

الفصل الثانى

الإطار النظرى و الدراسات

• المبحث الأول :
تباين عوامل التلف فى البيئة البحرية مقارنة بالميناء الشرقى و مظاهر التلف التى يمكن ملاحظتها على الآثار الجرانيتية قبل و فور الإنتشال وكيفية المعالجة.

• المبحث الثانى :
الآثار الجرانيتية المستخرجة من البيئة البحرية و كيفية تأهيلها للعرض المتحفى و ما تتعرض له من تلف فى بيئتها الجديدة و كيفية المعالجة.

• المبحث الثالث :

التأهيل للعرض المتحفى

المبحث الأول

تباين عوامل التلف فى البيئة البحرية مقارنة بالميناء الشرقى و مظاهر
التلف التى يمكن ملاحظتها على الآثار الجرانيتية قبل و فور الإنتشال
وكيفية المعالجة

تمهيد:

أن الآثار الجرانيتية المنتشرة من ساحل البحر بالإسكندرية سواء بمنطقة القلعة ، الميناء الشرقى ، السلسلة و أبو قير قد تعرضت لعوامل من التلف المتعددة قبل أن تغمرها مياه البحر، فلقد أثبتت الدراسات التي قامت بها بعثة جان أيف الفرنسية أن الأحجار الجرانيتية تنتمي لمنطقة جرانيت أسوان .

مما يعنى أن هذه القطع قد تعرضت قى البداية لمناخ أسوان ذو الطبيعة المختلفة عن مناخ الإسكندرية فمتوسط الفرق فى درجة الحرارة بين أسوان و الإسكندرية هو ٥ درجات مئوية ، أما الفرق فى درجة الرطوبة النسبية فهى أكثر بكثير حيث تكون درجة الـRH فى أسوان حوالى ٢٠% بينما فى الإسكندرية حوالى ٧٠%.

فلقد شكلت تلك الأحجار الجرانيتية كأبنية و عناصر معمارية و نحتية، و تم وضعها بمدينة الإسكندرية على اليابسة فى العصور القديمة لتواجه العوامل الجوية المختلفة و كان أشدها الزلازل المتكررة التى صاحبها التوسونامى، و كلا منهما أدى إلى انهيار هذه المنشآت لتغمر بمياه البحر و تستقر أسفل مما عرضها لمظاهر تلف جديدة مختلفة عن تلك الموجودة فوق اليابسة، بعض من هذه الآثار الجرانيتية قامت البعثات الأجنبية بانتشاله ليعرض ثانياً فوق اليابسة و يواجه عوامل تلف فى بيئة العرض الجديدة، و البعض الأخر مازال كما هو مستقراً أسفل مياه البحر.

و بما أن الدراسة تختص بطرق عرض التراث الثقافى الغارق من خامة الجرانيت المنتشر من البيئة البحرية عامة و من الميناء الشرقى بالإسكندرية خاصة و ما يتعرض له من مظاهر تلف فى بيئة العرض الجديدة، فكان لابد أن نتحدث أولاً فى هذا الباب بشىء من التفصيل عن عوامل و ميكانيكية تجوية الأحجار الجرانيتية، و كذلك عن العوامل البحرية المسببة لتلف الأحجار الجرانيتية أسفل مياه البحر و التى تختلف عن عوامل التلف التى تعرضت لها تلك الأحجار عند وجودها فوق اليابسة سواء قبل أو بعد غرقها فى مياه البحر.

- تعريف بخامة الجرانيت:

تشكل الصخور النارية من المigma (الصهارة)، خليط من المعادن المنصهرة وجدت عميقاً تحت سطح الأرض، تتشكل الصخور النارية التداخلية Intrusive (الصخور الجوفية plutonic)، من خلال تبريد المigma (الحمم البركانية) على عمق كبير تحت سطح الأرض بينما تتشكل الصخور النارية الطردية أو الناتئة extrusive من خلال المigma (الحمم البركانية) التى أنسكبت إلى الخارج على سطح القشرة الأرضية مثال لذلك الـ lava الحمم. الصخور النارية التداخلية تبرد و تتصلب ببطء أكثر بكثير من الصخور النارية الطردية أو الناتئة التى تتشكل على السطح، و الجرانيت من الصخور النارية التداخلية Intrusive التى شكلتها المigma على عدة أعماق تحت سطح الأرض.^(١)

و هناك صخور نارية حامضية و صخور نارية قاعدية ، والجرانيت من الصخور النارية الحامضية ، إذ يحتوى على أكثر من ٦٦% من السليكا و نسبة صغيرة من الحديد و الماغنسيوم، و نسبة السليكا فى الجرانيت تدل على مدى حموضيته، فقد تصل إلى ٧٠% ، ٧٥%، و قد إستخدم الجرانيت منذ القدم سواء فى عمل التماثيل أو فى البناء .^(١) و تطلق كلمة جرانيت على طائفة كبيرة من الاحجار المتبلورة البركانية الأصل غير المتجانسة فى تركيبها و لكنها مركبة من عدد من المواد المعدنية المختلفة و لاسيما الكوارتز و الفلسبار و الميكا البيوتيتية Biotite Mica بل و الهورنبلند كذلك فى بعض الاحيان الاوجايت Augite ، و وفرة مادة الكوارتز فى الجرانيت إحدى خصائصه المميزة .^(٢) يمكن بسهولة و بالعين المجردة مشاهدة أهم المواد المعدنية الفردية المكونة للجرانيت، هذا الصخر حبيبي فى تركيبه قد تكون حبيباته خشنة، متوسطة أو رقيقة^(٣)، و قد أشتق أسمه من خصائص تركيبه حيث أنه Granular أى محبب، و نأتى من الكلمة اللاتينية granum grain.^(٤)

و يعتبر الجرانيت من أكثر الصخور النارية إنتشارا فمنه يتكون معظم القارات كما يوجد على شكل سلاسل من الجبال الكبرى، و ينتشر الجرانيت فى الصحارى المصرية و منه يتكون معظم سلاسل الجبال التى تفصل البحر الأحمر عن وادى النيل و التى تبدأ من منطقة حلايب على الحدود المصرية السودانية عند خط عرض ٢٢° و حتى جنوب جبل الجلالة القبلىة شمال رأس غارب عند خط عرض ٢٨,٣٠°.

و توجد أهم محاجر الجرانيت القديمة فى أسوان فى موضعين أحدهما فى جنوب المدينة على بعد نحو كيلو متر منها و الأخر فى شرق النجد ، و يقصد بها الجرانيت الوردى الخشن و هو أكثر أنواع الجرانيت إستخداما فى مصر القديمة، و الجرانيت الوردى الدقيق الحبيبات و الجرانيت الأسود ذو النسيج البورفيرى و الديوريت، غير أن هناك محاجر أخرى أصغر من هذه بجزيرتى إلفانتين و الشلال الأول أشارت إليها النصوص القديمة فى عهد الأسرة السادسة، جميعا كما أشارت إلى محجر فى إبهت لم يتعرف عليه.^(٥)

كما يوجد ثلاث محاجر بوادى العلاقى للجرانيت الأحمر و الرمادى و بمنطقة الفواخير بين قنا و البحر الأحمر محجر للجرانيت الوردى، كما يوجد فى إدفو مرسى علم و طريق قفت القصير. أما فى جنوب سيناء فيوجد محاجر للجرانيت بأنواعه و ألوانه المختلفة على هيئة سلاسل جبال، و كذلك يوجد فى الغردقة، و يوجد نوع من محاجر حجر السماق الأمبراطورى كان يستخرجه الرومان من جبل الدخان (منز كلاوديانس) بالصحراء الشرقية لتصديره إلى الخارج.^(٦)

١ - منى فواد على : مبادئ ترميم الآثار الغير عضوية ، ص ٣٠ .

2-Alexandria – Wikipedia, The free encyclopedia . mht.

3- ROSELLE M. GIRARD: Texas Rocks and Minerals: 1994, An Amateur's Guide, BUREAU OF ECONOMIC GEOLOGY, The University of Texas Austin, Texas, Guidebook 6, February 1964, Seventh Printing, September p 8.

4—Murhov N., Milev P., Petrov N., Papadopoulos K. : 2002, GRANITE – THE ETERNAL DECORATIVE ROCK MATERIAL, Annual of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", vol.45, part I, Geology, Sofia, pp. 153-156.

٥ - الفريد لوكاس، ترجمة زكى إسكندر و محمد زكريا غنيم : ١٩٩١، المواد و الصناعات عند قدماء المصريين، مكتبة المدبولى، القاهرة، الطبعة الأولى، ص ١٠١ .

٦ - عبد المعز شاهين: ١٩٨٢ ، ترميم و صيانة المباني الأثرية و التاريخية ، وزارة المعارف ، الإدارة العامة للآثار و المتاحف، المملكة العربية السعودية، رقم التسجيل ٥٣٢٢٣ ، ص ٤٠ .

و نظرا لتنوع الجرانيت فلدينا أربعة أنواع هي كالآتي:

١ - النوع الأول (a) :

مشابه للجرانيت الأحمر و الجرانيت الوردى الخشن و لقد تم أستخدامه فى الفترة المبكرة من الحكم الرومانى، و هو وردى يميل إلى الأحمرار شديد الخشونة و الصغر و حبيباته أيضا تميل إلى الخشونة و الصغر، النسيج النسيبي و البورفيرى لتصل إلى النوع (b) ، و هو يقع فى الناحية الشرقية لوادى النيل و منطقة الشلال إلى الجنوب، و أشهرها على الأطلاق يقع بالقرب من المسلة الناقصة و بالقرب من محطة سكة حديد الشلال، ونرى عروق الجرانيت الوردى الخشن فوق سطح الأرض واضحة و موزعة بكثرة و يتكون منها معظم التلال و نتيجة لعملية التجوية يعلوها صخور الكاولين و التى تفصلها عن الحجر الرملى النوبى الموجود على السطح، وتكون العروق شديدة التجوية تشكل قطع صخور كبيرة لها وزنها و أطارها (لوحة رقم ٤٧).

- النوع الثانى (b) :

مشابه للجرانيت الأسود الخشن الصغير الحبيبات الشهير إلى القرب من الجرانوديوريت، و لقد تم أستخدامه فى المرحلة المبكرة من الحقبة الرومانية، و هو ذو لون رمادى غامق يميل إلى السواد، خشن و صغير إلى متوسط الحبيبات، بورفيرى (تصل الفينو كريستات إلى ٣ سم) و يتراوح تدريجيا إلى النوع (a) ، الفينو كريستات تتراوح من اللون الأبيض إلى اللون الوردى و يمكن أن تكون أكبر أو تكون منعدمة و غائبة فى بعض القطع. هذا النوع من الجرانيت محدد بجبل إبراهيم باشا و منطقة جبل توجك فى جنوب مدينة أسوان وهما يكونان القاعدة للجزء الحديث من أسوان، و عروق هذا النوع من الجرانيت تكون على هيئة صفائح كبيرة داخل الجرانيت الوردى، على السطح تكون العروق دائما شديدة التجوية تعطى نفس نوع الصخور الكبيرة بنفس الوزن و الأطار و يكون أكثر من الجرانيت الوردى الخشن.

ويطلق اليونانيون على النوعين (a) و (b) lapis syenites و lithos pyrrhopoecilus والرومان lapis thebes

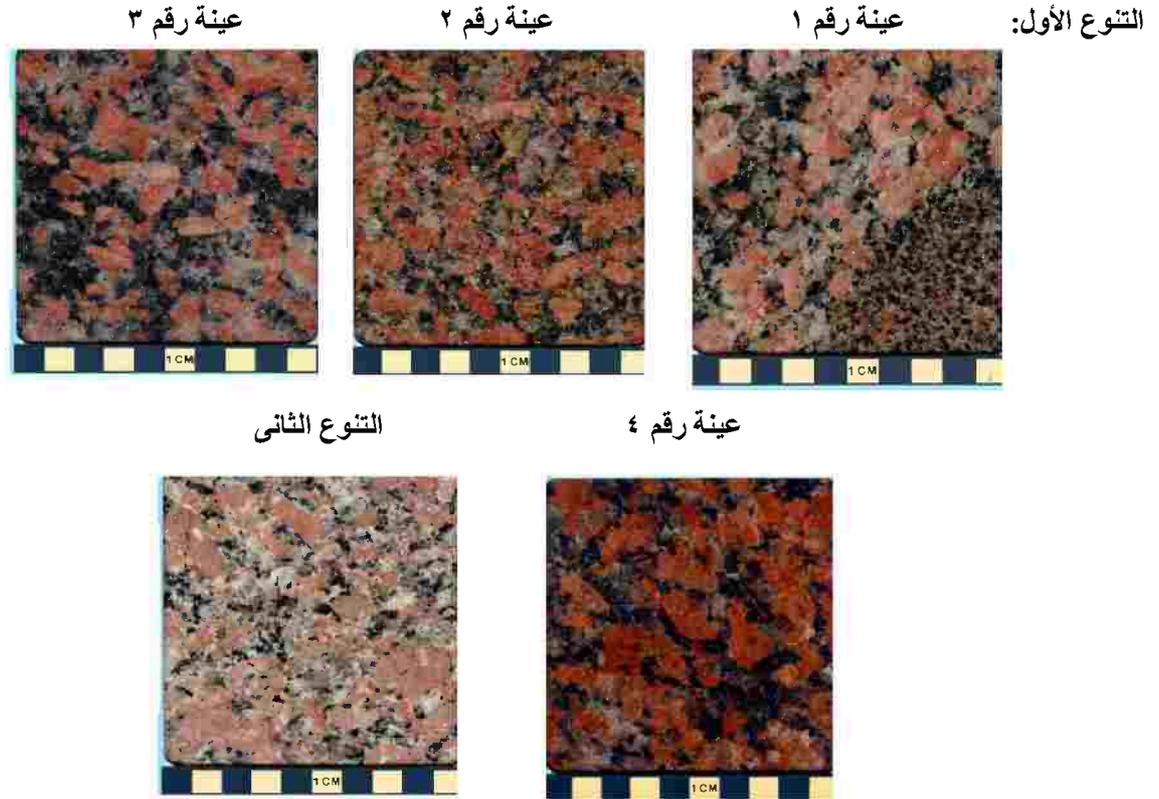
٣ - النوع الثالث (c) :

و هو شبيه بالأحجار المتحولة بين الجرانيت الوردى الخشن (a) و الجرانوديوريت الأسود الخشن (b)

٤ - النوع الرابع (d) :

وهو مشابه إلى الجرانيت الرمادى الرقيق والمائل إلى الوردى الذى كان مستخدما منذ الدولة الحديثة حتى العصر الرومانى، و هو ذو لون رمادى خفيف مائل إلى الوردى، متوسط إلى رقيق الحبيبات، و هذا النوع موجود فى سهل، صلوجا و جزيرة إيلفانتين فى النيل، مكوناً جزء ملحوظ لعديد من التلال، و تكون على هيئة صفائح كالخنادق المتداخلة تقطع الجرانيت الوردى باتجاه عام شمالى جنوبى، بعض التداخلات الأخرى محتملة، مثال لذلك المحجر الحديث لجبل مصلا و الذى يمثل قليلا من عروق الجرانيت الوردى.^(١)

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, 2008,p58.



(لوحة : ٤٧) عينات من الأماكن المتعددة بين أسوان و منطقة الشلال [24° 3.70' N, 32° 53.70' E] حيث يوجد خمسة أنواع من الصخر (Precambrian basement)، (a) جرانيت وردى خشن : وردى إلى أحمر فى بعض الأحيان، خشن جداً إلى حبيبي خشن فى الأغلب، فى بعض الأحيان نيسى و عادة بورفيرى (تصل الفينوكريستات إلى ٤ سم) ، و يتدرج مع النوع 'b'. (الجرانيت الأحمر الأثرى الضخم).
نقلًا عن:

Menu. html)_eeescience.utoledo.edu/Faculty/Harrell/Quarries/Quarries J.A. Harrell, modified.(http://www

- التقنيات التي تم استخدامها فى المحاجر: (١)

خلال العصر الفرعونى تم استخدام الشواكيش الحجرية المصنوعة من الـ dolerite القادم من منطقة السدود الجرانيتية أو منطقة جرانيت الـ aplitic الأقل شيوعاً، و هناك طبقات رماد مع الفحم مختلطة مع أنقاض المحجر تشير إلى استخدام النار على نطاق واسع فى عملية إستخراج الجرانيت خلال العصر الفرعونى أيضا خارج محجر المسلة الناقصة، بالإضافة إلى العثور على الشواكيش الحجرية المصنوعة من الـ dolerite متناثرة فى أنحاء هذه المناطق مما يشير إلى استخدامها فى دق و تشذيب الكتل المستخرجة.

أبتداء من العصر البطلمى تم استخدام الأدوات الحديدية لحفر القنوات فى محاجر الجرانيت، بينما استخدم الرومان طريقة التقسيم باستخدام الأوتاد الحديدية حيث أصبحت هذه الطريقة فى إستخراج الجرانيت هى المهيمنة خلال الحقبة الرومانية. (٢)

1- Kliemm R. M.& Dietrich D. Klemm: STONES & QUARRIES IN ANCIENT EGYPT, the British museum press, london, p 7.

2-Bloxam E. and Heldal T. : 2008, Identifying heritage values and character- defining elements of ancient quarry landscapes in the Eastern Mediterranean: an integrated analysis, pp 52-57.

الخواص الطبيعية و الميكانيكية و الحرارية للجرانيت

تعتمد مقاومة الأحجار لعوامل التلف المختلفة بشكل كبير على الخواص الفيزيائية و الميكانيكية و الحرارية حيث نجد أن الكتل المختلفة من نفس نوع الحجر قد تختلف و تتباين فى خواصها و ذلك بسبب أختلافها فى التكوينات المعدنية و النسيج الصخرى الذى قد يتنوع و يختلف بأختلاف الأصل الجيولوجى و ظروف تكوين الأحجار.

أولاً: الخواص الطبيعية أو الفيزيائية :

١ - التركيب المعدنى Mineralogical Composition :

تتكون الصخور فى أغلب الأحيان من عدة معادن و منها صخر الجرانيت الذى يتكون من عدة معادن،^(١) و تنقسم المعادن المكونة للجرانيت إلى نوعين:

أ- معادن أساسية:

المعادن الأساسية المكونة للجرانيت هى الكوارتز و مجموعة معادن السيليكات وهى الفلسبار البوتاسى مثل (الأرتوكليز و البلاجيوكليز) بنسبة ٤٠% و البلاجيوكليز الصودى بنسبة ٢٥% و نسبة صغيرة من معادن الميكا التى تمثل ٥%.

- الكوارتز Quartz:

الكوارتز هو أكثر المعادن ذو المقاومة العالية لعوامل التجوية.^(٢)

التركيب الكيميائى له ثانى أكسيد السيلكون SiO_2 (السليكا Si و الأوكسجين O) و يمكن تمييزه فى الجرانيت فهو معدن شفاف ليس له مستويات تشقق، له مظهر و بريق زجاجى أو دهنى و ذو مكسر محارى الشكل، و يكون عديم اللون عندما يكون نقى و قد يكون لونه أبيض أو شفاف و عندما يكون غير نقى يمكن أن تضىف عليه الشوائب لون رمادى فاتح ، دخائى، أصفر، وردى أو بنفسجى و فى بعض الأحيان النادرة يكون لونه أخضر أو بنى. من خصائصه مقاومته الشديدة لعوامل التجوية، و هو يوجد بكثرة فى الصخور النارية الحمضية فاتحة اللون مثل الجرانيت بنسبة ٧٠% تقريباً، و درجة صلابته ٧ بمقياس موه.^(٣)

- مجموعة معادن السليكا:

الفلسبارات The Felspar Group :^(٤)

هى من أكثر معادن مجموعة السيليكات شيوعاً، و تعتبر مكوناً أساسياً لمعظم الصخور النارية بألوانها المختلفة مثل القرمزى أو الرمادى أو الأزرق أو الأحمر، و عندما يتعرض الصخر النارى الذى يحتوى على هذه المعادن للضوء فإن إنعكاس الأشعة الضوئية يظهر بوضوح مستويات التشقق من إتجاهين متعامدين تقريباً مما يساعد على التمييز بين معادن الفلسبار و الكوارتز، و من أهم معادن هذه المجموعة الأرتوكليز و البلاجيوكليز، و يمكن أن يخدش عن طريق الكوارتز.

1- ROSELLE M. GIRARD: 1994, Texas Rocks and Minerals: An Amateur's Guide, BUREAU OF ECONOMIC Austin, Texas, Guidebook 6, February 1964, Seventh Printing, September GEOLOGY, The University of Texas p 8.

٢- سعيد سعد محمد بدر : ١٩٩٨ ، الجرانيت كمادة تشكيل فى فن النحت ، رسالة ماجستير ، كلية الفنون الجميلة ، جامعة الإسكندرية ، ص ٢٤ .
3- Heiniö M.: 1999, ROCK EXCAVATION HANDBOOK, Sandvik Tamrock Corp., P 15.

4- Davarcioglu B. : 2011, Spectral characterization of non-clay minerals found in the clays (Central Anatolian-Turkey), International Journal of the Physical Sciences Vol. 6(3), pp. 511-522, 4 February 2011, p 512.

الأرتوكليز Orthoclase:

تركيبه الكيميائي $KAlSi_3O_8$ الألومنيوم و البوتاسيوم و سليكون و الأوكسجين يتراوح لونه بين الأبيض و الرمادي و يكون عادة وردي، قرمزي و أحيانا يميل إلى الإحمرار، و درجة صلابته ٦ بمقياس موه أما الميكروكلين فيكون عادة أخضر اللون توجد معادن الأرتوكليز بكثرة في الجرانيت حيث يمكن أن تشكل أكثر من ٥,٧ في الجرانيت،^(١) و يكون فلبسار الأرتوكليز أكثر انتشارا في الجرانيت من فلبسار البلاجيوكليز الغنى بالصوديوم أو الكالسيوم، ويميل شكل الأرتوكليز إلى الأحادية حيث يكون ذو سطح مستوى أو ذو بلورات منشورية الشكل، ذو مكسر محاري الشكل أو هش.

البلاجيوكليز Plagioclase:

في الجرانيت العادي عادة ما يوجد كمية ثانوية من البلاجيوكليز إلا أن هذا المعدن يختلف في الجرانيت القلوي، الذي تكون معادنه الحديد و مغنيسيوم من أنواع قليلة مثل الأجيرين و الريبكت مما يعطى إجيرين جرانيت أو ريبكت جرانيت، و تركيب البلاجيوكليز الكيميائي $(Ca,Na) AlSi_3O_8$ الألومنيوم، السليكون، الأوكسجين و الصوديوم أو الكالسيوم، و يتراوح لونه في الصخور النارية من اللون الأبيض إلى الرصاصي - ذو بريق زجاجي - درجة صلابته ٦ - ٦,٥ بمقياس موه، و يمكن أن تشكل معادن البلاجيوكليز أكثر من ٥,٧ في الجرانيت، ذو مكسر محاري الشكل أو هش، ذو شكل Triclinic أشكال المنشير الزجاجية نادرة جدا، من المحتمل جدا أن توجد العديد من البلورات التي نمت معا في كتلة.^(٢)

الميكا Mica :

من أهم ما يميز هذا المعدن سهولة انفصاله إلى صفائح و قشور رقيقة و يرجع ذلك إلى طبيعة التركيب فهو يتكون من جزئيات تشكل حلقات سداسية تكون بدورها ألواح رقيقة متماسكة مع بعضها تماسكا وثيقا و يوجد بين تلك الألواح ذرات بوتاسيوم و حيث أن ألواح ذرات البوتاسيوم هذه لم تكن قوية بالدرجة الكافية فإن ألواح الميكا سهلة الانفصال على هيئة قشور رقيقة،^(٣) و تبلغ درجة صلابة الميكا من ٢ - ٣ بمقياس موه،^(٤) وهناك نوعين من الميكا هما الأكثر شيوعا:

الميكا البيضاء ماسكوفيت Muscovite :

التركيب الكيميائي $(OH)_2 (KAl_3Si_3O_{10})$ سليكات مائية للبوتاسيوم (بوتاسيوم - ألومنيوم - سليكون - أكسجين و هيدروجين) لونه أبيض أو عديم اللون يشوبها الإحمرار أو الإصفرار بريقه لؤلؤي و أحيانا زجاجي و أحيانا زجاجي شفاف أو نصف شفاف، و يوجد على هيئة صفائح في الجرانيت، و أحتوائه على المياه يجعله واضح، و ترجع كلمة Muscovite إلى اكتشافه بالقرب من موسكو بروسيا،^(٥) كما تبلغ درجة صلابته من ٢,٥ - ٣ - ٣ بمقياس موه.

١- سعيد سعد محمد بدر : المرجع السابق، ص ٢٤.

2-ROSELLE M. GIRARD:op. cit. , pp 17 – 31-81.

٣- سعيد سعد محمد بدر : المرجع السابق، ص ٢٤.

4 -ROSELLE M. GIRARD: op. cit, pp 29 – 55 - 31.

5 - <http://www.vermontmarbleandgranite.com/granite/granite.htm>

الميكا السوداء بيوتيت Biotite :

التركيب الكيميائي $K(Mg,Fe)_3Si_3O_{10}(OH)_2$ سليكات مائية لليوتاسيوم والألمنيوم والحديد والمغنسيوم بنسبة الميكا البيضاء ولكنه يختلف فى لونه القاتم فهو أسود أو أخضر قاتم اللون فى البلورات، وبنى محمر أو أخضر فى صفائح رقيقة و يوجد كمكون أساسى فى الصخور النارية الجوفية مثل الجرانيت و الجابرو و يوجد بكثرة فى النيس و الشيست، و تبلغ درجة صلابته من ٢,٥ - ٣ - ٢ بمقياس موه^(١)

ب - معادن إضافية:

قد توجد بعض المعادن الإضافية و لكن بنسبة أقل من المعادن السائدة.

الأمفيبول Amphibol $(Ca_2Mg_5) Si_8O_{22}(OH)_2$ و هو من عائلة مائيات الكالسيوم، الصوديوم، المغنسيوم، الحديد و سليكات الألمنيوم التى يكون فيها الهورنبلند عضوا أساسيا، و يتراوح لونه من الأخضر الغامق إلى الأسود و تكون صلابة المعدن من ٥ - ٦ بمقياس موه .

الهورنبلند Hornblende

يوجد قليل من بدلاً من الميكا، و تركيبه الكيميائي $Ca_2Na(MgFe)(Al,Fe,Ti)(Al,Si)_8O_{22}(O_3OH)_2$ هو سليكات مائية للكالسيوم و الألمنيوم و الحديد و المغنسيوم لونه أخضر أو بنى بريقه زجاجى أو لبنى من شفاف لمعتم، صلابته من ٥:٦ يتميز بطول بلورته التى تساوى عدة أضعاف عرضها، بلوراته شبه قصيرة ذو أعمدة سداسية الأوجه يميل شكله إلى الأحادية، ، و مستوى الانشقاق ينقسم إلى مستويين يتقابلا عن زاوية تبلغ ١٢٤ درجة و بالنسبة للمكسر فهو ذو كسور هشّة متفاوتة، و الهورنبلند معدن شائع فى الصخور النارية الأخرى و عندما يحتوى الجرانيت عليه يسمى هورنبلند جرانيت.

و نادراً ما يوجد **الأوجيت Augite** تركيبه الكيميائي $(CaNo)(Mg.Fe.Al)(SiAl_2)O_6$ هو سيليكات كالسيوم و المغنسيوم و الألمنيوم و الحديد لونه يتدرج من البنى إلى الأسود، ذو بريق زجاجى، صلابته ٥:٦ ، و عندما يحتوى على الأوجيت يسمى بيروكسين جرانيت.

المعادن الأساسية يمكن تمييزها بسهولة بالعين المجردة أما المعادن الإضافية المحتمل وجودها (ماجنتيت - الزركون - أباتيت - المنيت - سفين) و يصعب أو يستحيل رؤيتها بالعين المجردة و لكن يمكن تمييزها فى القطاع الرقيق بواسطة الميكروسكوب^(٢).

1 -ROSELLE M. GIRARD: op. cit, pp 33 - 76.

2- *Windows to the Universe*, at <http://windows2universe.org/> from the *National Earth Science Teachers Association (NESTA)*,. © 2012 National Earth Science Teachers Association. *Windows to the Universe®* is a registered trademark of NESTA.

و طبقاً لذلك تقسم الصخور الجرانيتية بصفة عامة إلى أربعة أنواع أساسية بناء على تركيبها المعدني :

١ - الجرانودايورايت **Granodiorite** :

الفلسبار الرئيسي في الجرانودايورايت هو البلاجيوكليز الصودي (أوليجيوكليز إلى أنديزين) ولكنه كثيراً ما يكون متمنطقاً وأحياناً يحاط بغلاف من الفلسبار البوتاسي (أورثوكليز أو ميكروكلين بيرثايت) وينحصر وجوده في المساحات البينية بين بلورات البلاجيوكليز التي عادة ما تكون أحجامها أكبر من أحجام حبيبات الفلسبار البوتاسي. المعدن المافي هو الهورنبلند يليه البيوتيت ولكن بكميات قليلة و المعادن الإضافية هي الأبتايت والسفين وبعض المعادن المعتمه.

و هناك تدرج تام بين الجرانودايورايت والديورايت وقد تم تعريف صخر متوسط بين الإثنين هو الـ tonalite تقريباً لا يحتوي على الفلسبار البوتاسي، و الـ trondjemite هو شبيهه بالتوناليت ولكنه يخلو تقريباً من المعادن المافية ويصبح مكوناً كلياً من بلاجيوكليز (أوليجوكليز) وكوارتز.

٢ - المونزوجرانيت **Monzogranite** :

يحتوي المونزوجرانيت على كل من البلاجيوكليز والفلسبار القلوي بنسبة متساوية تقريباً وفيما عدا ذلك فهو لا يختلف عن الجرانودايورايت.

٣ - السينوجرانيت **Syenogranite** :

هو أكثر الصخور الجرانيتية شيوعاً حيث تتراوح نسبة السيليكا من ٦٧ - ٧٤ % ، و مؤشره اللوني ١٠ أو أقل، و لا تزيد نسبة البلاجيوكليز عن ثلث مجموع الفلسبارات، فالفلسبار القلوي قد يكون هو الفلسبار الوحيد في السينوجرانيت وقد يكون بوتاسياً أو صودياً ولكن الشائع هو خليط من الإثنين يسود فيه الفلسبار البوتاسي و يظهر على هيئة بيرثايت، أما البلاجيوكليز المميز في السينوجرانيت هو الأوليجوكليز، الكوارتز يوجد على شكل حبيبات عديمة الأوجه وتحمل الفراغات البينية بين بلورات الفلسبار ويتميز بإحتوائه على مكثفات كثيرة على هيئة أبريه أو على شكل ذرات ترابيه دقيقه جداً^(١).

المعدن المافي الشائع هو البيوتيت البني ذو التغير الشديد، و يحتوي دائماً على مكثفات دقيقة من المعادن الإضافية وتحاط بعض المكثفات بهالات ذات تغير لوني شديد وتسمى pleochroic haloes ويعزى وجودها إلى النشاط الأشعاعي لبعض المكثفات مثل الزيركون والسفين.

الهورنبلند يلي البيوتيت خاصة عند زيادة نسبة البلاجيوكليز، و تتكون المعادن الإضافية من الزيركون والسفين والأبتايت، و في بعض نوعيات السينوجرانيت يأخذ المسكوفيت محل المعادن المافية الأخرى مصاحباً للبيوتيت أو بدونه، و يدل ظهور المسكوفيت على أن الصهار كان فوق مشبعاً بالألمونيا خاصة إذا صاحب المسكوفيت بعض المعادن الألمونية الأخرى مثل الجارنت garnet ،الماندين أو سبستراتايت.

1- *Windows to the Universe*, at <http://windows2universe.org/> from the National Earth Science Teachers Association (NESTA)., © 2012 National Earth Science Teachers Association. *Windows to the Universe*® is a registered trademark of NESTA.

- تنعكس ظروف الضغط والحرارة التي يتبلور عندها الصهير الجرانيتي في نوعية الفلسبارات التي توجد فيه ومن هذه الناحية يمكن تمييز الجرانيت إلى نوعين:

أ- جرانيت هايبرسولفوس الـ **Hypersolvus**:

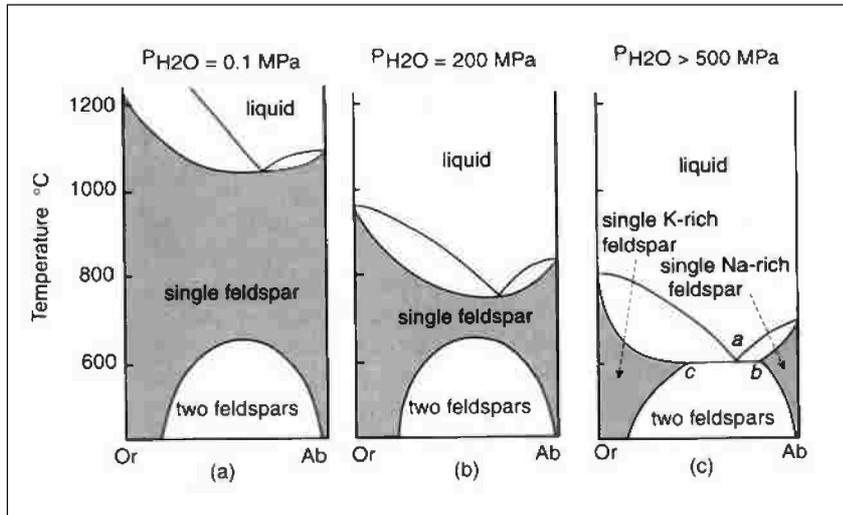
يمثل جرانيت الـ **Hypersolvus** ظروف جافة (ضحلة) بالنسبة لأصله، كما يحتوى جرانيت الـ **Hypersolvus** على فلسبار أحادي الذى يحتوى على صفائح **exsolution** للمرحلة الصغرى (البيرثيت **perthite** أو الأنتى بيرثيت **anti perthite** اعتمادا على تركيب السائل الأولى) (شكل رقم ٤٠).

ب- جرانيت سب سولفوس الـ **subsolvus**:

يمثل جرانيت الـ **subsolvus** الأصول الرطبة (العميقة)، كما يحتوى جرانيت الـ **subsolvus** على كلامن فينوكريستات الـ **k-spar** و البلاجيوكلينز (شكل رقم ٤٠).

٤ - الجرانيت القلوي **Alkali granite** :

أهم ما يميز الجرانيت القلوي وفوق القلوي هو معادنه المافية و هي الايجيرين و الزبيبيكات كما يتميز بإحتوائه على كمية كبيرة من الفلسبار القلوي^(١).



(الشكل : ٤٠) وصف لظروف تشكيل جرانيت الـ **Hypersolvus** و جرانيت **subsolvus** .

الشكل a يظهر نظام "الجفاف" pH_2O منخفض حيث مرحلة تكوين الفلسبار الأحادي فى السائل، هذا إذا كان تكوين السائل الأولي (وبالتالى الفلسبار) فى حدود الفلسباريين (أثنين من الفلسبار)، سيحدث إعادة الحل **resolution** عندما تصل درجة حرارة النظام إلى الـ **solvus**، سوف ينتج هذا أما البيرثيت **perthite** أو الأنتى بيرثيت **anti perthite** معتمد على تركيب الفلسبار - الشكل رقم b ينتج بشكل أساسى نفس التأثيرات كالشكل a، إلا إذا كانت درجة الحرارة الأولية للتبلور أقل و الحد الحرارى الأدنى قد تحول قليلا- الشكل c قد أنخفض الخط المائل إلى النقطة حيث يكون فى إتصال مباشر مع الـ **solvus**، فى هذه الحالة السوائل ذو التركيب فيما بين b و c الموجودة فى الشكل سوف تبلور أثنين من مراحل الفلسبار، الـ **K-spar** و البلاجيوكلينز. التركيب خارج هذا الرتب سوف يكون لديها فلسبار أحادي الذى سوف **exsolved** فى المرحلة الصغرى إذا كان تركيب السائل الأصلي ما بين حدود الـ **solvus** .

و تصنف الصخور الجرانيتية فى مصر بشكل عام فى مجموعات رئيسية من الجرانيت الكبير old granite و الجرانيت الصغير young granite ، و يتميز الجرانيت الكبير بزيادة محتوى البلاجيوكليز عن الفلسبارات البوتاسية، كما أنه متوسط إلى خشن الحبيبات ذو ألوان رمادية تتكون من البلاجيوكليز ، الكوارتز و الفلسبارات البوتاسية، و قيم جميع العناصر الأرضية النادرة (REEs) فى الجرانيت الكبير أعلى من الجرانيت الصغير. أما الجرانيت الصغير ذو لون وردي إلى أحمر و حجم الحبيبات متوسط إلى خشن ، و يتكون أساساً من الفلسبارات البوتاسية، الكوارتز و وسط إلى البلاجيوكليز الصودي.

المعادن المافية هى فى الغالب بيوتيت و إلى حد أقل ظهوراً مسكوفيت ، أكاسيد الحديد على شكل بقع للهيماتيت و اليمونيت. مثال لذلك منطقة أسوان حيث نلاحظ الجرانيت الكبير فى وادى العلاقى و جبل إبراهيم باشا، أما الجرانيت الصغير فنجده فى الشلال و جزيرة سهلا Sehyel^(١) .

٢ - النسيج Texture :

تستعمل كلمة نسيج لوصف الحجم النسبى لبلورات المعادن المكونة للصخر ووصف العلاقات الشكلية و الهندسية و التنظيمات المتبادلة بين هذه البلورات وبعضها، و يعتبر أيضاً دلالة لدرجة تبلور الحبيبات و شكلها و نسبة المواد المتبلورة إلى المواد الزجاجية، و يختلف حجم الحبيبات المعدنية و درجة توزيعها فى الصخر باختلاف سرعة تبريد الصهارة و درجة سيولتها، فكلما كان تصلب الصهارة بطيئاً كلما زاد حجم الحبيبات المعدنية و أنتظم توزيعها و تعرف مثل هذه الصخور بالصخور المتداخلة و من أكثر الأمثلة أنتشاراً صخور الجرانيت و الديوريت و نظراً لأن هذا النوع من الصخور قد برد تحت غطاء سميك من الصخور المحيطة بها لذلك فإن تبريدها تم ببطء مما يساعد على نمو بلورات المعادن المكونة لها حتى تصل إلى حجم كبير نسبياً و يتضح ذلك عند فحص نسيج سطح الجرانيت حيث يمكن بالعين المجردة تمييز بلورات الكوارتز و الأرتوكليز و الميكا و نظراً لضيق الحيز الذى تتكون فيه البلورات فى الصخور النارية المتداخلة فإنها تتداخل مع بعضها البعض و لذلك يندر وجود بلورات منفصلة للمعدن الواحد فى هذه الصخور.^(٢)

و للوصف الدقيق للنسيج يستلزم معرفة الآتى:

أ- التبلور (درجة التبلور) crystallinity :

و هى نسبة المادة المتبلورة إلى غير المتبلورة فى الصخر (فالتبريد البطيء و اللزوجة المنخفضة يساعد على تكوين البلورات - أما التبريد السريع و اللزوجة المرتفعة يساعد على تكوين الزجاج).

1- El-Taher A.: 2006, RARE EARTH ELEMENTS IN EGYPTIAN GRANITE BY INSTRUMENTAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, Proceedings of the 2nd Environmental Physics Conference, 18-22 Feb. 2006, Alexandria, Egypt, pp 134,135,139.

٢- سعيد سعد محمد بدر : المرجع السابق، ص ٢٧.

ب - التحبب Granularity:

تتوقف درجة حجم البلورات على معدل سرعة التبريد و لزوجة الصهير، و درجة التحبيب فى الجرانيت تنقسم إلى نسيج شديد الخشونة (بجماتي) يكون عادة أكثر من ١٠ مم، نسيج خشن الحبيبات يتميز بأن بلورات المعادن الكونة له خشنة و منتظمة التوزيع فى فراغ التركيب الشبكي للبلورات النامية و يمكن تميزها بالعين المجردة فى العينة الصخرية، و قطر الحبيبات المعدنية فى هذا النسيج عادة أكبر من ٥ مم (من ٥ - ١٠ مم) ، نسيج متوسط الحبيبات عندما يتراوح قطر البلورات من ١:٥ مم ، و نسيج دقيق الحبيبات يتميز بأن حبيبات المعادن المكونة للصخر فيه يقل حجمها عن ١ مم .

ج - أشكال البلورات Crystal Shapes:

يتوقف نسيج الصخر على أشكال البلورات و أحجامها النسبية و ترتيبها فمن البلورات ماهى مكتملة الأوجه و منها ما هى عديمة أو ناقصة الأوجه و منها ماهى متساوية الأبعاد أو مسطحة أو منشورية و غير منتظمة بحسب ظروف الماء.

د - العلاقات المتبادلة للبلورات بينها و بين بعضها أو بين المادة الغير متبلورة:

هذه تعطى أنسجة متساوية التحبب أو غير متساوية و أنسجة بورفيرية و جرانوفيرية و ميروميكيتية ... الخ (شكل ٤١) و (لوحة رقم ٤٩) ، و فيما يلى وصف لبعض أنواع الأنسجة التى تميز صخور الجرانيت :

- النسيج الجرانيتويدي:

هو النسيج الشائع فى كل الصخور الجرانيتية و هو نسيج ذو حبيبات خشنة أو متوسطة ناقصة الأوجه أو عديمة الأوجه hypidiomorphic أو alltriomorphic granular حيث توجد الحبيبات متراسة دون نظام معين، كما تشيع بعض أنواع الأنسجة الخاصة فى الصخور الجرانيتية منها:

- النسيج البورفيرى Phyric or Porphyritic Texture :

توجد البلورات الكبيرة أو البلورات الظاهرة phenocrysts محاطة فى أرضية ground mass أقل منها فى خشونة بلوراتها و أحيانا ما تكون أرضية الصخر مجهرية التبلور و تكون حبيبية فيعرف الأخير بالنسيج البورفيرى الحبيبي (صورة ٤٨ ب - ج) ، (شكل رقم ٤١) و (لوحة ٤٩ أ - ب) ، و النسيج البورفيرى الذى يتميز به الجرانيت عن باقى الصخور النارية يدل على أن الجرانيت تجمد على مرحلتين الأولى ببطئ فى ظروف معينة فتكون البلورات الكبيرة أثناء وجود الصهير فى الأعماق حيث الضغط العالى و التبريد البطيء يساعدان على تكوين مثل هذه البلورات الكبيرة.

المرحلة الثانية عندما ينتقل الصهير فجأة بما يحمله من بلورات إلى مستوى أعلى فى القشرة الأرضية إذ يتضائل الضغط و ما يتبعه من فقدان للمكونات الطيارة و إزدىاد فى اللزوجة و إرتفاع معدل سرعة التبريد، فإن ذلك يؤدى إلى تكوين أعداد كبيرة من البلورات دقيقة التبلور أو من المواد الزجاجية فى أرضية البلورات الظاهرة التى تكونت مبكرا، و لهذا يتكون النسيج البورفيرى. ^(١)

ينقسم الرأي من حيث نشأة هذه البلورات البورفيريه هل كلها بلورات ناريه phenocrysts أو بعضها بلورات تحولية porphyroblast، وغالباً ما تكون هذه البلورات الكبيرة جداً من الفلسبار البوتاسي.^(١)

- النسيج الجرانوفيري Granophyric Texture :

وفيرة في جميع أنحاء الجرانيت النمو التداخلي بين الـ k فلسبار و بين الكوارتز الصغير و الذى أطلق عليه جرانوروفيك، و مصطلح granophyric (micrographic) غير محدد و دائماً ما يطبق على جميع النوات التداخلية الرفيعة بين الكوارتز و الـ k فلسبار، كما أشير إلى كوارتز النوات التداخلية الجرانوفية بأسم cuneiform المسماى، شكل ورقة الشجر، شكل الزهرة، بلورة الصقيع، أو ريشى الشكل، سميت أيضاً النوات التداخلية حيث يكون الكوارتز vermicular بالجرانوفيري.^(٢)

- النسيج الميرميكتي Myrmekitic Texture :

يكون نتيجة النمو المزدوج بين الكوارتز و البلاجيو كليز في أشكال رقيقة و يظهر الكوارتز على هيئة دوائر و نقطاً و أشكال دودية داخل الفلسبار، وهذا النسيج يميز الجرانيت و الجرانوديوريت و ينشأ هذا النسيج بنمو البلاجيوكليز على حساب الفلسبار البوتاسي الملاصق له، و ينتج عن هذا التفاعل إنطلاق كمية من السيليكات و البوتاسيوم و تظهر السيليكات داخل البلاجيوكليز حيث التكوين على هيئة أصابع رقيقة لها خاصية التسلسل الضوئى بينما يساهم البوتاسيوم المطلق في تكوين معادن الميكا مثل صفائح الماسكوفيت أو البيوتيت و التى عادة ما توجد بالقرب من مكان تواجد النسيج الميرميكتي و يحتمل أن يكون هذا النمو ناتج من معظم الحالات عن تحويل حرارى تحت ضغط ثابت^(٣)، فيعتقد أن غالبية هذا النسيج ينشأ نتيجة التغيرات التي تحدث بعد التبلور Dueteric alterations.^(٤)

- النسيج الكروي Orbicular Texture :

يتكون من أجسام كروية مرتبة ففى الأنواع المركزية اللون فاتح و يتدرج إلى اللون الغامق من الخارج، و تتكون هذه الكرات حول نواه، و هذا النسيج يميز الصخور الجوفية و خاصة الجرانيت و الدايوريت.

- النسيج الجرافيكى Graphic Texture :

النسيج الناتج يكون نتيجة لنمو الكوارتز و الفلسبار فى وقت واحد بقوة حركية مدفوع فى وضع غير متوازن، و يسمى جرافيكى لأنه يشبه الكتابة على الصخر حيث تترتب بلورات الكوارتز كما لو كانت نوع معين من الكتابة، فهو نمو مشترك بين الكوارتز والأورثوكليز أو الميكروكلين و يوجد فى أحجام مجهرية أو كبيرة تظهر بوضوح فى العينات اليدوية،

1-Mackenzie W.S., Donaldson C.H., Guilford C.: op.cit, pp3, 9, 31.

2-D.Shelley, ph.D., F.G.S., The Significance of granophyric & myrmekitic textures in the Lundy Granites, department of Geology, University of Liverpool, January 1966, p679.

٣- سعيد سعد محمد بدر : المرجع السابق، ص ٣٠.

4-Härmäa P. and Olavi Selonenb : 2008, Surface weathering of rapakivi granite outcrops , implications for natural stone exploration and quality evaluation, Estonian Journal of Earth Sciences, pp 57, 3, 135, 138.

و يميز هذا النسيج بصفة خاصة الصخور التي تنشأ في المراحل النهائية في التداخلات المافية الطباقية ويسمى الصخر الجرانيتي الذي يسود فيه هذا النسيج جرانوفى (granophyre)^(١).

- النسيج الرابكيفى Rapikivi Texture :

هو نسيج بروفيري تحاط فيه بلورات الفلسبار البوتاسى بغلاف من البلاجيوكليز الصودي و الألبيت حيث يتكون من الفلسبار البوتاسى الدائرى، بعضها محاط بالبلاجيوكليز الصودي و البعض غير محاط، و البلاجيوكليز لونه مخضر غامق و متباين مع الأحمر لون الفلسبار، و جيلين من الكوارتز و الفلسبار (صورة رقم ٤٨ أ) و (شكل رقم ٤١)^(٢).

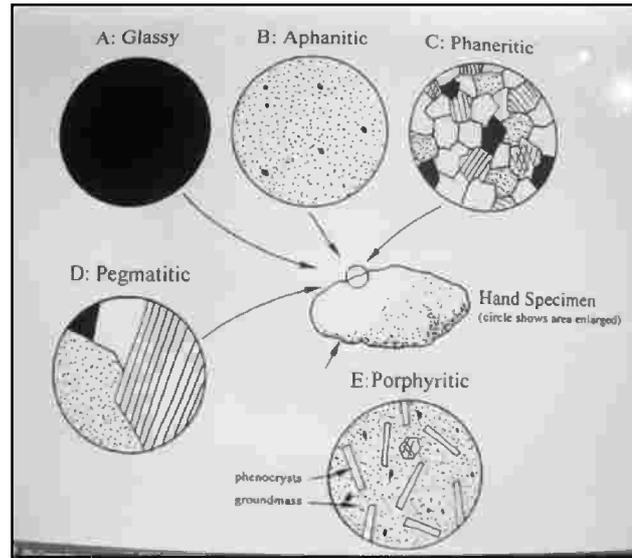


(صورة: ٤٨) يوضح الثلاث أنواع الرئيسية للجرانيت أسوان الأثرى syenite

أ- الجرانيت الوردي الباهت الحبيبي الشديد الخشونة ذو النسيج الرابكيفى: بروفيرى بفينوكريستات فلسبار، دائماً يظهر تحديات مع الـ k فلسبار الباهت معقودة مع الفلسبار الصودي الأبيض.

ب- الجرانيت ذو النسيج البروفيرى الشديد الورقية.

ج- الجرانيت ذو النسيج البروفيرى الضعيف الورقية بفينوكريستات الـ k فلسبار الحمراء. نقلاً عن: Siddall R.

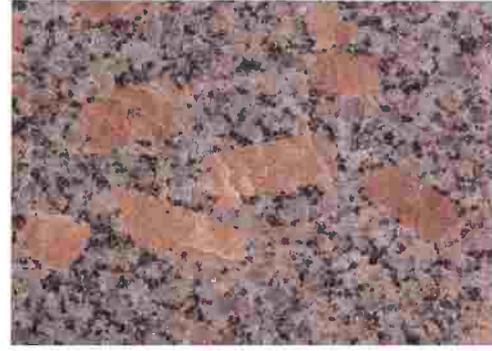
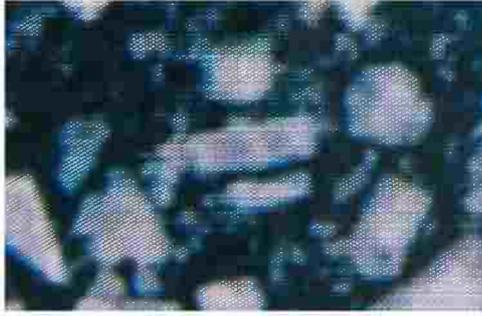


(شكل : ٤١) يوضح أنواع الأنسجة المختلفة للأحجار حيث نلاحظ من ضمنها النسيج البروفيرى E و نرى الأسهم تشير إلى الفينوكريستات و الـ groundmass.

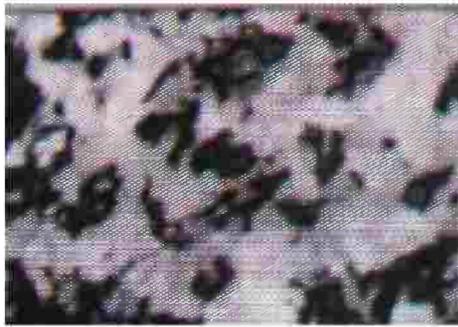
1-PHILIP, M. FENN: 1986, On the origin of graphic granite, American Mineralogist, Volume 71, pages 325-330.

2- Härmä P. and Olavi Selonen: op. cit., pp 57, 3, 135.

3-Siddall R. : 2013, Geology in the British Museum: The monumental stones of the Eastern Desert, UCL Earth Sciences, pp 8,9 .



(صورة: ٤٩ أ) توضح الفينوكريستات و الـ groundmass. (صورة: ٤٩ ب) توضح النسيج الـ porphyritic



(صورة: ٤٩ ج) توضح النسيج الـ phaneritic



(صورة: ٤٩ و) توضح النسيج الـ Aphanitic

(صورة: ٤٩ د) توضح النسيج الـ pegmatitic

(لوحة : ٤٩) توضح أنواع الأنسجة المختلفة للأحجار حيث نلاحظ أ- الفينوكريستات و الـ groundmass، ب- النسيج البروفيري، ج- النسيج الـ phaneritic، د- النسيج الـ pegmatitic، و- النسيج الـ Aphanitic.

نقلاً عن: Harold E. Andrews

٣ - اللون Color :

ما يحدد لون الجرانيت هو لون ونوع الفلسبار و الأرتوكليز و البلاجيوكليز الداخل في تكوينه الذى يوجد بالصهارة لذلك فالجرانيت يمكن أن يكون ذا ألوان كثيرة و تختلف وتعدد الألوان فى النوع الواحد، و كذلك الأختلاف اللونى من نوع لأخر، و التباين الواضح بين ألوان المعادن المكونة له تبعاً لنسب توزيعها، فالصقل و التلميع أو ترك ملامس الأدوات المستخدمة فى النحت و تغير و تنوع هذه الملامس يصحبه تغير فى درجة اللون مما لاشك أنه قد أعطى سمي تعبيرية خاصة للفن المصرى^(١).

٤ - المسامية Porosity :

تقدر مسامية المادة بنسبة وزن الفراغات الموجودة بين حبيبات المادة إلى وزن المادة نفسها ، معبراً عنها بالنسبة المئوية، كما تختلف الصخور و الأحجار فيما بينها فى درجة المسامية إذ تصل درجة المسامية إلى قسم عالية فى الصخور الرسوبية ، بينما تصل درجة المسامية فى الصخور النارية و المتحولة إلى الحد الأدنى، حيث تتميز بتداخل مكوناتها المعدنية، و صخر الجرانيت موضوع الدراسة يمثل صخوراً نارياً قليل المسامية تبلغ مساميته ما بين ٠,٣ إلى ١,٥ .

٥ - الكثافة و الثقل النوعى Density & Specific Gravity :

هى كتلة المادة فى وحدة الحجم و تقدر بالجرام فى السنتيمتر المكعب (Gm^3 / Gm^3) ، أما الثقل النوعى فهو النسبة بين كثافة المادة و كثافة الماء، و تعتمد كثافة المادة بصفة أساسية على تركيبها الكيميائى و البلورى، و تتغير كثافة المادة الواحدة بتغير درجة الحرارة و الضغط لما يحدثان من تمدد و إنكماش فى الوحدة البنائية للمادة، و تكون قيمة كثافة المادة ثابتة عند ثبوت درجة الحرارة و الضغط، و تبلغ كثافة الجرانيت الكلية من ٢,٥ - ٢,٨ جرام / سم^٣.

٦ - النفاذية أو الخاصية الشعيرية Permeability or Capillarity :

تعتمد نفاذية المواد للمحالييل على كثير من العوامل الهامة مثل المسامية و حجم و شكل الحبيبات المكونة للأحجار و السطح النوعى للحبيبات و الشد السطحى للمحالييل و درجة لزوجتها، و تعد النفاذية من الخواص الهامة التى يجب معرفتها و تقدير قيمتها قبل إجراء عمليات التقوية، سواء بأسلوب الحقن العادى أو الحقن تحت الضغط أو بأسلوب الإسقاء، و تعين قيمة نفاذية مواد البناء للمحالييل (الخاصية الشعيرية) عن طريق قياس سرعة نفاذ المحالييل فى كتلة المواد فى الإتجاهين الرأسى و الأفقى، و تحسب على أساس المسافة التى تقطعها المحالييل نعيم عنها بالسنتيمتر فى وحدة الزمن و هى الدقيقة (cm / minute)^(٢).

١- سعيد سعد محمد بدر : المرجع السابق، ص ٣٢ .

٢- محمد عبد الهادى محمد: دراسة علمية فى ترميم و صيانة الآثار الغير عضوية، ص ص ٨٧ ، ٨٨ .

ثانياً: الخواص الميكانيكية:

١ - مقاومة الضغط Compressive Strength^(١):

تعرف قوة تحمل الصخر للضغط على أنها إجهادات الضغط اللازمة لكسر عينة منه تحت تأثير قوة ضغط محورية بشرط عدم تعرض جوانب العينة لأى نوع من القوى. كما تتوقف خاصية مقاومة الضغط على التركيب المعدنى للجرانيت و ايضا المادة الرابطة للمكونات المعدنية فالمواد السيليكاتية تؤدي إلى زيادة فى مقاومة الضغط ، كما أن حجم حبيبات الجرانيت له دور أيضا فكلما ازدادت حجم الحبيبات دقة كلما كانت قدرة الصخور أقوى على تحمل الضغط الواقع عليها. و كلما كان الترابط بين البلورات قوى كلما زادت قوى تحمل الجرانيت للضغوط و كذلك نوع المادة الرابطة للحبيبات و اتجاه القوى المؤثرة و درجة تشبع الصخر بالرطوبة.

لذلك فإن الجرانيت ذو النسيج دقيق الحبيبات يتحمل قوى ضغط كما أنه أصلد من الجرانيت الخشن الحبيبات. و الجرانيت يتحمل قوة ضغط ٢٠٠ كجم/سم^٢ و هو ذات مقاومة عالية للضغط و لذا فقد إستخدم فى العصر الفرعونى و كذلك البطلمى و الرومانى فى بناء المعابد و إنشاء الأعمدة التى تحمل أعتاب ضخمة وإنشاء المسلات كما أستخدم الجرانيت فى صنع التماثيل الضخمة خاصة الجرانيت الوردى الخشن ذو الحبيبات الدقيقة المعروف بسلاسة عند إستخدامه فى نحت التماثيل و الأعمدة، و غير ذلك من الإستخدامات التى تناسب طبيعة تكوينه مما أثبت بالفعل قدرة الجرانيت الفائقة على تحمل الضغوط و قوة إحتكاك عالية^(٢).

٢ - مقاومة الشد Tensile Strength:

تعتبر قوة تحمل الصخر للشد ضعيفة جداً إذا ما قورنت بقوة تحملها لإجهادات الضغط فبينما تستطيع الصخور الجرانيتية أن تتحمل أجهادات ضغط تزيد عن ٢٠٠ كجم/سم^٢ ، فإن قوة تحمل^(٣) الجرانيت للشد لا تتجاوز ٤/١ من قوة تحمله للضغط فإنها تنهار إذا تعرضت لإجهادات شد تقل عن ٧٠ كجم / سم^٢ ، لذلك فإن الجرانيت بأنواعه له قوة شد عالية أكثر من غيره من الأحجار نتيجة لصلابة مكوناته المعدنية، فمن العوامل المؤثرة على مقاومة الشد و الضغط درجة الحرارة و الرطوبة و المسامية^(٤).

١ - سعيد سعد محمد بدر : المرجع السابق، ص ٣٢ ، ٤٣ ، ٤٤ .

٢ - إبراهيم عبيدو : ١٩٩٥ ، الجيولوجيا الهندسية و الخرائط الجيولوجية ، دار المعارف، الإسكندرية، ص ٨٥ ، ٨٦ .

3- Graça Vasconcelos¹, Paulo B. Lourenço², C.S.A. Alves³ and J. Pamplona³: 2007, ULTRASONIC PULSE PREDICTION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF GRANITES BY VELOCITY AND SCHMIDT HAMMER HARDNESS, North American Masonry Conference , June 3-5, 2007, USA, p 982.

٤ - فخري موسى نخلة ، محب الدين حسين وسيد علي صالح: ١٩٧٠ ، (التركيب والخرائط الجيولوجية). دار المعارف بمصر، ص ١٠٦ .

٣- قوة تحمل الصخور للقص Shear Streight :

يبلغ قوة تحمل أجهد القص للجرانيت ١٤٠ - ٥٠٠ كجم/سم^٢.^(١)

٤ - الصلادة Hardness :

تعرف صلادة المادة بأنها خاصية مقاومة المادة للخدش، و تختلف المواد فيما بينها إختلافاً بينا في الصلابة بإختلاف مكوناتها و بإختلاف المواد الرابطة لهذه المكونات، و تفيده معرفة صلادة المادة ليس فقط في التعرف عليها، ولكنها تقي أيضاً عند ترميمها، خاصة في عمليات الترميم التي تتطلب استخدام أسياخ رابطة و عند استخدام مواد لاصقة، إذ من الضروري أن تتناسب صلادة المادة اللاصقة مع صلادة المواد المراد لصقها، و إلا حدث إنفصام بينهما عند تعرضهما لضغوط خارجية، و تبلغ صلادة الجرانيت من ٦:٧ بمقياس موه .

ثالثاً : الخواص الحرارية

١- التوصيل الحراري:

لقد ذكر Roberston ما للكوارتز من نسبة عالية في التوصيل الحراري حيث يبلغ ١٨ cm /Mcal، و تزداد النسبة بدرجة كبيرة في الأحجار الجرانيتية التي تحتوى على نسبة عالية من الكوارتز في تركيبها المعدني،^(٢) و طبقاً لـ (Clark , 1996) فحجم الكوارتز يتمدد ثلاثة أضعاف الأورثوكليز أو الألبيت إذا وصلت الحرارة من ١٠ إلى ١٠٠ درجة مئوية.^(٣)

بالرغم أن الجرانيت من الأحجار الرديئة التوصيل الحراري إلا أنه في حالة الآثار الثابتة و المعرضة للشمس بصورة مباشرة فإن السطوح الخارجية تحتزن الطاقة الحرارية الكبيرة التي لا تلبث أن تنقلها إلى الداخل و تحدث التشققات المختلفة، حيث يرى Roberston أن التوصيل الحراري في المعادن يكون أكبر من الصخر بحوالى ٢٠ إلى ٥٠ مرة، لذلك ليس من المهم معرفة ما إذا كان الصخر موصل للحرارة أم لا، لأن التلف الحراري الذي يلحق بالصخر يرجع إلى مدى تأثير كل معدن من معادن الصخر بدرجة الحرارة على حدى و هو ما يعرف بالتمدد الحراري لصخر الجرانيت ٤-٨ × ١٠^{-٣} / سم / ث / م^٥.

