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

obeikandl.com

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

obeikandl.com

تمهيد:

أن الآثار الجرانيتية المنتشلة من ساحل البحر بالإسكندرية سواء بمنطقة القلعة ، الميناء الشرقى ، السلسلة و أبوقير قد تعرضت لعوامل من التلف المتعددة قبل أن تغمرها مياه البحر، فلقد أثبتت الدراسات التى قامت بها بعثة جان أيف الفرنسية أن الأحجار الجرانيتية تنتمى 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 الزلازال المتكررة التى صاحبها التوسونامى، و كلا منهما أدى إلى أنهيار هذه المنشأت لتغمربمياه البحر و تستقر أسفله مما عرضها لمظاهر تلف جديدة مختلفة عن تلك الموجودة فوق اليابسة، بعض من هذه الآثار الجرانيتية قامت البعثات الأجنبية بإنتشاله ليعرض ثانياً فوق اليابسة و يواجه عوامل تلف فى بيئة العرض الجديدة، و البعض الأخر مازال كما هو مستقرا أسفل مياه البحر.

و بما أن الدراسة تختص بطرق عرض التراث الثقافى الغارق من خامة الجرانيت المنتشل 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.

ـ تعريف بخامة الجرانيت:

تتشكل الصخور النارية من المجما (الصهارة)، خليط من المعادن المنصهرة وجدت عميقاً تحت سطح الأرض،تتشكل الصخور النارية التداخلية Intrusive (الصخور الجوفية plutonic)، من خلال تبريد المجما (الحمم البركانية) على عمق كبير تحت سطح الأرض بينما تتشكل الصخور النارية الطردية أو الناتئة extrusive من خلال المجما (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 المجما على عدة أعماق تحت سطح الأرض.[١]

1-U.S.CUSTOMS and BORDER PROTECTION: APRIL 2006, AN INFORMED COMPLIANCE PUBLICATION, Granite, P 7.REPORT SMUGGLING 1-800-BE-ALERT OR 1-800-NO-DROGA, U.S.A. DEPARTMENT OF HOMELAND SECURITY.

openkandil.com

و هناك صخور نارية حامضية و صخور نارية قاعدية ، والجرانيت من الصخور النارية الحامضية ، إذ يحتوى على أكثر من ٦٦% من السيلكا 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]

وتطلق 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 حبيبى فى تركيبه قد تكون حبيباته خشنة، متوسطة أو رقيقة [٣]، و قد أشتق أسمه من خصائص تركيبه حيث أنه Granular أى محبب، و تأتى من الكلمة اللاتيني 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 القبلية شمال رأس غارب عند خط عرض ٢٨,٣٠°.

و توجد أهم محاجر الجرانيت القديمة فى أسوان فى موضعين أحداهما 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 الجرانويوريت الرمادى و 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 فؤاد على : مبادىء 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., Papadopulos 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 المبانى الآثرية و التاريخية ، وزارة المعارف ، الإدارة العامة للآثار و المتاحف، المملكة العربية السعودية، رقم التسجيل ٥٣٢٢٣ ، ص ٤٠.

obeikandl.com

و نظرا لتنوع الجرانيت فلدينا أربعة أنواع هى كالآتى:

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 إيضا تميل إلى الخشونة و الصغر، النسيج النسيي 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، وعروق 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 الآطار 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 الجرانيوديوريت الأسود الخشن (b)

.

٤ - النوع الرابع (d) :

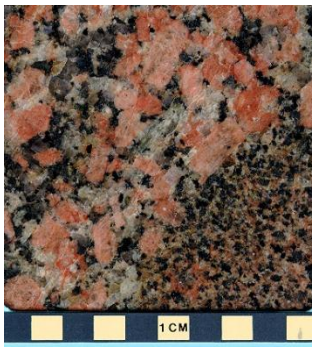
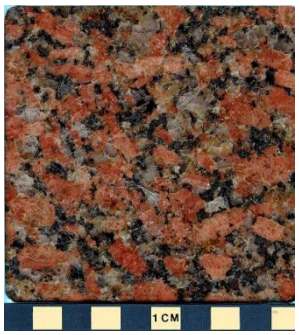
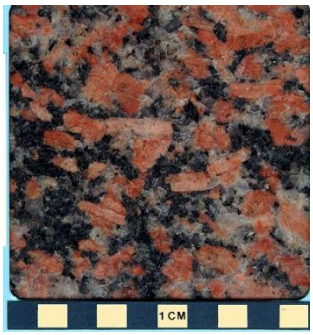
وهو مشابه إلى الجرانيت الرمادى الرقيق والمائل إلى الوردى الذى كان مستخدما منذ الدولة الحديثة حتى العصر الرومانى، و هو ذو لون رمادى خفيف مائل إلى الوردى، متوسط إلى رقيق الحبيبات، و هذا النوع موجود فى صهل، صلوجا و جزيرة إيلفانتين فى النيل، مكوناً جزء ملحوظ لعديد من التلال، و تكون على هيئة صفائح كالخنادق المتداخلة تقطع الجرانيت الوردى بأتجاه عام شمالى جنوبى، بعض التداخلات الأخرى محتملة، مثال لذلك المحجر الحديث لجبل مصلا و الذى يمثل قليلا من عروق الجرانيت الوردى.[1]

---

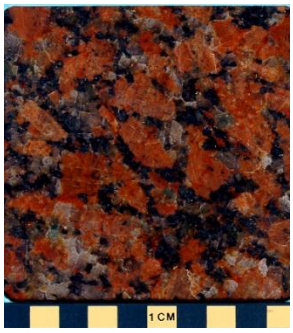
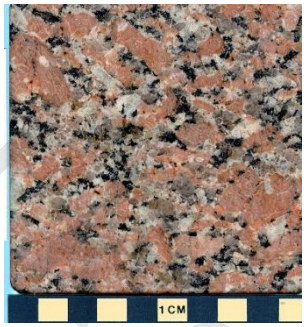
1 - Dessandier D., Akarish A., Antonelli F., Lazzarini L., Leroux L., Nageh A., Soeib A. & Varti-Matarangas M. : July, 2008, Atlas of Stones Light house of Alexandria Lighthouse, the supreme council of antiquities, Final report ,Egypt, 2008,p58.

obeikandl.com

التنوع الأول: **عينة رقم ١** **عينة رقم ٢** **عينة رقم ٣**

التنوع الثانى **عينة رقم ٤**

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

نقلاً عن:

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

ـ التقنيات التى تم إستخدامها فى المحاجر: [١]

خلال العصر الفرعونى تم إستخدام 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 إستخدام النار على نطاق واسع فى عملية إستخراج الجرانيت خلال العصر الفرعونى إيضا خارج محجر المسلة الناقصة، بلإضافة إلى العثور على الشواكيش الحجرية المصنوعة من الـ dolerite متناثرة فى أنحاء هذه المناطق مما يشير إلى إستخدمها فى دق و تشذيب الكتل المستخرجة.

أبتداء من العصر البطلمى تم إستخدام الأدوات الحديدية لحفر القنوات فى محاجر الجرانيت، بينما إستخدم الرومان طريقة التقسيم بإستخدام 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.

أولا: الخواص الطبيعية أو الفيزيائية :

١ ـ 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 ـ معادن أساسية:

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

ـ 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 تضفى عليه الشوائب لون رمادى فاتح ، دخانى، 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% تقريبا، و درجة صلابته ٧ بمقياس موه.[٣]

ـ مجموعة معادن السليكا:

الفلسبارات The Felspar Group : [٤]

هى من أكثر معادن مجموعة السيليكات شيوعا، و تعتبر مكونا أساسيا 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 تقريبا مما يساعد على التمييز بين معادن الفلسبار و الكوارتز، و من أهم معادن هذه المجموعة الأرثوكليز و البلاجوكليز، و يمكن أن يخدش عن طريق الكوارتز.

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

obeikandi.com

الأرثوكليز Orthoclase:

تركيبه الكيميائى $KAlSi_3O_8$ الألومنيوم و البوتاسيوم و سليكون و الأوكسجين يتراوح لونه بين الأبيض و الرمادى و يكون عادة وردى، قرمزى و أحيانا يميل إلى الإحمرار، و درجة صلابته ٦ بمقياس موه أما الميكروكلين فيكون عادة أخضر اللون توجد معادن الأرثوكليز بكثرة فى الجرانيت حيث يمكن أن تشكل أكثر من ٥,٧ فى الجرانيت،[١] و يكون فلسبار الأرثوكليز أكثر أنتشارا فى الجرانيت من فلسبار البلاجيوكليز الغنى بالصوديوم أو الكالسيوم، ويميل شكل الأرثوكليز إلى الأحادية حيث يكون ذوسطح مستوى أو ذو بلورات منشورية الشكل، ذو مكسر محارى الشكل أو هش.

البلاجيوكليزPlagioclase:

فى الجرانيت العادى عادة ما يوجد كمية ثانوية من البلاجيوكليز إلا أن هذا المعدن يختفى فى الجرانيت القلوى، الذى تكون معادنه الحديد و مغنيسيه من أنواع قليلة مثل الأجيرين و الريبكت مما يعطى إجيرين جرانيت أو ريبكت جرانيت، و تركيب البلاجيوكليز الكيميائى $(Ca,Na)\ AlSi_3O_8$الألومنيوم، السليكون، الأوكسجين و الصوديوم أو الكالسيوم، و يتراوح لونه فى الصخور النارية من اللون الأبيض إلى الرصاصى ـ ذو بريق زجاجى ـ درجة صلابتة ٦ـ ٦,٥ بمقياس موه، و يمكن أن تشكل معادن البلاجيوكليز أكثر من ٥,٧ فى الجرانيت، ذو مكسر محارى الشكل أو هش، ذو شكل Triclinic أشكال المناشير الزجاجية نادرة جدا، من المحتمل جدا أن توجد العديد من البلورات التى نمت معا فى كتلة.[٢]

الميكا Mica :

من أهم ما يميز هذا المعدن سهولة أنفصاله إلى صفائح و قشور رقيقة و يرجع ذلك إلى طبيعة التركيب فهو يتكون من جزيئات 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 الأنفصال على هيئة قشور رقيقة،[٣] و تبلغ درجة صلابة الميكا من ٢ ـ ٣ بمقياس موه،[٤] وهناك نوعين من الميكا هما الأكثر شيوعا:

الميكا البيضاء ماسكوفيت Muscovite :

التركيب الكيميائى$(KAl_3Si_3O_{10})\ (OH)_2$ سليكات مائية للبوتاسيوم (بوتاسيوم ـ ألومنيوم ـ سليكون ـ أكسجين و هيدروجين) لونه أبيض أو عديم اللون يشوبها الإحمرار أو الإصفرار بريقه لؤلؤى و أحيانا زجاجى و أحيانا زجاجى شفاف أو نصف شفاف، و يوجد على هيئة صفائح فى الجرانيت، و أحتوائه على المياه يجعله واضح، و ترجع كلمة Muscovite إلى أكتشافه بالقرب من موسكو بروسيا،[٥] كما تبلغ درجة صلابته من ٢,٥ ـ ٢ ٣ ـ 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

obeikandi.com

الميكا السوداء بيوتيت Biotite :

التركيب الكيميائى $K(Mg,Fe)_3Si_3O_{10}(OH)_2$ سليكات مائية للبوتاسيوم و الألومنيوم و الحديد و المغنسيوم بنسبة الميكا البيضاء و لكنه يختلف فى لونه القاتم فهو أسود أو أخضر قاتم اللون فى البللورات، و بنى 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 ـ ٣ ٢ ـ ٣ بمقياس موه.[١]

ب ـ 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، الماغنسيوم، الحديد و سليكات الألومنيوم التى يكون فيها الهورنبلند عضوا أساسيا، و يتراوح لونه من الأخضر الغامق إلى الأسود وتكون صلابة المعدن من ٥ ـ ٦ بمقياس موه .

الهورنبلند Hornblende

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

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

المعادن الأساسية يمكن تميزها بسهولة بالعين المجردة أما المعادن الإضافية المحتمل وجودها (ماجتيت ـ الزركون ـ أباتيت ـ المنيت ـ 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.

obeikandi.com

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

١ ـ الجرانودايوريت Granodiorite :

الفلسبار الرئيسي في الجرانودايوريت هو البلاجيوكليز الصودي (أوليجيوكليز إلى أنديزين) ولكنه كثيرا ما يكون متمنطقا وأحيانا 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 الأضافية هي الأبتايت والسفين وبعض المعادن المعتمه.

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

٢ ـ المونزوجرانيت Monzogranite :

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

٣ ـ السينوجرانيت Syenogranite :

هو أكثر الصخور الجرانيتية شيوعاً حيث تتراوح نسبة السيليكا من ٦٧ ـ 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 السينواجرانيت هو الأوليجوكليز، الكوارتز يوجد على شكل حبيبات عديمة الأوجه وتحتل الفراغات البينيه بين بلورات الفلسبار ويتميز بإحتوائه على مكتنفات كثيرة على هيئه أبريه أو على شكل ذرات ترابيه دقيقه جداً.[1]

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

الهورنبلند يلي البيوتيت خاصة عند زيادة نسبة البلاجيوكليز، و تتكون المعادن الأضافيه من الزيركون والسفين والأبتايت، و في بعض نوعيات السينوجرانيت يأخذ المسكوفيت محل المعادن المافيه 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 سبسارتايت.

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.

obeikandi.com

ـ 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 هايبرسولفس الـ Hypersolvus:

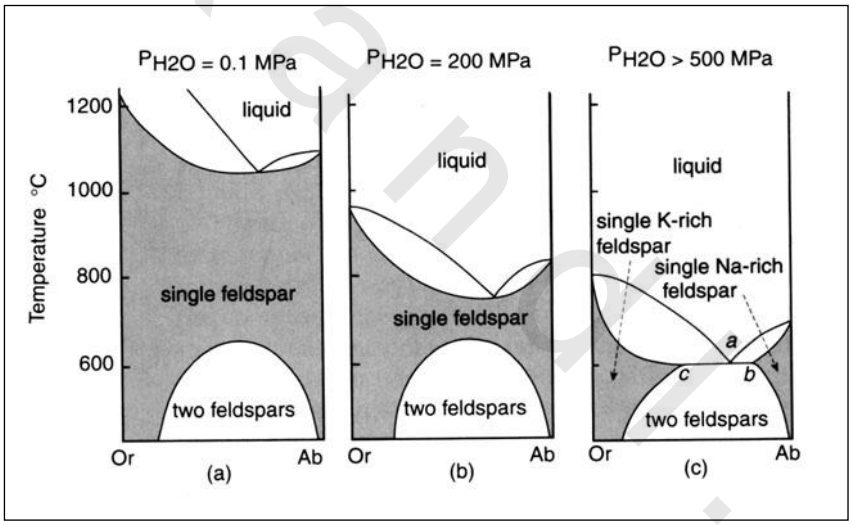
يمثل جرانيت الـ Hypersolvus ظروف جافة (ضحلة) بالنسبة لأصله، كما يحتوى جرانيت الـ Hypersolvus على فلسبار أحادى الذى يحتوى على صفائح exsolution للمرحلة الصغرى (البيرثيت perthite أو الأنتى بيرثيت anti perthite أعتمادا على تركيب السائل الأولى) (شكل رقم ٤٠).

ب- جرانيت سب سولفس الـ subsolvus:

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

٤ ـ الجرانيت القلوي Alkali granite :

أهم ما يميز الجرانيت القلوى وفوق القلوى هو معادنه المافيه و هي الايجيرين و الريبيكات كما يتميز بإحتوائه على كمية كبيرة من الفلسبار القلوى.[١]



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

الشكل a يظهر نظام "الجفاف" pH2O منخفض حيث مرحلة تكوين الفلسبار الأحادى فى السائل، هذا إذا كان تكوين السائل الأولي (وبالتالي 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 التراكيب فيما بين c و b الموجودة فى الشكل سوف تبلور أثنين من مراحل الفلسبار، الـ K-spar و البلاجيوكليز.**

التراكيب خارج هذا الرتب سوف يكون لديها فلسبار أحادى الذى سوف exsolved فى المرحلة الصغرى إذا كان تركيب السائل الأصلى ما بين حدود الـsolvus .

