتون سهل عملية التغلغل للمادة المقوية مما ساعد فى عمل تقوية جيدة للعينات، حيث زادت من تماسك العينات و وزعت بشكل جيد و غلفت الحبيبات المعدنية و ربطتها بشكل جيد و متجانس.

يليه مادة التقوية **Wacker-OH 100** دون إضافات فقد تغلغلت بدرجة مناسبة إلى حد ما و عملت على ترابط الحبيبات المعدنية و كانت هناك ترسيبات لمادة التقوية على أسطح الحبيبات المعدنية ، و كانت هناك تقوية سطحية فى بعض الأجزاء بالنسبة للجرانيت الوردى و حدث تشقق فى فيلم مادة التقوية.

ثم مادة التقوية **Wacker-OH 100** المضاف إليها الكحول الإيثيل بنسبة ٣% و التى قد تغلغلت بشكل جيد و عملت على ربط الحبيبات المعدنية.

ثم مادة التقوية **P44** المضافة بنسبة ٣% إلى التولوين و بالرغم من ربطها للحبيبات المعدنية للجرانيت إلا أنه كانت هناك الكثير من المسام المسدودة نتيجة لمادة التقوية ، كما لوحظ تشقق فى فيلم مادة التقوية.

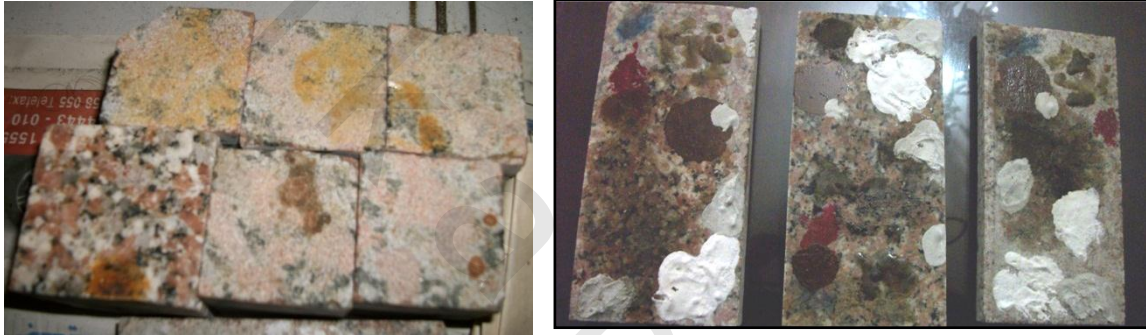
و مادة التقوية **P44** المضافة بنسبة ٥% إلى الأسيتون بالرغم من تغليفها للحبيبات المعدنية للجرانيت وجدت مسام مفتوحة و فراغات بين الحبيبات المعدنية مع وجود ضعف واضح فى الأجزاء المتأثرة بالأملاح.

و مادة التقوية **P72** المضافة بنسبة ٣% إلى التولوين التى أظهرت لزوجة المادة العالية و المرتفعة و التى أدت إلى حدوث تشقق فى فيلم المادة المقوية.

رابعاً: الدراسة التجريبية لمواد التنظيف

كما سبق و ذكرنا أن التنظيف يمثل أولى الخطوات فى التعامل مع الآثار، حيث ينقسم التنظيف إلى ميكانيكى و كيميائى، و لقد تم ذكر بعض طرق التنظيف المختلفة التى تتعرض لها الآثار الجرانيتية فور إستخراجها من البيئة البحرية و كذلك بعض طرق التنظيف التى يمكن تطبيقها على الآثار الجرانيتية بعد عرضها فى بيئة العرض الجيدة، و ذلك فى المبحث الثانى و الثالث من الفصل الثانى.

لذلك كان من الإيجاب القيام بدراسة تجريبية لمعرفة أثار بعض مواد التنظيف على الآثار الجرانيتية ، و لقد قامت الباحثة بتحضير عدد ثلاث بلاطات من الجرانيت الأحمر الفاتح بمقياس 20×10 سم و تم توقيع مظاهر التلف على كلا منهما (صورة رقم ٣٢٤ أ)، كما تم تجهيز عدد ٦ من المكعبات التى لوحظ عليها وجود نواتج و بقع صدأ ، كما وجدت مكعبات يغلب عليها اللون الأصفر نتيجة لتأكسد المعادن و مكعبات أخرى عليها أتساخات شحمية (صورة رقم ٣٢٤ ب).



(صورة : ٣٢٤ - أ ب) يوضح بلاطات الجرانيت الثلاثة بعد توقيع مظاهر التلف عليها بمقياس 20×10 سم لكل بلاطة فى الصورة اليمنى ، و مكعبات الجرانيت المختلفة الأنواع الموجود عليها بقع و نواتج الصدأ فى الصورة اليسرى.

و لقد تم تجريب مواد التنظيف المختلفة لإزالة مظاهر التلف التى تم توقيعها على البلاطات و المكعبات الجرانيتية:

١ - لإزالة التلکسات الجيرية والأسمنتية:

تم إستخدام كمادة التنظيف تتكون من :

كربوكسى ميثيل السليولوز (الليسولين) و هو من أهم البوليمرات مشتقات السليولوز المستخدمة فى مجال الترميم و هو عبارة عن مسحوق أبيض يذوب فى الماء، قابل للأمتزاج بالكحول الأيثيل حتى ٥٠% كما يمتاز باللزوجة العالية فى التركيزات المنخفضة.^(١)

كما تم إستخدام كربونات الأمونيوم Ammonium Carbonate و التى تم تطويرها فى عام ١٩٦٠ ، و يكون بتحويل الجبس الذائب إلى كالكسيت أقل ذوبانا، لأن كربونات الأمونيوم قلوية بأس هيدروجينى ٩,٥ مما له تأثير تنظيف قوى، كما أن زيادتها لا تكون مضره لأنها تتحلل فى المركبات المتطايرة.^(٢)

1-Robson, M. , Early Advances in The use of acrylic Resins for Conservation of Antiquities, Polymer in Conservation. The Royal Society of Chemistry, USA. (1992).

2 - Siegesmund, Siegfried (EDT)/ Snethlage, Rolf (EDT) : Stone In Architecture, Springer-Verlag, January 2011, pp 449 - 450.

و تم تطبيق الكمادة بالنسب الآتية:

- ٣٠ جرام كربونات أمونيوم

- ٣٠ جرام الكربوكسى ميثيل سليلوز

تم تطبيقها على جميع مظاهر التلف التى تم توقيها على البلاطات الجرانيتية، و تمت تغطيتها بقطع الشاش ثم وضعت طبقة خفيفة فوقه و تمت تغطيتها بالبولى أثيلين (صورة رقم ٣٢٥ أ-ب-ج-د).

بالنسبة للتكلسات الجبسية و الأسمنتية بدأت تظهر نتائج جيدة بعد مرور ٢٤ ساعة و كانت كالآتى:

أزيل جزء كبير من التكلسات الجبسية و الأسمنتية بعد اليوم الأول حيث تحولت لمادة هلامية، و بعد اليوم الثانى أظهرت إزالة أكثر فاعلية لتكلسات الجبس حيث تركت جزء بسيط من الجبس، كما أزلت جزء كبير من التكلسات الأسمنتية حيث أزلت معظمها ، بعد اليوم الثالث أظهرت الكمادة إزالة تامة لكلا من تكلسات الجبس و الأسمنت (صورة رقم ٣٢٦ أ-ب-ج-د).

كانت هناك آثار للتجبر نتيجة إزالة هذه التكلسات تم التخلص منها بالأسيتون المضاف إليه ٥ قطرات من زيت الخروع ثم تم التنظيف النهائى بالماء المقطر.

كما إستخدمت كمادة الكربوكسى ميثل سليلوز ٣٠ جرام و كربونات الأمونيوم ٣٠ جرام المضاف إليها الإديتا EDTA بوتاسيوم ٢٥ جرام، أزلت جزء كبير من التكلسات الأسمنتية و الجبسية و لكنها لم تزيلها بأكملها حتى بعد تطبيقها لأكثر من أربعة أيام حيث تركت بقايا تكلسات تم إزالتها بالطرق الميكانيكية فور الانتهاء من تنظيف آثار الكمادة لأنها إذا تركت لتجف سيكون من الصعب إزالة هذه التكلسات بالطرق الميكانيكية.

و تم إزالة آثار التجبر الناتج عن إزالة هذه التكلسات بإستخدام الأسيتون المضاف إليه ٥ قطرات من زيت الخروع ثم تم التنظيف النهائى بالماء المقطر (صورة رقم ٣٢٧ أ-ب-ج-د).

إستخدمت بيكربونات الصوديوم + الماء بنسب ١ : ١٠ جزء بإستخدام قطعة من القطن مبللة بالمحلول مع إستخدام فرشاة أسنان صغيرة فأعطت إذابة جيدة جداً للتكلسات الجبسية و خففت من طبقة التكلس ثم عملت على فك الرابطة بين سطح الحجر و التكلسات الجبسية بحيث أنها إزيلت بسهولة بإستخدام فرة عريضة، ثم تم التنظيف بعد ذلك بالماء المقطر بإستخدام فرشاة ناعمة (صورة رقم ٣٢٨ أ-ب-ج).

و بالنسبة للتكلسات الأسمنتية فقد أعطت نتائج جيدة فى إذابة التكلسات و لكن بعد عدد من المرات إزيلت الرابطة بين السطح الحجرى و التكلسات الأسمنتية ثم تمت إزالة ما تبقى بإستخدام فرة عريضة و لكنها كانت أكثر صعوبة عن التكلسات الجبسية ثم تم التنظيف بعد ذلك بالماء المقطر بإستخدام فرشاة ناعمة (صورة رقم ٣٢٩ أ-ب).
و يوضح (صورة رقم ٣٣٠ أ-ب) الشكل النهائى بعد تنظيف سطح الجرانيت من التكلسات الجيرية و الأسمنتية.



(صورة: ٣٢٥ أ ب- ج د) توضح تغطية جميع مظاهر التلف الموجودة على البلاطات و المكعبات بمادة الكربوكسى ميثيل سيليلوز المضاف إليها كربونات الأمونيوم ، و المادة الأخرى كربوكسى ميثيل سيليلوز و كربونات الأمونيوم و المضاف إليها ملح الأديتا بوتاسيوم.



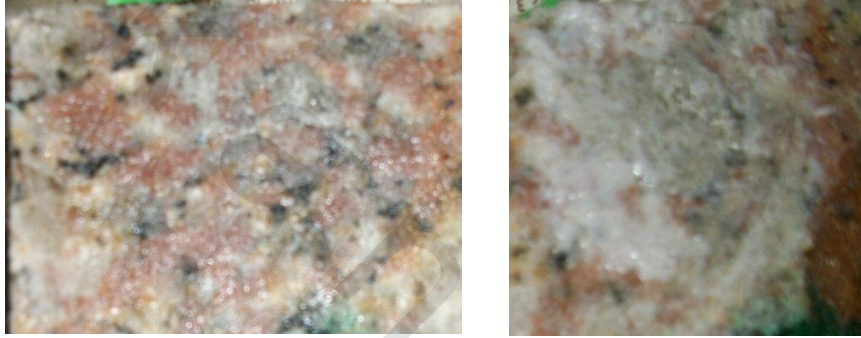
(صورة: ٣٢٦ أ ب- ج د) توضح عملية إزالة التكلسات الجبسية و الأسمنتية باستخدام كمادة الكربوكسى ميثيل سيليلوز و كربونات الأمونيوم و التى أعطت نتائج جيدة فى إزالة التكلسات نهائياً بعد عدد من المرات.



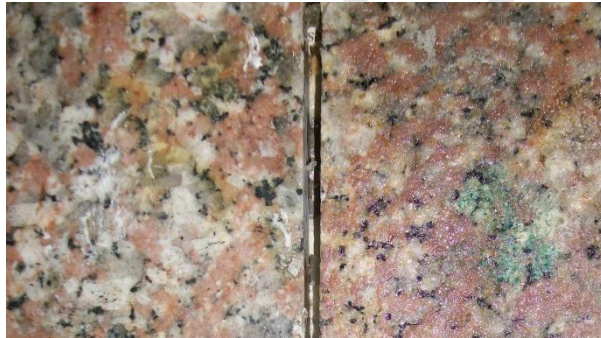
(صورة: ٣٢٧ أ ب- ج د) توضح عملية إزالة التكلسات الجبسية و الأسمنتية باستخدام كمادة الكربوكسى ميثيل سيليلوز و كربونات الأمونيوم المضاف إليها الأديتا بوتاسيوم و التى أعطت نتائج جيدة فى إزالة التكلسات و لكن لم تعطى إزالة بشكل نهائى للتكلسات الأسمنتية الشديدة.



(صورة: ٣٢٨ أ-ب-ج) توضح عملية إزالة التكدسات الجبسية باستخدام بيكربونات الصوديوم + الماء بنسبة ١ : ١٠ جزء.



(صورة: ٣٢٩ أ-ب) توضح عملية إزالة التكدسات الأسمنتية باستخدام بيكربونات الصوديوم + الماء بنسبة ١ : ١٠ جزء.



(صورة: ٣٣٠ أ-ب) توضح البلاطات الجرانيتية بعد تنظيفها من التكدسات الجبسية و الأسمنتية

٢- لإزالة آثار الشموع و التكلسات الشمعية:

- تم تجريب الأسيتون بنسبة ٣% و ٥% مع الماء المقطر فلم يظهر أى نتيجة و كانت النتيجة سلبية.
- تم تجريب الأسيتون بالنسب السالفة الذكر مضافا إليه ٥ قطرات من زيت الخروع و لم يظهر أيضا أى نتيجة و كانت النتيجة سلبية.

- تم تجريب الكحول الأيثلى بنسبة ٣% و ٥% مع الماء المقطر فلم يظهر أى نتيجة و كانت النتيجة سلبية.
- تم تجريب الكحول الأيثلى دون تخفيف فكانت النتيجة سلبية، كما إستخدم الكحول الأيثلى مضافا إليه ٥ قطرات من زيت الخروع و لم يظهر أيضا أى نتيجة و كانت النتيجة سلبية.

- تم تجريب التولوين بإستخدام قطعة من القطن ملفوفة على عصا خشبية صغيرة و لقد أظهرت نتيجة جيدة جداً فى إزالة البقع الشمعية حيث قامت بإذابة الطبقات تدريجيا مع ملاحظة تغير قطعة القطن بإستمرار عند إتساخها بالشمع، كما تم تجريب طريقة الكمادة حيث وضع قطعة كبيرة من القطن المبلل بالتولوين و تغطية البقعة الشمعية مما يؤدى إلى تطريتها، حيث يمكن إزالتها بعد ذلك بالطرق الميكانيكية، كما يمكن إستخدام فرشاة أسنان طرية فهى تعطى أيضا نتيجة جيدة، ثم يتم التنظيف بعد ذلك بالماء المقطر للتخلص من بقايا التولوين (لوحة رقم ٣٣١ أ-ب-ج-د).