٢- التمدد الحراري Thermal expansion :

نوع آخر من الإجهاد ينشأ داخل بعض أنواع الحجر التي تتألف من بلورات كبيرة مثل الجرانيت حيث يخضع الحجر لضغط تدريجي في بنيته نتيجة لتعرضه لدورات حرارية لأن البلورات يكون لها سلوك حراري متباين الخواص و شاذ، حيث تتمدد البلورات بالحرارة في إتجاه واحد (عادة ما يكون المحور الرئيسي)، و في نفس الوقت تنكمش البلورات على طول المحاور الأخرى (عادة عمودية للمحور الرئيسي)، و النتيجة هي انفصال تدريجي لبعض البلورات و أنشقاق البلورات الأخرى، زيادة المسامية و فقدان التماسك أو الترابط.^(٤)

١- فخري موسى نخلة، محب الدين حسين وسيد علي صالح،(التراكيب والخواص الجيولوجية). دار المعارف بمصر، ١٩٧٠، ص ١٠٦.

2-Robertson,E.C.; 1995, Physical Properties of Building Stone, Eugene C; U.S.G Ecological Survey, Virginia, 1995, 71-74.

3- ELSIE ALKIN BEGLE,B.,A. : August 1978,The Weathering of Granite , LLANO REGION CENTRAL TEXAS, Master of Arts, The University of Texas at Austin, p 33, 34.

4-Robertson,E.C.; op. cit, pp 71-74.

كما أن حجر الجرانيت من الصخور التى تتكون من عدة معادن، و لكل معدن من هذه المعادن درجة تمدد مختلفة عن الأخر و بالتالى فإن إختلاف درجات الحرارة على مدار اليوم بين الليل و النهار يؤدي إلى تكرار دورات التمدد و الأنكماش لمكونات الحجر بدرجة متفاوتة خاصة الأسطح الخارجية مما يؤدي إلى حدوث عملية التقشر و الأنشقاق أو الأنفصال لحبيباته فى صورة طبقات، مما يحدث تشوه للبلورات المعدنية المكونة للحجر و التى غالبا لا تعود إلى قيمها الأصلية عند الأنكماش و قد سجل الكوارتز الحد الأدنى للتمدد.^(١)

٣- مقاومة الحريق:

تعتبر الأحجار ذو مقاومة عالية للحريق و يرجع ذلك للتحلل و التكسر الكيميائى الذى يحدث فى بنية الحجر كما ينتج عن الفرق بين التمدد الحجمى للحبيبات المعدنية المكونة للحجر مما يسبب إجهادات تؤدي إلى ضغوط كبيرة تنتهى بالانشقاقات و الأنهيارات التى تحدث لبنية الحجر بالإضافة إلى الأسوداد و التمزق و التأكسد و عملية الأسوداد التى تنتج من ترسيب المواد الكربونية و القطرانية.^(٢)

1 –Torraça G.: 2009, Lectures on Materials Science for Architectural Conservation, Deterioration of Porous Building Materials, The Getty Conservation Institute Los Angeles, p 75.

2-Winkler, E.M.: 1973, Stone Properties, Durability in Man's Environment, New York: Springer-Verlag, p 33.

ميكانيكية التجوية

هناك أنماط و نماذج واضحة مختلفة للتجوية، مثل التلون ، الرقائق أو القشور flakes ، التقشر السطحي scaling و Contour-Scaling فى المستوى الأوسط و المستوى الكلى meso & macro- scale و هو التلف المرئى بالعين المجردة، و يمكن أن يكون تلف غير مرئى و يوصف بتجوية مقياس النانو nano-scale و المقياس الصغير micro scale (جدول رقم ١) .^(١)

(جدول: ١) يوضح مقاييس تلف الأحجار

المقاييس Scales	المعايير Parameters	الفحوص Investigation	العلوم المشاركة Involved Sciences
التلف الغير مرئى Non-visible deterioration	تغير خواص الحجر	التحاليل المعملية	علوم الجيولوجيا، علوم المواد، الكيمياء، الفيزياء، الميكروبيولوجى، علوم البيئة.
التلف المرئى Visible deterioration	الفقد لجزء كبير، micromorphology		
	ظاهرة التلف	الفحص فى الموقع	
	الاستقرار الهيكلى، المظهر الجمالى		الهندسة الإنشائية، الهندسة المعمارية.
	Macroscale البنية أو الأثر بأكمله		

نقلًا عن: Fitzner B. and Heinrichs K.

أن عمليات التجوية للفلسبار و البيوتيت تنشأ فى خطوتين أساسيتين و تؤدي إلى تغير السيليكات الأولية إلى طينات، كما تشمل أيضا التميؤ hydration و التأكسد المتقدم لأيون الحديدوز .
فى البداية، يتجوى الفلسبار كطبقة بلا شكل (غير متبلورة) amorphous رفيعة تعرف بأسم smectite خلال أحلال K^+ ، Na^+ أو Ca_2 بـ H^+ .
فى المرحلة التالية، smectite ، يكون بالتالى عرضة للتميؤ أو الترطيب hydration (و بالتالى فقد للسليكا) مكوناً الكاولين.

كما يذكر (Folk 1974) أن هناك ثلاثة أنواع لتجوية الفلسبار الأولى الكولنة Kaeolinization حيث تنشأ رقائق الكاولين متناثرة حول بلورة الفلسبار، الثانية الـ Sericitization حيث رقائق صغيرة من الميكا يفترض أن تكون illite^(١)

1- Fitzner B. and Heinrichs K., "Damage diagnosis on stone monuments – weathering forms, damage categories and damage indices", Working group "Natural stones and weathering", Geological Institute, Aachen University of Technology, Germany, p 35.

2 -ELSIE ALKIN BEGLE, B.A. : op. cit., pp 63, 97, 98.

أو مسكوفيت حبيبي رقيق يتشكل مع الفلسبار ، الثالثة الـ Vacuolization حيث تطور ملاء تجمعات السوائل أو فقاعات الغاز.

كما أن تجوية البيوتيت تنشأ في مرحلتين :

المرحلة الأولى: هي فقد الـ K^+ و تأكسد الـ Fe_2 ، فأرتشاح الـ K^+ يفتح منطقة الطبقة البينية الداخلية في سطح الحجر، و المغنسيوم Mg الذى يرتشح على الأرجح من الأجزاء الأكثر تجوية من البيوتيت المجاور، تدخل معاً جنباً إلى جنب مع جزيئات الماء الضعيفة التعلق، و تمدد الطبقة الداخلية لتشكل الـ vermiculite (شكل رقم ٤٢) .^(١)

في المرحلة الثانية: يرتشح الـ Si و الـ Mg المغنسيوم من الـ Vermiculite لينتجوا المعادن المائية hydrous ، الكاولين و الـ geothite .

أن تجوية البيوتيت معقدة جداً و تؤدي إلى التجوية الكروية Spheroidal weathering للصخور الجرانيتية، و هناك خمس ملامح ميكرومورفولوجية للبيوتيت فى مقياس النانو و كل ملامح مقسم لأربع درجات من التجوية، حيث يجوى البيوتيت إلى الـ Vermiculite - الـ smecite - الـ kaolinite و الأوكسيهيدرات oxhydrates .

- كما يتجوى البيوتيت إلى بلورات متناهية الصغر من الكاولين عمودياً إلى صفائح البيوتيت biotite lamellae و البيوتيت المتبقى يتجوى إلى الكوالين البلورى الكبير macro crystalline kaolinite .

- مركبات التيتانيوم Titanium تنشأ كبلورات sagenite بين صفائح الكاولين كما يفعل أوكسيهيدرات الحديد iron oxhydrates .

- يمكن للبيوتيت أن يتجوى لطبقات منتظمة من الكاولين و بعد ذلك إلى autochtonous gibbsite .

- بينما أنفصال صفائح البيوتيت يمكن أن ينتج مسام مليئة بالـ autochtonous gibbsite .

- يمكن للـ iron oxhydrates أن يشكل طبقات متوازية للأنشاقات و تحفظ حتى بعد التحول الكامل للبيوتيت إلى Gibbsite .

- يمكن لرقائق الكاولين أن توجد داخل صفائح الحديد iron lamellae لأنها محمية، و هناك مثال لأحد الأعمدة بجامع

ترابنة تظهر به بوضوح عملية تحول معادن الفلسبار إلى معادن طينية (صورة رقم ٥٠) .

(شكل رقم ٤٣) يوضح بايجاز نتائج تجوية معادن الفلسبارات للصخور الجرانيتية كما يلي:

k- feldspar + مع مياه محدودة (فقد بعض البوتاس potash) — الإليت illite .

الإليت illite + مع مياه زائدة (فقد كل البوتاس potash) — الكاولين kaolinite .

k- feldspar + مع مياه زائدة (فقد كل البوتاس potash) — الإليت illite .

البلاجيوكليز Plagioclase + مع مياه محدودة (يكتسب بعض البوتاس potash) — الإليت illite .

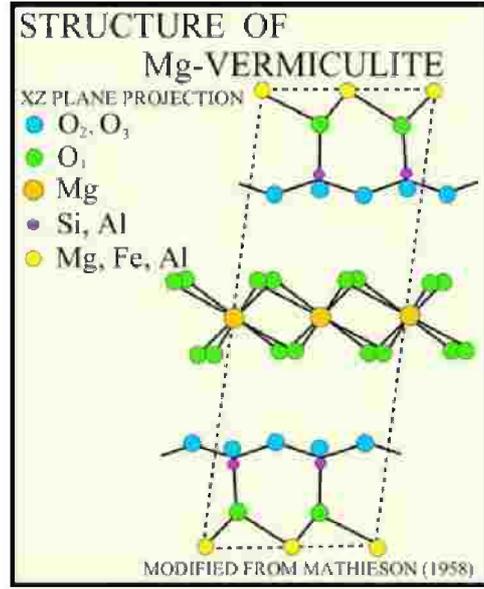
الإليت illite + مياه زائدة (فقد كل البوتاس potash) — الكاولين kaolinite .^(٢)

1-ELSIE ALKIN BEGLE,B.,A. : op. cit., pp 63, 97,98.

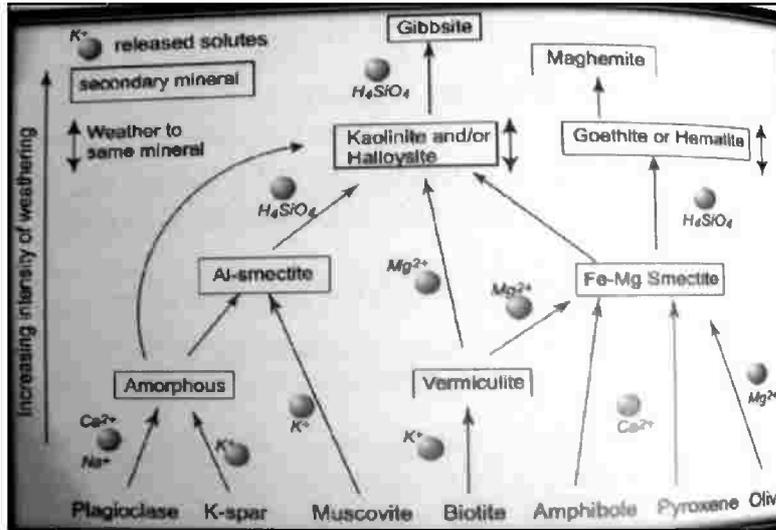
٢- أشرف ناجح أسكاروس حنا: ٢٠١٣، دراسة علاج و صيانة الأحجار من العصر البطلمى و تحديد مصادرها تطبيقاً على بعض الآثار الحجرية لفنار الإسكندرية، رسالة دكتوراه، جامعة القاهرة، كلية الآثار، قسم الترميم.



(صورة: ٥٠) توضيح تحول معادن الفلسبار لمعادن طينية بمسجد تربانة بالإسكندرية. (تصوير الباحثة)



(شكل: ٤٢) يوضح تركيب الـ Mg- Vermiculite
نقلًا عن : David Faris: Clay Minerals



(الشكل: ٤٣) يوضح تجوية معادن السيليكات إلى معادن طينية، ففي حالة تشكل hallosite من البلاجيوكليز، سوف لا تمر معادن السيليكات خلال المراحل الوسطى .

نقلًا عن : أشرف ناجح أسكاروس حنا

عوامل التلف التي تؤثر على الآثار الجرانيتية الموجودة في البيئة البحرية تطبيقاً على الميناء الشرقى

أولاً- عوامل التلف الفيزيوكيميائية و البيولوجية:

تعتمد عوامل التلف الكيميائية على التكوين المعدنى للحجر و البيئة المحيطة به تحت الماء، و تشمل عوامل التلف الفيزيوكيميائية (الأوكسجين - المياه - الترسبات - الأملاح - الحشف - الحرارة)، و عوامل التلف البيولوجية (الكائنات الحية الدقيقة - طحالب- بكتيريا- فطريات-أشنة)^(١)

١- مصبات الصرف الصحى:

لقد ازدادت المشاكل البيئية لمدينة الإسكندرية بشدة نتيجة الأزداد السكانى المرتبط بالتقدم الحضارى و الصناعى الذى أزداد منذ بداية القرن العشرين، فأصبحت مياه الإسكندرية الساحلية أكثر تلوثاً حيث يصب بداخلها سنوياً أكثر من ١٨٣ × ١٠٦ م^٣ من مياه الصرف الصحى المحلية الغير معالجة و مياه الصرف من خلال أنابيب متعددة على طول الساحل.^(٢) بما أن الميناء الشرقى يتصل بالبحر المتوسط من خلال فتحتى البوغاز (الفتحة الرئيسية) و السلسلة، أعتاد الميناء الشرقى أن يتلقى نفايات المجارى مباشراً من خلال إحدى عشر مصب موزع على طول الشاطئ من الجنوب إلى الجنوب الغربى حوالى ١٠,٠٠٠ m³/d و ١٥,٠٠٠ m³/d على التوالى خلال الشتاء و الصيف،^(٣) كذلك تلقى كميات كبيرة من مخلفات الصيد و القوارب التى ترسو فى الجانب الشمالى الغربى للميناء، كل هذه المصبات كانت تضيف حمولتها من المواد العالقة و المجموعة المتنوعة من المواد الملوتة إلى البيئة الشاطئية (المناطق القريبة من الشاطئ) و إلى البحيرة، (شكل رقم ٤٤) يوضح مصبات الصرف الرئيسية، و مثل هذه المواد تغرق إلى الأسفل و تساهم فى تغطية القطع الأثرية الموجودة فى قاع البحر.

٢- الأوكسجين:

كما أن المواد العالقة و الملوثات تتسبب فى حدوث حالات نقص فى الأوكسجين hypoxic or anoxic فى القاع فى بعض الأماكن، مما يعزز العمليات المرتبطة بغياب الأوكسجين متضمنة عمليات البكتيريا اللاهوائية، التى تنتهى بإصدار كبريتيد الهيدروجين، و العمليات الكيميائية التى قد تسرع من عملية التآكل و بالتالى أتلاف بعض القطع الأثرية.^(٤)

1- Luka. B & others: 2011, Conservation of Underwater Archaeological Finds—Manual, International Centre for Underwater Archaeology in Zadar, p77.

2 - Faragallah H.M. , Tadros H.R.Z. and Okbah M.A: 2010, Nutrient Salts and Chlorophyll-a During Short Term Scale in the Eastern Harbor, Alexandria (Egypt) , 123 National Institute of Oceanography & Fisheries, Kayet Bay, Alexandria, Egypt , Received on 14th April 2009, accepted in revised form 15th March 2010.

3_ ABDEL-HALIM A.M. and KHAIRY H.M.: 2007, Potential impact of some abiotic parameters on a phytoplankton community in a confined bay of the Eastern Mediterranean Sea: Eastern Harbour of Alexandria, Egypt , National Institute of Oceanography and Fisheries, Alexandria, Egypt , Mediterranean Marine Science , Volume 8/2, 2007, 49-64.

4- HALIM Y. & ABOU SHOUK F.: Human impacts on Alexandria's marine environment, **Environment and development in coastal regions and in small islands**, Coastal management sourcebooks 2.

٣ - المياه :

يعد مصرف قلعة قيتباى المصدر الأساسى حيث يقع على بعد مئات الأمتار القليلة غرب فاروس، و المصرف الأصغر منه مصرف السلسلة الذى يقع فى الجزء الشرقى لشبه الجزيرة ، و كلا المصرفين يقع خارج الميناء الشرقى لكن هناك تدفق متقطع لكلاهما يحدث داخل الميناء عن طريق مصرف آخر، و حدث بذلك تلف شديد لجودة المياه فى الميناء بدأت منذ حوالى ٤٠ عاما مضت عندما تم البدء فى أنشأ المصارف^(١)، و بسبب ذلك تعرضت آلاف القطع الأثرية و المدن المطمورة تحت سطح البحر للتآكل و الطمس بفعل تلوث مياه البحر و أعمال الردم.

٤ - الترسبات:

بعد عام ١٩٩٣ تحديا فى عام ١٩٩٦ - ١٩٩٧ تم غلق عشرة مصارف فيما عدا مصرفى قلعة قيتباى و السلسلة نتيجة لتحويل الصرف الصحى إلى بحيرة مريوط حيث إستخدام نبات لمعالجة مياه الصرف الصحى، إلى أن تم غلقهما فى عام ٢٠٠٣^(٢)، و على الرغم من أغلقها كانت هناك أطنان من الرسوبيات المحملة بالملوثات المتراكمة فوق قاع البحر على مدى السنوات الأربعين الماضية، كما يتم فتح مصرفى القلعة و السلسلة فى فصل الشتاء عند وجود أمطار غزيرة، و نتيجة لدورة المياه يظل الميناء متأثر من صرف المياه خاصة من خليج المكس بطول ٨ كم، الذى يتلقى مخلفات الصرف الزراعى المختلطه بما يأتى من مخلفات من مصبات بحيرة مريوط.^(٣)

كما أن نسبة الأملاح الموجودة فى مياه البحر و أيضاً كميات الرمال المترسبة تعمل فوق المنحوتات الجرانيتية الغارقة يجعلها تختفى تحت كميات هائلة من الرمال و الرواسب البحرية التى تحدث ضغوطاً كبيرة فوقها و تسبب تآكلاً مستمراً و تلفاً متزايداً بها، وهذا ما حدث بالفعل للآثار الجرانيتية المكتشفة بجوار القلعة و يتضح عليها أثر مياه البحر و الأملاح حيث تآكل سطحها الخارجى تاركاً أثر محبب ذو نتؤات بارزة و تجاويف بجوار بعضها البعض.^(٤)

٥ - الأملاح المغذية:

تم مؤخرا عمل دراسات عديدة لمعرفة الخواص الفيزيائية و الكيمائية و البيولوجية للميناء الشرقى حيث يتم دراسة توزيع أملاح المواد المغذية من خلال رواسب المياه بالميناء الشرقى حيث أن تأثير العوامل البيئية المتغيرة مع ارتفاع نسبة الأملاح المغذية يسبب ارتفاع فى إنتاجية الهائمات النباتية و النمو الشاذ للطحالب البحرية أو حدوث ظاهرة المد الأحمر بما له من آثار ضارة على البيئة و الصحة العامة، كما يلعب دورا حاسما فى تغير نوعية المياه بالميناء الشرقى و صعوبة الرؤية أسفل المياه حيث زيادة تعكير المياه مما يسبب صعوبة للغواصين (لا يزيد مدى الرؤية، فى أحسن الأحوال، عن متر ونصف المتر).

1 -Morcos S. & other: 2003, Towards integrated management of Alexandria ,s Coastal heritage, France, unesco 2003, p 46.

2 - EGYPT – Alexandria Integrated Coastel Zone Management Sub-Program of the Egyptian Pollution Abatement, STRATEGIC ENVIRONMENTAL ASSESSMENT, Sogareah Middle East, 174 0798, March 2008, P 12.

3-The Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Harmful AlgaeNews, An IOC Newsletter on toxic algae and algal blooms, No. 33, Toxic phytoplankton species link to invertebrate and fish mortality in the Eastern Harbour of Alexandria (Egypt) during July-August 2004-2005, June 2007, p14.

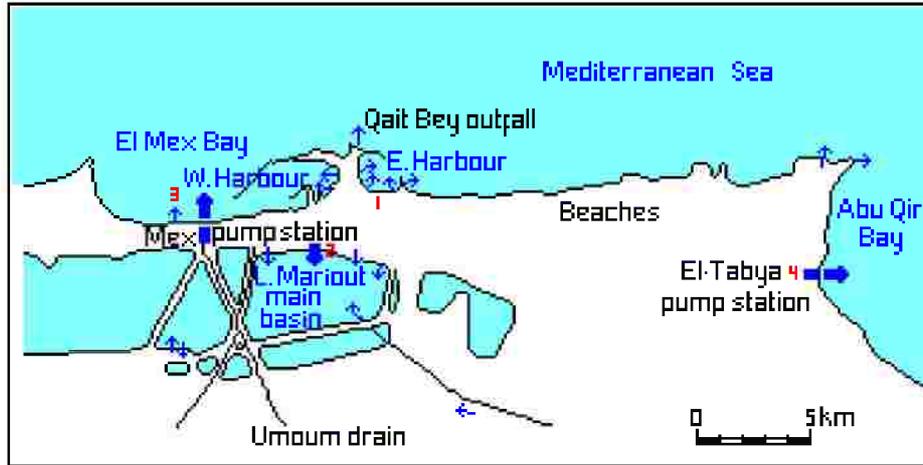
٤- محمد أحمد هلال : ١٩٩١ ، تقنيات ترميم و صيانة الاعمال النحتية ، رسالة ماجستير ، كلية الفنون الجميلة ، جامعة الإسكندرية ، ص ٢١.

كما تعرضت الأملاح المغذية و المواد العضوية بالميناء الشرقى لكمية إضافية من مياه الصرف من مصادر أرضية مختلفة مصدرها أنبوب الصرف الصحى عند قلعة قيتباى، (جدول رقم ٢) يوضح قيم الأملاح المغذية.^(١)

٦ - الحشف البحرى :

تؤثر أملاح المواد المغذية تأثيرا كبيرا على تكوين مجتمعات الحشف البحرى، و تعود دراسة الحشف فى المياه المصرية لـ (Banoub (1960)، الذى قام بفحص سلسلة من كائنات الحشف البحرى على أطباق زجاجية فى ميناء الإسكندرية الشرقى، فلقد سجل ١٩ نوعا من أنواع الحشف ، كما قام بدراسة الميناء الشرقى (Megally (1970); (Ghobashy (1976); El-Komi (1991; 1992; 1998).

بمقارنة تجمعات الحشف ما بين علم ١٩٦٠ و ١٩٩٩ بالميناء الشرقى بدى من الواضح الأختلاف الملحوظ فى عدد و تنوع تجمعات الحشف البحرى على مدى الأربعة عقود الماضية، فلقد سجلت أدنى تنوعات خلال دراسات ١٩٦٠ و ١٩٧٠ (١٩ إلى ٢٠ نوع على التوالى)، فى حين سجل أقصى قدر من التنوع (٣٥ نوعا) خلال دراسة ١٩٩١، كما لوحظ تحول صغير ضمن المجموعات المهيمنة الأربعة (Amphipoda و Bryozoa، Cirripedia، Polychaeta)، و أشارات المقارنة حالياً أن العديد من العوامل يمكن أن تكون قد أسهمت فى هذا الأختلاف، حيث أن تخصيب المواد المغذية هو الأكثر أهمية، فأجمالى العوالق النباتية و العوالق الحيوانية تعتمد على تخصيب المواد المغذية فى الميناء.^(٢)



(شكل : ٤٤) يوضح المصببات الرئيسية

- ١ - مصب قيتباى و مصبات الميناء الشرقى : حوالى $200 \times 10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ مخلفات مياه غير معالجة.
- ٢ - مصبات الحوض الرئيسى لبحيرة مريوط : حوالى $500 \times 10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ معالجة أولية + $300 \times 10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ مياه صرف بلدية غير معالجة.
- ٣ - محطة مضخة المكس على مصرف العموم : حوالى $7,000 \times 10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ مياه الصرف الزراعى مختلطة بالفائض من حوض مريوط الرئيسى.
- ٤ - محطة مضخة الطابية إلى أبو قير : حوالى $2,000 \times 10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ مياه صرف صناعى .

نقلًا عن : Coastal management sourcebooks 2

1- Faragallah H.M , Tadros H.R.Z and Okbah M.A: Nutrient Salts and Chlorophyll-a During Short Term Scale in the Eastern Harbor, Alexandria (Egypt), 123National Institute of Oceanography & 2-2-2 Fisheries, Kayet Bay, Alexandria, Egypt, Received on 14th April 2009, accepted in revised form 15th March 2010, P 2.

2 - RAMADAN SH. E., KHEIRALLAH A. M., and ABDEL-SALAM KH. M.,: 2006, Marine fouling community in the Eastern harbour of Alexandria, Egypt compared with four decades of previous studies, Research Article, *Mediterranean Marine Science*, Volume 7/2, 2006,pp 19-21-27.

(جدول : ٢) يوضح القيم الرئيسية المنخفضة و المرتفعة للأملاح المغذية مياه السطح و القاع بالميناء الشرقى و المحطات المفتوحة.

المحطات		الميناء الشرقى		أملاح المواد المغذية
القاع	السطح	القاع	السطح	
(Year mean) min-max	(Year mean) min-max	(Year mean) min-max	(Year mean) min-max	
(١,٥٤) ٢,٥٧-٠,٢٧	(٣,٧٦) ٦,٢٦-٠,٩٥	(٣,٨١) ٣٠,٦٠-١,٤٤	(٣,٢٧) ١٨,٩٠-٠,٠٤١	الأمونيا
(٠,١٦) ٠,٣١-٠,٠٧	(٠,٢٥) ٠,٤٧-٠,٠٥	(٠,٥٦) ٥,٩٠-٠,٠٥	(٠,٣٧) ٤,١٥-٠,٠٢	النترت
(٢,٤٠) ٧,٤٦-٠,٤٥	(٥,٤٩) ٢٣,١٨-٠,٥٤	(٣,٥٣) ٣١,٠٠-٠,٣٨	(٤,٠٠) ٢٨,٥٧-٠,٠١	النترات
(٠,٥٨) ١,٢١-٠,٠٥	(٠,٤١) ١,١٠-٠,٠٥	(٠,٤٤) ND-١,٦٠	(٠,٥١) ND-٣,٣٦	الفوسفات
(٢,٨٩) ٩,٩٨-٠,٣٤	(٢,٢٧) ٤,٣٩-٠,٩١	(٤,٣١) ٢٦,٠٨-٠,٣٥	(٢,٩٥) ٨,٤٤-٠,٢٩	السليكات

نقلًا عن: Faragallah H.M , Tadros H.R.Z and Okbah M.A: (١)

بالنسبة للأس الهيدروجيني PH:

فتراوح تركيزات الـ ph من ٧,٥٣ إلى ٨,٧٠ ، و مازال قياس معدلات الـ ph فى الميناء الشرقى يميل إلى القلوية ، و هذه التغيرات فى الـ ph نتيجة لأنشطة التمثيل الضوئى من العناصر النباتية، النباتات البحرية، التنفس و التغير فى درجات الحرارة.

بالنسبة للمواد العضوية القابلة للأكسدة (OOM):

تتراوح المواد العضوية القابلة للأكسدة من ٠,٤٢ إلى ١٧,٥ mg/l بمتوسط ٤,٧٣ mg/l ، و هذه القيم مشابهة لخليج المكس و ميناء الدقهلية، كما سجلت قيم المواد العضوية القابلة للأكسدة ضعفى ما سبق طبقا للدراسة التى أجراها معهد علوم البحار بالإسكندرية.(٢)

(جدول : ٣) يوضح المستوى الغذائى فى مناطق الرصد فى ساحل البحر المتوسط بمدينة الإسكندرية بمناطق الدراسة خلال مارس ٢٠١٠

الموقع	المنطقة	الامونيا	النترات	الكلوروفيل
Me 14	الانفوشى	متوسط	متوسط	عالى
Me 15	الميناء الشرقى	متوسط	متوسط	عالى جدا
Me 16	الميناء الشرقى	متوسط	عالى	عالى جدا
Me 17a	الشاطي	متوسط	متوسط	متوسط

نقلًا عن : وزارة الدولة لشئون البيئة (جهاز شئون البيئة)

1- Faragallah H.M , Tadros H.R.Z and Okbah M.A: op. cit., P 2.

٢ - وزارة الدولة لشئون البيئة (جهاز شئون البيئة) ، نتائج رصد نوعية المياه الساحلية فى البحر المتوسط خلال شهر مايو ٢٠١٠ ، برنامج المعلومات والرصد البيئى، أغسطس ٢٠١٠ .

ثانياً: عوامل التلف الميكانيكية:

عوامل التلف الميكانيكية للموروث الأثرى أسفل المياه تحدث نتيجة لعوامل بشرية و طبيعية.

١- العوامل البشرية:

أ- طريقة حمل القطع الأثرية وإنتشالها بشكل خاطيء و الناتج عن عدم الاحترافية، لذلك من المهم عند إنتشال القطع من قاع البحر أن يتم نقلها ببطء شديد من أجل الحفاظ على أدنى حد ممكن من الضغط الطبيعي الموجود على هذه القطع، لأنه في حالة حدوث الضغط بسرعة كبيرة جداً، قد يحدث انفجار و تكسر للقطع الأثرية، أنتقال القطع الأثرية من قبل الغواصين إلى الرصيف أو المركب، لابد من وجود صناديق متاحة للتخزين بسهولة، كما ينبغي إعطاء الأهتمام خاصة للقطع الكبيرة، كما ينبغي أن يكون تعرض القطع للهواء و الضوء فى أضيق الحدود.

ب- نهب المواقع الأثرية و الذى يعد من أخطر الأشياء حيث أشارت اتفاقية اليونسكو ٢٠٠١ لضرورة الحفاظ على المواقع الأثرية الغارقة من أعمال السرقة، كما أن هناك العديد من الطرق المتبعة للحفاظ على المواقع الأثرية الغارقة نذكر منها، تغطية الموقع بطبقة من الرمال و الأحجار، تغطية الموقع بأكياس الرمل، تغطية الموقع بالأقمشة الكتانية Canvas و شبكات البولى بروبيلين، تغطية الموقع بصناديق مغلقة، حماية الموقع باستخدام الشباك المعدنية و أقفاص الحماية.^(١)

ج- نشاط الصيد و رسو السفن حيث يستقبل الميناء الشرقى العديد من أنواع السفن خاصة قوارب الصيد ، كما تساهم هذه السفن و القوارب فى إلقاء النفايات فى المواقع البحرية حيث البقع الزيتية و القمامة، كذلك أعمال البحث و التنقيب عن الغاز و البترول أسفل المياه.^(٢)

د - المخلفات الصناعية و النفايات حيث ينحصر ساحل الإسكندرية بين اثنين من أهم المناطق الصناعية و التجارية هما منطقتى المكس و أبى قير، و من ثم فإن سواحل الإسكندرية تتعرض لكم هائل من المخلفات الصناعية التى تصب فى البحر مثل مصانع الكيماويات، الأسمنت، الحديد و الصلب، الزيوت، السماد، الورق بالإضافة إلى الصرف الزراعى و الصناعى و مياه الصرف الصحى الغير معالج ، تسبب ذلك فى ارتفاع درجات التلوث فى هذه المناطق إلى معدلات خطيرة تصل إلى درجة السمية فى كثير من الأحيان.^(٣)

هـ - عملية الردم و التشويه لساحل الإسكندرية و الميناء الشرقى ، حيث بدأت محافظة الإسكندرية فى عام ١٩٩٣ فى مشروع لوضع حوالى ١٨٠ كتلة خرسانية تزن من ٧ - ٢٠ طن وضعت قرابة الشاطئ ب ٣٠ متر فى المنطقة الواقعة من السلسلة (رأس لوخيلاس) و حتى قلعة قيتباى فى أكثر جزء متآكل من أساسات القلعة ليكون حاجز للأمواج مغمور، و

1- Thijs J. Maarleveld, Ulrike Guérin and Barbara Egger: 2013, Manual for Activities directed at Underwater Heritage, Guidelines to the Annex of the UNESCO 2001 Convention, © UNESCO 2013, France, Cultural p193.

2- Amanda M. Evans, Tesla Offshore / SHA, USA and Matthew E. Keith, Tesla Offshore, USA: The Consideration of Archaeological Sites in Oil and Gas Drilling Operations, SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON FACTORS IMPACTING UNDERWATER CULTURAL HERITAGE, Unesco, ROYAL LIBRARY OF BELGIUM, BRUSSELS 13 AND 14 DECEMBER 2011, p 31.

٣- محمد عبد العزيز الجندى و آخرون: مخاطر التلوث الصناعى و كيفية مواجهته، جمعية التنمية الصحية و البيئية، ص ٧ - ١٠ .

لسوء الحظ وضعت الكتل الخرسانية مباشرة فوق القطع الأثرية الموجودة على طول الشريط الغارق لموقع فاروس، ونتيجة لفيلم تسجيلي تنبه المجلس الأعلى للآثار للمنطقة مرة أخرى^(١)، وتمت إزالة الكتل الخرسانية الحديثة من الموقع فى يناير ٢٠٠١.^(٢)

و نتيجة لتأسياع طريق الكورنيش، على مدى السنوات العشر الماضية، من الشاطبي إلى المنتزه أدى إلى تعديلات دراماتيكية لهذا الساحل، حيث تم إستصلاح المياه الضحلة لتطوير المنشآت السياحية والترفيهية الضخمة الجديدة، و تم ألقاء كتل خرسانية ضخمة بشكل مستمر، حيث صنعت خلجان أصطناعية للشواطىء و موانى صغيرة للقوارب أدى هذا إلى طمس تدريجى لجميع البقايا الأثرية القديمة الغارقة المرئية فى المياه الضحلة.^(٣)

٢- العوامل الطبيعية:

١- التيارات البحرية:

تحدث ظاهرة تآكل الشواطىء نتيجة لنحر الموجات أو التيارات البحرية للشواطىء وينتج عنها إزاحة الرمال تدريجياً من منطقة وترسيبها فى منطقة أخرى، وهذه الظاهرة زادت معدلاتها بعد إنشاء السد العالى ، ففى حالة عدم إجراء أى حماية للمناطق الساحلية المنخفضة عن سطح البحر أو سد للمنافذ المؤدية إليها، سيتم فقدان جميع الشواطىء السياحية ما عدا جزئين صغيرين من شاطىء جليم والشاطبي.^(٤)

هذا أكثر وضوحاً فى المنطقة الساحلية الإبراهيمية ٣ حيث تأثير الرياح و التآكل ذو التأثيرات الخطيرة، فوجد المراسى الحجرية العديدة الموجودة على السلسلة الصخرية لمنطقة الإبراهيمية طبقاً للخريطة التى أصدرها فريق الغوص للبعثة اليونانية فى المواسم الأولى لا يمكن الاعتماد على مواقع المعثورات بها حيث نقلت بفعل الرياح و الأمواج.^(٥)

و تعمل التيارات المائية على تفتت الأحجار الجرانيتية بسبب تغير درجة حرارتها تبعاً لتغير درجات التيارات المختلفة و غالباً ما يكون التغير مفاجئاً مما يسبب إنكماش و تمدد المعادن المكونة للجرانيت بصورة سريعة يؤدى إلى تفتتها و تلفها بالإضافة إلى الأملاح و الترسبات السابقة الذكر.^(٦)

و فيما يتعلق بالميناء الشرقى ، تدخل تيارات الماء السطحية و العميقة إلى الميناء من خلال قايتبای (الفتحة الغربية) بسرعات ما بين ٨ إلى ٣٤ سم/ث فى الشتاء و الصيف، و يترك الميناء تيار مقابل من خلال مصرف السلسلة (الفتحة الشرقية)، خلال الربيع و الخريف يسود تيار عكس عقارب الساعة^(٧) داخل الميناء بمتوسط سرعات بين ١٧ و ٢٦ سم/ث،

1- Morcos S. & other: op. cit., p 16.

2- Empereur J. Y., Alexandria Rediscovered, p 33.

3- Tzalas H.: April/May 2013, 25th Underwater Archaeological Survey of the Greek Mission in Alexandria, Hellenic Institute of Ancient and Medieval Alexandrian Studies, p3.

٤ - طارق مصطفى السكرى محمد: مؤشرات تغير المناخ البيئى فى مصر، مصر.

5 - Tzalas H.: op. cit., p3

٦- محمد أحمد هلال : المرجع السابق ، ص ٢١.

7 -Youssef D. H., 2003, Distribution of Boron in Some Egyptian Aquatic Environments, Marine Pollution Research Department, National Institute of Oceanography and Fisheries, Alexandria, Egypt, Journal of Oceanography, Vol. 59, pp. 537 to 544, p 538.

و ١١ و ٣٠ سم/ث في الخريف، و، التيارات عموماً داخل الميناء أقل مقارنة مع المصارف، التي تؤدي أحياناً إلى فترات ركود مؤقت.

و في حالة مصرف قيتباى كانت الملوثات تحمل للشاطئ بين قلعة قيتباى و رأس التين إذا كانت التيارات أمام القلعة جنوب جنوب غرب أو جنوب غرب أو جنوب غرب غرب، و كانت الملوثات توجه إلى مصطفي كامل إذا كانت التيارات جنوب شرق شرق، و في حالة مصرف العموم تصرف المخلفات تجاه قلعة قيتباى إذا كانت التيارات شمال شرق.^(١)

٢ - الترسيب بفعل الطمي :

رغم أن التيار البحري يتحرك موازياً للساحل في اتجاه الشرق، و من ثم فهو يحمل مياه النيل و الطمي إلى موانئ مثل رشيد و دمياط و بورسعيد، إلا أن مياه النيل تؤثر أيضاً على الإسكندرية و لكن بدرجة أقل و يرجع هذا إلى التيارات العكسية و الحركات الدوامية، مما جعل مياه فرع رشيد بالإضافة إلى بحيرتي إدكو و مريوط تؤثر على مياه الإسكندرية،^(٢) و بذلك فلقد ألقى نهر النيل خلال القرون الماضية كميات هائلة من الطمي و التي قد نتج عنها بكل تأكيد طبقات تتراكم الواحدة فوق الأخرى على مر العصور خاصة في منطقة أبو قير و الميناء الشرقي، مما يؤدي إلى دفن العديد من المواقع الأثرية أسفل هذه الترسبات، و لقد ذكرنا سابقاً ما يحدث من ردم و اختفاء للقطع الجرانيتية مما يحدث ضغطاً كبيرة فوقها و حوث تآكل مستمر و تلفاً متزايداً بها.

فلقد تراكم الطمي منذ العصر العربي الطريق المرتفع الهيبتاستاديوم، فأصبح بذلك هو عنق الأرض المؤدية إلى رأس التين (شكل رقم ٤٦).^(٣)

كما سجلت البعثة اليونانية أن منطقة قطاعات الصخور بمنطقة الإبراهيمية ٤ كانت مغطاة و غير مغطاة لعدة مرات بالرمال و قطاعات الصخور العميقة الواقعة تقريباً ٤٠ - ٥٠ متر من الشاطئ، عند فحص العمق عام ٢٠٠١ كان ٢ متر، لكن في ٢٠٠٣ كان محتمل أن يكون لحطام سفن غارقة.

١ - الأدلة الأثرية:

فعن طريق المقارنات من البقايا الأثرية التي اكتشفت في الأرض جعلت الأثريون يشيرون إلى أن الإسكندرية كانت ضحية لهبوط أرضي، حتى أن القشرة الأرضية هبطت لعمق كبير يصل من ٥ إلى ٨ متر (شكل ٤٥)، و لدراسة هذه الظاهرة بدأ فريق من الأثريين و علماء بيولوجيا البحار في عام ١٩٩٧ بفحص الحيوانات الصغيرة micro-fauna تحت الماء و في الرواسب السلتية على كلا جانبي الهيبتاستاديوم، و تم أخذ سلسلة من عينات القاع منذ ١٩٩٨ لدراسة التفاوتات في مستوى سطح البحر و التغيرات في نظام البيئة الساحلية، حيث تغير مستوى سطح البحر النسبي سنوياً في الإسكندرية من ٢,٨ - ٣,٤ مم / سنوياً (صورة رقم ٥١).

1 -Ebtessam E.E. Mohamed, El-Sayed M. El-sayed, Nabil N. Saad, and Hassan A. Abou Tahoun: 2007, Application of a Mathematical Model for Estimating the Pattern of Pollution Dispersion at the Coast of Alexandria, Marine Physics Lab., National Institute of Oceanography and Fisheries, Alexandria Department of physics, Ain Shams University, Cairo, Egypt, JKAU: Mar. Sci., Vol. 18, pp: 149-167 (2007 A.D. /1428 A.H.), p 166.

٢-أ.م. فورستر: الإسكندرية تاريخ و دليل، مقدمة لورنس داريل، ترجمة حسن بيومي، المجلس الأعلى للثقافة، ٢٠٠٠، ص ٥٤.
٣-شوقي مهني نخلة: استخدام التقنيات الحديثة في علم الآثار (استخدام التقنيات الحديثة في معالجة و صيانة القطع و المجموعات المتحفية "معالجة الآثار الغارقة في مصر")، الطبعة الأولى، الشارقة، أبريل ١٩٩٨، ص ١٦٠.

و هناك العديد من الشواهد التي تؤكد تعرض المدينة للهبوط نتيجة لطغيان البحر عليها و منها:
 أ- خريطة جاستون جونديه (١٩١٢ - ١٩١٦ - ١٩٢١) فيكنى أن نلقى نظرة عليها لتبين كم هبطت أرصفة الميناء التي كانت تبرز يوما ما فوق سطح البحر، إذ أن بعض الأرصفة توجد الآن على عمق أكثر من ٥,٥ إلى ٨,٥ متر.
 ب- (أختفاء جزيرة أنتيروودس بالكامل على عمق أكثر من ٥ أمتار و هذا يعتبر أكبر دليل على الهبوط، حيث بعثة جونديه التي سجلت هبوط يتراوح من ٥,٥ إلى ٦,٥ متر.
 ج - (الهبوط العظيم لسلسلة صخور الحسن بقمتهما تقع اليوم عند ١٢ متر تحت مستوى سطح البحر نتيجة للظواهر الجيولوجية المستقلة لذيوان الأنهار الجليدية التي تؤثر على مستوى سطح البحر الأبيض المتوسط مع زيادة حوالى متر واحد لكل ألف سنة، و الهبوط الإضافى الذى يقدر بحوالى ١٠ متر يرجع إلى الأثر التكتونى الذى أثر سريعاً على معظم ساحل الإسكندرية.
 حيث بعثة هارى تزالس التي سجلت هبوط لحوالى ٧ متر.

الدليل الأكثر درامة لظروف تدهور الميناء الشرقى هو الهبوط العظيم لكـ Diabathra (حاجز الأمواج الكبير)، هذا الأمتداد لرأس لوخياس الذى كان له دور وقائى بوصفه مصدأً ضد الموجات الشمالية و الشمالية الشرقية، كما أن الأرصفة البحرية الطويلة فى العصور القديمة التي أغلقت الميناء الشرقى من الشمال أختفت أيضاً تحت سطح البحر، تاركة مدخل كبير للميناء الكبير غير محمى تماماً.

٢- الأدلة الجيولوجية

٣ مم / سنوياً (٨٠٠٠ سنة)، فمعدل الهبوط ٨ أمتار (٢٣٠٠) هو نفس المعدل منذ ٨٠٠٠ حتى يومنا هذا.
 (Stanley & Warne,1993)

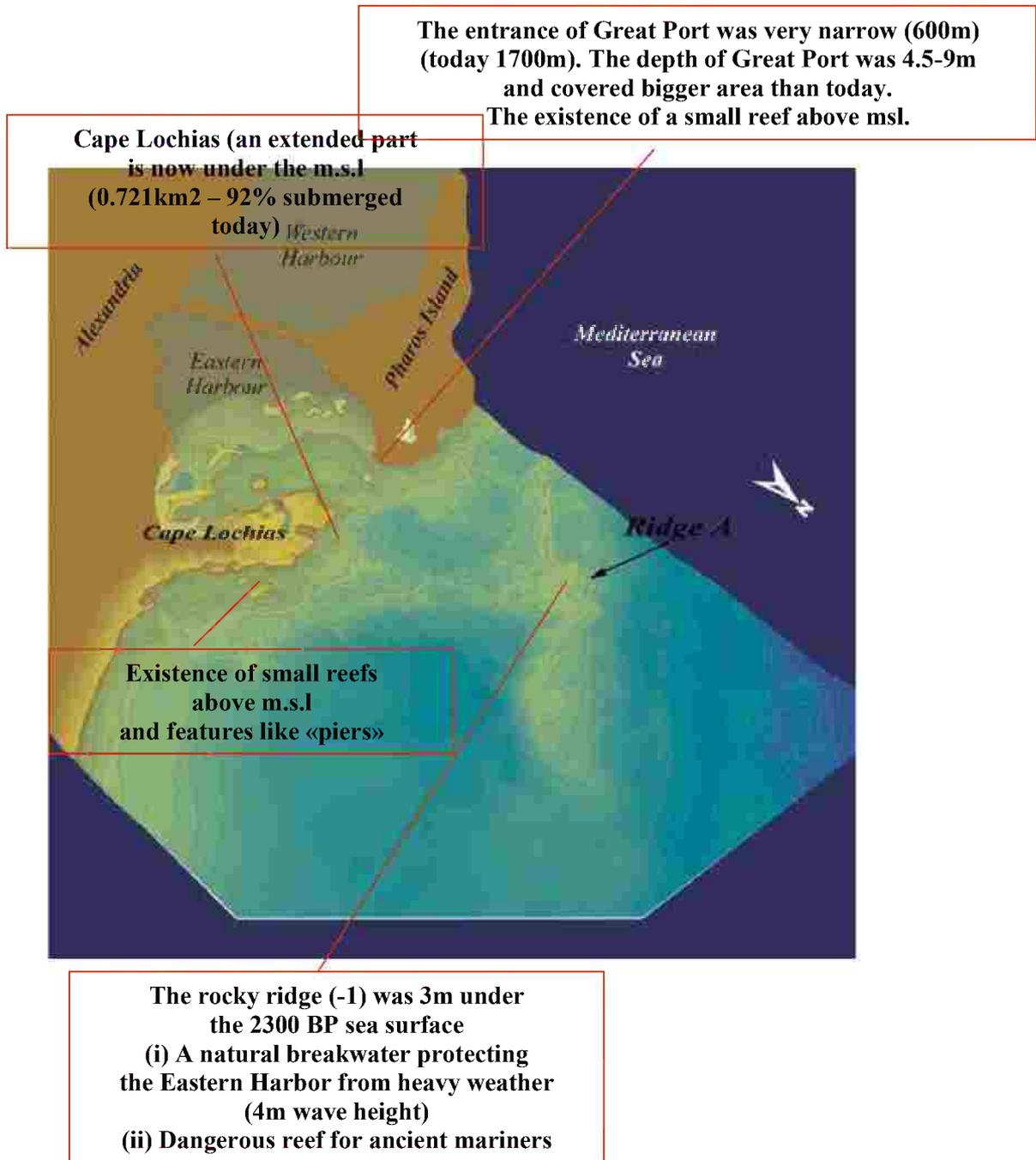
٣ - بيانات قياس المد و الجزر

حيث أن العوامل الرئيسية التي تؤثر على العمليات الساحلية هي الرياح و الأمواج، فوفقاً لـ (FRIHY 1988) تأثير الأمواج موسمى فى طبيعته على طول الساحل مع أمواج عاصفة فى الشتاء (الفترة ٧-٨ ثمانية) و تتضخم فى الصيف (الفترة ٨-٩ ثمانية)، و بيانات قياس المد و الجزر ١,٦ - ٢,٩ مم / سنوياً (٦٠ سنة)
 (El- Fishawi & Fanos, 1989; Frihy 1992; 2003) ^(١)

فلقد تغيرت أحوال الرياح و الأمواج بشدة منذ العصور القديمة، وتشير الإحصائيات الحالية أن الرياح و الأمواج السائدة قبالة الإسكندرية تأتي من لقطاع الغربى الشمالى (أكثر من ٥٠% من الوقت فى المتوسط السنوى و ٧٠-٩٠% من الوقت خلال شهور الصيف من يونيو إلى سبتمبر).^(٢)

1- P APATHEDOROU G.: Alexandria Emerging-Paleogeographical reconstruction of Ptolemaic Alexandria, pp 305,306, 319.

2- Abdel-Moati A. R.: Chemical Coltposition of Particulate Matter in the Coastal Waters off Alexandria, Egypt, Oceanography Department, Faculty of Science, Alexandria University, Alexandria, Egypt, pp 344-345.



331BC (~2300BP)

(شكل : ٤٥) يوضح سيناريو معدلات الهبوط لـ ٨ أمتار

نقلًا عن: GEORGE PAPATHEDOROU

قطاع آخر هام هو الشمالى الشرقى (٢٠-٣٠% من الوقت خلال شهور الشتاء من أكتوبر إلى مايو)، هذا القطاع له أهمية كبيرة لتطوير الميناء، حيث أنه السبب فى الترتيب المزدوج للميناء ، كما سبق الذكر.^(١)

٣ - الكوارث الطبيعية المختلفة كالزلازل و الأعاصير:

تعرض الكثير من المواقع و المنشآت الساحلية كالموانى و المدن للغرق بفعل الزلازل التى تتسبب فى هبوط السواحل بشكل مفاجئ.^(٢)

أن البقايا الأثرية اليونانية و الرومانية فى القطاع الشرقى لميناء الإسكندرية الشرقى بما يتضمنه من البقايا الغارقة للحى الملكى و الموانى الثلاثة تقع فى موقع أكثر عمقا من موقع كانوبس. كما أوضحت الدراسات الأثرية الجغرافية أن مثل هذا الأنخفاض فى الحجم هو على الأرجح وظيفة تكتونية (متعلقة بالقشرة الأرضية) مرتبطة بالكوارث الطبيعية، مع ارتفاع نسبى أكثر تقدما فى مستوى سطح البحر.^(٣)

فالسجل التاريخى يشير إلى أن الإسكندرية قد تأثرت بعدد من الزلازل و التسوناميات فى آخر ثلاث آلاف عام، هناك عدد من المصادر الأثرية المتنوعة تشير لدمار الإسكندرية بتسونامى فى ٣١ يوليو ٣٦٥م حيث دمر أجزاء من بلدان متعددة على طول شرق البحر المتوسط ، و كان له أثره البالغ على جزيرة كريت و مصر، ويرجع هذا لزلازل عرف بالقوس الهلنى^(٤)، الذى وصفه Ammianus Marcellinus بـ (Day of Horror) كما أشار لغرق نسبة كبيرة من دلتا النيل.^(٥)

الرحالة الإسلامى ابن بطوطة ذكر أنه كان هناك زلازل فى ٩٥٦م، ١٣٠٣ و ١٣٢٣م حيث رأى أطلال فاروس و ما وصلت إليه من دمار حتى أنه كان من المستحيل دخول أو تسلق طريق البوابة.^(٦)

كما أن هناك عملية تقييم ظهرت مؤخرا عن (El-Ghendy (2003) لثلاث مواقع بالإسكندرية هى: المكتبة، كوبرى ستانلى و قلعة قايتباى، أدت به إلى أن الإسكندرية تقع بالقرب من زلازل seismogenic و هى الأندساس النشط للقوس الهلنى (القوس الهلنى النشط الأندساس) و المناطق الساحلية المصرية المنخفضة الزلازل، و هى فى وقتنا الحاضر

1- A. de Graauw: PORT ENGINEERING ASPECTS OF THE MAGNUS PORTUS IN ALEXANDRIA, 02/08/2005, p3.

٢- عماد خليل : الآثار الغارقة بين المصطلح و المفهوم ، مكتبة الإسكندرية، صفحة مصريات ، ص ١٤ .

3- STANLEY, J. D. : Submergence and burial of ancient coastal sites on the subsiding Nile delta margin, Egypt, Méditerranée N° 1.2 – 2005, p 71.

4 - Hamouda, A. : Are-Analysis of the AD 365 Tsunami Impact along Egyptian Coast, National Institute of oceanography & fisheries, Alexandria, egypt. Obstracts, Integrated Coastal Management, Volume 1 , Apilt project for ICM in Turkey, The Gokova Project (The EU SMap III Programme) Erdal Ozhan (1) & Iike Kosar (2).

5- **GEORGE PARARAS-CARAYANNIS: 2011,DISASTER PAGES , EARTHQUAKE AND TSUNAMI OF JULY 21, 365 AD IN THE EASTERN MEDITERRANEAN SEA**, Review of Impact on the Ancient World - Assessment of Recurrence and Future Impact,George Pararas-Carayannis, (modified paper published in Science of Tsunami Hazards, Vol. 30, No. 4, (2011)of Tsunami Society International), Tsunami Impact at the Nile Delta and Alexandria.

6 -The International Review of Ancient Art & Archaeology, MINERVA,JANUARY/FEBRAUARY, 1996, PUBLISHED IN BRITAIN, VOLUME 7, NUMBER 1, 1996, P9.

مخاطر زلزالية معتدلة، فمن المعروف أن فاروس نفسها قد شهدت سلسلة من الزلازل المدمرة، حيث تم تسجيل أكثر من ٢٠ زلزال قد أصاب المنطقة، و قد عرف عدد من هذه الزلازل بقوته الكافية لتدمير المنشآت و المباني فى الإسكندرية و ما حولها، و (جدول رقم ٤) يوضح قيم كثافة الزلازل التاريخية التى حدثت بمدينة الإسكندرية.^(١)

(جدول: ٤) يوضح قيم كثافة الزلازل التاريخية التى حدثت بمدينة الإسكندرية

التاريخ		الكثافة
الهجرى	الميلادى	الدرجة
١٨٠	٧٩٦	VIII
١٠ ربيع ٣٤٠	١٥ سبتمبر ٩٥١	VIII-IX
١٨ رمضان ٣٤٤	١ يناير ٩٥٦	VIII-IX
٦٦٠	١٢٦٢	IX,SW
١٣ ذو الحجة ٧٠٢	٣٠ يوليو ١٣٠٣	VIII,SW
٧٤١ ذو الحجة	١٣٤١ مايو	VIII-IX
٧٧٧	١٣٧٥	VIII

تقلاً عن: International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation

معايير تقدير الكثافة

VIII = ٨ وقوع أبراج فنار الإسكندرية IX-X = ٩-١٠ دمرت المدينة بالكامل ، أخلاء السكان للمدينة
SW تشير إلى حدوث موجة بحرية

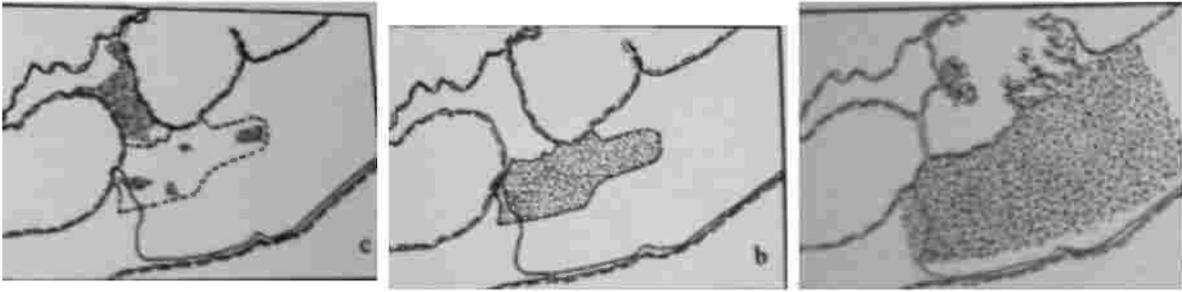
كما أظهرت بعثة المعهد الأوروبى من خلال الملاحظات و التحاليل الأثرية الجيولوجية للمواقع اكتشاف الآثار الزلزالية و علامات مميزة لتميع التربة فى أماكن بعينها، بالدرجة الأولى فى أبو قير حيث أحدثت التدمير الكبير بتونس هيراكليوم و كانوب و كذلك الميناء الشرقى، و نلاحظ ذلك فى (صورة رقم ٥٢) حيث نرى اكتشاف البعثة لصدع كبير^(٢).

فلقد غرق الميناء الملكى حالياً بخمسة أمتار تحت سطح البحر الحالى، أعاد Goiran بناء التاريخ الهولوسينى لموانى الإسكندرية القديمة عن طريق علم الطبقات الساحلية و العديد من أدوات علوم الجيولوجية (شكل رقم ٤٧) و (صورة ٥٣).^(٣)

1- Elnashai A. S., Di Sarno L. and Carter M.D.: 2006, New Light on an Ancient Illumination: the Pharos of Alexandria, Freund Publishing House Ltd, International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation. 7(2), ISSN: 1565-1339, PP144 - 145.

2 Goddio F.: Projects: Sunken Civilizations: Canopus, http://www.Frankgoddio.org/projects/sunken_civilization/canopus.html.

3- Marriner N., Morhange C.: 8 August 2006, Geoscience of ancient Mediterranean harbours, Earth-Science Reviews 80 (2007) 137–194, CNRS CEREGE UMR 6635, Université Aix-Marseille, BP 80 Europôle de l'Arbois, 13545 Aix-en-Provence, France, p150.



(شكل :٤٦ أ-ب-ج) تراكم الطمي منذ العصر على جانبي الهبتاستاديوم.

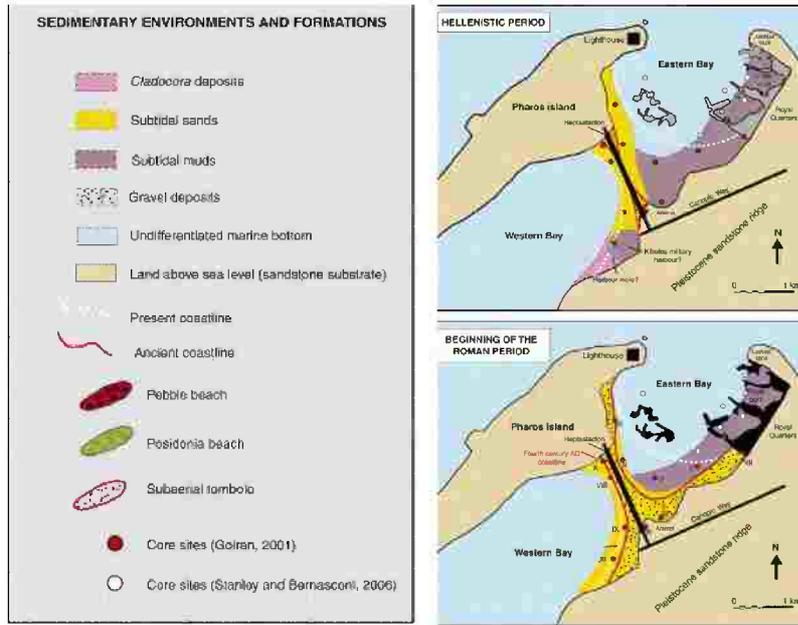


(صورة :٥١) توضح أخذ العينات الجوفية من خلال حفر مقاطع أسطوانية في قاع البحر من أنابيب الألومنيوم.



(صورة : ٥٢) دليل مهم على هبوط الطبقة السفلية محددة بالمناطق التي كانت توجد بها أساسات مدينتي مينتوس وهيراكليوم في أبوقير حيث توضح الصورة أحد الغواصين يقوم بفحص صدع في الأساس الطيني لخنق بالقرب من الأثر الضخم شرق كاتوب ، ربما يكون معبد لسيرايبس.

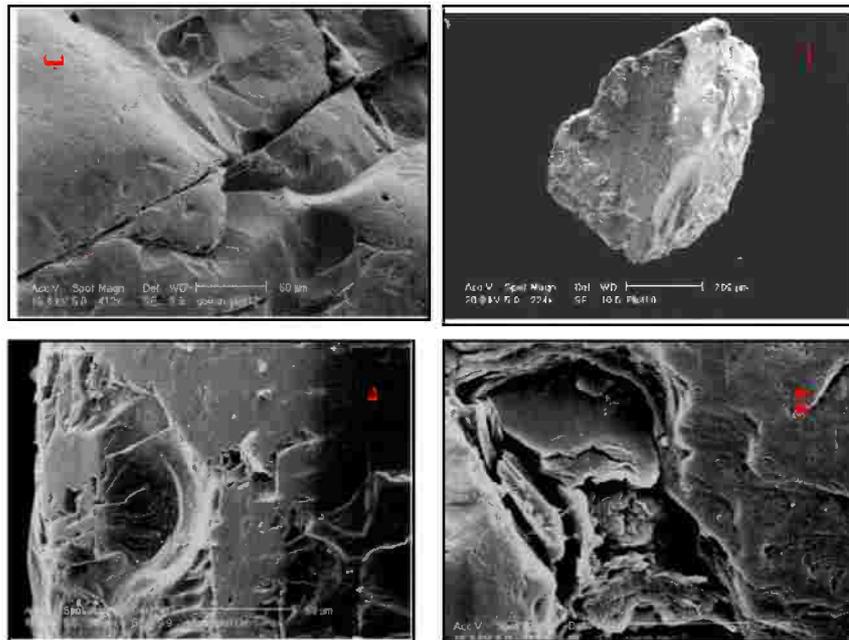
نقلًا عن:



الحقبة الهلنستية

بداية الحقبة الرومانية

(شكل : ٤٧) يوضح إعادة البناء الجيومورفولوجية لميناء الإسكندرية القديم من خلال (Goiran et al. (2005)، حيث نرى الهيئاتاديوم الذى أنشأه الإسكندر الأكبر فى ٣٣١ ق.م و الذى يقسم خليج الإسكندرية إلى قسمين منفصلين، كما نرى الخليج الشرقى محمى بعدد من أحواض الميناء المنفصلة.