1- Mogazi, A.M.: 2000,Classification of the Egyptian Younger Granites.

obeikandi.com

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 وردى إلى أحمر و حجم الحبيبات متوسط إلى خشن ، و يتكون أساساً من الفلسبارات البوتاسية، الكوارتز و وسط إلى البلاجيوكليز الصودى.

المعادن المافية هى فى الغالب بيوتيت و إلى حد أقل ظهوراً مسكوفيت ، أكاسيد الحديد على شكل بقع للهيماتيت و الليمونيت.

مثال لذلك منطقة أسوان حيث نلحظ الجرانيت الكبير فى وادى العلاقى و جبل إبراهيم باشا، أما الجرانيت الصغير فنجده فى الشلال و جزيرة صهلاSehyel . [١]

٢ ـ 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 إيضا دلالة لدرجة تبلور الحبيبات و شكلها و نسبة المواد المتبلورة إلى المواد الزجاجية، ويختلف حجم الحبيبات المعدنية و درجة توزيعها فى الصخر بأختلاف سرعة تبريد الصهارة و درجة سيولتها، فكلما كان تصلب الصهارة بطيئا كلما زاد حجم الحبيبات المعدنية و أنتظم توزيعها و تعرف مثل هذه الصخور بالصخور المتداخلة و من أكثر الأمثلة أنتشارا صخور الجرانيت و الديوريت و نظراً لأن هذا النوع من الصخور قد برد تحت غطاء سميك من الصخور المحيطة بها لذلك فأن تبريدها تم ببطىء مما يساعد على نمو بلورات المعادن المكونة لها حتى تصل إلى حجم كبير نسبيا و يتضح ذلك عند فحص نسيج سطح الجرانيت حيث يمكن بالعين المجردة تمييز بلورات الكوارتز و الأرثوكليز 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 البطىء و اللزوجة المنخفضة يساعد على تكوين البلورات ـ 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.

obeikandi.com

ب ـ التحبب Granularity:

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

ج ـ 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 ـ 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 :

ـ النسيج الجرانيتويدي:

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

ـ النسيج البورفيرى Phyric or Porphyitic 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 وتكون حبيبية فيعرف الأخير بالنسيج البورفيرى الحبيبى (صورة ٤٨ ب – ج) ،(شكل رقم ٤١) و(لوحة ٤٩ أ ـ ب)، و النسيج البورفيرى الذي يتميز به الجرانيت عن باقي الصخور النارية يدل على أن الجرانيت تجمد على مرحلتين الاولى ببطئ فى ظروق 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 إزدياد 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. [1]

1-Mackenzie W.S.,Donaldson C.H.,Guilford C.: 1988, Atlas of Igneous Rocks & Their Textures, Longman Group UK, England, p3,9,31.

obeikandl.com

ينقسم الرأي من حيث نشأة هذه البلورات البورفيريه هل كلها بلورات ناريه phenocrysts أو بعضها بلورات تحولية porphyroblast، و غالباً ما تكون هذه البلورات الكبيرة جداً من الفلسبار البوتاسي.[١]

- النسيج الجرانوفيرى Granophyric Texture :

وفيرة فى جميع أنحاء الجرانيت النمو التداخلى 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 النموات التداخلية الرفيعة بين الكوارتز و الـ k فلسبار، كما أشير إلى كوارتز النموات التداخلية الجرانوفية بأسم cuneiform المسمارى ، شكل ورقة الشجر، شكل الزهرة ، بلورة الصقيع، أو ريشى الشكل، سميت إيضاً النموات التداخلية حيث يكون الكوارتز vermicular بالجرانوفيرى.[٢]

- النسيج الميرميكيتى Myrmckitic Texture :

يكون نتيجة النمو المزدوج بين الكوارتز و البلاجيو كليز فى 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 البوتاسى الملاصق له، و ينتج عن هذا التفاعل إنطلاق كمية من السيليكا و البوتاسيوم و تظهر السيليكا داخل البلاجيوكليز حيث التكوين على هيئة أصابع رقيقة لها خاصية التسلسل الضوئى بينما يساهم البوتاسيوم المطلق فى تكوين معادن الميكا مثل صفائح الماسكوفيت أو البيوتيت و التى عادة ما توجد بالقرب من مكان تواجد النسيج الميرميكيتى و يحتمل أن يكون هذا النمو ناتج من معظم الحالات عن تحويل حرارى تحت ضغط ثابت [٣]، فيعتقد أن غالبية هذا النسيج ينشأ نتيجه التغيرات التي تحدث بعد التبلور Dueteric alterations.[٤]

- النسيج الكروى Orbicular Texture:

يتكون من أجسام كروية مرتبة ففى الأنواية 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 لآنه يشبه الكتابة على الصخر حيث تترتب بلورات الكوارتز كما لو كانت نوع معين من الكتابة، فهو نمو مشترك بين الكوارتز والأورثوكليز أو الميكروكلين ويوجد في أحجام مجهرية أو كبيرة تظهر بوضوح في 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.

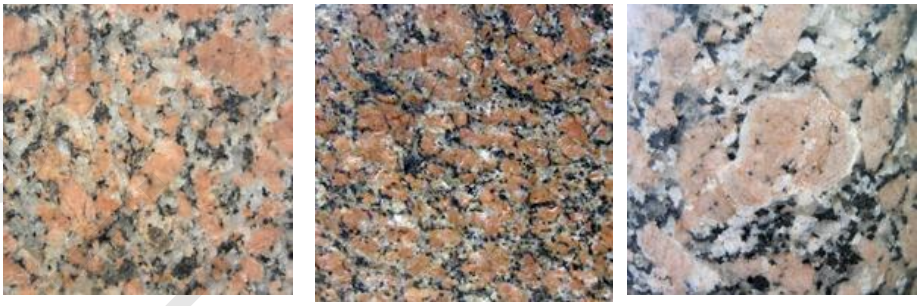
4-Härmäa P. and Olavi Selonenb **:** 2008,Surface weathering of rapakivi granite outcrops , implications for natural stone exploration and quality evaluation, Estonian Journal of Earth Sciences, pp 57, 3, 135,138.

obeikandi.com

و يميز هذا النسيج بصفة خاصة الصخور التي تنشأ في المراحل النهائية في التداخلات المافيه الطباقية ويسمى الصخر الجرانيتي الذي يسود فيه هذا النسيج جرانوفى granophyre.[١]

- النسيج الرابكيفى Rapikivi Texture :

هو نسيج بورفيري تحاط فيه بلورات الفلسبار البوتاسى بغلاف من البلاجيوكليز الصودي و الألبيت حيث يتكون من الفلسبار البوتاسى الدائرى، بعضها محاط بالبلاجيوكليز الصودى 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]

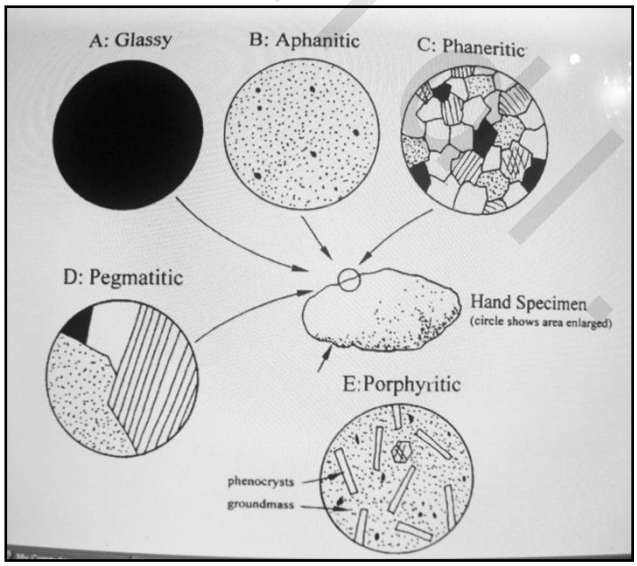


(صورة: ٤٨) يوضح الثلاث أنواع الرئيسية للجرانيت أسوان الآثرى syenite

أ- الجرانيت الوردى الباهت الحبيبى الشديد الخشونة ذو النسيج الرابكيفى: بروفيرى بفينوكرستات فلسبار، دائماً يظهر تحديدات مع الـ k فلسبار الباهت معقودة مع الفلسبار الصودى الأبيض.

ب- الجرانيت ذو النسيج البروفيرى الشديد الورقية.

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

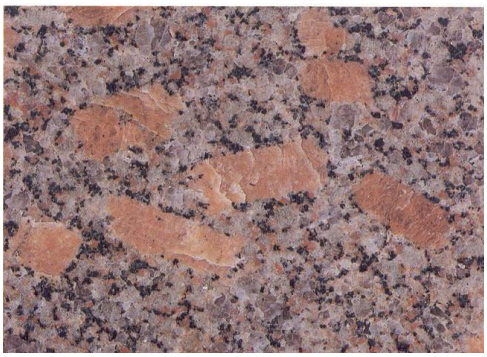


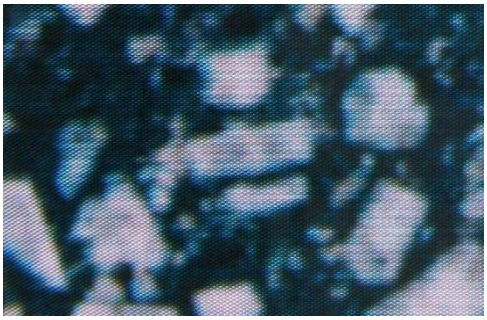
(شكل : ٤١) يوضح أنواع الأنسجة المختلفة للأحجار حيث نلحظ من ضمنها النسيج البروفيرى E و نرى الأسهم تشير إلى الفينوكرستات و الـ groundmass.

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

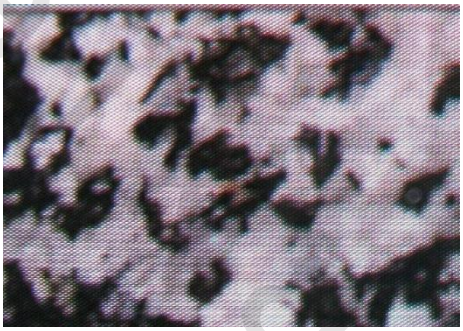
2- Härmäa P.and Olavi Selonenb: op. cit.,pp **57**, 3, 135.

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

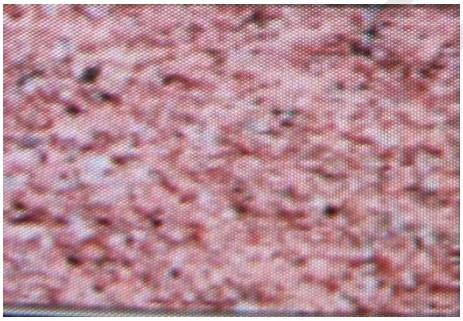




(صورة: ٤٩ أ) توضح الفينوكرستات و الـ groundmass. (صورة: ٤٩ب) توضح النسيج الـ porphyritic



(صورة: ٤٩ج) توضح النسيج الـ phaneritic



(صورة: ٤٩د) توضح النسيج الـ pegmatitic (صورة: ٤٩ و) توضح النسيج الـ Aphanitic

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

نقلاً عن: Harold E. Andrews

1-Harold E. Andrews, James R. Besancon, Claude E. Bolze, Margaret D. Thompson: LABORATORY FIVE, Igneous Rocks and Volcanic Hazards, p105.

٣ ـ اللـــــون Color :

ما يحدد لون الجرانيت هو لون ونوع الفلسبار و الأرثوكليز و البلاجيوكليز الداخل فى 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 تبعا 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 سمى تعبيرية خاصة للفن المصرى.(١)

٤ ـ 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، وصخر الجرانيت موضوع الدراسة يمثل صخراً نارياً قليل المسامية تبلغ مساميته ما بين ٠,٣ إلى ١,٥.

٥ـ الكثافة و الثقل النوعى Density & Specific Gravity:

هى كتلة المادة فى وحدة الحجوم و تقدر بالجرام فى السنتيمر 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 يحدثانه من تمدد و إنكماش فى الوحدة البنائية للمادة، و تكون قيمة كثافة المادة ثابته عند ثبوت درجة الحرارة و الضغط، و تبلغ كثافة الجرانيت الكلية من ٢,٥ ـ ٢,٨ جرام / سم٣.

٦ ـ النفاذية أو الخاصية الشعرية Permeability or Capillarity :

تعتمد نفاذية المواد للمحاليل على كثير من العوامل الهامة مثل المسامية و حجم و شكل الحبيبات المكونة للأحجار و السطح النوعى للحبيبات و الشد السطحى للمحاليل 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 للمحايل (الخاصية الشعرية) عن طريق قياس سرعة نفاذ المحاليل فى كتلة المواد فى الإتجاهين الرأسى و الأفقى، و تحسب على أساس المسافة التى تقطعها المحاليل نعبرعنها بالسنتيمتر فى وحدة الزمن و هى الدقيقة (cm / mimute).(٢)

١ـ سعيد سعد محمد بدر : المرجع السابق، ص٣٢ .

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

obeikandl.com

ثانياً: الخواص الميكانيكية:

١ ـ 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 تؤدى إلى زيادة فى مقاومة الضغط ، كما أن حجم حبيبات الجرانيت له دور إيضا فكلما إزدادت 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 إتجاه 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 ٢٠٠كجم/سم٢ و هو ذات مقاومة عالية للضغط و لذا فقد إستخدم فى 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 بسلاستة 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 ـ 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 ٢٠٠كجم/سم٢ ، فإن قوة تحمل [٣] الجرانيت للشد لا تتجاوز ٤/١ من قوة تحمله للضغط فإنها تنهار إذا تعرضت لإجهادات شد تقل عن ٧٠ كجم / سم٢، لذلك فإن الجرانيت بأنواعه له قوة شد عالية أكثر من غيره من الأحجارنتيجة 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 ص٣٢ ، ٤٣ ، ٤٤ .

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

3- Graça Vasconcelos1, Paulo B. Lourenço2, C.S.A. Alves 3 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، (التراكيب والخرائط الجيولوجية). دار المعارف بمصر،ص ١٠٦.

obeikandl.com

٣- قوة تحمل الصخور للقص Shear Strenght :

يبلغ قوة تحمل أجهاد القص للجرانيت ١٤٠- ٥٠٠ كجم/سم٢. [١]

٤ - الصلادة Hardness :

تعرف صلادة المادة بأنها خاصية مقاومة المادة للخدش، و تختلف المواد فيما بينها إختلافا بينا فى الصلابة بإختلاف مكوناتها و بإختلاف المواد الرابطة لهذه المكونات، و تفيد معرفة صلادة المادة ليس فقط فى التعرف عليها، و لكنها تقي إيضا عند ترميمها، خاصة فى عمليات الترميم التى تتطلب إستخدام أسياخ رابطة و عند إستخدام مواد لاصقة، إذ من الضرورى 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 فى التوصيل الحرارى حيث يبلغ ١٨ cm /Mcal، و تزداد النسبة بدرجة كبيرة فى الأحجار الجرانيتية التى تحتوى على نسبة عالية من الكوارتز فى تركيبها المعدنى، [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 الحرارى إلا أنه فى حالة الآثار الثابته و المعرضة للشمس بصورة مباشرة فإن السطوح الخارجية تختزن الطاقة الحرارية الكبيرة التى لا تلبث أن تنقلها إلى الداخل و تحدث التشققات المختلفة، حيث يرى Roberston أن التوصيل الحرارى فى 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 الحرارى الذى يلحق بالصخر يرجع إلى مدى تأثير كل معدن من معادن الصخر بدرجة الحرارة على حدى و هو ما يعرف بالتمدد الحرارى لصخر الجرانيت ٤– ٨ × ١٠$^{-٣}$ / سم / ث / م٥.