- تم تجريب التريبتين النباتى المضاف إليه الكحول الإيثلى بنسبة ١: ٣ بإستخدام قطعة من القطن ملفوفة على عصا خشبية صغيرة و لقد أظهرت نتيجة جيدة جداً فى إذابة الطبقة الشمعية و تخفيف الطبقة إزالة ما تبقى بإسبانيولا عريضة مع الحظر حتى لا يخدش السطح.
و مع تكرار عملية الأذابة للطبقة الشمعية بالطريقة السابقة تم فك الرابطة بين السطح و طبقة الشمع ، ثم إستخدمت بعد ذلك فرشاة ناعمة لإزالة و فرك ما تبقى من الطبقة الشمعية ثم تم التنظيف بعد ذلك جيداً بإستخدام الماء المقطر عدة مرات (لوحة رقم ٣٣٢ أ-ب-ج-د) .

- كمادة الكربوكسى بالنسبة لتكلسات الشمع لم تزيل سوى جزء بسيط منها ذو طبقة رقيقة خفيفة الألتصاق، ثم تم إستخدام الماء المقطر لإزالة ما تبقى من الكمادة .



(لوحة: ٣٣١ أ-ب-ج-د) توضح عملية إزالة آثار الشموع و التكلسات الشمعية باستخدام التولوين لإذابة التكلسات ثم إستخدام الطرق الميكانيكية يتببعها تنظيف بالتولوين ثم التنظيف عدة مرات بالماء المقطر.



(لوحة: ٣٣٢ أ-ب-ج-د) توضح عملية إزالة آثار الشموع و التكلسات الشمعية باستخدام التربينتين النباتى المضاف إليه الكحول الإيثيلى بنسبة ١ : ٣ لإذابة التكلسات ثم إستخدام الطرق الميكانيكية يتببعها تنظيف التربينتين النباتى المضاف إليه الكحول الإيثيلى بنسبة ١ : ٣ ثم التنظيف بالكحول الأثيلى ثم عدة مرات بالماء المقطر.

٣- لإزالة آثار الكتابة و البوية و طلاء الأظافر و الكتابات بأقلام الحبر الجاف (الجرافيتي):

- كمادة الكربوكسى أعطت تأثير طفيف جدًا فى ألوان الدوكو الخفيفة بينما لم تظهر أى تأثير فى بقع الدوكو الثقيلة أو الدهانات البلاستيكية.

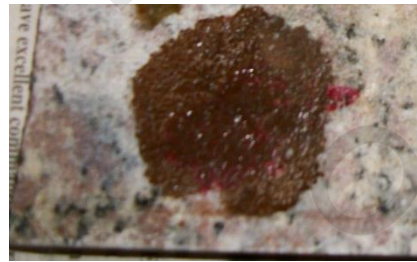
- تم تجريب الكحول الإيثيلى مع الماء المقطر بنسبة ٣% و ٥% مع الماء المقطر فلم يظهر أى نتيجة و كانت النتيجة سلبية بالنسبة لطلاء الدوكو، و لكنه أعطى نتائج جيدة بالنسبة للأحبار و لكن تمت الأزالة بعد عدد من المرات كما تركت بقايا بين حبيبات الجرانيت (صورة رقم ٣٣٣ أ- ب).

- تم تجريب الأسيتون بنسبة ٣% و ٥% مع الماء المقطر أظهر نتائج جيدة جيدة فى إزالة الدوكو و لكن مع وجود بهتان طفيف لآثار الطلاء، و عند التنظيف الأخير بالماء المقطر لم يظهر أى نتيجة مع آثار الدوكو، و تم تجريب التولوين فأعطى نتيجة جيدة فى إزالة الدوكو (صورة رقم ٣٣٤ أ ب -ج-د).

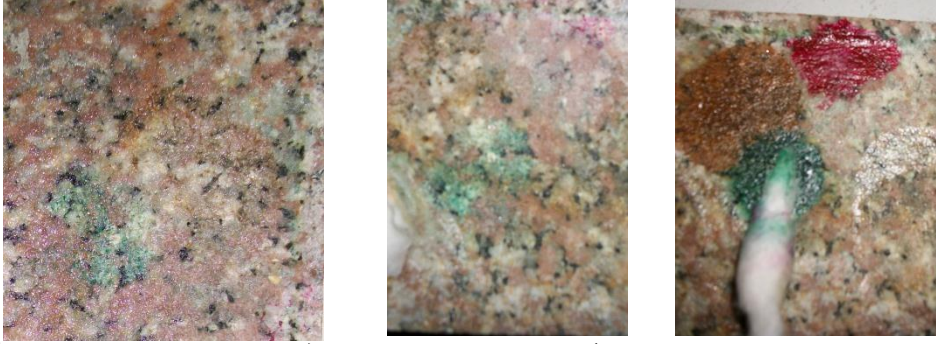
و توضح (صورة رقم ٣٣٥ أ - ب - ج) مراحل تنظيف السطح الجرانيتى من الطلاءات المختلفة سابقة الذكر.



(صورة: ٣٣٣ أ ب) توضح عملية إزالة البقع اللونية باستخدام الكحول الإيثيلى مع الماء المقطر بنسبة ٣% و ٥% مع الماء المقطر، ثم الأسيتون بنسبة ٣% و ٥% مع الماء المقطر.



(صورة: ٣٣٤ أ ب-ج) توضح عملية إزالة دهانات الدوكو باستخدام الأسيتون بنسبة ٣% و ٥% مع الماء المقطر ، كما تم بعد ذلك استخدام التولوين.



(صورة: ٣٣٥ أ.ب-ج) توضح قبل و بعد عملية التنظيف.

٤- لإزالة الأتربة و الأتساخات الطينية:

- تم استخدام الماء المقطر عن طريق استخدام قطعة من القطن ملفوفة على عصا خشبية رفيعة ، مع ضرورة تغيير قطعة القطن المتسخة أولاً بأول حتى لا تؤدي الأتساخات العالقة بها لزيادة أتساخ الأثر ، و قد أظهرت نتائج جيدة جداً في الأتربة و الأتساخات الغير طينية و لكنها تركت بعض الآثار في الشقوق الموجودة بالبلاطات.

- تم استخدام الكحول الأيثلي بنسبة ٣% و ٤% مع الماء المقطر و لقد أعطى نتائج جيدة في إزالة ما تبقى من الأتساخات داخل الشقوق، كما أظهرت نتيجة جيدة في فك الرابطة بين الأتساخات الطينية و سطح الجرانيت حيث أزلت أجزاء بسيطة من الأتساخات الطينية .

- استخدم الأسييتون بنسبة ٣% و ٤% مع الماء المقطر فأعطى نتيجة في إزالة ما تبقى من الأتساخات الطينية، و تم استخدام الماء المقطر لتنظيف ما تبقى .

- كما استخدم الجلسرين و الكحول الأيثلي فأعطى نتائج ممتازة في إزالة الأتساخات الموجودة بالشقوق تبع ذلك عملية تنظيف بالماء المقطر.

٥- لإزالة البقع الزيتية الدهنية:

- تم استخدام الماء المقطر للتنظيف باستخدام قطعة من القطن ملفوفة على طرف عصا خشبية رفيعة ، و لم تظهر نتائج جيدة .

- تم استخدام الكحول الأيثلي بنسبة ٣% و ٤% مع الماء المقطر و لقد أعطى نتائج جيدة في إزالة ما تبقى من الأتساخات داخل الشقوق، كما أظهرت نتيجة جيدة في إزالة الأتساخات الدهنية، مع ضرورة تغيير قطعة القطن المتسخة أولاً بأول حتى لا تؤدي الأتساخات العالقة بها لزيادة أتساخ السطح الحجري.

- استخدم الأسييتون بنسبة ٣% و ٤% مع الماء المقطر فلم يعطى أى نتيجة في إزالة الأتساخات الدهنية، و أظهر الماء المقطر بمفرده نتائج جيدة في الأتساخات الدهنية.

- تم تجريب الأسييتون بالنسب السالفة الذكر مضافا إليه ٥ قطرات من زيت الخروع و قد أعطى نتائج جيدة في إزالة الأتساخات الدهنية الكثيفة و لكن أجزاء من تلك الأتساخات بقيت في الشروخ، أزيل ما تبقى منها بالماء المقطر.

- أعطت كمادة كربوكسى الميثيل سليولوز المضاف إليها كربونات الأمونيوم سالفة الذكر نتيجة ممتازة فى إزالة البقع الزيتية و الشحمية و الأتساخات بعد تركها لحوالى ٢٤ ساعة فوق السطح الجرانيتى.

- كما أعطت كمادة كمادة كربوكسى الميثيل سليولوز المضاف إليها كربونات الأمونيوم و ٢٥ جرام EDTA بوتاسيوم السالفة الذكر نتيجة ممتازة فى إزالة البقع الزيتية و الشحمية و الأتساخات بعد تركها لحوالى ٢٤ ساعة فوق السطح الجرانيتى.

و يوضح (صورة رقم ٣٣٦ أ ب - ج) عملية إزالة الأتساخات و الأتربة الشحمية و الزيتية و الدهنية قبل و أثناء و بعد التنظيف بالطرق السابقة الذكر.

كما يمكن إستخدام كلوريد الميثيلين و الزايلين و غيرها مما لهم كفاءة فى لإزالة البقع الزيتية.



(صورة: ٣٣٦ أ ب - ج) توضح عملية إزالة الأتساخات و الأتربة الشحمية و الزيتية قبل و أثناء و بعد التنظيف

٦- لإزالة بقع الصدأ:

- تم إستخدام المذيبات سالفة الذكر (الماء، الكحول ، الأسيتون ، التولوين ، التربينتين النباتى) و لكنها لم تعطى أى نتيجة.

- تم إستخدام عصير الليمون مضافاً إليه الماء الدافئ و قد أعطى نتائج جيدة فى إزالة بقع الصدأ الشديدة.

- تم بعد ذلك إستخدام بيكربونات الصوديوم المضافة إلى الماء بإستخدام فرشاة ناعمة فأزالت ما تبقى من بقع الصدأ ثم تم التنظيف جيداً و لعدة مرات بالماء المقطر.

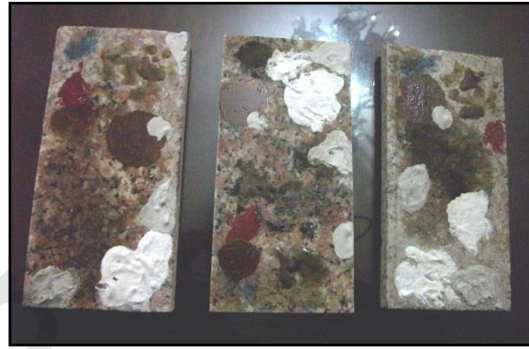
- و بالنسبة للبقع الصفراء الباهتة فلقد تمت إزالتها بالماء و الصابون المتعادل الذى أعطى نتائج جيدة جداً ثم تم التنظيف بعد ذلك جيداً بالماء المقطر لعدة مرات.

و يوضح (صورة رقم ٣٣٧ أ و ب) المكعبات الجرانيتية قبل و بعد التنظيف من بقع الصدأ و البقع الصفراء بالطرق سالفة الذكر.

(لوحة رقم ٣٣٨ أ ب- ج) و (صورة رقم ٣٣٩ أ ب- ج) صورة توضيحية لجميع مظاهر التلف التى طبقت على البلاطات و المكعبات، و كذلك صورة توضيحية لمظهرها بعد التنظيف من جميع هذه المظاهر لتوضيح النتائج النهائية التى توصلت إليها الدراسة التجريبية لمواد التنظيف.



(صورة : ٣٣٧ أ و ب) توضح بقع الصدأ و الأصفرار نتيجة لتأكسد المعادن الموجودة على أنواع الجرانيت المختلفة في الصورة اليمنى قبل التنظيف ، و المكعبات بعد التنظيف في الصورة اليسرى.



(لوحة: ٣٣٨ أ-ب- ج) توضح البلاطات الجرانيتية قبل و بعد عملية التنظيف.



(صورة: ٣٣٩ أ-ب- ج) توضح المكعبات الجرانيتية قبل و بعد عملية التنظيف.

المبحث الثالث

الجانب التطبيقي

و يتضمن:

- نبذة تاريخية عن القطع الأثرية موضوع الدراسة.
- دراسة البيئة المحيطة و مظاهر التلف بالقطع الأثرية.
- ما تم من تنظيف و الخطة المقترحة للعلاج و الصيانة بناء على دراسات الجانب التجريبي .
- طرق العرض المقترحة للقطع الأثرية الثلاث.

تمهيد:

بالنسبة للقطع الأثرية موضوع الدراسة فهي عبارة عن ثلاث قطع جرانيتية ضخمة، القطعة الأولى برج علوى لصرح ضخم لبوابة معبد S3 وجدت بمنطقة السلسلة ، القطعة الثانية تمثال أبو الهول S5 و القطعة الثالثة عضد بوابة الفناء الأيمن S1 وجدت كلاً منهما بمنطقة بجوار منطقة القلعة.

• القطعة الأثرية الأولى برج البوابة S3 :

أولاً: نبذة تاريخية عن برج الصرح الجرانيتي موضوع الدراسة:

القطعة محل الدراسة تنتمي لمنطقة السلسلة في منطقة المسح الأثرى الشاطبي ١ (شكل رقم ٣٥) ، المختصة بها بعثة المعهد اليوناني برئاسة / هاري تزالس، و هي عبارة عن برج علوى لصرح ضخم لبوابة معبد B حيث وجود الكثير من الكتل المعمارية الجرانيتية الضخمة الملقاه أسفل المياه في نفس الموقع ، و نتيجة لضخامتها فلا تعتقد البعثة في قيام التيارات البحرية بجرفها إلى هذا المكان مثل القطع الصغيرة الأخرى، و ترجع أهمية القطعة موضوع الدراسة إلى أنها البوابة الوحيدة في الإسكندرية و مصر المؤلفة من قطعة واحدة نادرة تم اكتشافها بالميناء منذ ٢٠٠٢ (صورة رقم ٣٤٠)، فلا يوجد أى صرح آخر وجد في المدينة و المدن المجاورة لها مباشرة ، الصروح الأقرب المعروفة هي تلك المكتشفة في تابوزوريس ماجنا حوالى ٤٠ كم غرب الإسكندرية حيث يوجد بناء تخيلي ثلاثى الأبعاد (صورة رقم ٣٤١).

كما أن القطعة الأثرية تحدد موقع معبد إيزيس لوخيلاس، فهي جزء من المدخل الضخم لمعبد إيزيس لوخيلاس الذى كانت تقف أمامه في نفس مكان القصور الملكية المترامية الأطراف حيث حكمت الأسرة البطلمية مصر حتى القرن الأول ق.م وهو جزء من مجمع القصر الذى ينتمى لحقبة كليوباترا وأنطونيوس ، فالمعبد يقع مباشرة بجوار ضريح كليوباترا السابعة كما ذكرت المصادر القديمة، و تزن ٩ أطنان و يبلغ طولها ٤, ٧ قدم من الجرانيت الأحمر من محاجر أسوان. و لأننا نعلم أن الصروح مرتبطة بالأمكان المقدسة و تقف أمام مداخلها، و كان هناك فقط معبد واحد على رأس لوخيلاس، فيكون من المعقول أن نفترض أن هذه القطعة المعمارية كانت جزء من تلك المزار المقدس، و البرج مصنوع من كتلة واحدة من الجرانيت الأحمر، هذا الصرح للبوابة الضخمة و ما يتصل بها من مكتشفات غيرت بشكل مؤكد النظرة التقليدية حول تصميم و مظهر الأبنية الدينية بالإسكندرية.