(صورة : ٥٣) صورة SEM توضح الميناء و حبيبات كوارتز التوسونامى القديم من ميناء الإسكندرية القديم (Goiran, 2001) و قد أظهر Goiran أن التوسونامى قد ترك أثراً لصدمات ذات طاقة عالية على حبيبات الكوارتز، أ- توضح تطور حبيبة كوارتز غير متأكلة من طينات الميناء القديم بالإسكندرية، ب - يوضح أثر التوسونامى القديم خط صدع عميق، ج - يوضح أثر التوسونامى القديم شرخ سطحي على سطح حبيبة كوارتز، د - يوضح أثر التوسونامى القديم صدمة أثر طاقة عالية.

نقلًا عن:

علاج و صيانة الآثار الجرانيتية المنتشرة من البيئة البحرية

يمكن أن تقسم عملية صيانة و ترميم الجرانيت إلى مراحل هي : التوثيق الأولى و التحاليل الأولية - التحلية - التنظيف - التقوية - التجميع - الأستكمال - إعداد الوثائق بعد عملية الترميم.

أن تسلسل و ترتيب هذه المراحل يعتمد على حالة الأثر بحيث يمكن أن تتخطى أو نبذل إحدى هذه الخطوات فيما عدا مرحلة التحلية التي تعد أول و أهم المراحل بالنسبة للأحجار الغارقة.

كما أن أى معالجة يتعرض لها الأثر تترك أثرها لذلك يجب محاولة أن يكون التدخل فى أضيق الحدود حتى لا يحدث زيادة فى تلف الحجر و ضياع ما تحمله من قيم تاريخية، فعلى سبيل المثال فان تكلسات الكائنات البحرية دليل على الموقع الذى أستخرجت منه القطعة بينما البقايا العضوية و المخلفات الأخرى تدلنا على إستخداماتها.

أولاً: عملية التوثيق و التحاليل الأولية:

و تتضمن إزالة الرواسب ، الرفع و لأنتشال ، الأستنساخ، و عمليات الترميم و الصيانة الأولية.

١ - إزالة الرواسب :

بعد إزالة الرواسب من الموقع بإستخدام جهاز جرافة المياه Water Dredge ، به أنبوب يستخدم الضغط لشطف الرواسب مع دون المساس بالأثر، كما توجد شاشة شبكية رقيقة عند فم الأنبوب الماص تعمل على جمع القطع الأثرية الصغيرة التى قد تغيب عن الغواص (صورة رقم ٥٤).^(١)

يتم تنظيف القطعة مما عليها من رواسب و مخلفات بالطرق الميكانيكية (لوحة رقم ٥٦ ب - ج)، (صورة رقم ٥٧)، (صورة رقم ٥٨) و (صورة رقم ٥٩)، و هى خطوة من أهم الخطوات ثم تحديد موقع القطعة من خلال نظام الـ GIS حسب خطوط الطول و العرض و الأرتفاع ، إتجاه القطعة و زاوية القطعة عمودياً من ٠ إلى ٩٠.^(٢)

يقوم الغواصين بأستكمال رسم القطع بأستخدام ورق البوليستر الشفاف أو ورق الكالك الصناعى و قلم الرصاص الميكانيكى، حيث يقوموا برسم خرائط للطبقة العليا للكتل يتم بعد ذلك الكشف عن ما أسفلها و هى عملية معقدة و عالية الخطورة (لوحة رقم ٥٥) و (لوحة رقم ٥٦).^(٣)

1- Andrew J. Viduka: 2012 ,UNIT 10, Techniques in Underwater Archaeology, Training Manual for the UNESCO Foundation Course on the Protection and Management of Underwater Cultural Heritage in Asia and the Pacific, UNESCO, Bangkok, Thailand, p22.

2- Mahaxay M., Brouwers W. and Martijn R. Manders: 2012, unit 8, Geographical Information Systems (GIS) in Underwater Archaeology, Training Manual for the UNESCO Foundation Course on the Protection and Management of Underwater Cultural Heritage in Asia and the Pacific, UNESCO, Bangkok, Thailand, p3.

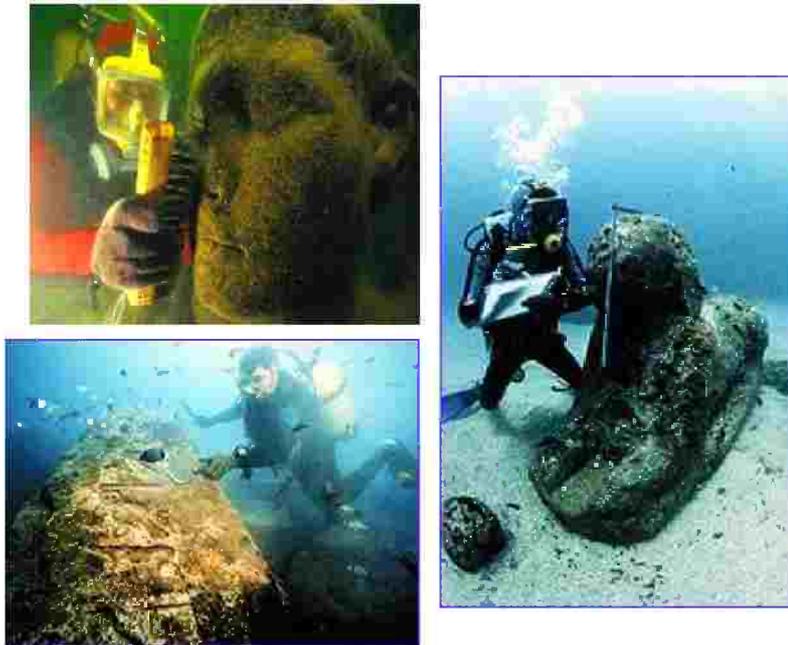
3 - Pearson, C.: 1981, Protection of the underwater heritage (Technical handbooks for museums and monuments 4), Unesco, United Nations, Switzerkmd, p 89.



(صورة: ٥٤) توضيح جهاز جرافة المياه به أنبوب يستخدم الضغط لشطف الرواسب



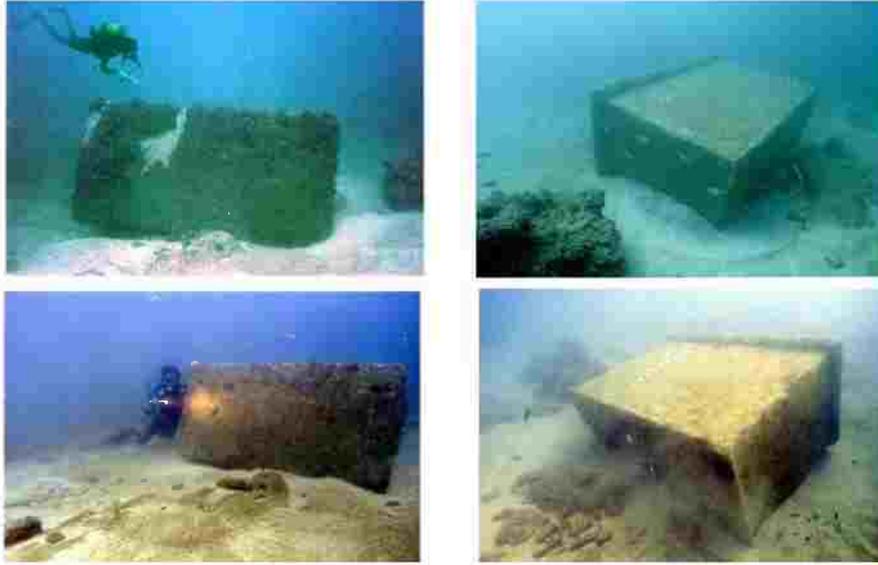
(لوحة : ٥٥) توضيح التكلسات الجيرية و البحرية الموجودة على الآثار أسفل المياه بمدينة الإسكندرية.



(لوحة : ٥٦) توضيح عملية التوثيق و التنظيف بالفرشاة وإزالة الطحالب
 نقلاً عن : "The Riches of Alexandria", J.Y. Empereur,
<http://www.pbs.org/whbh/nova/sunken/empeur.htm>



(صورة : ٥٧) توضح الرأس الجرانيتية L1 قبل و بعد التنظيف.



(لوحة : ٥٨) صور توضح القاعدة الجرانيتية A بمنطقة الشاطبي ١ و تظهر من مختلف الزوايا، الصورة اليسرى قبل التنظيف (photo: C.Panidis) و الصورة ليمنى بعد التنظيف من التكلسات البحرية (photo:A.Yfantis).



(صورة : ٥٩) البعثة اليونانية و هي تقوم بتنظيف القطعة لدراستها ثم إعادتها لموقعها مرة أخرى.

نقلأ عن : The Hellenic Institute of Ancient and Mediaeval Alexandrian Studies.
<http://underwaterarchaeology.gr/HIAMAS/Images>

٢ - عملية الرفع و الأنتشال:

أن الرفع و الأنتشال من أسفل المياه أكثر تعقيداً من الأرض، ليس فقط بسبب المخاطر الواضحة التي تحيط به و لكن أيضاً مما يتطلبه من جهد و خبرة كبيرة حتى لا تتعرض القطع للكسر أو الأنهيار. بالنسبة للقطع الصغيرة يزود الغواصون بأكياس من النيلون أو البلاستيك بأحجام مختلفة لوضع و حفظ القطع الأثرية بداخلها، هذه الأكياس مزودة ببطاقات من البوليستر مطبوع عليها كود الموقع المنقب عنه . حيث يقوم الغواص بتوثيق المعلومات باستخدام القلم الرصاص على لوحة مطبوعة حيث يقوم بوضع رقم التعريف الخاص بالشخص المسؤول عن إكتشافها و تاريخ الأكتشاف. ثم تجمع القطع المحفوظة داخل الأكياس و توضع فى صندوق من البلاستيك ثم توزن باستخدام الرصاص.^(١) فى الغالب يتم إستخدام سلال شبكية أو صناديق بلاستيكية لإنتشال القطع الصغيرة.

أما القطع الكبيرة الثقيلة مثل (التمثال - شواهد القبور - المسلات) فتنتشل بواسطة رافعات معدنية بلأوناش أو البلونات الهوائية (لوحة رقم ٦٠)، كما تعد عملية الرفع و الأنتشال للقطع الكبيرة ذو تكلفة عالية نظراً لما تحتاجه من أحواض ضخمة لكى تتم بها عمليات التحلية. و مثال لذلك تمثال إيزيس (أرسينوى) الذى أنتشل فى أكتوبر سنة ١٩٦٣ كان موجود على عمق ٨ أمتار و مدى الرؤية ١ متر بسبب القاء مياه الصرف بمنطقة قايتباى، أستغرق العمل شهراً كاملاً فى تخريم نصف التمثال و ربطه بحبال مصنعة من الصاب سمكها ٣ بوصات كما سبق عملية التخريم حفر أنفاق فى قاع البحر تحت جزء التمثال لتمرير حبال الصلب و تم رفع أحد أطراف النصف السفلى من التمثال و وقف أثنان من رجال الضفادع البشرية أسفله حتى يمرروا الحبال (لوحة رقم ٦١) .

و ترفع القطع بواسطة بالون مطاطى قابل للنفخ حيث تجمع كمية الهواء بالنسبة لوزن القطع لكى يتم رفعها، و يحمل معها الغواص لوحة و أوراق تعريف القطعة الأثرية.^(٢)

كما أن هناك العديد من الأساليب لتدعيم القطع الأثرية عند إنتشالها مثل الصفائح المسطحة، أكياس البلاستيك المحكمة، bubble wrap ، حبال البلاستيك، أربطة القطن، pallets الأرصفة أو المستودعات، الصوانى الكبيرة، المصاعد، و الأجهزة المخصصة لهذا الغرض (لوحة رقم ٦٠).

1- Pearson,C.: op. cit.,p 89.

2-http://www.cealex.org/sitecealex/activities/sous_marin/SSMQ_cartographie_E.HTM.



نقلًا عن:
Treasures of the Sunken City, NOVA.

(لوحة: ٦٠) توضح طرق الرفع و الانتشال المختلفة حيث عملية الانتشال برافعات معدنية بلأوناش و البالون الهوائية، و كذلك عملية النقل لبعض التماثيل.

نقلًا عن : Goddio F. & Clauss M. : EGYPTS SUNKEN TREASURES,



(لوحة: ٦١) توضح ما تم عمله من ثقوب بجزئى التمثال Y1 حيث هناك ثقوب صغيرة صنعت لإنتشاله من البحر، أما الثقوب الأكبر فهي محاولة لربط جزئى التمثال و لقد تم تكبيرها أكثر من ذلك بكثير و لكن لم يسمح للباحثة بتصويرها فى الزيارة الأخيرة رغم أن التمثال معروض بالحديقة المفتوحة للمتحف البحرى. (تصوير الباحثة)

٣ - الأستسماخ:

يتيح هذا التكنيك عمل بصمات أو نسخ من القطع الأثرية المكتشفة مما يساعد الخبراء فى سرعة التعرف على معلومات جديدة تفيد فى التحاليل، كما يستخدم فى المواقع التى يصعب فيها أنتشال الآثار نظام القوالب لتسجيل القطع الأثرية فى الموقع.

أ - طريقة البصمة بالضغظ Stamping :

عملية الصب لأخذ نسخ من الآثار الحجرى و الكتابات و النقوش الموجودة عليه، تستخدم الجبس الباريسى أو مطاط البولى سلفات أو فوم البولى يوريثان أو إستخدام ورق الترشيح المبلل على النقوش و تسمى بعملية الضغظ و هى غير مكلفة و سريعة،^(١) و هى عبارة عن أخذ طبعة من سطح الكتلة الأثرية سواء أسفل البحر أو خارجه، و هى تصلح للنقوش و الكتابات (لوحة رقم ٦٢)، و تستخدم هذه الطريقة لكلل الأحجار الضخمة ذو الكتابات المنقوشة، حيث يبدء الغواص بتنظيف القطعة بحذر بإستخدام مكاشط و مناقيش صغيرة.

توضع طبقة من السليكون فوق نسيج قوى و مرن، يتنوع السمك طبقاً لعمق الأشكال و الزخارف على سطح الكتلة، و يقوم الغواصين بعد ذلك بوضع هذا الغطاء النسيجي على سطح النقوش و تغطيته بلوح من الرصاص ثم يطرق برفق للتأكد من أختراق السليكون لجميع تفاصيل النقوش حتى الصغيرة منها، فى النهاية تثبت فى قاع البحر لتوفر حماية أفضل ضد التحركات البحرية، و تزال طبقة السليكون من القالب فيما بين ١٦ إلى ٢٤ ساعة.

كما يمكن أيضاً أخذ بصمة من النقوش خارج قاع البحر حيث يتم أنتشال القطع أولاً، و هى تصلح للقطع المتوسطة الحجم التى يسهل أنتشالها، و تكون الطريقة مشابهة و لكن ليست مطابقة للطريقة سالفه الذكر، فبعد تنظيف القطعة و غمرها فى الماء العذب، تغطى بمحلول من البولى فينيل الكحول الذى يكون غطاء بلاستيكى شفاف، فيلم مائى صلب يساعد فى إزالة الغشاء السليكونى بعد جفافه، توضع عدة طبقات من السليكون تصل لعمق ٥ إلى ٦ مم، ليتم الحصول فى النهاية على نسخة مصبوبة و مطاط مرن نستطيع قراءته دون إستخدام ألواح الرصاص و التثبيت.^(٢)

ب - طريقة القوالب الثلاثية الأبعاد:

مثال لهذه الطريقة تمثال الكاهن، فبمجرد خروج القطعة من الماء، نظف تمثال الكاهن الذى يحمل الإناء الكانوبى تنظيف ميكانيكياً بإستخدام المناقيش الدقيقة و المشارط.

يصب التمثال على نصفين بعمل قناع للشروخ الدقيقة لتحديد المكان الذى ستوضع فيه الوصلة بين نصفي القالب، و فتحات التهوية حيث سيدفق الراتنج ليملاء القالب، يغمس نصف التمثال فى قاع دقيق من البلاستيلاين، كقاعدة لبناء النصف الأول من القالب، ثم يصب على الأقل اثنين أو ثلاث طبقات من السليكون السائل ، قبل وضع الطبقات الأخيرة ذو التماسك السميك، للحصول على السمك الأجمالى ما بين ٨ و ١٠ مم، ثم توخز بالأبزر لتحكم سمك طبقة السليكون، و عند حدوث البلمرة تصب طبقة صلبة من الأيوكسى لتغطى غشاء السليكون.

1- Robinson, W.S. : 2004, The elements of archaeological conservation, Taylor & Francis e-Library, London and New York, pp 52,57

2 -Brocot, G. : 2004, Moulding the Past, SUNKEN EGYPT (ALEXANDRIA),perplus, London, p52.

يزال بعد ذلك القاع الدقيق من البلاستيلاين، لنحصل على النصف الأول من القالب، بعد ذلك يتم عمل الجزء الثانى بنفس الطريقة، ثم يصب راتنج السليكون داخل القالب، يطفى هذا الراتنج ليتوافق مع اللون الأصلي لخامة الأثر و تترك لتتصلب لمدة ٤٨ ساعة و فور نزع القالب يتم إستعادة التفاصيل الدقيقة بوضع باتينا بواسطة فرش الطلاء و الفرشاة الهوائية للحصول على نسخة مطابقة للأصل (لوحة ٦٣ رقم أ- ب).

تم عمل نسختين ثلاثيتين الأبعاد لتمثالي أبو الهول عن طريق الصب، و بناء على طلب السلطات المصرية تم عرضهم فى مقر الأمم المتحدة بنيويورك (لوحة ٦٣ رقم ج - د).^(١)



(لوحة: ١٦٢ - ب - ج) طريقة البصمة للنقوش حيث يقوم الغواصين بوضع الغطاء النسيجي الذى تم أعداده فى الخارج و أنزاله بعد ذلك لقاع البحر ليوضع على سطح النقوش و تغطيتها بلوح من الرصاص ثم يطرق برفق للتأكد من أختراق السليكون لجميع تفاصيل النقوش فى النهاية تثبت فى قاع و تزال طبقة السليكون من القالب فيما بين ١٦ إلى ٢٤ ساعة.



(لوحة: ١٦٣ - ب - ج - د) توضيح طريقة القالب

الثلاثى الأبعاد للتماثيل التى إستخدمت بمدينة الإسكندرية فى أخذ نسخ من التماثيل المجسمة. نقلأ عن : Sunken Brocot, G.:Egypt

٤ - عمليات الترميم و الصيانة الأولية:

أن عملية الصيانة و الحفظ بالموقع، التي تعرف أيضا بأسم صيانة الأسعافات الأولية أو الصيانة الوقائية تشمل عدد من المهام مثل التنظيف، التحلية، التقوية، التعبئة و التغليف، فبالإضافة إلى الجدول الزمني العام للمشروع ككل، ينبغي وضع جدول زمني محدد للصيانة و الترميم الذي سيتم للقطع الأثرية المنتشلة، قبل نقلها إلى معمل الترميم المتخصص من أجل إعطاء الأولوية لعملية المعالجة للقطع المستخرجة طبقاً لنوعها وحالتها، و طبقاً للوقت المحدد و الموارد المتاحة.^(١)

فعند وصول القطعة إلى خارج المياه تمر بعملية تحلية مبدئية قبل وصولها لمعمل الترميم بحيث تكون ٥٠% ماء بحر و ٥٠% ماء صنبور، أو لفها بقطع من القماش المبل بماء البحر خاصة في حالة الأحجار ذو الحجم الكبير التي لا يمكن غمرها بالمياه لحين وصولها لمعمل الترميم لتفادي حدوث أى تلف (صورة رقم ٦٤) و (صورة رقم ٦٥).^(٢) كما أن عملية غمر القطعة الأثرية أو لفها يحد من الضوء مما يؤدي للحد من نمو الطحالب^(٣)، لأن الآثار المستخرجة من البيئة البحرية تكون مثبعة بمياه البحر و وضعها في مياه الصنبور مباشرة سوف يحدث ضغط أسموزي نتيجة للفرق بين كل من مياه البحر و مياه الصنبور.^(٤)

و في حالة صخر مثل الجرانيت إذا ترك دون إجراء عملية التحلية يمكن أن يحدث له حالة من التقشر و التفتت على شكل صفائح عندما يتعرض للجو الخارجى بعد مدة دفن عميقة طويلة فيتمدد إلى أعلى و إلى الخارج حتى تزال الطبقة السطحية للجرانيت، و المناخ البارد يساعد بنجاح في إزالة الطبقات تدريجياً. فزيادة حجم الحبيبات المعدنية مرتبط بالتجوية الكيميائية للفسبار و يمكن أن تزيد من عملية التقشر، و يحول الجرانيت إلى شكل كروي يتصف بسلسلة من طبقات متركرة.^(٥)

ثانياً : عملية التحلية (سحب الأملاح):

يتم غمر الآثار الجرانيتية فور وصولها في الأحواض الموجودة بمعمل المسرح الروماني (صورة رقم ٦٦) و المملوءة بالمياه ذات التركيزات المختلفة من كلوريد الصوديوم - هما عبارة عن حوضين كبيرين، أبعاد الحوض الأول (١,٢٨ × ١,٥ × ٣,٥ مترًا) و الحوض الثانى أكبر حجماً (٨ × ٥ × ٢,٥ مترًا) و ذلك لحفظ الكتل المستخرجة في نفس الوسط و تحت الظروف التي كانت موجودة فيها قبل إنتشالها - نظراً إلى اعتماد عملية العلاج على سحب الأملاح التي أكتسبتها القطع الأثرية أثناء وجودها في مياه البحر.^(٦)

1-Thijs J. Maarleveld, Ulrike Guérin and Barbara Egger: 2013, Manual for Activities directed at Underwater Cultural Heritage, Guidelines to the Annex of the UNESCO 2001 Convention, © UNESCO France, pp 154 – 155.

2 – Schnepf, G. : 2004, underwater archaeological Surveying & Magnetometry, SUNKEN EGYPT (ALEXANDRIA), perplus, London, PP 35-37.

3 - Donny L. Hamilton : Spring 1997, Basic Methods of Conserving Underwater Archaeological Material Culture, Nautical Archaeology Program, Department of Anthropology, Texas A&M University.

4 – pearson, C.: op. cit., p 91.

5 -10 Weathering PDP earthds.info/pdfs-10.PDF .mht.PDF/Adobe Acrobat, p 263.-
http://earth.unh.edu/esci401/docs/class.8pdf.

٦- محمد أحمد هلال : ٢٠٠٧، الإمكانيات التنفيذية المتقدمة لتأهيل بعض القطع الحجرية المستخرجة من الحفائر البحرية للعرض المتحفي، دراسة تطبيقية على تجميع أجزاء ثلاثة أعمال جرانيتية بالمتحف البحري تحت إشراف البعثة الفرنسية، بحث منشور، المؤتمر العلمى الدولى الثالث- الفنون البصرية بين الثابت و المتغير – كلية الفنون الجميلة – جامعة الإسكندرية ص ١١ .

الخطوات المتبعة:

- ١- غمر الكتل بماء البحر و ذلك بالأحواض المعدة لذلك مع قياس درجة الملوحة للماء قبل وضعها فى الأحواض و متابعة القياس على فترات (لوحة رقم ٦٦).
- ٢- بعد مرور ثمانية و أربعين ساعة يتم تفريغ نسبة ٢٠% من حجم المياه الموجودة بالأحواض ثم يتم قياس نسبة الملوحة قبل إستكمال الأحواض بالمياه الجارية، بعد ذلك يتم الإستكمال بالمياه الجارية (ماء الصنبور) و بذلك تكون نسبة ملوحة المياه ٨٠% ثم متابعة قياس درجة الملوحة على فترات حيث المقارنة بين قياس نسبة ملوحة الماء الموجود بالحوض و ماء الحنفية (جدول رقم ٥)، و يتم قياس نسبة الأملاح من خلال قياس التوصيل الكهربى و هو جهاز من نوع فيليبس **GMH 221 Philips GMH 144/01** كما يوجد بمعمل ترميم كوم الدكة جهاز توصيل كهربى آخر من نوع **Sienco Model 104 no 400**،^(١) و فى حالة عدم وجود هذا الجهاز يمكن تقدير وجود الأملاح بأخذ كمية صغيرة من ماء الغسيل و يضاف إليها محلول نترات الفضة (حمضية ب حمض النيتريك) و عند تكون راسب أبيض قابل للذوبان فى الأمونيا هنا تعاد عملية تغيير الماء حتى نتخلص من الأملاح نهائياً بحيث لا تظهر هذه الرواسب مرة أخرى عند الإختبار بمحلول نترات الفضة،^(٢) و عند أنتشار الطحالب الرعدة بالماء يتم معالجتها بهيدروجين بيروكسيد - فوق مستوى الأوكسجين أو فوق أكسيد الكربون لمنع أنتشار الطحالب.

- ٣ - يتم تكرار الخطوة السابقة على فترات إلى أن نتخلص الكتل الجرانيتية من الملوحة العالقة بها (السطحية) و فى المرحلة الأخيرة يستخدم ماء مقطر خالى من الأملاح حيث تأخذ عملية التحلية من ستة إلى ثمانية أشهر.
- ٤ - بعد التخلص التام من الأملاح على سطح الكتل يتم تفريغ الأحواض تماما و إعادة ملؤها بالماء النقى يكون حتى منتصف الكتل العلوية (عملية التجفيف بـ لتخلص من الماء تدريجيا)، و يتم معالجة الأجزاء المكشوفة و تنظيفها بالطرق الميكانيكية التقليدية و تستمر العملية حتى تشمل جميع الكتل الموجودة بالأحواض.^(٣)

هناك إحدى الدراسات للدكتور/ طارق نازل تفضل عملية أخرى للتحلية عن طريق الغسل المباشر بالخرطوم المندفقة للماء، حيث تحك سطوح القطع الأثرية بفرشاة ناعمة ثم تترك لتجف و تتحرك كمية أخرى من الأملاح من داخل الحجر على السطح الخارجى ثم تكرر عملية الغسيل .. و هكذا حتى يتم التخلص من الأملاح الموجودة بالقطعة^(٤) ، و تكون هذه الطريقة مفيدة فى حالة القطع الجرانيتية الكبيرة ذو الحالة الجيدة، حيث يرى أن عملية التحلية السابقة فى الأحواض الكبيرة تكون الكثير من الطحالب رغم المعالجات، كما ترى الباحثة أن طريقة الخرطوم قد تكون مفيدة فى حالة عدم وجود أحواض كبيرة للتحلية التى يتعذر وجودها نظراً لقلة الأماكن، و إذا كانت القطعة الجرانيتية بحالة جيدة.

(جدول: ٥) يوضح المدة الزمنية التى تتطلبها عملية التخلص من الأملاح

تركيز المحلول	٦٠%	٤٠%	٢٠%	مياه عذبة	
عدد الساعات	١٤٤	٢٦٤	٣٣٦	٤٠٨	٥٢٨
جم / لتر كلوريد الصوديوم	١٨,٥٣	١٣,٧	٤,٧	١,٢٨	٠,٠٥

نقلا عن أ.د/ محمد أحمد هلال: دراسة تطبيقية على تجميع أجزاء ثلاثة أعمال جرانيتية بالمتحف البحرى، ٢٠٠٧.

١ - نقلا عن معمل ترميم المعادن بـ كوم الدكة (المسرح الرومانى).
 ٢- محمد أحمد هلال : ١٩٩١ ، تقنيات ترميم و صيانة الاعمال النحتية ، رسالة ماجستير ، كلية الفنون الجميلة ، جامعة الإسكندرية ، ص ٢٢.
 ٣- نقلا عن معمل ترميم المعادن بـ كوم الدكة (المسرح الرومانى).
 ٤- محمد أحمد هلال : تقنيات ترميم و صيانة الاعمال النحتية ، ص ٢٢.

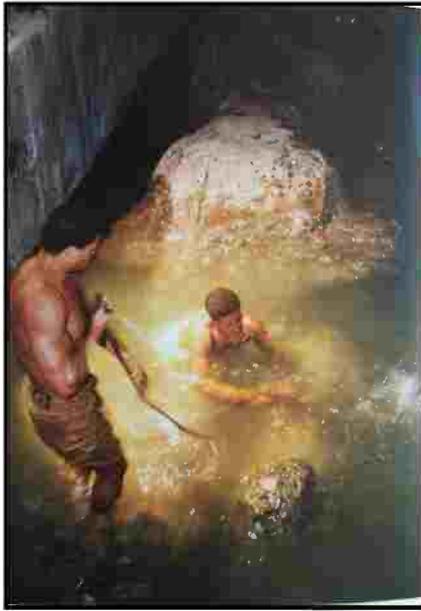


(صورة : ٦٥) Terry toweling و هي عبارة عن مناشف بيضاء لتغطية القطع الأثرية الكبيرة والضخمة و تستخدم حتى يظل الأثر محتفظاً برطوبته حتى يصل إلى معمل الترميم، لذلك فهي مناسبة للقطع الأثرية المسخرجة من البيئة البحرية، و تكون متاحة في صورة لفافات.



(صورة : ٦٤) توضح عملية غمر القطع الحجرية الصغيرة و المتوسطة الحجم في أحواض بلاستيكية مملوءة بمياه البحر حتى وصولها لمعمل الترميم.

نقلًا عن : Scott, R.:



(لوحة : ٦٦) توضح التماثيل و هي موجودة بالأحواض الكبيرة أثناء عملية التحلية بالمرح الروماني بجوم الدكة. نقلًا عن : Jean Yves Empeur, Alexandria Rediscovered,



(صورة : ٦٧) رأس جرانيتية أثناء تنظيفها مما عليها من تكلسات فور إنتشالها. نقلًا عن : Franck Goddio: Egypt Sunken Treasures:

ثالثاً : التنظيف:

يعتبر التنظيف خطوة من أهم الخطوات التي تبدأ منذ اكتشاف الأثر أثناء الحفائر و في قاع البحر ثم بعد الأنتشال أثناء عمليات التحلية و بعدها، فقبل الفحص الدقيق للكتل ينظف سطح الكتل من أى تكلسات و الطحالب البحرية (صورة رقم ٦٧)، و لابد من تكرار تلك العملية تقريبا كل أسبوعين بسبب مستويات التلوث العالية في الموقع، ففي المناطق العميقة من الموقع تتراكم على الكتل العديد من الطبقات، و لذلك لابد من أنتشال تلك القطع حتى يتمكن الأثرى من دراسة الطبقات السفلى المترابطة (لوحة رقم ٥٦ ب - ج) و (من صورة رقم ٥٧ إلى صورة رقم ٥٩).

و ينقسم التنظيف إلى نوعين تنظيف ميكانيكى و تنظيف كيميائى.

١ - التنظيف الميكانيكى:

يستخدم المكشط و المعول المصنوعان من الأستلستيل حيث فحص الرواسب دون الأضرار بالأثر ثم يستخدم الديكاميتر لتسجيل المعثورات على لائحة بلاستيكية و تحديد موقع كل قطعة برقم^(١).

كما تستخدم الأزاميل المتنوعة و الفرش أسفل المياه لإزالة المخلفات البحرية و الرواسب و التكلسات الموجودة على الأثر و التى تكون سميكة الحجم و هى عبارة عن تكلسات جيرية و حيوانات بحرية و قواقع و طحالب و حشف يكسو الأثر، تستخدم الأدوات بدقة و حذر حتى لا تضر الحجر و حتى تتثنى رؤيته و ما عليه من نفوش و رسوم إن وجدت، بعد ذلك يتم القياس و يرسم القطعة بدقة.

عند خروج القطعة تسلم إلى أخصائى الصيانة و الترميم بالموقع بعد وضع البيانات اللازمة على البطاقة، فبالنسبة للقطع الصغيرة و المتوسطة الحجم توضع فى أحواض التحلية و غالبا ما تكون الأحواض من البلاستيك و بها مياه البحر حتى لا تتعرض للتلف إلى أن تصل إلى معمل الترميم و تجرى لها باقى عمليات التحلية (صورة رقم ٦٤).

بالنسبة للقطع الكبيرة يتم لفها بقطع قماش كبيرة مبللة بماء البحر (صورة رقم ٦٥) إلى أن تصل للأحواض الكبيرة الموجودة بالمعمل (لوحة رقم ٦٦).^(٢)

عملية إزالة المخلفات الجيرية و السيليسية:

تستكمل عملية التنظيف أيضا أثناء التحلية باستخدام الفرش الكبيرة لإزالة ما يوجد على الأثر من تكلسات، فبالنسبة للقطع المستخرجة من البحر يجب أن نفرق بين المخلفات الجيرية و السيليسية (السليكونية) للكائنات البحرية، مخلفات و ترسيبات أكاسيد الحديد و النحاس و المخلفات العضوية (الطحالب - الأسفنج - البكتيريا).

تظهر المخلفات الجيرية فى صورة أصداف لباح البحر، بقايا هياكل الشعاب المرجانية و مجموعات الأسفنج البيضاء التى ربما تحمل خليط من رمال و مواد التربة فى بنيتها، هى غالبا ما تتحد على سطح القطعة و تكون شديدة الصلابة، كما يمكن أن تحدث أسفل الأرض نتيجة لترسيبات كربونات الكالسيوم التى تنتقل عن طريق المياه أو البيئة البحرية كنتيجة لدورة حياة الكائنات البحرية الموجودة على أسطح القطع.^(٣)

1- http://www.cealex.org/sitecealex/activities/sous_marin/SSMQ_cartographie_E.HTM.

2- Scott, R.: 2007, Conservation Manual For Northern Archaeologists, Prince of Wales Northern Heritage - Centre, Revised 3rd Edition pp 29-31.

٣- نقلا عن معمل ترميم المعادن بكم الدكة (المسرح الرومانى) ، الإسكندرية.

أما المخلفات السيليسية فتكون على هيئة ترسبات منخفضة ناعمة بيضاء لشفافة تكون أزتها شديدة الصعوبة حيث تختلط وتنصهر بطريقة عملية مع سطح القطعة، تزال بالطريقة الميكانيكية حيث تكون الروابط السيليكونية ذو مقاومة شديدة للكيمويات و لا تتفاعل مع الأحماض الشديدة و القواعد.

يكون الأختيار الأول المرجح دائما هو الأزالة الميكانيكية للمخلفات إذا أمكن عندما تكون القطع ماتزال مبللة حيث لا تكون البقايا قد تحجرت تماما عند أتصالها بالجو حيث تمتص الكربون مما يجعلها شديدة الصلابة عند جفافها^(١)، و تزال المخلفات ميكانيكيا باستخدام المشارط الجراحية، أزاميل الموجات فوق صوتية و المسامير، الأزاميل التى تعمل بالهواء المضغوط، خراطيم الماء المضغوط وغيرها من الطرق (صورة رقم ٦٧)، و من الجدير بالذكر أن للتكلسات البحرية التى تزال من الموقع أهمية كبيرة لأنها تكون محملة دائما بالقطع الأثرية، أحيانا ما تكون فى حالة جيدة من الحفظ و تكون أحيانا شديدة التآكل، فمن المهم عدم التخلص من هذه التكلسات المتحجرة قبل فحصها فحصاً جيداً، و ذلك بإستخدام ال- X-Ray لمعرفة إذا كان يوجد أثر و كذلك معرفة مكوناته.^(٢)

هناك العديد من الأسعافات الميكانيكية المتاحة بإستخدام معدات الأسنان و الملاقيط، الأدوات التى يحركها الهواء المضغوط تتراوح من مسدس التثبيت ذو الرأس الفارغة إلى القلم الهوائى ، أدوات الأهنزاز و المطارق، فيجب أختيار الأداة بحيث تكسر التكلسات الحجرية بدقة و بأقل ضرر ممكن للقطع المظمورة.

٢ - التنظيف الكيمائى:

بالنسبة للتنظيف الكيمائى فيكون اللجوء إليه فى أضيق الحدود و ذلك لما يكون له من أضرار جانبية مثل ترسب الأملاح أو التأثير على الزخارف أو ظهور البقع .
و تستخدم المواد الآتية: - المواد الكيمويات العضوية (المذيبات العضوية و المنظفات الصناعية).
- المنظفات العضوية من النوع الغير متأين مع الماء القوى تحت ضغط منخفض.
- المواد الكيمائية الغير عضوية (الأحماض و القلوبات و الأملاح الغير عضوية).
و عند تطبيق طرق التنظيف الكيمائى على الآثار الجرانيتية يجب أختبار مساحة صغيرة تبلغ حوالى ٥ سم ٢ مع ملاحظة تأثير الطريقة المستخدمة فى التنظيف حيث أن الأحماض تعتبر خطيرة على الأسطح الحجرية و يجب التحكم فيها جيدا و إستخدامها بتركيزات مخففة جداً.
فيمكن إستخدام الصابون المتعادل مع الماء بنسبة ١:١ أو الكحول الإيثيلى مع الماء بنسبة ١:١.

كما أن هناك محلول آخر أثبت فاعليته فى عمليات التنظيف و تركيبه كالتالى:

١٠٠ سم ٣ ماء مقطر Distilled Water - ١٠ جرام صابون متعادل (Soft Soap (Lissapole N)
- ١ سم ٣ أمونيا Ammonia و يلى ذلك التنظيف بإستخدام الماء النقى.^(٣)

1- Bradley A. Rodgers: , 2004, THE ARCHAEOLOGIST'S MANUAL FOR CONSERVATION, A Guide to Non-Toxic, Minimal Intervention Artifact Stablization, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New Yorkp 149.

2- Pearson C.: Protection of the underwater heritage, p 90.

٣- محمد كمال خلاف : ٢٠٠٩ ، محاضرات فى صيانة و ترميم المواد غير العضوية، تمهيدى الماجستير، ص ٢٤ .

كما يمكن عمل محلول وفقا للمكونات التالية: ٥٠ جرام كربوكسى - ٢٥ جرام بيكرونات أمونيوم - ٢٥ جرام صابون متعادل - ٢٥ جرام EDTA، (كمادة مورا)، و يلى ذلك التنظيف باستخدام الماء النقى، و قد تم إستخدام هذا المحلول من قبل البعثة الفرنسية لتنظيف التماثيل الجرانيتية الضخمة المستخرجة من هيراكليوم بأبى قير.^(١)

إزالة التلكنسات الجيرية:

بالنسبة للتلكنسات الجيرية عند تعذر إزالتها بالطرق الميكانيكية تنظر إلى إستخدام الطرق الكيمائية حيث تستخدم المركبات الكيمائية بحذر و بدقة محكمة و بأقل قدر ممكن حيث لا تضر بالبنية الطبيعية و الكيمائية للحجر، و يمكن إستخدام ضمادات محددة الوقت على المخلفات الجيرية البارزة، حيث أثبتت الدراسة نجاح كمادة ٣٠ بنسبة جرام كربوكسى - ٣٠ جرام كربونات أمونيوم و تغطيتها و تركها لمدة ٢٤ ساعة فأكثر لتعطى نتائج جيدة حيث تعمل على فك الرابطة و تحويلها لمادة هولامية .

إزالة الحشف البحرى:

تكون درجة التصاق الحشف البحرى بأسطح القطع الحجرية فى بعض الأحيان شديدة جدا مما يوجب اللجوء لمحاولات فك الرابطة بين الحشف و السطح البحرى بالإستخدام الموضعى لكمادات قليلة جدا من محلول حمض الهيدروكلوريك بتركيز ٥% بوضعه مباشرة فوق الجزء المراد إزالته ثم يتم غسله بسرعة و ذلك لإضعاف الجزء المتكس مما يسهل من عملية تنظيفه بالأساليب الميكانيكية دون تعرض سطح الحجر للنقر أو التلف و قد تم ذلك قبل إنهاء عملية التحلية النهائية بالقطع الموجودة بمعمل ترميم المعادن بكم الدكة.^(٢)

كما يمكن إستخدام EDTA ثنائى الصوديوم بتركيزات ٥% - ١٠% - ٢٠% بمفردها أو مضافا إليها AB57 فى صورة كمادة بعد إضافة الكربوكسى بتركيز ٦% لكل من المحاليل المستخدمة و إستخدم البولى إيثيلين و شريط لاصق لتغطية و تثبيت الكمادات، و لقد أوضحت الدراسة أن تركيز ٢٠% قد أعطى أفضل نتائج فخلال أيام كشف عنه أربعة مرات.

كما أن EDTA ١٠% مع الكربوكسى ميثيل سليولوز أعطت نتائج إيجابية بعد ١٠٠ دقيقة حيث تحللت الرواسب و أصبحت ضعيفة، و بمساعدة المشروط أزيلت بقايا الرواسب بسهولة.^(٣)
فال EDTA ثنائى الصوديوم هى الأكثر فاعلية، و وفقا لذلك أوصت الدراسة بمحاولة إستخدامها بتركيزات مختلفة و محاليل لكى نستطيع التعرف على المحلول الأمثل لتنظيف تلك الرواسب.
كما أن عمليات التنظيف المطبقة على الأسطح للقطع الأثرية يجب أن تطبق لمدة وقت أطول، لا تقل عن ٢٤ ساعة.

إزالة البقع السوداء:

يمكن إستخدام EDTA فى محلول AB 57 ثم تتبع بعملية الغسيل بماء مقطر خالى من الأملاح حتى تصل لدرجة PH الحموضية المتعادلة.

١- محمد أحمد هلال : دراسة تطبيقية على تجميع أجزاء ثلاثة أعمال جرانيتية بالمتحف البحرى ، ص ١١ .

٢- نقلا عن معمل ترميم المعادن بكم الدكة (المسرح الرومانى) ، الإسكندرية.

٣- أشرف ناجح أسكاروس حنا: ٢٠١٣، دراسة علاج و صيانة الأحجار من العصر البطلمى و تحديد مصادرها تطبيقا على بعض الآثار الحجرية لفنار الإسكندرية، رسالة دكتوراه، جامعة القاهرة، كلية الآثار، قسم الترميم، ص ١٣١ .

لإزالة أكاسيد الحديد و النحاس:

دائما مانجد بقع أكاسيد الحديد و النحاس على الأحجار المستخرجة من قاع البحر و هى عبارة عن بقع ذو لون بنى محمر إلى سوداء بالنسبة لأكسيد الحديد و بقع ذو لون أخضر يميل للزرقة بالنسبة لأكاسيد النحاس تستخدم الـEDTA لفك الرابطة بين أكسيد الحديد و أكاسيد النحاس. (١)

لإزالة أكاسيد الحديد يمكن إستخدام الهيدروجين بيروكسيد بنسبة من ١٠ إلى ٢٥% عن طريق الغمر و تختلف مدة بقائها من قطعة لأخرى حسب إزالة البقع و كذلك الطحالب ، عملية الغسيل غير ضرورى بعد الأنتهاء من تلك المعالجة. (٢)

كما يمكن إزالة التكلسات بإستخدام الأمونيوم بطريقة الكمادات فى المناطق التى بها آثار صدا بنسبة تركيز تتراوح بين ١٠% إلى ١٠% مع ترك تلك الكمادات لفترة تتراوح بين ١٠ - ١٥ دقيقة، مع مراعاة إجراء عملية الغسيل الجيد لتلك المناطق مباشرة بماء خالى من الأملاح.

و يمكن إزالة المخلفات العضوية الصغيرة بوضع كمادة مغمورة فى الهيدروجين بيروكسيد بنسبة ٢٥% فوق المناطق المصابة. (٣)

و ينصح بغسل القطعة فى ٥% من محلول tensioactive hygienic المركب فى الماء مع إستخدام الفرشاة للتطهير.

لتخليص القطع الجرانيتية من اللون الأبيض الناتج عن الأملاح (التجير) :

تستخدم كمادات من حمض الخليك Acetic Acid بنسبة تتراوح من ٥% - ١٠% و لمدة تتراوح ما بين ٥ - ١٠ دقائق و قد أعطت هذه الطريقة نتائج ممتازة لجعل الأجزاء التى قد تم تجميعها بدرجة لونية و احدة، تلى عملية الكمادات عملية الغسيل بماء خالى من الأملاح و فرشاة حتى يتم التخلص من بقايا الحامض، تم تطبيق هذه الكمادات بنجاح على التماثيل الجرانيتية الضخمة لملك و ملكة و تمثال للآله حابى التى تم إنتشالها من أبوقير عام ٢٠٠٥.

لإزالة آثار بقع الزيوت و الشحوم:

- يمكن إستخدام هاجزن Hexan. (٤)

- يمكن خلط جزء من الأسيتون مع جزء من اسيتات الأميل Amyl Acetate حيث يتم غمس قطعة القطن فى المحلول ثم يتم وضعها على البقعة و يمكن إستخدام الطفلة حيث توضع أولا ثم تترك ثلاثة أيام بعد أن تغطى بالبولى إيثيلين كما يمكن إستخدام كلوريد الميثيلين كخلفية بدلا من الطفلة.

- يمكن إزالة بقع الزيت البسيطة بإستخدام الزايلين Zylene على هيئة كمادة.

بعد عملية الأنتشال و الصيانة للقطع بالمرسح الرومانى لوحظ ظهور بقع ذات لون أصفر يميل إلى البنى الفاتح فى بعض القطع و لعلاج ذلك تم إستخدام كمادات من حمض السيتريك Citric Acid المخفف بنسبة من ٣ - ٥% تبعثها عملية إعادة غسيل بالماء الجارى مرة أخرى حتى تم التخلص تماما مما تبقى من الحمض .

١- محمد كمال خلاف : المرجع السابق.

2 - Donny L. Hamilton: Spring 1997, Basic Methods of Conserving Underwater Archaeological Material Culture, Nautical Archaeology Program, Department of Anthropology, Texas A&M University.

3 - U.S. Department of Defense Legacy Resource Management Program Washington, D.C., p 24.

٤ - محمد أحمد هلال : المرجع السابق، ص ١٢.

- كما يمكن إزالة آثار البقع و الشحوم باستخدام ٥% dichloromethane فى الإيثانول لمدة ٥ دقائق^(١).

- لإزالة التكدسات الثقيلة من أسطح الجرانيت الغير مصقولة يتم مبدئياً استخدام ماء نقى تحت ضغط منخفض ثم طبق بعد ذلك ٥% من حمض الهيدروفلوريك Hydrofluoric Acid مع أخذ الاحتياطات^(٢).

التنظيف باستخدام الكمادات:

تعتبر كمادات التنظيف فى كثير من الأحيان بديلاً عن طرق التنظيف بواسطة الماء أو طرق التنظيف بواسطة بخاخ الماء الجزئى Particle Jet Cleaning .
و منها كمادات معادن الطفلة:

مثل الـ Attapulgite و الـ Sepiolite التى تعطى وسطاً صالحاً لكمادة جيدة للتنظيف حيث أن التركيب البنائى لهذه المعادن يجعلها قادرة على إستيعاب كميات من الماء و تستطيع معادن الطفلة أمتصاص الأتربة و العوالق و تلتصق على سطحها عند جفاف الكمادة مما يؤدى إلى تنظيف سطح الأثار الحجرية^(٣)، كما تشكل الكمادات بخلطها بمادة ذو مكون نشط، و هناك اثنين من الكمادات شديدة الأهمية تستخدم فى إزالة الفشور السوداء، و بالنسبة لإزالة الأملاح الذائبة باستخدام الكمادات تكون صعبة و دائماً غير كاملة.

الأولى: تكون باستخدام ملح الصوديوم لحمض الخليك Ethylenediaminetetra-Acetic Acid و الذى يشار إليه بأسم (Na-EDTA) كعنصر نشط، و هى مستخدمة منذ عام ١٩٧٠ ، و هى مناسبة لفشور و ترسبات الجبس لأنها تحدث مكون مستقر مع أيونات الـ Ca_2^+ ، و بالتالى يتحول الجبس إلى كبريتات صوديوم Sodium Sulfate (Na₂SO₄) قابلة للذوبان التى تتشرب داخل الكمادة كما تتشرب داخل الأحجار.

الثانية: تكون باستخدام كربونات الأمونيوم Ammonium Carbonate تم تطويرها فى عام ١٩٦٠ ، و يكون بتحويل الجبس الذائب إلى كالكسيت أقل ذوباناً، لأن كربونات الأمونيوم قلبية بأس هيدروجينى ٩.٥ مما له تأثير تنظيف قوى، كما أن زيادتها لا تكون مضره لأنها تتحلل فى المركبات المتطايرة.

تصنع المادة الخاملة الداعمة للكمادة من مواد مثل المعادن الطينية (Attapulgite, Sepiolite, Bentonite)، الميثيل سليولوز Methyl Cellulose و السليكا العالية التشتت Highly Dispersed Silica، و لتمام فاعلية الكمادة لابد أن تكون ملتصقة جيداً بسطح الحجر لتسمح بإنتشار الأيونات من الكمادة إلى طبقات السطح الحجرى مما قد يعيق الأزالة الكاملة للكمادة، لذلك يستخدم لهذا الغرض يستخدم ورق الترميم اليابانى كوسيط بين الكمادة و الحجر فى كثير من الحالات لتجنب ترك آثار رمادية أو بيضاء من الكمادة على السطح الحجرى^(٤).

1- Chia, S.: July 1-2 2002, A STUDY ON THE CLEANING METHODS OF STONE ARTIFACTS, Bangkok, Thailand, p5.

2 - FINAL REPORT, Texas Historical Commission, Conservation Treatment for Ten Historic Outdoor Sculptures, Funded by a Federal Grant under the Intermodal Surface Transportation Efficiency Act of 1991.

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

4 -Torraca G.: Lectures on Materials Science for Architectural Conservation, op. cit. , pp 29,99.

إستخدم مؤخراً اللاتكس الطبيعي (المطاط) فى التنظيف حيث يتم رش مستحلب الاتكس أو دهنه عن طريق فرشاة للتنظيف، و بعد تصلبه يشكل غطاء بلاستيكي يمكن نزعها، فأى جزئيات غبار أو أتربة لم تلتصق بقوة على السطح تقشر مع غطاء الاتكس البلاستيكي، فمن الواضح أن كمادة اللاتكس يوصى بها لتنظيف الأسطح الصلبة و السليمة.^(١)

رابعاً : عملية التقوية :

نقوم بعملية التقوية عند الضرورة فى حالة وجود ضعف فى سطح الحجر كالتفتت - التشقق - التقشر و الشروخ و يعد كل ذلك شكلاً من أشكال التلف و التى تؤدى فى حالة إستمرارها إلى ضعف بنية الأثار الحجرية.

تنقسم مواد التقوية إلى:

١- المقويات العضوية الطبيعية:

من أقدم المواد التى أستخدمت و أصبحت نادرة بل عديمة الإستخدام خاصاً بعد اكتشاف المقويات الحديثة نظراً لما بها من عيوب تتمثل فى تعرض سطح الحجر المعالج للتلف الميكروبي نتيجة للرطوبة عند إستخدام الأصماغ الطبيعية و زلال البيض و اللبن و الدكستريين، كما أن بعضها يجعل سطح الأحجار لامعا و عرضة لجذب الأتربة و الزيوت و الشموع، و البعض من المقويات كان يؤدى إلى أصفرار سطح الحجر و غمقانه مثل اللاك و اللبن و الراتنجات الطبيعية و الغراء الحيوانى.^(٢)

٢ - المقويات الغير العضوية Inorganic Consolidants:

تحقق نجاحاً محدوداً فى عمليات التقوية و فى بعض الحالات التى أستخدمت فيها هذه المقويات أسرعت من عمليات التلف بشكل كبير و تعد من المواد المائلة و هذا يسبب شد سطحي لأن المقويات غير العضوية تعطى طبقة صلبة و سطحية كما أنها تنتج أملاح عن طريق تفاعل المكونات الناتجة مع مادة الأثر و كذلك الضغوط الناشئة عن بلورات الأملاح المترسبة، كما أنها تحتاج إلى كميات كبيرة من الماء و لفترة طويلة من الوقت مثل ماء الجير (هيدروكسيد الكالسيوم) Lime Water و هيدروكسيد الباريوم Barium [Ba(OH)₂] Hydroxide مما يزيد من تلف الأثر.^(٣)

من أهم المقويات Siliceous Consolidates سليكات الصوديوم و البوتاسيوم حيث تتفاعل مع الماء و ينتج عنها حمض السيليسيك المسئول عن عملية التقوية حيث يترسب الحمض فى صورة جيلاتينية ثم تخضع لعمليات النقل و الأنكماش التدريجى بفقد الماء مكونة فى النهاية السليكا الجافة، و لقد وجد بطريقة عملية أن المقويات الغير عضوية غير إسترجاعية .

1- Siegsmond, Siegfried (EDT)/ Sneath, Rolf (EDT) : op.cit., pp 449 - 450.

٢- حسين محمد على : ٢٠٠٢ ، أسس ترميم الأثار و المقتنيات الفنية ، دار الكتب المصرية ، ص ١٦٣ .

٣- محمد كمال خلاف : ٢٠٠٩ ، محاضرات فى صيانة و ترميم المواد غير العضوية، تمهيدى الماجستير، ص ٢٩ ، ٣٠ .

٣ - مواد تقوية عضوية صناعية أو راتنجات صناعية Synthetic Resins :

تتميز الراتنجات العضوية الصناعية عن غيرها من المواد بخاصية المرونة و الناتجة عن ارتباط السلاسل الهيدروكربونية في شكل غير محدد تجعلها صالحة إمتصاص الصدمات الميكانيكية. يرى بعض العاملين في مجال الترميم عدم الإفراط في إستخدامها لأنها مازالت حديثة الأكتشاف و لا نستطيع الحكم عليها بطريقة حاسمة قبل مرور وقت طويل مما يحتم أن يكون إستخدامها مسبقاً بالدراسة و التجربة الكافية للحكم على صلاحيتها و الطريقة المستخدمة التي تتلائم مع حالة الحجر.

تنقسم الراتنجات الصناعية إلى:

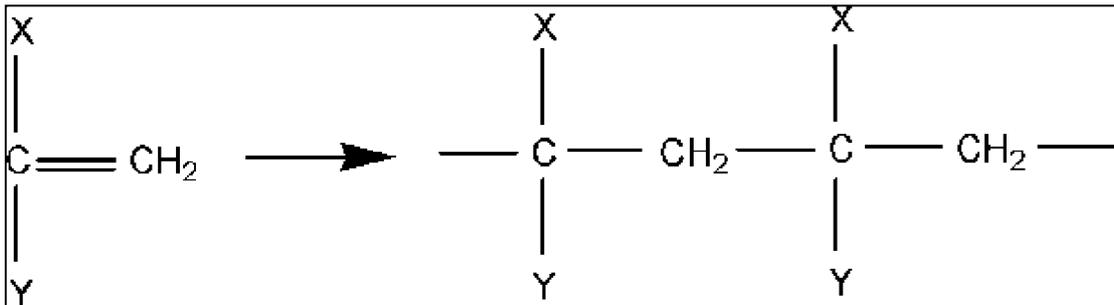
أ. راتنجات الثيرمو بلاستيك Thermo Plastic Resins :

هي مركبات عضوية عالية التبلر تلين بالحرارة و تتصلب بالتبريد و من أمثلتها:

- راتنجات الأكرليك Acrylic Resins :

تتوافر بشكل واسع في صورة بلورات شفافة عديمة اللون أو في صورة محاليل مقلية أو مستحلبات لاصقة ، و تذوب في المذيبات العضوية مثل التراي كلورو ايثيلين. (شكل رقم ٤٨).

يعتبر البولي ميثيل ميثاكريلات Polymethyl Methacrylate (PMMA) من أكثر المنتجات المتعارف عليها من الأكريلات، و هو ينتج عند بلمرة الميثيل ميثاكريلات (MMA) Methyl Methacrylate ، و هذه المادة تعرف بأسم Plexiglas ، و يعتبر أصفرار الأكريلات لأن معظم مركبات الأكرليك تتبلر بواسطة البيروأكسيد Peroxides الذي يتحلل خلال التفاعل، مع ذلك يكون هناك أكريلات عرضة للأصفرار حيث تتم بلمرتها من قبل الأمينات، فيجب أن تكون درجة حرارة الأنتقال الزجاجي T_g للأكريلات أعلى من معدل درجة حرارة الذي ستوضع فيه القطعة الأثرية حتى لا تفقد فعالية عملية التقوية، و تعتبر منتجات الـ MMA و الـ EMA الأكثر ملائمة في عمليات الترميم (جدول رقم ٦).^(١)



(شكل: ٤٨) رسم يوضح نظام التفاعل الأساسي لتشكيل بوليمر الأكرليك

الحروف X و Y المجموعات العضوية المختلفة التي تحدد الخواص الكيميائية و الميكانيكية لراتنجات الأكرليك المبلرة، فجميع مركبات الأكرليك هي إسترات من حمض الأكرليك و أي مادة كحولية.

نقلًا عن : Giorgio Torraca: Lectures on Materials Science

(جدول ٦) يوضح المعادلة العامة لمونيمرات الألكريك الأساسية

Tg °C	المجموعة Y	المجموعة X	الاختصار	الاسم
١٠٠	-C(=O)-O-CH ₃	-CH ₃	MMA	Methyl-methacrylate
٦٥	-C(=O)-O-CH ₂ -CH ₃	-CH ₃	EMA	Ethyl-methacrylate
٣٥	-C(=O)-O-CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	-CH ₃	nPMA	n-Propyl-methacrylate
١٠	-C(=O)-O-CH ₃	-H	MA	Methyl-acrylate
٢٤-	-C(=O)-O-CH ₂ -CH ₃	-H	EA	Ethyl-acrylate
-	-C(=O)-OH	-H	AA	Acrylic acid

Tg °C = درجة حرارة الانتقال الزجاجي

هذه الأسماء هي تبسيط للأسماء الكيميائية الصحيحة، فالأسم الصحيح للـ **Methyl-methacrylate** ، يكون

. Methyl Ester of the Methacrylic Acid

نقلًا عن : Giorgio Torraca: Lectures on Materials Science

و من ضمن أنواع الأكريلات :

- البارالويد ب ٧٢ Paraloid B72 :

من أفضل المواد المستخدمة في تقوية و لصق الأحجار لما يتميز به من قوة شد عالية لحبيبات الحجر، و هو بوليمر مشترك بنسبة ٥٠% لكل من فينيل الأيثيل ميثاكريلات و الميثيل اكريلات، و هو ذو درجة حرارة أنتقال زجاجي ٧٢' درجة، (شكل رقم ٤٩) و (شكل رقم ٥٠)، و يطلق عليه أيضا أكريلويد Acryloid B72 و هي في صورة كويرات صغيرة شفافة صلبة من البوليمر قابل للذوبان في معظم المذيبات العضوية مثل الطولوين، أسيتون، البيوتانول، ثنائي الأسيتون و الكحول، كلوريد الميثيلين، إيثيل أسيتات و أميل أسيتات، يطبق بتركيز من ٢% إلى ١٠% في هذه المذيبات العضوية .