٢- التمدد الحراري Thermal expansion :

نوع آخر من الإجهاد ينشأ داخل بعض أنواع الحجر التي تتألف من بلورات كبيرة مثل الجرانيت حيث يخضع الحجر لضعف تدريجى فى بنيته نتيجة لتعرضه لدورات حرارية لأن البلورات يكون لها سلوك حرارى متباين الخواص و شاذ، حيث تتمدد البلورات بالحرارة فى إتجاه واحد (عادة ما يكون المحور الرئيسى)، و فى نفس الوقت تنكمش البلورات على طول المحاور الأخرى (عادة عمودية للمحور الرئيسى)، و النتيجة هى أنفصال تدريجى 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 والخرائط الجيولوجية). دار المعارف بمصر،١٩٧٠، ص ١٠٦.

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

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

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

Obeikandl.com

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 يؤدى إلى تكرار دورات التمدد و الأنكماش لمكونات الحجر بدرجة متفاوتة خاصة الأسطح الخارجية مما يؤدى 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 تؤدى إلى ضغوط كبيرة تنتهى بالتشققات 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 –Torraca 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.

obeikandl.com

ميكانيكية التجوية

هناك أنماط و نماذج واضحة مختلفة للتجوية، مثل التلون ، الرقائق أو القشورflakes ، التقشر السطحى 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 الغيرمرئى **Non-visible deterioration**	**Nanoscale < mm**	تغير خواص الحجر	التحاليل المعملية	علوم الجيولوجيا، علوم المواد، الكيمياء، الفيزياء، الميكروبيولوجى، علوم البيئة.
التلف المرئى **Visible deterioration**	**Microscale mm to cm**	الفقد لجزء كبير، micromorphology		
	Mesoscale cm to m	ظاهرة التلف	الفحص فى الموقع	
	Macroscale البنية أو الآثر بأكمله	الآستقرار الهيكلى، المظهر الجمالى		الهندسة الإنشائية، الهندسة المعمارية.

نقلاً عن: Fitzner B. and Heinrichs K.

أن عمليات **التجوية للفلسبار** و البيوتيت تنشأ فى خطوتين أساسيتين و تؤدى إلى تغير السيليكات الأولية إلى طينات، كما تشمل إيضا التميؤ hydration و التأكسد المتقدم لأيون الحديدوز .

فى البداية، يتجوى الفلسبار كطبقة بلا شكل (غير متبلورة) amorphous رفيعة تعرف بأسم smecite خلال أحلال K^+ , Na^+ أو Ca_2 بـ H^+.

فى المرحلة التالية، smecite ، يكون بالتالى عرضة للتميؤ أو الترطيب hydration (و بالتالى فقد للسيليكا) 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[٢]

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.

obeikandl.com

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

كما أن **تجوية البيوتيت** تنشأ فى مرحلتين :

المرحلة الأولى: هى فقد الـK^+ و تأكسد الـ Fe_2 ، فأرتشاح الـ K^+ يفتح منطقة الطبقة البينية الداخلية فى سطح الحجر، و الماغنسيوم 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]

فى المرحلة الثانية: يرتشح الـ Si و الـ Mg الماغنسيوم من الـ Vermiculite لينتجوا المعادن المائية hydrous ، الكاولين و الـgeothite .

أن تجوية البيوتيت معقدة جداً و تؤدى إلى التجوية الكروية Spheroidal weathering للصخور الجرانيتية، و هناك خمس ملامح ميكرومورفولوجية للبيوتيت فى مقياس النانو و كل ملمح 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 للأنشقاقات و تحفظ حتى بعد التحول الكامل للبيوتيت إلى Gibbsite.

- يمكن لرقائق الكاولين أن توجد داخل صفائح الحديد iron lamellae لأنها محمية، وهناك مثال لأحد الأعمدة بجامع تربابنة تظهر به بوضوح عملية تحول معادن الفلسبار إلى معادن طينية (صورة رقم ٥٠).

(شكل رقم ٤٣) يوضح بإيجاز نتائج تجوية معادن الفلسبارات للصخور الجرانيتية كما يلى:

k- feldspar + مع مياه محدودة (فقد بعض البوتاسpotash) ـــ الإليت illite .

الإليتillite + مع مياه زائدة (فقد كل البوتاس potash) ـــــــ الكاولين kaolinite.

k- feldspar مع مياه زائدة (فقد كل البوتاس potash) ـــــــ الإليتillite .

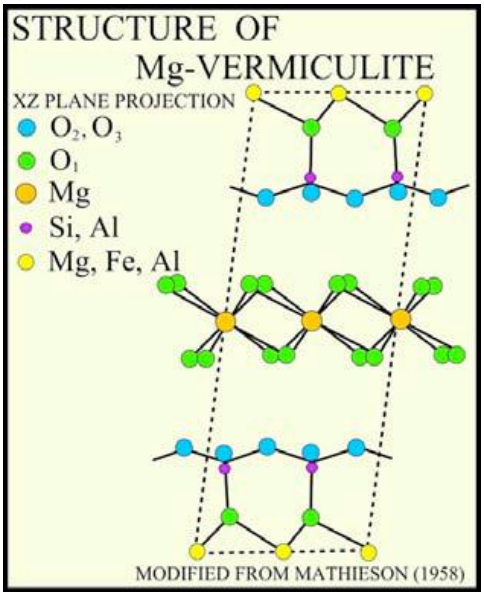
البلاجيوكليز Plagioclase + مع مياه محدودة (يكتسب بعض البوتاس potash) ـــــــ الإليت illite .

الإليت illite + مياه زائدة (فقد كل البوتاس potash) ـــــــ الكاولينkaolinite . [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 تطبيقا على بعض الآثار الحجرية لفنار الإسكندرية، رسالة دكتوراه، جامعة القاهرة، كلية الآثار، قسم الترميم.

obeikandi.com

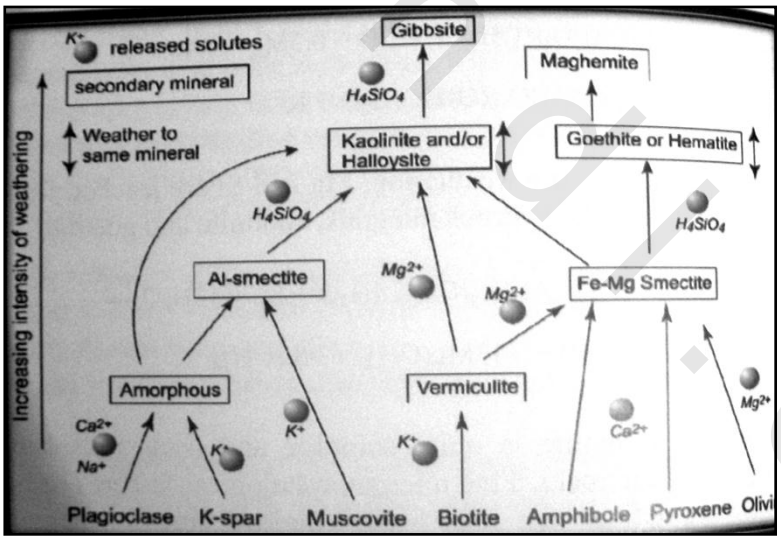


(شكل: ٤٢) يوضح تركيب الـ Mg- Vermiculite

نقلاً عن : David Faris: Clay Minerals

(صورة: ٥٠) توضح تحول معادن الفلسبار لمعادن طينية بمسجد تربانة بالإسكندرية.

(تصوير الباحثة)



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

نقلاً عن : أشرف ناجح أسكاروس حنا

obeikandi.com

عوامل التلف التى تؤثر على الآثار الجرانيتية الموجودة فى 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 أزدادت المشاكل البيئية لمدينة الإسكندرية بشدة نتيجة الأزدياد 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 م٣ 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 أحدى عشر مصب موزع على طول الشاطىء من الجنوب إلى الجنوب الغربى حوالى m3/d١٠,٠٠٠ و m3/d١٥,٠٠٠ 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 الملوثة إلى البيئة الشاطئية (المناطق القريبة من الشاطىء) و إلى البحيرة، (شكل رقم ٤٤) يوضح مصبات الصرف الرئيسية، و مثل هذه المواد تغرق إلى الأسفل و تساهم فى تغطية القطع الآثرية الموجودة فى قاع البحر.

٢- الأوكسجين:

كما أن المواد العالقة و الملوثات تتسبب فى حدوث حالات نقص فى الآوكسجين 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 الآثرية.[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) , 123National 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.*

obeikandl.com

٣ ـ 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 المصرفيين يقع خارج الميناء الشرقى لكن هناك تدفق متقطع لكلاهما يحدث داخل الميناء عن طريق مصرف أخر، 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 الآثرية و المدن المطمورة تحت سطح البحر للتآكل و الطمس بفعل تلوث مياه البحر و أعمال الردم.

٤ ـ الترسبات:

بعد عام ١٩٩٣ تحديا فى عام ١٩٩٦ ـ ١٩٩٧تم غلق عشرة مصارف فيما عادا 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] وعلى الرغم من أغلاقها 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، ونتيجة 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 تأكلاً مستمراً و تلفاً متزايداً بها، وهذا ما حدث بالفعل للآثار الجرانيتية المكتشفة بجوار القلعة و يتضح عليها أثر مياه البحر و الأملاح حيث تأكل سطحها الخارجى تاركاً أثر محبب ذو نتؤات بارزة و تجاويف بجوار بعضها البعض. [٤]

٥ ـ الأملاح المغذية:

تم مؤخرا عمل دراسات عديدة لمعرفة الخواص الفيزيائية و الكيميائية و البيولوجية للميناء الشرقى حيث يتم دراسة توزيع أملاح المواد المغذية من خلال رواسب المياه بالميناء الشرقى حيث أن تأثير العوامل البيئية المتغيرة مع أرتفاع نسبة الأملاح المغذية يسبب أرتفاع 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 تعكيرالمياه مما يسبب صعوبة للغواصين (لا يزيد مدى الرؤية، في 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 ، ص٢١.

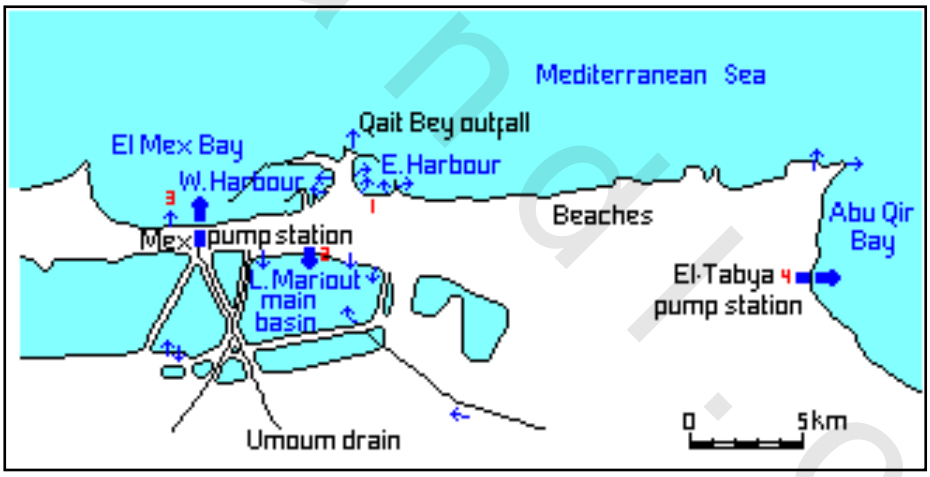
openkandil.com

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 ـ 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 مابين علم ١٩٦٠ و ١٩٩٩بالميناء 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 (Polychaeta، Cirripedia، Bryozoa و Amphipoda)، 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 المصبات الرئيسية

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

نقلاً 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.

أملاح المواد المغذية	الميناء الشرقى		المحطات	
	السطح	القاع	السطح	القاع
	(Year mean) min-max	(Year mean) min-max	(Year mean) min-max	(Year mean) min-max
الأمونيا	(٣,٢٧) ١٨,٩٠-٠,٠٤١	(٣,٨١) ٣٠,٦٠-١,٤٤	(٣,٧٦) ٦,٢٦- ٠,٩٥	(١,٥٤) ٢,٥٧-٠,٢٧
النتريت	(٠,٣٧) ٤,١٥-٠,٠٢	(٠,٥٦) ٥,٩٠-٠,٠٥	(٠,٢٥) ٠,٤٧-٠,٠٥	(٠,١٦) ٠,٣١- ٠,٠٧
النترات	(٤,٠٠) ٢٨,٥٧- ٠,٠١	(٣.٥٣) ٣١,٠٠ -٠,٣٨	(٥.٤٩) ٢٣,١٨ -٠,٥٤	(٢,٤٠) ٧,٤٦-٠,٤٥
الفوسفات	(٠,٥١) ND –٣,٣٦	(٠,٤٤) ND -١,٦٠	(٠,٤١) ١,١٠ -٠,٠٥	(٠,٥٨) ١,٢١ -٠,٠٥
السليكات	(٢,٩٥) ٨,٤٤- ٠,٢٩	(٤,٣١) ٢٦,٠٨ -٠,٣٥	(٢,٢٧) ٤,٣٩ -٠,٩١	(٢,٨٩) ٩,٩٨ -٠,٣٤

نقلاً عن :Faragallah H.M , Tadros H.R.Z and Okbah M.A [١]

بالنسبة للأس الهيدروجينى PH:

فتتراوح 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 الغذائي في مناطق الرصد في ساحل البحر المتوسط بمدينة الإسكندرية بمناطق الدراسة خلال مارس ٢٠١٠

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

نقلاً 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 ـ 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 .

open-kandil.com

ثانياً: عوامل التلف الميكانيكية:

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

١ـ العوامل البشرية:

أـ طريقة حمل القطع الآثرية وإنتشالها بشكل خاطىء و الناتج عن عدم الأحترافية، لذلك من المهم عند إنتشال القطع من قاع البحر أن يتم نقلها ببطء شديد من أجل الحفاظ على أدنى حد ممكن من الضغط الطبيعى الموجود على هذه القطع، لأنه في حالة حدوث الضغط بسرعة كبيرة جداً، قد يحدث أنفجار و تكسر للقطع الآثرية، أنتقال القطع الآثرية من قبل الغواصين إلى الرصيف أو المركب، لابد من موجود صناديق متاحة للتخزين بسهولة، كما ينبغى أعطاء الأهتمام خاصة للقطع الكبيرة، كما ينبغى أن يكون تعرض القطع للهواء و الضوء فى أضيق الحدود.