وفقاً لذلك يمكن التأكيد على وجود العلمانية ، كما تكشف هذه البوابة عن النواحي و الجوانب الدينية الأكثر تقليدية في مصر الفرعونية، و أن هذه الهياكل مع الواجهات الخاصة بها صممت كأبراج لصرح البوابة الضخمة كانت تقف جانبا إلى جنب مع المباني المصممة الأخرى ، كما هو مصطلح عليه في الأسلوب اليوناني الروماني^(١) و يتضح ذلك من العملات المصورة عليها الأبنية حيث نجد عملة سكندرية من عهد الإمبراطور الروماني هادريان (صورة رقم ٣٤٢) و عملة من عهد الإمبراطور الروماني Traianus (صورة رقم ٣٤٣) مصور عليهما معبد بمدخل ضخم على كلا جانبي المدخل برجين من نفس نوع صرح البرج موضوع الدراسة و يقف فوق المدخل تمثال لإيزيس ربما يكون معبد إيزيس لوخيلاس الخاص بالقطعة موضوع الدراسة^(٢).

1- TZALAS, H. : 1998-2012, The Underwater Archaeological Surveys of the Greek Mission in Alexandria, op.cit.
2- MILNE J. G. : ALEXANDRIAN COINS ACQUIRED BY THE ASHMOLEAN MUSEUM, OXFORD, pp 89,90.

هذا التقليد الروماني لإقحام العناصر الفرعونية **Pharonica** في تشيد مظهر مدينة الإسكندرية يبدو أن يكون جزء من سياسة متعمدة لإعادة صياغة دور المدينة، و تغيرها بصريا من الناحيتين المعمارية و الزخرفية من عاصمة ملكية رسمية للبطالمة إلى مقاطعة رومانية، كما سبق الذكر في المبحث الثالث من الفصل الأول من هذه الدراسة، حيث أن وجود العناصر الفرعونية وضع المنشآت البطلمية للمدينة في إطار ثقافي أوسع لمصر الفرعونية، تثبت بوضوح أن أرث المدينة من البطالمة لم يكن فريداً من نوعه بل كان جزءاً صغيراً من أستمراية الثقافة المصرية العظمى.^(١)

و ترى الباحثة أن أكتشاف التمثال الذي قامت البحرية المصرية في يونيو ١٩٦٢ بإنتشاله من الجرانيت الأحمر لرجل Z فاقد الرأس وأجزاء من الساقين بطول ١٢٠ سم بدون الأجزاء المفقودة ربما يكون لكاهن و ليس لخطيب حيث العبادة كما أنه ينتمي للحقبة الرومانية و ربما كان ينتمي لمعبد إيزيس لوخيلاس مما يؤكد وجود عبادة للربة في هذه المنطقة ، كما أنه من نفس نوع الجرانيت المصنوع منه الصرح (لوحة رقم ٣٤٤ أ – ب).

كما تم الكشف عن بعض القطع الجرانيتية بمنطقة الشاطبي ١ (شكل رقم ٣٥) التي ربما تشير إلى تلك المعبد (تمت الإشارة إليها في المبحث الثاني و الثالث من الفصل الأول)، من بينها ثلاث قطع شديدة الأهمية نظراً لأحجامها الضخمة و هي عبارة عن قاعدة تمثال مكتملة A (صورة رقم ٥٨) - جزء من إطار لباب ضخم C بطول ٣,٦٠ متر و قطعة معمارية كاملة عبارة عن جزء من بوابة ضخمة بارتفاع ٢,٦٠ متر (صورة رقم ٣٩)، كما أن هناك عشرة قطع أخرى صغيرة من الجرانيت الأحمر تم أكتشافها منها خمس درجات سلمية E (صورة رقم ٣٤٥) تؤدي إلى الصرح و هذا ما تؤكد عملة نادرة من عهد الأمبراطور الروماني **ماركوس أوريليوس** (صورة رقم ٣٤٦)، و هذه العناصر المعمارية ذو أهمية خاصة لأن من المعروف أن مثل هذه المداخل الضخمة كانت توضع في العصر البطلمي أمام المعابد التي تقلد الطراز الفرعوني.^(٢)

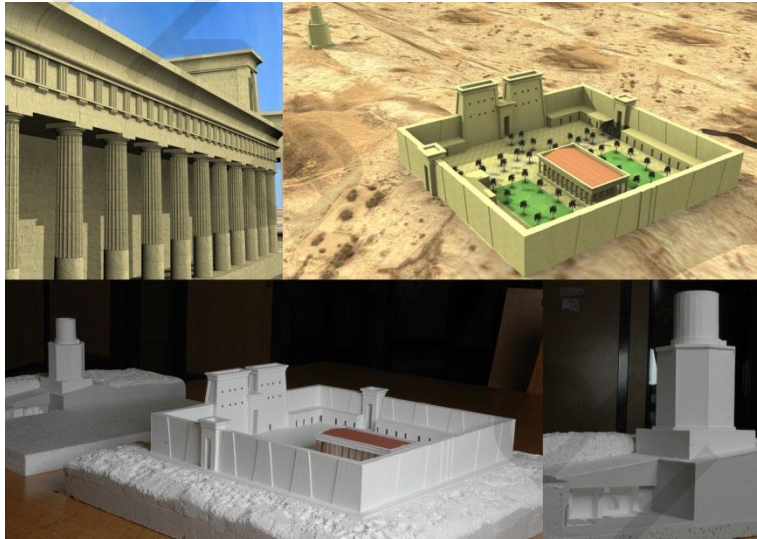
1- Savvopoulos K. & Bianchi R. S.: , 2012, Alexandria Sculpture in the Graeco-Roman Museum, The Alexandria and Mediterranean Research Center, Bibliotheca Alexandrina.

2- TZALAS, H. : 1998-2012, The Underwater Archaeological Surveys of the Greek Mission in Alexandria.op.cit.



(صورة: ٣٤٠) توضح القطعة B موضوع الدراسة التي تمثل برج الصرح المصنوع من الجرانيت الأحمر أثناء وجوده أسفل الماء وقت اكتشافه.

نقلًا عن: TZALAS, H..



(صورة: ٣٤١) إعادة بناء تخيلية لمعبد تابوزوريس ماجنا.



(صورة : ٣٤٢) توضح صرح لمعبد مصرى على عملة سكندرية للأميراطور هادريان.

نقلًا عن: Classical Numismatic Group, Inc.



(صورة: ٣٤٣) عملة من الإسكندرية ترجع لعهد الإمبراطور Traianus (٩٨-١١٧) من البرونز فئة الدراخمة العام ١٠٨-١٠٩ ، يحمل الوجه رأس الإمبراطور متوج بأكليل الغار الـ Laureate ، ظهر العملة مصور عليه صرح مصرى ببرجين ، أعلى الباب يوجد تمثال لإيزيس تحمل الـ situla و الصولجان : فى الجزء العلوى من كل جناح للبرجين يوجد أربع فتحات مربعة : فى المدخل تمثال للثعبان المقدس Agathodaimon ، (التاريخ L-IB و تعنى السنة الثانية عشر من الحكم).

<http://www.cngcoins.com/Coin.aspx?CoinID=167713#>



(لوحة : ٣٤٤) توضح أ- البرج العلوى للصرح B المعروض بالمرسح الرومانى و ب - التمثال Z الذى قامت البحرية بإنتشاله و المعروض بحديقة المتحف البحرى و هو من نفس خامة الجرانيت الأحمر الفاتح المصنوع منها البرج مما قد يؤكد وجود معبد إيزيس لوخيلاس فى هذا الموقع.

(تصوير الباحثة)



(صورة: ٣٤٥) توضح أنتشال القطعة الدرجات السلمية الخمسة المصنوعة من الجرانيت الأحمر لتنظيفها وإعادةها لموقعها مرة أخرى و المؤدية للصرح موضوع الدراسة و هي مرقمة بالرمز E على الخريطة بالموقع الشاطبي ١.



(صورة : ٣٤٦) عملة من الإسكندرية ترجع لعهد الإمبراطور ماركوس أوريليوس Marcus Aurelius (١٦١ - ١٨٠م) ذو باتينا خضراء ترابية فئة الدراخمة (٣٤م، ٣١,٦٨ جرام، الارتفاع ١٢)، يحمل الوجه رأس الإمبراطور متوج بأكليل الغار الـ Laureate و به ثيابا طفيفة، ظهر العملة مصور عليه نوع معمارى نادر جداً (ضريح أوزوريس فى كاتوب)حيث نرى البرج (مدخل المعبد) يحتوى على واجهة أثناء كاتوبى فى المدخل عند أعلى قمة الدرجات السلمية: بين البرجين فى المواجهة يقف نسر يلتف برأسه إلى اليسار وأجنحته ممتدة.

نقلًا عن: Classical Numismatic Group, Inc.

ثانياً : عملية إنتشال القطعة:

كان عملية أستخراج البوابة عملية شاقة فلقد قضى الغواصين أسابيع لتنظيفها مما عليها من أتساخت و طين أسفل الماء ثم تم سحبها عبر القاع لمدة ثلاث أيام لكى تقترب من حافة الميناء ليتم أستخراجها يوم الخميس الموافق ١٧ ديسمبر ٢٠٠٩ الساعة الثانية ظهراً بواسطة البعثة الأثرية اليونانية بالتعاون مع فريق الغوص التابع لإدارة الآثار الغارقة بالمجلس الأعلى للآثار بالإسكندرية، و لقد إستخدم رافعة عملاقة و حبال لرفعها و إخراجها من المياه العكرة و هى مغطاه بالطين و الأعشاب البحرية (لوحة رقم ٣٤٧ أ - ب - ج - د).

بعد ذلك تم نقل القطعة إلى المسرح الرومانى بكم الدكة حيث يوجد معمل الترميم و الأحواض ذو الأحجام الكبيرة للقيام بأعمال التحلية، حيث وضعت القطعة فى حوض التحلية لمدة ستة أشهر (صورة رقم ٣٤٨) مع القيام بعمليات التنظيف و قياس درجة الملوحة عن طريق جهاز قياس الملوحة (من صورة رقم ٣٤٩ إلى صورة رقم ٣٥٣) حتى الانتهاء من عملية التحلية.

تم بعد ذلك أستخراج القطعة و وضعها فى الموقع المخصص للآثار الغارقة بكوم الدكة حيث وضعت فى المدخل بجوار الآثار التابعة للفنار ، حيث قامت بعثة المعهد الفرنسى بتصميم طريقة العرض للقطع التابعة للفنار فوق قواعد من تصميم البعثة الفرنسية، أما بالنسبة للقطعة موضوع الدراسة فلقد تم دهانها بالباليوريد ٧٢ بنسبة ٥ ٪ فى الأسيتون كمادة عازلة، ثم وضعت فى موقعها الجديد على الأرض مباشرة و هذا يعد خطأ كبيراً كما أثبتت الكثير من الدراسات لأن القطعة تكون على اتصال مباشر بالأرضية فتتلقى الأملاح و الرطوبة التى تصعد إليها عن طريق الخاصة الشعرية مما يؤدى إلى تحول الفلسبارات لمعادن طينية هذا بالإضافة إلى التغير فى مستويات الحرارة و الرطوبة على مدار اليوم الواحد و كذلك خلال فصول السنة التى تسرع عملية التلف.

لذلك لابد من تثبيت القطعة على قاعدة معزولة عن الأرض بمواد غير مسامية لا تسمح بمرور الرطوبة و الأملاح إليها.^(١)



(لوحة : ٣٤٧ أ،ب،ج،د) توضح لحظة أنتشال برج الصرح موضوع الدراسة و كيفية إنتشالها بإستخدام رافعة عملاقة.

نقلًا عن: .معمل الترميم بكوم الدكة.



(صورة: ٣٤٨) توضيح لحظة وضع القطعة موضوع الدراسة في الحوض لإجراء عملية التحلية.

نقلًا عن: National Geographic.



(صورة: ٣٥٠) توضيح نقل القطعة على وجهه الآخر أثناء إجراء عملية التحلية لأكمال عملية إزالة الأملاح، ولقد تم النقل للوجه الأخر عن طريق الونش نظراً لثقل حجمه.



(صورة: ٣٤٩) توضيح برج الصرح و هي مغمورة في حوض التحلية أثناء مراحل الغمر الأولية.

(تصوير الباحثة)



(صورة: ٣٥١) توضح عملية تنظيف القطعة بخراطيم المياه أثناء القيام بعملية التحلية و تغيير المياه.



(صورة: ٣٥٢) توضح الأدوات المستخدمة في عملية تنظيف القطعة مما عليها من تكلسات أثناء القيام بعملية التحلية وتغيير المياه.



(صورة: ٣٥٣) توضح الجهاز المستخدم لقياس نسبة الملوحة عند إجراء عملية التحلية بمعمل الترميم بالمسرح الرومانى

(تصوير الباحثة)

بكوم الدكة .

ثالثاً : مظاهر التلف التى تم ملاحظتها على القطعة فى موقعها الجديد :

أول ما تم ملاحظته على القطعة موضوع الدراسة:

١ - وجود ظاهرة التقشر و التقشر السطحى فى أجزاء من القطعة حيث أمكن أخذ عينة S3 و تم فحصها بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح من إحدى الأماكن ذو التقشر الشديد جداً و أظهرت بعض التحول البسيط للفلسبارات لمعادن طينية و كذلك معادن الميكا و الهورنبلند فى أجزاء صغيرة من القطعة، ولكن القطعة بوجه عام ذو حالة جيدة من الصلابة (من صورة رقم ٣٥٤ أ - ب إلى صورة رقم ٣٦٠).

٢ - التكلسات البحرية التى مازالت متبقية على القطعة خاصة فى الأماكن العميقة (صورة رقم ٣٦١ أ - ب).

٣ - نجد أيضاً القطعة و قد ظهر عليها نوعاً من الأصفرار العام و الذى يعزى وجوده لتأكسد المعادن بداخلها مما يعد شكلاً من أشكال التلف (صورة رقم ٣٦٢ أ - ب).

٤ - القطعة موضوعة على الأرض مباشرة دون قاعدة، مما يشكل ضرراً كبيراً على القطعة حيث نمت النباتات التى تؤثر على القطعة من حيث بقع التلف البيولوجى و الأتساخات اللونية (صورة رقم ٣٦٣ أ - ب - ج - د) و (صورة رقم ٣٦٤) و (صورة رقم ٣٦٥).
كما تحدث عملية تنديية و ترطيب للأرض بخرطوم المياه من حين لآخر للأرض مما يشكل بالضرورة تلفاً للجزء السفلى حيث تفكك المكونات المعدنية للجرانيت و تحول الفلسبارات إلى مركبات طينية و المساعدة أيضاً فى نمو النباتات سائلة الذكر.

٥- تتعرض القطعة لوجود بعض الحشرات داخل الفجوات و الشقوق حيث نرى ثقب فى الأرض الموجود عليها القطعة الأثرية و من المؤكد أن الحشرات تستغل هذه الثقوب فى عمل أعشاش و أنفاق و منها النمل الفارسى الذى لوحظ وجوده بكثافة بالموقع (لوحة رقم ٣٦٦ أ-ب-ج).

٦ - وجود بقع بنية تميل إلى اللون الأحمر نتيجة لوجود نبات التوت الذى يتساقط من الأشجار المحيطة بالقطع الأثرية (صورة رقم ٣٦٧).