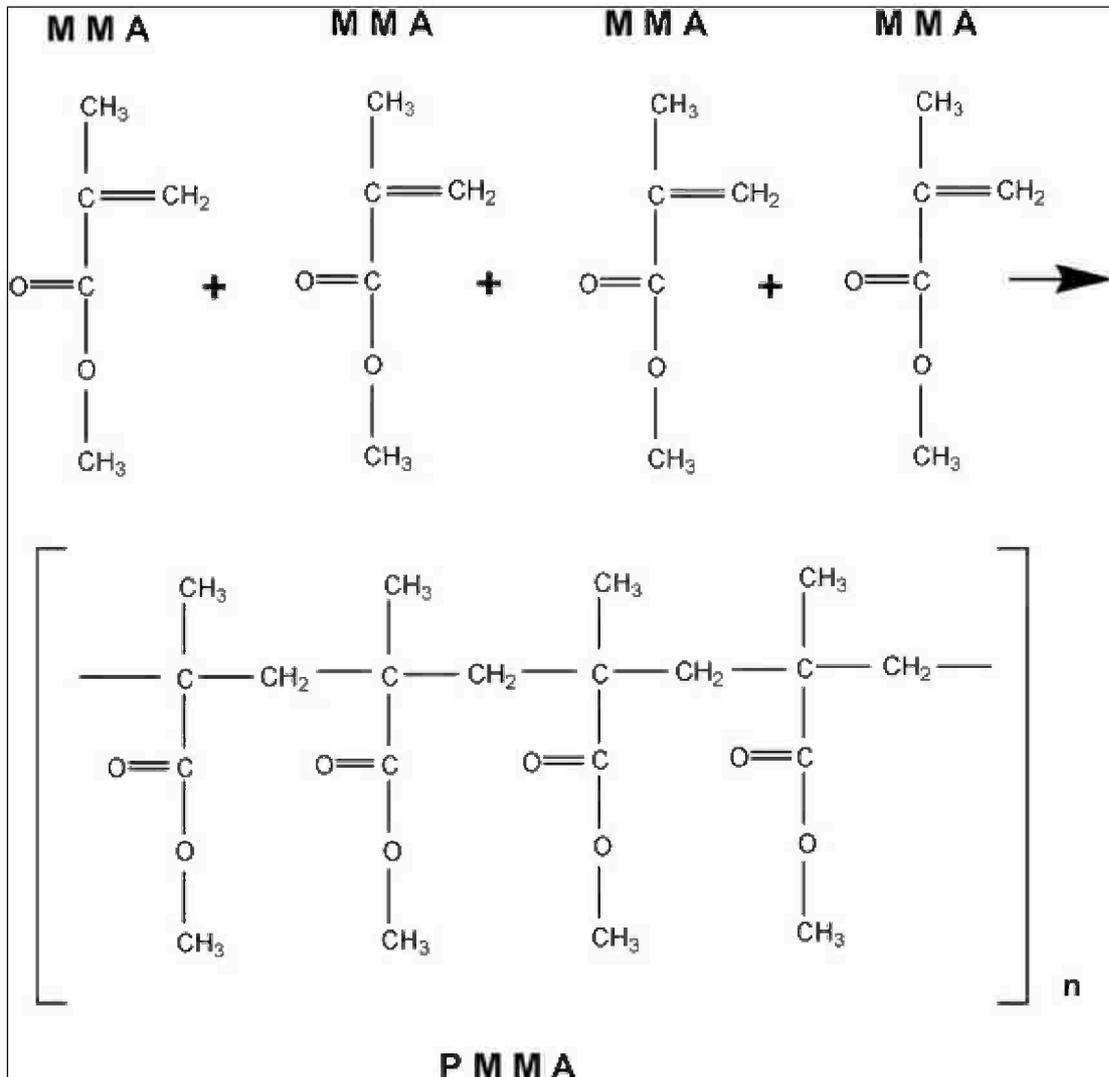
قام كثير من المرممين بمحاولة استخدام البارالويد B72 الذائب في الـ Alkoxysilane مثل MTMOS ، و ذلك لما للبارالويد من خواص لاصقة تساعد في لصق وتدعيم القشور يفقدونها الـ Alkoxysilane حيث أن الكوكسيسيلان مقوى ذو تغلغل جيد و ليس ذو خواص لصق جيدة، و لا بد أن يقوم بتطبيق هذا الخليط مرمر ذو خبرة كبيرة لتفادي الأضرار بالأثر.

و من أهم مميزات البارالويد B72 أن له درجة ثبات عالية للضوء و مقاومة الأكسدة و التغيرات الأخرى في الجو، كما أنه يظل محتفظًا بقابليته للذوبان بمرور الوقت و لا يفقد هذه الخاصية حتى بعد التعرض المستمر للضوء لفترات طويلة، و البارالويد قابل للإسترجاع و من اللواصق الممتازة و لكن ليس من الضرورة أن يكون مقوى جيداً في الأحجار الجرانيتية المعروضة في الأماكن المفتوحة.^(١)

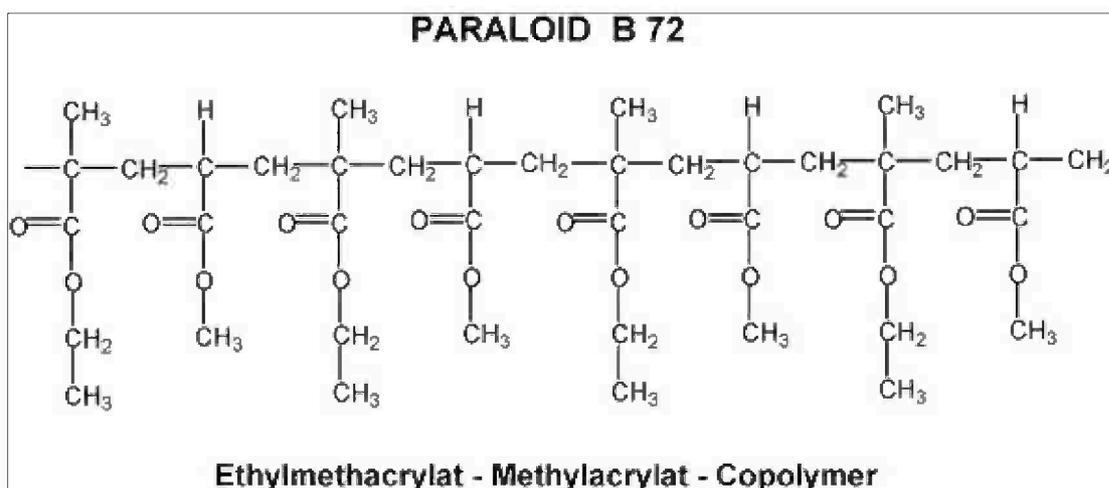
و من الأفضل أن يطبق البارالويد B72 على أحجار الجرانيت بتركيزات منخفضة و يكرر الطلاء بعد الانتهاء من جفاف كل طبقة، حيث أن الجرانيت لا يمتص بشكل موحد، و لقد أظهر الـ SEM البارالويد B72 بفيلم ذو سطح سلس نسبياً و لكن في بعض الأجزاء يظهر بسطح متموج قليلاً، و ذلك في الدراسة التي أجريت على المسلة الناقصة بأسوان (دكتور شحاته عبد الرحيم)،^(٢) كما أكدت ذلك أيضاً الدراسة التجريبية التي قامت بها الباحثة.

1- Doehne E. and Clifford A. Price: Stone Conservation, op. cit, p 42.

2 –Abdel S. A.Rahim & Kamally H. A. : 2011, Deterioration of Rock Art Painting at unfinished obelisk quarry in Aswan, Journal of American Science, 2011;7(4), p 280.



(شكل: ٤٩) يوضح نظام تفاعل البلمرة من MMA إلى PMMA



(شكل: ٥٠) يوضح التركيب الكيميائي للبارلويد B72

- البارلويد ٤٤ Paraloid B44 :

هو بوليمر مشترك Copolymer من الميثيل ميثاكريلات Methyl Methacrylate ذو مونيمر غير معلوم، و يعرف البولى ميثل ميثاكريلات Polymethyl Methacrylate بتشكيله لطبقة صلبة ثابتة للغاية فى مواجهة التحلل و التدهور الناتج عن الحرارة، الأشعة فوق البنفسجية و التأكسد.

مع ذلك فإن له درجة حرارة أنتقال زجاجى Tg عالية جداً، و هذا الأنفصال من البنية التحتية يمكن أن يمثل مشكلة فى بعض الأحيان، مع ذلك فإنه واحد من المكونات الأساسية للـ Incralac و هو مادة معروفة تجارياً لطلاء المعادن.^(١)

و لقد تم استخدام الـ B44 المذاب بالأسيتون بتركيز ٣% فى صيانة و ترميم معبد الملك رمسيس الثانى بالكرنك و بوابة (إيفروجيت) أمام معبد خنسو و صالة الأعمدة الكبرى بالكرنك.^(٢)

- البريمال:

كما أن راتنجات الأكرليك متاحة فى صورة مستحلب Emulsion ومنها Primal AC33 وهو بوليمر مشترك من الأيثيل ميثاكريلات و الميثيل اكريلات فى صورة مستحلب و Primal E 330E 330 و المركبين يذوبان فى التولوين و الأسيتون و لكنهما مع الوقت لا يذوبان فى الماء.

و بصفة عامة الأكريلات راتنجات مائية شفافة بعضها صلب و زجاجى و بعضها لين و مرن و تذوب فى مذيبات متنوعة و عند حدوث بلمرة كاملة تتحسن الخواص الميكانيكية للقطع المعالجة.

- راتنجات الفينيل Vinyl Resin :

هذه البوليمرات تذاب فى مذيبات عضوية ثم تطبق فى عمليات التقوية، و إذا لم تطبق بوليمرات راتنج الفينيل مخففة و بحرص فسوف يؤدى ذلك إلى تلف الحجر المعالج بفعل الرطوبة و الأملاح و الكائنات الحية الدقيقة.

و من أمثلتها: البولى فينيل أسيتات (PVAC) Poly Vinyl Acetate و يعطى طبقة لامعة على السطح و البولى فينيل الكحول (PVAL) Poly Vinyl Alcohol، و يكون راتنج مفيد جداً فى ظروف معينة حيث أن الماء هو المذيب الوحيد المناسب له، يستخدم كمقوى و لاصق، و هو عبارة عن بودرة بيضاء ب درجات خللات منخفضة، متوسطة و عالية و لزوجة تتراوح من ١،٣ إلى ٦٠، يكون جفاف PVAL أكثر وضوحاً من PVA، أكثر ليونة و أقل أنكماشاً.^(٣)

كلوريد البولى فينيل (PVCL) Poly Vinyl Chloride حيث تسبب التفاعلات الكيميوضوئية تحرير أيون الكلوريد من البوليمرات المحتوية عليه مما يؤدى إلى أحداث التلف.

خلات الفينيل (PVA) Polyvinyl Acetone توجد فى شكل راتنج نقى و مستحلب أيضاً و تحت أسماء تجارية متعددة فى كثير من البلدان و تذاب راتنجات الفينيل فى الكحول و الأسيتون و تتميز بقوة تغلغلها و المرونة و من عيوبها تحولها لمادة لدنة فى الجو الحار.

1-Li C.:Biodeterioration of Acrylic Polymers B72 and B44: Report on Field Trials, Queens University, Canada, p 283.

٢- المركز المصرى الفرنسى لدراسة معابد الكرنك، ٢٩ إبريل ٢٠١٠، المجلس الأعلى للآثار - السيناريست - تقرير علمى عن أعمال موسم ٢٠٠٩م، ص ٤٨، ٤٩.

3-Donny L. Hamilton_op. cit., 1997.

ب- راتنجات الثيرموسيتنج Thermo setting Resins:

تنتج هذه الراتنجات عن تفاعلات التكثيف بين جزيئات هذه الراتنجات وهي تتصلب عند درجة حرارة عالية لتأخذ شكلها النهائي و لا يمكن تطريتها أو صهرها بالحرارة بعد إتمام التجمد و تصبح غير قابلة للذوبان فى المذيبات العضوية و تكون فيها الجزيئات مرتبطة ببعضها على شكل نسيج شبكى.
و تشمل هذه المجموعة على عدة أنواع منها:
- راتنجات الفينول - لدائن الفورمالدهيد - لدائن الميلايين.

- الشموع Waxes :

شمع الكربوكسى - شمع البولى جليكول - الشمع دقيق الحبيبات ، و يمكن أن يطبق شمع العسل الساخن بفرشاة لتغطية الأسطح الجرانيتية المصقولة و تغطيتها بأكياس من البلاستيك لحمايتها من التلف عند تنظيف أى قطع أخرى بجانبها خاصة إذا كانت من المعدن حتى لايتعرض الجرانيت للتلف.^(١)

رابعا: مقويات الكولديسيتنج Coldsetting Resins:

هى راتنجات ذات طبيعة خاصة و تصنع فى درجة الحرارة العادية (٢٣ درجة مئوية) بنسب معينة حيث تتوقف هذه النسبة و كذلك الوقت للزمن للتجميد على نوع المونيمر **Monomer** و نوع المجد **Hardener** و هى ذات لزوجة عالية، و بعد التجمد لا يمكن تطرية الراتنج المتكون أو صهره بالتسخين كما أنه يصبح غير قابل للذوبان فى المذيبات العضوية، و تشمل راتنجات الكولديسيتنج :

١- السليكون Silicon Resins :

من خواص مركبات السليكون المظهر المعدنى نتيجة لتواجد الكوارتز الذى يشبه تركيب راتنج السليكون ذو الشبكة المتقاطعة، مقاومة عوامل التجوية فهى مقاومة للهجوم بواسطة القلويات و الأحماض المخففة و كذلك مقاومة الأشعة فوق البنفسجية و تحت الحمراء.^(٢)
لراتنجات السليكون خواص مميزة لمقاومة البرى و الكشط خاصة عند تعرضها للتجوية و ذلك بسبب تركيبها غير العضوى (تواجد شق غير عضوى)، و ترجع نفاذية الماء و التبخر فى راتنجات السليكون إلى أن حوالى ٨٠% من تركيبها من سليكون و أكسجين، كما أن مستحلبات السليكون أقل جذبا للإتساخات و حتى عندما توجد الإتساخات فإنها لا تكون متغلطة داخل الطلاء و يمكن إزالتها بسهولة، و لدى راتنجات السليكون مقاومة لكثير من المذيبات العضوية مثل التولوين و الزيلين ليست جيدة.

١- حسين محمد على : أسس ترميم الاثار و المقتنيات الفنية ، مرجع سبق ذكره ، ص ١٦٣ .

٢ - محمد عبد الهادى محمد: دراسة علمية فى ترميم و صيانة الأثار الغير عضوية، مرجع سبق ذكره ، ص ١٠١ .

من أنواع **Alkoxysilanes** الأكثر استخداماً في تقوية الأحجار الـ Tetra-ethoxysilane (TEOS) الـ Tri-ethoxymethyl-silane (TMOS) والـ Tri-methoxymethyl-silane (MTMOS). الكوكسيسيلان مع مجموعات الميثيل (CH₃) Methyl groups تعطي خاصية طاردة للماء بجانب التقوية، نتيجة لذلك تظل المادة المعالجة بها جافة أثناء الجو الرطب مما يقلل من قابلية تعرض السطح للهجوم بالطحالب و الفطريات، كما أن المعالجة بالكوكسيسيلان غير إسترجاعية و لكن يذكر أن المواد المقواه لا تقوى المسام بأكملها لكن عوضاً عن تغطية المسام تسمح بانتقال الرطوبة، وهذا سيسمح للحجر بقابلية إعادة المعالجة مستقبلاً عند الضرورة، و تفاعلات التحلل المائي لمنتجات الكوكسيسيلان تنتج الكحوليات كمنتجات ثانوية بحيث تكون غير متلفة للحجر و تتبخر فور إنتاجها بحيث تعطي البوليمر الصلب داخل الأحجار.^(١)

و من عيوب الكوكسيسيلان تسببه في حدوث تغيرات لونية طفيفة للحجر المعالج مثل الدكانة و تشكل البقع البيضاء على الأحجار، كما أن الكوكسيسيلان يتبخر من السطح قبل أن يحدث التحلل المائي . كما أنه غالي الثمن، و يكون استخدام المادة بنسب عالية للوصول إلى التغلث العميق و بذلك ينحصر استخدامه في القطع الصغيرة و المساحات الصغيرة، وجميع أنواع الكوكسيسيلان تعتبر خطرة على الصحة يمكن أن تحدث تلف بالكلية أو إصابة بالعين قد تؤدي للعمى إذا لم تطبق الاحتياطات.^(٢)

بالنسبة لتقوية الجرانيت بالكوكسيسيلان فهو ذو أهمية خاصة و من الصعب إيجاد بديلاً له، فبرغم من التباين الشديدة في تركيبات المنتجات المتاحة بالأسواق فإن جميعها أظهرت انتقال جيد داخل المواد الجرانيتية و تعتبر هذه الخاصية ذو نتيجة حاسمة في علاج الأسطح قليلة المسامية و تشكل رابطة كيميائية بين المكونات الرئيسية للجرانيت و هم الكوارتز و الفلسبار و الجبل المكون فعند التصلب يصبح خالي من الأملاح. أن الجيل المكون بعد بلمرة Ethyl Silicates يزيد من تماسك المواد الجرانيتية بعد التقوية كما تبين بوضوح من خلال الزيادة في سرعات الموجات فوق صوتية، كما تبين حساسية Ethyl Silicates و عدم تحملها تجاه المياه سواء بالامتصاص و التجفيف أو بالغمر الكلي.^(٣)

1- Doehne E. and Clifford A. Price, op. cit.,p 40.

2 - Oztiir, I.: 1992, ALKOXY SILANES CONSOLIDATION OF STONE AND EARTHEN BUILDING MATERIALS, A Thesis in the Graduate Program in Historic Preservation, Presented to the faculties of the University of Pennsylvania in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of MASTER OF SCIENCE.

3 -Proceedings of Symposium 2011 – Adhesives and Consolidants for Conservation, The Effect of Water on the Durability of Granitic Materials Consolidated With Ethyl Silicates, October 17 – 21 2011, pp 2 -12.

و من أنواع السيلان :

- (Wacker OH 100) SILRES® BS OH 100 :

أنتج من قبل Wacker Chemie AG, SILRES® BS OH 100 و هو أيثيل سيليكات عديم النوبان يخترق داخل الحجر مكوناً رابطة سيليك هلامية شبه زجاجية . (Wacker Chemie AG MTDS) (SiO₂ .aq)، و لقد تم استخدامه في الدراسة التجريبية و أعطى نتائج جيدة في تقوية الجرانيت.^(١)

مركب Wacker VP 1301 :

وهو عبارة عن خليط من Ethylsilicate – Ethyltriethoxysilane. ولهذا المركب خواص جيدة، ويعتبر مقاوم لتأثيرات التجوية المختلفة.

مركب Wacker 550 :

وهو من المواد الطاردة للماء، ويكون في صورة مستحلب واساسه هو السيلوكسان siloxanes، و هو مفيد في معالجة الأحجار في الأماكن الساحلية.^(٢)

٢ - الأبيوكسى :

يعتبر الأبيوكسى من أفضل الراتنجات لما يمتاز به من خواص ميكانيكية عالية حيث قوة ارتباط جزيئاته مع بعضها البعض (شكل رقم ٥١)، و يستخدم الأبيوكسى في عمليات لصق و ربط الكتل الجرانيتية الكبيرة و تجميع الكسرات و إعادة تشييدها و سد الشقوق و ملء الفجوات بعد إضافة بودرة حجر الجرانيت كمادة مألئة، و من أهم راتنجات الأبيوكسى المستخدمة حالياً النوع المعروف بأسم الأراديت و هو ضمن أنواع و أصناف متعددة لها درجة لزوجة متفاوتة لإستخدامها في الأغراض المختلفة.^(٣)

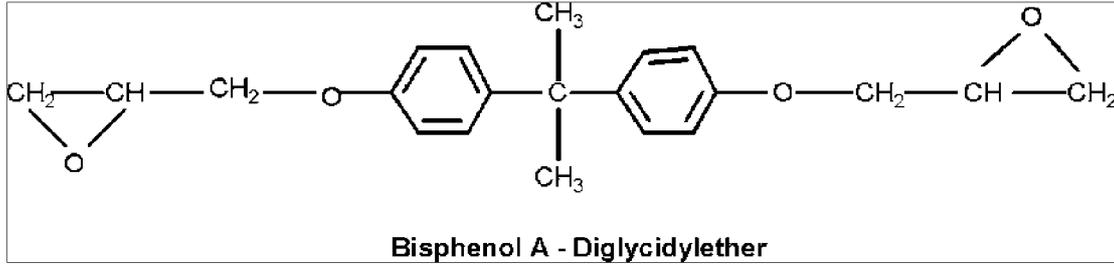
و لقد ذكر عدم صلاحية راتنجات الأبيوكسى في تقوية الأحجار و منها الجرانيت و ذلك بعد ملاحظة إستخدامها بصورة موسعة في حقل الآثار و ما سببته من تلف حيث تحول الطبقة السطحية المعالجة إلى اللون الغامق، و التي ما تلبث أن تسقط حاملة معها رقائق الطبقات السطحية نتيجة لإختلاف معاملات التمدد الحرارى لمادة الأبيوكسى عن مكونات الحجر الأصلية، هذا فضلا عن تأثير ضغط بخار الماء المحبوس بالداخل و الذى يدفع هذه الطبقة المصمته مما يساعد على تساقطها في شكل رقائق فهي مادة غير إسترجاعية.

1- Booth J., Viles H., Fletcher P.: 2012, AN EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF 3 INORGANIC CONSOLIDANTS FOR USE ON MUSEUM ARTEFACTS IN COMPARISON TO ORGANO SILANES, 12th International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone , Wednesday 24 October 2012, Poster Presentations—Methods and Materials of Cleaning, Conservation, Repair and Maintenance, Session XI: 3:00 – 5:00, p 100,101.

2- Moncrieff, A.: 1976, The treatment of deteriorating stone with silicone resins. Interim report. Studies in conservation, vol 21, 1976.

3- Proceedings of Symposium 2011 – Adhesives and Consolidants for Conservation, op. cit. , pp 2 -12.

كما استخدمت راتنجات الأيبوكسي السيكلويبياتية (Eurostac EP2101) ذات المقاومة العالية للأشعة فوق البنفسجية،^(١) و أثبتت نجاحها في بعض حالات التقوية الهامة في إيطاليا حيث تقوية الشقوق العميقة بطريقة شفط الهواء في الأعمدة الجرانيتية المتشققة (Cavalletti et al. 1985).^(١)



(شكل: ٥١) يوضح ثنائي الفينول - راتنج الإيبوكسي

نقلًا عن : Giorgio Torraca: Lectures on Materials Science

٣ - البولي أستر:

اكتشف البولي أستر عام ١٩٤١ و استخدم تجارياً عام ١٩٥٣، يحضر راتنج البولي أستر من تكاتف نواتج التفاعل بين الأحماض عديدة الكربوكسيل و الكحولات متعددة الهيدروكيل منتجة بوليمر تتصل وحداته مع بعضها البعض بواسطة روابط مجموعات الأسترات المتكررة و تنقسم البولي أسترات إلى بولي أسترات مشبعة و أخرى غير مشبعة اعتماداً على حمض ثنائي الكربوكسيل المستخدم في عمليات التحضير (شكل رقم ٥٢) و (شكل رقم ٥٣).^(٢)

- يستخدم البولي أستر في حقن الشقوق الدقيقة جداً لسدها و تقويتها كما يستخدم في ملء الفجوات بعد خلطها بالمواد المائنة كذلك يستخدم في عمليات الترميم الأستكمالي ، و نرى هذا النوع من الأستكمال في مجموعة الرؤوس المصنوعة من الجرانيت الوردي المعروضة بمتحف الإسكندرية القومي بقاعة الأثار الغارقة فنجد الجزء المستكمل في منطقة الرقبة و هي مستخرجة من أبي فيز و الميناء الشرقي .
تم عمل هذا الأستكمال للضرورة القصوى حيث تثبيت و تدعيم الرؤوس و إضافة الحماية و الإتران لها عند عرضها، و لقد سبق استخدام البولي أستر في مجال الترميم في الإسكندرية أكثر من مرة.^(٤)

1- Delgado Rodrigues J.: 2001, Consolidation of decayed stones. A delicate problem with few practical solutions, Historical Constructions, P.B. Lourenço, P. Roca (Eds.), Guimarães, p 7.

2-Doehne E. and Clifford A. Price: Stone Conservation, p 41,42.

٣- محمد كمال خلاف: مرجع سبق ذكره ، ص ٣٢ .

٤- معمل الترميم بمتحف الإسكندرية القومي.

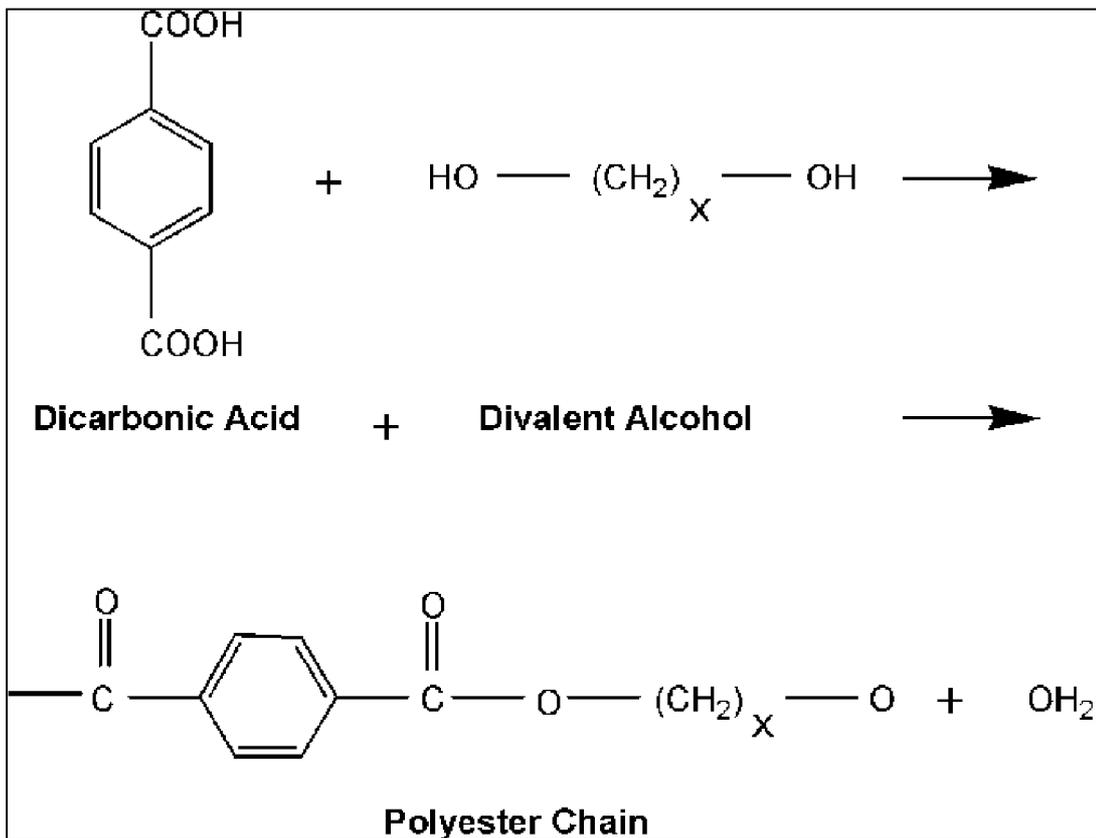
و لقد قام Korenberg (2003) بأختبار مادة البولى أستر بتعريضها لأجواء مناخية مختلفة و مراقبة ما يحدث من تغيرات فأظهر عدم التغير، بما يرجح أن خامة البولى أستر تكون غير معرضة للتلف مستقبلا عند تعرضها للتغيرات الجوية^(١)، و لكن هناك رأى آخر يوصى بعدم إستخدام البولى أستر فى المتاحف و الأماكن المفتوحة حيث التعرض لدرجات الحرارة الشديدة، دورات الرطوبة و الأشعة فوق البنفسجية.

- الفيلوسيليكات Fluosilicates:

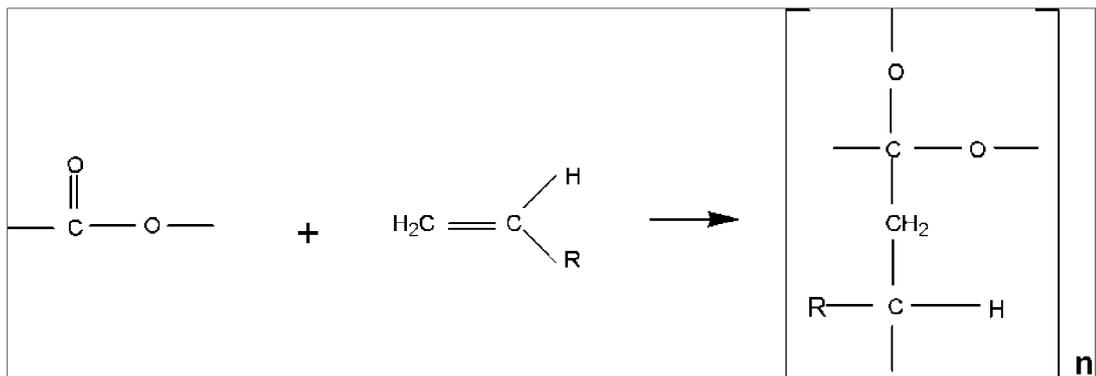
هى عبارة عن أملاح حمض الفلوسيليك H_2SiF_6 ، الأكثر شيوعا منها المغنيسيوم Mg و الزنك Zn، فمنذ عام ١٩٣٠ منحت العديد من براءات الأختراع لتركيبات مختلفة من الفيلوسيليكات معظمها مركب مع مركبات طاردة للماء، وتحدث التقوية بها بتكوين السيليكات جيل، و يمكن للحموضية العالية لمحاليل الفيلوسيليكات أن تحدث تغير فى لون أكاسيد الحديد المكونة داخل الحجر، فى وجود الماء تتحلل Mg_2SiF_6 : $MgSiF_6 + 2 H_2O \rightarrow MgF_2 + SiO_2 \text{ gel} + 4 HF$ وفى هذه الحالة يتكون حمض الهيدروفلوريك HF الشديد الفاعلية، الذى يتفاعل مع أى مواد سيليكونية عن طريق تكوين SiF_4 المتطاير، لذلك فإنه يهاجم بسهولة الأحجار الجرانيتية حيث يחדش الكوارتز و الفلسبارات، و لذلك لا تعتبر الفيلوسيليكات محببة فى مجال تقوية الأحجار حيث أن التقوية بسيليكات جيل تكون أفضل بإستخدام إسترات السيليكات.^(٢)

1- Alghazawi, R. : 2011,Challenges of the Jordanian Museums the Role of the Environment in Preventive Conservation, p 27.

2 - Siegesmund, Siegfried (EDT)/ Snelthage, Rolf (EDT) : op. cit., pp 419- 420 427 – 428.



(شكل: ٥٢) يوضح تشكيل سلسلة البولي أستر عن طريق Dicarboxylic Acid و Divalent Alcohol



(شكل: ٥٣) يوضح الرابطة ثلاثية الأبعاد لسلسلة البولي أستر مع مجموعات الفينيل

- أهم الطرق المستخدمة في تقوية الأحجار:

١ - التقوية بالغمر **Consolidation by Immersion**:

عن طريق الغمر في المقويات الكيميائية و قد يكون الغمر جزئياً أو كلياً، فالغمر الجزئى ضرورياً لتقوية القطع الحجرية الكبيرة و لكن يفضل الغمر الكلى لضمان تحقيق التوزيع المتساوى للمادة المقوية داخل أجزاء الأثر، و يكون من الصعب الحصول على تشريب عميق بالنسبة للأحجار قليلة المسامية كالجرانيت .

٢ - الحقن **Injection** :

تتم من خلال الشقوق و الشروخ و الفجوات الموجودة بالكتل الحجرية، و فى حالة عدم وجود مثل هذه المنافذ تجهز ثقب رفيعة، و يفضل أن تكون بعيدة عن النقوش و الكتابات، و يتعين إزالة ما ينشع منها على السطوح فوراً بإستخدام قطعة من القطن مبللة بالأسيتون ملفوفة بشاش كما يجب تنظيف سطح الحجر بقطعة من القطن الصوفى و المذيب إذا كان السطح براقاً.

٣- التقوية بواسطة خلخلة الهواء **Consolidation Under Vacuum** :

هذه الطريقة من التقوية تساعد على تسرب و تحلل المقوى الكيميائى داخل مسام الأحجار على مسافة عميقة نسبياً داخل الأثر الحجرى حيث يتم بواسطة عملية التفريغ شفط تفريغ الهواء من مسام الحجر مما يسهل من دخول المقوى الكيميائى داخل المسام الخالية من الهواء و بعمق كاف و هى تستخدم فى حالة الأثار الحجرية ذات المسامية المنخفضة كالجرانيت التى لا تفيد طرق الغمر العادية فى علاجها و تقويتها.^(١)

و لقد تم تقوية شاهد **Stele** هيراقليوم لبطلميوس الثامن (يوريجنيس الثانى) من الجرانيت الوردى ارتفاع ٦١٠ سم ، عرض ٣١٠ ، ٤٠ سم و وزن ١٥,٧ طن، عن طريق الحقن حيث وجود شبكة من الشروخ الغائرة ، قام المرممون بملاء الثقب عن طريق إدخال مقابس من الفيبر جلاس، حيث إستعادة الخامة تماسكها، كما كشف نظام السبر الشديد الدقة بأكتشاف جزء ثالث من الشاهد كان على وشك الأنهيار فتم تقوية تقشر و تشقق سطح الشاهد بحقنه قطرة بقطرة براتنج البارلويد الذائب فى أحد المذيبات المتطايرة، و الشروخ التى فتحت على السطح تم ملئها ببودرة الجرانيت المضاف إليها راتنج صناعى أسترجاعى (لوحة ٦٨ أ).^(٢)

٤ - الأسقاء:

تقوم هذه الطريقة على تقوية الأحجار بإستخدام فرشاة ناعمة و من المواد المستعملة لذلك الشموع و هى أما دقيقة الجزيئات مثل شمع الكوزموليد **Cosmolloid** أو معدلة مثل شمع الفلكس **Elvax** كما يمكن إستخدام خليط من شمع النحل و البرافين فى درجة إنصهار منخفضة بنسبة ١ : ٤ مع مراعاة أشمع النحل يسمح بالتشكيل و اللصق بينما البرافين فله خاصية أفضل للنفاذية.

من عيوب هذه الطريقة بالنسبة للشمع و البرافين تكون من الناحية الجمالية حيث يتسبب فى عتامة و خفض لون الحجر و خاصة الفاتحة اللون كما يتسخ الحجر بسهولة.^(٣)

١- محمد عبد الهادى محمد: دراسة علمية فى ترميم و صيانة الأثار الغير عضوية، مرجع سبق ذكره، ص ١٠٢ .

2 – Goddio F. & Clauss M. : EGYPTS SUNKEN TREASURES, op. cit., p 339.

٣- عبد المعز شاهين : ١٩٩٣ ، طرق صيانة و ترميم الأثار و المقتنيات الفنية، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ص ٢٠٦ .

خامساً : اللصق و التدعيم و إعادة التجميع: ١ - عملية اللصق و التدعيم:

يراعى فى الأجزاء المراد تجميعها التنظيف و التجفيف الجيد كما يفضل الا تشكل المادة اللاصقة سمكا بحيث تنتشر بالفرشاة على السطوح كى تتجاوز و تجمع بشكل جيد و فى حالة الأحجار الصلبة مثل الجرانيت فإنها تتطلب علاوة على اللصق القوى سمكا يكاد يكون معدوما و من اللواصق الجيدة فى هذه الحالة يستخدم السيانوليت Cyanolit و ايستمان Eastman 910 ٩١٠ .

كما إن إستخدام الإيبوكسى مناسب لتجميع و لصق الأحجار الجرانيتية، حيث إستخدم الإيبوكسى لمعالجة القطع ذو الشقوق الكبيرة فى القطع المستخرجة من أبو قير بإستخدام طريقة شفط الهواء الموجود داخل القطع و إحلال الإيبوكسى بدلا منه، و لقد إستخدم نوع الإيبوكسى أر أى 500 مناسب لتجميع و لصق الأحجار الجرانيتية فى البيئات الساحلية حيث إستخدم فى لصق يد التمثال البطلمى أمام مكتبة الإسكندرية.^(١)

و يجب عند اللصق أن تقوى مواضع اللحام سواء كانت مجرد سمك فى القطع الصغيرة أو مساحات ستجمع مع غيرها من القطع المتوسطة أو الكبيرة مع مراعاة أن يكون سمك اللاصق بالقدر المطلوب و من هنا إستخدمت أوتاد معدنية لتسليح القطع الكبيرة يفضل أن تكون من الصلب الغير قابل للصدأ Stainless Steel أو النحاس الأصفر و يجب تجنب إستعمال الحديد لأنه يصدأ و ينتفخ مما يسبب تشقق الحجر نتيجة لزيادة الصدأ.^(٢)

و من أفضل المعادن لعمل تلك الأوتاد معدن دلتا Delta و ثبت بإحدى الدائن الصناعية القوية مثل الأيبوكسى مخلوطا ببودرة الجرانيت فى ثوب تعمل خصيصا لهذا الغرض بواسطة مثقاب يدوى أو آلى.^(٣) فى البيئة البحرية، إستخدام القضبان المعدنية ينبغى أن تكون مقاومة للتآكل و الرطوبة ، والتيتانيوم و بعض أنواع الأستانلس ستيل مثل 304 و 316 هى مواد ذو مقاومة تآكل ممتازة للإستخدام فى البيئات البحرية. كما أن التيتانيوم مقاوم ممتازة لكل أشكال الصدأ و لقد تم إستخدامه فى إيطاليا فى أكروبول أثينا و لكن لم يتم إستخدامه فى التماثيل المستخرجة، و لكن إستخدم الأستانلس ستيل، و تعتمد مقاومة الأستانلس ستيل للصدأ على تكوينه الكيميائى، فمعظم أنواع الأستيل يحتوى التيتانيوم و الموليبيديوم.

قضبان الأستانلس ستيل ذو الجودة البحرية (AISI 316) ذو مقاومة T كلوريدات و الصدأ فى البيئة المجاورة للبحر، فالأستانلس ستيل 316 هو ستيل austenitic يتكون من molybdenum هو أكثر مقاومة للتآكل أكثر من أستيلات النيكل كروم nickel - Chromium مثل نوع الأستيل 304. كما يظهر الأستانلس ستيل 316 مميزات قوى التسلل العالية، القابلية للتشكيل الممتازة، رفع قوة الأجتذاب و التكسر عند درجات حرارة عالية و مقاومة عالية للتقر (كلوريد).^(٤)

١- أشرف ناجح أسكاروس حنا: المرجع السابق، ص ١٧٣.

2-Plenderthuth H. J. : 1971, The Conservation of Antiquities and Work of Art treatment, repair and restoration, Oxford University Press, p. 317.

٣- عبد المعز شاهين : صيانة المباني الأثرية و التاريخية، مرجع سبق ذكره، ص ٣٦٣ .

4- Torraca G. : 2009, Lectures on Materials Science for Architectural Conservation, op. cit., pp 124, 125, 144.

من الأمثلة وصلات الأستانلس ستيل التى تم تطبيقها بمدينة الإسكندرية :

المثال الأول: ما قامت به بعثة المعهد الأوروبى فى التماثيل الجرانيتية المستخرجة من أبو قير، حيث قامت باستخدام أقطار مختلفة من الـ Stainless Steel حسب السمك و الحجم لتجميع الأجزاء بطريقة الخوابير المعدنية، بحيث تم ثقب القطع و تثبيت أسطوانات معدنية قطر ها نفس قطر الودت المعدنى مع عمل سن معدنى لها بحيث يتم ربط الودت المعدنى المسنن فى الخابور المعدنى بطريقة الربط ثم يتم تجميع الجزء الثانى بدون ربط فقط من خلال دخول الودت المعدنى داخل الخلية المعدنية، أستخدم الفيبر جلاس بأقطار مختلفة حسب الحجم و السمك كأوتاد - خوابير - فى تجميع القطع التى بها شروخ كبيرة (لوحة رقم ٦٨ ب).

- لتقوية بعض الشروخ و الشقوق السطحية تم إستخدام البارلويد المخفف بالأستون بنسبة تتراوح بين ١٠ - ٢٠% حسب الأحتياج و ذلك حسب الأحتياج و بطريقة الحقن لملاء الشقوق السطحية^(١).

و لعرض شاهد هيراقليوم رأسياً تم عمل نمذجة 3D بالكمبيوتر لمحاكات الوصلات بين مختلف العناصر لتحديد مركز جاذبيتها و أماكن نقاط الأرتساء المثلى ، وتم الثقب بدون طرق لتجنب حدوث شروخ جديدة بإستخدام مثقاب ميكانيكى ، لجمع الأجزاء وضعت بمحاذاة على مسطح ليزر للتأمين، و وضعت فى الثقوب أكامم الأستانلس، كما صمم نظام نقل تثبيت و ربط معدنى يسمح بتجزئة الشاهد إلى خمس أجزاء مستقلة بحيث يسمح بحل و فك القطع و تجميعها عند الحاجة، ثبتت أكامم الأستانلس أستيل إلى الجزء الخلفى للقطاعات ، و شددت على محرك معدنى كبير أقيم بقاعة العرض، فتمثال الملكة قد تعرض فى الماضى لعملية صيانة مشابهة بإستخدام مسامير من الأستيل فى ثقوب موازية أغلقت بالرصاص^(٢).

المثال الثانى: تمثال أبو الهول من الكوارتزيت معروض الآن بكوم الدكة: فبعد رفع الرأس التى وجدت منفصلة عن الجسم بواسطة أحدى الكراكات الصغيرة بعد ربطها بالحبال و وضعت بشكل تجريبى على الجسم لتحديد مكانها و تم أخذ بصمة بالجبس Plaster of Paris على منطقة الرقبة بجسم التمثال و أخرى أسفل الرأس لضمان مطابقة الرأس على الجسم، بعد ذلك تم عمل تثقيب أسفل الرأس و تثبيت وتدين من الصلب الأستانلس ستيل و تم دهان أسفلها بلون أرشادى و رفعها مكانه على الجسم لتحديد مكان التثقيب الآخرين، تلت ذلك مرحلة لف شرائط من الرصاص حول الأوتاد الصلبة و تم تثبيت الرأس على الجسم اعتماداً على إستخدام ثقل كتلة الرأس بالضغط و حفظ الأتزان فى مكانها الأسمى^(٣).

المثال الثالث : إستخدام الأستانلس ستيل (AISI 316) المقاوم للظروف البحرية فى وصل اليد اليمنى للتمثال المعروض أمام المكتبة، و التى كانت معروضة فيما قبل بحديقة الشلالات ، حيث تم إعداد نسخة لليد من البولى أسترتل لتحديد ضبط اليد مع التمثال حيث تم تحديد نقطتين للحفر لكلا من اليد و التمثال و تم تحديدهما بواسطة رسم خطوط أفقية و عرضية، ثم أجرى الحفر فى اليد و التمثال بإستخدام شنيور (مثقاب) Hilti دقاق موديل TE 24 مع بنط حفر من الصلب المعالج، و تم تنظيف جميع الثقوب بواسطة منفاخ هوائى لإزالة بقايا الحفر الناعمة، ثم تم حقن الأيبوكسى - Hil RE 500 ، حيث بدأ بالتثقيب السفليين ثم وضع قضيب الأستانلس ستيل 316 بطريقة دائرية حتى لا تتواجد فقاعات هوائية، و تلى ذلك التثقيب العلويين بنفس الطريقة، ثم تم تثبيت اليد إلى التمثال بواسطة أحزمة، و ترك التمثال و اليد لمدة ٢٠ ساعة بعد ذلك تم إزالة الأحزمة و أظهرت اليد ثبات فى التحميل و اللصق بصورة جيدة.

١- محمد أحمد هلال هريدى: دراسة تطبيقية على تجميع أجزاء ثلاثة أعمال جرانيتية بالمتحف البحرى ، مرجع سبق ذكره، ص ص ١٣ - ١٦ .
2 - Goddio F. & Clauss M. : EGYPTS SUNKEN TREASURES, op. cit., pp 339, 400.
٣- معمل ترميم المعادن بالمسرح الرومانى بكوم الدكة .

كما استخدم نوع الأبيوكسى Hit-Re-500 الذى أثبت بعد أختباره أنه أفضل لاصق من بين أنواع الأبيوكسى الأخرى، فبرغم من ارتفاع نسبة التمدد الطولى الحرارى للإبيوكسى بالنسبة للجرانيت الوردى إلا أنه يعد من أفضل اللواصق (لوحة رقم ٦٩). حيث أظهر قياس الأتبعات الحرارى من حجر الجرانيت و قياس الأتبعات الحرارى للإبيوكسى أنه لا يتجاوز درجة مئوية واحدة^(١).

٢- إعداد الهيكل المعدنى: الأمثلة التى تم تطبيقها بمدينة الإسكندرية :

المثال الأول: ما قامت به بعثة المعهد الأوروبى بإعداد و تجهيز هيكل معدنى من الحديد باستخدام قطاعات معدنية سمكها ٥ مم يتنوع شكلها بين الزاوية L و قطاع H من خلال لحام القوس الكهربى يتم تجميع أجزاءها باستخدام مسامير و صامولة قطرهما بين ١٢ مم ، ١٦ مم على أن يتناسب الهيكل المعدنى مع قاعدة و خلفية التمثال بحيث يكون يتظاهر مع دهانه و معالجته عند الصداً مع وضع وسائد من مادة سيكاديور ٤١ (Siladur 41) كمادة عازلة بين القطع الجرانيتية و الشاسيه المعدنى و هى عبارة عن مركب ثلاثى التركيب خالى من المذيبات فى صورة مونة إنسيابية القوام أساسه راتنج الأبيوكسى و أنواع مختارة من الكوارتز (لوحة رقم ٦٨).^(٢)

المثال الثانى : تمثال الملك البطلمى X الموضوع أمام مكتبة الإسكندرية، هذا التمثال قامت بإستخراجه بعثة المركز الفرنسى

للدراسات السكندرية و هو يتبع حفائر فاروس حيث يعتقد أنه كان يقف عند مدخل بوابة الفنار مع تمثال الملكة Y الموجود بالمتحف البحرى (الزوج الملكى) و قد سبق الحديث عنهما فى المبحث الأول و الثانى من الفصل الأول ، حيث إستخدمت تقنية الأطار الألمامى الصلب فى إقامة الهيكل المعدنى لإعادة نصب تمثال الملك المصنوع من الجرانيت الوردى، تم أعداد تصور عام لأشكال أجزاء الهيكل المعدنى، حيث إستخدم عمود من الصلب الغير قابل للصداً بطول التمثال كدعامه له من الخلف ليعمل على ربط كتلة التاج مع كتلة الرأس و كتلة الجسم.

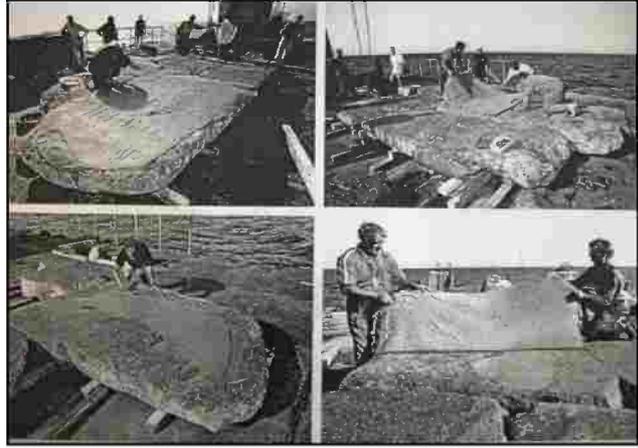
كما نفذت دراسة للعمود بحيث يراعى فيه أن يكون بطول مناسب بالنسبة للتمثال و تحديد قوى الشد و القص الواقعة عليه و صلابته و قدرته على تحمل ثقل الكتل المجمعة، حيث بلغ وزن كتلة الرأس ٢,٧ طن، التاج ٢,٧ طن تقريباً و كتلة الجذع ١٧,٥ طن (لوحة رقم ٧٠)، و جهزت باقى أجزاء الوصلات الأخرى بما يتناسب مع حجم التمثال كالاتى حيث إستخدمت وصلات صغيرة عريضة (كابلات) على شكل حرف L لربط أجزاء التمثال بالعمود الخلفى عن طريق إحداث ثقوب بالتمثال ووضع رؤوس هذه الوصلات داخلها مع إستخدام مادة لاصقة تحدد من الاهتزازات التى تنشأ نتيجة حركة المرور بجوار التمثال (لوحة رقم ٧١).

جهزت وصلة على شكل مثلث لتستطيع حمل كتلة اليد التى تزن ٠,٧ طن، أكتشفت منفصلة عن الجسم ، حيث وجد أن المستقيمة فى هذه الحالة لا تستطيع حمل هذا الثقل دون نشوء قوى إنحناء و إجهادات ناتجة تؤثر على الحجر أو على الوصلة المعدنية ذاتها، و أعدت قاعدة من الصلب مثبت بها جزء آخر من عمود صلب بطول أقصر، لتستطيع حمل و إرتكاز التمثال عليها لإحداث توازن عام بالشكل نتيجة فقد التوازن مما يستحيل معه إرتكاز التمثال على قاعدة تقليدية الشكل (لوحة رقم ٧١).^(٣)

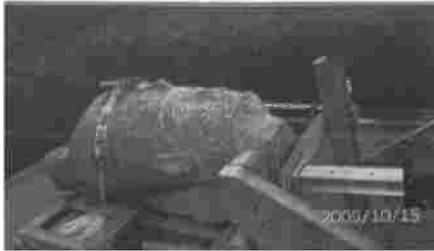
١- أشرف ناجح أسكاروس حنا: المرجع السابق، ص ص ٦-٧-٨.

٢- محمد أحمد هلال هريدى: دراسة تطبيقية على تجميع أجزاء ثلاثة أعمال جرانيتية بالمتحف البحرى ، المرجع السابق، ص ص ١٣ - ١٦

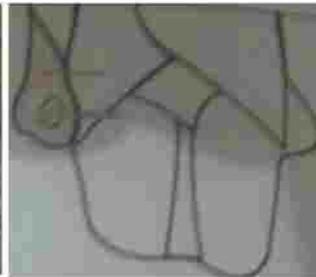
٣- خالد فؤاد بسيونى: ٢٠٠٥ ، تقنيات تجميع وصل الأحجار فى الأعمال الميدانية، رسالة دكتوراه، كلية الفنون الجميلة، قسم النحت، جامعة الإسكندرية، ص ٩٦ - ٩٨ .



نقلًا عن : Goddio F. & Clauss M. : EGYPTS SUNKEN TREASURES



(لوحة : ٦٨) أ - شاهد هيراقليوم (أبو قير) لبطلميوس الثامن و التماثيل الضخمة من الجرانيت الوردى بعد التقوية و التجميع،
ب- المراحل التي مرت بها التماثيل من وضح الخوابير المعدنية السالبة، الأوتاد المعدنية بعد ربطها بالجزء السالب في الجرانيت
، تجميع جزئي التمثال باستخدام الأوتاد المعدنية ، مراحل عملية الجمع لجزئي التمثال، عملية الإعداد للهيكل المعدني ، استخدام
وسائد السيكا دور على الهيكل المعدني للفصل بينه و بين الجرانيت و استخدام مثقاب هليتي مع الجرانيت.
نقلًا عن : أ د / محمّد أحمد هلال



(لوحة : ٦٩) توضيح الربط بين يد و التمثال باستخدام الخوابير المعدنية لتمثال الملك البطلمي أمام مكتبة الإسكندرية.
نقلًا عن : أشرف ناجح أسكاروس

بالنسبة للأسلوب المستخدم فى الآثار الضاربة فى القدم (الفرعونية و اليونانية الرومانية) يجب أن نلتزم بمساحات متعادلة و بلون متجانس و تكون هذه المساحات غير مرسومة و يمكن الإكتفاء بعامل واحد فى التمايز سواء أكان اللون أو الملمس أو المستوى أو بأكثر من عامل و يتوقف ذلك على موقع الإكمال خارجياً أو داخلياً، ظاهراً أو غير ظاهراً ، فالإكمال مطلوب منه أولاً و أخيراً أن يخدم تماسك البناء الأثرى كهدف صيانة رئيسى . (١)

تعتبر مونة الأرديت من أفضل المونات المستخدمة إستكمال الأحجار الجرانيتية حيث يتم خلط الأيوكسى المسمى بالأرديت داخل خليط المونة (بودرة الحجر) و الركام للحجر و الماء منتجاً فى النهاية تركيب يسمى مونة بوليمرية، حيث يجب أن يكون البوليمر عالى المقاومة. بمعدل ١:١ من المجدد الخاص به حيث يضاف إلى الركام الرملى بنسبة تتراوح من ٣:١ - ١٢:٤ حيث يودى ذلك زيادة خاصة مقاومة الضغط أكثر من المونة وحدها، و هذا المعدل يتراوح من ٢٠ - ٣٠ % ، كما تزيد مقاومة الأنحاء بنسبة ١٦% - ٢٢% ، كما أن خاصة مقاومة الضغط و البرى و المرونة للمونة تزيد مع الزمن و كذلك تزيد خاصة مقاومة الضغط و الأحتكاك مع زيادة معدل البوليمر إلى الرمل.

و مما يؤكد ذلك أحدى الدراسات عن القطع الجرانيتية الموجودة بالحديقة المتحفية بالمتحف المصرى حيث تم إستخدام مونة الجبس ، مونة أرديت، مونة البارلويد و مونة الأسمنت الأبيض فى إستكمال الآثار الجرانيتية، فكان أفضلها المكونة من الأرديت إلى جزئيين من الرمل إلى جزء حمرة و جزء بودرة جرانيت و هى تتميز بتقارب قيم خواصها الفيزيائية و الميكانيكية مع قيم خواص الجرانيت .

مثال لذلك ما نراه من إستكمال بالنسبة للنتاج و الرأس و الرقبة بتمثال الملك البطلمى X أمام مكتبة الإسكندرية حيث إستكمل بمونة مقاربة للون الحجر حتى يستقر التاج على المونة مع الرأس الرأس و تستقر على الرقبة المستكملة و لأضفاء الشكل الجمالى للتمثال (لوحة رقم ٧٠) و (لوحة رقم ٧١)، كذلك شاهد بطلميوس الثامن السابق الذكر (لوحة رقم ٦٨ أ).

الشروط الواجب توافرها فى مون أستكمال الأحجار:

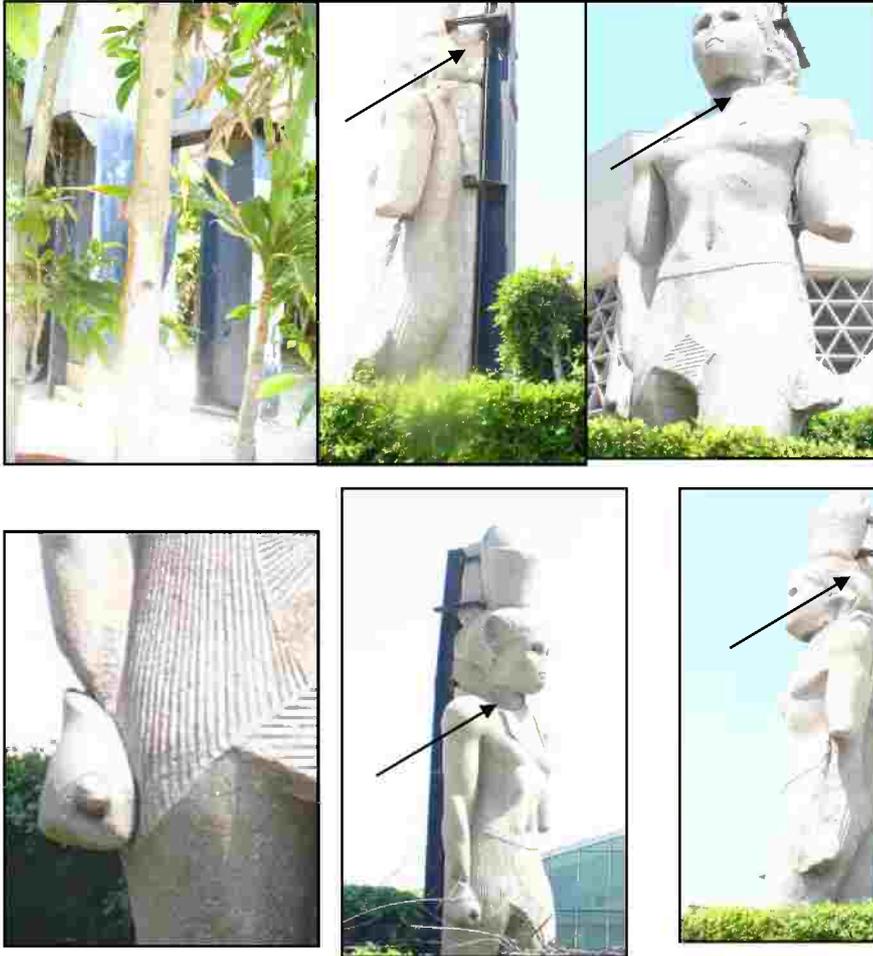
- ١ - يجب وضع المونة على السطح خلال وقت مناسب بحيث لا يكون وقت شديد الجفاف أو شديد الرطوبة، و تكون درجة إنكماش أو تقلص المونة المستخدمة قليلة جداً بعد عملية الجفاف بحيث لا يزيد عن ٤%.
- ٢ - أن تكون المونة ذات جهد ميكانيكى مماثل أو أقل من الحجر فى حالة إستكمال الحجر، و أن تسمح المونة الجديدة بتبخر المياه من خلال أسطحها و أن تسمح بتبخر رطوبة الحجر المستكمل إلى الخارج.
- ٣ - أن لا تحتوى بقدر الأمكان على أية أملاح و إن كان من الصعب ذلك فلا ينبغى أن تزيد النسبة عن 120 ml equivalents/kg من أملاح الصوديوم أو البوتاسيوم على أساس اعتبار أن تداخل الأملاح بنسبة ضئيلة فى التركيب المعدنى يزيد من قوة ترابط المونة.(٢)

١- حسام الدين عبد الحميد محمود: ١٩٨٩، الأسس و القواعد التى تنظم عمليات ترميم الآثار، مجلة كلية الآثار، العدد الثالث، ص ص ٩٣ - ٩٤.
٢- إيمان أحمد الحنفى أحمد: ٢٠٠٦، دراسة تطبيقية فى علاج و صيانة بعض المنحوتات الجرانيتية الفرعونية المعروضة بالحديقة المتحفية بالمتحف المصرى بالقاهرة، رسالة ماجستير، جامعة القاهرة، كلية الآثار، قسم الترميم.



(لوحة : ٧٠) توضح مراحل عملية التجميع لأجزاء التمثال من خلال عمل نمذجة ثلاثية الأبعاد 3D باستخدام جهاز الكمبيوتر

نقلًا عن : Jean Yves Empereur, Alexandria Rediscovered,



(لوحة : ٧١) توضح الأستكمال بالمونة بلون مختلف قليلا عن لون خامه الاثر و ذلك حتى نستطيع ان نميزه و استخدام الوصلات المعدنية للصق القطع الكبيرة و الدعامات المعدنية التي تدعم قاعدة التمثال و الجزء الخلفى من التمثال للتأكد من متانة التمثال و اتزانه و لربط اجزائه جيدا.

(تصوير الباحثة)

المبحث الثانى

الآثار الجرانيتية المستخرجة من البيئة البحرية و كيفية تأهيلها للعرض

المتحفى

و ما تتعرض له من تلف فى بيئتها الجديدة و كيفية المعالجة

تمهيد :

فيما سبق تعرضنا لعملية رفع و أنتشال و صيانة الأثار الجرانيتية الغارقة و ما مرت به من مراحل حتى أمكن تأهيلها للعرض في بيئة جديدة.

لذلك كان من الإيجاب التعرض لطبيعة البيئة الجديدة التي تتواجد بها هذه الأثار و ما تواجهه من مظاهر تلف نتيجة للعوامل البيئية الجديدة سواء كانت هذه الأثار الجرانيتية الغارقة معروضة في متاحف مفتوحة كالمسرح اليونانى الرومانى بكموم الدكة و المتحف القومى البحرى بإستانلى و حديقة الشلالات بطيبة النحاسين و أمام مكتبة الإسكندرية أو متاحف مغلقة كمتحف الإسكندرية القومى و متحف الأثار بمكتبة الإسكندرية حيث نجد صالة عرض مخصصة للأثار الغارقة (شكل رقم ٥٤).



(شكل: ٥٤) خريطة توضح موقع الميناء الشرقى الغارق و أماكن العرض و التخزين للتراث الأثرى الغارق بمدينة الإسكندرية

- ١ - القطع الأثرية الموجودة أسفل الماء بالميناء الشرقى .
- ٢ - الرصيف الغربى للميناء الشرقى و الموجود عليه القطعة S1 التى تمثل عضد الفئار الأيمن و هى إحدى القطع موضوع الدراسة.
- ٣ - قلعة قيتباى.
- ٤ - أمام مكتبة الإسكندرية حيث تمثال الملك البطلمى، كما يوجد بالمكتبة متحف الأثار و به قاعتين مخصصتين لعرض التراث الثقافى الغارق.
- ٥ - حديقة الشلالات بجوار معمل ترميم البعثة الفرنسية بطابية النحاسيين.
- ٦ - المتحف المفتوح للأثار الغارقة بالمسرح الرومانى بكموم الدكة و به القطعة S5 التى تمثل تمثالاً لأبو الهول و القطعة S3 التى تمثل برج علوى لصرح بوابة معبد أيزيس و هما القطعتين موضوع الدراسة .
- ٧ - متحف الإسكندرية البحرى و الحديقة الموجود بها القطعة S2 و التى تمثل قاعدة لتمثال و هى إحدى القطع موضوع الدراسة.

نقلأ عن :

Dessandier D., Atlas of Stones Light house of Alexandria Lighthouse

أولاً: - عوامل التلف الميكانيكية:

١ - الرياح و العواصف :

من العوامل الشديدة الخطورة خصوصا في المناطق الصحراوية و المناطق المفتوحة لما تحدثه من نحر و هدم للأحجار،^(١) و قد تم التعرف على مناخ مدينة الإسكندرية من خلال تقرير يصف متوسط حالة الطقس بمحطة مطار النزهة بالإسكندرية خلال عام، و التقرير يستند على سجلات من عام ١٩٨٣ إلى عام ٢٠١٢، فتكون الرياح في معظم الأحيان خارجة من الاتجاه الشمال الغربي (٢٨% من الوقت) و الشمال (٢٣% من الوقت) ، و قليلا دائما ما تخرج الرياح من الاتجاه الجنوب الشرقي (٤% من الوقت) و جنوب غرب (٤% من الوقت)،(شكل رقم ٥٥).