بـ نهب المواقع الآثرية و الذى يعد من أخطر الأشياء حيث أشارت أتفاقية اليونسكو ٢٠٠١ لضرورة الحفاظ على المواقع الآثرية الغارقة من أعمال السرقة، كما أن هناك العديد من الطرق المتبعة للحفاظ على المواقع الآثرية الغارقة نذكر منها، تغطية الموقع بطبقة من الرمال و الأحجار، تغطية الموقع بأكياس الرمل، تغطية الموقع بالأقمشة الكتانية Canvas و شبكات البولى بروبلين، تغطية الموقع بصناديق مغلقة، حماية الموقع بإستخدام الشباك المعدنية و أقفاص الحماية.[١]

جـ 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]

دـ المخلفات الصناعية و النفايات حيث ينحصر ساحل الإسكندرية بين أثنين 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 أرتفاع درجات التلوث فى هذه المناطق إلى معدلات خطيرة تصل إلى درجة السمية فى كثير من الأحيان.[٣]

هـ ـ 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 ـ ٢٠ طن وضعت قرابة الشاطىء بـ ٣٠ متر فى المنطقة الواقعة من السلسلة (رأس لوخياس) و حتى قلعة قيتباى فى أكثر جزء متأكل 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 أخرون: مخاطر التلوث الصناعى و كيفية مواجهته، جمعية التنمية الصحية و البيئية، ص ص ٧ – ١٠ .

obeikandl.com

لسوء الحظ وضعت الكتل الخرسانية مباشرة فوق القطع الآثرية الموجودة على طول الشريط الغارق لموقع فاروس، ونتيجة لفيلم تسجيلي تنبه المجلس الأعلى للآثار للمنطقة مرة أخرى [١]، و تمت أزالة الكتل الخرسانية الحديثة من الموقع فى يناير ٢٠٠١.[٢]

و نتيجة لأتساع طريق الكورنيش، على مدى السنوات العشر الماضية، من الشاطبي إلى المنتزه أدى إلى تعديلات دراماتيكية لهذا الساحل، حيث تم إستصلاح المياه الضحلة لتطوير المنشأت 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 الشواطئ نتيجة لنحر الموجات أو التيارات البحرية للشواطئ وينتج عنها إزاحة الرمال تدريجياً من منطقة وترسيبها فى منطقة أخرى، وهذه الظاهرة زادت معدلاتها بعد إنشاء السد العالى ، ففى حالة عدم أجراء أى حماية للمناطق الساحلية المنخفضة عن سطح البحر أو سد للمنافذ المؤدية إليها، سيتم فقدان جميع الشواطئ السياحية ما عدا جزئين صغيرين من شاطئ جليم والشاطبى.[٤]

هذا أكثر وضوحاً فى المنطقة الساحلية الإبراهيمية ٣ حيث تأثير الرياح و التآكل ذو التأثيرات الخطيرة، فنجد المراسى الحجرية العديدة الموجودة على السلسلة الصخرية لمنطقة الإبراهيمية طبقا للخريطة التى أصدرها فريق الغوص للبعثة اليونانية فى المواسم الأولى لا يمكن الأعتماد 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 قايتباى (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 بين١٧و 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 ، ص٢١.

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.

obeikandi.com

و ١١ و ٣٠ سم/ث فى الخريف، و، التيارات عموماً داخل الميناء أقل مقارنة مع المصارف، التى تؤدى أحيانا إلى فترات ركود مؤقت.

و فى حالة مصرف قيتباى كانت الملوثات تحمل للشاطىء 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 مصطفى كامل إذا كانت التيارات جنوب شرق شرق، و فى حالة مصرف العموم تصرف المخلفات تجاه قلعة قيتباى إذا كانت التيارات شمال شرق.[١]

٢ ـ الترسيب بفعل الطمى :

رغم أن التيار البحرى يتحرك موازيا للساحل فى أتجاه الشرق، و من ثم فهو يحمل مياه النيل و الطمى إلى موانىء 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 الدورامية، مما جعل مياه فرع رشيد بالإضافة إلى بحيرتى إدكو و مريوط تؤثر على مياه الإسكندرية،[٢] و بذلك فلقد ألقى نهرالنيل خلال القرون الماضية كميات هائلة من الطمى و التى قد نتج عنها بكل تأكيد طبقات تتراكم الواحدة فوق الأخرى على مر العصور خاصة فى منطقة أبو قير و الميناء الشرقى، مما يؤدى إلى دفن العديد من المواقع الآثرية أسفل هذه الترسبات، و لقد ذكرنا سابقاً ما يحدث من ردم و أختفاء للقطع الجرانيتية مما يحدث ضغوطاً كبيرة فوقها و حدوث تأكل مستمر و تلفاً متزايداً بها.

فلقد تراكم الطمى منذ العصر العربى 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 ـ ٥٠ متر من الشاطىء، عند فحص العمق عام ٢٠٠١ كان ٢ متر، لكن فى ٢٠٠٣ كان محتمل أن يكون لحطام سفن غارقة.

١ ـ الأدلة الآثرية:

فعن طريق المقارنات من البقايا الآثرية التى أكتشفت فى الأرض جعلت الآثريون يشيرون إلى أن الإسكندرية كانت ضحية لهبوط أرضى، حتى أن القشرة الأرضية هبطت لعمق كبير يصل من ٥ إلى ٨ متر (شكل ٤٥)، و لدراسة هذه الظاهرة بدأ فريق من الآثريين و علماء بيولوجيا البحار فى عام ١٩٩٧ بفحص الحيوانات الصغيرة micro-fauna تحت الماء و فى الرواسب السلتية على كلا جانبى الهيبتاستاديوم، و تم أخذ سلسلة من عينات القاع منذ ١٩٩٨ لدارسة التفاوتات فى مستوى سطح البحر و التغيرات فى نظام البيئة الساحلية، ، حيث تغير مستوى سطح البحر النسبى سنوياً فى 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 بيومى، المجلس الأعلى للثقافة، ٢٠٠٠، ص ٥٤.

٣ـ شوقى مهنى نخلة : إستخدام التقنيات الحديثة فى علم الآثار (إستخدام التقنيات الحديثة فى معالجة و صيانة القطع و المجموعات المتحفية "معالجة الآثار الغارقة فى مصر") ، الطبعة الأولى ، الشارقة ، أبريل ١٩٩٨ ، ص ١٦٠ .

obeikandl.com

و هناك العديد من الشواهد التى تؤكد تعرض المدينة للهبوط نتيجة لطغيان البحر عليها و منها:

أـ) خريطة جاستون جونديه (١٩١٢ـ ١٩١٦ـ ١٩٢١) فيكفى أن نلقى نظرة عليها لنتبين كم هبطت أرصفة الميناء التى كانت تبرز يوما ما فوق سطح البحر، إذ أن بعض الأرصفة توجد الأن على عمق أكثر من ٥, ٦ إلى٥, ٨ متر.

ب-) أختفاء جزيرة أنتيرودس بالكامل على عمق أكثر من ٥ أمتار و هذا يعتبر أكبر دليل على الهبوط ، حيث بعثة جونديه التى سجلت هبوط يتراوح من ٥, ٥ إلى ٥, ٦ متر.

ج ـ) الهبوط العظيم لسلسلة صخور الحسن بقمتها تقع اليوم عند ١٢ متر تحت مستوى سطح البحر نتيجة للظواهر الجيولوجية المستقلة لذوبان الأنهار الجليدية التى تؤثر على مستوى سطح البحر الأبيض المتوسط مع زيادة حوالى متر واحد لكل ألف سنة، و الهبوط الأضافى الذى يقدر بحوالى ١٠ متر يرجع إلى الآثر التكتونى الذى أثر سريعاً على معظم ساحل الإسكندرية.

حيث بعثة هارى تزالس التى سجلت هبوط لحوالى ٧ متر.

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

٢ـ الأدلة الجيولوجيا

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

٣ ـ بيانات قياس المد و الجزر

حيث أن العوامل الرئيسية التى تؤثر على العمليات الساحلية هى الرياح و الأمواج، فوفقا لـ (FRIHY 1988) تأثير الأمواج موسمى فى طبيعته على طول الساحل مع أمواج عاصفة فى الشتاء (الفترة ٧ـ ٨ ثانية) و تتضخم فى الصيف (الفترة ٨ـ ٩ ثانية)، و بيانات قياس المد والجزر 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 تأتى من ا لقطاع الغربى الشمالى (أكثر من ٥٠% من الوقت فى المتوسط السنوى و ٧٠-٩٠% من الوقت خلال شهور الصيف من يونيو إلى سبتمبر.[٢]

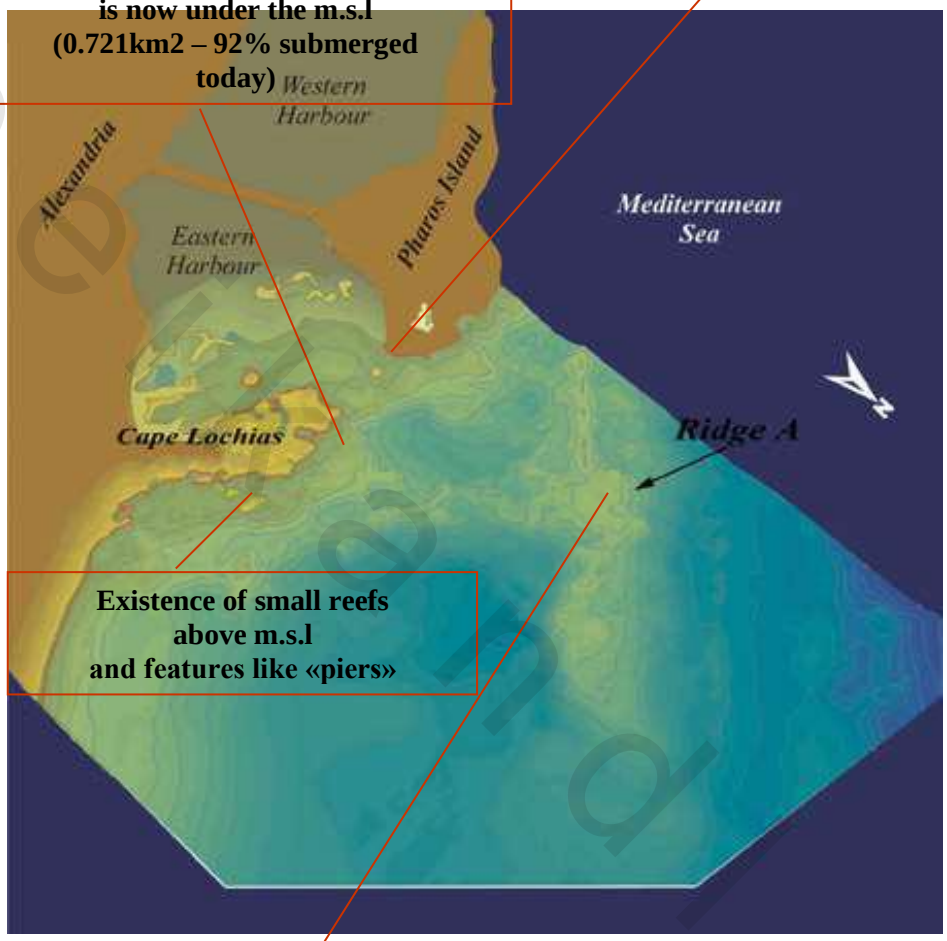
1- PAPATHEDOROU G.: Alexandreia Emerging-Paleogeographical reconstruction of Ptolemaic Alexandreia, pp 305,306, 319.

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

obeikandl.com

The entrance of Great Port was very narrow (600m) (today 1700m). The depth of Great Port was 4.5-9m and covered bigger area than today.
The existence of a small reef above msl.

Cape Lochias (an extended part is now under the m.s.l (0.721km2 – 92% submerged today)



Existence of small reefs above m.s.l and features like «piers»

The rocky ridge (-1) was 3m under the 2300 BP sea surface
(i) A natural breakwater protecting the Eastern Harbor from heavy weather (4m wave height)
(ii) Dangerous reef for ancient mariners

331BC (~2300BP)

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

نقلاً عن: GEORGE PAPATHEDOROU

قطاع أخر 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 ـ الكوارث الطبيعية المختلفة كالزلازل و الأعاصير:

تتعرض الكثير من المواقع و المنشآت الساحلية كالموانى و المدن للغرق بفعل الزلازل التى تتسبب فى هبوط السواحل بشكل مفاجىء.[٢]

أن البقايا الآثرية 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 الآثرية الجغرافية أن مثل هذا الأنخفاض فى الحجم هو على الأرجح وظيفة تكتونيكية (متعلقة بالقشرة الأرضية) مرتبطة بالكوارث الطبيعية، مع أرتفاع نسبى أكثر تقدما فى مستوى سطح البحر .[٣]

فالسجل التاريخى يشير إلى أن الإسكندرية قد تأثرت بعدد من الزلازل و التوسونامیات فى أخر ثلاث ألاف عام، هناك عدد من المصادر الآثرية المتنوعة تشير لدمار الإسكندرية بتوسونامى فى ٣١يوليو ٣٦٥م حيث دمر أجزاء من بلدان متعددة على طول شرق البحر المتوسط ، و كان له أثره البالغ على جزيرة كريت و مصر، ويرجع هذا لزلزال عرف بالقوس الهلينى [٤]، الذى وصفه Ammianus Marcellinus بـ (Day of Horror) كما أشار لغرق نسبة كبيرة من دلتا النيل.[٥]

الرحالة الإسلامى أبن بطوطة ذكر أنه كان هناك زلزلازل فى ٩٥٦م، ١٣٠٣و ١٣٢٣حيث 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 الهلينى (القوس الهلينى النشط الأندساس) و المناطق الساحلية المصرية المنخفضة الزلازل، و هى فى وقتنا الحاضر

1- A. de Graauw1: 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.

openkandil.com

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 المنشأت و المبانى فى الإسكندرية و ما حولها، و (جدول رقم ٤) يوضح قيم كثافة الزلازال التاريخية التى حدثت بمدينة الإسكندرية.[١]

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

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

نقلاً عن: International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation

معايير تقدير الكثافة

VIII = ٨ وقوع أبراج فنار الإسكندرية IX-X = ١٠- ٩ دمرت المدينة بالكامل ، أخلاء السكان للمدينة

SW تشير إلى حدوث موجة بحرية

كما أظهرت بعثة المعهد الأوروربى من خلال الملاحظات و التحاليل الآثرية الجيولوجية للمواقع أكتشاف الآثار الزلزالية و علامات مميزة لتميع التربة فى أماكن بعينها، بالدرجة الأولى فى أبو قير حيث أحدثت التدمير الكبيربتونيس هيراكليوم و كانوب و كذلك الميناء الشرقى، و نلحظ ذلك فى (صورة رقم ٥٢) حيث نرى أكتشاف البعثة لصدع كبير.[٢]

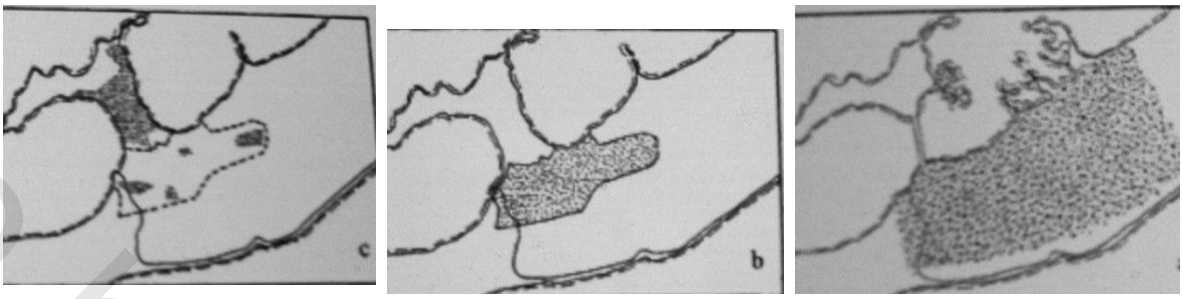
فلقد غرق الميناء الملكى حالياً بخمسة أمتار تحت سطح البحر الحالى، أعاد Goiran بناء التاريخ الهولوسينى لموانى الإسكندرية القديمة عن طريق علم الطبقات الساحلية و العديد من أدوات علوم الجيولوجية (شكل رقم ٤٧) و (صورة ٥٣).[٣]

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 - l45.