رابعاً: ما تم من معالجة :

تم تنظيف البقع البنية بالماء المقطر من خلال قطعة قطن ملفوفة على عصا خشبية، و ذلك بعد أخذ مسحة تلف بيولوجى للتأكد من نوع هذه البقع ، فوجد أنها تتكون من فطر الـ *Aspergillus* (*Candidus - Flavus - Niger*) و كان أغلبها *Aspergillus Candidus* نتيجة البقايا النباتية، و لقد تم تنظيفها بالماء المقطر حيث أعطى نتائج جيدة فى إزالتها (صورة رقم ٣٦٨).



(صورة: ٣٥٤ أ- ب) توضح المكان الذي وضع به برج الصرح بعد إجراء عملية التحلية و التنظيف حيث وضعت القطعة موضوع الدراسة على الأرض مباشرة بدون قاعدة.



(صورة: ٣٥٦) توضح الجانب الأيسر من برج الصرح
التقشر و التقشر السطحى الشديد و كذلك الخشونة
كما نلاحظ أستناد أحد الألواح الحجرية على الأثر
مما يعد نوعاً من الأتلاف البشرى.



(صورة: ٣٥٥) توضح الجانب الأيمن من برج الصرح
التقشر السطحى و كذلك الخشونة.

(تصوير الباحثة)



(صورة: ٣٥٨) ظاهرة التقشر السطحي في أحد أجزاء الجانب الأيسر من برج الصرح .



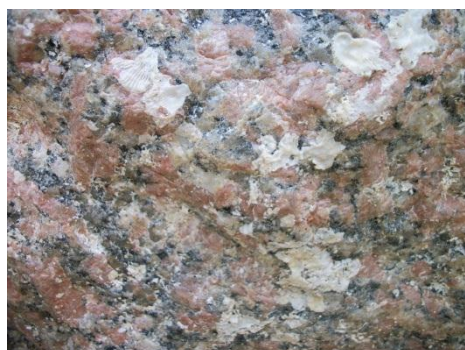
(صورة: ٣٥٧) ظاهرة التقشر الشديدة و العميقة في أحد أجزاء الجانب الأيسر من برج الصرح .



(صورة: ٣٦٠) ظاهرة التقشر السطحي في الجانب الأيمن من برج الصرح.



(صورة: ٣٥٩) ظاهرة التقشر السطحي الشديدة في منتصف الجانب الأمامي من برج الصرح .



(صورة: ٣٦١ أ - ب) توضح التكلسات البحرية التي مازالت متبقية على القطعة و التي تعد بسيطة في الأماكن السطحية و شديدة الكثافة في الأماكن العميقة.

(تصوير الباحثة)



(صورة: ٣٦٢ أ - ب) توضح الأصفرار الملحوظ على القطعة و الذى يرجح أنه نتيجة لتأكسد لعناصر المعدنية الموجودة بالقطعة .



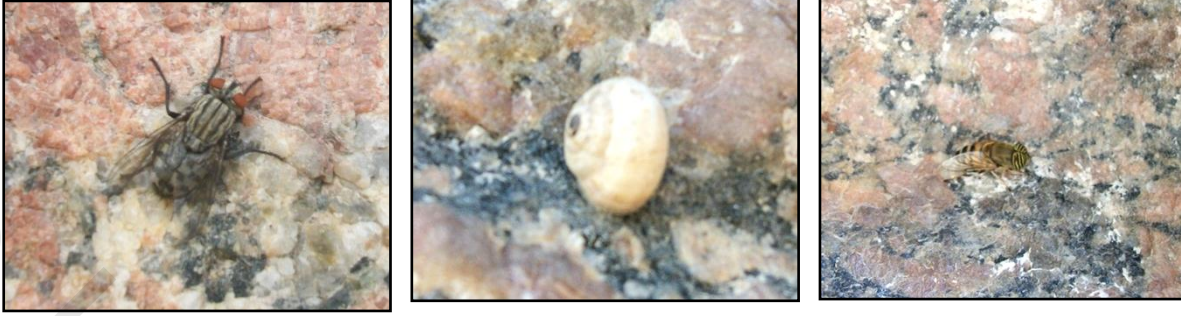
(صورة: ٣٦٣ أ - ب - ج - د) توضح نمو النباتات أسفل القطعة حيث نلاحظ التصاقها و تجاورها بالآثر مما يودى إلى التلف البيولوجى.



(صورة: ٣٦٥) يشير السهم لتفصيلة لأحدى الثقوب الموجودة فى الأرض أسفل القطعة الأثرية مباشرة.

(صورة : ٣٦٤) تشير الأسهم للثقوب فى الأرض الموجود عليها القطعة الأثرية و من المؤكد أن الحشرات تستغل هذه الثقوب فى عمل أعشاش و أنفاق و منها النمل الفارسى الذى لوحظ وجوده بكثافة بالموقع.

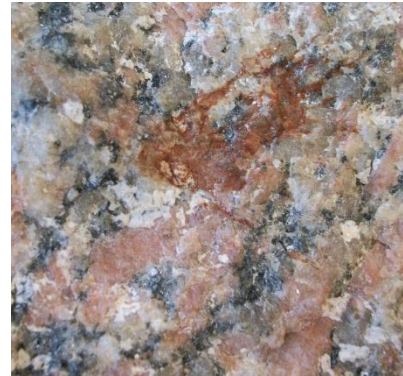
(تصوير الباحثة)



(صورة: ٣٦٦ أ - ب - ج) توضح بعض الحشرات التى تسبب تلفاً بشكل أو بآخر لبرج الصرح و القطع الأثرية الأخرى عامة بالموقع المفتوح.



(صورة: ٣٦٨) أثناء القيام بعملية التنظيف بالماء المقطر.



(صورة: ٣٦٧) توضح شكل البقعة البنية المائلة إلى اللون الأحمر الناتج عن النباتات على برج الصرح موضوع الدراسة .

(عمل الباحثة)

خامساً : الخطة المقترحة لعلاج و صيانة برج الصرح :

- لإزالة بقايا الحشيف و التكلسات يوصى بتطبيق كمادة الكربوكسى ميثيل سليولوز ٣٠ جرام المضاف إليها ٣٠ جرام كربونات الأمونيوم و الماء ، كما يمكن تطبيق كمادة الكربوكسى مضافاً إليها **EDTA** صوديوم فهي تعطى نتائج جيدة حيث طبقت على التاج الحثورى Y2 بنفس الموقع فى إحدى الدراسات السابقة.

- إزالة النباتات الموجودة فى الموقع بالقرب من الأثر و الآثار المجاورة بالطريقة الميكانيكية دون الاستعانة بأى مواد كيميائية نظراً لأن وجودها يؤدى إلى إرتفاع منسوب المياه الأرضية و بالتالى طبقة التربة الحاملة لجسم الأثر.

- كما يوصى بعمل عزل لبرج البوابة عن الأرضية و ما بها من رطوبة عن طريق عمل قاعدة يوضع عليها الأثر، حيث يراعى فى صنعها تناسبها مع الأثر فى النوعية و الحجم و الثقل، و أن تصنع من مواد خاملة ليس لها تأثير ضار على الأثر.

- عزل سطح الأثر نفسه لحمايته من تأثير الجو المحيط و الرطوبة بإستخدام إحدى مركبات السيلان و السيلوكسان و من أهمها مادة **ميثيل ترائي ميثوكسي سيلان** لما لها من خواص توغل و شفافية و تميزها بخاصية الطرد للماء و ذلك لصيانة الأثر من التلف، كم يمكن تطبيق الـ **P72** المذاب فى الأسيتون بنسبة ٥% فهو يعطى نتائج ممتازة و لقد تم تطبيقه على الأثر فيما قبل .

سادساً: طريقة العرض المقترحة للبرج العلوى للصرح :

- يتم عرض القطعة الرئيسية **البرج العلوى للصرح S3** فى منتصف القاعة بأعتبارها أحد الصروح النادرة ،مع تسليط الأضواء عليها من أعلى بطريقة غير ضارة بالأثر، و يعرض بجانبها تمثال الكاهن **Z** المصنوع من نفس نوع الجرانيت الأحمر ، و على الجانب الأخر قاعدة التمثال **S2** المشابهة للقاعدة **A** الموجودة أسفل المياه بمنطقة **الشاطبي ١** و التى كانت مجاورة لبرج البوابة و القطع الأخرى التى مازالت موجودة معها أسفل الماء.

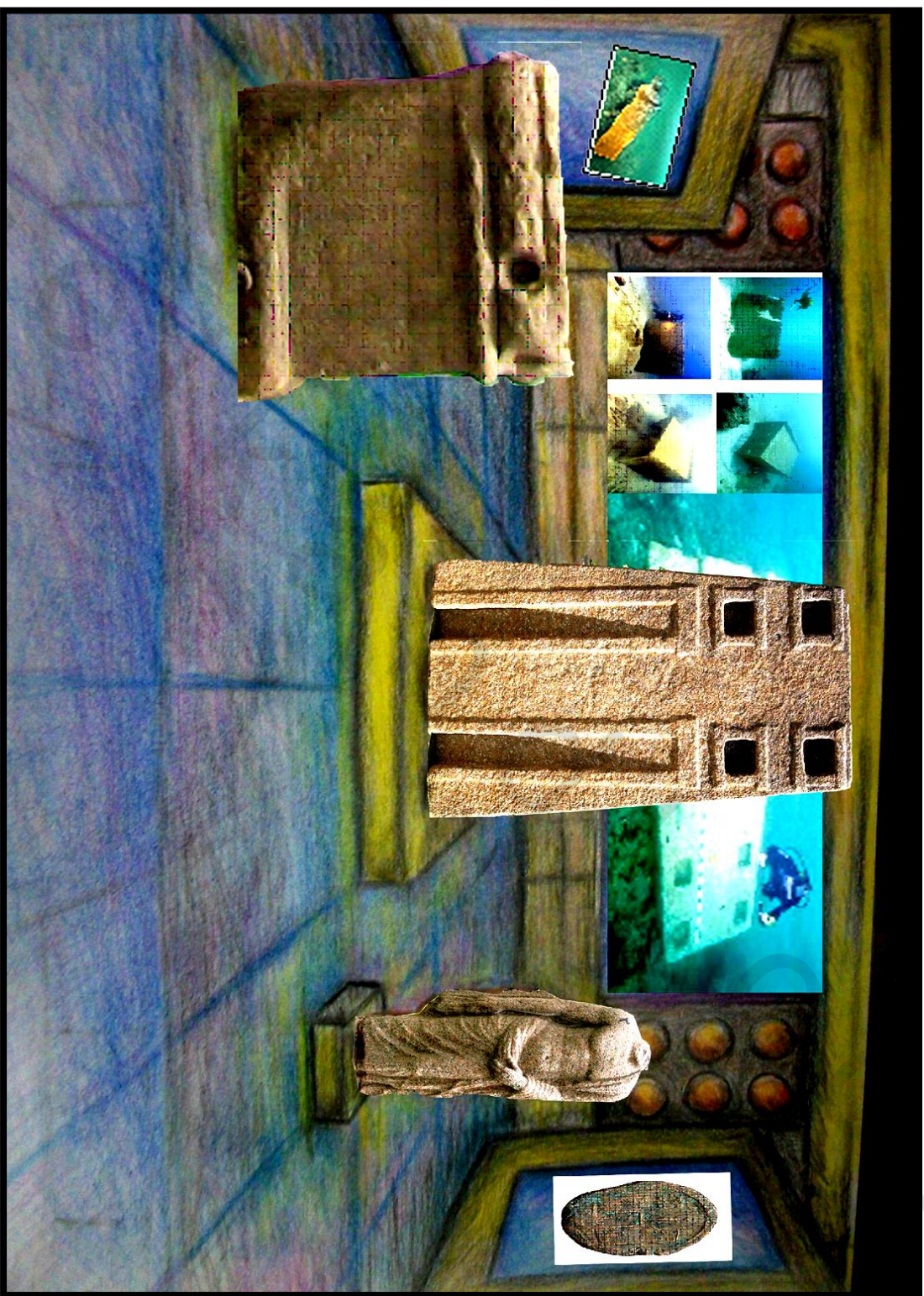
- وجود بطاقات شرح تشمل اللغة الفرنسية بالإضافة إلى اللغتين العربية والإنجليزية و إستخدام خدمة الدليل الرقمي التى تم إستخدامها بمتحف الآثار بمكتبة الإسكندرية.

- مع عرض لفيلم وثائقي عن القطعة و أكتشافها و علاقتها بالقطع المجاورة لها أسفل الماء التى يتم مشاهدتها حيث إمكانية وجود معبد إيزيس لوخيلاس المجاور للموسليوم و قصر كليوباترا و هذا ما تؤكده المصادر القديمة مثل **بلوتارخ**، و يتم الأستماع لغواص يشرح الأحداث من خلال التنقيب الفعلى و الخلفية التاريخية. كما يتم عرض لقطع العملات التى تصور المعابد التى تحمل نفس نوع برج الصرح النادر و التماثيل مما يسهل من إمكانية تخيل المعبد و ذلك من خلال إعادة تكوين للمعبد من خلال التشكيل الثلاثى الأبعاد و الواقع الافتراضى.

- تستخدم الإضاءة الزرقاء لأعطاء الأحساس بالغوص فى الماء مع إستخدام الخلفيات المختلفة، حيث نرى خلفيات للآثار وقت الأنتشال و التنظيف .

- كما تتحول الأضاءة من الزرقاء المحيطية إلى الإضاءة الصحراوية البرتقالية لمشاهدة بقايا معبد إيزيس فى **تابوزوريس ماجنا** على بعد ٤٨ كيلومتر جنوب غرب الإسكندرية، بوصف هذا المعبد شاهد على تلك المعابد فى هذه الفترة و لأعتقاد ارتباطه بالملكة كليوباترا السابعة أيضاً، و هنا تكون الجولة الصوتية باللهجة اليونانية بصوت كليوباترا لأعطاء الأحساس بتلك الحقبة الزمنية.

- (صورة رقم ٣٦٩) عبارة عن منظر تخيلى لطريقة العرض المقترحة، و (شكل رقم ٧٩) يوضح المسقط الأفقى.



(صورة: ٣٦٩) منظر تخيلي لطريقة العرض المقترحة لبرج الصرح .
(عمل الباحثة)

• القطعة الأثرية الثانية تمثال أبو الهول S5 :

أولاً: نبذة تاريخية عن التمثال الجرانيتي لأبو الهول الموجود بالمسرح الروماني:

هو تمثال لأبو الهول من الجرانيت الوردى ، بمقاييس ٢٦٠ × ١٢٣ × ٩٠ سم و وزن ٨, ٠٦ طن ، قام بإنتشاله المركز الفرنسى للدراسات السكندرية برئاسة جون إيف أمبرور من منطقة القلعة .
و يبدو أن هذا التمثال الضخم ، قد أعيد نحته ليستخدم كحجر بناء فى إحدى الأبنية، الرأس و الأعضاء الأمامية مفقودة، فضلاً عن أن النقوش قد محيت بفعل التآكل البحرى وبقى فقط آثار التقطيع عليه، مما أدى إلى صعوبة تأريخه (صورة رقم ٣٧٠) و (صورة رقم ٣٧١ أ – ب).