٢ - الأمطار و السيول:

أن الآثار الحجرية في المناطق الجافة قليلة الأمطار تكون أكثر بقاء من نظيرتها التي توجد في المناطق الرطبة غزيرة الأمطار حيث تسبب مخاطر شديدة يصعب مواجهتها، و بالنسبة لمدينة الإسكندرية يختلف هطول الأمطار على مدار السنة، و يكون أكثر احتمالا حوالى منتصف يناير، و يحدث في ٣١% من الأيام، و يكون هطول الأمطار الأقل حدوثا في أول يوليو، فخلال الموسم الدافئ الذى يستمر من يونيو إلى أكتوبر ، هناك فرصة بنسبة ١% بأن يلاحظ هطول الأمطار فى وقت ما فى يوم معين، و عند هطول الأمطار دائما ما يكون فى شكل أمطار معتدلة (٥٩% من الأيام بهطول الأمطار تكون فى أسوأ الأحوال معتدلة)، العواصف الرعدية (٢٠%)، رذاذ المطر (١٥%)، و أمطار خفيفة (٦%)، خلال الموسم البارد الذى يستمر من أكتوبر إلى مارس، و هناك فرصة بنسبة ٢٥% بأن يلاحظ هطول الأمطار فى وقت ما فى يوم معين، و عند هطول الأمطار دائما ما يكون فى شكل الأمطار معتدلة (٧٥% من الأيام هطول الأمطار تكون فى أسوأ أحوالها معتدلة)، العواصف الرعدية (١٥%)، و أمطار خفيفة (٧%)،(شكل رقم ٥٦).^(٢)

٣ - الزلازل و الصواعق و البراكين :

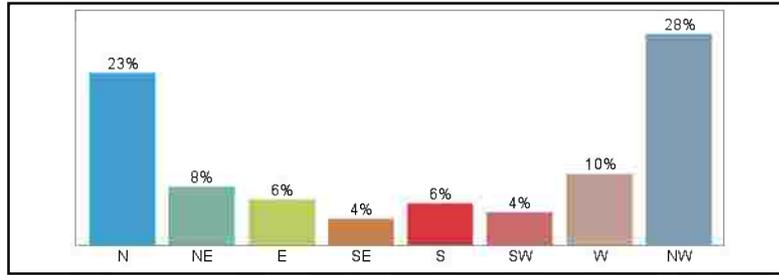
تعتبر الزلازل من أقوى عوامل التلف الميكانيكي التي تصيب المباني بأضرار بالغة المدى و تتحول بفعلها الكثير من المدن و المباني إلى خرائب و أطلال، و كما سبق و ذكرنا فى الباب السابق أن مدينة الإسكندرية القديمة قد غرقت نتيجة لمرورها بعدد من الزلازل .

أما الصواعق فتسبب إهتار الجانب المصاب إصابة مباشرة وقد تسبب بعض التصدعات فى المباني و الآثار المعروضة خارج المتحف فى الحديقة المتحفية أيضا، وقد أمكن عن طريق تركيب مانعات الصواعق درء أخطارها، و فى هذه الحالة لابد من دراسة توزيع تركيب مانعات الصواعق، و إجراء فحص دوري لها رغبة فى إبقائها جاهزة الفعالية.

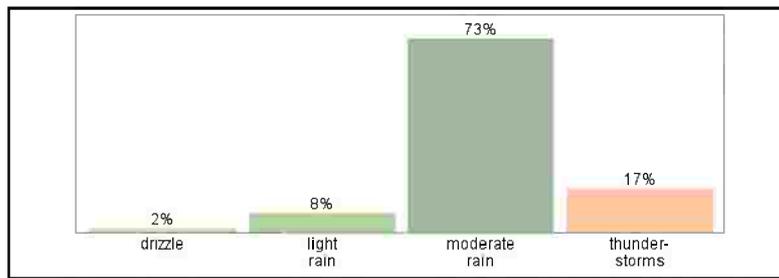
تسبب البراكين إهتارات كبيرة فى الآثار، و يمكن أن تؤدي إلى حرائق تتسبب فى إصابات بالغة و خطيرة فى الأجزاء القابلة للاشتعال بالآثار، كما تمثل البراكين أحد العوامل الطبيعية الهامة التى تتسبب فى تلوث البيئة بشكل هام حيث الرماد المتصاعد منها و الذى يتحد مع الغازات الحمضية.^(٣)

١- أحمد مدحت إسلام: أغسطس ١٩٩٠، التلوث مشكلة العصر، المجلس الوطنى للثقافة و الفنون و الأداب، الكويت، ص ٨٦.
2-https://weather.spark.com/averages/stations_alexandria_weather/Average_weather_for_Alex,_Egypt_-_weather_spark.htm.

٣- أحمد مدحت إسلام: المرجع السابق، ص ص ٨٤ - ٨٦.



(شكل : ٥٥) يوضح اتجاه الرياح خلال العام بأكمله جزء من الوقت الذى يقضى برياح تهب من اتجاهات مختلفة خلال العام بأكمله، القيم لا تصل إلى ١٠٠% بسبب اتجاه الرياح الغير معروف عندما تكون سرعة الرياح .٠



(شكل : ٥٦) يوضح أشكال هطول الأمطار خلال العام التكرار النسبى لأنواع مختلفة من هطول الأمطار على مدار السنة

نقلًا عن :

[https://weather.spark.com/averages/stations.weather spark,htm](https://weather.spark.com/averages/stations.weather%20spark.htm).

٤- الإلتاف البشرى :

أ- الحرائق:

أن الدخان والرماد والقطران و السناج الناتج عن الحريق ينتج عنه كميات كبيرة من الغازات الحمضية مثل ثانى أكسيد الكربون أو أكاسيد الكبريت، كما يحدث التلخخ للآثار الجرانيتية عند ترسب نواتج الحريق و التصاقها على السطح، و عندما يكون الجرانيت قريباً من أماكن الوقود و أماكن الحرائق شديدة السخونة تكون النتيجة النهائية التغير اللونى ، التقشر أو التفتير الذى يمكن أن يؤدي للشروخ الدقيقة لسطح الجرانيت.^(١)

ب- الحروب و الثورات :

تعتبر الحروب من أخطر الأضرار التى يلحقها الإنسان بآثار الحضارات و تزداد شدة هذا العامل بمدى تقدم أدوات الحرب و أسلحتها خاصة و أن الحروب و الغزوات كانت منذ القدم معول هدم و تخريب لجميع مظاهر العمران. كما أن الثورات و الأضطرابات و الأرهااب داخل البلاد يعرض الآثار للهدم و التخريب و التشويه و الحرق نتيجة إستخدام القنابل و المتفجرات ، مثال لذلك ما حدث مؤخرا من تخريب لمتحف ملوى بمحافظة المنيا و ما حدث مؤخرا لمتحف الفن الإسلامى بمحافظة الجيزة.

1- Roger E. Kelly & Daniel F. McCarthy : 2012, Fire Effects on Rock Images and Similar Cultural Resources, USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol. 3. 2012, p 118.

و ما حدث للمتحف المصرى نتيجة زجاجات الملوتوف الحارقة و إستخدام الغازات المسيلة للموع و غيرها من الأشياء ، كما تتعرض محتويات المتاحف إلى السرقة ، و تتعرض المواقع الأثرية للنهب و الحفر الخلسة مثال لذلك منطقة ميت رهينة وغيرها من المواقع العديدة فى مصر.

ج- الترميم الخاطيء و المعالجات الخاطئة:

تتعرض الآثار للترميم الخاطيء نتيجة للمرممون حديثى العمل أو قلابى الخبرة فى التعامل مع المقتنيات الأثرية مما يؤدي لطمس معالمها أو تغيير عناصرها أو إزالة عناصر كانت موجودة بالفعل أو أستحداث عناصر أخرى و لعل من أهم الأمثلة التى تصاحب عمليات الترميم الخاطيء، إستخدام مونة الجبس فى المناطق الشديدة الرطوبة و إستخدام مونة الأسمنت^(١).

د - البناء و حركة المرور و وسائل النقل المكثفة:

تؤدى حركة المرور و وسائل النقل المكثفة بجوار الآثار إلى حدوث أهتزازات ذبذبات عالية مستمرة يومية تضرر بالآثار سواء بالحديقة المتحفية أو قاعات العرض داخل المتاحف. قد لا يكون تأثير الأهتزازات مباشرا على الآثار الجرانيتية لكنه قد يعجل و يسرع من عملية التلف فعلى سبيل المثال وجود الأتربة داخل الشروخ يمتد إلى مسافة أكثر داخل الأثر مما يصعب إزالتها، كما تؤدى الأهتزازات أيضا على المدى الطويل إلى زيادة حجم هذه الشروخ. اختلاف قيم الأجهاد على الأثر بفعل إقامة أساسات منشأ كبير ضخم مجاور للأثر أو فى محيطه بالإضافة إلى حركة النقل و المواصلات قد تؤدى لسقوط أو أنهيار دعامة الأثر.^(٢)

كذلك تنذب سطح المياه الجوفية سواء أكان ذلك طبيعيا كتغير منسوب مياه الأمطار أو الجفاف أو سحب المياه من الأبار مما ينقص منسوب المياه الحر فى باطن الأرض يتبع ذلك زيادة فى الضغط المؤثر مما يسبب الأنضغاط. يمكن أن يحدث هبوط لسطح الأرض نتيجة وزن الأثر الحجرى كنتيجة لوجود فراغات فى باطن الأرض مثل الكهوف و المغارات مما يسبب فى الغالب هبوط فجائى، أو حدوث تشكك مرن نتيجة لوزن التربة و تكيفها مع ما يستجد من فراغات داخلها، و قد تسبب أحمال الآثار الحجرية الثقيلة زيادة فى الضغط المؤثر على أساسات التربة فيعاد ترتيبها بما يقلل من حجم الفراغات بينها فيحدث الأنضغاط للتربة و يتبعها هبوط الأثر.^(٣)

و- ما يحدثه الزوار من تلف للأثر:

الطريقة التى يتعامل بها الناس مع الآثار الضخمة خاصة فى المتاحف المفتوحة و الآثار الموضوعة فى الميادين، فقد يجلس بعض الناس على أجزاء من هذه التماثيل أو البقبا المعمارية و قد يلعب الأطفال على أجزاء أخرى مما قد يسبب عدم الأتزان و الهبوط للأثر، بالإضافة إلى العواصف و الزلازل.

1 – Odgers, D. : 2011, Caring for Historic Graveyard and Cemetery Monuments, © English Heritage p 15.

2 –Torraca G.: Lectures on Materials Science for Architectural Conservation, Deterioration of Porous Building Materials, The Getty Conservation Institute Los Angeles, 2009, pp 77,78.

٣- خالد فؤاد بسيونى : تقنيات تجميع ووصل الأحجار فى الأعمال الميدانية، مرجع سبق ذكره، ص ص ٢٩ - ٣٠ .

و فى بعض الأحيان يقوم الزائرين بالكتابة على الأثر و تشويبه بالدهانات و الأحبار المختلفة، كذلك أحداث بعض الشروخ البسيطة عن طريق المشارط و الأدوات الحادة.
كما أن التدفق المستمر للزوار يجلب معه التعرق و جهد التنفس، يزيد من الرطوبة و محتوى الملح فى الهواء الذى يترسب على الأحجار، بالإضافة إلى ذلك لمس الحوائط بالأيدى المغطاه بالعرق و الخليط السام من المواد الكيميائية، بالإضافة إلى عمليات التلف الأخرى التى تصيب سطح الأحجار.^(١)

ثانياً: عوامل التلف الفيزيوكيميائى:

١- التلوث الجوى:

يمكن أن تكون مصادر الملوثات قريبة و بعيدة، ينتج عن حرق الوقود غازات ثانى أكسيد الكبريت، أكسيد النيتريك، ثانى أكسيد النيتروجين و المواد الهيدروكربونية، هذا جنباً إلى جنب مع الغازات الثانوية للأوزون و أمضاض الكبريتيك و النيتريك المشكلة طبيعياً، مكونة أساساً للملوثات الجوية المضرة للأحجار.^(٢)
ترسب هذه الملوثات فى شكل جزيئات جافة أو رطبة، و عندما تترسب فى وجود أمطار أو ثلج تعرف بالأمطار الحمضية.^(٣)

- الأمطار الحمضية:

معظم المياه تقريباً حمضية نتيجة حمض الكربون فى الجو عندما يذوب ثانى أكسيد الكربون فى الماء، حمض الكربون يفصل فى الماء إلى أيونات الهيدروجين و أيونات البيوكربونات.
فى الإسكندرية نتيجة لوجود أملاح البحر (الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم و أملاح البوتاسيوم) فى الغلاف الجوى، تكون الكربونات الناتجة قلوبات قوية مستقرة، ولا يمكن تحللها بسهولة إلى حمض الكربونيك، كما تحتوى الإسكندرية أيضاً على عدد من المناطق الريفية، و هذا يؤدى إلى زيادة أنبعاث غاز الأمونيا بالإضافة لأملاح الأمونيوم و مكونات قلوبية أخرى من صناعات الأسمنت و الأسمدة، هذا قد يحميد حموضية الغلاف القوى.^(٤)



حمض كبريتيك ----- ماء + ثالث أكسيد الكبريت----- الأكسجين + ثانى أكسيد الكبريت

و يعتبر ماء المطر حمضياً عندما يكون تركيز أيون الهيدروجين فيه أكثر من تركيز أيون الهيدروجين فى الماء.^(٥)

1- Mol L. & Heather Viles Troy Strenberg: Conserving History In Changing Arid Environments : 2012, Ageomorphological Approach, Changing Deserts, Integrating People and their Environment, the white horse press, Cambridge, UK, pp 218,226.

2 –Odgers D.: Caring for Historic Graveyard and Cemetery Monuments, op. cit., p 14.

3- a href="http://arts.jrank.org/pages/9901/III-Conservation.html">III. Conservation - 1. Introduction., 2. <Mechanisms of deterioration., 3. Conservation</a

4 -Kamal H. Noweir, Fadia A. El-Marakby, Gihan R. Zaki, Alaa K. Ibrahim: 2008, Study of the acidic deposition phenomenon over Alexandria city, / Egypt Public Health Assoc, Vol.83 No. 1&2,2008, p 157.

٥- أحمد مدحت إسلام: مرجع سبق ذكره، ص ص ٢٤، ٢٩، ٧٠، ٧١.

و بالنسبة للتركيب الجيولوجى للجرانيت فمعظمه يحتوى على فلبسبار الأرتوكليز الذى يسمى أيضا الفلبسبار البوتاسى، البوتاسيوم هو الذى يهاجم فى عملية التلف عندما تحتوى المياه على حمض الكربون تحل أيونات الهيدروجين محل أيونات البوتاسيوم فى الفلبسبار فيكون المنتج النهائى لهذا التفاعل طينة الكوالين المعدنية، كما تتحلل روابط المعادن المحيطة تاركة الكوارتز و المعادن الأخرى بجزيئات غير مترابطة مما يسهم فى حل حبيبات الصخر و هكذا فإن الكوارتز فى الجرانيت يبقى ليشكل حبيبات الرمل.

وعلى نطاق أوسع يمكن أن نرى هذه العملية فى تكوينات الجرانيت الضخمة ذو الشقوق حيث تسهل وصول المياه إلى السطح الصخرى فتملاء الشروخ بالطين كما تكون هذه العملية واضحة عندما نجد مخلفات الطين الكبيرة فوق الكتل الجرانيتية.^(١)

فى البيئات الصناعية و البيئات الملوثة تكون مياه الأمطار دائماً محملة بحمض الكبريتيك و حمض النيتريك ، كلاً من الحمضين يعتبرو أقوى من حمض الكربونيك مما يترتب عليه إمكانية تزايد تلف الجرانيت فى المدن الكبيرة و الصناعية و المزدحمة بالسكان و وسائل المواصلات كمدينة لندن المشتهرة بالضباب الدخانى، و فى دول مثل دولة السويد و النرويج و فنلندا عندما تسقط هذه الأمطار الحمضية على الأراضى ذات التربة الجرانيتية تؤدي إلى تفتت بعض هذه الصخور.^(٢)

- الأرسولات:

الأرسولات البحرية صغيرة (جزء من الميكرون إلى عدة ميكرونات) الجزيئات المعلقة فى الجو فى كلى الطورين الصلب و السائل، فيمكن للأرسولات أن تجمع طبقاتاً للمصادر الأولية و الثانوية حيث تتضمن المصادر الأولية مصادر طبيعية مثل الأرسولات المعدنية، ملح البحر ، التراب البركاني و الأرسولات العضوية، السناج ، و مصادر من صنع الإنسان مثل التراب صناعى biomass burning secondary sources ، و التفاعلات الكيميائية (محولة الغاز إلى جزيئات).

- الأيروسولات البحرية:

فى المناطق الساحلية تعتبر الأيروسولات البحرية واحدة من العوامل الهامة فى تجوية الأحجار، و تتكون أرسولات البحرية من العناصر : S , Ca , Mg , K , Cl , Na ، بلورات من NaCl ، KCl ، و CaSO₄ فكلوريد و كبريتات الصوديوم هى الأيونات الأكثر شيوعاً^(٣) (٧:٨٨% و ٨ ، ١٠%) ، و الأيونات الأخرى مثل Ca²⁺ , Mg²⁺ , NH⁴⁺ , K⁺ , No⁻³ تصنع فقط حوالى ٥% من أجمالى حجم الأرسولات، و يعتمد تركيز ملح البحر على الموقع و حركة الرياح حيث تشترك مياه البحر فى دفع الكثير من الشوائب فى الهواء ، فعند هبوب رياح قوية على سطح البحر ، فإنها تحمل معها رذاذاً دقيقاً من الماء المحتوى على بعض الأملاح الذائبة فى مياه البحر، و لا يزيد حجم هذا الرذاذ الدقيق على ١-١٠ ميكرون^(٤) ولعل من أخطر ما تسببه الأيروسولات البحرية لخاصة الجرانيت هو التفكك الحبيبي الذى يكون شديداً خاصة فى حالة وجود تلوث.

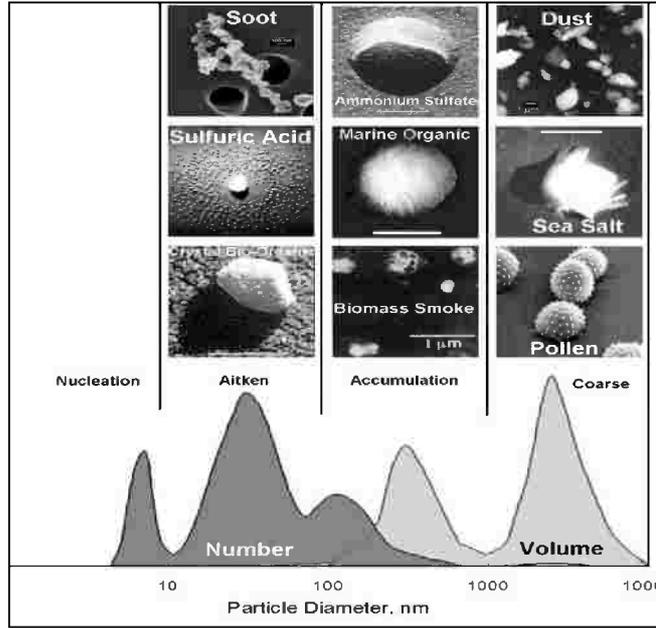
1 -Sather K. M.: 1990, GRANITE DETERIORATION IN THE GRAVEYARD OF SAINT JAMES THE LESS, PHILADELPHIA, Presented to the faculties of the University of Pennsylvania in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of MASTER OF SCIENCE.

٢- أحمد مدحت إسلام: المرجع السابق، ص ص ٢٤، ٢٩ ، ٧٠، ٧١.

3 -Kim, S.S. Park, H.D., and Kim, K.M.: EFFECTS OF SALT CRYSTALLIZATION ON THE TENSILE STRENGTH OF ROCK IN A COASTAL AREA, p1.

4- Prospero J. M.: The Chemical and Physical Properties of Marine Aerosols: An Introduction, pp 35 – 82.

حيث يرى Winkler أن مياه البحر يمكن أن تكون متلفة للصخور و المعادن بإجمالي ٣٤,٤٠٠ ppm من الأملاح، و تحمل الرياح القوية هذا الرذاذ معها إلى داخل الشواطئ لمسافة قد تصل إلى عدة كيلومترات، و عندما يتبخر هذا الرذاذ تبقى الأملاح الذائبة فيه معلقة بالهواء، و تحملها التيارات الهوائية إلى كل مكان، و تملأ طبقة التروبوسفير، ثم تعود لتسقط على سطح الأرض مع الأمطار أو الجليد، فمن المقرر أن الرياح تحمل كل عام نحو مليار طن من هذه الأملاح من مياه البحر (شكل رقم ٥٧).^(١)



(شكل : ٥٧) يوضح الأيروسولات و يظهر الجسيمات الهوائية بصورة عامة لديها مدى من الأحجام من نانومتر إلى ميكرومتر، مجموعة واسعة من الأشكال، وكيف أن التركيب الكيميائي عادة ما يختلف بين نطاقات الحجم وحتى بين الجزيئات الفردية.

نقلًا عن: Heintzenberg J., Raes F., Schwartz S.^(٢)

٢- التذبذب في منسوب مياه الرشح و النشح:

من أشد العوامل فتكاً بالآثر و يظهر تأثيره البالغ الخطورة في المواقع القريبة من البحار مثل مواقع الدراسة (المتحف البحري - الرصيف الغربي للميناء الشرقي - مكتبة الإسكندرية) أو تلك الموجودة في الأحياء السكنية القديمة مثل مواقع الدراسة (كوم الدكة - المتحف القومي - الشلالات).

يعتبر التذبذب في مياه الرشح و تلف شبكات الصرف القديمة من العوامل المسببة لتلف المباني الأثرية و ما تحمله من زخارف، حيث تتجمع هذه المياه حول أساسات المباني أو القطع الأثرية ثم ترتفع داخل بنية الأحجار بفعل الخاصية الشعرية إلى مسافات مما يؤدي إلى إذابة و نزح المواد الرابطة لحبيبات الكتل الحجرية، الأمر الذي يؤدي إلى تحولها مع مرور الوقت إلى أجسام هشة التماسك سهلة الأنهيار بفعل عوامل التلف الأخرى.^(٣)

1 – Winkler E.M.: 1973, Weathering by solutions, , Durability in Man's Environment, New York: Springer-Verlag, pp 141,142.

2- Heintzenberg J., Raes F., Schwartz S.: The IGBP Information & Synthesis Series, Atmospheric Chemistry in a Changing World, Chapter 4. Tropospheric Aerosols.

٣- عبد المعز شاهين: ١٩٨٢، ترميم و صيانة المباني الأثرية و التاريخية، المملكة العربية السعودية، وزارة المعارف، الإدارة العامة للآثار و المتاحف، ص ٢٦٥.

الدراسة التجريبية مدى خطورة كلوريد و كبريتات الصوديوم على الأحجار الجرانيتية حيث تؤدي شدة تركيزها مع عامل الحرارة إلى التفتت و التدهور الشديد خاصة في الجرانيت الوردى الفاتح.

و من أهم الأملاح التي مصدرها الصرف الزراعى أو الصحى و التي تؤثر على الآثار هى كلوريد الصوديوم NaCl ، كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 ، كبريتات الكالسيوم CaSO_4 و نترات الصوديوم NaNO_3 ، و لقد أظهرت بالنسبة لتأثير التلوث على مواد السيلكات فى الأوساط القلوية فيؤدى إلى نشاط الكائنات الدقيقة على الأحجار و يؤدى إلى إنتاج مواد النشادر و كربونات الصوديوم القلوية التي تعمل على إذابة السيلكات المعدنية مثل الفلسبار و الميكا كوارتز، أما تأثير التلوث على مواد السيلكات فى الأوساط الحامضية فيساعد على التخلص من جزيئات الماء من جزيئات السيلكا و التي تترايط مع بعضها البعض معطية جزيئات السيلكا غير المتبلورة ذات الوزن الجزئى التي تؤدي إلى تكون قشور على أسطح الأحجار ثم انفصالها بعد ذلك. (١)

- تكون الجبس القابل للذوبان CaSO_4 :

يتوقف تكون كبريتات الكالسيوم القابلة للذوبان فى الماء على عدة عوامل منها وجود أيونات الكبريتات، وجود أيونات الكالسيوم وتأثير المكان بالمياه و النشاط الصناعى خاصة و أن أيونات الكبريتات تتكون أكثر فى المناطق الصناعية بالإضافة إلى إزدياد النشاط الميكروبي المتزايد بزيادة نسبة الرطوبة مما يؤدي إلى تكون الأيونات (وجود أيونات الكالسيوم و الكبريتات فى الأوشن). (٢)

٣- درجة الرطوبة و التغيرات فى معدلات الرطوبة النسبية:

تتراوح الرطوبة النسبية بمدينة الإسكندرية عادة من ٤٥% إلى ٩٢% (رطوبة جداً) على مدار السنة، و نادرا ما تنخفض أقل من ٢٨% (جاف) و تصل إلى أعلى ١٠٠% (رطوبة جداً)، الهواء هو الأكثر جفافاً يكون حوالى شهر إبريل ، فى الوقت الذى تنخفض فيه الرطوبة النسبية أقل من ٥٣% (رطوبة ملطفة) ثلاثة أيام من أربعة، و تكون الأكثر رطوبة خلال يناير تزيد عن ٨٨% (رطوبة جداً) ثلاثة أيام من أربعة، (شكل رقم ٥٨). (٣)

بالنسبة للرطوبة النسبية المرتفعة الزائدة عن الحد المسموح به فهي تؤدي إلى إذابة المواد الرابطة لأحجار و حملها إلى الأسطح المكشوفة حيث تترسب على هذه الأسطح عند جفاف المحاليل مكونة ما يطلق عليه (Hard Crust القشرة الصلبة)، كما أن ارتفاع الرطوبة النسبية بالخاصية الشعرية فى الأحجار يتسبب فى ذوبان أملاح التربة و سريانها فى الكتل الحجرية ثم عند ارتفاع درجات الحرارة فى الطبقات العليا يتبخر الماء و تتبلور الأملاح التي يزداد حجمها و يؤدي ذلك إلى أزدیاد الضغوط و تفتت سطح الأحجار.

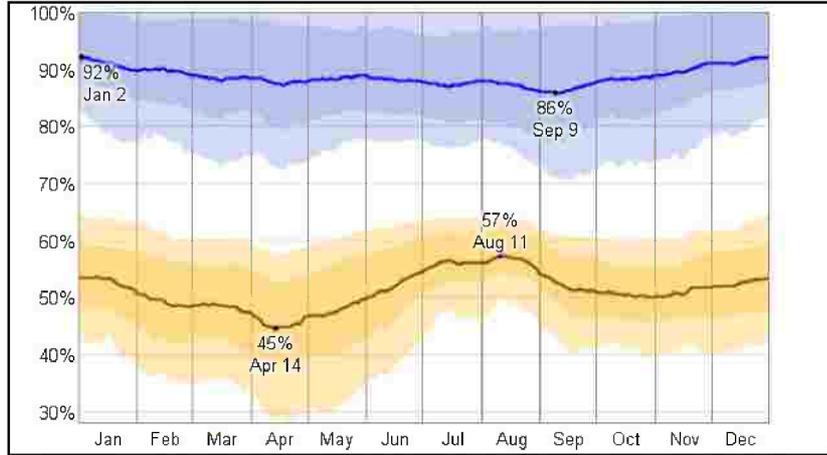
أما الرطوبة النسبية المنخفضة فتؤدي إلى تزهرة و تبلور الأملاح نتيجة الانخفاض الكبير فى الرطوبة النسبية إلى معدلات شبه ثابتة داخل الحجر و فى هذه الحالة تكون الأسطح منطقة جذب لمحاليل الأملاح. (٤)

١- أحمد مدحت إسلام: مرجع سبق ذكره ، ص ص ٤٨ ، ٧٢.

٢- عبد المعز شاهين: ترميم و صيانة المباني الأثرية و التاريخية، المرجع السابق، ص ٢٦٥.

3 - [https://weather spark.com/averages/stations_alexandria_weather/Average_weather_for_Alex,_Egypt_-_weather.spark.htm](https://weather.spark.com/averages/stations_alexandria_weather/Average_weather_for_Alex,_Egypt_-_weather.spark.htm).

٤- عبد المعز شاهين: ترميم و صيانة المباني الأثرية و التاريخية، المرجع السابق، ص ص ٢٦٥ - ٢٦٧.



(شكل : ٥٨) يوضح الرطوبة النسبية من خلال محطة الطقس الجوى بمطار النزهة بالإسكندرية

المتوسط اليومي للرطوبة النسبية العالية ————— المتوسط اليومي للرطوبة النسبية المنخفضة

مع نطاقات مئوية (النطاق الداخلى من ٢٥ إلى ٧٥ مئوية ، النطاق الخارجى من ١٠ إلى ٩٠ مئوية).

نقلًا عن:

<https://weather.spark.com/averages/stations/alexandria-weather/Average-weather-for-Alex-Egypt-weather-spark.htm>

٤- الأملاح:

يمكن للأملاح أن تتلف الأحجار بأشكال مختلفة ومن أهمها نمو البلورات الملحية داخل مسام الحجر التي تولد ضغوط كافية للتغلب على قوة شد الحجر و تحوله إلى بودرة، كما أن التلوث الجوى مصدر أساسى للأملاح الكبريتات و النترات، كما يعتقد أيضا أن المصدر الرئيسى للأملاح غبار تنقله الرياح من مكان قريب أو رزاز مياه البحر، و يمكن أن يكون إستخدام المواد الغير مناسبة فى التنظيف سببا فى ظهور الأملاح، و كذلك أسمدة الحدائق. ويرجع تبلور الأملاح إلى تبخر و تبريد محاليل الأملاح داخل الأحجار، مثال لذلك كبريتات الصوديوم و هى من أكثر و أشد الأملاح الذائبة تلفاً و التي يمكن أن توجد على هيئة ملح مثل ملح Thenardite (Na_2SO_4) الامائى أو ملح Decahydrate Mirabilite ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$).

يزيد الـ Thenardite فى الحجم أكثر من ثلاثة أضعاف عند تحوله لـ Mirabilite و لقد أتفق على أن هذا النمو هو سبب ما يسمى بالتلف المائى، حيث يصبح التلف المائى حالة مميزة من تلف التبلور حيث لا تستطيع البلورة أن تتحول من طور إلى آخر دون الذوبان أولاً ثم إعادة التبلور فى الطور الجديد. ولا يحدث تلف الأملاح فى الأماكن المفتوحة فقط حيث يتعرض الأثر لدورات من سقوط الأمطار و الجفاف المفاجيء لكنه يمكن أن يحدث أيضا فى الأماكن و المتاحف المغلقة نتيجة لفعل الأملاح الهيجروسكوبية حيث يحدث تلف شديد للأحجار خاصة فى المتاحف التي لا يوجد بها تحكم جيد فى الظروف البيئية المحيطة، و يمكن أن يرى تلف الأملاح من الوهلة الأولى حيث يكون أولها التبلور الذى يحدث على سبيل المثال بتشكيل بلورات أصغر فى الحجم من المحلول الذى جاءت منه. (١)

لذلك لا بد من قياس درجة تركيز الأملاح التي يلتقيها حيث أن مقاومة الطبقة السفلى (البنية الداخلية) للأثر للتجوية الملحية و كذلك شدة و تكرار التقلبات البيئية مهمة جدا في تحديد معدلات الضرر الملحي، و لقد أوضحت الحسابات الثرموديميكية أن هناك فارق ما بين نوع الأملاح التي توضح تلف الأملاح ذو الهيجروسكوبية العالية التي لا تتبلور و دائما ما تكون ظاهرة في الأجزاء الغير تالفة، و الأملاح المتبلورة و دائما ما تظهر في الأجزاء التالفة.

أن تراكم الأملاح ما إذا كانت متبلورة على السطح أو شبه متزهرة يتعلق بالبنية السطحية (البلل) و خصائص نقل السوائل، فلقد أوضح كلامن (De Witte و Miquel 2001) و آخرون ٢٠٠٢ أن شبه التزهير ممكن أن يتطور بوصفه حلقة وصل بين الحجر المعالج و غير المعالج وتكون الزيادة اللاحقة في محيط الأثر بسبب وجود المواد الطاردة للماء^(١).

يحدث تلف الأملاح أيضا خلال الضغط من التمدد الحرارى المختلف فعلى سبيل المثال تتمدد أملاح كلوريد الصوديوم خمسة أضعاف الكالسيت فى الغلاف الجوى السطحي (Scott Russell) . كما أن للأملاح دور فى تلف الأحجار ذو المواد الطينية ففى بعض الحالات تعزز من قوة التضخم للأحجار بينما معظم التلف يكون فيزيائيا حيث تعزز المحاليل الملحية ذوبان الكالسيت و تحول و تغيير البيوتيت ، الكوارتز و الفلسبار و يعد الثلاثة من مكونات الجرانيت الرئيسية^(٢) .

٥- درجات الحرارة و التفاوت الكبير فى درجات الحرارة أثناء ساعات الليل و النهار خلال فصول السنة:

تتراوح درجة الحرارة فى مدينة الإسكندرية عادة على مدار العام من ٤٩ درجة إلى ٨٧ درجة ، و نادرا ما تكون أقل من ٤٤ درجة أو فوق ٩٠ درجة فهزنهايت، يستمر الموسم الدافىء من يونيو إلى أكتوبر بمتوسط ارتفاع فى درجة الحرارة اليومى فوق ٨٢ درجة فهزنهايت، و الموسم البارد يستمر من أكتوبر إلى مارس بمتوسط ارتفاع فى درجة الحرارة اليومى تحت ٦٩ درجة فهزنهايت(شكل رقم ٥٩).

يؤدى الأختلاف فى درجة الحرارة إلى حدوث ضغوط داخل الأحجار خاصة الأحجار الجرانيتية حيث أنها من الأحجار النارية القليلة المسامية، فبسبب سوء التوصيل الحرارى و أختزان الحرارة تصل الحرارة للأجزاء المعرضة للشمس أعلى من الأجزاء الموجودة فى الظل بفعل الأشعة تحت الحمراء مما يسبب الكسور و التشوهات، حيث إنهيار الترابط بين الحبيبات المعدنية المكونة للطبقات الخارجية من سطح الأحجار نتيجة إختلاف مكوناتها المعدنية فى تعاملها الحرارى بارتفاع أو انخفاض درجة حرارة السطح و يترتب على ذلك تفكك الحبيبات المعدنية، بفعل التمدد و الأكتماش الذى يصاحب الأرتفاع و الأنخفاض فى درجة الحرارة ثم سقوطها بفعل عوامل أخرى كالرياح و العواصف.

أن أختلاف درجات الحرارة مرتبط بإختلاف درجات الرطوبة النسبية مما يسبب تراكم الأملاح على سطح الحجر عند حدوث إنخفاض شديد فى درجة الحرارة، فالماء الموجود داخل الحجر يتجمد و يزداد تقريبا بنسبة ١٠% من حجمه و يسبب كسرا تختلف طبيعته تبعا لنوع الحجر و كمية الماء المتجمد.

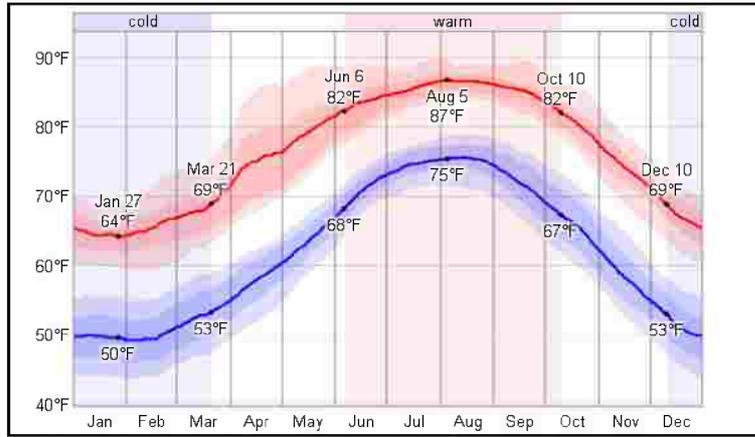
1- Price C. A.: Stone Conservation, op. cit.,1916, pp 7,8,9.

2 –Russell S.: 2007,Conservation Manual For Northern Archaeologists, Prince of Wales Northern Heritage Centre, Revised 3rd Edition pp 29-31.

كما أن درجات الحرارة مع درجات الرطوبة العالية من شأنها أن تحفز نمو الفطريات ، البكتيريا و الحشرات، و ينتج عن تلف الجرانيت من دورات الحرارة ظاهرة التفكك الرملي التي دائما ما نجدها في الجرانيت نتيجة لعملية التجوية. (١) ففي حجر مثل أحجار الجرانيت المشكل من عناصر مختلفة الألوان، توجد تباينات لأمتصاص أو انعكاس الضوء، وتسمى الأخيرة Albedo ، بحيث يمكن أن يؤدي للتلف بسبب اختلافات الحرارة بين الأجزاء الفاتحة و الداكنة (٢) كالبيوتيت في نفس الحجر. (٣)

مثال لذلك ما وصفه (2008) Gómez-Heras لبنى من الجرانيت عمره ٦٠ عاما، حيث كانت تميل الأجزاء الداكنة لعملية التقشير مقارنة بالأجزاء الفاتحة، و أوضحت الدراسة أن العامل المؤدى لذلك هو الاختلاف في الإستجابة الحرارية للعزل و اختلافات المدى القصير لحرارة السطح بينهم.

كما يمكن أن ينتج التلف كنتيجة للتعرض لدورات من الحرارة المتكررة في صورة تقوس للألواح الجرانيتية، و وجود عامل الرطوبة يعزز التلف الناتج عن دورات الحرارة، و تنشأ المشاكل الهيكلية الداخلية من الشقوق، وتضخم المخلفات الطينية داخل الأحجار الجرانيتية و أنشطار الحبيبات الداخلية. و لمحاولة التغلب على هذه المشكلة أشارت إحدى الدراسات إلى محاولة تشريب الحجر بلواصق مختلفة ، حيث بدت هذه الطريقة مفيدة على المدى القصير بينما في بعض الحالات أظهرت فشلها على المدى الطويل، فهناك تماثيل و شواهد قبور نوبية من الجرانيت أظهرت تبطين و أنشفاق شبكي تمت معالجتها بتركيزات سميكة من PVAC الذى أستخدم كمقوى و كماء للفجوات. (٤)



(شكل : ٥٩) يوضح درجات الحرارة من خلال محطة الطقس الجوى بمطار النزهة بالإسكندرية

متوسط درجة الحرارة اليومية المنخفض ————— متوسط درجة الحرارة اليومية العالى

مع نطاقات مئوية (النطاق الداخلى من ٢٥ إلى ٧٥ مئوية، النطاق الخارجى من ١٠ إلى ٩٠ مئوية

نقلًا عن:

https://weather.spark.com/averages/stations_alexandria_weather/

1_ Steiger M. and A. Elena Charola, Sect. 4.5 by Katja Sterflinger: Weathering and Deterioration, pp 231-234.

2 -Doehne E.and Price C. A.: Stone Conservation, op. cit., p 24.

3-Omar H. , Pauzi N. I. M., Abu-Shariah M. , Zainuddin Md. Yusof, Shukri b. Maail: Microcracks Pattern and The Degree of Weathering in Granite, EJGE, Vol. 14, Bund. F, P2.

4- Steiger M. and A. Elena Charola, Sect.: op. cit., pp 231-234, 270.

ثالثاً : عوامل التلف البيولوجي:

١ - النباتات:

عندما تتجمع مياه الأمطار في الأماكن الأثرية، تنمو بطبيعة الحال بذور النباتات التي تحملها الرياح والطيور التي تستقر عادة في الشقوق والفواصل.

٢ - الحيوانات و الطيور:

تعتبر الخفافيش من أكثر الحيوانات التي تسبب تثويبه الأثار، فضلات الخفافيش غنية بعدد من الأملاح فيتكون أساسا من أملاح الفوسفات و النترات.

قد يكون للفسفور أيضا أصل بيولوجي حيث تنتج بعض الكائنات الحية الدقيقة خلال عملية التمثيل الغذائي، كما أن فضلات و مخلفات الطيور غنية جدا بالفسفور، و أحيانا ما يتحد الكالسيوم مع الكبريت ليكون الجبس، و كذلك الفوسفور ليكون فوسفات الكالسيوم الذي يؤكد أن أصل الفسفور الموجود بالباتينا هي فضلات الحمام الغنية بالفوسفات.^(١)

- البكتيريا:

تنمو وتتطور بسهولة على الأحجار الموجودة في الأماكن المفتوحة خاصة تلك التي تتعرض لمحتوى عالي من المياه، كما يعد التلف الحيوي نتيجة النوات البيولوجية على الأحجار شيء محبب و غير محبب في نفس الوقت الأشنات الملونة و النباتات الزاحفة مثل نبات اللبلاب، و لقد أشارت الدراسات الحديثة أن مساهمة البكتيريا في التحلل أو الحماية ترجع إلى كمية و نوع غذاء الميكروبات "food for microbes" الموجودة مثل أيونات النترات مقابل الأمونيوم و أنواع الكربون العضوى، فلقد أظهرت الأبحاث تأثير الأغشية الحيوية **biofilms** على الأحجار السيليكية مثل الجرانيت حيث أنها قد ترفع من معدلات الذوبان في بعض الأحيان (Wu et al. 2007; Wu, Jacobson, and Hausner 2008).^(٢)

- الفطريات :

يمكن لمخلفات الطحالب و البكتيريا أو الخلايا الميتة من هذه الكائنات، أوراق النباتات و الأشجار المتحللة و فضلات الطيور أن توفر مصادر الغذاء للفطريات، و يبدو أن التأثير النيو كيميائي للفطريات على الأحجار أكثر أهمية من التحلل الميكانيكي، كما تسهم الفطريات في تحلل المواد السيليكية (الميكا - الأورثوكليز) و الحديد و المغنسيوم المحمل بالمعادن (البيوتيت - الأوليفين - البيروكسين).^(٣)

و تتركز الفطريات خاصة في قشور الأحجار و هي قادرة على اختراق مواد الأحجار بالنمو الخوطى **hyphal growth** و نشاط التآكل الحيوي، فالأحماض العضوية التي تنتجها أنواع مختلفة من الفطريات الوظيفية مثل العوامل المساعدة الرابطة التي يمكن لها أن ترسب الأيونات المعدنية مثل الكالسيوم، الحديد، أو المغنسيوم من أسطح الأحجار

1-Michael Steiger and A. Elena Charola, Sect. 4.5 by Katja Sterflinger:, Weathering and Deterioration,op. cit,p 270.

2 -Doehne E.and Clifford A. Price: Stone Conservation, op. cit., p21

3 -Kumar R., Anuradha V. Kumar: 1999, Biodeterioration of Stone in Tropical Environments, The Getty Conservation Institute, U.S.A 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1, pp 16 - 17.

1988) Caneva and Salvadori، فتأكسد المعادن الموجبة المكونة خاصة الحديد و المنجنيز وتلفهما يحفز التغيير اللوني لسطح الحجر نتيجة لإفراز الميلانين من فطريات الـ **Dematiaceus**^(١)، كما يمكن لحمض الأوكساليك أن يحدث تآكل كبير للمعادن الأولية و انحلال كامل لمعادن الصدىء ferruginous minerals من خلال تكوين أوكسيالات الحديد و السيليكا جيل.^(٢)

1- Sharmal K. , Verma K.P., Motilal: 2011, Fungal Involvement in Biodeterioration of Ancient Monuments, Problem and Prospects, Journal of Phytology 2011, 3(4): 15-17, ISSN: 2075-6240, ISSN: 2075-6240.

2- Kumar R., Anuradha V. Kumar: Biodeterioration of Stone in Tropical Environments, op. c, pp 16 – 17.

مظاهر التلف التي يمكن مشاهدة على الآثار الجرانيتية كنتيجة لعوامل التلف تطبيقاً على مظاهر التلف التي تمت ملاحظتها و تسجيلها على القطع الأثرية موضوع الدراسة

جداول توضح رموز القطع الأثرية موضوع الدراسة في المواقع المختلفة

(جدول: ٧) يوضح رموز القطع الأثرية الموجودة بالمتحف البحري

الرمز	الخامة	الأثر
S2	جرانيت أحمر	قاعدة التمثال
Y1	جرانيت وردى	تمثال الملكة البطلمية
Z	جرانيت أحمر	تمثال الخطيب

(جدول: ٨) يوضح رموز القطع الأثرية الموجودة بالمسرح الروماني

الرمز	الخامة	الأثر
S3	جرانيت أحمر فاتح	بوابة صرح معبد إيزيس
K	جرانيت وردى	الجزء العلوى من تمثال لسيدة فاقد الرأس
L1	جرانيت وردى	رأس تمثال
L2	جرانيت وردى	جذع تمثال
N	جرانيت وردى	رأس تمثال
Y2	جرانيت وردى	التاج الحثوري
P	جرانوديوريت	تاج عمود
Q	جرانوديوريت	تمثال لأبو الهول من الجرانوديوريت
R	جرانيت أحمر	عمود فرعونى
T	جرانيت أحمر	عمود فرعونى
U	جرانيت أحمر	تمثال لأبو الهول فاقد الرأس
S5	جرانيت وردى	تمثال لأبو الهول فاقد الرأس
V	جرانيت وردى	قطعة من مسلة ضخمة
W	جرانيت وردى	أجزاء من مسلة فرعونية

(جدول: ٩) يوضح رموز القطع الأثرية الموجودة أمام مكتبة الإسكندرية

الرمز	الخامة	الأثر
X	جرانيت وردى	تمثال الملك البطلمى

١ - القشرة Crust :

فى العموم تكون تراكمات لمواد ملتصقة على السطح، ربما تحتوى القشرة على مخلفات خارجية المنشأ exogenic متحدة مع المواد الناتجة من الحجر، و يمكن أن تكون القشرة داكنة اللون نسبيا (قشرة سوداء) كما يمكن أن توجد قشور فاتحة اللون، و يمكن أن يكون سمك القشور متجانس، وهذا يضاعف سطح الحجر، يكون لدى الحجر سمك غير منتظم، و تضيق من التفاصيل الموجودة على سطح الحجر، (صورة رقم ٧٢) توضح تراكم قشور الكالسيوم (الجبس) على أسطح الجرانيت يودى إلى تحلل هذه السطوح بظهور تقرحات و حبيبات فى الركيزة التحتية للحجر.

٢ - البتينا السوداء:

يحتوى الجرانيت على كمية قليلة من الكالسيوم مما يرجح عدم حدوث عملية الـ sulphation، فى بعض الحالات أثبت أن الجبس يتشكل فى صخر الجرانيت من الكالسيوم الناتج من عملية التحلل المائى hydrolysis للبلاجيوكليز و ثانى أكسيد الكبريت الموجود فى الجو، و هى عملية محددة و كمية الجبس المشكلة صغيرة للغاية، لذلك فمن غير المرجح أن يودى هذا إلى تكون البتينا السوداء.

أحيانا تكون التكلسات و القشور السوداء نتيجة لتزايد معدلات الجازولين بالجرانيت، و فى بعض الأحيان تكون القشور الموجودة على الجرانيت نتيجة لعوامل جيوكيميائية لا علاقة لها بالطبقة السفلية و أنها متراكمة من مصادر الغلاف الجوى فى المدن الحضرية نتيجة لعناصر قادمة من عمليات تلوث مختلفة مثل حرق الوقود على نطاق واسع (حركة المرور - التدفئة المنزلية - الأنشطة الصناعية - الحرائق الصغيرة)، و أحيانا تكون ذو الأصل البحرى كافية لإنتاج الباتينات السوداء اللون، كذلك فضلات الطيور.^(١)

و مصادر حيوية المنشأ و قد لوحظ أن بعض الفطريات السوداء تنتج جزيئات صغيرة كروية التى ربما فى بعض الظروف يمكن الخلط بينها و بين الرماد المتطاير.

- النباتات الدقيقة Microflora قادرة أيضا على إنتاج الكبريتات، أن تكون التكلسات السوداء فى البيئات الملوثة ربما تكون نتيجة لعوامل بيولوجية.

بالإضافة إلى أن قشور الكبريتات ربما توفر بيئة مثلى و ملائمة لبعض البكتيريا الزرقاء cyanobacteria من خلال التحلل التدريجى للكبريت.^(٢)

و هذا النوع من التلف ذو مشكلة خطيرة عندما تتعلق بالأحجار الأثرية، حيث التنظيف مكلف و قد يودى إلى تآكل الأسطح.

تراكم الفوسفات دائما ما يوجد كمكون للباتينات السوداء، مكون المكونات المعدنية فى العموم مثل الأباتيت، الهيدروكسيباتيت و كربونات الأباتيت.

1- Silva B., Aira N., Cortizas A. M., Prieto B.: 2009, Science of the Total Environment, © Elsevier B.V, pp 130 – 136.

2- Doehne E. and Price C. A.: Stone Conservation, op. cit., p12.

و يعود وجود الفوسفور لعدة عوامل:

المخلفات التي تترك على الحجر نتيجة لمعالجات الترميم و الصيانة السابقة، إستخدام الصابون أو المنتجات المنظفة الغنية بالفوسفور، و ترسب الجسيمات فى الغلاف الجوى.

٣- المخلفات و الرواسب Deposit :

يدل المصطلح على تجمع أو تراكم المواد الخارجية المنشأ exogenic ذو سمك متنوع، و من أمثلة هذه التراكبات بقع و بقع الطلاءات الملونة أو المونات، الأيروسولات البحرية والجسيمات فى الغلاف الجوى مثل السناج soot أو الأتربة و بقايا مواد الترميم مثل الكمادات السيليوزية.^(١)

عموما التراكبات و صفة الألتصاق على السطح الحجرى الأكثر أنتشارا هى التكلس البحرى " تراكبات الحيوانات البحرية " التي تظهر على كل القطع الأثرية المستخرجة من قاع البحر، و يمكن أن نرى هذه التراكبات بوضوح فى القطع Y1، S1 و S5 من (صورة رقم ٧٣ إلى صورة رقم ٧٦).

و يتكون التراكبات من الأملاح الغير ذائبة التي لم تتأثر بعملية التحلية، و لقد أظهرت تحاليل الـ XRD تكون بعض المخلفات بصورة رئيسية من الكالسيت و البعض الآخر من الـ Aragonite مع وجود قليل من الكالسيت و الكوارتز.

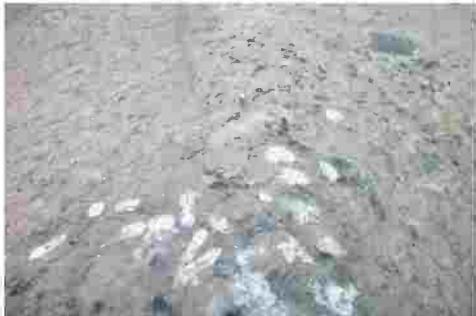


(صورة : ٧٢) توضح تراكم قشور الكالسيوم (الجبس) على أسطح الجرانيت يؤدي إلى تحلل هذه السطوح بظهور تقرحات و حبيبات فى الركيزة التحتية للحجر.

1- MONUMENTS AND SITES XV : Illustrated glossary on stone deterioration patterns, ICOMOS International Scientific Committee for Stone (ISCS), France, Paris.



(صورة : ٧٣) توضح تراكم القشور و التكلسات البحرية و الجيرية على الآثار الجرانيتية عند القاعدة مما يؤدي إلى تحلل هذه السطوح بظهور تقرحات و حبيبات في الركيزة التحتية للحجر



(صورة:٧٥) توضح التكلسات البحرية بالقطعة Y1



(صورة : ٧٤) توضح الثقوب في الجرانيت في القطعة S5 ربما يرجع للحيوانات البحرية.



(صورة:٧٦) توضح التكلسات البحرية (تراكمات الحيوانات البحرية) بالقطعة S1
(تصوير الباحثة)



٤- ظاهرة التقشر:

تعتبر آلية التلف الفيزيائي إحدى أشكال التلف شديدة الخطورة التي تحدث نتيجة لعملية التمدد و الأنكماش و التكسر الذي يؤدي بدوره إلى ظهور ما يسمى بظاهرة التقشر، و آلية التلف الكيميائي للتقشر تنتج عن انفجار الملح الذي يحدث في العواصم ذو المناخ الرطب المعتدل حيث تخترق المياه الأحجار سواء في حالة سائلة أو في صورة بخار ماء. و قد يتم نشوء التقشر إذا كانت الأملاح محاصرة وراء غطاءات غير نافذة نسبياً و مواد ترميم غير مناسبة مثل المواد الطاردة للماء و الأكلريلات محدثة شبه تزهير للأملاح^(١).

1- El-Gohary, M.A., Al-Shorman, A.A.: 2010, The Impact of the climatic conditions on the decaying of Jordanian Basalt at Umm Qeis: Exfoliation as a major deterioration symptom, Mediterranean Archaeology and Archaeometry, Vol. 10, Greece, p 145.

و آلية التلف البيولوجى يمكن أن تحدث نتيجة تأثير نشاط بعض الكائنات الحية الدقيقة الناتجة من بعض أنواع البكتيريا مثل طبقة الـ cryptoendolithic cyanobacterial ، فجميع هذه العوامل على اختلاف درجاتها تؤدي إلى عملية التقشر^(١).

و يرجع التقشر إلى انفصال الطبقات المتتالي للحجر، يتراوح فى المقياس من ١ سم إلى ٢ سم فى السمك إلى انفصال طبقات كبيرة للحجر،^(٢) و يتم تتبعه على طول الأغشية أو النطاقات أو ترابط البنية الهيكلية للحجر، و يظهر موازى لسطح الحجر، و فى الصخور البلاتونية مثل الجرانيت يسمى Spheroidal weathering التجوية الكروية أو onion skin weathering.

أن انفصال العناصر المستوية الصغيرة أو الكبيرة يكون موازيا أيضا لسطح الحجر، سمك الطبقات المفصولة يتراوح من مم إلى سم، و نلاحظ هذه الظاهرة فى أجزاء كثيرة من القطع المستخرجة من الميناء الشرقى و منطقة السلسلة و القلعة حيث نلاحظها بشدة فى إحدى قطع المسلة V من الجرانيت الوردى (صورة رقم ٧٧ أ - ب - ج)، و توجد أيضا فى تمثال أبو الهول من الجرانيت الأحمر U (صورة رقم ٧٨ أ - ب).

والتقشر هو نموذج لتلف أو تجوية الجرانيت فى المحاجر، فالصخور الجرانيتية صخور بلورية تظهر فسيفساء متشابكة من بلورات منسقة بشكل جيد، تمثل حدود الحبيبات مسطحات من الضعف بسبب وجود شروخ صغيرة micro-cracks " دائما أقل من ١ مم فى العرض و يصل إلى بضع مئات من الميكرونات فى الطول"، كما أن وجود البيوتيت فى الجرانيت يشير إلى مسطحات من الضعف التى تؤدي إلى التقشر أو التساقط flaking.

٥ - التقشر السطحى Scaling, Contour Scaling :

أن وجود الرقائق flakes و التقشر scaling يدل على انفصال الحجر كجزيئات رقيقة أو رقائق مثل القطعة V (صورة رقم ٧٧ أ - ب - ج) و القطعة S3 و التى تمثل جزء من صرح لبوابة معبد و هى من الجرانيت الأحمر (من صورة رقم ٣٥٥ إلى صورة رقم ٣٦٠) ، و لقد تم أجزاء الفحوص و التحاليل على عينات من هذين القطعتين و سيتم الحديث عنهما بشئ من التفصيل فى الفصل الثالث الخاص بالفحوص و التحاليل و الدراسة التطبيقية.

كما يظهر هذا النوع من التلف بشدة فى قطعة U لتمثال أبو الهول الفاقدة الرأس من الجرانيت الأحمر (صورة رقم ٧٨ أ - ب)، و لقد أظهرت معظم القطع المنتهلة من مواقع الدراسة و المعروضة فى عدد من المتاحف هذه الظاهرة فأظهرت كلا من التزايد فى الحجم (التقشر) scaling و التزايد الكنتورى أو المحيطى Contour Scaling (مثال القطع - X (L2 - Y1).

أن سمك هذا التقشر السطحى يتراوح من مليمترات إلى عدة سنتيمترات، و يمكن أن يلتصق على جانب واحد فقط مثل fish scale و يترك تسنن متدرج أو قد تحدث أنقطاع أو انفصال تاركا تسنن متعادل موازى لسطح الحجر.^(٣)

1- El-Gohary, M.A., Al-Shorman, A.A.,: The Impact of the climatic conditions on the decaying of Jordanian Basalt at Umm Qeis , op. cit. p 145.

2 -Torraca G.: Lectures on Materials Science for Architectural Conservation, op. cit , p92.

3- MONUMENTS AND SITES XV : Illustrated glossary on stone deterioration patterns, ICOMOS, op. cit.

التزايد الكنتوري أو المحيطي Contour Scaling، هو أنفصال واسع النطاق موازي لسطح الحجر الذي ليس من الضروري أن يتبع البنية الهيكلية لأي حجر.

في حالة السطوح المسطحة يسمى Contour Scaling في بعض الأحيان Spalling، و ميكانيكية هذا الشكل هي مثل ميكانيكية التقشر exfoliation في الأحجار الجرانيتية.^(١)



(صورة: ٧٧ أ - ب - ج) أ- القطعة V من الجرانيت الوردى و التي تمثل إحدى أجزاء مسلة بالمرح الروماني، ب- ج- توضح ظاهرة الكسور و الشروخ بمختلف أحجامها من البسيط إلى الشديد العمق.



(صورة: ٧٨ ب) توضح تفصيلاً من ظاهرة التقشر السطحي بمختلف مستوياته بالقطعة U .

(صورة: ٧٨ أ) توضح ظاهرة التقشر السطحي بمختلف مستوياته بالقطعة U و التي تمثل تمثال لأبو الهول فاقد الرأس بالمرح الروماني.

(تصوير الباحثة)

٦- الحفر Pitting :

هو تلف بيوجيني biogenically (مثل الأشنة) أو كيميائياً ، خاصة في الصخور الكربونية، ففي بعض الحالات، يمكن أن ينتج التآكل من عمليات التنظيف الحادة أو قلة الخبرة، و تكون الحفر عموماً ذو شكل أسطواني أو مخروطي و ليست مترابطة، و تقاس التجويفات الضحلة بوحدات المليمترات أو وحدات المليمترات الفرعية، لم تشاهد هذه الظاهرة في القطع الجرانيتية موضوع الدراسة.^(١)

٧ - الحفر الدقيق Micropitting:

يمكن أن نلاحظ الحفر الدقيق Micropitting في جميع المناطق المناخية حيث تستعمر الأشنة أسطح الأحجار الجرانيتية مثلها مثل الأحجار الكلسية، كما نلاحظ التآكل الدقيق في المناطق القاحلة و شبه القاحلة حيث تنشأ الفطريات الأستعمارية الدقيقة السوداء و هي شائعة الوجود في الأحجار مثل الحجر الجيري و الجرانيت، و التفاعل الكيميائي يؤدي إلى تأكسد العناصر المعدنية الموجودة في الأحجار الجرانيتية و التي تتمثل في الفلسبار و الميكا مما يؤدي إلى تغير حجمها و عدم تماسك الأحجار، لذلك يكون من السهل أن تهاجم الأحجار الجرانيتية الفطريات و الأحماض العضوية البكتيرية خاصة الفطريات الخيطية التي تفرز حامض السيتريك و حامض الأوكسيليك حيث تغلف الأيونات التي تنتج نتيجة لتحلل الأحجار.

٨ - التآكل الحويصلي Alveolar erosion :

يطلق عليه المصطلحات الآتية Alveolization ، Alveoli weathering ، أقراص العسل Honeycomb ، شبكية الحجر stone lattice أو stone lace ، هو عبارة عن تشكيل تجاويف (alveoles) على سطح الحجر، هذه التجاويف قد تكون مترابطة و يمكن أن تكون بأشكال و أحجام متغيرة (سنتمترية بشكل عام، و أحيانا مترية)، و هو نوع من احتمالية التلف التفاضلية نتيجة لعدم التجانس في الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية للحجر، فيمكن أن يحدث التآكل الحويصلي مع أنماط أخرى من التلف مثل التفكك الحبيبي granular disintegration و أو التقشر السطحي scaling.^(٢)

يرى البعض أن معظم أمثلة تجوية أقراص العسل Honeycomb تحدث في الصخور المتجانسة، خاصة الحجر الرملي و الجرانيت، كما يرى البعض أن فعل التآكل القوي الذي ينتج من فعل الرياح مع فعل الأملاح على السطح الحجري ، يظهر هذا الشكل من التآكل بصورة واضحة في القطع الأثرية المواجهة للسواحل حيث يوجد مناخ معتاد من الرياح القوية المحملة بملح البحر، الرمال و الحصى، حيث توجه الرياح القوية مباشرة داخل التجاويف الطبيعية الموجودة على السطح الحجري، و عند جفاف الرطوبة الموجودة داخل الحجر، تعصف الرياح بهذه التجاويف نتيجة لحدوث التبخر السريع، و تكون النهاية الحتمية زيادة الأملاح المتزهررة نتيجة للبلل و الجفاف السريع الذي يحدث للحجر لئلا يتسبب في هذا الشكل من التآكل الخطير.

كما يرى Blackwelder(1929) أن التجاويف تتطور من خلال عملية التقشر المرتبطة بتفاعلات التميؤ hydration للفلسبارات في المناطق الرطبة على سطح الأحجار، مع إزالة البقايا الناتجة عن طريق الرياح، الأمطار و حركة الحيوانات.^(٣)

1-MONUMENTS AND SITES XV, Illustrated glossary on stone deterioration patterns, ICOMOS , op.cit, P 28.