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.

obeikandi.com



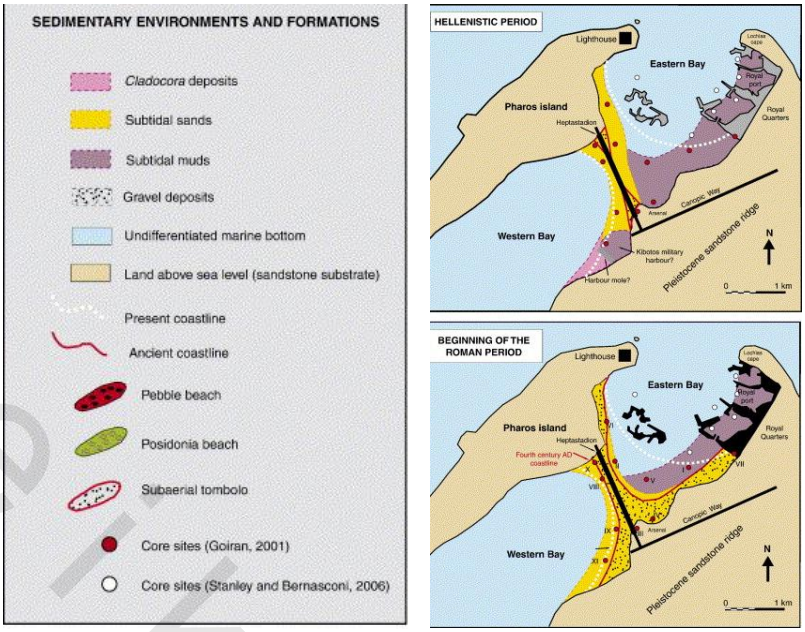
(شكل :٤٦أ-ب-ج) تراكم الطمى منذ العصر على جانبى الهيبتاستاديوم.

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

(صورة : ٥٢) دليل مهم على هبوط الطبقة السفلية محددة بالمناطق التى كانت توجد بها أساسات مدينتى مينتوس وهيراكليوم فى أبو قير حيث توضح الصورة أحد الغواصيين يقوم بفحص صدع فى الأساس الطيني لخندق بالقرب من الآثر الضخم شرق كانوب ، ربما يكون معبد لسيرابيس.

نقلاً عن:

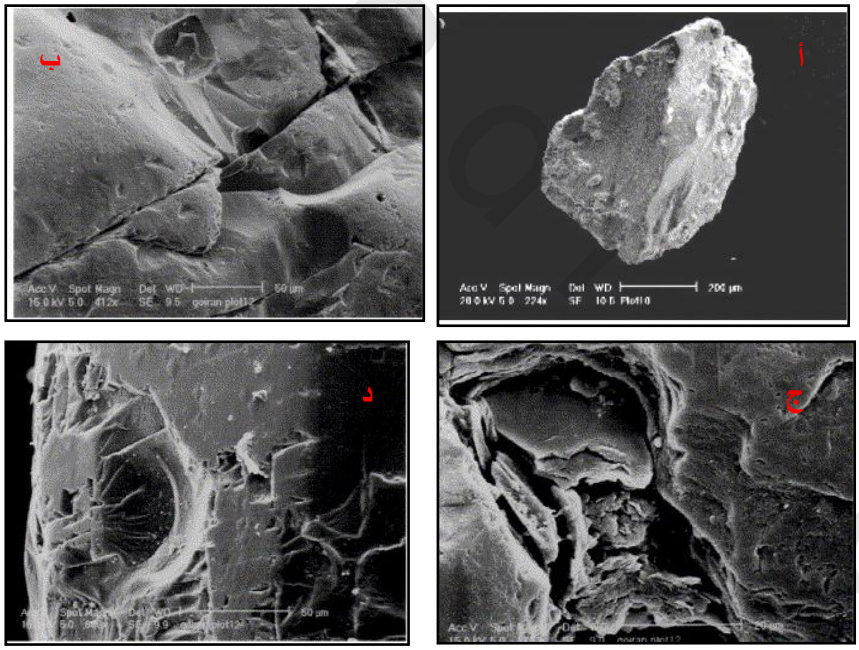
©Franck Goddio/Hilti Foundation, photo: Christoph Gerigk.



الحقبة الهلينستية

بداية الحقبة الرومانية

(شكل : ٤٧) يوضح إعادة البناء الجيومورفولوجية لميناء الإسكندرية القديم من خلال (Goiran et al. (2005)، حيث نرى الهيبتاستاديوم 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 أثاراً لصدمات ذات طاقة عالية على حبيبات الكوارتز، أ- توضح تطور حبيبة كوارتز غير متآكلة من طينات الميناء القديم بالإسكندرية، ب - يوضح آثر التوسونامى القديم خط صدع عميق، ج - يوضح آثر التوسونامى القديم شرخ سطحى على سطح حبيبة كوارتز، د - يوضح آثر التوسونامى القديم صدمة آثر طاقة عالية .**

نقلاً عن:

Earth-Science Reviews 80 (2007)

علاج و صيانة الآثار الجرانيتية المنتشلة من البيئة البحرية

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

أن تسلسل و ترتيب هذه المراحل يعتمد على حالة الأثر بحيث يمكن أن نتخطى أو نبدل إحدى هذه الخطوات فيما عادا مرحلة التحلية التى تعد أول و أهم المراحل بالنسبة للآحجار الغارقة.

كما أن أى معالجة يتعرض لها الأثر تترك آثرها 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 أزالة الرواسب ، الرفع و لأنتشال ، الأستنساخ، و عمليات الترميم و الصيانة الأولية.

١ ـ أزالة الرواسب :

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

يتم تنظيف القطعة مما عليها من رواسب و مخلفات بالطرق الميكانيكية (لوحة رقم ٥٦ب – 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 الكلك 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.

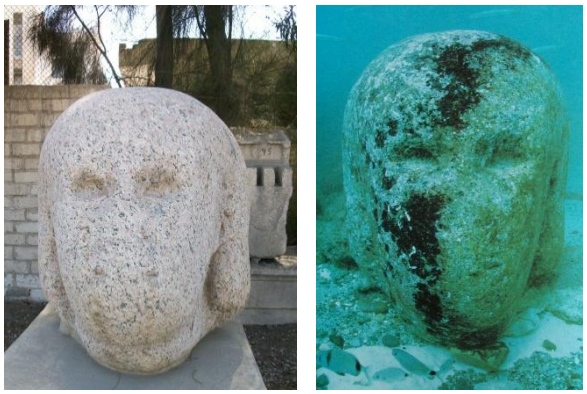
obeikandl.com

(صورة:٥٤) توضح جهاز جرافة المياه به أنبوب يستخدم الضغط لشفط الرواسب

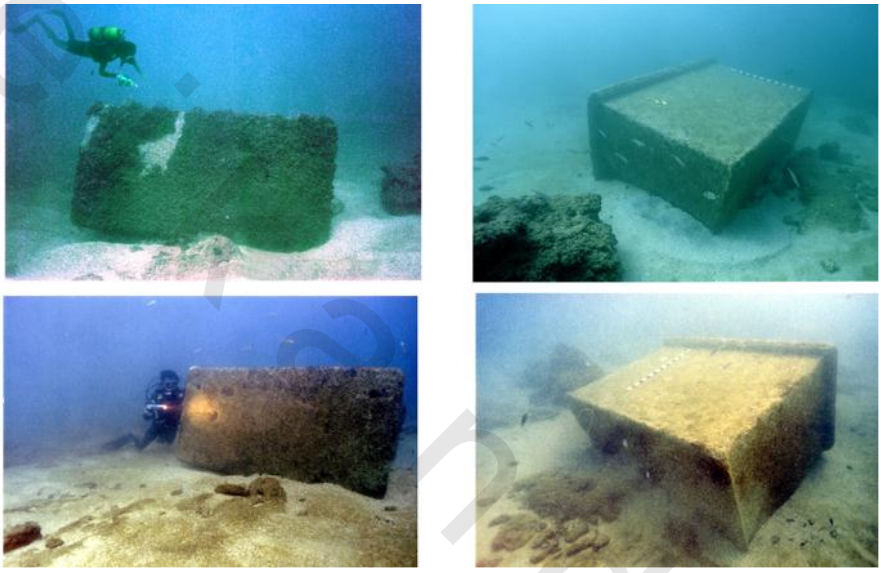
(لوحة : ٥٥) توضح التكلسات الجيرية و البحرية الموجودة على الآثار أسفل المياه بمدينة الإسكندرية.

(لوحة : ٥٦) توضح عملية التوثيق و التنظيف بالفرشاة وإزالة الطحالب

نقلاً عن : Empereur,J.Y. : "The Riches of Alexandria",
http://www.pbs.org/whbh/nova/sunken/empereur.htm



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



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

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

نقلاً عن :.The Hellenic Instituate of Ancient and Mediaeval Alexandrian Studies
.http://underwaterarchaeology.gr/HIAMAS/Images

٢ ـ عملية الرفع و الأنتشال:

أن الرفع و الأنتشال من أسفل المياه أكثر تعقيداً من الأرض، ليس فقط بسبب المخاطر الواضحة التى تحيط به و لكن إيضا مما يتطلبه من جهد و خبرة كبيرة حتى لا تتعرض القطع للكسر أو الأنهيار.

بالنسبة للقطع الصغيرة يزود الغواصوان بأكياس من النيلون أو البلاستيك بأحجام مختلفة لوضع وحفظ القطع الآثرية بداخلها، هذه الأكياس مزودة ببطاقات من البوليستر مطبوع عليها كود الموقع المنقب عنه .

حيث يقوم الغواص بتوثيق المعلومات بإستخدام 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 بإستخدام الرصاص.[١]

فى الغالب يتم إستخدام سلال شبكية أو صناديق بلاستيكية لإنتشال القطع الصغيرة.

أما القطع الكبيرة الثقيلة مثل (التماثيل ـ شواهد القبور ـ 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 الصلب 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 الآثرية.[٢]

كما أن هناك العديد من الأساليب لتدعيم القطع الآثرية 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.

obeikandl.com

نقلاً عن:
Treasures of the Sunken City, NOVA.

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

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

(لوحة: ٦١) توضح ما تم عمله من ثقوب بجزئى التمثال Y1حيث هناك ثقوب صغيرة صنعت لإنتشاله من البحر، أما الثقوب الأكبر فهى 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 ـ الأستنساخ:

يتيح هذا التكنيك عمل بصمات أو نسخ من القطع الآثرية 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 الآثرية فى الموقع.

أ ـ طريقة البصمة بالضغط Stamping :

عملية الصب لأخذ نسخ من الآثر 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 الضغط و هى غير مكلفة و سريعة، [١] و هى عبارة عن أخذ طبعة من سطح الكتلة الآثرية سواء أسفل البحر أو خارجه، و هى تصلح للنقوش و الكتابات (لوحة رقم ٦٢)، و تستخدم هذه الطريقة لكتل 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 طبقا لعمق الأشكال و الزخارف على سطح الكتلة، و يقوم الغواصيين بعد ذلك بوضع هذا الغطاء النسيجى 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 إيضاً 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 سالفة 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 ـ 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 سيتدفق الراتنج ليملاء القالب، يغمس نصف التمثال فى قاع دقيق من البلاستيلاين، كقاعدة لبناء النصف الأول من القالب، ثم يصب على الأقل أثنين 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 بالأبر لتحكم سمك طبقة السليكون، و عند حدوث البلمرة تصب طبقة صلبة من الأيبوكسى لتغطى غشاء السليكون.

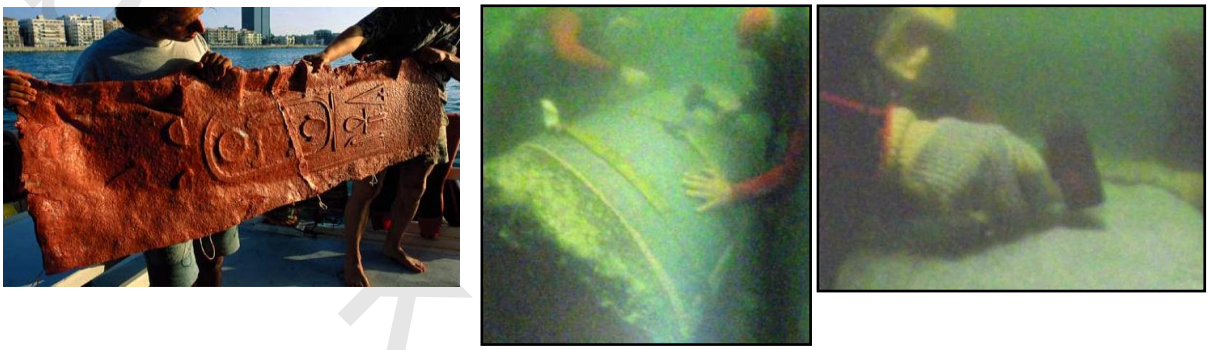
1- Robinson, W.S. : 2004, The elements of archaeological conservation, Taylor & Francis e-Library, London and New York, pp 52,57

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

obeikandi.com

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، يطلى هذا الراتنج ليتوافق مع اللون الأصلى لخامة الآثر 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 (لوحة٦٣ رقم أ- ب) .

تم عمل نسختين ثلاثيتين الأبعاد لتمثالى أبو الهول عن طريق الصب، و بناء على طلب السلطات المصرية تم عرضهم فى مقر الأمم المتحدة بنيويورك (لوحة٦٣ رقم ج - د).[1]



(لوحة:٦٢أ – ب - ج) طريقة البصمة للنقوش حيث يقوم الغواصيين بوضع الغطاء النسيجى الذى تم أعداده فى الخارج و أنزاله بعد ذلك لقاع البحرليوضع 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 :٦٣أ – ب – ج- د) توضح طريقة القالب الثلاثى الأبعاد للتماثيل التى إستخدمت بمدينة الإسكندرية فى أخذ نسخ من التماثيل المجسمة. نقلاً عن : Sunken Brocot, G.:Egypt

---

1 –Brocot, G. : op. cit., pp55 - 58.

٤ ـ عمليات الترميم و الصيانة الأولية:

أن عملية الصيانة و الحفظ بالموقع، التى تعرف إيضا 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 الذى سيتم للقطع الآثرية المنتشلة، قبل نقلها إلى معمل الترميم المتخصص من أجل إعطاء الأولوية لعملية المعالجة للقطع المستخرجة طبقاً لنوعها وحالتها ، و طبقا 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 المبلل بماء البحر خاصة فى حالة الأحجار ذو الحجم الكبير التى لايمكن غمرها بالمياه لحين وصولها لمعمل الترميم لتفادى حدوث أى تلف (صورة رقم ٦٤) و (صورة رقم ٦٥).(٢)
كما أن عملية غمر القطعة الآثرية أو لفها يحد من الضوء مما يؤدى للحد من نمو الطحالب (٣)، لأن الآثار المستخرجة من البيئة البحرية تكون مشبعة بمياه البحر و وضعها فى مياه الصنبور مباشرة سوف يحدث ضغط أسموزى نتيجة للفرق بين كل من مياه البحر و مياه الصنبور.(٤)

و فى حالة صخر مثل الجرانيت إذا ترك دون أجراء 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، والمناخ البارد يساعد بنجاح فى إزالة الطبقات تدريجياً.
فزيادة حجم الحبيبات المعدنية مرتبط بالتجوية الكيميائية للفلسبار و يمكن أن تزيد من عملية التقشر ، و يحول الجرانيت إلى شكل كروى يتصف بسلسلة من طبقات متركزة.(٥)

ثانياً : عملية التحلية (سحب الأملاح):

يتم غمر الآثار الجرانيتية فور وصولها فى الأحواض الموجودة بمعمل المسرح الرومانى (صورة رقم ٦٦) و المملؤة بالمياه ذات التركيزات المختلفة من كلوريد الصوديوم ـ هما عبارة عن حوضين كبيرين، أبعاد الحوض الأول (٣,٥× ١,٥× ١,٢٨ مترًا) و الحوض الثانى أكبر حجماً (٨ × ٥ × ٢,٥ متراً) و ذلك لحفظ الكتل المستخرجة فى نفس الوسط و تحت الظروف التى كانت موجودة فيها قبل إنتشالها ـ نظراً إلى إعتماد عملية العلاج على سحب الأملاح التى أكتسبتها القطع الآثرية أثناء وجودها فى 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 –Schnepp, G. : 2004, underwater archaeological Surveying & Magnetometry, SUNKEN EGYPT (ALEXANDRIA), perplius, 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.
٦ـ محمد أحمد هلال : ٢٠٠٧ ، الإمكانيات التنفيذية المتقدمة لتأهيل بعض القطع الحجرية المستخرجة من الحفائر البحرية للعرض المتحفى، دراسة تطبيقية على تجميع أجزاء ثلاثة أعمال جرانيتية بالمتحف البحرى تحت إشراف البعثة الفرنسية،بحث منشور، المؤتمر العلمى الدولى الثالث- الفنون البصرية بين الثابت و المتغير – كلية الفنون الجميلة – جامعة الإسكندرية ص ١١ .

openkandil.com

الخطوات المتبعة:

١ـ 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).