ثانياً : عملية إنتشال القطعة:

تم إنتشاله من خلال الأوناش بعد القيام بعملية توثيق و تنظيف من التكدسات و الحيوانات البحرية الشديدة الألتصاق أسفل الماء (صورة رقم ٣٧٢).^(١)



(صورة : ٣٧١ أ) التمثال عند التوثيق و التنظيف قبل الانتشال.



(صورة : ٣٧٠) التكدسات و الحيوانات البحرية الملتصقة بالتمثال قبل عملية التنظيف و الانتشال.



(صورة : ٣٧٢) توضيح عملية إنتشال التمثال.



(صورة : ٣٧١ ب) التمثال عند التوثيق و التنظيف قبل الانتشال.

ثالثاً : مظاهر التلف التى تم ملاحظتها على التمثال :

نقل التمثال إلى المسرح الرومانى (كوم الدكة) إجراء عملية التحلية ثم تم عرضه بعد ذلك بالمتحف المفتوح بجوار القطع الأخرى التابعة للآثار الغارقة (صورة رقم ٣٧٣)، و هذا التمثال على وجه الخصوص يعانى معاناة شديدة نتيجة لموقعه بالمتحف فهو يتلقى كم هائل من المخلفات كالاتى:

١- وجود بقع بنية نتيجة لوجود نبات التوت الذى يتساقط من الأشجار المحيطة حول الأثر موضوع الدراسة وباقى القطع الأثرية بالمتحف نتيجة لوجود الأشجار و لكن هذا التمثال يتلقى الكم الأكبر (صورة رقم ٣٧٤ أ - ب).

٢- لوحظ وجود لأطعمة مثل البلح مما يزيد من البقع البنية السالفة الذكر و كذلك آثار لمونة فاتحة اللون و بقع طلاء أبيض على تمثال أبو الهول موضوع الدراسة، و نتيجة لذلك تناثرت بقع الطلاء عليه بجانب بقع النبات البنية (صورة رقم ٣٧٥ أ - ب).

٣- وجود فضلات الطيور على التمثال و كذلك بعض بقع السناج و بعض البقع الشحمية السوداء، و مما هو جدير بالذكر أن مبنى المتحف مجاور من الناحية الشرقية لمبنى المطافى (صورة رقم ٣٧٦ أ- ب) و (صورة رقم ٣٧٧ أ - ب).

٤- وجود الأتربة الكثيفة فى الثنايا الداخلية و التجاويف الدقيقة للتمثال حيث لوحظ وجود العنكبوت فى الثقوب الموجودة بالقطع الجرانيتية لتمثال أبو الهول ونرى النمل الفارسى ملتصق بهذه الشباك ، كما يستخدم النمل هذه الثقوب كأفاق ، و هذه الثقوب حدثت للآثر بسبب الحيوانات البحرية كنتيجة لوجوده فى قاع البحر لمدة طويلة من الزمن(صورة رقم ٣٧٨ أ - ب - ج) و (صورة رقم ٣٧٩ أ-ب-ج) و (صورة ٣٨٠ أ-ب) ، فالـ Macroorganisms التى تعيش فى قاع البحر تحدث تلفاً فيزيئياً للآثر فى فترة قصيرة ، فالرخويات مثلاً تحدث أنفاقاً داخل الخشب و الأحجار، تسبب البقع البهتان، التضاول و مسامية المواد، كما أن القنافذ Echinoids تقوم بعمل ثقوب فى الأحجار الجرانيتية بمعدل سريع يصل إلى أكثر من سنتيمتر فى السنة و تفعل ذلك بواسطة الحركة الميكانيكية لأسنانها الصلبة^(١).

كما ذكر Manch أن بعض الكائنات الدقيقة Microorganisms تستطيع أن تتسرب إلى داخل الأحجار الصلدة مثل الجرانيت بعمق يصل الى ٣سم و تؤثر فيها.

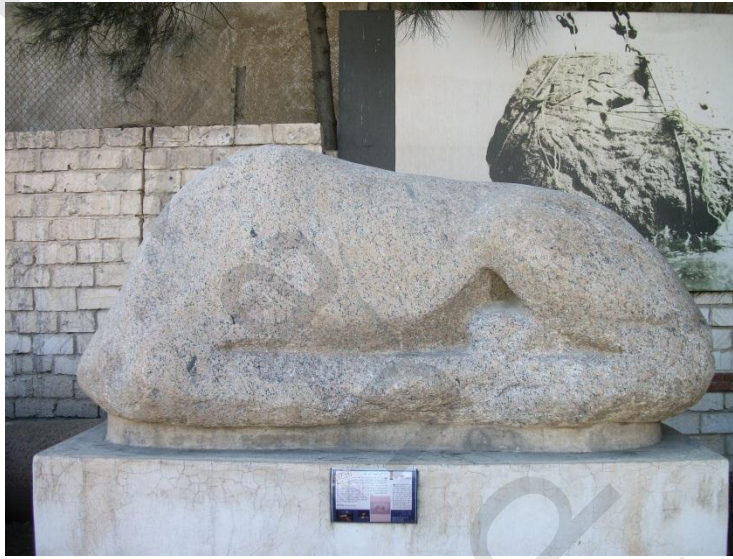
٥ - كما لوحظ وجود تلف بين الجزء السفلى من التمثال و قاعدة الطوب و المونة الملتصق بها مع بقايا الحشف الملتصق بالآثر و الأتربة (من صورة رقم ٣٨١ إلى صورة رقم ٣٨٥).

١- محمد أحمد هلال : الإمكانيات التنفيذية المتقدمة لتأهيل بعض القطع الحجرية المستخرجة من الحفائر البحرية للعرض المتحفى، مرجع سبق ذكره.

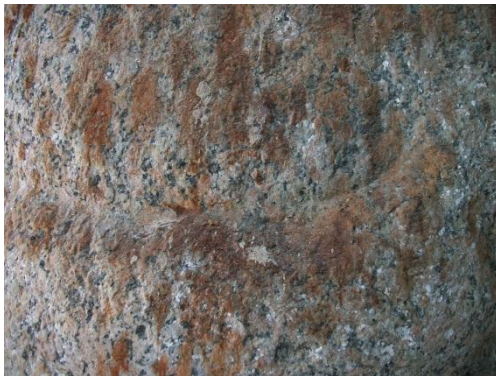
رابعاً : ما تم من معالجة :

١- تم تنظيف الأتربة و العنكبوت الملصقة بالتمثال بإستخدام فرشاة عريضة ناعمة حتى لا تضر بسطح التمثال (صورة رقم ٣٧٩ أ-ب-ج) و (صورة ٣٨٠ أ-ب).

٢ - تم تنظيف البقع البنية بالماء المقطر و الصابون المتعادل، و لقد تم أخذ مسحة تلف بيولوجي للتأكد من نوع هذه البقع حيث أكدت وجود فطر الـ *Aspergillus*، و تم تنظيف أثار المونة و الدهانات البلاستيكية و كذلك فضلات الطيور بإستخدام الأسيتون بنسبة ٣-٥% مع الماء المقطر لإزالة حيث أعطت نتائج جيدة (صورة رقم ٣٨٦ أ-ب-ج) و (صورة ٣٨٧ أ-ب).



(صورة: ٣٧٣) توضح تمثال أبو الهول و موقعه بالموقع المفتوح بالمرشح الروماني بكم الدكة على القاعدة التي صنعتها البعثة الفرنسية و قد تم تحليل المونة الملصقة بالآثر، و تحيط بالتمثال الأشجار من أعلى مما يساعد في تلقيه الكم الأكبر من النفايات المتلفة لسطح الحجر.

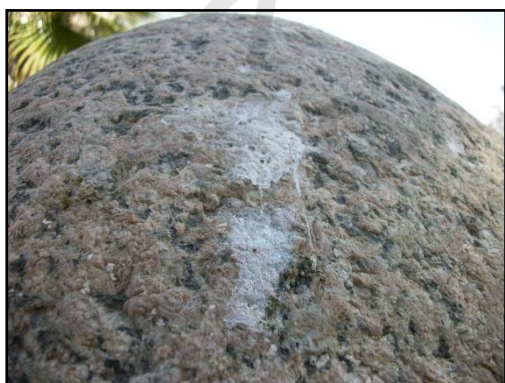


(صورة: ٣٧٤ أ - ب) توضح البقع البنية الناتجة عن النبات و الأشجار و ثمار البلح قبل عملية التنظيف، كما نرى تفصيلاً لنبات التوت فوق الآثر يشير إليها السهم .

(تصوير الباحثة)



(صورة: ١٣٧٥ أ - ب) توضح البقع البنية الناتجة عن النباتات و الأشجار و ثمار البلح بالإضافة للمونة الفاتحة اللون قبل عملية التنظيف.



(صورة: ١٣٧٦ أ - ب) توضح البقع البنية الناتجة عن النباتات و الأشجار و ثمار البلح بالإضافة للمونة الفاتحة اللون و فضلات الطيور المختلفة الألوان قبل عملية التنظيف.



(صورة: ١٣٧٧ أ - ب) توضح فضلات الطيور المختلفة.
(تصوير الباحثة)



(صورة: ٣٧٨ أ - ب - ج) توضح الأتساخات و الأتربة و شباك العنكبوت الملتصقة داخل تجاويف الآثر و الملتصق بها الحشرات حيث نلاحظ النمل الفارسي الملتصق بها و الذى يدخل إلى داخل الثقوب الناتجة عن الحيوانات البحرية و يزيد من حفر الأنفاق داخل الآثر.



(صورة: ٣٧٩ أ - ب - ج) توضح الثقوب الموجودة فى التجاويف و التى يعتقد أنها نتيجة للحيوانات البحرية كما يلاحظ الأتساخات و الأتربة و شباك العنكبوت الملتصقة داخل تجاويف الآثر قبل التنظيف و أثناء التنظيف بفرشاة ناعمة عريضة.



(صورة: ٣٨٠ أ - ب) توضح الأتساخات و الأتربة و شباك العنكبوت الملتصقة داخل تجاويف الآثر قبل التنظيف و أثناء التنظيف بفرشاة ناعمة عريضة.

(تصوير و عمل الباحثة)



(صورة: ٣٨٢) توضح التصاق الأتربة بين القاعدة و التمثال.



(صورة: ٣٨١) توضح التصاق التمثال بالقاعدة التي قامت البعثة الفرنسية بعملها حيث يتضح الفراغات الموجودة بين القطعة و القاعدة و التي يمكن أن تكون مكان جيد لإيواء الحشرات .



(صورة: ٣٨٣) توضح التصاق التمثال بالقاعدة التي قام المركز الفرنسي بعملها .



(صورة: ٣٨٤) توضح التلف الناتج بين القاعدة و المونة المكونة لها و التمثال المملوء بالتكلسات البحرية، و لقد أظهر تحليل الـ XRD تكون المونة من الرمل و الـ Calcite كمكونات رئيسية بالإضافة إلى الطفلة (Albite)، و هذا يعني أن هذه المونة عبارة عن مونة الجير، ترتفع فيها نسبة الرمل، كما تعمل مادة الطين مع كربونات الكالسيوم على ربط أجزاء المونة (شكل رقم ٦٧) و (جدول رقم ٢٣) .

(تصوير الباحثة)



(صورة: ٣٨٥) توضح الأتساخات الموجودة بين الآثر و القاعدة.



(صورة: ٣٨٦ أ و ب) توضح القيام بعملية إزالة البقع البنية و آثار المونة و فضلات الطيور بالماء المقطر و الأسيتون بنسبة ٥% مع الماء المقطر.



(صورة: ٣٨٧ أ ب) توضح مظهر التمثال بعد إزالة البقع البنية و آثار المونة و فضلات الطيور بالماء المقطر و الأسيتون بنسبة ٥% مع الماء المقطر.

(تصوير و عمل الباحثة)

خامساً : مقترحات العلاج و الصيانة :

- بالنسبة لبقع التلف البيولوجى فيمكن تعقيمها بعد التنظيف بإستخدام الكحول الأيثلى ٧٠ % حيث يعتبر من أفضل المطهرات المستخدمة للتعقيم ضد التلف الميكروبي و يمكن إستخدامه بأمان من قبل أخصائى الترميم، أو إستخدام الـ **Pentachorophenol النقى** أو فى صورة **ملح صوديومى** لنفس المركب **Sodium Salt PCP** و هو ملح قابل للذوبان بشكل جيد فى الماء بينما المركب النقى للـ **PCP** يذوب فى المذيبات العضوية كالبنزين و الأثير و الكحول و قليل الذوبان فى الزيوت البترولية كالبرافين و هو يستخدم منذ وقت طويل كمبيد حشرى و فطرى و مبيد للحشائش و الطحالب و كمادة مطهرة. (١)

- كما يمكننا إستخدام الأمونيا فى تنظيف بقع السناج الموجودة بلاثر، و بالنسبة للأملاح يمكن إستخدام كمادة من الرمل و الطين بنسبة ١ : ٤ و يتم تطبيقها حتى تنزهر الأملاح على سطحها و كذلك كمادة الورق اليابانى.

- لتقوية بعض الشروخ و الشقوق السطحية و الأجزاء الضعيفة يمكن إستخدام البارلويدي **B72** المخفف بالأسيتون بنسبة تتراوح بين ١٠ - ٢٠ % حسب الاحتياج و ذلك حسب الاحتياج و بطرية الحقن لملاء الشقوق السطحية.

سادساً: طريقة العرض المقترحة بالنسبة لتمثال أبو الهول:

- يتم عرض **تمثال أبو الهول الفاقد الرأس** محاطاً بممرات زجاجية مرفوعة بحيث يكون فى عمقاً أقل منها ، و يوجد أسفل الزجاج طبقة من الرمل، قطع من الفخار، تماثيل أكثر و قطع أثرية أخرى، ويغمر كل شىء فى اللون الأزرق مما يشكل تأثير الغوص فى المحيط حيث وجدت القطع الأثرية ، و يكون على جانبى الممرات الأيمن و الأيسر بعض تماثيل لأبى الهول من نفس الماكن المكتشفة فيه.