2-Siegesmund, Siegfried (EDT)/ Snelhage, Rolf (EDT) : January 2011, Stone In Architecture, Springer-Verlag, p301.

3 - MUSTOE G.E.: The Origin HoneyComb Weathering, Geology Department, Western Washington University, Bellingham, Washington 98225,p 109.

٩ - تبلور الأملاح :

أن تبلور الأملاح يظهر تغيرات حجمية من ١ إلى ٥% معتمداً على درجة حرارة الحجر و سطح المعدن، كما أن تأثير تغير درجات الحرارة عبر الصخور المجواه يبدأ على السطح، و تكون أول علامات التجوية هو حدوث الشروخ الصغيرة على طول حدود أو أطراف الحبيبات، يتبعه الشرخ crack فى الحبيبة ذاتها، هذه الشروخ الصغيرة micro-cracks هى نتيجة للتمدد الحرارى ، و تبلور الأملاح يحدث فى الصحارى الساخنة و السواحل، إذا دخل الماء الشروخ و المسام فى الصخر ، هى ككل مياه مالحة، تترك بلورات الملح عند تبخرها، و مع مرور الوقت و تراكم و تزايد حجم هذه البلورات يضعف الصخر المحيط تحت الضغط ، و فى البيئة الساحلية يدخل الماء الملحى هذه الشروخ و الشروخ الصغيرة micro-cracks فى الأحجار.

أن الأملاح القابلة للذوبان هى إحدى العوامل الأساسية فى تجوية الصخور، فهناك أشكال عديدة للتحويل مثل (الحفر - أقراص العسل الشمعية - taffoni ... الخ)، الموجود فى التكوينات الصخرية فى مناطق الصحارى و الشواطئ مترتبة على فعل الأملاح القابلة للذوبان، كما أن الأحجار الموجودة فى البناء و الأعمال التنكارية أيضاً عرضة للأملاح القابلة للذوبان، تتحرك هذه الأملاح خلال الكتل الجرانيتية بطرق مختلفة، و يعتبر الجرانيت على وجه الخصوص أكثر عرضة لفعل الأملاح، حيث ميكانيكية الأملاح فى تحول و تغير بنية الحجر من خلال تناوب عمليات الأنحلال الملحى ، التبلور و التميؤ (إضافة الماء) Hydration السابقة الذكر، فعندما يتبلور الملح يحدث ضغط على جدار المسام الحجرية الذى يمكن أن يكون أكثر من المقاومة الميكانيكية للحجر، مما يؤدي لظهور شقوق جديدة، و التى تؤدى بدورها إلى زيادة مسامية الحجر و يقلل من التماسك الداخلى بين الحبيبات المعدنية، ينوب الملح المتبلور أو يتمىء إذا دخل الماء أو بخار الماء إلى الحجر، و ربما يتبلور الملح ثانياً إذا كانت هناك مرحلة أخرى من الجفاف.^(١)

ويمكن تطبيق الكمادات الماصة لعدة مرات بالنسبة للقطع الكبيرة الحجم ، تظهر طريقة الكمادات كفاءات مختلفة نتيجة لنوع الكمادة و ذوبان المياه الخاصة بالأملاح الموجودة بالحجر، حيث تستخدم طبقة سميكة من الورق و عجينة الورق تلتصق بالسطح الحجرى حيث ينفذ ماؤها إلى مسام الحجر مذبذباً للأملاح على السطح و ماتحت السطح إذا بدأ الجفاف و تسربت هذه الأملاح إلى لب الورق شيئاً فشيئاً و ربما ظهرت بلورات على سطح العجينة الجافة، و تكرر هذه العملية مرة بعد أخرى على فترات دورية حسب حالة القطعة حتى يتم إستخلاص الأملاح تماماً و للتأكد من ذلك ينقع جزء من عجينة الورق المستخدمة فى ماء مقطر ثم يجرى عليه إختبار نترات الفضة فى وجود نقطة حمض النيتريك.

و بالنسبة لإستخلاص الأملاح التى لاتذوب فى الماء و هى طبقة صلبة و متماسكة من كبريتات الكالسيوم أو كربونات الكالسيوم تؤدى للتلف و حجب النقوش إذا كانت الظروف مهيئة لتبلور هذه الأملاح، فتتم إزالة كربونات الكالسيوم بإستخدام محلول مخفف من الهيدروكلوريك ٥% بعد تنظيف السطح بإستخدام فرشاة ناعمة و جافة، حيث تلين الأملاح ثم تزال بعد ذلك بإستخدام مشرط غير حاد، ثم يغسل المكان بالماء جيداً، و يمكن الكشف عن ذلك بطول من نترات الفضة، أما إزالة كبريتات الكالسيوم تتبع نفس الطريقة السابقة مع إستخدام محلول نيوكبريتات الصوديوم نسبة ١٠% مع الماء أو محلول كربونات الأمونيوم بنسبة ١٠% مع الماء، و يجب غسل الأماكن المعالجة بالماء جيداً.^(٢)

1- Rivas T., , Alvarez E., Mosquera M.J, Alejano L., Taboada J.: 2009, Construction and Building Materials, Elsevier Ltd, pp 266 – 267.

٢- محمد أحمد هلال : تقنيات ترميم و صيانة الاعمال النحتية ، ص ص ١٤٢ ، ١٢٧.

كما أكدت نتائج الدراسة التجريبية فاعلية استخدام الكربوكسى ميثيل سليولوز ٣٠ جم + كربونات الأمونيوم بنسبة ٣٠ جم فى إزالة كربونات الكالسيوم، لمدة ٢٤ ساعة فأكثر حيث تحولت التكلسات لمادة هلامية، كما أظهرت بيكربونات الصوديوم + الماء بنسب ١: ١٠ جزء باستخدام قطعة من القطن مبللة بالمحلول مع استخدام فرشاة أسنان صغيرة أذابة جيدة جداً لكربونات الكالسيوم.

١٠ - التفكك الحبيبي Granular disintegration :

هو شكل من أشكال التجوية الكيميائية و يمكن أن يصيب أنواع مختلفة من الأحجار بسبب فقد تماسك و ترابط سطح الحجر أو يمكن أن تتغلغل أو تدخل فى العمق وتنتج عن انفصال الحبيبات الفردية أو مجاميع من الحبيبات، والحجم الحبيبي الناتج يعتمد على طبيعة الحجر و البيئة المحيطة به، يعرف فى الجرانيت بالتبلور الحبيبي Granular crystalline، كما يستخدم مصطلح التفكك الرملي Sanding ليصف ظاهرة التفكك الحبيبي فى الجرانيت^(١) وهو أحدى أخطر مظاهر و أشكال التلف فى الأحجار الجرانيتية المستخدمة فى المباني التاريخية و التذكارية، هذا الشكل من التلف يحدث نتيجة عمليات التبلور و التحلل الملقى لكوريد الصوديوم الذى ينتج عنه فقد الحبيبات، و كلوريد الصوديوم هو الملح الأساسى فى الأيروسولات البحرية، فيمكن أن نجده فى ترسيب الغلاف الجوى على مسافات تصل إلى ١٠٠ كم من الساحل ، فى كثير من الحالات، يكون هذا النوع من التجوية شديد الخطورة مما يؤدي لضياع القيمة المعمارية و التاريخية للمباني الأثرية و التذكارية، و لا يوجد حالياً حل سريع و فعال و قابل للتطبيق من الناحية التقنية للمشاكل الناجمة عن تبلور كلوريد الصوديوم من الأيروسولات البحرية فى المباني و الأحجار الجرانيتية الأثرية.

فقبل الشروع فى أى علاج بهدف تقوية سطح الحجر لابد أولاً من إزالة الملح، لذلك تكون عملية الغمر ضرورية و تكون فعالة إذا كانت القطعة صغيرة و تحت السيطرة و المتابعة المستمرة، و لكن لا تكون هناك عملية تحلية كاملة الفاعلية، و مع ذلك إذا ما لم يتم منع التدفق الملقى و الأيروسولات البحرية تكون ذو إشكالية خاصة إذا كان من الصعب نقل الأثر و حمايته من التعرض لهذه الأيروسولات، و هناك حل حديث مقدم حيث تطبيق المنتجات التى تحول أو تعدل قوة حركة التبلور، هذه المنتجات تعدل التركيز شديد التشبع (التأثيرات الديناميكية الحرارية) و أو الحركات البلورية (تأثير القوى الحركية).

كما أن تشكيل التزهير الملقى له تأثير فى الحد من مخاطر التحول الصخرى، مع ذلك لا يوجد إشارات لتطبيق مثل هذه المنتجات على الجرانيت، و يعتبر التحقق من هذه الخطوة على صخور الجرانيت حاسمة بسبب أن الصخور الجرانيتية بشكل خاص عرضة للتجوية نتيجة تعرضها للأيروسولات الناتجة من رذاذ البحر كما أن مسامية صخور الجرانيت تختلف تماماً فى بنيتها عن الصخور الرسوبية، مما يؤدي إلى عملية بلورة مختلفة، قوى التحلل الحركية Dissolution Kinetics و بالتالى تؤدي لميكانيكيات تلف مختلفة^(٢).

التفكك الحبيبي النشط الأكثر وضوحاً يغطى سطح القاعدة S2 بأكملها و هى عبارة عن قاعدة تمثل من الجرانيت الأحمر و لقد تم إجراء بعض الفحوص و التحاليل لهذه القطعة موضوع الدراسة (لوحة رقم ٧٩)، كما تمت ملاحظة التفكك الحبيبي فى أجزاء من القطعة X و التى تمثل تمثال الملك البطلمي الموجود أمام مكتبة الإسكندرية (صورة رقم ٨٠).

1- MONUMENTS AND SITES XV : Illustrated glossary on stone deterioration patterns, ICOMOS , op. cit, Paris.
2 -T. Rivas a, , E. Alvarez a, M.J. Mosquera b, L. Alejano a, J. Taboada a: Construction and Building Materials, op. cit., pp 266 – 267.

و تحدث التجوية الكيميائية نتيجة لوجود الشروخ الصغيرة micro-cracks ، و التي توفر البيئة التي تنتج الطينات، و بعض الطينات تنتفخ في حالة كونها مبتلة، كما أن أكاسيد الحديد أيضا تنتفخ عندما تتهيء (تتحد مع الماء) hydrated، هذا الأنتفاخ يمكن أن تتدخل داخل البلورات في الصخور الحبيبية الخشنة، تؤدي إلى انفصال حبيبات الحجر، و ربما يرجع هذا إلى حقيقة أن القاعدة S2 لم تخضع لعملية التحلية أو أنها قد تكون نظفت بمنظفات قاسية (لوحة رقم ٧٩).

عندما يكون التفكك الحبيبي محدود لمساحات أقل من ٢ سم في الحجم، يمكن أن يستخدم مصطلح تفتت Crumbling لشرح هذا الشكل من التلف أو التجوية الذي يبدأ من سطح الحجر و في بعض الحالات يمكن أن يخترق بعض السنتيمترات أو أكثر.



(لوحة: ٧٩) توضح ظاهرة التفكك الحبيبي و التي تعاني منها القاعدة S2 بشدة



(صورة: ٨٠) توضح ظاهرة التفكك الحبيبي بتمثال الملك البطلمي X عند المكتبة

١١ - الشروخ أو الشقوق Cracks :

الشروخ بأحجمها المختلفة فى عدد من قطع الجرانيت الوردى، فمصطلحات الصدع crack، الشرخ fissure أو الكسر fracture تشير إلى أنقسام مرئى و واضح فى القطعة الأثرية إلى أجزاء و قطع أو transversing القطعة ، مثال لهذا النوع من التلف قطعة الجرانيت الوردى Y1 و التى تمثل تمثال الملكة البطلمية و هى مقسمة إلى جزئين حيث تظهر الشروخ فى بعض أجزاءها (لوحة رقم ٨١) ، و قطعة الجرانيت الوردى V التى تمثل أحد أجزاء مسلة فرعونية (صورة رقم ٧٧ أ - ب - ج)، كما تظهر الشروخ بأحجمها المختلفة فى القطع الجرانيتية S1 ، X ، K .
عندما يكون الشرخ بالغ الصغر (>0.1 with width dimension) يطلق عليه Hair Crack .
يمكن أن تكون خطوط الشرخ على سطح الأحجار الجرانيتية نتيجة لعوامل ميكانيكية، مثل الضغط أو النشاط البشرى أو القوة التدميرية للزلازل.

١٢ - الخشونة Roughening (١) :

هو نتيجة للتآكل أو فقد لجزيئات الحجر الأصغر حجما (الشديدة الصغر) على الأسطح الناعمة للأحجار، و معظم القطع التى تمت دراستها و تسجيل مظاهر التلف عليها تظهر خشونة لسطح الحجر، هذه الظاهرة يمكن أن تكون نتيجة لعملية التلف بمرور الوقت أو كنيحة للتنظيف الحاد .
و ترجع خشونة السطح لوجود المعادن المختلفة فى الأحجار الجرانيتية، من الواضح أن معدل تلف المعادن الداكنة، مثل البيوتيت، هو أكثر من معدل التلف فى الفلسبارات و الكوارتز، و نتج ذلك فى التسننات أو الأنبعاجات نتيجة إلى تآكل أو تلاشى السطح : المناطق التى تحيط بالفلسبارات و الكوارتز تظهر أقل تآكلا ، و توجد ظاهرة الخشونة فى جميع القطع مثال لذلك التمثال Y1 (لوحة رقم ٨١) .



(صورة: ٨١) توضح ما بالتمثال Y1 من شروخ و تقشر سطحى بمختلف مستوياته كما نلاحظ الأجزاء المفقودة و ما عليه من إتساخات و أتربة و نلاحظ أيضاً ظاهرة الخشونة. (تصوير الباحثة)

١٣ - الأستدارة Rounding :

يدل المصطلح على تآكل زوايا حواف الحجر إلى أشكال مستديرة Rounding يمكن أن يرى في جميع القطع التي تمت دراستها و تسجيل مظاهر التلف عليها.

الحواف الحادة تكون أكثر عرضة للتجوية الكيميائية الذي يمكن أن يصيب أو يهاجم سطح القطعة الأثرية من الجانبين أو في الداخل، في حالة الزوايا و الأركان من جوانب عدة يشكل Spheroidal weathering التجوية الكروية أو أستدارة للحواف، كما أن مياه البحر، حركة التيارات مع الرمال تآكل الحواف و سطح القطع الأثرية، و نلاحظه في رأس التمثال N (صورة رقم ٨٢).



(صورة: ٨٢) توضح ظاهرة أستدارة الحواف بالتمثال N الموجود بالمرسح الروماني بكم الدكة .

(تصوير الباحثة)

١٤ - الأجزاء المفقودة Missing Parts :

معظم القطع التي تمت دراستها تظهر أجزاء مفقودة، خاصة في الأجزاء البارزة و المكشوفة من المنحوتات (الأنف، الأصابع) و هي عادة تنكسر نتيجة لتأثير الضغط ، و من الواضح جدا أن سلسلة الزلازل التي ضربت الإسكندرية و مبانيها كالنفار كانت هي العامل الأكثر تأثيرا في تلف و كسر تلك القطع كم سبق و أن ذكرنا.

١٥ - الأنتقاب perforation : (١)

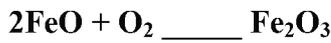
يدل و يصف المصطلح واحد أو سلسلة من ثقب أو فجوات السطح، صنعت عن طريق آلة حادة أو عن طريق كائن حي، و تكون الأنتقابات أعمق عن كونها أوسع، و تكون مخترقة داخل جسم الحجر، و لقد أمكن مشاهدة هذه الظاهرة في الجرانيت في قطعة واحدة فقط هي القطعة S5 لتمثال لأبو الهول من الجرانيت الوردى، و لا ندرى أن كانت بسبب الحيوانات البحرية التي كانت تتعرض لها القطعة في قاع البحر أم أنها بسبب النمل الفارسي الذي يقوم بالنخر في الأثر و عمل ثقب و أنفاق (صورة رقم ٧٤).

١٦ - التلون colouration :

يدل المصطلح على تغير لون الحجر من واحد إلى ثلاثة معايير للون هي درجة، قيمة و نقاء و درجة تركيز اللون أو تشبعه فهناك ألوان ذو تركيز عالي فتبدو غنية و هناك ألوان ذو تركيز منخفض فتبدو ضبابية و رمادية^(١) و يمكن أن يتسبب فارق ضغوط التمدد الحرارى فى تداخل المكونات المعدنية ووجود ألوان مختلفة، يحدث ذلك للجرانيت عند تعرضه لحرارة الشمس المباشرة، حيث أن للجرانيت درجة تمدد عالية و يرجع ذلك لوجود الكوارتز^(٢) . و يمكن للتلون أن يصيب سطح الحجر و قد يكون موجود فى عمق الحجر كنتيجة للتجوية الكيميائية للمعادن مثال لذلك تأكسد الحديد ، مركبات المنجنيز و كبريتيد الحديد، فأكسدة كبريتيد الحديد (البيريت) أو كربونات الحديد (السايدرايت) قد تؤدى لبقع واسعة النطاق، و بالنسبة لقطع الآثار المصنوعة من الجرانيت الوردى فإن التغير اللونى نتيجة لتحول الحديد II إلى الحديد III ، ينتج عنه تغيرات فى اللون و ضعف البنية المعدنية.



أو



كما يتزايد التآكسد من خلال الرطوبة و درجات الحرارة العالية، و هذه عملية هامة فى تحول المعادن الغنية الحديد و الماغنسيوم^(٣) و التلون يظهر فى معظم القطع الجرانيتية المنتشرة و كذلك القطع موضوع الدراسة ، و يمكن أن يتعرف عليها من خلال وجود البقع اللونية البنية، البيج، البنية الصفراء إلى الحمراء على سطح القطعة الأثرية. مثال لذلك القطع K و N و L1 و L2 بالمرحح الرومانى و التمثال X أمام مكتبة الإسكندرية (لوحة رقم ٨٣).



(لوحة: ٨٣) توضح ظاهرة التلون نتيجة لتآكسد المعادن فى القطع K و N و L1 و L2 التابعة لفسار الإسكندرية، كما نلاحظها أيضاً فى تمثال X لبطلميوس أمام مكتبة الإسكندرية.

1- MONUMENTS AND SITES XV : Illustrated glossary on stone deterioration patterns, ICOMOS, op. cit, Paris.

2 - Doehne E . and Clifford A. Price: Stone Conservation, op. cit., p 24.

3- Quick G.: Deleterious minerals, : CSIRO Manufacturing & Infrastructure Technology, THE VALUE OF petrography in assessing dimension stone, 8www.discoveringstone.com issue #3

١٧- العوامل البيولوجية **Biologic factors** :

و هي قدرة الحشرة على سكن البنية الهيكلية للحجر و اتخاذها كمنزل أو مرحاض و هذا يبدو غير محدود، و عند عرض الأثر بعض أنتشاله يتعرض لعوامل بيولوجية إضافية حيث نلاحظ نمو النباتات حول القطع الأثرية المتصلة مباشرة بالأرض دون قواعد مما يؤثر عليها مثال لذلك القطعة **Y1** (لوحة رقم ٨٤)، كما أن أثر الحشرات على الحجر هي الأكثر تنوعا و الأكثر تلفا من ضمن عوامل التلف.

يتلقى الجزء الخلفى من القطعة **S5** العديد من المخلفات من ضمنها مخلفات الطيور و الأطعمة و النباتات حيث تلقى الأشجار بأوراقها و ثمار التوت مما يؤدي لوجود بقع بنية حمراء، كما توجد شبك عنكبوت و نمل فارسي، و توجد على القطعة **L1** مخلفات طيور و أطعمة و النباتات بقع بنية حمراء (لوحة رقم ٨٥)

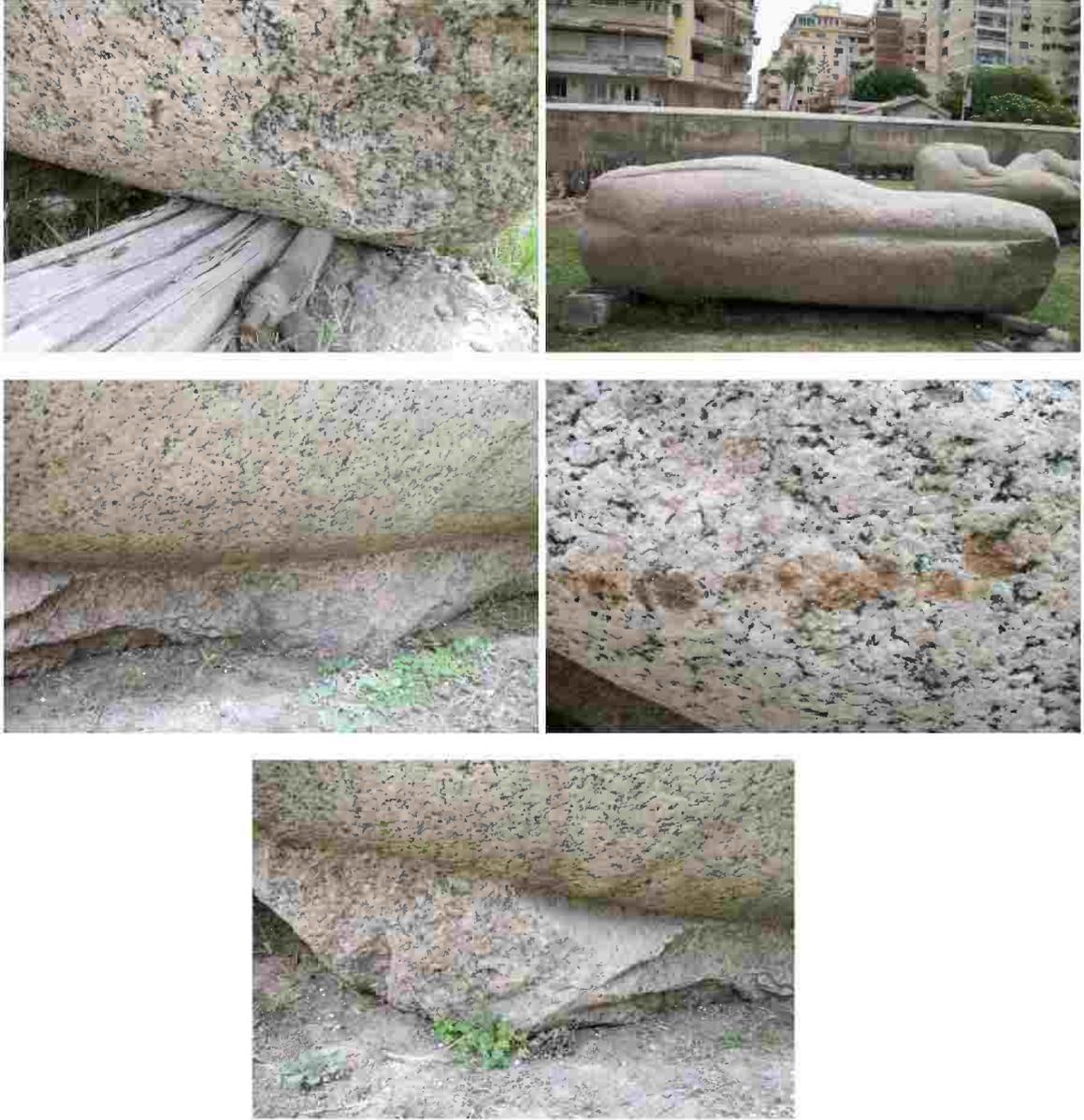
و لقد أمكن مشاهدة العديد من الحشرات على القطع الأثرية منها النحل و أقراصه و النمل و العنكبوت على القطع **S3**، **S5** و **P** (لوحة رقم ٨٦) و **U** و **X** (لوحة رقم ٨٧).

و بالنسبة للطحالب **Algae** فهي كائنات مجهرية نباتية بدون جنوع أو أوراق، و يمكن ملاحظتها سواء فى الداخل أو الخارج على هيئة مساحيق أو ودائع لزجة (السمك عشر من المليمترات إلى عدد من المليمترات)، و تشكل لون أخضر، أحمر، بنى أو أسود، و يمكن العثور عليها بشكل رئيسى فى الحالات التى لا تزال فيها ركيزة الأثر مبللة و رطبة لفترات طويلة من الوقت، معتمدة على الظروف البيئية و نوع الركيزة، يمكن أن تشكل الطحالب طبقات صلبة أو أفلام ناعمة.

و تشكل الطحالب على الآثار من وحدة الخلية إلى متعددة الخلايا و لا تشكل كائنات كبيرة على الإطلاق، و لقد أمكن مشاهدة الطحالب الخضراء على العمود الجرانيتى **T** للملك الفرعونى و المعروف بمنطقة كوم الدكة حيث وجدت الطحالب مابين العمود و القاعدة المستند عليها نتيجة للحالة الرطبة للجزء السفلى للعمود و القاعدة نتيجة للأمطار و الاختلافات فى درجات الرطوبة النسبية على مدار اليوم (لوحة رقم ٨٨).

١٨- مظاهر التلف الجرافيتية **Graffiti** :

يطلق مصطلح جرافيتى على الحفر، الخدش، و القطع أو تطبيق الطلاء- الحبر أو الأشياء المشابهة على سطح الحجر، و أنواع الجرافيتى عامة هي نتيجة لأعمال التخريب، بينما يكون لبعض أنواع الجرافيتى قيم ثقافية تاريخية و جمالية و ينبغى المحافظة عليها.^(١)



(لوحة : ٨٤) توضح التمثال Y1 و هو ملقى مباشرة على الأرض و مستند على قطع من الأخشاب و بها مفصلات معدنية قد ألفت بنواتج صداها على التمثال كما نرى النباتات تنمو حوله.

(تصوير الباحثة)



(لوحة: ٨٥) توضح راس التمثال L1 و ما بها من بقع بنية بسبب النباتات و نلاحظ أيضاً فضلات الطيور، و جذوع النباتات الموجودة داخل الثقب أعلى الرأس.



(لوحة: ٨٦) توضح ما تتعرض له القطع الأثرية S3 , S5 , P من حيوانات و حشرات تضر بها بالمتحف المفتوح بكم الدكة.



(لوحة: ٨٧) توضح وجود حشرة العنكبوت بالقطعة U لأبوالهول إلى اليمين، و وجود أقراص شمع النحل الموجودة على تمثال الملك الفرعوني X إلى اليسار.



(لوحة: ٨٨) توضح الجزء الأسفل من المسلة الفرعونية T و ما بها من أتساخات و طحالب عند القاعدة نتيجة الرطوبة كما نلاحظ وجود كيس بلاستيكي أسود بين القاعدة و المسلة قد وضعته البعثة الفرنسية كنوع من الحماية و العزل للأثر.

(تصوير الباحثة)

طرق التنظيف التى يمكن إتباعها لمعالجة مظاهر التلف الناتجة من العوامل البيئية الجديدة

يعتبر التنظيف خطوة من أهم الخطوات و التى سبق و أن تحدثنا عنها منذ اكتشاف الأثر أثناء الحفائر فى قاع البحر ثم بعد الانتشال أثناء عمليات التحلية .
و بالنسبة للتنظيف فى البيئة الجديدة فهناك مظاهر تلف مرتبطة بالعوامل الجوية و التى سبق و أن تحدثنا عنها، لذا كان من الضرورى العرض لكيفية التنظيف لبعض المظاهر الجديدة .
و كما سبق و ذكرنا أن هناك نوعين من أنواع التنظيف هما التنظيف الميكانيكى و التنظيف الكيمايى، لذلك سوف لا أقوم بالحديث عنهما و إنما سأحدث مباشرة عن بعض مظاهر التلف و خاصة الناتجة من المعالجات السابقة و كيفية معالجتها .

- التلف الناتج عن المعالجة بشمع العسل و كيفية المعالجة:

كان أول إستخدام لشمع العسل فى أوائل عام ١٩٧٠ حتى يومنا هذا، للمحافظة على الطبقة الخارجية للأثار الجرانيتية من مياه الأمطار و العوامل الجوية المختلفة التى تساهم فى تدهور السطح الأثرى (شكل رقم ٦٠ أ-ب-ج-د)، و لكن نتيجة المعالجة بشمع العسل فى وجود الجو الحار و الرطوبة تتآكل الفلسبارات، فتتحول لمعادن طينية تؤدي إلى تشكيلة من حبيبات الكوارتز و الميكا، و هى عملية لا يمكن إيقافها إلا عن طريق التقوية (صورة رقم ٨٩).

- طرق المعالجة باستخدام الليزر:

يمكن لإستخدام الطرق التقليدية فى التنظيف (الماء، التنظيف الكيمايى و الميكانيكى) أن تساهم بسهولة فى تدمير التفاصيل الهامة للأثر و أحداث تلف دائم، لذلك يعتبر الليزر بديل جيد للتنظيف.

١- إستخدام الليزر Nd:YAG^(١)

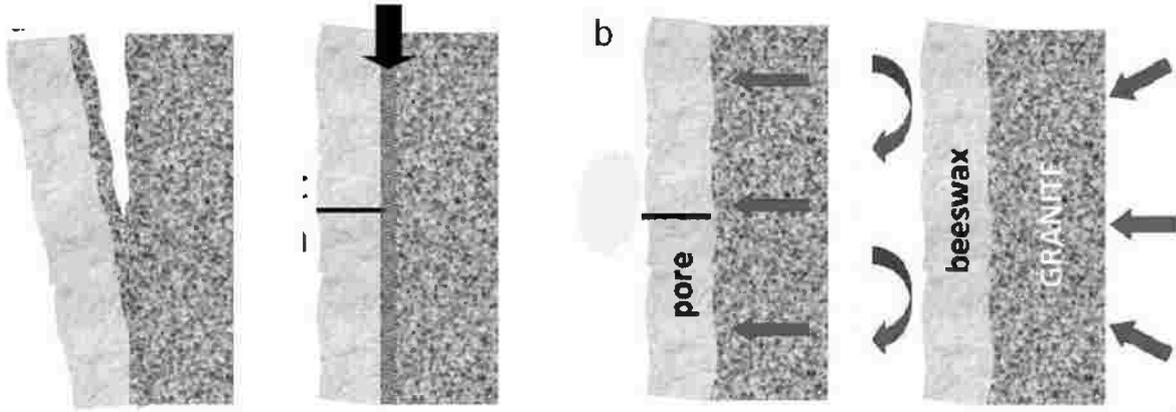
أن إزالة شمع العسل بواسطة الليزر من أسطح الجرانيت فى أى من الموجات الأربعة لليزر Nd:YAG ليست عملية إزالة طبقة بعد طبقة، فهناك سمك أقصى لكل إشعاع و طول موجة التى يمكن إزالتها تماما من خلال ومضة واحدة، فيلعب تفاعل سطح الجرانيت دورا أساسيا فى تنظيف الجرانيت، فعندما يضعف الشمع بامتصاص الأشعة عند ٢٦٦ nm (نانو متر)، تصبح عملية الإزالة أفضل كفاءة.

٢- إستخدام الأكسمير ليزر Excimer Laser

عند إزالة شمع العسل من الأسطح الجرانيتية الموجود بها شروح يحاول المرممون تقادى إنصهار شمع العسل و تغلظه داخل الشقوق الموجودة بالجرانيت، و لقد أكدت الدراسات إمكانية التنظيف بالأكسمير ليزر Excimer Laser عند ١٩٣ nm (نانو متر)، لإزالة شمع العسل من الأسطح الجرانيتية المجواه، فبالمقارنة بالطرق التقليدية الأخرى، تضمن هذه الطريقة حفظاً جيداً للسطح الأصيل للجرانيت، وتكون موفرة جدا للوقت عندما يكون الفيلم المكون لشمع العسل سميكاً، و لذلك ينبغى أن ينصح بهذا الأسلوب فقط عندما يكون سمك فيلم شمع العسل ذو ميكرومترات قليلة، وهو ذو تكلفة قليلة.^(٢)

1- Torraca G.: Lectures on Materials Science for Architectural Conservation op. cit., pp 100,101.

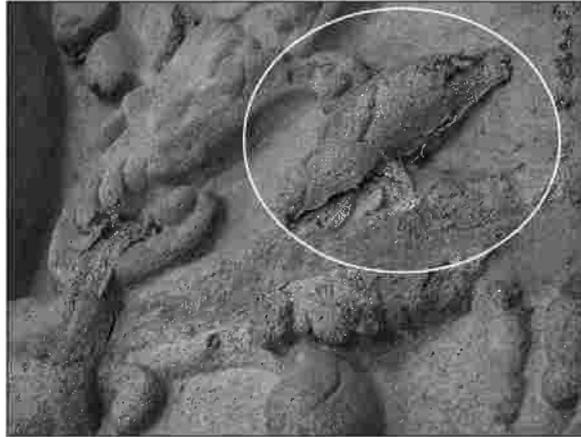
2- Pan A., Chiussi S., Gonzalez P., Serra J., Leon B.: 2011, Applied Surface Science 257, © Elsevier B.V, p 5484, 5485.



أ - السطح المبلل الغير مطلى ب - تحرك المحاليل الملحية ج - الترسيب الملحي د - تفكك سطح الجرانيت

(شكل: ٦٠) يوضح آلية تدهور و تلف أسطح الجرانيت المطلية بشمع العسل المذاب.

(أ) تحمي الأجزاء المعالجة بالشمع من اختراق مياه الأمطار للسطح الخارجى للأثر بينما السطوح الأخرى الغير مغطاه تتعرض للبلل، (ب) من خلال مخلفات الفيلم المكون لشمع العسل المنصهر (المسام على سبيل المثال)، يتبخر الهواء من السطح الخارجى مما يؤدي إلى تدرج التركيز الملحي داخل الحجر و تحفيز حركة المحاليل الملحية من داخل الكتلة الجرانيتية إلى خارجها، (ج) و بالتالى يحدث ترسيب لهذه الأملاح حيث زيادة القابلية للذوبان بسبب تبلور الأملاح . (د) و تراكمها خلف طبقة شمع العسل المنصهر و قد يتسبب فى تفكك شديد لسطح الجرانيت، بحيث تكون صيانة تفاصيل النحوت الأثرية عرضة للخطر.



(صورة : ٨٩) توضح ظاهرة التفكك الشديد للجرانيت عندما يكون الجرانيت عرضة للتجوية بعد عملية إزالة طبقة شمع العسل بالليزر تكون هناك ضرورة لعمل التقوية اللازمة.

نقلًا عن :

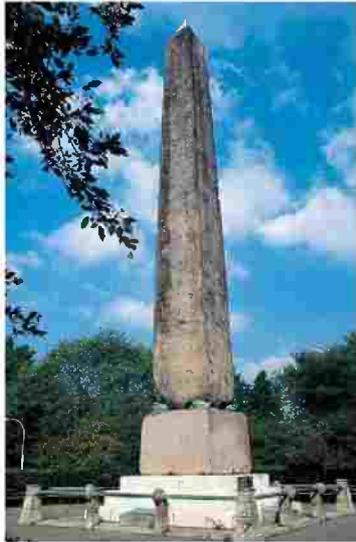
Pan A., Chiussi S.,_Gonzlez P, Serra J., Leon_B._

و الدليل على خطورة هذا العامل هو التلف الشديد الذى حدث لمسلة كليوباترا الموجودة بنيويورك ، قواعد المسلات كانت شديدة التلف و ترجع هذه الظاهرة للتأثير المدمر لقوة التجوية الملحية، حيث نرى ذلك فى جميع قواعد المسلات المصرية حيث تمتص الأملاح الذائبة من المياه الأرضية و الرمال و الحطام على مدى آلاف السنين.

رأى **Winkler** أن نظرية التجوية الملحية حيث أن كلا من مسلتى كليوباترا الموجودتين بنيويورك و لندن متصلين بالأرض مباشرة و مغطى جزء من كلاهما بالرمل لمدة طويلة من الوقت مما أوجب تتخلل الملح للمسلتين بأكملهما و ليست القاعدة فقط ، هذا بالإضافة إلى وجود المسلتين أمام البحر المتوسط و تعرضهما لرياح البحر لما يقرب من ٢٠٠٠ عام مما أدى لمحو الكتابات و فقدان عشرات الكيلوجرامات من الجرانيت المتفتت فى خلال شهور قليلة عند وصولها بنيويورك ، كما أن وجه مسلة نيويورك المقابل للمنطقة الصناعية أشد تلفاً من الوجه المقابل للبحر (صورة رقم ٩٠ أ-ب).

و يرى **Winkler** أن طبيعة المناخ الجاف فى مصر ساعد على التقليل من الحجم المدمر للتلف الناتج عن الأملاح، بينما ترى الباحثة أن التلف فى مصر كان سيكون أكثر نتيجة لدرجة الحرارة العالية و هذا ما أكدته الدراسة التجريبية حيث تأثر الجرانيت الشديد بدرجات الحرارة العالية خاصة النوع الوردى.

بالنسبة لمسلة لندن فالتدبير وضع عليها شمع البرافين للوقاية فور وصولها بينما طبقت نفس الطريقة فى مسلة نيويورك و لكن فى وقت متأخر حيث يؤدى شمع البرافين إلى اجتذاب الأتربة كما يمكن أن يحدث تزهر ملحي و تقشر، لذلك يرى **Winkler** أن هذا التأخر و عدم طلاء المسلة فور وصولها هو السبب الأساسى فى التلف الشديد الذى تعاني منه مسلة نيويورك، ويرى أن معالجة البرافين لمسلة لندن هى واحدة من الأمثلة القليلة جدا الناجحة فى تاريخ ترميم الأحجار الحديث^(١).



Runk/Schoenberger/Grant Heilman.

New York Public Library, Locan.

(صورة : ٩٠ أ - ب) توضح مسلة كليوباترا عندما كانت بمصر و الصورة الثانية توضح المسلة فى Central Park بنيويورك

و ما تعرضت له من تلف نتيجة التميؤ **Hydrolysis**.

نقلأ عن : [Http://Per Storemyr.Files.Worldpress.Com](http://Per Storemyr.Files.Worldpress.Com)

1- [Http://Per Storemyr.Files.Worldpress.Com](http://Per Storemyr.Files.Worldpress.Com) : , 2012, Cleopatra's Needle: Tracing obelisk weathering with old photos, Per Storemyr Archaeology & Conservation.

هناك ثلاثة طرق للتنظيف باستخدام المياه وهي كالآتي :

١- طريقة التغطية:

هذه التقنية تتطلب الهواء المضغوط الممزوج بكمية قليلة جداً من المياه، حيث تنتج رزاز الماء بشكل متباعد و متساوى عن طريق مضخات، و على مقربة من الجزء المراد تنظيفه.
قد تختلف درجة حرارة المياه المستخدمة اعتماداً على نوع الأتساخ و السطح المراد تنظيفه، و لفعالية العمل بهذه الطريقة و تجنب إنجراف المياه يجب وضع الرذاذ باستخدام سقالات محكمة الغلق .
مميزات هذه الطريقة:

- توفر الرطوبة الكافية على مدى فترة طويلة، تكون في الغالب لمدة أسبوع واحد مما يساعد على تليين و تخفيف الأتساخات.

- تقليل كمية الماء المستخدم مما يقلل بصورة كبيرة من خطر تغلغل المياه.
- أن نظام الفتح الأتوماتيكي يقلل من كمية إستهلاك المياه و الحد من خطر إمتصاص الأثر للمياه.

٢ - طريقة الغسيل (باستخدام طريقة الرش و طريقة الضغط):

تعد واحدة من أطف العمليات المستخدمة، يجب استخدام المياه النظيفة النقية و تكون المياه باردة أو ساخنة طبقاً لحالة الأثر، فقوة المياه التي تؤثر في سطح الأثر، من حيث قوة و احتمال حدوث التلف، فالخطر الأكبر المحتمل حدوثه لهذه الطريقة هو تغلغل المياه للطبقات الداخلية للأثر نتيجة لقوة ضغط المياه العالية.
يجب السيطرة على قوة ضغط المياه من خلال إستخدام منظمات ضغط و أجهزة قياس دقيقة يمكن من خلالها الضبط و التأمين بتحديد مسبق للحد الأقصى لضغط المياه.
و يطبق ضغط الماء طبقاً لنوع الحجر ووفقاً لشروط محددة و يجب أن تكون في الحالة المثلى أقل من ٢٠٠ Psi رطل لكل بوصة مربعة = ١٣٧٩ Kpa كيلو باسكال، و في الأحجار الصلبة مثل الجرانيت، يكون إستخدام مياه ذو ضغط أعلى مقبول تحت ظروف محكمة و محددة قد تصل إلى ١٥٠٠ Psi رطل لكل بوصة مربعة = ١٠٣٤٢ Kpa كيلو باسكال.

٣ - طريقة البخار:

تستخدم هذه الطريقة بخار ذو ضغط منخفض (١٠ - ٣٠ Psi = ٦٨ - ٢٠٦ KPa)، و الذي يتم توجيهه تجاه سطح الأثر من خلال فوهة، و حين يرتطم البخار بسطح الأثر يبرد ويكون مثل رذاذ بكمية ضئيلة من الماء الساخن، و كثافة البخار أن تجعل الرؤية صعبة على المشغل و يكون الخطر المحتمل درجة حرارة عالية جداً.
برغم أن عملية التنظيف بالبخار شديدة البطيء إلا أنها تكون مفيدة في تليين البقع الزيتية و الرواسب الدهنية أو بقع القطران، أو إزالة النباتات المتصقة بالأثر.^(١)

المبحث الثالث
التأهيل للعرض المتحفى

تمهيد:

لقد ظهرت كلمة museum للمرة الأولى عام ١٧٣٢م،^(١) وللمتحف museum أصول كلاسيكية، فهي ترجع لأصل كلمة Μουσείον اليونانية التي تعنى مقر ربان الفنون التسع ، ففي العهد البطلمي (بطلميوس الأول ٢٩٠ ق.م) أسس الموسيون كمؤسسة بحثية ، و كان يقع فى الحى الملكى بالقرب من القصور الملكية.^(٢)

فى القرن الـ١٩ جسد المتحف فكرة الحاجة إلى عرض و أظهار القطع القادمة من المقتنيات الكبيرة الخاصة (اللوحات ، المنحوتات، التحف الفنية و القطع الأثرية)، من أجل خلق معرفة موسوعية تغطى تدريجيا جميع المجالات الثقافية (الفنون الجميلة والحضارات القديمة، الاثنوغرافيا، والتاريخ الطبيعي، الخ)، و نشر هذه المعرفة تدريجيا لأكثر عدد من الناس خلال القرن الـ١٩ فى سياق التطور السياسى للدول الأوروبية.^(٣)

و يعرف المتحف وفقا للمجلس الدولى للمتاحف (ICOM) بأنه "مؤسسة لا تهدف إلى الربح، دائمة تقوم على خدمة المجتمع و تنميته و هو متاح للجميع، و يعمل المتحف على أقتناء و حفظ و صيانة و دراسة و عرض التراث المادى للشعوب و المجتمعات و ذلك بهدف تحقيق المعرفة و التعلم و الأستمتاع."^(٤) كما تنص مدونة القواعد الأخلاقية للـ (ICOM) و النصوص المماثلة المتعلقة بالأخلاقيات المهنية على ضرورة توثيق مجموعات القطع الأثرية المتحفية، كما يلى " يجب أن يكون توثيق المقتنيات المتحفية وفقا للمعايير المهنية المطلوبة، مثل هذا التوثيق ينبغى أن يشمل تعريف ووصف كامل لكل قطعة، المنبع، الحالة ، العلاج و الموقع الحالى.

يجب حفظ هذه البيانات فى بيئة آمنة و أن يتم تدعيمها بنظم إسترجاعية توفر الوصول إلى المعلومة من قبل موظفى المتحف و طرق الإستخدام المشروعة الأخرى "^(٥)

و تعتبر متاحف الآثار من أقدم أنواع المتاحف فى العالم، حيث ظهرت فى فرنسا فى النصف الأول من القرن الـ١٩ ، و بدأت أعمال التنقيب تزود متاحف الأثرية بروائع الآثار الفنية فخصص لها فى عام ١٩٢٦ (جناح خاص للآثار المصرية)^(٦).

و تخصص متاحف الآثار فى عرض أهم المقتنيات الأثرية و هي ترتب عادة من الأقدم إلى الأحدث طبقاً لنوع القطع المتحفية والعصر الذي وجدت فيه .

1- Moscati P.: 2007, Consiglio Nazionale delle Ricerche Dipartimento Patrimonio Culturale: VIRTUAL MUSEUMS AND ARCHAEOLOGY, The Contribution of the Italian National Research Council, Supplemento 1, p 9.

2- Lewis G.: The history of museums, (Encyclopaedia Britannica), p1.

3- Moscati P.: VIRTUAL MUSEUMS AND ARCHAEOLOGY, op. cit, p9.

4- Ginsburgh V. & Mairesse F.: January 1997, Defining a Museum Suggestions for an alternative approach, Published Museum Management and Curatorship 16, p2.

5- DOCUMENTATION OF MUSEUM COLLECTIONS. WHY? HOW? Practical guide, © 2010, UNESCO, ICCROM and EPA, ICOM Code of Ethics, 2006, 2.20 P1.

٦- بشير زهدى : ١٩٨٨ ، المتاحف (دراسات و نصوص قديمة)، منشورات وزارة الثقافة، دمشق، سوريا، ص ٣١.

- كما أن الوظيفة الأساسية للمتحف تركز على عدة قواعد علمية أهمها ما يلي:

١ - الإجابة فى عرض المعروضات بأسلوب علمى وفنى جذاب و غير ضار لتلك المعروضات أو المشاهدين، و الحماية الدورية و المنظمة للمعروضات و حفظها من التأثيرات الضارة لعوامل و قوى التلف بشتى الوسائل التقنية، وإتباع الوسائل العلمية فى تخزين المقتنيات لحمايتها من أسباب التلف المختلفة.

٢- لا بد من توافر بدرومات تستخدم كمخازن لحفظ الآثار قبل عرضها أو لحفظ النسخ المكررة، كما يجب أن توضع المخازن على هيئة مجموعات تختص كل مجموعة بشيء معين وأمام كل مجموعة توضع منضدة ومقعد للباحث والدارس، وعند توزيع المجموعات تقع المجموعات المتقاربة بجوار بعضها .

٣ - إقامة قاعات خاصة لأتاحة الفرصة للدارسين و الباحثين سواء من موظفى المتحف أو ممن يأتون من خارج البلاد لدراسة المقتنيات وحتى يتسنى عرض المقتنيات فى إطارها التاريخى الصحيح بعد دراستها دراسة علمية وافية. (١)

٤- وجود قاعة لمكتبة المتحف تضم بين جنباتها كتب و مصادر و مراجع خاصة بآثار و تاريخ معروضات هذا المتحف إلى جانب الكتب و المصادر الفنية المختلفة، ثم لا بد من توافر قاعة للمحاضرات مجهزة بأحدث التقنيات من وسائل الأستمتاع و السماعات و الإضاءة و أماكن الجلوس المريحة ووسائل عرض مختلفة (بروجكتور - جهاز فيديو - داتا شو - ماكينة عرض الأفلام)، كما يفضل أن تكون المكتبة فى رواق ضمن أروقة المخازن لتسهل للباحث والدارس الرجوع إليها والحصول على كل ما يحتاجه من كتب ومراجع.

٥- لا بد أن يشتمل المتحف الأثرى على حديقة متحفية حيث يوضع فى هذه الحديقة بعض التحف التى لاتتأثر بتأثراً شديداً بالعوامل الجوية و لديها قدرة على التحمل مثل التماثيل كبيرة الحجم و الأعمدة الجرانيتية، و يمكن إستغلال هذه الحديقة المتحفية فى توفير إستراحة للزوار و كافيتريا و بيت للهدايا و بيع نسخ من معروضات المتحف و بيع كتيبات خاصة بالمتحف و آثار المدينة. (٢)

و مراقبة الأطفال و الزوار مراقبة شديدة وحثهم على عدم الكتابة على الآثار المعروضة بالحديقة و عدم لمس أو تصلوق الآثار المعمارية و الأعمدة و التماثيل الحجرية بغرض اللعب أو لأخذ الصور التذكارية ، ونصح كبار السن بعدم الإنكاء أو إسناد أيديهم عليها خوفاً من تحطمها أو إتلافها من كثرة تكرار حدوث ذلك، كما يمكن وضع لفات خاصة بهذه الأرشادات.

- و لقد وضع خبراء المجلس الدولى للمتاحف (ICOM) عدة شروط يتم على أساسها اختيار المكان

المناسب لبناء المتاحف عامة و هى كالاتى:

١ - لا بد من بناء المتاحف بعيداً عن مصادر التلوث الجوى المختلفة سواء الصلبة أو الغازية أو السائلة التى تندفع من مداخل المصانع و و موتورات السيارات حيث لا تتسرب الملوثات داخل قاعات العرض مما يسبب ضرراً بالغ بالمعروضات مما يتطلب تزويد قاعات العرض بأجهزة تنقية الهواء و تخليصه من المواد الصلبة أو السائلة أو الغازية الضارة مثل أجهزة الهواء الألكتروستاتيكية.

١- محمد عبد الهادى محمد: دراسات علمية فى ترميم و صيانة الآثار الغير عضوية، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة، ص ١٩٨.

٢- عزت حامد قادوس : ٢٠٠٣، علم الحفائر و فن المتاحف ، مطابع الحضرى ،الإسكندرية ، ص ص ٣٠٠ - ٣٠١ .

كما يمكن أن يكون لوجود السجاد تأثير سلبي داخل المتحف حيث تعلق جزيئات الأتربة بالجو عند دخول الزوار المتحف و سيرهم فوق السجاد.^(١)

٢ - لابد من بناء المتاحف في أماكن لا تتعرض للرياح الموسمية المحملة بالأتربة أو المسببة لهطول الأمطار الغزيرة أو بالقرب من شواطئ البحار حيث تتعرض الآثار للتلوث نتيجة للأتربة و رذاذ البحر سواء المعروضة في الخارج أو داخل قاعات العرض عن طريق النوافذ و الأبواب.

٣ - لابد من بناء المتاحف بعيداً عن مصادر الضوضاء (المطارات - المصانع - ازدحام السيارات - السكك الحديدية - الأسواق) و عند الضرورة لابد من تغطية جدران المتحف من الداخل و خاصة قاعات العرض بمواد عازلة للذبذبات الصادرة من مصادر الضوضاء و الاهتزازات المختلفة.

٤ - لابد أن تشيد المتاحف فوق تربة متماسكة الطبقات و حافة خالية من المياه الأرضية.^(٢)

- و لتوفير الحماية والتأمين للمتحف من الداخل و الخارج فلا بد من أتباع اللآتي:

١- لابد من قطع وإزالة الأشجار القريبة من مبنى المتحف لمسافة لا تقل عن خمسة أمتار.

٢ - إضاءة المناطق المحيطة بالمتحف ليلاً، و تقوية نوافذ مبنى المتحف وخاصة بالدور الأرضي بقضبان حديدية متينة، على أن يكون من السهل فتحها من الداخل في حالة الحاجة إليها كمنخرج للطوارئ، حيث إستخدام أنواع جيدة من الأقفال الحديدية وإستخدام أجهزة حديثة مثل الإغلاق بالكمبيوتر أو استخدام الأرقام السرية لحماية المتحف من السطو و السرقة.

٣ - تنمية الحس الجمالي والثقافي لدى الزوار

٤ - تقليل الأبواب المؤدية إلى داخل المتحف قدر المستطاع، و تزويد المتحف من الخارج بكاميرات مراقبة من جميع الجهات ضمن دائرة تلفزيونية مغلقة بالمتحف و تركيب كاميرات المراقبة الحديثة في كافة ممرات و حجرات و قاعات المتحف، و التأكد التام من مغادرة جميع الزائرين بالمتحف وقت إغلاقه.

٥- تأمين المتحف بعمل شبكة من أشعة الليزر التي تصدر إنذار بالسرقة عند قطعها، و وجود الشرطة في المتحف على مدار الساعة على أن يكونوا مدربين تدريباً خاصاً ومجهزين بأحدث الأسلحة وأجهزة الأتصال اللاسلكي، و ملاحظة حراس مبنى المتحف جيداً ومحاولة تغيير أماكن تواجدهم بصفة دورية.^(٣)

1- Van Grieken R., Delalieux F. and Gysels K.: 1998, Cultural heritage and the environment, University of Antwerp (U.I.A), Department of Chemistiy, Universiteitsplein I, Vol. 70, No. 12, pp. 2327-2331, pp 233o.

٢- محمد عبد الهادي محمد: المرجع السابق، ص ٢٠٠.

3-Introducing Young People to the Protection of Heritage Sites and Historic Cities, A PRACTICAL GUIDE FOR SCHOOL TEACHERS IN THE ARAB REGION, c UNESCO – ICCROM, second edition ,2006, p65.

٦ - التأكد من أن كل الزوار قد أستردوا متعلقاتهم الشخصية التي تركوها عند بوابة الدخول خشية أن يكون هناك خطر من وجود مفرقات ضمن هذه المتعلقات.

٧ - منع التخزين والأكل والشرب داخل أروقة المتحف إلا في أماكن مخصصة، نظافة المتحف والعناية بالمعروضات وإجراء الفحوصات الدورية لحمايتها، وتختلف الفترات اللازمة لفحص العينات حسب أنواعها وحسب طرق التخزين المستعملة وأيضاً حسب طرق إعداد المخازن ضد العوامل البيئية والبيولوجية.^(١)

العرض المتحفى

أغلب القطع الأثرية التي يعثر عليها و يتم أنتشالها يجب أن يكون مكانها الطبيعي العرض المتحفى إن أمكن ذلك و ليس القاءها فى المخازن تعاني من الرطوبة و الحشرات و العوامل الجوية التي تؤثر عليها، حيث من الأفضل أن تترك الآثار فى موقعها إذا لم يعد الإعداد الكافى لعرضها و الحفاظ عليها قبل الكشف عنها. (١)

و هذا ما نصت عليه الفقرة الأولى لاتفاقية اليونسكو لحماية التراث الثقافى الغارق ٢٠٠١ حيث نصت على "الحفاظ على التراث الثقافى المغمور فى موقعه الأسمى الذى يجب أن يكون الخيار الأول قبل السماح بأى أنشطة تستهدف هذا التراث كالأنتشال و العرض المتحفى. (٢)

فأحيانا تكون عملية أنتشال الأثر من موقعه لضرورة ملحة خوفاً عليه من عمليات السرقة و السطو على الموقع، أو لتنظيفها أو لتصويرها ضمن الأفلام الوثائقية أو لعرضها فى المتاحف . كما يرى بعض العلماء أنه إذا لم تنتشر النتائج الخاصة بما تم العثور عليه فالأفضل أن يترك الأثر فى موقعه دون أنتشاله. (٣)

و بالنسبة للقطع الأثرية عامة سواء كانت منتمية للآثار الغارقة أو الآثار فوق الأرض فهناك

أسس و أهداف رئيسية يجب إتباعها للحصول على عرض متحفى جيد و هى كالاتى:

١- يجب أن تكون الأيدي نظيفة أو محمية بقطن نظيف أو قفازات النيتريد، و لا بد من الحذر عند حمل أو نقل القطع الأثرية على أختلاف أحجامها و أنواعها، فيمكن إستخدام بعض الأحتياطات البسيطة جداً للحد كثيراً من هذا الخطر، و توفير الوقت الكافى و الحصول على المساعدة إذا كانت القطعة كبيرة الحجم أو ثقيلة، و عدم المخاطرة بسلامة من ينقل القطعة.

٢- قبل نقل القطع لا بد من تحديد مكان وضعها، و تمهيد المسار الذى ستمر به القطعة للتأكد من خلوها من العوائق، فيجب الفحص و التأكد من عرض الأبواب و الممرات و الفحص و التأكد من ارتفاع الدرجات السلمية، كما يجب ألا توضع المعروضات مباشرة على الأرض.

٣- إستخدام عربات الترولى المزودة بالعجلات أو الأطارات التي تعمل بلهواء المضغوط أو العجلات المطاطية الكبيرة التي تمتص الصدمات و تجعل العربة فى وضع مستقر منتظم السرعة و تجنب الحركات المفاجئة، و إستخدام الصوانى المبطنة التي من شأنها أن تدعم القطع الموجودة على العربة و تحميهم من التحرك أو السقوط.

٤- حماية المقتنيات الأثرية من التلف حيث إستخدام أفضل وسائل العرض للمحافظة عليها و السيطرة على الضوء المرئى، الأشعة فوق البنفسجية، الحرارة و الرطوبة النسبية و التلوث الجوى، و الوصول إلى مستويات أمنة بقدر الأمكان. (٤)

١- على حسن: ١٩٩٣، الموجز فى علم الآثار، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ص ٦٣ - ٦٤ .

2-Manual for Activities directed at Underwater Cultural Heritage : Guidelines to the Annex of the UNESCO 2001 Convention, France, 2013, p20.

٣- على حسن: المرجع السابق، ص ٦٤ .

4- Ladkin N. : Collections Management, Running a Museum: 2004, A Practical Handbook, ICOM – International Council of Museums Maison de l'UNESCO, France, p 26.

٥- إظهار المعروضات بطريقة مباشرة ضمن سياقها التاريخي الذي يعطيها قيمتها و يجعلها تسر العين وتبهج المشاهد والزائر و الإستفادة القصوى من تلك المعروضات باعتبارها وسيلة لنقل المعرفة والثقافة و فهم محتوى المعرض. ولتحقيق هذه الأهداف لابد من نجاح عناصر التخطيط و التصميم الداخلي المختارة داخل المتحف، من حيث تصميم المتحف المعماري ، الحوائط والأسقف والأرضيات، اللون ودوره على المعروضات، فترينات العرض، أساليب العرض، الضوء وأثره على المعروضات و التهوية الطبيعية و الصناعية داخل المتحف.^(١)

فالعديد من المتاحف خاصة الدول المتقدمة كثيرا ما تقوم بعملية تطوير المعارض ، أدارتها و تنفيذها أما عن طريق مصممين متخصصين مؤهلين أو شركات التصميم المتخصصة بموجب عقد و فى هذه الحالة عادة ما يقوم المتحف بترشيح أحد الموظفين للعمل مع فريق التخطيط و التصميم الخارجى.

فلابد للشخص المسئول عن مبنى أن يشترك مع المهندس الإنشائى فى مناقشة مخطط المبنى (المستوى الفنى للمتحف) حيث أن هناك مساقط كثيرة يمكن الإختيار بينها طبقاً لطبيعة و موقع المتحف، فالدنيا المسقط المربع و المسدس و المثلث و الدائرى، و هذه الأشكال توفر للمشاهد سهولة الأنتقال من مكان لآخر داخل المتحف.^(٢)

وعن توزيع التحف وترتيبها فى أروقة العرض يرى المختصين أن أنسب طريقة هي توزيع طوابق المتحف وأروقته حسب العصور بحيث يكون أقدمها أسفلها، وأن توضع التحف على هيئة صفوف تسير بمحاذاة جدران الرواق فتبدأ عند جانب الباب الأيمن للرواق وتنتهي عند الجانب الأيسر وأن يسير الزائر ضد عقارب الساعة فينتهي من الزيارة عند موقع بدايته، وهذه الطريقة تسهل تسمية الأروقة، كما تسهل توزيع التحف بها فتساعد على إدخار وقت الزائر وتطبع فى ذاكرته صورة كاملة لما شاهده بالمتحف أو برواق من أروقته.

و هنالك نقاط لا بد من تحديدها لإعداد المتحف منها:

- ١ - يجب أن تكون الدرابزينات و الحواجز عند ارتفاع بحيث تكون القطع الأثرية و البطاقات مرئية من الكرسى المتحرك، و يجب أن يكون عرض المرر يستطيع أحتواء أثنتين من الكراسى المتحركة جنباً إلى جنب.
- ٢ - عند تعليق المعروضات يفضل وضعها على مستوى نظر الشخص العادي أو تكون منخفضة قليلاً حتى لا يصاب الزائر بما يسمى "دوار المتحف" وإخفاء أعمدة الحمل بقدر الإمكان، وأن تكون هنالك مسافات نسبية بين القطع أو اللوحات المعروضة، حتى يتسنى إبراز أهمية وقيمة كل قطعة على حدى.
- ٣- يجب أن توفر الحوامل الأمان الكافى دون الإعاقة و دون التداخل مع القطعة الأثرية، و عند التخطيط للعرض يجب تخطيط موانع تحمى المعروضات من التخريب المتعمد أو السرقة، و إنشاء حواجز مادية مثل الدرابزينات لحماية القطع الأثرية الكبيرة من التلامس المباشر للزائرين و يجب أن تغلق الخزائن أو تؤمن بعناصر مثل أسياخ الأمان المعدنية.
- ٤- لا يكون الدوران حول المكان أقل من خمسة أقدام، و الجزء السفلى من خزائن العرض يجب ألا يكون أعلى من ٣٦ بوصة من الأرض.^(٣)

1- Herreman Y.: Display, Exhibits and Exhibitions, Running a Museum: A Practical Handbook, p92.

٢ - عزت زكى حامد قادوس : ٢٠٠٣ ، علم الحفائر و فن المتاحف ، ص ٣٠٠.

3-The State Historical Society of Iowa REAP/Historical Resource Development Program (HRDP): 2004, The Field Guide for Museums, pp 25 – 26.