٢ـ 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 أخر 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 بحمض 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] وعند أنتشار الطحالب الركدة بالماء يتم معالجتها بهيدروجين بيروكسيد ـ فوق مستوى الأكسجين أو فوق أكسيد الكربون لمنع أنتشار الطحالب.

٣ ـ يتم تكرار الخطوة السابقة على فترات إلى أن تتخلص 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 ـ بعد التخلص التام من الأملاح على سطح الكتل يتم تفريغ الأحواض تماما و إعادة ملئها بالماء النقى يكون حتى منتصف الكتل العلوية (عملية التجفيف بلتخلص من الماء تدريجيا)، ويتم معاجة الأجزاء المكشوفة و تنظيفها بالطرق الميكانيكية التقليدية و تستمر العملية حتى تشمل جميع الكتل الموجودة بالأحواض. [٣]

هناك أحدى الدراسات للدكتور/ طارق نازل تفضل عملية أخرى للتحليلة عن طريق الغسل المباشر بالخراطيم المندفقة للماء، حيث تحك سطوح القطع الآثرية 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 الخراطيم قد تكون مفيدة فى حالة عدم وجود أحواض كبيرة للتحلية التى يتعذر وجودها نظراً لقلة الأمكانات، و إذا كانت القطعة الجرانيتية بحالة جيدة.

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

تركيز المحلول	٦٠%	٤٠%	٢٠%	مياه عذبة		
عدد الساعات	١٤٤	٢٦٤	٣٣٦	٤٠٨	٤٥٦	٥٢٨
جم / لتر كلوريد الصوديوم	١٨,٥٣	١٣,٧	٤,٧	١,٢٨	١	٠,٠٥

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

---

١ ـ نقلا عن معمل ترميم المعادن بكوم الدكة (المسرح الرومانى).
٢ـ محمد أحمد هلال : ١٩٩١ ، تقنيات ترميم و صيانة الاعمال النحتية ، رسالة ماجستير ، كلية الفنون الجميلة ، جامعة الإسكندرية ، ص٢٢.
٣ـ نقلا عن معمل ترميم المعادن بكوم الدكة (المسرح الرومانى).
٤ـ محمد أحمد هلال : تقنيات ترميم و صيانة الاعمال النحتية ، ص٢٢.

obeikandl.com

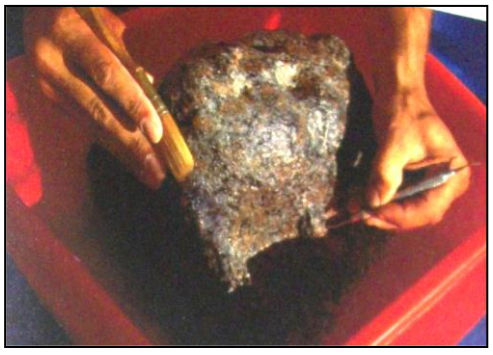
(صورة : ٦٤) توضح عملية غمر القطع الحجرية الصغيرة و المتوسطة الحجم فى أحواض بلاستيكية مملؤة بمياه البحر حتى وصولها لمعمل الترميم.

(صورة : ٦٥) Terry toweling و هى عبارة عن مناشف بيضاء لتغطية القطع الآثرية الكبيرة والضخمة و تستخدم حتى يظل الآثر محتفظاً برطوبته حتى يصل إلى معمل الترميم، لذلك فهى مناسبة للقطع الآثرية المسخرجة من البيئة البحرية، و تكون متاحة فى صورة لفافات.

نقلاً عن : Scott, R.:

(لوحة :٦٦) توضح التماثيل و هى موجودة بالأحواض الكبيرة أثناء عملية التحلية بالمسرح الرومانى بكوم الدكة.

نقلاً عن : Jean Yves Empereur, Alexandria Rediscovered,



(صورة : ٦٧) رأس جرانيتية أثناء تنظيفها مما عليها من تكلسات فور إنتشالها.

نقلاً عن :Franck Goddio:Egypt Sunken Treasures

ثالثاً : التنظيف:

يعتبر التنظيف خطوة من أهم الخطوات التى تبدأ منذ أكتشاف الآثر أثناء الحفائر و فى 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 فى الموقع، ففى المناطق العميقة من الموقع تتراكم على الكتل العديد من الطبقات، و لذلك لابد من أنتشال تلك القطع حتى يتمكن الآثرى من دراسة الطبقات السفلى المتراكمة (لوحة رقم ٥٦ب – ج) و (من صورة رقم ٥٧ إلى صورة رقم ٥٩).
و ينقسم التنظيف إلى نوعين تنظيف ميكانيكى و تنظيف كيميائى.

١ ـ التنظيف الميكانيكى:

يستخدم المكشط و المعول المصنوعان من الأستنلستيل حيث فحص الرواسب دون الأضرار بالآثر 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 الآثر و التى تكون سميكة الحجم و هى عبارة عن تكلسات جيرية و حيوانات بحرية و قواقع و طحالب و حشف يكسو الآثر، تستخدم الأدوات بدقة و حظر 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 لاتتعرض 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 السيلسية:

تستكمل عملية التنظيف إيضا أثناء التحلية بإستخدام الفرش الكبيرة لإزالة ما يوجد على الآثر من تكلسات، فبالنسبة للقطع المستخرجة من البحر يجب أن نفرق بين المخلفات الجيرية و السيلسية (السليكونية) للكائنات البحرية، مخلفات و ترسيبات أكاسيد الحديد و النحاس و المخلفات العضوية (الطحالب ـ الأسفنج ـ البكتيريا).
تظهر المخلفات الجيرية فى صورة أصداف لبلح 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.
٣ـ نقلا عن معمل ترميم المعادن بكوم الدكة (المسرح الرومانى) ، الإسكندرية.

obeikandi.com

أما المخلفات السيلسية فتكون على هيئة ترسبات منخفضة ناعمة بيضاء لشفافة تكون أزالتها شديدة الصعوبة حيث تختلط وتنصهر بطريقة عملية مع سطح القطعة، تزال بالطريقة الميكانيكية حيث تكون الروابط السيليكونية ذو مقاومة شديدة للكيماويات 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 تماماً عند أتصالها بالجو حيث تمتص الكربون مما يجعلها شديدة الصلابة عند جفافها [١]، و تزال المخلفات ميكانيكيا بإستخدام المشارط الجراحية، أزاميل الموجات الفوق 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 الآثرية، 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 الـ X-Ray لمعرفة إذا كان يوجد آثر 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 المطمورة.

٢ ـ التنظيف الكيميائى:

بالنسبة للتنظيف الكيميائى فيكون اللجوء إليه فى أضيق الحدود و ذلك لما يكون له من أضرار جانبية مثل ترسب الأملاح أو التأثير على الزخارف أوظهور البقع .

و تستخدم المواد الآتية: ـ المواد الكيماويات العضوية (المذيبات العضوية و المنظفات الصناعية).

ـ المنظفات العضوية من النوع الغيرمتأين مع الماء القوى تحت ضغط منخفض.

ـ المواد الكيميائية الغير عضوية (الأحماض و القلويات و الأملاح الغيرعضوية).

و عند تطبيق طرق التنظيف الكيميائى 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.

<u>كما أن هناك محلول آخر أثبت فاعليته فى عمليات التنظيف و تركيبه كالتالى:</u>

١٠٠ سم٣ ماء مقطر Distilled Water - ١٠ جرام صابون متعادل (Soft Soap (Lissapole N

- ١ سم٣ 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 .

obeikandl.com

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

لإزالة التكلسات الجيرية:

بالنسبة للتكلسات الجيرية عند تعذر إزالتها بالطرق الميكانيكية نتطر إلى إستخدام الطرق الكيميائية حيث تستخدم المركبات الكيميائية بحذر و بدقة محكمة و بأقل قدر ممكن حيث لا تضر بالبنية الطبيعية و الكيميائية للحجر، و يمكن إستخدام ضمادات محددة الوقت على المخلفات الجيرية البارزة، حيث أثبتت الدراسة نجاح كمادة ٣٠ بنسبة جرام كربوكسى – ٣٠جرام كربونات أمونيوم وتغطيتها 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 الحجرى 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 المتكلس مما يسهل من عملية تنظيفه بالأساليب الميكانيكية دون تعرض سطح الحجر للنقر أو التلف و قد تم ذلك قبل أنهاء عملية التحلية النهائية بالقطع الموجودة بمعمل ترميم المعادن بكوم 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 سليلوز أعطت نتائج إيجابية بعد ١٠٠ دقيقة حيث تحللت الرواسب و أصبحت ضعيفة، و بمساعدة المشرط أزيلت بقايا الرواسب بسهولة.[٣]

فالـ **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 الآثرية يجب أن تطبق لمدة وقت أطول، لا تقل عن ٢٤ ساعة.

لإزالة البقع السوداء:

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

١ـ محمد أحمد هلال : دراسة تطبيقية على تجميع أجزاء ثلاثة أعمال جرانيتية بالمتحف البحرى ، ص ١١ .
٢ـ نقلا عن معمل ترميم المعادن بكوم الدكة (المسرح الرومانى) ، الإسكندرية.
٣ـ 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.

obeikandl.com

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 صدأ بنسبة تركيز تتراوح بين ٥% إلى ١٠% مع ترك تلك الكمادات لفترة تتراوح بين ١٠ ـ ١٥ دقيقة، مع مراعاة إجراء عملية الغسيل الجيد لتلك المناطق مباشرتا 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% ـ ١٠% و لمدة تتراوح مابين ٥ ـ 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 تطبييق 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:

ـ يمكن إستخدام هاجزن Hexan . [٤]

ـ 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 بالمسرح 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 ـ ٥% تبعتها عملية إعادة غسيل بالماء الجارى مرة أخرى حتى تم التخلص تماما مما تبقى من الحمض .

١ـ 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 : ا لمرجع السابق، ص ١٢.

obeikandi.com

- كما يمكن إزالة آثار البقع و الشحوم بإستخدام ٥% dichloromethane فى الإيثانول لمدة ٥ دقائق.[١]

- لإزالة التكلسات الثقيلة من أسطح الجرانيت الغير مصقولة يتم مبدئيا إستخدام ماء نقى تحت ضغط منخفض ثم طبق بعد ذلك ٥% من حمض الهيدروفلوريك Hydrofluoric Acid مع أخذ الأحتياطات.[٢]

التنظيف بإستخدام الكمادات:

تعتبر كمادات التنظيف فى كثير من الأحيان بديلا عن طرق التنظيف بواسطة الماء أو طرق التنظيف بواسطة بخاخ الماء الجزيئى 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 أثنين من الكمادات شديدة الأهمية تستخدم فى إزالة القشور السوداء، و بالنسبة لإزالة الأملاح الذائبة بإستخدام الكمادات تكون صعبة و دائما غير كاملة.

الأولى: تكون بإستخدام ملح الصوديوم لحمض الخليك Ethylendiaminetetra-Acetic Acid و الذى يشار إليه بأسم (Na-EDTA) كعنصر نشط، و هى مستخدمة منذ عام ١٩٧٠ ، و هى مناسبة لقشور و ترسبات الجبس لأنها تحدث مكون مستقر مع أيونات الـ Ca_2^+، و بالتالى يتحول الجبس إلى كبريتات صوديوم Sodium Sulfate (Na_2SO_4) قابلة للذوبان التى تتشرب داخل الكمادة كما تتشرب داخل الأحجار.

الثانية: تكون بإستخدام كربونات الأمونيوم Ammonium Carbonate تم تطويرها فى عام ١٩٦٠ ، و يكون بتحويل الجبس الذائب إلى كالسيت أقل ذوبانا، لأن كربونات الأمونيوم قلوية بأس هيدروجينى ٩.٥ مما له تأثير تنظيف قوى، كما أن زيادتها لا تكون مضرة لأنها تتحلل فى المركبات المتطايرة.

تصنع المادة الخاملة الداعمة للكمادة من مواد مثل المعادن الطينية (Attapulgite, Sepiolite, Bentonite)، الميثيل سليلوز Methyl Cellulose و السليكا العالية التشتت Highly Dispersed Silica، و لتمام فاعلية الكمادة لابد أن تكون ملتصقة جيدا 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)/ Snethlage, 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.

openkanal.com

إستخدم مؤخرا اللاتكس الطبيعى (المطاط) فى التنظيف حيث يتم رش مستحلب الاتكس أو دهنه عن طريق فرشاة للتنظيف، و بعد تصلبه يشكل غطاء بلاستيكى يمكن نزعه، فأى جزيئات غبار أو أتربة لم تلصق بقوة على السطح تقشرمع غطاء الاتكس البلاستيكى، 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 ـ التشقق ـ التقشر و الشروخ و يعد كل ذلك شكلا من أشكال التلف و التى تؤدى فى حالة إستمرارها إلى ضعف بنية الآثار الحجرية.

تنقسم مواد التقوية إلى:

١ ـ المقويات العضوية الطبيعية:

من أقدم المواد التى أستخدمت و أصبحت نادرة بل عديمة الإستخدام خاصاً بعد أكتشاف المقويات الحديثة نظرا لما بها من عيوب تتمثل فى تعرض سطح الحجر المعالج للتلف الميكروبى نتيجة للرطوبة عند إستخدام الأصماغ الطبيعية و زلال البيض و اللبن و الدكسترين، 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 ـ 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 المالئة و هذا يسبب شد سطحى لأن المقويات غير العضوية تعطى طبقة صلبة و سطحية كما أنها تنتج أملاح عن طريق تفاعل المكونات الناتجة مع مادة الآثر 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 الآثر. [٣]

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

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

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

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

obeikandi.com

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

تتميز الراتنجات العضوية الصناعية عن غيرها من المواد بخاصية المرونة و الناتجة عن أرتباط السلاسل الهيدروكربونية فى شكل غير محدد تجعلها صالحة إمتصاص الصدمات الميكانيكية.

يرى بعض العاملين فى مجال الترميم عدم الإفراط فى إستخدامها لأنها مازالت حديثة الأكتشاف و لا نستطيع الحكم عليها بطريقة حاسمة قبل مرور وقت طويل مما يحتم أن يكون إستخدامها مسبوقا بالدراسة و التجربة الكافية للحكم على صلاحيتها و الطريقة المستخدمة التى تتلائم مع حالة الحجر.