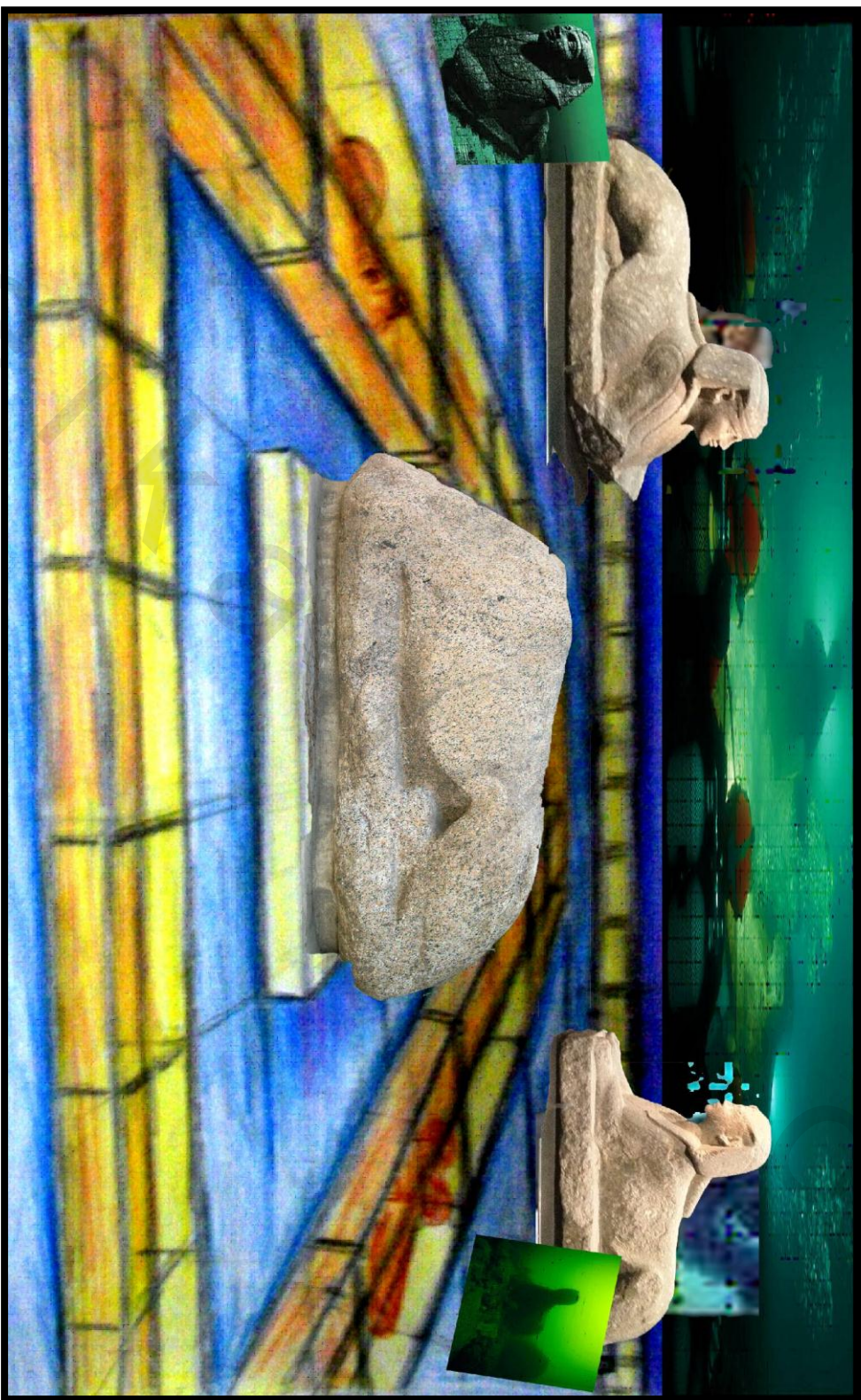
مع وجود بطاقات شرح تشمل اللغة الفرنسية بالإضافة إلى اللغتين العربية والإنجليزية و إستخدام خدمة الدليل الرقمية التى تم إستخدامها بمتحف الآثار بمكتبة الإسكندرية.

- عرض فيديو من خلال شاشة عرض كبيرة ، مع توفير اللوح الإرشادية و خلفيات توضح التماثيل وقت الأكتشاف و الأنتشال و التنظيف، فلقد أوضح **جان بير كورتيجينى** أن كلاً من التماثيل الـ ٢٨ يختلف عن بعضهما البعض ، و توفير جولة صوتية للزوار مزودة بحقائق عن المدن الحالية الغارقة، الحكايات الممتعة عن الحياة اليومية فى مصر القديمة، والعصر البطلمى و الرومانى فى مصر.

- بجانب عدد من صناديق العرض توجد عدة أجهزة تليفزيونية تعرض لقطات توضح أنتشال القطعة الأثرية، حيث مشاهدة الأثرى و هو يقوم بإكتشاف تمثال بحجم كبير لأبى الهول الفاقد الرأس فى قاع البحر و دراسة نفس هذا التمثال الموجود أمام الزائر على منضدة العرض مثل معرض فيلادلفيا "كليبواترا البحث عن آخر ملكة مصرية"، كما يتم عمل نماذج للتماثيل يمكن شراءها و إقتنائها من قبل الزوار.

و (صورة رقم ٣٨٨) عبارة عن منظر تخيلى لطريقة العرض المقترحة و (شكل رقم ٧٩) يوضح المسقط الأفقى.

١- محمود حسن محمد البحيرى : دراسة تأثير التلف الميكروبيولوجى على الأيقونات داخل الكنائس المصرية و طرق علاجها و صيانتها " تطبيقاً على أحد النماذج المختارة " ، رسالة ماجستير، قسم الترميم، كلية الآثار، جامعة القاهرة، ٢٠١٢، ص ص ١٤١، ٢٣٦ .



(صورة: ٣٨٨) منظر تخيلي لطريقة العرض المقترحة لتمثال أبو الهول الفاقد الرأس S5
(عمل الباحثة)

• القطعة الأثرية الثالثة إطار بوابة الفئار الأيمن S1:

أولاً: نبذة تاريخية عن إطار بوابة الفئار الموجود بالرصيف الغربى للميناء الشرقى :

القطعة مكسورة إلى نصفين، تبلغ ١٣ متر طولاً، من الجرانيت الوردى الخشن ، تمثل العضد الأيمن لمدخل بوابة ضخمة و طرازها الدورى سمح لبعثة المركز الفرنسى للدراسات السكندرية رؤية ارتباط مباشر بينها وبين فاروس، فلقد أكتشفت بالمنطقة C1 (شكل رقم ٣١) .

توجد القطعة على الرصيف الغربى للميناء الشرقى عند قيتباى بالقرب من البحر حيث تم وضعها فى هذا المكان منذ إنتشالها من البحر (صورة رقم ٣٨٩).

القرينة الأولى مكان القطع الموجودة أسفل المياه و هذا يتفق مع ما ذكره سترابون عن مكان فاروس و الذى بنى ما بين حقبة بطلميوس الأول سوتير (٣٠٥ - ٢٨٣ ق.م) و بطلميوس الثانى فيلادلفيوس (٢٨٣ - ٢٤٦ ق.م) على جزيرة صغيرة تقع قبالة الجهة الشرقية لجزيرة فاروس.

فالنصوص القديمة تعطى دليل تاريخى أولى فحسابات أثنين من كتاب العصور الوسطى الذين شاهدوا و وصفوا فاروس هما حجاج يوسف حامد البلاوى الأندلسى ١١٦٦ و الرحالة المغربى أبى بطوطه ١٣٤٩ سمحت بحساب أثنين من القياسات، فطول أحد جوانب المربع مطابق تماماً لسمك المدخل، و بهذا أصبح المدخل القطعة الأولى التى تمت معرفتها من فئار الإسكندرية القديم.

نتيجة لنظام المعلومات الجغرافى GIS أوضحت الخرائط الظاهرية إمكانية ربط الأجزاء ببعضها البعض متتبعه نموذج سقوطها (شكل رقم ٧٣) ، هذه المعلومات زودت بدراسة عن تضاريس قاع البحر لتنتج التنشيط المقترح لميكانيكا أنهيار المداخل (من شكل رقم ٧٤ إلى شكل رقم ٧٨)، كما تم عمل تخيل ثلاثى الأبعاد لمدخل بوابة الفئار حيث نلحظ البوابة و يقف أمامها تمثالى الملك X الموجود أما المكتبة و الملكة البطلمية Y الموجود بالمتحف البحرى حيث يعتقد أنهم كانوا يمثلوا أحد الأزواج الملكية الموضوعة أمام الفئار (صورة رقم ٣٩٠) كما تمت الإشارة فى المبحث الثالث من الفصل الأول إلى التصور التخيلى للتماثيل و نسبتها بالنسبة للبوابة الأثرية (شكل رقم ٣٩).

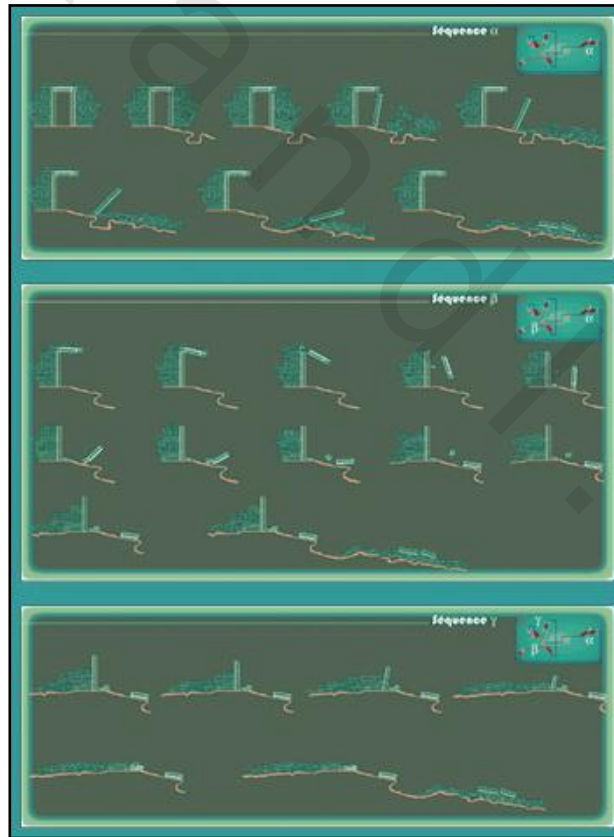
لقد وقعت فى موقعها الأصلي بالقرب من القطعتين السفليتين للقائم الغربى و القطعة الوسطى لأسكافية عتب الباب، كما أن قياسات المدخل الأثرى تكشف عن استخدام الذراع الملكى المصرى الذى يبلغ ٥,٢٥ متر و القدم الأيونى الذى يبلغ ٥,٣٥ متر بنسبة ٣/٢ ، و كنتاج للثقافة المصرية و اليونانية دمجت هذه الوحدات القياسية معا فى نظام هندسى و كان مصدره فى الـ Tetraktys للفيتاغورين (من القرن السادس ق.م).^(١)

ثانياً : عملية إنتشال القطعة:

قام بإنتشالها المركز الفرنسى للدراسات السكندرية بالتعاون مع المجلس الأعلى للآثار فى عام ١٩٩٥ (صورة رقم ٣٩١) ، تبلغ أبعادها ١٢,٧٧ متر ارتفاع و عرض ٤,٩ متر و عمق ٢,١ متر ، و لم يتم التمكن من إلحاقهما بالآثار الأخرى فى المتحف المفتوح بكوم الدكة نظراً لحجم القطعتين ووزنهم الكبير و لذلك لم تتعرض هذين القطعتين لعمليات التحلية.



(صورة: ٣٨٩) توضح البوابة اليمنى للفنار بالرصيف الغربى للميناء الشرقى.



(شكل: ٧٣) يوضح إعادة تخيل و محاكاة لكيفية أنهيار مدخل فاروس من خلال الموقع الحالى للكتل القديم و التشوهات التى تم رؤيتها أسفل قاع البحر، و هذا يوضح أنهيار المدخل الأثرى فى موقعه الأسمى بالقرب من القطعتين السفليتين للقائم الغربى و القطعة الوسطى لأسكافية عتب الباب.

نقلًا عن:

<http://www.cealex.org/sitecealex/activities/>



(صورة: ٣٩٠) توضح تخيل ثلاثى الأبعاد لمدخل بوابة الفنار و الذى يمثل الجانب الأيمن للقطعة موضوع الدراسة الموجودة بالرصيف الغربى للميناء الشرقى جزء منه حيث أن باقى الأجزاء مازالت أسفل الماء، و نلاحظ هنا البوابة و يقف أمامها تمثالى الملك الموجود أما المكتبة و الملكة البطلمية الموجود بالمتحف البحرى حيث يعتقد أنهم كان يمثلوا أحد الأزواج الملكية الموضوعه أمام الفنار.

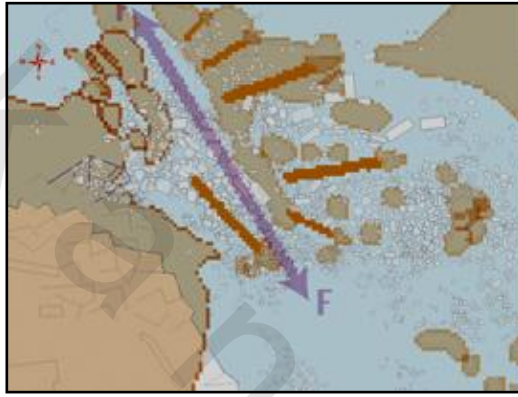
Photo: I.HAIRY-@CEALEX



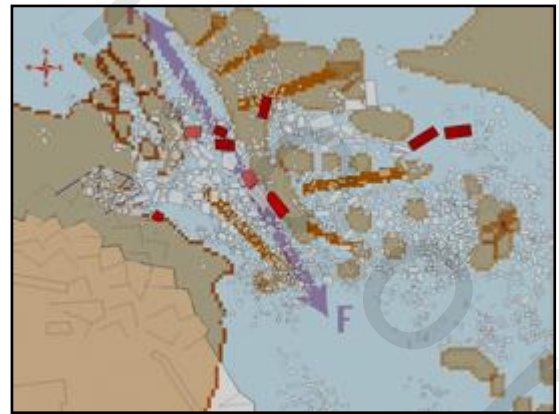
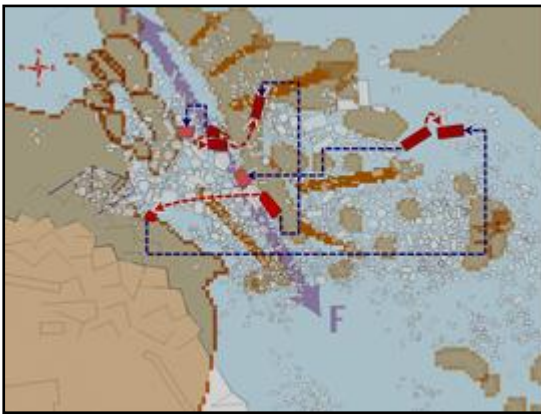
(صورة: ٣٩١) توضح الجانب الأيمن لمدخل بوابة الفنار الموجود بالرصيف الغربى للميناء الشرقى لحظة أنتشاله حيث مازال ملقى فى نفس المكان حتى الآن.



(شكل : ٧٤) ١ - الطبوغرافية و الجرد الوصفى للكتل القديمة. (شكل : ٧٥) ٢ - طبوغرافية تضاريس البحر.



(شكل : ٧٦) ٣ - التحاليل و الفحوص التي أجريت لقاع البحر، إلى الغرب، هضبة صخرية أفقية ترتفع إلى ٥ أمتار تحت مستوى البحر تنفصل عن طريق كسر عميق (شمال - غرب/ جنوب - شرق) من الهضبة الثانية التي تنحدر بلطف إلى أسفل تجاه الشمال الشرقي لعمق ٨ أمتار: إلى الجنوب الشرقي وقد أنقسمت هذه الأخيرة إلى ألواح أنزلت إلى أسفل المنحدر.



(شكل : ٧٨) ٥ - تحاليل و فحوص توضح التطابق بين الكتل عند وضع قطعتي الأطار العمودي و أسكافية عتب الباب ، ثم إعادة تشكيل المدخل من هذه القطع حيث نرى خط أنهيار البناء.

(شكل : ٧٧) ٤ - تحاليل و فحوص الكتل، تحديد القطع السبع للمدخل الأثرى من جرانيت أسوان الأحمر، ترقد على جانبي الكسر.