٥- يجب أن يكون تخطيط الأرضية غير مزعج بقدر الأمكان، وتوفر بقع غير مرئية حيث تمكن الموظفين و الحراس من رؤية الزوار بسهولة، فالأرضية يجب أن تكون أعمق من الجدران لإبراز المعروضات ، وأن لا تعطي مادتها قوة عاكسة قوية للإضاءة بل ضعيفة، ومن الأفضل إستعمال مواد الجدران من المواد التي لا تقبل الأتربة والتي لا تتغير ألوانها من الضوء.(١)

إستخدام الواجهات الخلفية للأثر المعروض فمن المعروف أن الواجهات الخلفية تتطلب مواد وخامات مختلفة حتى تبرز التحف والمعروضات وتوضح الفكرة الأساسية للمتحف، فمثلا يمكن أن تستغل خلفية الأثر فى عرض صورة كبيرة وقت إنتشال القطع الأثرية من موقعها الأصلي ، و نجد هذا المثال فى قاعة الآثار الغارقة بمتحف الإسكندرية القومى حيث تعرض كل قطعة وخلفها صورة لها وقت الأنتشال من قاع البحر مما يعطى فكرة واضحة عن القاعة.

- و توجد ثلاثة أنواع من الفترينات:

- ١ - فترينات حائطية تعلق على الحائط أو توجد الفترينة داخل بانوهات فى الحائط نفسه.
- ٢ - فترينات وسطية توضع فى الوسط ليتمكن الزائرين من رؤية الأثر من جميع جوانبه، و تغطى أرضية هذه الفترينات بنوع من القماش (حرير - قטיפه) ذات لون يعكس جمال الأثر و يحافظ على التضارب اللونى بينها و بين الأثر.
- ٣ - فترينات معلقة توضع على حامل للعرض يمكن أن يكون من الخشب ذات النوعية الجيدة.

- الشروط الواجب توافرها فى الفترينات ذو وسائل العرض المختلفة :

- تصمم فترينات العرض للحفاظ على القطع الأثرية من السرقة و تكون مصنعة من خامات لا تسبب إتلاف المعروضات بداخلها حيث تحفظ درجة الرطوبة النسبية ثابتة بداخلها دون أن يكون هناك حاجة إلى إستخدام مواد ماصة للرطوبة دوريا، و تحقق قدر مناسب من درجة الحرارة و الضؤ بحيث تسمح برؤية جيدة للمعروضات.
- يجب إبراز المعلومات عن المعروضات من خلال وجود بطاقات مصاحبة للأثر تشمل (أسم الأثر - تاريخه و الفترة الزمنية التى يرجع إليها - مكان أكتشافه - نبذة مبسطة عن الأثر - رقم التسجيل فى سجلات المتحف - المصدر الذى جاء منه - تاريخ العثور على الأثر)، و أن يتناسب تصميم وشكل الفترينة مع المعرض أو القصر المحول إلى متحف .
- سهولة الوصول إلى قاعدة الفترينة لوضع معدات ترطيب أو أي أجهزة أخرى، و أن تكون سهلة الفتح لأمين العهدة حتى لا تستخدم معدات ثقيلة أثناء فتحها . (٢)

1-The State Historical Society of Iowa REAP/ Historical Resource Development Program (HRDP): 2004, The Field Guide for Museums, op. cit., pp 25 – 26.

٢- عزت حامد قادوس : علم الحفائر و فن المتاحف ، مرجع سبق ذكره ، ص ص ٣٠٤ ، ٣٠٥ .

- وسائل الإضاءة المختلفة:

أن مصدر الإضاءة نوعان : مصدر طبيعي و مصدر صناعي.

الإضاءة الطبيعية:

تنقسم إلى نوعين: إضاءة مباشرة أى من الشمس أو إضاءة منعكسة من السماء عن طريق عواكس فى الأسقف أو الحوائط و كل وسيلة لها مميزاتا و عيوبها بالنسبة للمعروضات، و لكن لا غنى عنها إذا كان المتحف متحفا مفتوحا.

أما الإضاءة الصناعية فتقسم إلى خمسة أنواع:

- ١- مباشرة تكون الإضاءة فى زوايا مباشرة تجاه الأثر مما يسبب ظلالات و بريقا على سطح الأثر.
- ٢- نصف مباشرة بحيث يسقط الضوء إلى أسفل و تستخدم هذه الطريقة للتغلب على المظاهر المعيبة للضوء المباشر.
- ٣- مباشر - غير مباشر و تنطبق هذه الطريقة على المصابيح التى تعكس معظم إضاءتها على السطح الأفقى منطلقا من السقف إلى أعلى.
- ٤- نصف غير مباشر تتجه الإضاءة إلى أعلى السطح و الأسطح العالية من الحوائط ثم ينزل فى إضاءة غير مباشرة على سطح الأثر من خلال الزجاج العاكس مما يجنبنا البريق العالى للمصابيح.
- ٥- غير مباشر من الضوء القادم من أعلى بواسطة منعكسات مقلوبة، و تتميز هذه الطريقة بالتوزيع الجيد للإضاءة و إخفاء الظلال الحادة و قلة البريق و إنعدام الوهج الصادر من المصباح.^(١)

- كما توجد العديد من التقنيات التى تجعل العرض شيق و مفيدا مثل:

أفلام الرسوم المتحركة - الصور ثلاثية الأبعاد المجسمة Holograms و تقنيات التصوير الرقى أو طرق العرض التفسيرية ثلاثية الأبعاد الأخرى التى تسمح بعرض كمية كبيرة من المعلومات بطرق واضحة و جذابة. فى بعض المواقع نظرا لحجمها و طبيعتها يسهل تفسيرها بواسطة المطبوعات المختلفة (النشرات Pamphlets الواضحة ذو النص الصغير المدعم بالصور كوسيط بين الزائر و الموقع الأثرى - الملصقات - الكتيبات)، و يمكن إستخدام الإرشاد الصوتى Audioguide و المؤثرات الصوتية والضوئية و عروض الفيديو الوثائقية، إستخدام شاشات الكمبيوتر التفاعلية و المحاكيات بإستخدام الكمبيوتر و ألعاب الكمبيوتر و التجارب العلمية البسيطة.

و يمكن نقل المعلومات بشكل فعال للغاية عن طريق إستخدام اللوحات التفسيرية المصممة بشكل جيد فى الموقع، بحيث تكون غير مزعجة أو بارزة ، موجزة و جذابة، و الشرح الموجود عليها يكون سهلا بعيدا عن البلاغة الأكاديمية المعقدة، كما تستخدم اللوحات المصنعة من المعدن المعالج و بداخها النصوص و الصور المغطاه بالزجاج أو الأكلريك (الباغ) لحمايتها من العوامل الجوية، و هذا النوع مستخدم فى الحديقة المتحفية الخاصة بالآثار الغارقة بالمسرح الرومانى بكموم الدكة بالإسكندرية.^(٢)

١ - عزت حامد قادوس : علم الحفائر و فن المتاحف ، المرجع السابق ، ص ٣٠٤ .

هناك طرق فعالة أخرى تشمل النماذج Models، الديورامات Dioramas، النسخ النحتية و المعمارية المقلدة و استخدام وسائل العرض الإعلامية المتعددة Multimedia Presentations لإستحضار أجواء الماضي و لتكون فى حوار مباشر مع الموقع حيث توضع بالقرب من الموقع مما يسهل فهم الموقع و عدم الحاجة لكتابة النصوص و الشروح الكتابية الكبيرة حيث يستطيع الزائر التركيز فى الموقع .

كما يمكن إستخدام الأرشاد المسرحى حيث تكون وسيلة فعالة، حيث تقديم الحقبة التاريخية ، فى حالات أخرى يمكن للممثلين أن يفتوا فى أجزاء معينة لتمثيل أحداث معينة متعلقة بالموقع حيث يتحدثون عادة من النصوص القديمة. (١)

مما سبق يتضح أنه يمكن إستخدام عدد من هذه الوسائل مجمعة معا لتحافظ على أهتمام الزوار و أبراز أهمية الموقع عن طريق طرق العرض المتحفى الجيدة السابقة الذكر .

و الحقيقة التى نواجهها الآن أن مصر رغم تمتعها بثراء مواقعها الأثرية الغارقة سواء فى الساحل الشمالى الغربى أو ساحل البحر الأحمر عامة و الإسكندرية خاصة إلا أن مصر حتى الآن لا يوجد بها متحف مختص بعرض تراثها البحرى الغارق و نشر الوعى الأثرى بقيمته العلمية و التاريخية.

بالنسبة لعرض التراث الثقافى الغارق الذى تم أنتشاله فى مصر و خاصة الإسكندرية فهو أما موزع على المتاحف القومية مثال لذلك متحف الإسكندرية القومى و متحف الآثار بمكتبة الإسكندرية أو المتاحف المفتوحة أو داخل متاحف المواقع مثال لذلك متحف كوم الدكة حيث يخصص جزء لعرض الآثار المنتشلة من منطقة القلعة بجانب الآثار الأخرى الخاصة بموقع كوم الدكة (المسرح الرومانى).

و بعض الآثار الغارقة الأخرى ترك فى موقعه أسفل الماء نظرا لعدم توافر أحواض للتخلية كبيرة الأحجام ، و نحن فى حاجة ماسة لعمل متاحف متخصصة لهذا النوع من الآثار سواء فى موقعها كمتحف الميناء الشرقى و القلعة، المزمع أنشأه أو مبانى متحفية خاصة بالآثار الغارقة كمتحف الإسكندرية القومى البحرى (و هو تحت الأنشاء) ، و أن تكون مزودة بتقنيات الواقع الافتراضى الذى يسهم فى تفسير و فهم تلك المواقع بطريقة شيقة.

كما يمكن أن يكون للآثار الغارقة متحف للواقع الافتراضى يعرض الموقع و ما به من آثار دون وجود القطع الأصلية فى هذا المتحف (فقد تكون فى موقعها فى قاع البحر أو فى المتاحف الخاصة بها فى موطنها)، حيث تتيح تكنولوجيا المعلومات و الاتصالات فرصا جديدة تساهم فى تفسير جوانب عدة مما تعرضه المتاحف، من خلال تجميع الصور الرقمية من مصادر متنوعة لتقديم و تفسير التراث الثقافى و الطبيعى ليصل إلى عدد أكبر من الزائرين، مما يعتبر الآن دورا هاما للمتاحف. (٢)

1-The Getty Conservation Institute and the J. Paul Getty Museumop.,cit., pp 54 -55.

2- Lewis G.: The Role of Museums and the Professional Code of Ethics, Running a Museum: A Practical Handbook, ICOM – International Council of Museums Maison de l'UNESCO, France, pp 4 -5.

- الواقع الافتراضى وتطبيقاته فى مجال الآثار:

إستخدم للتعرف الافتراضى التخليلى على الشكل الأصيلى للآثار المتهمة أو المندثرة، ثم تطورت التطبيقات فيما بعد لتتيح عمل نسخ افتراضية من الآثار يمكن الرجوع إليها بحيث تكون توثيقياً بشكل ثلاثى الأبعاد، وذلك بإستخدام التقنيات العلمية الآتية:

١ - نظام تحديد المواقع الجغرافية التفاضلى (Differential Global Positioning System)

٢ - تحليل الصور الرقمى (Digital Image Processing)

٣ - دراسة إكتشاف التغيرات (Change Detection Study)

هذه الأجهزة جعلت الطريقة المستخدمة فى منتهى الدقة والسرعة ، كما أنها توسع من مجالات إستعمالاتها حتى لا تقتصر على المقابر فقط ، كما أن هذه الطريقة ذو فائدة وأهمية فى المتابعة الدورية البصرية للآثار، فهى توفر سجل مرئى مجسم تفاعلى للآثر يمكن عن طريقه سرعة إنقاذ الأثر فى حالة تدهور حالته المعمارية أو الإنشائية، وكذلك التماثيل و باقى التحف الفنية الأثرية، وبهذا يمكن بجولة سريعة التعرف على نقاط التغيير والأضرار الحادثة فى عملية الترميم.

كما تسمح بمتابعة الأثر على مدى زمنى طويل، وملاحظة أى مستجدات فى حالته، لمكافحة سرقة أجزاء منه، عن طريق وجود تسجيل دورى للآثر يظهر فوراً أى عناصر ناقصة ويعترف على الفترة الزمنية التى تمت فيها السرقة بدقة، حيث يطبق داخل مبانى المتاحف من خلال تحريك كافة كاميرات الفيديو الرقمية والمستخدمه فى المراقبة الأمنية بصورة متتالية مخططة زمنياً فى نفس المسار دورياً عن طريق الحاسب الآلى ومعالجة الصور بنفس الأسلوب المقترح للتعرف على أى سرقات للمتاحف أو الأختفاء لقطع أثرية من فترينات العرض فى أى متحف. وبذلك يمكن التعرف على مواصفات القطعة المسروقة ونشرها على متاحف العالم مما يساعد على منع تهريبها وإستعادتها فى أسرع وقت ممكن، كما يمكن زيارة الموقع الأصيلى للآثر من خلال النسخة الافتراضية.^(١)

- معرض الواقع الافتراضى :

هناك مشروع من ٢٠٠٩ إلى ٢٠١٣ بتمويل من الوكالة الوطنية الفرنسية للبحوث (ANR) ، يسعى المشروع إلى تطوير تقنيات أقتناء التصوير النصف أتوماتيكى و إعادة التجميع لنماذج ثلاثية الأبعاد، حيث قامت البعثة بالفعل بإعادة تجميع مدخل الفناء الضخم من خلال التقنيات الحديثة و الحصول على شكل ثلاثى الأبعاد نصف أتوماتيكى حيث ساعد هذا النظام فى إعادة تجميع افتراضى للقطع الأثرية المكسورة خاصة التماثيل المكسورة التى كانت محيطة بفناء الإسكندرية.

كانت الأجزاء تالفة بفعل التآكل و عوامل التعرية و الزلازل التى حدثت فى القرنين العاشر و الرابع عشر الميلاديين، و معظم القطع مازالت تحت مياه البحر فى الموقع الأثرى البالغ واحد هيكتار المجاور للميناء الشرقى، حيث تم أنتشال بعض القطع القليلة.^(٢)

١- أشرف عبد المنعم السعيد جعفر: يناير ٢٠٠٥ ، تقييم مراحل تدهور الآثار عبر الزمن والحكم على جودة أعمال الترميم بإستخدام أساليب الواقع الافتراضى، مجلة البحوث الهندسية لكلية الهندسة بشبرا، العدد الثالث، ص ص ٢٤ - ٣١ .

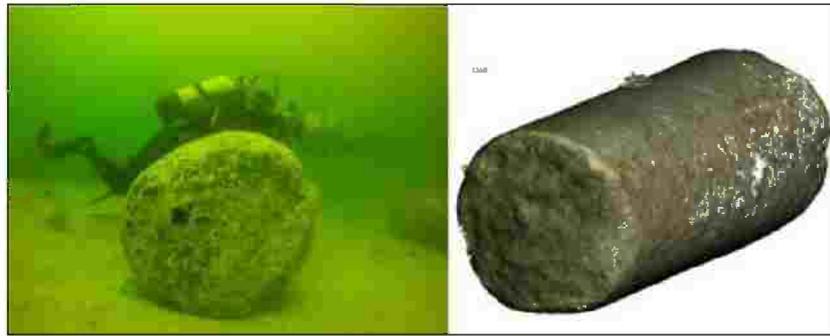
2- Reuter P., Mellado N., Granier X., Hairy I., Vergnieux R. and Couture N.: 2011, Semi-automatic 3D Acquisition and Reassembly of Cultural Heritage, ICT for Cultural Heritage, pp 12-13.

أعتمدت عملية التحصيل على المسح التصويرى **Photogrammetry** و هو بسيط جدا، حيث تم أخذ حوالي ١٠٠ صورة لكل قطعة تغطى السطح بأكمله (لوحة رقم ٩١)، ثم تحدد نقاط الملامح البارزة أتماتيكا فى كل صورة، ويتم الكشف فى الصور المختلفة عن نفس الملامح المتطابقة، و بهذا النظام التحصيلى أمكن إعادة تشكيل و بناء حتى الأجزاء الغارقة الموجودة أسفل المياه خلال موسم التحصيل تحت الماء (صورة رقم ٩٢).

تقنيات التحسين البصرية التى قاموا بعملها تركز على الملامح بمستويات مختلفة ففى بعض الأحيان يكشف عن مزيد من تفاصيل أكثر من الأجزاء الجسدية التى تم فحصها فى الموقع (صورة رقم ٩٣) و من (لوحة رقم ٩٤) إلى (لوحة رقم ٩٦)، كما يقومون بمحاولة عمل نمذجة طبيعية للظاهرة التى حدثت للقطع أثناء تلفها، و نظرا لهذا التطبيق الجذاب فتم التخطيط لعمل معرض فى المتحف لعرض نتائج المشروع البحثى من خلال الشبكة الأوروبية المخصصة للمتاحف الأثرية (٢٠٠٩ - ٢٠١٣).^(١)



(لوحة : ٩١) توضح بدء العمل منذ ٢٠٠٩ على عمل مستنسخات للتمثال المكتشف فى الستينات حيث تطوير و اختبار وسائل البناء الثلاثية الأبعاد والمتقدمة فى إعادة التجميع، حيث ضم المشروع باحثين فى علم الكمبيوتر و الآثار.



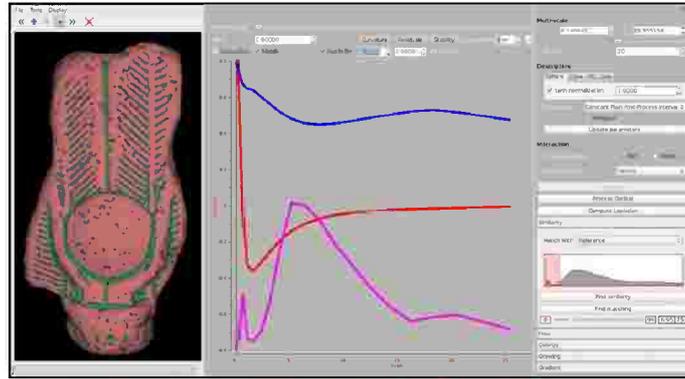
(صورة : ٩٢) مصور تحت الماء أثناء التحصيل الثلاثى الأبعاد و إعادة بناء و تشكيل النموذج الثلاثى الأبعاد.

نقلًا عن Reuter P.:Semi-automatic 3D.,



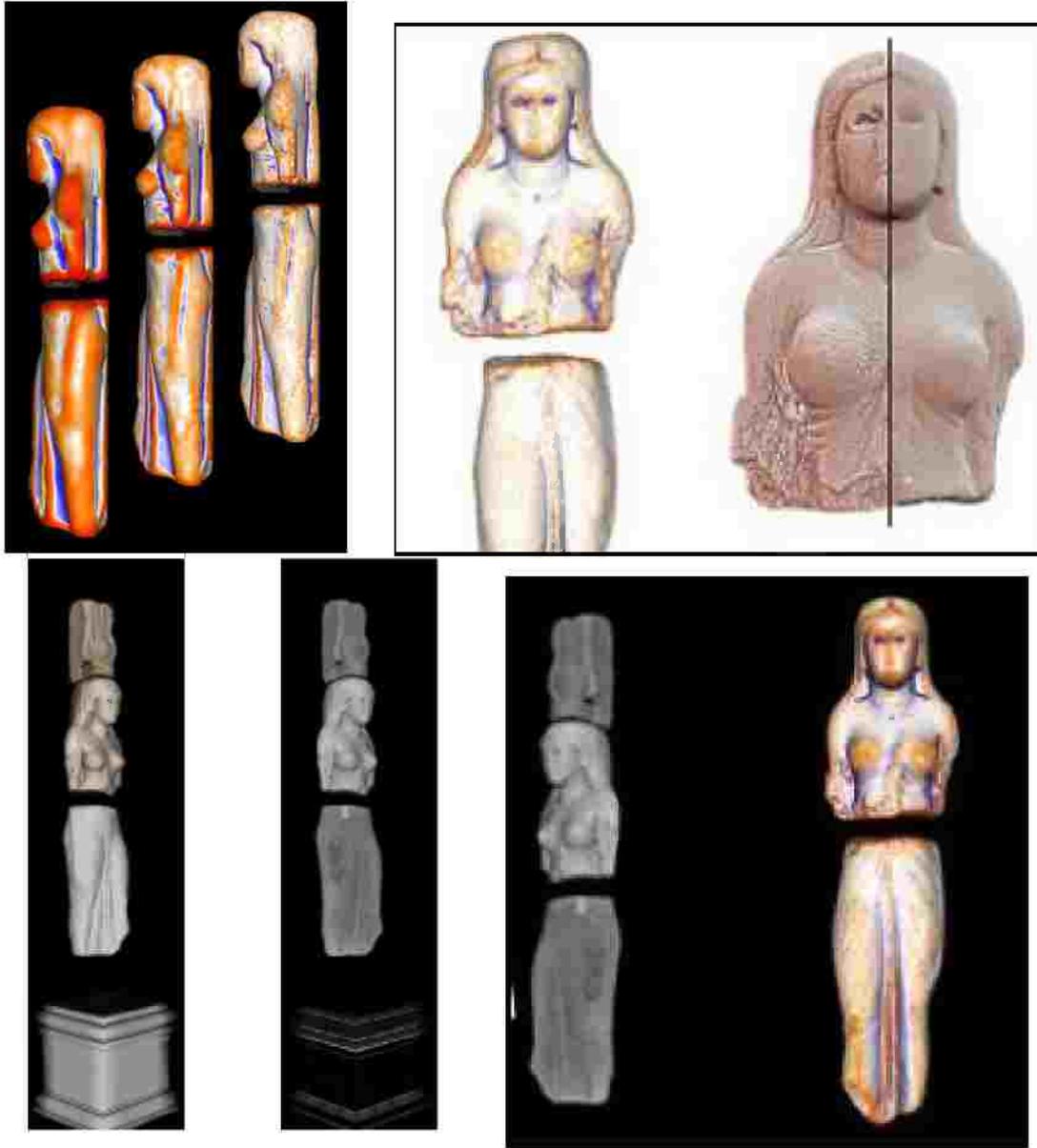
(صورة : ٩٣) إعداد صور مطابقة لأجزاء تمثال إيزيس

إعادة تجميع ثلاثية الأبعاد لأجزاء تمثال إيزيس عن طريق المسح التصويري Photogrammetry



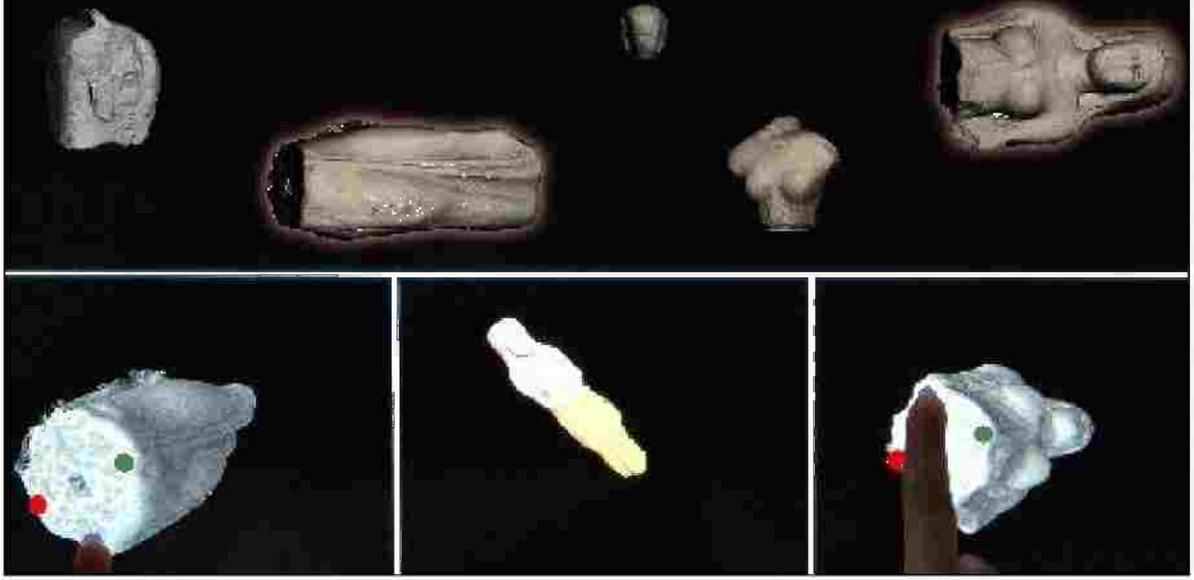
(لوحة : ٩٤) توضح زيادة التفاصيل مع تقنيات المرئيات التعبيرية

نقلًا عن : INRIA INVENTEURS DE MONDE NUMERIQUE,



(لوحة :٩٥) توضح زيادة التفاصيل لتمثال أيزيس مع تقنيات المرئيات التعبيرية
 حيث نلاحظ دراسة منحنيات الجسد ، يوضح (اللون الأحمر) التحدبات و اللون الأزرق (التقعرات) بمستويات مختلفة من
 التفاصيل عام ٢٠١٢ كجزء من معرض Phares بالإضافة إلى الأفلام التي تقوم بشرح الموقع و تاريخه و كيفية الأنتشال .

نقلأ عن : INRIA INVENTEURS DE MONDE NUMERIQUE,



(صورة : ٩٦) عمل نسخ ثلاثية الأبعاد للتماثيل و تحديد نقاط تجميع و وصل أجزاء تماثال الملكة البطلمية إيزيس من خلال الطرق الثلاثية الأبعاد.

نقلأ عن : INRIA INVENTEURS DE MONDE NUMERIQUE,

- معرض Phares بالمتحف الوطنى للبحرية فى باريس (٧ مارس إلى ٤ نوفمبر ٢٠١٢) :

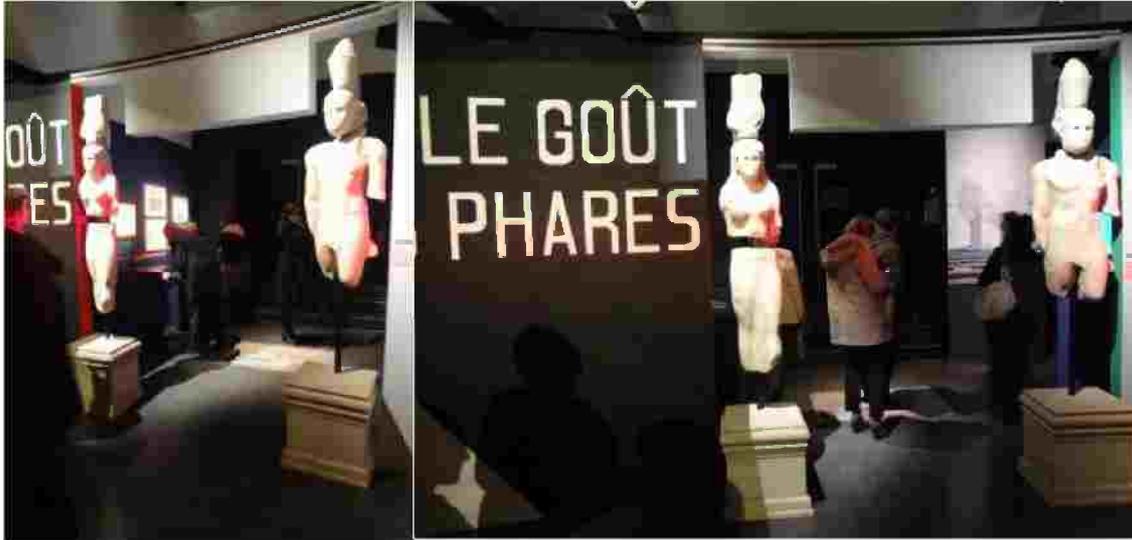
بدء العمل من المتحف البحرى فى إطار التعاون لمعرض فاروس، وتقديم بيانات مادية و ملموسة للجمهور، و أقيم العرض بقصر Chaillot ، و ينتمى لمتاحف الواقع الافتراضى الصرفة حيث تم عمل نسخ من الأجزاء لتكون نسخ كاملة من تماثلى الملكة البطلمية(إيزيس) و الملك البطلمى (بطلميوس) بمقياس ٥/١ من التقنيات الرقمية المبتكرة من التكوين الثلاثى الأبعاد من القطع الأثرية المجمعـة لإحياء التماثيل الضخمة لفنار الإسكندرية (المقياس الأصىلى للتماثيل الحقيقية ١٢,٧٠ متر طولاً)، تم التعامل مع ملفات الثلاثية الأبعاد، بالتشكيل بالقطع و التجميع حيث نحتت التماثيل من كتل رغوية من البولى يوريثان و مطلية بالراتجات المقترحة لإنهاء العمل (صورة رقم ٩٧) و (لوحة رقم ٩٨).
عندما أنتهى من المنحوتات و تم تجهيزها، تم تركيب كلاً من التماثيلين حيث يزن كلا منهم ٢,٥٠ متر بالإضافة إلى الأفلام التى تقوم بشرح الموقع و تاريخه و كيفية الأنتشال دون وجود القطع الأصلية (صورة رقم ٩٩).^(١)



(لوحة : ٩٧) توضح مراحل نحت التماثيل من كتل رغوية من البولى يوريثان
نقلأ عن : INRIA INVENTEURS DE MONDE NUMERIQUE,



(لوحة : ٩٨) توضح مراحل نحت التماثيل من كتل رغوية من البولي يوريثان



(صورة : ٩٩) توضح معرض Phares بالمتحف الوطني للبحرية من ٧ مارس إلى ٤ نوفمبر ٢٠١٢ باريس، قصر Chaillot تم عرض هذه القطع المصنوعة من التقنيات الرقمية المبتكرة للجمهور على نطاق واسع بمقياس ٥/١ حتى نوفمبر.

أنواع المتاحف

أولاً: المتاحف المغلقة:

- متحف الآثار بمكتبة الإسكندرية (القاعة المخصصة للتراث الثقافي الغارق):

تتميز هذه القاعة ضمن باقى صالات المتحف بطرق العرض الجيدة، و نبدأ بالزيارة التخيلية لقاعة الآثار الغارقة و موقعها داخل المتحف حيث يعرض قسم الآثار الغارقة بعض القطع الأثرية التي تم انتشالها من قاع الميناء الشرقي بالإسكندرية، ومن خليج أبي قير – حيث كانت تقوم المدن القديمة "ثونيس-هيراكيلون"، و"كانوبس"، و"مينوثيس". وتضم هذه المجموعة – بجانب العملات والحليّ والأمفورات – مجموعة متفردة من التماثيل وبقايا التماثيل، والتي يظهر فيها التأثير الأجنبي على الفن المصري. ومن هذه النماذج المتميزة نذكر تماثلاً من البازلت الأسود يعتقد أنه يصور إحدى الملكات البطلميات والتي قد تكون "أرسينوي الثانية"، (صورة رقم ١٠٠) و (صورة رقم ١٠١). كما يعرض متحف الآثار بمكتبة الإسكندرية مجموعة أثرية جديدة مكتشفة في جزيرة نلسون بأبي قير بالإسكندرية بواسطة البعثة الإيطالية برئاسة بولو جولو.

بطاقات الشرح تشمل اللغة الفرنسية بالإضافة إلى اللغتين العربية والإنجليزية، وذلك لتوسيع دائرة المعرفة الأثرية لكافة الزائرين ورواد المتحف^(١) يتم إطلاع الزوار على القطع بالإضافة إلى مشاهدة فيلم وثائقي يوضح قصة إكتشافها وهي تحت الماء مرورا بعمليات نقلها وترميمها وحتى عرضها بأكبر قاعات المتاحف في العالم، و أطلق مؤخرا موقع يعرض فيه مجموعات المتحف لمستخدمي شبكة الإنترنت من خلال قاعدة بيانات متكاملة للقطع الأثرية، وهو يعد الموقع الأول على مستوى مصر من حيث عرضه لأغلب مقتنياته للجمهور على شبكة الإنترنت باللغات العربية والإنجليزية والفرنسية؛ ويهدف إلى إعطاء المستخدم العادي فكرة عامة عن تاريخ مصر والقطع المتميزة المعروضة بمتحف الآثار، بالإضافة إلى عرض تقويم للأحداث المتعلقة بعلم المصريات لمتصفح الموقع حول العالم.^(٢)

الجولات إرشادية : يقدم المتحف جولات إرشادية مجانية باللغات العربية، والإنجليزية، والفرنسية، والإيطالية، والإسبانية، واليونانية وتسغرق الجولة حوالي ٦٠ دقيقة، فيمكن للزائر التجول في متحف الآثار بمعاونة المرشدين المتخصصين، والتعرف على الحضارة المصرية ومشاهدة التحف التي تم العثور عليها في موقع مكتبة الإسكندرية القديمة، و أيضا الكنوز التي تم إنتشالها من البحر المتوسط، بالإضافة إلى قطع أخرى معروضة في المتحف.^(٣)

خدمة الدليل الرقمي: عبارة عن جهاز بحجم كف اليد، سهل الإستخدام، يحتوي على شرح صوتي ومرئي للقطع المعروضة بأسلوب واضح (صورة رقم ١٠٢ أ.ب)، و هذه الخدمة مواكبة لكل ما هو حديث في عالم التكنولوجيا الرقمية، حيث تعاقدت المكتبة مع شركة IBM العالمية لتنفيذ المشروع وأشرف على التنفيذ مركز توثيق التراث الثقافي

1-<http://www.Frankgoddio.org/events/permanent-collections/bibliotheca-alexandrina.html>.

٢ - حسام عبد القادر :مجلة أمواج " أخبار الإسكندرية " ، أ / منى سري؛ مدير متحف الآثار بمكتبة الإسكندرية، العدد الثامن والأربعون أبريل : يونيو ، ٢٠١١

3-<http://antiquities.bibalex.org/Press/detail.aspx>.

والطبيعي CULTNAT التابع لمكتبة الإسكندرية، ويعد متحف الآثار ثاني متحف في مصر يطبق فيه هذا المشروع بعد المتحف المصري بالقاهرة.

الخدمة متوفرة بلغة العربية، الإنجليزية والفرنسية، ويمكن للزائر التعرف على مقتنيات المتحف بأكثر من طريقة، فالاختيار الأول هو الجولات المعدة وفقاً للعصر أو الموضوع وتتراوح مدتها ما بين ٣٠ و ٩٠ دقيقة و عددها ثمان جولات و منها "كنوز من الحضارة الفرعونية"، و "معتقدات الحياة الآخرة"، و "حفائر المكتبة"، كما يمكن للزائر أن يكتشف بنفسه عن طريق إدخال رقم الأثر أو اختيار القسم أو باستخدام الصور، ويتاح للزائر أيضاً اختيار نوع الشرح الذي يناسبه فهناك شرحاً مبسطاً وآخر أكثر تفصيلاً لمن يرغب في مزيد من المعلومات.

وتتوفر أيضاً إمكانية تكبير الصور أو الاستفادة من المحاكاة التخيلية (Animation) لبعض القطع المختارة والتي تأخذ الزائر في رحلة عبر التاريخ، وأخيراً يحصل الزائر على جزء من زيارته مطبوعاً كما ترسل له الجولة كاملة على بريده الإلكتروني.^(١)

- متحف الإسكندرية القومي (القاعتين المخصصتين للتراث الثقافي الغارق):

عند الطابق الخاص بالآثار اليونانية الرومانية تم تخصيص صاليتين للآثار الغارقة المنتشلة من الميناء الشرقي و أبو قير، بعضها من القطع التي قامت بعثة فرانك جوديو بإنشالها بالتعاون مع المجلس الأعلى للآثار، تتضمن شاهد هيراكليون ، و تمثال الملكة البطلمية في هيئة أيزيس بطول ٢,٢٠ متر (صورة رقم ١٠٣)، و من الميناء الشرقي تم عرض تمثال كاهن أوزوريس الذي يحمل الأبناء الكانوبي و تمثالي أبو الهول، و الذين سبق و أن ذكرنا أن أحدهما ينتمي لبطلميوس الثاني عشر والد كليوباترا السابعة (صورة رقم ١٠٤)، البعض الآخر يعرض للنذر الشعائرية، المغارف ، الذهب و المجوهرات، و مجموعة من الرؤوس الجرانيتية مستخرجة من أبو قير و الميناء الشرقي (صورة رقم ١٠٥-ب-ج) و (صورة ١٠٦).^(٢)

1-<http://antiquities.bibalex.org/Press/detail.aspx>.

2-<http://www.Frankgoddio.org/events/permanent-collections/bibliotheca-alexandrina.html>.



(صورة: ١٠٠) العرض داخل فترينة كبيرة محاطة بالزجاج مجمع بداخلها عدد من الآثار الحجرية و الفخارية المنتشلة من المواقع الغارقة بالميناء الشرقي و أبو قير بمتحف الآثار بمكتبة الإسكندرية، وبالقاعة شاشة تلفزيونية صغيرة تعرض فيلم وثائقي عن مراحل الكشف و الأنتشال للقطع من المواقع.



(صورة: ١٠١) طريقة العرض على قوائم طويلة مع وجود خلفيات توضح الرؤوس الحجرية وقت أنتشالها



(صورة: ١٠٢ أ - ب) توضح الدليل الرقمي بمتحف الآثار بمكتبة الإسكندرية

نقلأ عن :

<http://antiquities.bibalex.org/Press/detail.aspx>



(صورة: ١٠٣) تمثال لإيزيس من الجرانيت يرجع لنهاية العصر البطلمي عشر عليه بهيراكليوم بخليج أبو قير في الإسكندرية، و قام بانتشاله المجلس الاعلى للآثار مع بعثة المعهد الاوروى للآثار البحرية في موسم إبريل مايو ٢٠٠١ ، و هو معرض بقاعة الآثار الغارقة بالمتحف القومى و نلحظ بالصورة وجود خلفية توضح التمثال عندما كان موجوداً أسفل الماء بعد تنظيفه مما عليه من تكلسات بحرية و حشف، و القاعة شديدة الصغر مما لا يتيح المشاهدة الجيدة للتمثال. و الصورة الثانية توضح التمثال وقت اكتشافه و ما عليه من تكلسات و حشف و حيوانات بحرية.



(صورة: ١٠٤) طريقة عرض التماثيل بقاعة الآثار الغارقة بمتحف الإسكندرية القومى حيث الخلفيات توضح الأثر وقت الأنتشال.



(صورة: ١١٠٥ - ب - ج) رؤوس ملكية من الجرانيت الوردى تنتمي للعصر البطلمي منتشلة من خليج أبوقير، أ - ب يرتدى الملك لباس رأس (النمس) و يوجد بروز أعلى الجبهة يحتمل أنه كان يمثل الصل الملكي، ب - العينان مجوفتان و الأنف مفقودة، الفم تعلقه إبتسامة رقيقة و من خلف الرأس توجد عقدة النمس، ج - الرأس تعرضت لعملية النحر بصورة شديدة و لكن نلاحظ آثار لباقي النمس و الصل الملكي و بعض ملامح من الوجه و الرأسيين معروضتين بمتحف الإسكندرية القومى ، و نلاحظ من الصورة (ب) و (ج) إحاطة الرؤوس بالزجاج لحمايتها من عوامل التلف المختلفة.



(صورة: ١٠٦) رأس ملكى من الجرانيت الوردى تنتمي للعصر البطلمى منتشلة من الميناء الشرقى و يرتدى الملك لباس رأس (النمس) و يوجد أعلى منتصف الجبهة الصل الملكي، و يشير السهم و الدائرة إلى وجود إستكمال باللون الرمادى بخامة البولى أستر و هو إستكمال تدميمي للمحافظة على أوزان التمثال و الرأس معروضة بمتحف الإسكندرية القومى، و نلاحظ فى هذه الصورة خلفية لأحد الرؤوس عندما كانت بقاع البحر ، و لكن الآن تم نقل هذه الرأس بصالة الآثار الغارقة الخاصة بالأنفورات و هى ذو طريقة عرض و إضاءة مختلفة و هو ما يمثل عدم تجانس الرأس من حيث الخامة مع باقى المعروضات و لكن لم تتمكن الباحثة من التصوير لتوضيح المقارنة.

نقلأ عن :

<http://antiquities.bibalex.org/Press/detail.aspx>.

- معرض مكتبة الإسكندرية – الآثار أسفل الماء البحث و التقنيات:

يعرض المعرض التقنيات الحديثة التي تم توظيفها للبحث الأثرى أسفل الماء، فهو يعرض معظم أشهر المواقع الأثرية أسفل الماء الأكثر إثارة في المحيط الأطلسي و البحر الأبيض المتوسط. في سبتمبر ٢٠٠٤ تم إضافة أربعة لوحات تغطي الآثار أسفل مياه الإسكندرية و خليج أبوقير ، اثنين منهم تعرض التقنيات التي أجراها فرانك جوديو بالتعاون مع المجلس الأعلى للآثار في الميناء الشرقي و أبوقير، صمم المعرض بالعربية ، الفرنسية و الإنجليزية، و أنتج من قبل وزارة الثقافة الفرنسية بالتعاون مع مكتبة الإسكندرية و الـ CULTNAT (صورة رقم ١٠٧).^(١)



(صورة: ١٠٧) توضح طريقة العرض بمعرض مكتبة الإسكندرية حيث يعرض لمعظم أشهر المواقع الأثرية أسفل الماء الأكثر إثارة في المحيط الأطلسي و البحر الأبيض المتوسط، و تم إضافة أربعة لوحات تغطي الآثار أسفل مياه الإسكندرية و خليج أبوقير ، اثنين منهم تعرض التقنيات التي أجراها فرانك جوديو بالتعاون مع المجلس الأعلى للآثار في الميناء الشرقي و أبوقير .

نقلًا عن: Frankgoddio.org/

ثانياً : المتاحف المفتوحة:

ظهر أول متحف من هذا النوع فى السويد عام ١٨٧٢ م^(١)، و من أمثلة هذا النوع من أنواع المتاحف فى مصر.

-متحف الآثار الغارقة بكوم الدكة:

هذا المتحف ينتمى لنوعية المتاحف المفتوحة و لكنه ليس متحف مستقل بذاته للآثار الغارقة، فهو عبارة عن جزء مخصص للآثار الغارقة فى منطقة المسرح الرومانى الذى يعد من متاحف المواقع، حيث قام المجلس الأعلى للآثار بوضع ٣٦ قطعة التى أستخرجتها البعثة من منطقة القلعة عام ١٩٩٥، بمناسبة زيارة جاك شيراك فى أكتوبر للإسكندرية. فى خريف ٢٠٠٥ طلب المجلس الأعلى للآثار تعاون المركز الفرنسى للدراسات السكندرية تطوير الجزء الخاص بالآثار الغارقة ، حيث كان الموقع فى حاجة ماسة لإعادة مخططه، خاصة بعد إغلاق المسرح الرومانى، فقامت Isabelle Hairy بتصميم طريقة العرض ، تم وضع أجزاء التماثيل العملاقة فى المدخل تليها العناصر المنقوشة و المعمارية، ثم تماثيل أبو الهول ثم المسلات، وبجانب المسلة المجمع لسيتى الأول يقف تمثال لأبو الهول لبسمتك الثانى (شكل ١٦٢ أ-ب).

تم وضع جميع القطع فوق قواعد مغطاه بالطوب، كل قاعدة مزودة بلوحة تصف و تشرح كل قطعة أثر معروضة، لتكمل مقامة الشرح العامة و المخطط الموجود باللوحة الكبيرة عند مدخل الموقع. كان وضع مسلة سیتی الأول بحديقة المسرح الرومانى تمهيدا لعملية أكبر بكثير لحين إعادة تجميع مدخل فاروس متبعة إعادة التشكيل الذى تقوم به Isabelle Hairy.^(٢)



(صورة: ١٠٨ أ - ب) متحف الآثار الغارقة المفتوح بالمسرح الرومانى بالإسكندرية، أ- مجموعة أجزاء التماثيل الضخمة و تماثيل أبو الهول ، إلى الجنوب من اليسار إلى اليمين، ب- منظر باتجاه الشمال يوضح مسلة سیتی الثانى المجمع و تمثال أبو الهول لباسميتك الثانى.

نقلًا عن : CEALex

1- Lewis G.: The Role of Museums and the Professional Code of Ethics, op. cit. , p 5.

2- Empereur J. Y.: November 2005, The redevelopment of the open-air underwater museum by the Roman Theatre of Alexandria, Centre d'Études Alexandrines.

- المتحف البحري القومي بإستائلى:

لقد كان إستراحة للأمير يوسف كمال ، و لقد صدر فى عهد الدكتور / أحمد قدرى رئيس هيئة الآثار الأسبق قرار فى عام ١٩٨٤ بتخصيص هذه الأستراحة لتكون المتحف البحري ، و قد نقلت إليه بعض العناصر الأثرية و وضمت نماذج للسفن وفى عام ١٩٨٦ تم تحويله لمتحف خاص بالآثار الغارقة، و فى عام ١٩٩٥ تم بناء أحواض للتخلية لتخلية الآثار المستخرجة من البحر من جميع أنحاء الجمهورية.^(١)

- مخزن حديقة الشلالات (معمل ترميم المعادن طابية النحاسيين):

يوجد به حوالى ١٠ قطع من الجرانيت مستخرجة من الماء و معروضة فى الـ Open Air مما يعرضها للتلف ، و يوجد به حوض صغير لإجراء عملية التخلية، و كان يوجد من ضمن القطع يد و جزء من ذراع تمثال الملك البطلمى X التى تم تجميعها و ربطها مع باقى أجزاء التمثال و المعروض الآن أمام مكتبة الإسكندرية (لوحة رقم ١٠٩ أ - ب - ج).

و يعد تأثير درجات الحرارة فى الـ Open Air أكثر خطورة مما يحتاج إلى الصيانة الدورية من وقت لآخر حتى لاتحدث تقشر طبقات و تقطع فى سطح الحجر، فيتم عزل الآثار الجرانيتية فى بعض الأوقات بمادة عازلة مثل الـ Paraloid B72 التى تم إستخدامها فى مجموعة الآثار الجرانيتية المعروضة بكم الدكة. و على وجه العموم تثبت الأحجار التى لايمكن عرضها فى خزائن على قواعد معزولة عن الأرض بمواد غير مسامية لا تسمح بمرور الرطوبة و الأملاح إليها.^(٢)

وتوجد وسائل أخرى للتحكم فى التلوث الجوى خارج المتاحف ، و هى :

- عدم التصريح بإقامة المصانع بالقرب من المتاحف أو الأماكن الأثرية حفاظا على التراث القومى ، و يفضل إقامة المتاحف فى أماكن بعيدة عن المراكز الصناعية .

- تخفيض نسبة الكبريت فى زيت الوقود بالمعالجة بالهيدروجين.^(٣)

- إستخدام مظلات مفتوحة يمكن أن تحمى القطع الأثرية من الأمطار المباشرة و لكنها قد لا تجعل سطح الأثر جاف ، لذلك هناك أحد المقترحات بعمل فترينات عرض دائمة مصنعة من الزجاج و البرونز تم تنفيذها فى خريف ٢٠١١ فى Jelling بالدنمارك على أثنين من الأحجار الجرانيتية الأثرية التى تعانى من التلف الشديد نتيجة تواجدها فى هذا الموقع لعدد من القرون (صورة رقم ١١٠)، و أشارت النتائج الأولية لمتابعة المناخ خلال عام أن الفترينة المناخية تعمل بشكل جيد، حيث تم وصل جميع أجهزة الأستشعار عن بعد بمسجل بيانات واحد، يستمد طاقته من ألواح الطاقة الشمسية ، و أجريت القياسات كل دقيقتين و تخزين متوسط الساعة.^(٤)

1- Haldane D.: Summer 1996, The Alexandria Conservation Laboratory for Submerged Antiquities, The INA Quarterly, Volume 23, No. 2, p4.

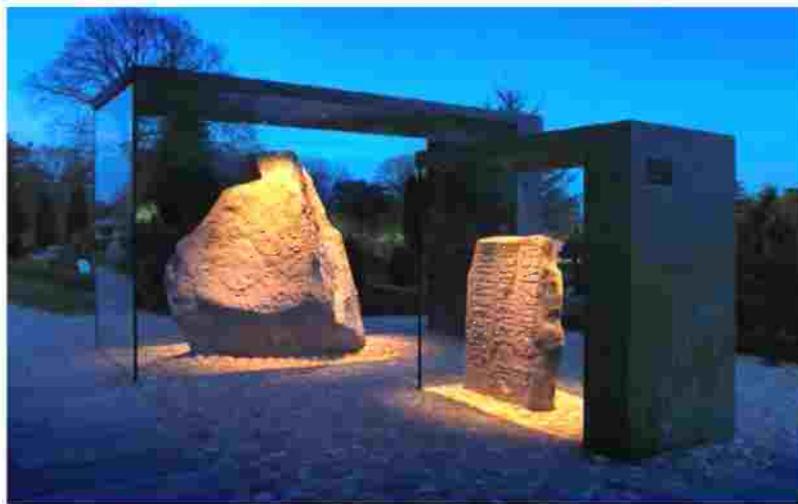
٢- عبد المعز شاهين: ١٩٩٣ ، طرق صيانة و ترميم الآثار و المقتنيات الفنية، الهيئة المصرية العامة للكتاب، رقم الإيداع ٣٨١٠، ص ٢١٠.

٣- وليد كامل على الغريب : ٢٠١٠، دراسة أسباب و مظاهر تلف مقتنيات متحف الإسماعيلية مع دراسة أهم أساليب الصيانة الدورية و الوقاية لمقتنياته، المجلس الأعلى للآثار.

4 -Larsen1 P. K., Trudsø1 S.: 2011, CLIMATIC EXPOSURE AND PROTECTION OF THE RUNE STONES IN JELLING, DENMARK, pp 228, 231.



(لوحة : ١٠٩ أ - ب - ج) توضح مخزن حديقة الشلالات (معمل ترميم المعادن طابية النحاسيين) ، أ- من الخارج، ب- من الداخل ، و ج- الـ ١٠ قطع من الجرانيت المستخرجة من الماء و معروضة في الـ Open Air ، كان من ضمن القطع يد و جزء من ذراع تمثال الملك البطلمي X و لقد تم إضافتهما للتمثال حالياً.



(صورة : ١١٠) توضح فتارين العرض الوقائية الأثنيين حيث إقامتهما في نفس الموقع بـ Jelling

نقلأ عن : Poul Klens Larsen1, Susanne Trudsø1: 2011

ثالثاً : المتاحف المقامة في نفس الموقع أسفل الماء:

هناك اتجاه في الأونة الأخيرة تجاه عرض التراث البحري الغارق في نفس موقعه في إطار حدائق أثرية متحفية بحيث تكون متاحة للجمهور العادي و لا تكون مقصورة على الغواصين أو من يعرفون الغوص، في هذه الحالة يتم الحفاظ على الموقع في حالة جيدة بقدر الأمكان من حيث مراعاة العوامل و الظروف البيئية، التي لا تتغير بالنسبة للآثر مما يساعد في الحفاظ عليه، كذلك ما يترتب عليه من أثار في نفوس الزائرين للموقع، فيحتاج الموقع إلى تفسيرات تسهل على الزائر التعرف على الموقع و ما به من قطع، دون أن تؤثر هذه التسهيلات التفسيرية على الموقع و ما به من آثار.

و قد تكون العديد من المواقع الأثرية الغارقة على مقربة من بعضها البعض في أطار حديقة متحفية كبيرة يجمعها أبحاث و توثيق الخبراء الذي يساعد الزائر لهذه المواقع مع الأشراف المستمر بحيث لا يحدث ضرر أو تلف للمعروضات الأثرية التي تكون جزء أساسى من الموقع.

و الآثار الغارقة بطبيعتها غير متجانسة لا نوعياً و لا تاريخياً و لا إقليمياً، فقد ترجع الآثار الغارقة لأى حقبة تاريخية، و قد توجد في أى منطقة أو إقليم، كما أنها قد تتمثل في أنواع متعددة من البقايا الأثرية سواء تلك الآثار ذات الطبيعة البحرية، مثل الموانى و السفن، أو غيرها من الآثار التي لا علاقة لها بالنشاط البحري كالتماثيل و قطع العملة و الحلى و غيرها من القطع الأثرية التي قد تكون مغمورة بالمياه لسبب أو لآخر و هناك على مستوى العالم ما يزيد عن ٤٠ متحف للآثار الغارقة يوجد معظمها في أوروبا، و منها أيضا عدد في الولايات المتحدة الأمريكية و أستراليا و باريس^(١). معظم هذه المتاحف تعرض لحطام السفن و قليل منها يعرض للموانى و ما بها من تماثيل و نقوش و هى ذو أهمية بالنسبة لموضوع الدراسة و منها :

- متحف قيسارة الغارق:

يوجد على شاطئ البحر المتوسط بإسرائيل و تم إفتتاحه كمتحف تحت الماء للغواصين عام ١٩٩١ احتفالاً بمرور ٢٠٠٠ عام على بناء المدينة، بناه الملك هيرود تكريماً لقيصر أغسطس، و كان يعتبر أكبر ميناء فى الإمبراطورية الرومانية عند أفتتاحه عام ١٠ ق.م (صورة رقم ١١١)، و يبلغ عمق الموقع حوالى ثلاثة أمتار و الزيارة مجانية و هو متحف تحت الماء لجزء من ميناء قيسارية، و هو عبارة عن حديقة متحفية غارقة تستقبل حوالى ٥٠٠ غواص فى اليوم الواحد حيث يتبعون فى رحلتهم كابلا مثبتا على حوامل معدنية دقت بالقاع و يمكنهم رؤية ٣٤ نقطة هامة تحت الماء لكل منها لوحة إرشادية.

حيث يمكن للزائر رؤية الميناء من مدخله فى البحر (حوالى ١٠٠ متر من الشاطئ الحالى) مروراً بالبقايا الأثرية الممتدة فى بقايا لفنار، حاجز أمواج قديم، أساسات الميناء الأصلية، مراسى و دعائم، إلى حطام سفينة ترجع إلى العصر الرومانى، التي تشير إلى احتمالية هجر الميناء نتيجة لزلزال بعد مرور حوالى قرن على إنشائه، و يمكن للغواص أن يقوم بالغوص و هو مزود بخريطة مقاومة للمياه لرؤية ٣٦ موقع مختلف على طول أربعة مسارات تغطى مساحة تبلغ ٧٩,٥٠٠ أمتار مربعة (تبلغ مساحة كل مسار حوالى ٤٠٠ متر)، مسار واحد يكون للغواصين المحترفين ذو الخبرة،^(٢)

١- عماد خليل: نحو رؤية جديدة لمتحف الآثار الغارقة بالإسكندرية، مكتبة الإسكندرية، صفحة مصريات، ص٥

و باقى المسارات الأخرى الموجودة أقل من ٧ أمتار تحت مستوى سطح البحر، قريبة من الشاطئ و هى مناسبة للغواصين المبتدئين.^(١)

- متحف لإحدى السفن الغارقة باليونان:

أفتتح فى اليونان فى عام ١٩٩٧، و قد تمت الموافقة على هذا المشروع لتشيط السياحة و لإعطاء دفعة ثقافية و إقتصادية تؤدى إلى إستغلال باقى مواقع الآثار الغارقة، و هو مزار تحت الماء لإحدى السفن الغارقة على بعد ٢ ميل بحرى من قلعة ميثوبى بغرب البلوبونيز، تم الكشف عن هذه السفينة فى عام ١٩٦٣ و هى ترجع إلى القرن الثالث ق.م و قد غرقت و بحمولتها مجموعة من التوابيت المصنوعة من حجر الجرانيت.^(٢)

و يمكن زيارة الموقع عن طريق المشاهدة بقناع الوجه أو الغوص بصحبة مرشد لمدة نصف ساعة و ذلك بعد دفع الرسوم.

- متحف Baiheliang بالصين:

يعد متحف Baiheliang بالصين من أكبر متاحف العالم الحالية و أوسعها على الإطلاق الموجودة أسفل المياه، حيث بنى على اليابسة قبيل سد الخوانق الثلاثة، و هو الآن يقع تحت سطح الماء على عمق ٤٣ متر و يضم نقوش كتابية تصل إلى ألف و مائتين عام ترجع لفترة حكم أسرة Tang (٦١٨ - ٩٠٧)، و هى تسجل حركة نهر يانجتسى.

غطيت سلسلة التلال بوعاء خالي من ضغط المياه بشكل قنطرة ، تم صب المياه العذبة داخل الوعاء للموازنة بين ضغط المياه الداخلى و الخارجى، بالإضافة إلى إنشاء قناتين أسفل الماء من ضفاف النهر لمساعدة الزوار لرؤية النقوش الحجرية التى تضاء بأكثر من ١٠,٠٠٠ مصباح Led Lamp عبر نوافذ ذو حماية زجاجية، يصل طول الوعاء إلى ٧٠ متر و عرضه ٢٥ متر، مع توفير الوصول للنقوش الحجرية الثمينة بالجانب الشرقى من Baiheliang (لوحة رقم ١١٢)، يتم أخذ القياسات لحماية عدد من النقوش فى الجانب الغربى المتبقى، كما يتم وضع طبقة من مادة كيميائية وقائية على النقوش قبل غلقها بقضبان الصاب المسلحة للتقوية، الأسمت و المونة.^(٣)

مثل هذه الأمثلة أكدت فكرة مشروع متحف الإسكندرية الغارق و جعلها جديرة بالأهتمام و التنفيذ حيث وجود هذه التجارب المشابهة التى نجحت فى بعض الدول سابقة الذكر.

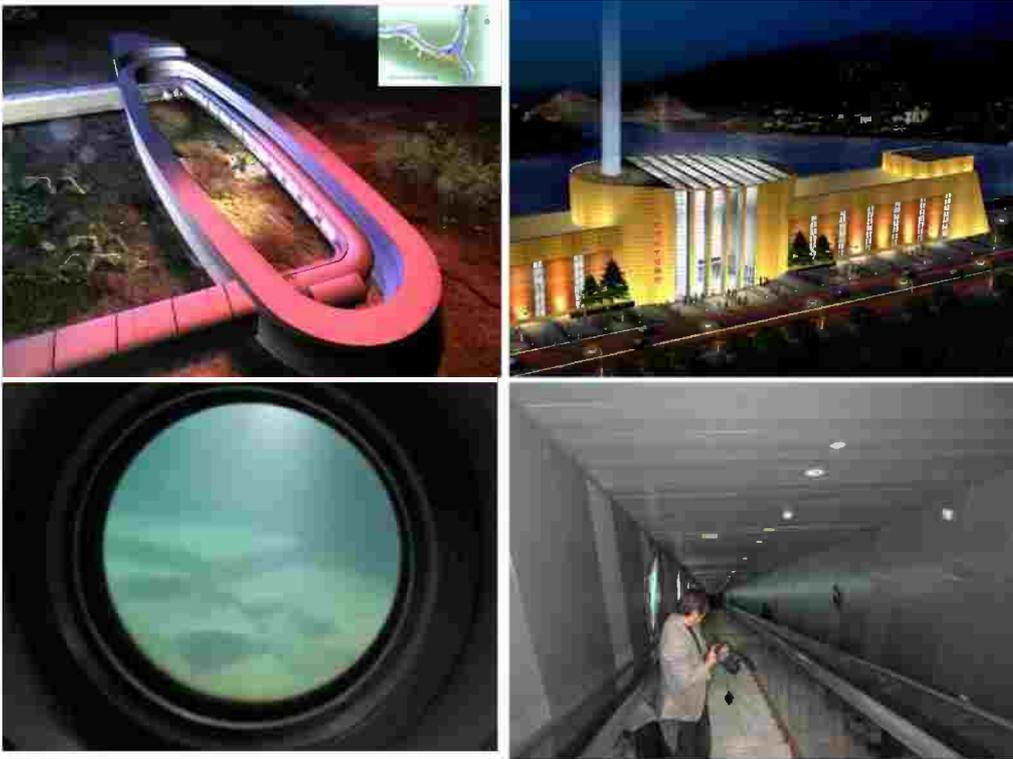
1- UNDERWATER MUSEUMS AND DIVE SITES: op. cit., pp2, 3, 4.

٢- إبراهيم عطية درويش: المواقع الأثرية الغارقة بالإسكندرية، مكتبة الإسكندرية، صفحة مصريات، ص ص ٢٤ - ٢٦.

3-Manual for Activities directed at Underwater Cultural Heritage : op. cit., p52.



(صورة : ١١١) توضح موقع قيسارة ١٤
(Photo www.caesareadiving.com)



(صورة : ١١٢) توضح متحف Baiheliang بالصين، حيث نلحظ السلام الكهربائية المؤدية إلى المتحف
نقلًا عن:

- معرض بانكوك Bangkok ٢٠١٠ :

نظمت منظمة اليونسكو معرضاً كبيراً عن التراث الغارق، خاصة من منطقة آسيا والمحيط الهادئ، عقد في Siam Ocean World في بانكوك، تايلاند، ظهر في المعرض التفاعلي مشاهد من التراث الغارق حول العالم، من نسخة طبق الأصل بالحجم الطبيعي من حطام سفينة Thai، فتارين عرض للقطع الأثرية المنتشلة من البحر، عروض خاصة لعلماء الآثار البحرية عند قيامهم بعملهم، و مناطق لعب عديدة للأطفال. وقد زار المعرض ما يقدر بحوالي ١٥٠,٠٠٠ من الزوار المحليين والأجانب على مدى فترة ثلاثة أشهر، تشكل عناصر المعرض الآن جزءاً من المجموعة الدائمة للمتحف البحري الوطني في Chanthaburi، تايلاند.^(١) هذا المعرض ليس بموقعه أسفل الماء، و لكن الباحثة رأت أنه من الضروري العرض لفكرة هذا المعرض لما به من طرق عرض و أفكار جيدة يمكن الاستفادة منها للحصول على عرض متحفى جيد.