تنقسم الراتنجات الصناعية إلى:

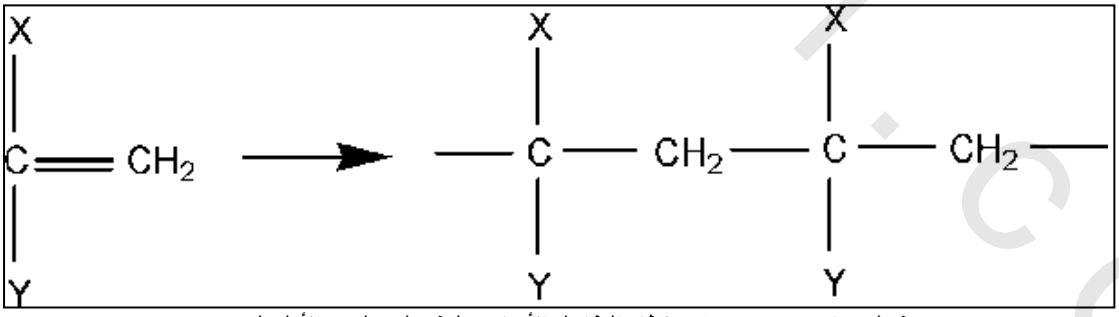
أ- راتنجات الثيرموبلاستيك Thermo Plastic Resins:

هى مركبات عضوية عالية التبلمر تلين بالحرارة و تتصلب بالتبريد و من أمثلتها:

- راتنجات الأكريلك Acrylic Resins:

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

يعتبر البولى ميثيل ميثاكريلات Polymethyl Methacrylate (PMMA) من أكثر المنتجات المتعارف عليها من الأكلريلات، و هو ينتج عند بلمرة الميثيل ميثاكريلات Methyl Methacrylate (MMA) ، و هذه المادة تعرف بأسم Plexiglas ، و يعتبر أصفرار الأكلريلات لأن معظم مركبات الأكريلك تتبلمر بواسطة البيروأكسيد Peroxides الذى يتحلل خلال التفاعل، مع ذلك يكون هناك أكريلات عرضة للأصفرار حيث تتم بلمرتها من قبل الأمينات، فيجب أن تكون درجة حرارة الأنتقال الزجاجى **Tg** للأكلريلات أعلى من معدل درجة حرارة الذى ستوضع فيه القطعة الأثرية حتى لا تفقد فعالية عملية التقوية، و تعتبر منتجات الـMMA و الـEMA الأكثر ملائمة فى عمليات الترميم (جدول رقم ٦).[1]



(شكل: ٤٨) رسم يوضح نظام التفاعل الأساسى لتشكيل بوليمر الأكليريك

الحروف X و Y المجموعات العضوية المختلفة التى تحدد الخواص الكيميائية و الميكانيكية لراتنجات الأكليريك المبلمرة، فجميع مركبات الأكليريك هى إيسترات من حمض الأكليريك و أى مادة كحولية.

نقلاً عن : Giorgio Torraca: Lectures on Materials Science

1- Doehne E. and Clifford A. Price: 2010, Stone Conservation, An Overview of Current Research, The Getty Conservation Institute Los Angeles, Second Edition, p 42.

(جدول :٦) يوضح المعادلة العامة لمونيمرات الأكليك الأساسية

Tg ◦C	المجموعة Y	المجموعة X	الأختصار	الأسم
١٠٠	–C(=O)–O–CH3	–CH3	MMA	Methyl-methacrylate
٦٥	–C(=O)–O–CH2–CH3	–CH3	EMA	Ethyl-methacrlyate
٣٥	–C(=O)–O–CH2–CH2–CH3	–CH3	nPMA	n-Propyl-methacrlyate
١٠	–C(=O)–O–CH3	–H	MA	Methyl-acrylate
٢٤-	–C(=O)–O–CH2–CH3	–H	EA	Ethyl-acrylate
-	–C(=O)–OH	–H	AA	Acrylic acid

Tg ◦C = درجة حرارة الأنتقال الزجاجى

هذه الأسماء هى تبسيط للأسماء الكيميائية الصحيحة، فالأسم الصحيح للـ Methyl-methacrylate ، يكون Methyl Ester of the Methacrylic Acid .

نقلاً عن : Giorgio Torraca: Lectures on Materials Science

و من ضمن أنواع الأكلريلات :

- الباراليويد ب ٧٢ Paraloid B72 :

من أفضل المواد المستخدمة فى 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 زجاجى ٧٢ُ درجة، (شكل رقم ٤٩) و (شكل رقم ٥٠)، ويطلق عليه إيضا أكريلويد Acryloid B72 و هى فى صورة كويرات صغيرة شفافة صلبة من البوليمر قابل للذوبان فى معظم المذيبات العضوية مثل الطولوين، أسيتون، البيوتانول، ثنائى الأسيتون و الكحول، كلوريد الميثيلين، إيثيل أسيتات و أميل أسيتات، يطبق بتركيز من ٢% إلى ١٠% فى هذه المذيبات العضوية .

قام كثير من المرممين بمحاولة إستخدام البارلويد B72 الذائب فى الـ Alkoxysilane مثل MTMOS ، و ذلك لما للبارلويد من خواص لاصقة تساعد فى لصق وتدعيم القشور يفتقدلها الـ Alkoxysilane حيث أن الكوكسيسيلان مقوى ذو تغلغل جيد و ليس ذو خواص لصق جيدة، و لابد أن يقوم بتطبيق هذا الخليط مرمم ذو خبرة كبيرة لتفادى الأضرار بالأثر.

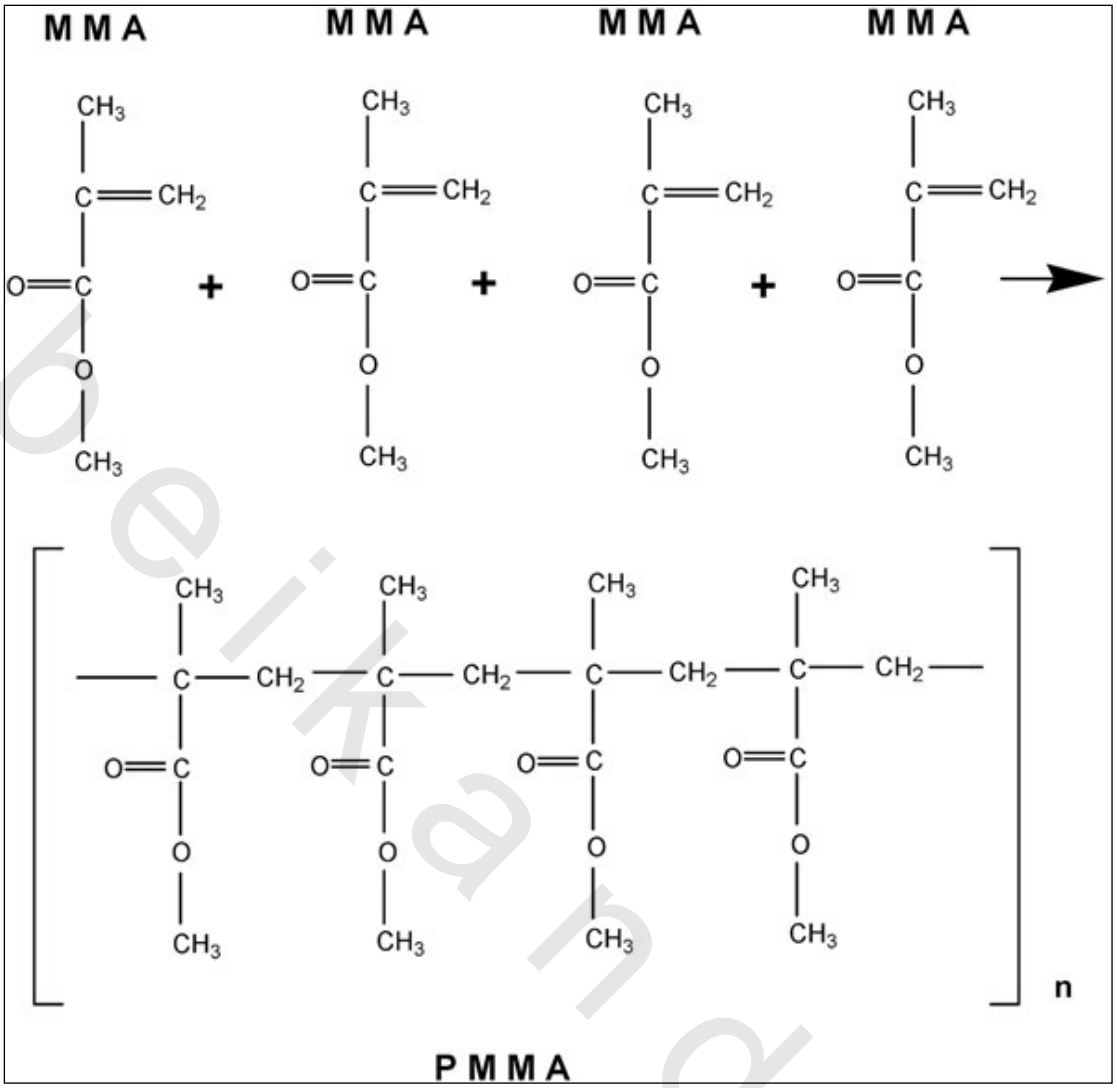
و من أهم مميزات البارلويد B72 أن له درجة ثبات عالية للضوء و مقاومة الأكسدة و التغيرات الأخرى فى الجو، كما أنه يظل محتفظا بقابليته للذوبان بمرور الوقت و لا يفقد هذه الخاصية حتى بعد التعرض المستمر للضوء لفترات طويلة، و البارلويد قابل للإسترجاع و من اللواصق الممتازة و لكن ليس من الضرورة أن يكون مقوى جيداً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

و من الأفضل أن يطبق البارلويد B72 على أحجار الجرانيت بتركيزات منخفضة و يكرر الطلاء بعد الأنتهاء من جفاف كل طبقة، حيث أن الجرانيت لا يمتص بشكل موحد، و لقد أظهر الـ SEM البارلويدB72 بفيلم ذو سطح سلس نسبيا و لكن فى بعض الأجزاء يظهر بسطح متموج قليلا، وذلك فى الدراسة التى أجريت على المسلة الناقصة بأسوان (دكتور شحاته عبد الرحيم)،[٢] كما أكدت ذلك إيضاً الدراسة التجريبية التى قامت بها الباحثة.

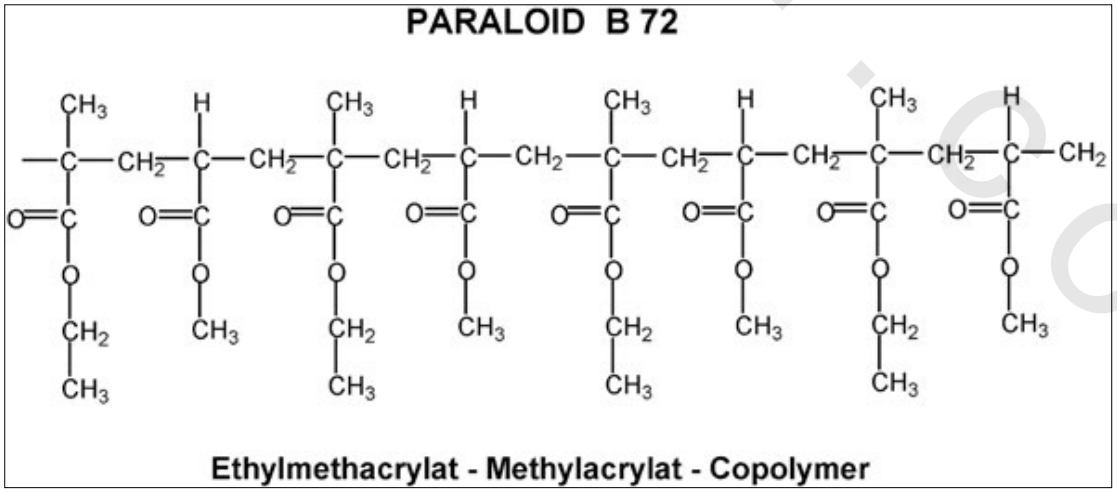
1- Doehne E. and Clifford A. Price: Stone Conservation, op. cit, p 42.

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.

obeikandl.com



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



(شكل: ٥٠)يوضح التركيب الكيميائى للبارلويد B72

نقلاً عن : Giorgio Torraca: Lectures on Materials Science

obeikandl.com

- البارلويد ٤٤ Paraloid B44 :

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

مع ذلك فأن 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 إستخدام 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 الأكليريك 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 Poly Vinyl Acetate (PVAC) و يعطى طبقة لامعة على السطح و البولى فينيل الكحول Poly Vinyl Alcohol (PVAL)، 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 برجات خلات منخفضة ، متوسطة و عالية و لزوجة تتراوح من ١،٣ إلى ٦٠ ، يكون جفاف PVAL أكثر وضوحا من PVA ، أكثر ليونة و أقل أنكماشا.(٣)

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

خلات الفينيل(Polyvinyl Aceton (PVA توجد فى شكل راتنج نقى و مستحلب أيضا و تحت أسماء تجارية متعددة فى كثير من البلدان وتذاب 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 لراسة معابد الكرنك، ٢٩ إبريل ٢٠١٠ ، المجلس الأعلى للآثار- السيناريست – تقرير علمى عن أعمال موسم ٢٠٠٩م، ص ص ٤٨ ، ٤٩.

3-Donny L. Hamilton :op. cit., 1997.

obeikandi.com

ب ـ راتنجات الثيرموسيتنج Thermo setting Resins:

تنتج هذه الراتنجات عن تفاعلات التكثيف بين جزيئات هذه الراتنجات وهى تتصلب عند درجة حرارة عالية لتأخذ شكلها النهائى 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:

ـ راتنجات الفينول ـ لدائن الفورمالدهيد ـ لدائن الميلامين.

ـ الشموع Waxes :

شمع الكربوكسى ـ شمع البولى جليكول ـ 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 الكولدسيتنج 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 اللزم للتجميد على نوع المونيمر **Monomer** و نوع المجمد **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 الكولدسيتنج :

١ـ السليكون Silicon Resins :

من خواص مركبات السليكون المظهر المعدنى نتيجة لتواجد الكوارتز الذى يشبه تركيب راتنج السيلكون 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 السيلكون أقل جذبا للإتساخات و حتى عندما توجد الأتساخات فإنها لا تكون متغلغلة داخل الطلاء و يمكن إزالتها بسهولة، و لدى راتنجات السليكون مقاومة لكثير من المذيبات العضوية مثل التولوين و الزيلين ليست جيدة.

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

٢ ـ محمد عبد الهادى محمد: دراسة علمية فى ترميم و صيانة الآثار الغير عضوية، مرجع سبق ذكره ، ص١٠١ .

obeikandi.com

- السيلان **Silanes** :

من أنواع **Alkoxysilanes** الأكثر إستخداما فى تقوية الأحجار الـ Tetra-ethoxysilane (TEOS) - الـ Tri-ethoxymethyl-silane والـ (MTMOS) Tri-methoxymethyl-silane.

الكوكسيسلان مع مجموعات الميثيل Methyl groups (CH3) تعطى 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 عوضا عن تغطية المسام تسمح بأنتقال الرطوبة، وهذا سيسمح للحجر بقابلية إعادة المعالجة مستقبلا عند الضرورة، و تفاعلات التحلل المائى لمنتجات الكوكسيسلان تنتج الكحوليات كمنتجات ثانوية بحيث تكون غير متلفة للحجر و تتبخر فور إنتاجها بحيث تعطى البوليمر الصلب داخل الأحجار.[١]

و من عيوب الكوكسيسيلان تسببه فى حدوث تغيرات لونية طفيفة للحجر المعالج مثل الدكانة و تشكل البقع البيضاء على الأحجار، كما أن الكوكسيسلان يتبخرمن السطح قبل أن يحدث التحلل المائى .