ثالثاً : مظاهر التلف التي تمت ملاحظتها على بوابة الفنار:

١ - تعاني هذه القطعة معانة كبيرة حيث لم تتعرض لعمليات التحلية كما سبق الذكر، مما عرض القطعة لنوع من الصدمة البيئية فهذين الجزئين يعانون من التآكل النشط يرجع معظمه كنتيجة لتأثير مياه البحر، و التحلل البشرى، بعض الأجزاء مفقودة.

٢ - نتيجة لما سبق حدث تبلور للأملاح ، ظهور علامات التقشر و التفتت على أجزاء عديدة من القطعة، كما أنها معرضة لرياح البحر المباشر و التفاوت في درجات الحرارة و الرطوبة بين ساعات الليل و النهار حيث نجد درجة حرارة الشمس الشديدة صباحاً بينما في المساء نجد الرطوبة العالية (صورة رقم ٣٩٢).

٣ - لوحظ على القطع التلون نتيجة لتأكسد المعادن و كذلك الخشونة و الاستدارة للحواف (صورة رقم ٣٩٣) و (صورة رقم ٣٩٤) و (صورة رقم ٣٩٥).

٤ - وجود تكلسات على القطعة ممثلة في التكلسات الجيرية والحيوانات البحرية و القواقع و الحشف البحرى شديدة الالتصاق نظراً لعدم تحلية القطعة (صورة رقم ٣٩٦) و (من صورة رقم ٣٩٧ أ ب إلى صورة رقم ٤٠٢) .

٥ - البوابة تتعرض للإتلاف البشرى نتيجة لعمليات الصيد حيث يستخدمها الصيادون و هواة الصيد كمنضدة يضعون عليها مستلزمات الصيد حيث تنتسخ البوابة بالفضلات المتبقية من طعم الأسماك، كما تقوم سنارات الصيد بالإرتطام بالقطعة من حين لآخر (صورة رقم ٤٠٣ أ - ب)، كما يقوم بعض الأشخاص بقضاء حاجتهم على أحد أجزاء الجزء الثانى من القطعة و المستند بلسور المحيط بالقلعة (صورة رقم ٤٠٤ أ - ب).

٦ - وجود بعض آثار الدهانات على شكل نقاط صغيرة ذو لون أحمر و أزرق (شكل رقم ٤٠٥ أ - ب)

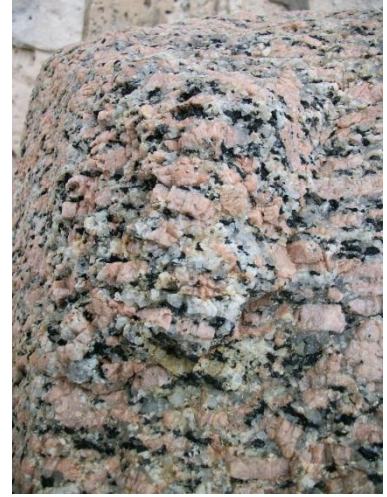
رابعاً : ما تم من معالجة :

و لقد تمت محاولة تنظيف القطعة الأثرية من التكلسات البحرية بالطريقة الميكانيكية و قد أظهرت نتيجة جيدة في إزالة القواقع الكبيرة عن طريق تطريتها بالماء المقطر ثم محاولة أزالها بفرقة عريضة فأزلت جزء صغير من هذه القواقع (صورة رقم ٣٩٧ أ-ب) و (صورة رقم ٣٩٨) و (صورة رقم ٣٩٩)، و أظهرت الطريقة السابقة نتائج أفضل في التكلسات الجيرية حيث تمت التطرية بالماء المقطر ثم تمت أزالته الطبقة السطحية كثيراً دون المساس بسطح الأثر عن طريق أداة أبرية من أدوات الأسنان (صورة رقم ٤٠١) و (لوحة ٤٠٢) .

و لقد تم أخذ عينات من هذه التكلسات الجيرية و القواقع و الحيوانات البحرية و أثبتت أنها تتكون من الكالسيت بشكل أساسى و منها ما يتكون من الكالسيت و الأرجونيت و الكوارتز.



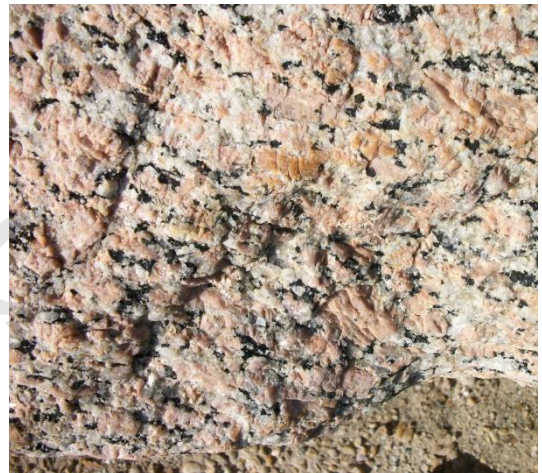
(صورة: ٣٩٣) توضح ظاهرة الخشونة في العضد الأيمن لبوابة فنار الإسكندرية الموجودة برصيف الميناء الشرقى.



(صورة: ٣٩٢) يشير السهم إلى ظاهرة التقشر في الجزء الأيسر من العضد الأيمن لبوابة فنار الإسكندرية الموجودة برصيف الميناء الشرقى.

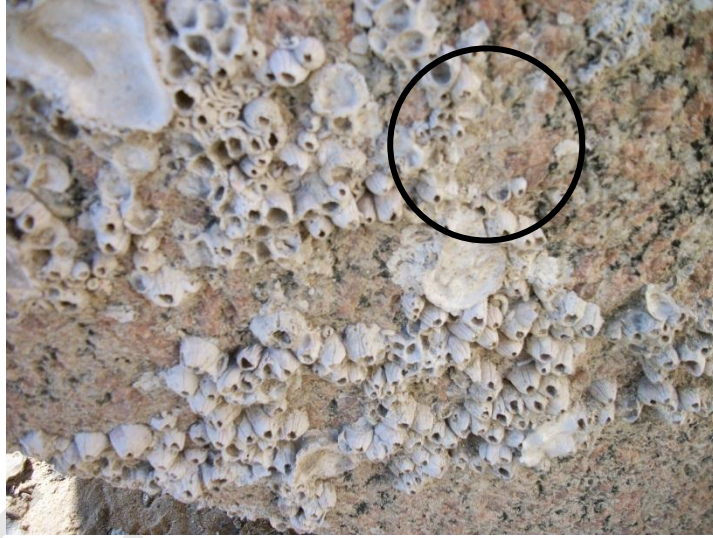


(صورة: ٣٩٥) يشير السهم إلى ظاهرة أستدارة الحواف في العضد الأيمن لبوابة فنار الإسكندرية الموجودة برصيف الميناء الشرقى.

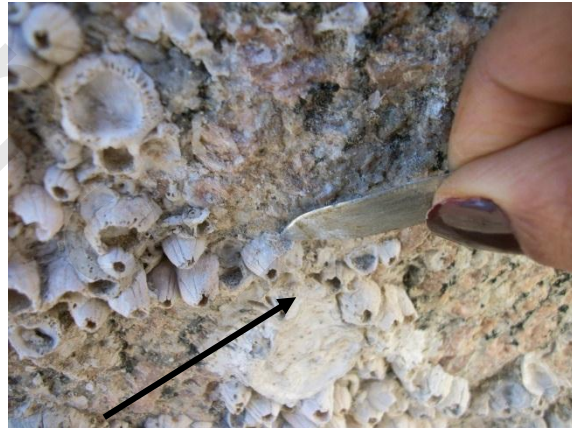


(صورة: ٣٩٤) توضح ظاهرة التلون و تأكسد المعادن في العضد الأيمن لبوابة فنار الإسكندرية الموجودة برصيف الميناء الشرقى.

(تصوير الباحثة)



(صورة : ٣٩٦) توضح التكتلات الجيرية و القواقع البحرية ذو الالتصاق الشديد بالعضد الأيمن لبوابة فنار الإسكندرية الموجودة برصيف الميناء الشرقى، و تشير الدائرة إلى الجزء الذى تمت أزالته فى الصورة السفلى.



(صورة : ٣٩٧ أ-ب) توضح عملية إزالة التكتلات الجيرية و القواقع البحرية ذو الالتصاق الشديد بالعضد الأيمن لبوابة فنار الإسكندرية الموجودة برصيف الميناء الشرقى بالطرق الميكانيكية بعد تطهيرها بالماء المقطر و التى يشير إليها السهم.

(عمل و تصوير الباحثة)



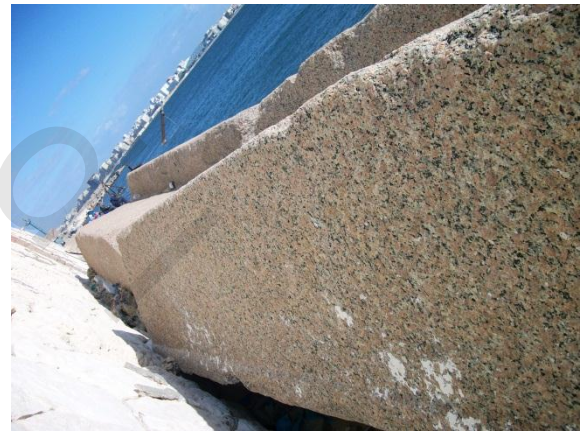
(صورة : ٣٩٩) يشير السهم الأزرق إلى إزالة جزء من القواقع البحرية الملتصقة بالعضد الأيمن لبوابة فنار الإسكندرية الموجودة برصيف الميناء الشرقى بعد تطريتها بالماء المقطر ، كما نلاحظ ظاهرة التقشر الشديدة فى هذا الجزء من القطعة الأثرية .



(صورة : ٣٩٨) يشير السهم الأزرق إلى أحد القواقع البحرية الملتصقة بالعضد الأيمن لبوابة فنار الإسكندرية الموجودة برصيف الميناء الشرقى قبل إزالتها، كما نرى إزالة التكلس الجبرى الذى يشير إليه السهم البرتقالى و الموجود إلى اليمين ويظهر قبل أزالته فى الصورة السفلى.



(صورة : ٤٠١) توضح عملية إزالة التكلسات الجبرية ذو الالتصاق الشديد بلعضد الأيمن لبوابة فنار الإسكندرية الموجودة برصيف الميناء الشرقى بالطرق الميكانيكية بعد تطريتها بالماء المقطر و التى يشير إليها السهم.



(صورة : ٤٠٠) توضح التكلسات الجبرية ذو الالتصاق الشديد بلعضد الأيمن لبوابة فنار الإسكندرية الموجودة برصيف الميناء الشرقى بالطرق الميكانيكية بعد تطريتها بالماء المقطر و التى يشير إليها السهم.

(عمل الباحثة)

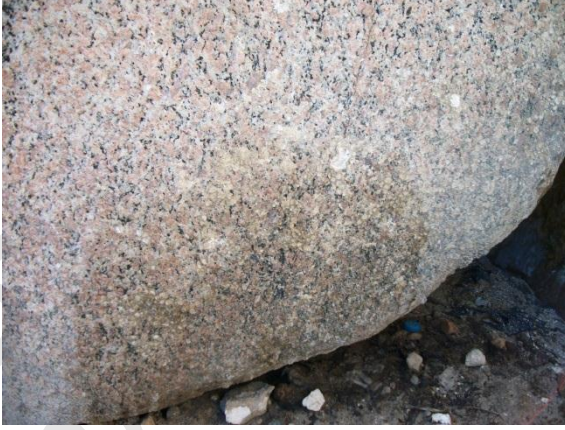


(لوحة : ٤٠٢) توضح مراحل عملية إزالة التكدسات الجيرية ذو الالتصاق الشديد بلعضد الأيمن لبوابة فنار الإسكندرية الموجودة برصيف الميناء الشرقى بالطرق الميكانيكية بعد تطريتها بالماء المقطر.



(صورة : ٤٠٣ أ- ب) توضح القاء الأشخاص المخلفات و القمامة خلف العضد الأيمن لبوابة الفنار و إستخدامها كمنضدة لمتعلقاتهم الخاصة بالصيد و كذلك مخلفات الصيد.

(تصوير الباحثة)



(صورة :٤٠٤ أ - ب) توضح الأتلاف البشرى حيث يستخدم بعض الأشخاص أحد جوانب عضد البوابة لقضاء حاجتهم كما تعاني البوابة من ألقاء القمامة و المخلفات و النفايات عليها و خلفها .



(صورة:٤٠٥ أ ب) توضح آثار طلاءات الألوان الحمراء و الزرقاء الموجودة على عضد بوابة الفنار فى بعض الأجزاء.

(تصوير الباحثة)

خامساً : مقترحات العلاج و الصيانة:

- أجراء عملية تحليلية من خلال إستخدام خراطيم المياه و ذلك بعد تقوية الأجزاء الضعيفة و الشديدة الضعف بالآثر ، حيث لم تتعرض القطعة لعملية تحليلية منذ إنتشالها مما ساعد على تدهور بعض أجزاء منها و أصابتها بالتفكك الحبيبي رغم من قوة الأجزاء الأخرى و هذا ما أكدته نتائج الميكروسكوب المستقطب ، الميكروسكوب الإلكتروني الماسح و التحليل بوحدة EDX.

- التنظيف الميكانيكى و الكيمايى للتخلص من الأتربة و العوالق الموجودة على السطح و إستخلاص الأملاح و تنظيف السناج و البقع البنية، حيث يمكننا بعد إزالة الأتربة إستخلاص أملاح الهاليت التى أوضحتها فحوص الـ EDX بإستخدام الكمادات الطينية (كمادات معادن الطفلة) أو الكمادات الورقية.

- تقوية الأسطح و البنية الداخلية للطبقات السطحية الخارجية الضعيفة و المتأكلة و التالفة بإستخدام مادة سيليكات الإيثيل مثل Wacker-OH 100 بناء على الدراسة التجريبية فعاليته لما له من قدرة على الربط بين الحبيبات المعدنية، كما يمكن إستخدام البارلويد B72 المخفف بالأسيتون بنسبة ٥% بناء على الدراسة التجريبية أيضاً.

- كما يمكن إستخدام البارلويد B72 المخفف بالأسيتون بنسبة تتراوح بين ١٠ - ٢٠% حسب الاحتياج و ذلك حسب الاحتياج و بطريقة الحقن لملاء الشقوق السطحية.

- عمل لصق و تدعيم و تجميع لعضد الباب الأيمن الخاص بالفنار المكسور إلى قطعتين و ذلك من خلال إستخدام أسياخ الأستانلس ستيل (AISI 316) المقاوم للظروف البحرية فى وصل القطعتين و كذلك إستخدم نوع الأيبوكسى Hit-Re-500 الذى أثبت بعد اختباره أنه أفضل لاصق من بين أنواع الأيبوكسى الأخرى بالنسبة للجرائيت الوردى.

- ملاء الفواصل الموجودة و إستكمال الأجزاء الناقصة بلون أفتح من لون الآثر و ذلك للأتزان و التدعيم ، عزل أفقى لحماية الآثر من المياه الأرضية، و ضرورة نقل القطعة إلى موقع ذو حماية أفضل لوقف عملية التدهور و التلف .