(صورة : ١١٣) توضيح نسخة طبق الأصل بالحجم الطبيعي من حطام سفينة Thai بمعرض Bangkok ٢٠١٠.



(صورة : ١١٤) توضيح فتارين عرض للقطع الأثرية المنتشلة من البحر، و عروض خاصة لعلماء الآثار البحرية عند قيامهم بعملهم.

نقلًا عن : Martijn R: unit 17, Public Archaeology Raising Awareness

1-Martijn R. Manders, Christopher J. Underwood and Erpbrem Vatcharangkul: Unesco 2010, unit 17, Public Archaeology Raising Awareness and Public Participation Projects in Underwater and Maritime Archaeology, p 14.

- مشروع إنشاء متحف كبير تحت الماء بقلعة قايتباى و الميناء الشرقى بالإسكندرية:

كانت فكرة المتحف تحت الماء منفذة بطريقة بدائية فى القرن الثامن عشر حيث كانت الأساطين الجرانيتية و غيرها من القطع و الكتل الأثرية بجوار قلعة قايتباى ظاهرة بوضوح مما أستوجب وضع برنامج سياحى لزيارة الموقع، كان البرنامج يبدأ بالرحيل عند شروق الشمس على ظهر مركب من ميدان المنشية حاليا و بعد الوصول إلى الموقع يتنوع نشاط السائحين بين الغوص و مشاهدة الموقع من فوق سطح البحر و التقاط بعض قطع الرخام و العملات المتحجرة إن وجدت و كذلك رسم كروكيات لما يتواجد فى المياه الضحلة، حيث تعمل أشعة الشمس المائلة فى ذلك الوقت على تقديم أفضل إضاءة للأعماق.

أما فى التسعينيات من القرن الماضى فقد ظهرت فكرة إنشاء متحف تحت الماء لعدة أسباب من أهمها:

- ١- صعوبة إنتشال كل ما يعثر عليه نظرا للتكلفة العالية لعملية الأنتشال و الترميم.
- ٢- عدم وجود أماكن كافية لعرض أو تخزين المنتشلات.
- ٣- وجود آثار ثابتة لايمكن أنتشالها مثل الموانى و الأرصفة البحرية و الأرضيات و أحواض تربية الأسماك.
- ٤- للدواعى الأمنية حيث تقوم إدارة الآثار الغارقة بإنتشال الآثار التى يقل وزنها عن ١٠٠ كجم لحمايتها من السرقة، ولكن كيف يمكن حماية الأرصفة و الأرضيات من التتميز و الأساطين و العناصر الأخرى من الأتلاف أو تغيير المكان، فالمتحف أو الحديقة الأثرية أو المحمية الطبيعية هى المظلة التى تسهل حماية هذه الآثار و بقائها فى بيئتها.

٥ - الأستغلال الأقتصادي الأمثل لهذه المواقع الأثرية و وضعها على خريطة الإسكندرية السياحية (١)

فظهرت فكرة أنشاء المتحف فى إبريل ١٩٩٧ حيث الندوة الدولية للآثار المغمورة و إدارة البيئة الساحلية، التى شاركت فيها جامعة الإسكندرية ، منظمة اليونسكو و البعثات الأثرية العاملة فى مجال الآثار الغارقة فى مصر. و كانت الفكرة لمتحف مختص بهواة الغوص ثم تطورت الفكرة فيما بعد لتشمل الزائر العادى للمتحف، و كانت أخر هذه المؤتمرات الدولية التى ناقشت هذه الفكرة هى "ورشة العمل الدولية لدراسة إنشاء متحف للآثار الغارقة بالإسكندرية" التى نظمها صندوق التنمية الثقافية بالإشتراك مع منظمة اليونسكو فى يوليو ٢٠٠٦.

فعلى مدى الأعوام الماضية تم أنتشال عشرات القطع الأثرية سواء من موقع فاروس أو من الميناء الشرقى أو من المواقع الغارقة بأبو قير، لذا فقد أقترح فى عدد من الندوات فكرة إعادة بعض هذه القطع التى تم أنتشالها و ترميمها إلى الماء مرة أخرى ليتم عرضها و هى غارقة، و لكن القيمة الأساسية هى عرض الأثر فى موقعه قبل أنتشاله، لأنه بمجرد أنتشاله يكون قد خرج و إلى الأبد من سياق موقعه الأثرى و التاريخى، و إذا تم أعادته إلى موقعه بعد ذلك فيكون أمرا غير مبرر و غير جائز علميا.

و لكن لايزال موقع فاروس به آلاف القطع من أبدان الأعمدة الغارقة التى ربما تعود لفنار الإسكندرية و كذلك بعض العناصر المعمارية ، و كذلك الميناء الشرقى بما يوجد به من آثار ثابتة و منشآت الميناء و أرسفته التى تعود للعصر البطلمى،(٢)

١- إبراهيم عطية درويش: المواقع الأثرية الغارقة بالإسكندرية، المرجع السابق، ص ص ٢٤ - ٢٦ .
٢- عماد خليل: نحو رؤية جديدة لمتحف الآثار الغارقة بالإسكندرية، المرجع السابق ، ص ص ٧- ١٠- ١١.

و كذلك منطقة السلسلة يظل بها قطع معمارية و بقايا منشآت ربما تعود لمعبد إيزيس لوخيلاس، لم يتم أنتشال سوى بوابة البرج الضخمة موضوع الدراسة و المعروضة بالمسرح الرومانى و لقد سبق الحديث عن هذه المواقع و طبوغرافيتها فى الباب الأول من هذا الفصل.

و مما جدير بالذكر أن موقع أبو قير أيضا على الرغم من أنتشال التماثيل الجرانيتية الضخمة الثلاثة و تماثيل أبو الهول و التماثيل الأخرى، إلا أن الموقع مازال أيضا به عدد من المنشآت المعمارية الثابتة فى موقعها مثل حائط المعبد كما نرى الصدع الكبير الذى يوضح لنا كيفية أنهيار المدينة (صورة رقم ٥٢).

كما يوجد مقترح أخر عبارة عن إنشاء ممرات أو أنفاق زجاجية تحت الماء يستطيع الزائر من خلال التجول داخلها لمشاهدة الآثار فى موقعها الأصلي، كما يمكن إستخدام الغواصات أو القوارب ذات القاع الزجاجى.

و هى الفكرة المتبعة لمشاهدة الشعب المرجانية و الأسماك فى كل من الغردقة و شرم الشيخ ، أما على الأرض فلا بد من إعداد المنطقة لإستقبال السياح و تزويدهم بالخدمات كعمل كافتريا مجهزة بشاشة عرض للآثار المكتشفة تحت البحر و منفذ لبيع الهدايا التذكارية و أخر لتغيير العملة و دورات مياه مجهزة و غيرها من الخدمات التى تقدم للسائح لتوفير الراحة و المتعة له. (١)

و نظرا لأن هذه المنطقة كانت مسرحا لكثير من الأحداث، فقترح دكتورة عنايات محمد أحمد أن تكون منطقة السلسلة المواجهة لمكتبة الإسكندرية مكانا لإقامة مسرح تمثل عليه مسرحية كليبواترا السابعة مع تحويل خشبة المسرح لشاشة عرض لفيلم لكليبواترا بالإضافة لعمل نموذج لجزيرة أنتيرودس و ما كان عليها من منشآت ملكية تسلط عليها الأضوء من خلال موضوع للصوت و الضوء و تحكى ما كان يدور على هذه الجزيرة من أمور سياسية بل و هزلية أيضا فكتابات المؤرخين مليئة بالحكايات المثيرة و المضحكة فى آن واحد، على أن هذه الفكرة لم تروق للبعض نظرا لما تتعرض له الآثار من أضرار عند تعرضها للبيئة الخارجية.

كما يوجد هناك مشروع تقدمت به بعض الجهات تقترح تجفيف منطقة الميناء الشرقى و تحويلها لمتحف مفتوح تظهر فيه على الطبيعة أماكن القصور و المنازل و الموانى و المرافأ و الجسور و الصخور و كل ما تم الكشف عنه و كان على أرض الواقع زمن البطالمة و أصبح أطلال الأن. (٢)

أما عن أخر التصميمات بالنسبة لبناء متحف الآثار الغارقة و التى بدأت بأجراء دراسة جدوى تقنية خلال عام ٢٠٠٩، فلقد تم تخيل المتحف من خلال التقنيات الحديثة للتصميم ثلاثى الأبعاد بإستخدام أجهزة الكمبيوتر، فهى تتمثل فى إنشاء حوض زجاجى ضخم يتم تنقيته من المياه و توضع به بعض التماثيل و العناصر المعمارية التى سبق أن أنتشلت من الميناء الشرقى، يكون الحوض محاطا بممرات يمكن للزائر التجول داخلها و مشاهدة تلك التماثيل و العناصر المعمارية

أسفل الماء فى الجزء الجنوبى الشرقى من الميناء الشرقى، و لقد قام بعرض هذا التصميم المهندس الفرنسى **Jacques Rougerie** صاحب أحد المكاتب الهندسية الفرنسية المتخصصة فى التصميمات البحرية (لوحة رقم ١١٥). (٣)

1- Charoenpot S., Boelen B. and Martijn R. Manders: 2012 , UNIT 16, Museology, Training Manual for the UNESCO Foundation Course on the Protection and Management of Underwater Cultural Heritage in Asia and the Pacific, UNESCO, Bangkok, Thailand, p 15,16.

٢- عنايات محمد أحمد: القصور الملكية الغارقة بالميناء الشرقى بالإسكندرية، مكتبة الإسكندرية، صفحة مصريات ، ص ١٣، ١٤.

3-<http://www.linternaute.com/video/savoir/un-musee-sous-marin-a-alexandrie>.

التصميم المقترح يهيمن عليه أربعة هياكل زجاجية مستوحاه من شكل أشعة الفلوكة المحلية و تقف عند النقاط الرئيسية الهامة للموقع حول المتحف الدائري، يتم تجليس الهيكل على قاعدة من الرمل مما يخفف من المبنى للمساعدة على تخفيف صدمات الزلازل و التوسونامى.

كما أوجد حل لمشكلة تعكر المياه و تلوثها من خلال إنشاء حوض مركزى داخل داخل الجزء الغارق من المتحف الذى سيتم تصفيته و وضع أفضل القطع بداخله، بينما القطع الأقل أهمية سيتم رؤيتها قريبة من القطع السابقة الذكر من ثلاثة نوافذ تشرف على الخليج نفسه.

سيتم بزل مجهود كبير لمنع الكائنات البحرية من إستخدام الهيكل البنائى بأكمله كهيكل عظمى للشعاب الصخرية الأصطناعية الجديدة مع مرور الوقت، سوف تتكاثر الطحالب و العوالق بشكل طبيعى محاولة تسوية الهيكل البنائى بأكمله بما فى ذلك البولى كربونات الواضحة أو النوافذ الزجاجية.

لذا من المرجح أنه سيكون هناك عملية تنظيف مستمرة، و مع مرور الوقت يمكن للرمال و المواد الجزيئية أن تنظف شبكة النوافذ عند الساحة البحرية، و مع ذلك لا يتوقع أى مشاكل ضغط مياه كبيرة حيث أن الخليج ضحل جداً و من المرجح أن أقصى عمق له ١٢ متر. (١)

و مع كل ما تقدم من مشروعات فسيبقى تنفيذها مرهون بمعالجة بعض القضايا من أهمها الصرف الصحى حيث تحتاج المياه لوقت طويل حتى مع الانتهاء من ألقاء المخلفات لتصبح المياه شفافة نقيه كما كانت فى السابق.



(لوحة : ١١٥) توضح التصميم المقترح لمتحف الآثار الغارقة بالميناء الشرقى

نقلأ عن:

Architect) Jacques Rougerie (Photo copyright of
<http://www.rougerie.com/11,1001,s1,html>

أنواع العرض المتحفي

هناك نوعان من العرض المتحفي :

- النوع الأول : العرض المباشر (الدائم):

حيث تعرض القطع بصفة دائمة في المتحف أي أنها من ضمن المحتويات الرئيسية التي تميز متحف عن آخر و بذلك يجب عرض المقتنيات عرضاً جيداً يقوم على ثلاث أسس الأنسجام بين جميع معروضات المتحف، و التوازن حيث تماثل الترتيب و التنظيم بين المقتنيات المتقاربة في نوعها من حيث الأهمية و الحجم و الشكل و الفترة الزمنية كذلك اللون، أما الوحدة فهي القيمة الحيوية للأثر التي تعكس شخصيته.

- النوع الثاني : العرض الغير مباشر (المؤقت):

يقوم هذا النوع على أساس الإعارة من متاحف أخرى لفترة معينة أو إقامة معرض بمناسبة معينة، و لعل أفضل الأمثلة للمعارض المعارة ما تم إعارته من الآثار المنتشرة من المواقع الغارقة بالإسكندرية و كان أولها المعرض الذي أقيم في القصر الصغير بباريس في مايو ١٩٩٨ الذي أختص بعرض القطع المنتشرة من قاع الميناء الشرقية بالإسكندرية تحت أسم " مجد الإسكندرية " " La Gloire d Alexandrie " و عكس هذا المعرض لأول مرة أمجاد مدينة الإسكندرية التي كانت منارة للعالم القديم و أول معرض دولي يسلط الأضواء على المكتشفات الحديثة بمدينة الإسكندرية.^(١)

- و من أهم الأشياء التي يجب الأهتمام بها في حالة المعارض المعارة هي عملية الحجر و عملية الشحن و التغليف.^(٢)

١- الحجر Quarantine :

لعل عملية الحجر للقطع الأثرية سواء ما يأتي منها إلى المتحف بعد إعارته أو ما يعار إلى المتحف من متاحف و أماكن أخرى سواء داخل الوطن أو خارجه، من أهم الخطوات الواجب تطبيقها في هذا النوع من المعارض. فهو جزء أساسي من أي عملية لوقاية الآفات داخل المتحف لجعل الآفات خارج المقتنيات، فيمكن أن تدخل الآفات إلى المتحف من خلال العديد من المصادر بما في ذلك المقتنيات الجديدة، القطع الأثرية القادمة إلى المتحف على سبيل الإعارة أو العائدة إلى المتحف بعد إعارتها.

يجب فحص القطع لمعرفة أن كانت مصابة أم لا، قبل السماح لهذه القطع بالدخول ضمن أماكن المعروضات الرئيسية سواء في العرض أو التخزين.

قد يكشف الفحص عن تلف تسببه الحشرات، و قد يوجد بيض للحشرات أو يرقات صغيرة يصعب رؤيتها، كما يمكن أن يكون هناك ثقب لحشرة الخشب في صناديق الشحن الخشبية قد تكون واضحة و تكون أي يرقات نامية مختبئة داخل الخشب، و هذا يعني أنه قد يكون من الضروري أن تكون هناك فترة حجر لتحديد ما إذا كانت الإصابة نشطة أو قد تم القضاء عليها حيث موت تلك الآفات.^(٣)

١- عزت حامد قادوس : ٢٠٠٥، آثار الإسكندرية القديمة، مطابع الحضري، الإسكندرية، ص ١٤١.

2- Herreman Y.: Display, Exhibits and Exhibitions, Running a Museum: op. cit., p92.

3 -Pinniger D. & Winsor P.: 2004, Integrated pest management, A guide for museums, libraries and archives Council , London, p7.

لأنه في بعض الأحيان من الصعب تحديد وقت وقوع التلف الذي تسببه الحشرات، فمن المهم وضع تقرير عن الحالة لجميع القطع قبل إعارتها لمنظمات أخرى، كما يمكن أن يستخدم هذا التقرير أيضا عند فحص القطع حين عودتها بجانب التقرير الجديد الذي سيتم وضعه بعد عودة تلك القطع المعارة.^(١)

٢- عملية التغليف و الشحن:

و لعل أهم خطوة في هذا النوع من المعارض هي عملية التغليف و الشحن فهي جزء من إنتاج المعرض ، هذا النشاط أكثر خطورتا من حمل وتحريك القطع، لذلك لابد من دراسة متأنية لأخذ مثل هذا القرار بتغليف و شحن المقتنيات إلى مؤسسات أخرى، و يتم اختيار طرق التعبئة و التغليف و الشحن حسب متطلبات كل قطعة يراد شحنها ، حيث يتم شحن القطع المستقرة فقط بسبب شدة خطورة تعرضها للتلف، و توفر مواد التعبئة و التغليف حماية القطع الأثرية من جميع المخاطر المتوقعة المرتبطة بطريقة الشحن التي تم إستخدامها.

تكون مواد التعبئة و التغليف المناسبة هي نفسها المواد المستخدمة في تخزين القطع، و على الرغم من أن فوم اليوريثان urethane ليس مادة حفظ أرشيفية، إلا أنه دائما ما يستخدم في تغليف و تعبئة القطع لما له من خصائص ممتازة فيكون مثله مثل الوسائد مما يشكل دعما جيدا للقطع، لكن مواد التغليف التي تكون على علاقة مباشرة بالأثر لابد أن تكون أرشيفية.^(٢)

يجب أن يوفر أسلوب الشحن المختار أفضل حماية للأثر و أقصر وقت ، و تكون وسائل النقل و الشحن للقطع المتحفية عن طريق البر و الجو، يكون إستخدام طرق السكك الحديدية قليل نظرا للصدمات و الاهتزازات المرتبطة بهذه الطريقة. أحيانا يستخدم الشحن عن طريق البحر للقطع ذو الحجم الكبير جداً و المستقرة، لكن دائما ما يكون وقت الأبحار طويل جداً، و يكون من الصعب توفير التحكم في المناخ على المدى الطويل في حاوية الشحن. كما أن شركات الشحن التي لديها الخبرة في نقل المقتنيات المتحفية يمكن أن توفر المساعدة القيمة في التخطيط لشحن المقتنيات المتحفية.^(٣)

و بالنسبة للقطع الخاصة بالإسكندرية التي تمت إعارتها فلقد تمت دراسة مساحة الشحن في الطائرة بدقة تامة، لأن أي ميل قد تنتج عنه أعراض للكسر، بميل لا يزيد عن متر و إلا ستولد توترات داخلية ينبغي تجنبها، وضعت ٤٠ قطعة في صناديق خاصة و أعدت لتحميلها لبرلين ، حيث شحنت حمولة التماثيل الثقيلة على متن طائرة نقل من طراز إيرباص ٣٠٠-٦٠٠ ST بيلوجا، و هي أقدم طائرة شحن في العالم.^(٤)

1- Pinniger D.& Winsor P.: Integrated pest management, A guide for museums, op. cit., p7.

2-http://www.Frankgoddio.org/cleopatra-of-egypt-from-history-to-myth.mhtml.

3- Ladkin N. : Collections Management, Running a Museum: op. cit., p 29 .

٤ - الفيلم الوثائقي كنوز فرعونية غارقة www.aljazeera.net/doc

كما وافقت وزارة الثقافة فى ذلك الوقت على إطلاق جولة حول العالم فى العديد من المدن الأوروبية لعرض القطع الأثرية، و ضم المعرض ٤٨٩ قطعة نادرة من الآثار بمكتبة الإسكندرية، متحف الإسكندرية القومى، المتحف اليونانى الرومانى، مخازن الآثار الغارقة و معمل الترميم بالإسكندرية.

- المعارض التى تم إعارتها إلى الخارج:

- معرض كليوباترا مصر – من التاريخ إلى الأسطورة Cleopatra of Egypt - From History to Myth

(إبريل ٢٠٠١ – مارس ٢٠٠٢) كان بالمملكة المتحدة و الولايات المتحدة الأمريكية (جدول رقم ١٠).^(١)

(جدول : ١٠) يوضح الدول التى أقيم بها معرض كليوباترا مصر – من التاريخ إلى الأسطورة

المدينة	الدولة	مكان العرض	المدة	
			من	إلى
لندن	بريطانيا UK	British Museum المتحف البريطانى	إبريل ٢٠٠١	أغسطس ٢٠٠٢
شيكاغو	أمريكا USA	Field Museum	أكتوبر ٢٠٠١	مارس ٢٠٠٢

- معرض "كنوز مصر الغارقة" **Sunken Treasures of Egypt** (سبتمبر ٢٠٠٦ - سبتمبر ٢٠٠٩) الذى طاف بمدن عديدة حول العالم (جدول رقم ١١).^(٢)

(جدول : ١١) يوضح الدول التى أقيم بها معرض "كنوز مصر الغارقة"

المدينة	الدولة	مكان العرض	المدة	
			من	إلى
برلين	المانيا	Martin-Gropius Bau مبنى مارتن جروبيوس	١٣ مايو ٢٠٠٦	٤ سبتمبر ٢٠٠٦ (لوحة رقم ١١٦)
بون	المانيا	Art and Exhibition Hall of the Federal Republic of Germany قاعة الجمهورية الاتحادية الألمانية للفنون والمعارض	٥ إبريل ٢٠٠٧	٢٧ يناير ٢٠٠٨ (لوحة رقم ١١٧)
يوكوهاما	اليابان	Pacifico Yokohama مركز باسيفيكو للمؤتمرات	٢٧ يونيو ٢٠٠٩	٢٣ سبتمبر ٢٠٠٩ (صورة رقم ١١٨ أ ب)
باريس	فرنسا	Grand Palais القصر الكبير	٩ ديسمبر ٢٠٠٦	١٦ مارس ٢٠٠٧ (لوحة رقم ١١٩)
مدريد	أسبانيا	Matadero De Legazpe قصر الكريستال	١٦ إبريل ٢٠٠٨	٢٧ يناير ٢٠٠٨ (لوحة رقم ١٢٠)
تورينو	إيطاليا	La Venaria Reale منطقة "لا فيناريا ريال"	٧ فبراير ٢٠٠٩	٣ يونيو ٢٠٠٩ (صورة رقم ١٢١)

1-<http://www.Frankgoddio.org/cleopatra-of-egypt-from-history-to-myth.mhtml>.

2-<http://antiquities.bibalex.org/Press/detail.aspx>.

معرض برلين في مبنى قاعة مارتن جروبيوس :

عند وصول التماثيل و المقتنيات لإقامتهم في قاعة (مارتن جروبيوس باو) و هى واحدة من أجمل وأشهر أماكن العرض فى برلين بألمانيا، حيث وضعت الصناديق فى شاحنات إلى المعرض.^(١)

بدأت مرحلة مرهقة قبل أفتتاح المعرض، حيث واجه منظمى المعرض مشكلة غير متوقعة، فالتماثيل ضخمة و لم تدخل من البوابة الرئيسية، كانت هناك طريقة مقترحة لإدخالها عن طريق النافذة عن طريق رافعة، و إستخدمت هذه الطريقة بالفعل و حدثت مشكلة حيث علق الصندوق وكانت ستحدث كارثة، لكن تم إنزال الصندوق و نجحت عملية دخوله، كما حدثت مشكلة أخرى حيث رفض تمثال الفرعون التخرج باتجاه الدهليز، وكان من الأفضل ترك فراغ صغير بينهما، فإذا توافرت المساحة لا تلامس الحجارة لكن عندما تميل ستتسبب فى أنشاء الفلاذ و تنكسر المسامير بجوس التمثال، فكان يجب بناء الدهليز كمتحف تحف حتى تلفت التماثيل الأنتباه، و كانت هناك الرافعة الهيدرولكية لرفع التماثيل بكامل طولها (لوحة رقم ١١٦)، و التى و التى إستخدمت أيضاً فى معرض BONN (لوحة رقم ١١٧).

رتب المعرض بطريقة تسهل المتابع الزمنى لعمليات التنقيب تحت الماء، حيث رتب القطع بطريقة مدروسة، لوحات التصنيف و صناديق العرض (لوحة رقم ١١٦) و (لوحة رقم ١١٧).^(٢)



(لوحة: ١١٦) معرض Martin-Gropius-Bau ببرلين بألمانيا ، و طرق العرض و الخلفيات المختلفة التى تم إستخدامها فى القاعات الأخرى من المعرض، حيث نرى خلفيات للأثار وقت الأنتشال.

نقلأ عن : <http://www.Frankgoddio.org/events/>

1-WELTPREMIERE, WWW. AGYPTENS – VERSUNKENE – SCHATZE.ORG, “Egypt’s Sunken Treasures” riding high.

٢- الفيلم الوثائقى كنوز فرعونية غارقة www.aljazeera.net/doc



(لوحة : ١١٧) الرافعات الهيدرولوكية التي إستخدمت لرفع التماثيل الجرانيتية الكبيرة بمعرض BONN بألمانيا ، و طرق العرض و الخلفيات المختلفة التي تم إستخدامها فى القاعات الأخرى من المعرض، حيث نرى تصميماً مشابه لواجهة معبد هيراقليوم الذى كان يقف أمامه التماثيل بمدينة هيراقليوم، كما نرى خلفيات للأثار وقت الانتشال بالنسبة لرأس القيصرون و الأميرة، و تمثال أخر لملكة بطلمية مسلط عليه الأضواء و محاط بأربعة أعمدة .

نقلأ عن :

<http://www.Frankgoddio.org/events/>

معرض Pacifico Yokohama باليابان:

من أكثر ما يهيم ذكره هو استخدام نظام الواقع الافتراضى فى هذا المعرض ، حيث تعاون كلامن Toppan للطباعة وشركة Asahi Shimbun لتطوير نظام الواقع الافتراضى لانتاج واقع افتراضى بعنوان "Egypt of the Sea: The Ancient City of Alexandria" تم عرضه فى معرض "Egypt's Sunken Treasures" فى Pacifico Yokohama باليابان، حيث عرض التماثيل كما بدت عند اكتشافها و الأنقاض و كذلك مواقع حطام السفن التى مازالت موجودة بقاع البحر بمصر .

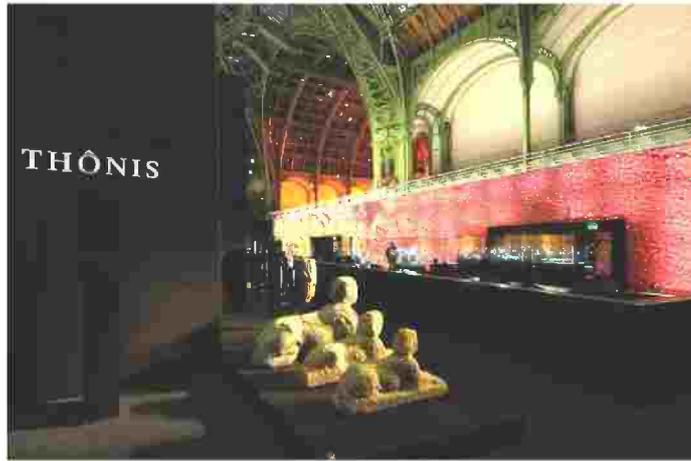
أستنادا على ما اكتشفه فرانك جوديو من أنقاض و مدن قديمة (كانوبس - هيراكليوم) تحت الماء فى مدينة الإسكندرية حيث أن الواقع الافتراضى يسمح للمشاهدين بحرية التنقل داخل صورة جرافيك ثلاثية الأبعاد ينتجها الحاسب الآلى، العناصر الرئيسية للنظام المستخدم ذو بيانات ثلاثية الأبعاد عالية الدقة و الوضوح (الشكل، الملمس، الضوء... الخ) التى تشكل بيئة الموقع و التكنولوجيا التى تكون الصورة من خلال البيانات المتاحة عن وقت وجودها الحقيقى بناء على عملية الأستكشاف و المسح البحرى، كما تم إستخدام شاشة كبيرة لعرض صور عالية الوضوح حيث يتاح للزائر تجربة الغوص فى الفضاء الافتراضى (صورة رقم ١١٨-أ-ب).

ثبتت الشاشة فى المكان عن طريق إستخدام تكنولوجيا مطبوعات Toppan للواقع الافتراضى مستخدما أحدث أجهزة العرض الرقمية الفائقة الوضوح و شاشة كبيرة ، و لإعادة تشكيل المدينة القديمة كما كانت فى وقتها عن طريق جهاز الكمبيوتر ، يستخدم الغواص وحدة تحكم للتنقل بحرية داخل الواقع الافتراضى و يكون الزائر قادرين على خوض تجربة افتراضية الغوص تحت و ما يجرى بالمدينة القديمة، مع الأستماع لغواص يشرح الأحداث من خلال التنقيب الفعلى و الخلفية التاريخية، فالقد أمكن رؤية مدينة كليوباترا الإسكندرية الغارقة بمنظور عين طائر و عرض التماثيل كما بدت عند اكتشافها^(١).



(صورة: ١١٨ - ب) توضح مستنسخ للواقع الافتراضى لموقع التنقيب على أساس قياس البيانات فى قاع البحر و صور من الحفائر نفسها و طريقة عرض الواقع الافتراضى داخل المعرض .
نقلًا عن:

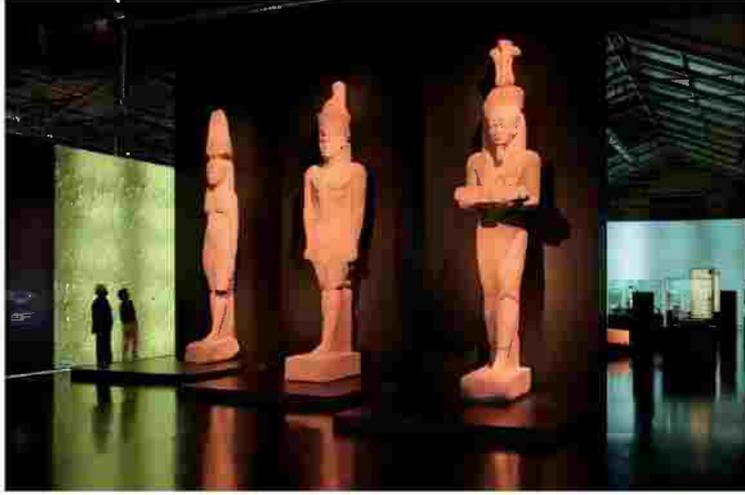
(c) 2008-2009 The Asahi Shimbun / Toppan Printing Co., Ltd.



(لوحة : ١١٩) طرق العرض بالقصر الكبير Grand Palais بباريس من الخارج ، و الصور الأخرى توضح طرق العرض المختلفة للقطع الأثرية داخل قاعات العرض.

نقلًا عن :

<http://www.Frankgoddio.org/events/>



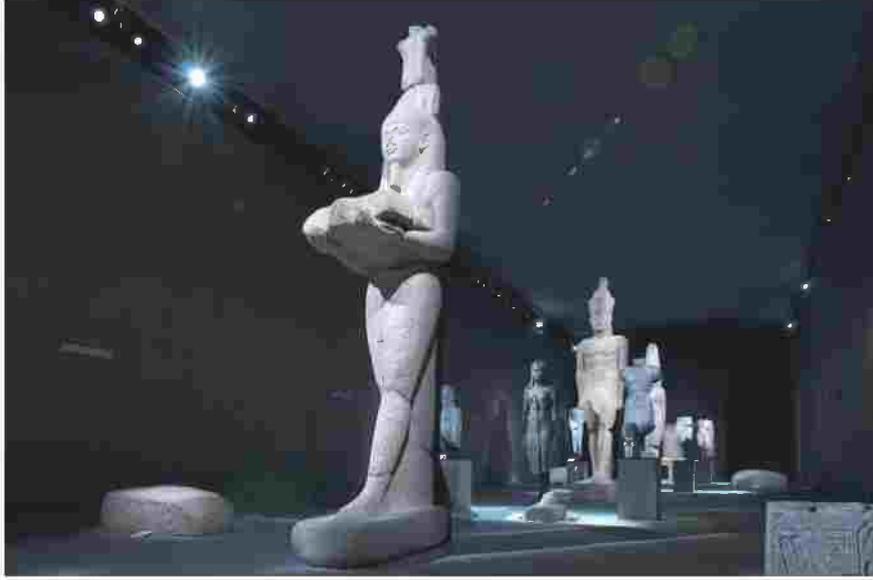
(لوحة : ١٢٠) طرق العرض المختلفة للقطع الأثرية داخل قاعات العرض بمدريد بأسبانيا.



(صورة : ١٢١) توضح طرق العرض المختلفة للقطع الأثرية داخل قاعات العرض بـ TURIN.

نقلًا عن :

<http://www.Frankgoddio.org/events/>



(لوحة : ١٢٢) توضح طرق العرض المختلفة للقطع الأثرية داخل قاعات العرض بـ TURIN.

نقلًا عن :

<http://www.Frankgoddio.org/events/>

أما الجولة التي خصصت لمعرض كليوباترا السابعة فليوباتور، فقد كانت في الولايات المتحدة الأمريكية تحت عنوان: **"كليوباترا: البحث عن آخر ملكة مصرية"**، وقد أختير أيضًا بعض القطع من مجموعة الآثار الغارقة بمتحف مكتبة الإسكندرية لكي يتم عرضها (جدول رقم ١٢) .

و حقيقة الأمر فيما يتعلق بربط المعارض المكتشفة من الآثار الغارقة بكليوباترا أنه لا يوجد دليل علمي على الإطلاق لأيا من الآثار الموجودة في الميناء الشرقى بالملكة كليوباترا دون سواها من ملوك البطالمة، كما أن التماثيل التي شاهدها العالم في وسائل الإعلام هي الآن أما معروضة في متحف الإسكندرية القومي و متحف الآثار بمكتبة الإسكندرية بعد عودتها من الدول التي كانت معارة إليها و البعض الآخر بحديقة المسرح الرومانى و حديقة المتحف البحرى و طابية النحاسيين و قد سبق الحديث عنهم، أو موجودة في مخازن وزارة الآثار و لا يوجد أيا منها تحت الماء.^(١)

(جدول : ١٢) يوضح الدول التي أقيم بها معرض "كليوباترا: البحث عن آخر ملكة مصرية"

المدة		مكان العرض	الدولة الولايات المتحدة الأمريكية	المدينة
إلى	من			
يناير ٢٠١١ (صورة رقم ١٢٣)	يونيو ٢٠١٠	The Franklin Institute مؤسسة فرانكلين		فيلادلفيا PHILADELPHIA
٢٢ إبريل ٢٠١٢ (صورة رقم ١٢٤)	أكتوبر ٢٠١١	Public Museum المتحف العام		ميلووكى MILWAUKEE
٣١ ديسمبر ٢٠١٢ (صورة رقم ١٢٥)	٢٣ مايو ٢٠١٢	California Science Center مركز كاليفورنيا للعلوم		لوس أنجلوس LOS ANGELES
سبتمبر ٢٠١١ (صورة رقم ١٢٦)	فبراير ٢٠١١	Cincinnati Center مركز سينسيناتى		سينسيناتى CINCINNATI

The Search for the Last Queen of Egypt

<http://antiquities.bibalex.org/Press/detail.aspx>.

- معرض فيلادلفيا:

بمجرد الانتهاء من مشاهدة الفيديو ، ترفع شاشة العرض لتكشف عن تمثال لسيدة مصرية، الطريق إلى النصف الأول من المعرض عبارة عن ممر زجاجى مرفوع، توجد أسفل الزجاج طبقة من الرمل، قطع من الفخار، تماثيل أكثر و قطع أثرية أخرى، عمر كل شىء فى اللون الأزرق مشكلا تأثير الغوص فى المحيط حيث وجدت القطع الأثرية (صورة رقم ١٢٣)، كما وفر المتحف جولة صوتية للزوار مزودة بحقائق عن المدن الحالية الغارقة، الحكايات الممتعة عن الحياة اليومية فى مصر القديمة، تاريخ كليوباترا، دورها و عائلتها.

أثناء الأستماع للراوى يمكن للزائر التجول حول الغرفة التي تحتوى على لقطة مبعثرة من القطع الأثرية بدءا من شديدة الصغر كالأقراط و التماثيل الصغيرة، إلى التماثيل الكبيرة ذو الخمس أطنان طولاً و التي يفترض أنها كانت تحرس^(٢)

١- عماد خليل: نحو رؤية جديدة لمتحف الآثار الغارقة بالإسكندرية، مرجع سبق ذكره، ص ١٠

مدخل معبد الآلهة آمون حيث يتوج الملوك، و بجانب عدد من صناديق العرض توجد عدة أجهزة تليفزيونية تعرض لقطات توضح أنتشال القطعة الأثرية، حيث مشاهدة الأثرى و هو يقوم باكتشاف تمثال بحجم كبير لأبى الهول فى قاع البحر و دراسة نفس هذا التمثال الموجود أمام الزائر على منضدة العرض.

بعد أن يترك الزائر وراءه حياة كليوباترا، تواجهه وفاتها فبعد ذلك تتحول الأضواء من الزرقاء المحيطية إلى الإضاءة الصحراوية البرتقالية، حيث يحيى حواس الزائرين من خلال شريط فيديو قصير مفصلاً بحثه عن مقبرة كليوباترا، حيث يعتقد كما سبق الذكر أنه وجد مقبرة كليوباترا فى بقايا معبد إيزيس فى تابوزوريس ماجنا على بعد ٤٨ كيلومتر جنوب غرب الإسكندرية، معتمداً على العملات المعدنية و التماثيل التى يبدو أنها تحمل وجه كليوباترا.

من الانتقادات التى وجهت للمعرض النظرة العامة عن كيفية اكتشاف الآثار، قصر وقت الجزء الثانى من المعرض بينما كان هناك وقت وفير للتعرف 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.

مع ذلك فالمعرض يقدم شىء فريد، فلقد تم تمويله من قبل الجمعية الجغرافية الوطنية، فلقد تابعت الكاميرات العلماء فى كثيرا من هذه الغوصات. (١)



(صورة: ١٢٣) توضح طريقة العرض باستخدام ممر زجاجى مرفوع بمعرض فرانكلين فيلادلفيا.

نقلًا عن : <http://www.Frankgoddio.org/events/>

- معرض ميلوكى:

قام بتنظيم المعرض National Geographic Society و Arts and Exhibitions International بالتعاون مع المجلس الأعلى للآثار و المعهد الأوروبى للآثار المغمورة، و لقد كان معرض ميلوكى آخر تلك الرحلات بالولايات المتحدة، حيث ينتقل الزائر لمعرض كليوباترا خلال سلسلة من قاعات العرض حيث الحلى الذهبية، الأدوات القديمة و الدروع، الآثار الدينية ، التماثيل و عناصر الحياة اليومية.

تم عرض فيديو قصير فى بداية الدخول إلى المعرض لأعطاء الزائر المعلومات الكافية عن عالم كليوباترا كنوع من التشويق للزائر، كما يقوم الزائر بجولة الأستماع الحر التى يصحبه فيها صوت كليوباترا باللهجة اليونانية القديمة لأعطاء الأحساس لمزيد من التعايش داخل هذه الحقبة الزمنية.

لقد قام فرانك جوديو بإستكشاف فيما يعتقد أنه القصر الملكي لكليوباترا أسفل ميناء الميناء الشرقى، ولقد أعطى جزء من المعرض الشعور بتجربة الأثار المغمورة أسفل المياه من خلال الإضاءة المسرحية و المؤثرات الصوتية، و تضمنت المعارضات تمثالى الملك الفرعونى و زوجته التى كانت تحيط يوماً ما بمدخل إحدى المعابد القديمة بهيراكليوم يعتقد أنه معبد أمون (أبو قير حالياً)، يبلغ طول كلا من التمثالين ١٦ قدم و يبلغ وزن كلا منهما ٥ طن (صورة رقم ١٢٤).

كما يوجد بالمعرض وثيقة بردى أصلية يعتقد أن كتبت بخط كليوباترا اليدوى، فبجوار الأثار المستخرجة من قاع البحر تم عرض العديد من القطع الأثرية التى أكتشفت بالأرض بواسطة زاهى حواس خلال البحث عن مقبرة كليوباترا فى حفائر تابوزوريس ماجنا.^(١)



(صورة:١٢٤) طريقة عرض التماثيل الكبيرة بمعرض Milwaukee .

نقلًا عن : <http://www.Frankgoddio.org/events/>

- معرض كاليفورنيا للعلوم بلبوس أنجلوس:

كانت طريقة العرض مختلفة تماماً حيث شغل المعرض مساحة الطابق الثالث بمساحة تقدر ١٣,٠٠٠ قدم مربع بمركز كاليفورنيا للعلوم، حيث ضم المعرض ثمانية صالات للعرض، يدور فيلم IMAX مدته أربعة دقائق بعنوان "Mysteries of Egypt" على فترات متزامنة مع العرض،^(٢) و تجربة ال-IMAX هى اختصار لـ Image Maximum (الصورة الأكبر) و هى فيلم صورة متحركة، من خلال تنسيق و تجميع مقاييس الأسقاط السينمائية، أبتكرت بالتعاون مع شركة إمكس الكندية.^(٣)

1- Jackie Loohuis – Bennett: Big Cleopatra exhibit to rule at Milwaukee Public Museum, [jonline.com/ tab](http://jonline.com/tab), 2013 Journal Sentinel Inc, J Journal Interactive Milwaukee July 12, 2011.

2- PARIMAL M. ROHIT :Cleopatra Exhibition On Display At California Science Center Through December 31, © 2012 by Santa Monica Mirror , Jun. 14, 2012, 2:48 am.

3-<http://en.wikipedia.org/wiki/IMAX>.

الصالة الأولى عرض بها مثال ضخم لملكة بطلمية مستخرج من حفائر أبو قير، و هو يعتبر بداية الرحلة التعرف على حياة كليوباترا و باقى صالات العرض (صورة رقم ١٢٥).

الصالة الثانية تركز على المعثورات الأثرية القادمة من قاع البحر و بقايا الإسكندرية القديمة.

الصالة الثالثة تتعمق فى شخصية الأثار المغمورة فى مدينة كانوب، الحلى الذهبية و العملات، و كذلك قطع تمثل الآله أوزوريس (آله العالم الآخر).

الصالة الرابعة تضم واحدة من أكثر القطع أهمية التى تسلط الضوء على مدينة هيراكليوم المدينة التى كان يتوج بها الملوك الفرعنة، و موقع حيوى هام من حيث أستراتيجيات الدفاع العسكري ، حيث كان يقف معبد آمون و أقامة زوجيين من التماثيل الضخمة التى تزن ١٦ قدم لملك و ملكة بطلمية من الجرانيت الوردى.

الصالة الخامسة تعرض فكرة تمهيدية عن الحياة اليومية فى الإسكندرية خلال عهد كليوباترا، كما يضم تمثال نصفى لأبى الهول، تمثال للكاهن الأكبر، و رأس ضخمة يعتقد أنها تمثل قيصرن ابن كليوباترا و يوليوس قيصر.

الصالة السادسة تسلط الضوء على تمثال لأمرأة فاقد الرأس و بردية كليوباترا السابقة الذكر.

الصالة السابعة تركز الضوء على القطع الأثرية لمقبرة كليوباترا و مارك أنطونيو بتبوزوريس ماجنا.

الصالة الثامنة هى المحطة قبل الأخيرة لمونتاج لصور كليوباترا فى الفن و الثقافة الشعبية.^(١)



(صورة ١٢٥) توضح طريقة العرض بمعرض كليوباترا بمركز كليفورنيا للعلوم و الفترين ذو السياج المعدنية المحيطة بالقطع الأثرية لحمايتها .



(صورة:١٢٦) توضح طريقة العرض بمتحف Cincinnati

نقلًا عن :

<http://www.Frankgoddio.org/events/>

طرق التحكم فى بيئة العرض المتحفى

لابد من كيفية الوصول للتحكم فى البيئة المتحفية عن طريق التصميم الجيد للمعرض و التصنيع الجيد، الأمن و استخدام الخامات المناسبة للمساهمة فى السيطرة على البيئة المتحفية و حماية المعروضات عن طريق تطبيق طرق الصيانة الآتية:

- الصيانة الوقائية Preventive conservation :

هو أحد أهم العناصر للعناية بالمقتنيات الأثرية التى يجب مراعتها عند وضع خطط المتحف، فلا بد للعاملين من توفير البيئة المثلى للحفاظ على المقتنيات سواء عند عرضها ، تخزينها .
فالصيانة الوقائية تشير للقياسات و الإجراءات التى تهدف إلى تجنب أو تقليل التلف أو الفقد المستقبلى، و الإدارة الجيدة لمناطق التخزين و العرض الذى يعد خط الدفاع الأول ضد تدهور المقتنيات الأثرية.^(١)

- الحفظ و الترميم Conservation and restoration :

ينبغى للمتحف من مراقبة حالة القطع الأثرية بدقة لمعرفة و تحديد مدى أحتياجها للترميم و الصيانة، و يكون الهدف الرئيسى تحقيق نوع من الاستقرار لهذه القطع، كما يجب توثيق جميع عمليات الصيانة و الترميم ، و توضيح جميع التغيرات التى مرت بالقطعة الأثرية الأصلية.^(٢)

- المواد المستخدمة المناسبة لبيئة العرض المتحفى :

تستخدم نفس المواد المستخدمة فى التخزين فهى أمانة فى العرض المتحفى ، معظم المواد المستخدمة فى العرض المتحفى ليست أرشيفية (حافظة) فى تركيبها، لكنها شائعة الاستخدام نتيجة لخواصها الأخرى و تكلفتها المنخفضة، و فى مثل هذه الحالات يستخدم حاجز من مواد الحفظ مابين المادة النشطة و الأثر.^(٣)

- طرق حماية الآثار الجرانيتية من عوامل التلف الكيميائى الضوئى:

أن الحرارة و الرطوبة و الضوء و الأكسجين من أهم العوامل الفيزيوكيميائية التى تحدث التلف الكيميائى الضوئى فإذا لم يتم التحكم فى معدلاتها داخل قاعات العرض تتسبب فى حدوث مظاهر تلف مختلفة تبدأ بالتغير اللونى خاصة إذا كانت مدهونة بطبقة من الورنيش.
و لا تكون نسب الرطوبة عالية بالنسبة للجرانيت فمعدل نسبة الرطوبة المثلى الملائمة للمعروضات الجرانيتية يتراوح من ٤٠ إلى ٥٠ درجة مئوية فإذا زادت عن ذلك تتلف المعروضات.^(٤)

1- Cultural Heritage Protection Handbook N°5. Handling of Collections in Storage, , © UNESCO, 2010 , Paris, pp 4- 30-38-41.

2- Lewis G.: The Role of Museums and the Professional Code of Ethics, Running a Museum: op. cit., p 9.

3- Ladkin N.: Collections Management, Running a Museum: op. cit., pp 28 -29 .

٤- وليد كامل على الغريب : دراسة أسباب و مظاهر تلف مقتنيات متحف الإسماعيلية مع دراسة أهم أساليب الصيانة الدورية و الوقاية لمقتنياته، المجلس الأعلى للآثار، ٢٠١٠.

و نستعرض فيما يلي أهم أجهزة ضبط الحرارة و الرطوبة داخل المتاحف :

أ - التكيف المركزي Central Air Condition :

وهو من أفضل الطرق للتحكم الكامل في درجة الحرارة والرطوبة النسبية في الهواء وأيضا لتنقية الهواء من نواتج تلوث الهواء الصلبة والسائلة والغازية ، و لابد أن يكون ذو تحكم آلي بحيث يغلق الجهاز أوتوماتيكيا في حالة تخطي درجة الحرارة والرطوبة النسبية الحدود المطلوب تطبيقها .

ب- التحكم الجزئي أو المحلي Local Control:

تستخدم داخل المباني المقامة علي أساس غير مكيف الهواء، ويتم هذا التحكم الجزئي بإستعمال أجهزة موضعية في صالات العرض والمخازن، و هناك أجهزة رافعة للرطوبة **Humidifiers** تستخدم في الأجواء الجافة ، و أجهزة خافضة للرطوبة النسبية **Dehumidifiers** تستعمل في حالة الأماكن المرتفعة الرطوبة النسبية والمطلوب خفض رطوبتها .

من أهم مميزات هذا الجهاز أنه أوتوماتيكي التشغيل وذو نظام ذاتي التحكم مع جهاز ضغط الرطوبة. و في حالة عدم إمكانية إستخدام التكيف المركزي داخل صالات العرض بالمتاحف فيمكن إستخدام المنظمات لضبط درجة الحرارة والرطوبة النسبية داخل الفترارين عن طريق المنظمات **Buffers** و السليكا جيل **Silica Gel** (1) أن الهواء المكيف داخل فترارين العرض ذو تكلفة صيانة مرتفعة و تكون هناك احتمال حدوث أعطال ميكانيكية، لذلك عند عرض المقنيات المصرية في متحف المتروبوليتان في أواخر السبعينيات و أوائل الثمانينات تم تصميم فترينة مغلقة مختومة تفتح من الأمام عن طريق أبواب محورية و كذلك أبواب منزقة مع حشيا من الـ **Neoprene** تعمل ميكانيكيا.

كما تم عمل فترارين عرض كبيرة الحجم، و أجرى نظام محكم لأختبار منع التسرب بالهليوم و ثاني أكسيد الكربون للكشف عن تسرب الهواء، للحفاظ على درجة حرارة مناسبة / بيئة الرطوبة النسبية في حالة الأعطال الميكانيكية لنظام التدفئة، التهوية و تكيف الهواء (HVAC) ، لكن أيضا للسماح للفترارين لتكون ملائمة لأن تزود بالسليكا جيل باعتبارها للرطوبة النسبية RH حيث تكون هناك حاجة لبيئة (2)

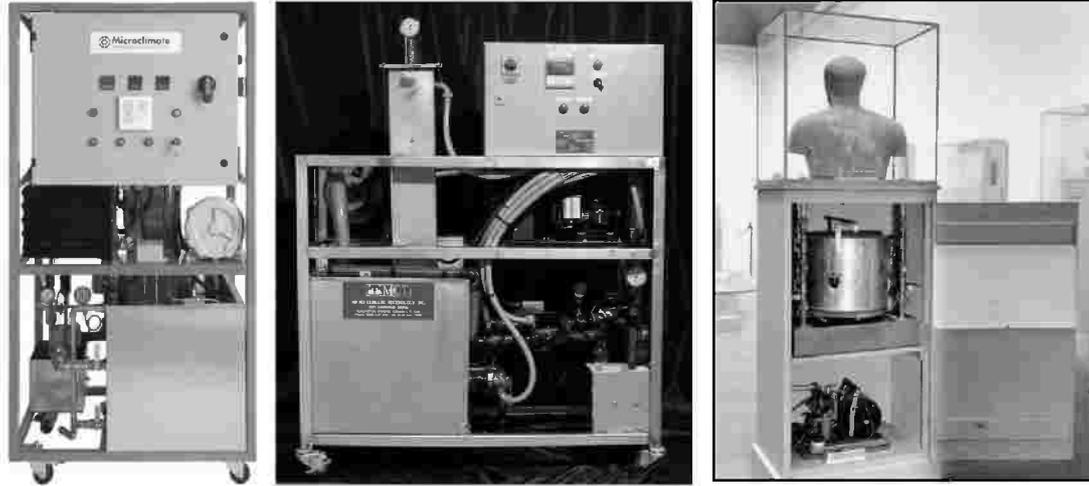
عرض خاصة بالأثر، و قد أثبتت التجربة منذ الأفتتاح في يونيو عام ١٩٨٣ أن هذا النظام فعال حتى في فترارين العرض ذو الحجم الكبير مثل الفترارين ذو الـ ٣٦٠م.

كما نشر Stephan Michalski المنظمة الكندية للصيانة و الترميم (CCI) خطط لإنشاء وحدة المناخ المحلي المركزي ١٩٨٢ (صورة رقم ١٢٧)، حيث الهواء المكيف للعديد من فترارين العرض، و إصدار تيار من الهواء عند درجة رطوبة نسبية ثابتة، فلا يمكن فقط السيطرة على عدة فترارين عرض من خلال جهاز واحد بل أيضا كان أمداد الهواء المفلتر وافر بما يكفي لطرد الملوثات بشكل فعال من داخل الفترارين، ففي عام ١٩٩٤ أدخلت تكنولوجيا المناخ المحلي أول سلسلة طويلة من الوحدات الكبيرة للتحكم البيئي، أطلق عليها مولدات الحجم الثابت (CVG) (صورة رقم ١٢٨) و (صورة رقم ١٢٩).

١- وليد كامل على الغريب : دراسة أسباب و مظاهر تلف مقتنيات متحف الإسماعيلية مع دراسة أهم أساليب الصيانة الدورية و الوقاية لمقتنياته، المجلس الأعلى للآثار، ٢٠١٠.

2- Lilyquist C.: The installation of the Egyptian Collection at the Metropolitan Museum of Art, Museum, No 142 (Vol XXXVI, n° 2, 1984), Projects planned, ventures assessed, pp 87-90.

بالنسبة لنظام الأكسجين المنخفض، فنجد أن ممتصات الأكسجين مثلها مثل أنظمة تطهير الغاز الخامل قد تم اختبارها في نهايات القرن العشرين و تم تطبيقها من قبل علماء الترميم و الصيانة لإستئصال الحشرات بطريقة خالية من السموم، و بحلول عام ٢٠٠٠ طورت كلاً من نظم العرض الإيجابية و السلبية للعرض الخلى من الأكسجين، تم اختبارها و تثبيتها بدرجات متفاوتة من النجاح، و لكن لا يزال عرض المقتنيات الأثرية و تخزينها الخالي من الأكسجين أمر معقد و نادر الإستخدام.^(١)



(صورة: ١٢٧) فتارين العرض ذو النظام الكهربى المساعد فى التحكم السلبى (صورة: ١٢٨) نوع مبكر من موك الحجم الثابت لتوفير الضغط الموجب فى الضغط الموجب (صورة: ١٢٩) نموذج حديث لوحدة التحكم فى الضغط الموجب عام ٢٠٠٥ .
الموجب عام ١٩٩٤ .
فى الرطوبة عام ١٩٨٣ ،
صممها Bill Young للتمثال
النصفى المصرى فى متحف بوسطن
للفنون الجميلة.

نقلأ عن: Eshøj B. , Museum Microclimates,

- أجهزة حماية المعروضات من تأثير الضوء:

ينصح عن تصميم الأضاءة داخل قاعات العرض بالمتاحف أن تكون الأضاءة دافئة أو ذات مستويات منخفضة لا تتعدى Candles 10 Foot ، فيمكن للمعروضات الغير عضوية مثل الجرانيت تحمل التأثيرات الضوئية حتى ١٥٠ Lux أو أكثر من ذلك فى ظل الوسط الجاف.

- إستخدام الستائر المتحركة على النوافذ ، وفتحها عند اللزوم فقط ، يوضع أجهزة ضوئية تحتوى على خلايا ضوئية تسمى Louvie Blinds أو Venetian Blinds فى سقف قاعات العرض أو عند نوافذ و فتحات المتحف المختلفة و تقوم هذه الأجهزة بتخليص الضوء من الأشعة فوق البنفسجية فضلا عن تقليل حرارة الضوء ، بالأضافة إلى زجاج عازل لحرارة الشمس و ماص للأشعة الضارة يوضع فى تلك النوافذ مثل زجاج Heat Blocking Glass أو الأفلام الزجاجية Glass Applied Films.^(٢)

1- Eshøj B. , Padfield T. , Ryhl-Svendse M. & Thickett D. : The National Museum of Denmark, Contributions to the Copenhagen conference 19 - 23 November 2007, Museum Microclimates, pp 272- 273-274.
٢- محمد عبد الهادى محمد: دراسات علمية فى ترميم و صيانة الآثار الغير عضوية، مرجع سبق ذكره، ص ٢٠٠.

هناك بعض المواد الكيميائية التي تضاف إلى زجاج النوافذ و الفتحات لها القدرة على ترشيح الضوء و تخليصه من الأشعة فوق البنفسجية و الأشعة تحت الحمراء مثل مادة Polyvinyl Butral التي لها القدرة على امتصاص تلك الأشعة ذات الموجات أقل من ٣٨٠ nm و تمتص حوالى ٥٠% من الأشعة فوق البنفسجية UV التي يبلغ طول موجتها ٤٠٠ nm^(١).

إستخدام طلاء زجاج النوافذ بالمتاحف وفتارين العرض ولمبات الإضاءة ببعض أنواع الورنيشات التي لها القدرة على امتصاص وحبب الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء الضارة ثم توزيع الإضاءة بواسطة شرائح من Opal Perspex وهذه الورنيشات ما هى إلا مركبات لها القدرة على امتصاص الأشعة ذات الموجات الأقل عن ٣٨٠م و تمتص حوالى ٥٠% من الأشعة فوق البنفسجية التي يبلغ طول موجتها ٤٠٠ ,mm.

كما تستخدم مادة CelluloseAcetate و مادة Benzotrials و مادة Benzophenones و مادة Polymethyl metha Crylate التي تصنع على هيئة رقائيق بلاستيكية Films لتغطي بها أسطح النوافذ و الفتحات بالمتاحف .

- يجب إستبدال الإضاءة الطبيعية بإضاءة صناعية و يجب أن يراعى فى الإضاءة الصناعية أن تكون اللمبات المستخدمة لا تنتج أشعة فوق البنفسجية الضارة ، و تعتبر لمبات فليبس ٣٧ (Philips 37) مناسبة لذلك ، و يستبعد إستخدام اللمبات المنتجة للأشعة الضارة مثل لمبات التجسيتين الهالوجينية و عند إستخدامها يجب وضع مرشحات للأشعة فوق البنفسجية عليها .
و ينفذ نظام غلق الإضاءة الصناعية أليا بعد وقت الزيارة المحدد مباشرة لأن كمية الإضاءة مهما كانت قليلة فهى تؤدى إلى أضرار .

- حماية المعروضات من التلوث الجوى:

أن ترسب الملوثات الصلبة مثل حبيبات السناج و الأتربة و الرمال الدقيقة داخل قاعات العرض ليس أقل خطورة من الملوثات الغازية فتراكمها فوق أسطح المعروضات يتسبب فى تشويه مظهرها الخارجى و تلعب دورا هاما فى أكسدة الملوثات الغازية و تنشيط ميكانيكية التأكسد و تتحول الملوثات الغازية بمساعدة الملوثات الصلبة إلى أحماض خطيرة حتى فى وجود نسبة رطوبة قليلة .
لتحديد نسبة و نوعية الملوثات و نسبة الهواء المترسبة داخل قاعات العرض ينصح بوضع مجموعة من الأجهزة عند النوافذ و الفتحات من بينها: - جهاز Pollutants Dosimeter Badqe 570 - جهاز DCA Formaldehyde Monitor - جهاز Air Scan (TM) Exposure Monitor^(٢).

1- Eshøj B. , Padfield T. , Ryhl-Svendse M. & Thickett D: The National Museum of Denmark, op. cit. pp 268- 269.

٢- محمد عبد الهادى محمد: مرجع سبق ذكره، ص ٢٠٥ .

كما ينصح المتخصصين بوضع أجهزة أخرى حديثة داخل قاعات العرض الموجودة فى المدن الحضرية منها أجهزة ترشيح الهواء أو أجهزة غسل و تنظيف الهواء، تنقسم إلى أربعة أنواع رئيسية هي :

١ - أجهزة غسل الهواء و تنقيته من الملوثات المختلفة Air Washers Scrubbers

٢ - مرشحات الهواء الميكانيكية Mechanical Air Filters

٣ - منظفات الهواء الإلكترونية Electronic Air Cleaners

٤ - أجهزة تحول الملوثات إلى مواد مازة أو ممدصة (Systems of Adsorptive Materials)^(١)

- الطرق الناجحة لمكافحة الآفات:

١- تجنب الآفات عن طريق عدم توفير البيئات الملائمة لنموها و تكاثرها بما يعرقل الإيواء harbourage ، من خلال تحسين البيئة المحيطة بالمقتنيات و تطوير الخطوات المتبعة لإخراج الآفات خارج المتحف و إجراء طرق العلاج المناسبة.

٢- تحديد الآفات الموجودة بالمتحف و أكثر أنواعها ضررا و معرفة العلامات الدالة على وجودها، و تقييم حجم المشكلة بناء على التفتيش و المحاصرة، و تحديد الأجزاء ذات الخطورة العالية من المقتنيات و مبنى المتحف، كما أنه من الضروري معرفة دورة حياة الآفات خاصة الحشرات.

٣- ينبغي على المتاحف الاستفادة من تطبيق نظام الإدارة المتكاملة للتحكم فى الآفات (IPM) Integrated Pest Management System ، و التقييم الدورى لفعاليتها و التعديل من أجل تحسين هذه المكافحة ، فيهدف هذا النظام بالنسبة للقطع المتحفية إلى الأتى :

- تحديد الآفات، التوثيق، التدريب، التمويل ، الموارد و إجراء عمليات المسح و العلاج من الأصابات، حماية المتحف و مقتنياته من الآفات التى تتلف هذه المقتنيات.^(٢)

- تقليل كمية المبيدات المستخدمة حيث وجد أنها تتلف بعض القطع الأثرية كما أنها تحدث مشاكل صحية بالنسبة لموظفى المتحف و الزائرين.

- استخدام مزيج من مهارات المراقبة و التحكم بالإضافة إلى توخى حذر الموظفين و يقدتهم، عمليات التفتيش المستمرة، مصائد pheromone و مهارات التنظيف المنزلى الجيدة.^(٣)

١- محمد عبد الهادى محمد: المرجع السابق، ص ٢٠٥.

2- Pinniger D. & Winsor P.: 2004, Integrated pest management, A guide for museums, libraries and archives Council , London, p2-3.

3- Jennie Morgan-Bailey: 2004, The Field Guide For Museums, The State Historical Society of Iowa REAP/Historical Resource Development Program (HRDP), PP 16 – 21.