سادساً: طريقة العرض المقترحة لعضد بوابة الفنار:

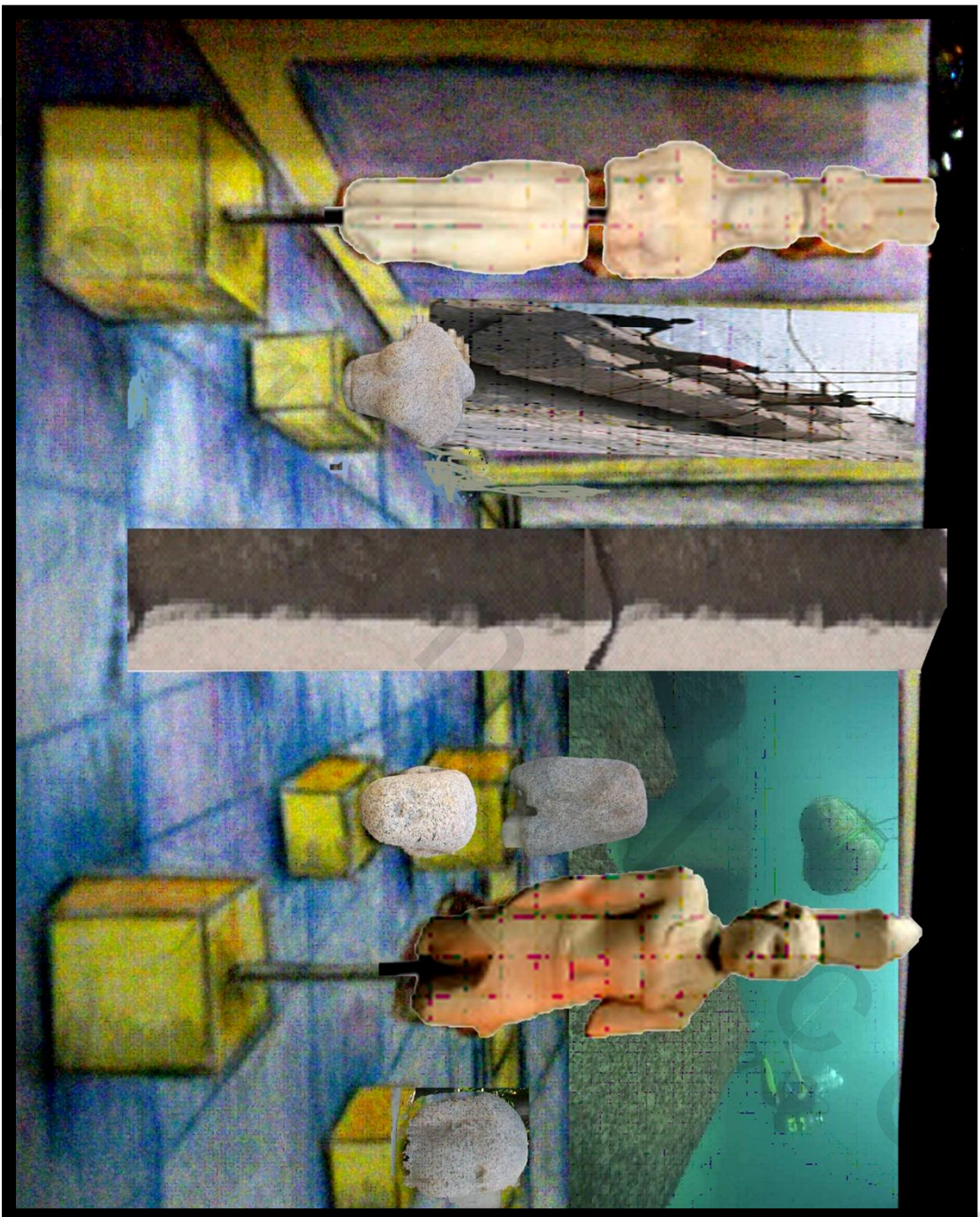
- أن تتوسط بوابة الفنار قاعة العرض بجوار أجزاء التماثيل التابعة للفنار كذلك وضع مستنسخات لتمثالى الملك و الملكة البطلمية التى كانت محيطة بفنار الإسكندرية من خلال وسائل البناء الثلاثية الأبعاد مثل معرض Phares بالمتحف الوطنى للبحرية فى باريس حيث نحتت التماثيل من كتل رغوية من البولى يوريثان و مطلية بالراتنجات.

- وجود شاشة عرض كبيرة تعرض لأفلام وثائقية عن كيفية أنتشال تلك القطع و شرح الموقع و تاريخه، و ذلك من خلال عرض تخيلى لما توصلت إليها البعثات الأثرية عن ارتباط تلك القطع بالفنار و العرض التخيلى من خلال الواقع الافتراضى لما حدث للفنار و كيفية الأنهيان نتيجة الزلازل و التوسونامى ، بالإضافة إلى عرض يشرح و يوضح كيفية صناعة التماثيلين العمالبيين بالطريقة ثلاثية الأبعاد التى أتاحت عرض التماثيلين بجانب القطعة موضوع الدراسة الأصلية و مجموعة الرؤوس و أجزاء التماثيل الصغيرة الأصلية المصنوعة من الجرانيت الوردى.

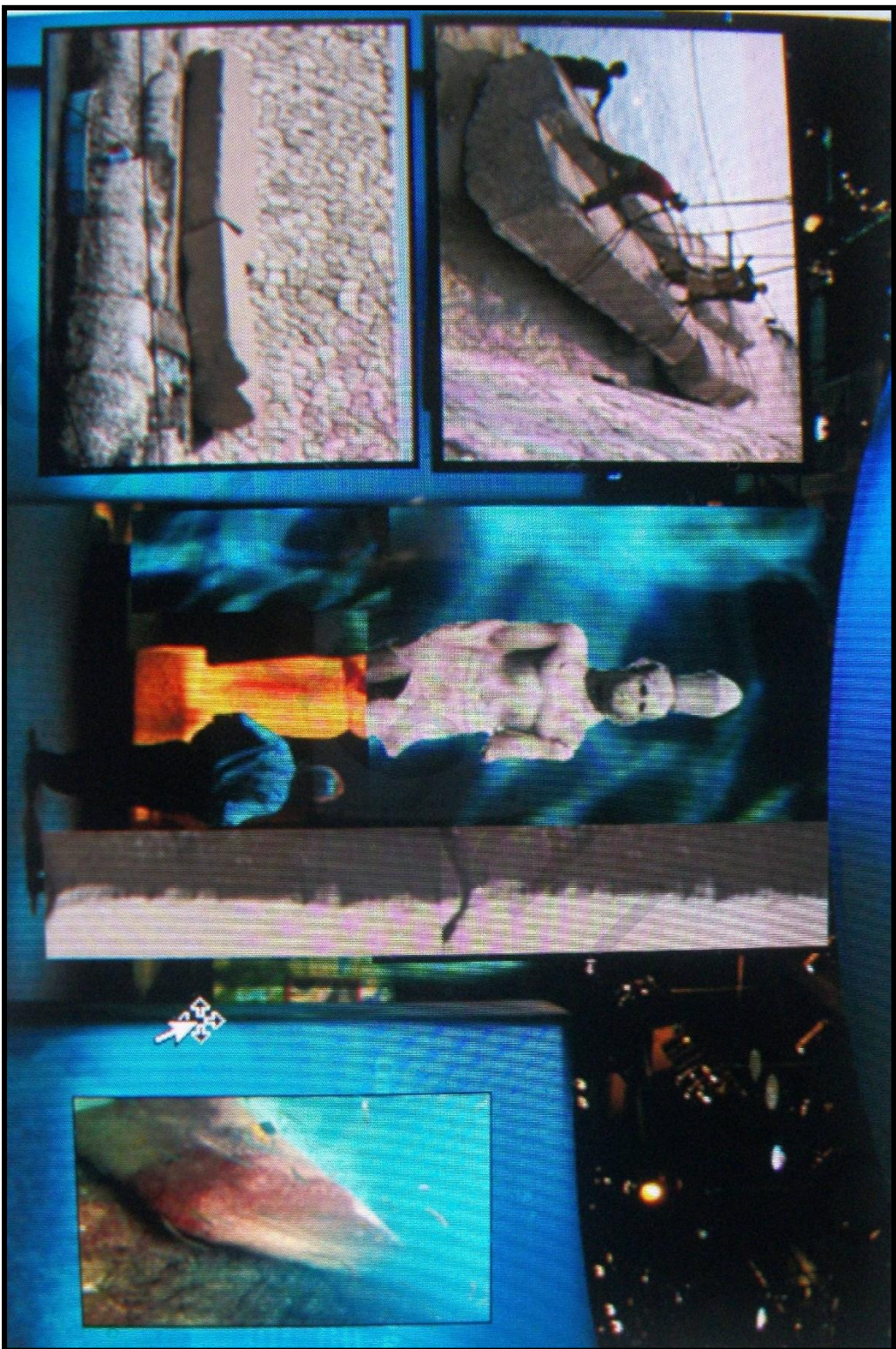
- بالإضافة إلى الخلفيات المختلفة التى توضح القطع وقت الأنتشال، كما يتم عرض العملات الأثرية فى فترينة عرض خاصة بها مع وجود خلفيات كبيرة توضح شكل الفنار على هذه العملات الفنار .
مع وجود بطاقات شرح تشمل اللغة الفرنسية بالإضافة إلى اللغتين العربية والإنجليزية و إستخدام خدمة الدليل الرقمية التى تم إستخدامها بمتحف الآثار بمكتبة الإسكندرية.

و (صورة رقم ٤٠٦) عبارة عن منظر تخيلى لطريقة العرض المقترحة و (شكل رقم ٧٩) يوضح المسقط الأفقى، كما أن هناك خطة عرض مقترحة لعضد البوابة حيث تطبيق طريقة العرض التى نفذت بمعرض ميلوكى (صورة رقم (صورة رقم ٤٠٧).

و هناك مقترح آخر بوضع عضد بوابة الفنار بجوار منطقة القلعة مع مجموعة التماثيل المستخرجة من نفس الموقع تمثال للملك X و الملكة Y بجوار القطع الأخرى K ، L1 ، L2 ، N ، حيث يوصى بلصق و تجميع تمثال الملكة البطلمية إيزيس X ، فبعد أن يزور السائح القلعة يمكن له أن يتعرف على إحدى أجزاء الفنار الذى كان يقف بالقرب من هذا المكان فى مكان القلعة أو بعيد عنها ببضعة أمتار كما يعتقد علماء البعثة الفرنسية، و يتم عمل مظلات لحماية القطع المعروضة.



(صورة: ٤٠٦) منظر تخيلي لطريقة العرض المقترحة لمعرض بوابة الفنار الأيمن S1.
(عمل الباحثة)



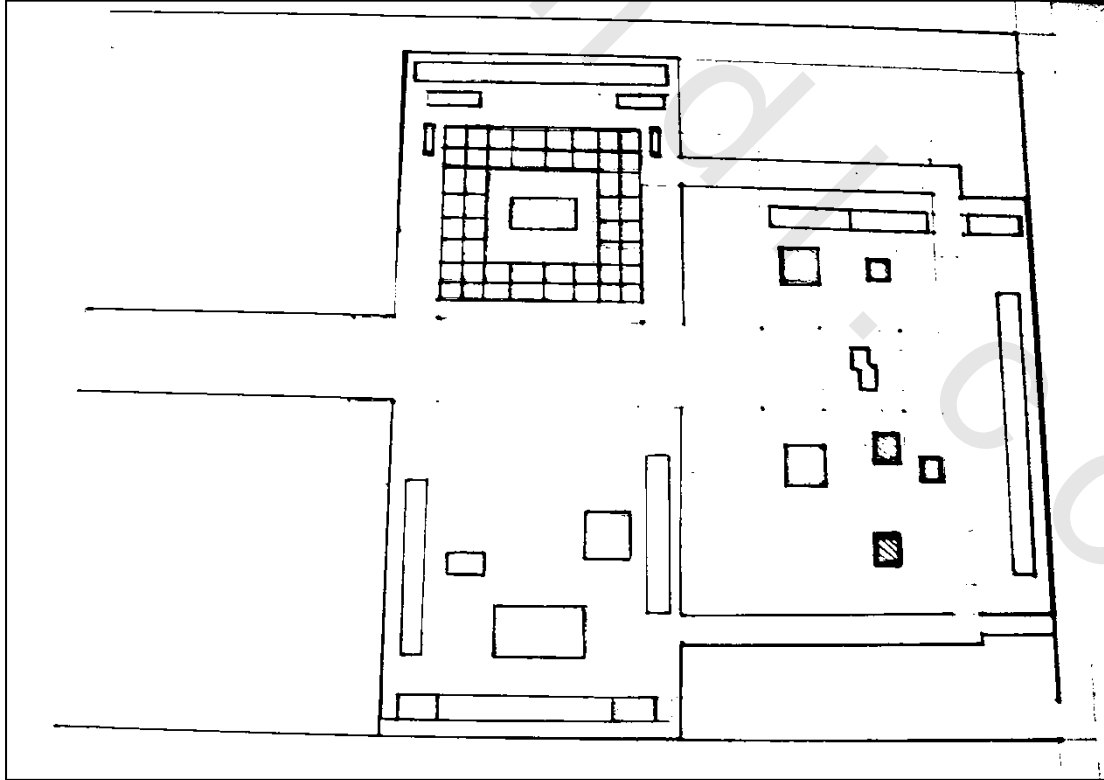
(صورة: ٤٠٧) منظر تخيلي لطريقة العرض الأخرى المقترحة لمعرض بوابة الفخار الأبيض S1 حيث تطبيق طريقة العرض التي نفذت بمعرض ميلوكي .
(عمل الباحثة)

- الطرق المشتركة المقترح تطبيقها داخل المتحف فى قاعات العرض الثلاث السابقة الذكر:
و فى جميع طرق العرض السابقة للقطع موضوع الدراسة يتم الآتى:

- ترتيب المعرض بطريقة تسهل التتابع الزمنى لعمليات التنقيب تحت الماء من حيث لوحات التصنيف و صناديق العرض مثل معرض برلين فى مبنى قاعة مارتن جروبيوس .
و (شكل رقم ٧٩) يوضح المسقط الأفقى لطريقة العرض المقترحة بصالات العرض داخل المتحف الخاصة بالقطع الأثرية الثلاثة موضوع الدراسة.

- مع أعطاء الزائر الشعور بتجربة الآثار المغمورة أسفل المياه من خلال الإضاءة المسرحية و المؤثرات الصوتية مثل معرض ميلوكى، حيث تشرح الأحداث من خلال التنقيب الفعلى و الخلفية التاريخية، فيمكن رؤية مدينة الإسكندرية الغارقة بمنظور عين طائر و عرض التماثيل كما بدت عند أكتشافها و الانقراض و كذلك مواقع حطام السفن التى مازالت موجودة بقاع البحر بمصر مثل معرض Pacifico Yokohama باليابان .

- و التعرف على الفرق ما بين تقنيات و استراتيجيات العمل فى الحفائر الأرضية و الحفائر البحرية، كما لا يوجد شرح لكيفية الحفائر التى قام بها فرانك جوديو بالمواقع و التقنيات المستخدمة لفحص و تحليل هذه القطع، كذلك ما يؤدى إليه العامل الجيولوجى و الوقت بالنسبة للقطع الأثرية.



(شكل : ٧٩) يوضح المسقط الأفقى لطريقة العرض المقترحة بصالات العرض داخل المتحف الخاصة بالقطع

الأثرية الثلاثة موضوع الدراسة.

(عمل الباحثة)