كما أنه غالى الثمن، و يكون إستخدام المادة بنسب عالية للوصول إلى التغلل العميق و بذلك ينحصر إستخدامه فى القطع الصغيرة و المساحات الصغيرة، وجميع أنواع الكوكسيسيلان تعتبر خطرة على الصحة يمكن أن تحدث تلف بالكلى أو أصابة بالعين قد تؤدى للعمى إذا لم تطبق الأحتياطات .[٢]

بالنسبة لتقوية الجرانيت بالكوكسيسيلان فهو ذو أهمية خاصة و من الصعب إيجاد بديلا له، فبرغم من التباين الشديدة فى تركيبات المنتجات المتاحة بالأسواق فان جميعها أظهرت أنتقال جيد داخل المواد الجرانيتية و تعتبر هذه الخاصية ذو نتيجة حاسمة فى علاج الأسطح قليلة المسامية و تشكل رابطة كيميائية بين المكونيين الرئيسيين للجرانيت و هم الكوارتز و الفلسبار و الجل المكون فعند التصلب يصبح خالى من الأملاح.

أن الجيل المكون بعد بلمرة Ethyl Silicates يزيد من تماسك المواد الجرانيتية بعد التقوية كما تبين بوضوح من خلال الزيادة فى سرعات الموجات الفوق صوتية، كما تبين حساسية Ethyl Silicates و عدم تحملها تجاه المياه سواء بالأمتصاص و التجفيف أو بالغمر الكلى.[٣]

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

2 - Oztiir, I.: 1992, ALKOXYSILANES 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.

obeikandl.com

و من أنواع السيلان :

- SILRES® BS OH 100 (Wacker OH 100):

أنتج من قبل Wacker Chemie AG, SILRES® BS OH 100 و هو أيثيل سيليكات عديم الذوبان يخترق داخل الحجر مكوناً رابطة سيليكا هلامية شبه زجاجية . (Wacker Chemie AG MTDS)(SiO2 .aq.)، و لقد تم إستخدامه فى الدراسة التجريبية و أعطى نتائج جيدة فى 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 فى صورة مستحلب واساسه هو السيلوكسان siloxanes، و هو مفيد فى معالجة الأحجار فى الأماكن الساحلية.[٢]

٢ - الأيبوكسى:

يعتبر الأيبوكسى من أفضل الراتنجات لما يمتاز به من خواص ميكانيكية عالية حيث قوة أرتباط جزيئاته مع بعضها البعض (شكل رقم ٥١)، ويستخدم الأيبوكسى فى 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 مالئة، ومن أهم راتنجات الأيبوكسى المستخدمة حالياً النوع المعروف بأسم الأرالديت و هو ضمن أنواع و أصناف متعددة لها درجة لزوجة متفاوتة لإستخدامها فى الأغراض المختلفة.[٣]

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

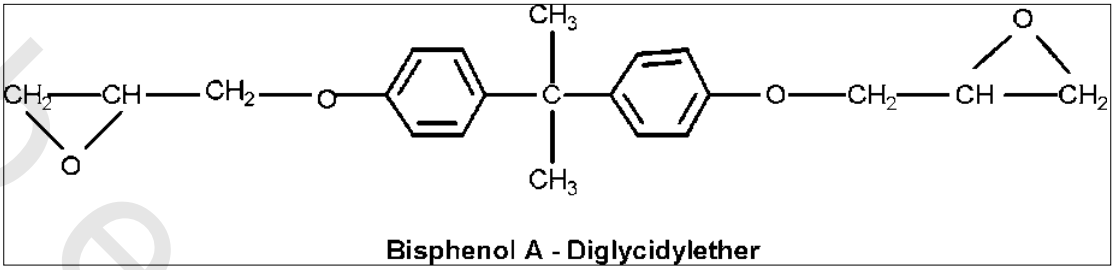
1- Booth J., Viles H., Fletcher P.: 2012, AN EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF 3 INORGANIC CONSOLIDANTS FOR USE ON MUSEUM ARTEFACTS IN COMPARISON TO ORGANO SILANES, 12th International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone , Wednesday 24 October 2012, Poster Presentations—Methods and Materials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

obeikandi.com

كمـا إسـتخدمت راتنجـات الأيبوكسـى السـيكلوإليفاتية (Eurostac EP2101) ذات المقاومـة العاليـة للأشـعة فـوق البنفسجية،[١] و أثبتت نجاحها فى بعض حالات التقوية الهامة فى إيطاليا حيث تقويـة الشـقوق العميقـة بطريقـة شـفط الهـواء فى الأعمدة الجرانيتية المتشققة (Cavalletti et al. 1985).[٢]



(شكل: ٥١) يوضح ثنائى الفينول ـ راتنج الإيبوكسى

نقلاً عن : Giorgio Torraca: Lectures on Materials Science

٣ ـ البولي أستر:

أكتشف البولى أستر عام ١٩٤١ و إستخدم تجارياً عام ١٩٥٣، يحضر راتنج البولى أستر من تكاثف نواتج التفاعل بين الأحماض عديدة الكربوكسيل و الكحولات متعددة الهيدروكيل منتجـة بوليمر تتصـل وحداتـه مـع بعضـها البعض بواسطة روابط مجموعات الأسترات المتكررة و تنقسم البولى أسترات إلى بولى أسترات مشبعة و أخرى غير مشبعة أعتمادا على حمض ثنائى الكربوكسيل المستخدم فى عمليات التحضير(شكل رقم ٥٢) و (شكل رقم ٥٣) .[٣]

ـ يستخدم البولى أستر فى حقن الشقوق الدقيقة جداً لسدها و تقويتها كما يستخدم فى ملء الفجوات بعد خلطها بـالمواد المالئة كذلك يستخدم فى عمليات الترميم الأستكمالى ، و نرى هذا النـوع من الأستكمال فـى مجموعـة الرؤوس المصـنوعة من الجرانيت الوردى المعروضة بمتحف الإسكندرية القومى بقاعة الأثار الغارقة فنجد الجزء المستكمل فـى منطقـة الرقبـة و هى مستخرجة من أبى قير و الميناء الشرقى .

تم عمل هذا الأستكمال للضرورة القصوى حيث تثبيت و تدعيم الرؤوس و إضـافة الحمايـة و الإتـزان لهـا عند عرضـها، و لقد سبق إستخدام البولى أستر فى مجال الترميم فى 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.

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

٤ـ معمل الترميم بمتحف الإسكندرية القومى.

obeikandi.com

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 أخر يوصى بعدم إستخدام البولى أستر فى المتاحف و الأماكن المفتوحة حيث التعرض لدرجات الحرارة الشديدة، دورات الرطوبة و الأشعة فوق البنفسجية.

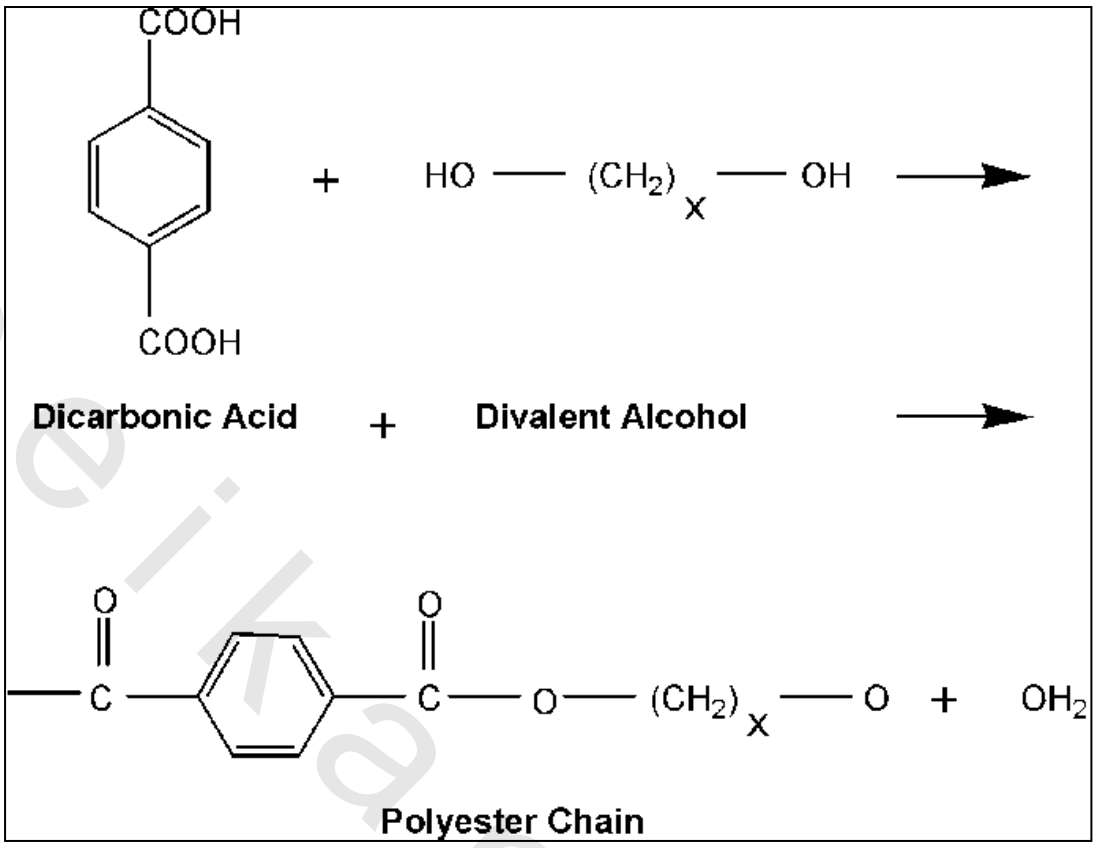
- الفيلوسيليكات Fluosilicates:

هى عبارة عن أملاح حمض الفلوسلسليك 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 السيليكا جيل، و يمكن للحموضية العالية لمحاليل الفيلوسيليكات أن تحدث تغير فى لون أكاسيد الحديد المكونة داخل الحجر، ففى وجود الماء تتحلل الـ Mg_2SiF_6: $MgSiF_6 + 2\ H_2O \rightarrow MgF_2 + SiO_2\ gel + 4\ HF$ وفى هذه الحالة يتكون حمض الهيدروفلوريك HF الشديد الفاعلية، الذى يتفاعل مع أى مواد سيليكونية عن طريق تكوين SiF_4 المتطاير، لذلك فأنه يهاجم بسهولة الأحجار الجرانيتية حيث يخدش الكوارتز و الفلسبارات، و لذلك لا تعتبر الفيلوسيليكات محببة فى مجال تقوية الأحجار حيث أن التقوية بسيليكا جيل تكون أفضل بإستخدام إسترات السيليكات.[٢]

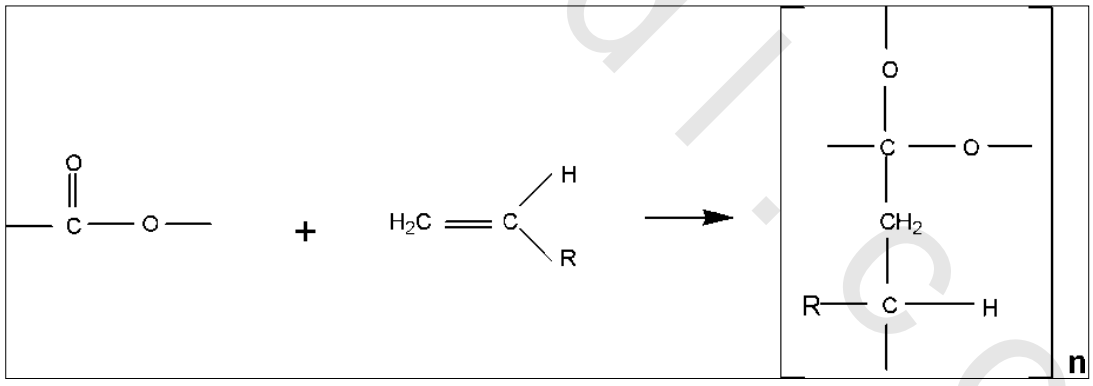
1- Alghazawi, R. : 2011,Challenges of the Jordanian Museums the Role of the Environment in Preventive Conservation, p 27.

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

obeikandl.com



(شكل: ٥٢) يوضح تشكيل سلسلة البولى أستر عن طريق Dicarbonic Acid و Divalent Alcohol



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

نقلاً عن : Giorgio Torraca: Lectures on Materials Science

obeikandl.com

ـ أهم الطرق المستخدمة فى تقوية الأحجار:

١ ـ التقوية بالغمر Consolidation by Immersion:

عن طريق الغمر فى المقويات الكيميائية و قد يكون الغمر جزئيا أو كليا، فالغمر الجزئى ضروريا لتقوية القطع الحجرية الكبيرة و لكن يفضل الغمر الكلى لضمان تحقيق التوزيع المتساوى للمادة المقوية داخل أجزاء الآثر، و يكون من الصعب الحصول على تشريب عميق بالنسبة للأحجار قليلة المسامية كالجرانيت .

٢ ـ الحقن Injection :

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

٣ـ التقوية بواسطة خلخلة الهواء Consolidation Under Vacuum :

هذه الطريقة من التقوية تساعد على تسرب وتحلل المقوى الكيميائى داخل مسام الأحجار على مسافة عميقة نسبيا داخل الآثر 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 الآثار 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 (يوريجتيس الثانى) من الجرانيت الوردى أرتفاع ٦١٠ سم ، عرض ٣١٠ ، ٤٠ سم و وزن١٥,٧طن، عن طريق الحقن حيث وجود شبكة من الشروخ الغائرة ، قام المرممون بملاء الثقوب 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 ـ 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]

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

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

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

obeikandl.com

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 ٩١٠ Eastman 910 .

كما إن إستخدام الإيبوكسى مناسب لتجميع و لصق الأحجار الجرانيتية، حيث إستخدم الإيبوكسى لمعالجة القطع ذو الشقوق الكبيرة فى القطع المستخرجة من أبوقير بإستخدام طريقة شفط الهواء الموجود داخل القطع و إحلال الإيبوكسى بدلا منه، و لقد إستخدام 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 Stanless 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 يثبت بإحدى اللدائن الصناعية القوية مثل الأيبوكسى مخلوطا ببودرة الجرانيت فى ثقوب 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 الستانلس ستيل، و تعتمد مقاومة الستانلس ستيل للصدأ على تكوينه الكيميائى، فمعظم أنواع الأستيل يحتوى التيتانيوم و الموليبديوم.

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 للتنقر (كلوريد).(٤)

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

2-Plendertuth 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 المبانى الآثرية و التاريخية، مرجع سبق ذكره، ص ٣٦٣ .

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

obeikandi.com

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 بإستخدام أقطار مختلفة من الـ Stanless Steel حسب السمك و الحجم لتجميع الأجزاء بطريقة الخوابير المعدنية، بحيث تم ثقب القطع و تثبيت أسطوانات معدنية قطرها نفس قطر الوتد المعدنى مع عمل سن معدنى لها بحيث يتم ربط الوتد المعدنى المسنن فى الخابور المعدنى بطريقة الربط ثم يتم تجميع الجزء الثانى بدون ربط فقط من خلال دخول الوتد المعدنى داخل الخلية المعدنية، أستخدم الفيبر جلاس بأقطار مختلفة حسب الحجم و السمك كأوتاد ـ خوابير ـ فى تجميع القطع التى بها شروخ كبيرة (لوحة رقم ٦٨ب).

ـ لتقوية بعض الشروخ و الشقوق السطحية تم إستخدام البارلويد المخفف بالأسيتون بنسبة تتراوح بين ١٠ ـ 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 بإستخدم مثقاب ميكانيكى ، لجمع الأجزاء وضعت بمحاذاة على مسطح ليزر للتأمين، وو ضعت فى الثقوب أكمام الأستانلس، كما صمم نظام نقل ثبيت و ربط معدنى يسمح بتجزئة الشاهد إلى خمس أجزاء مستقلة بحيث يسمح بحل و فك القطع و تجميعها عند الحاجة، ثبتت أكمام الأستانلس أستيل إلى الجزء الخلفى للقطاعات ، و شدت 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 الأن بكوم الدكة: فبعد رفع الرأس التى وجدت منفصلة عن الجسم بواسطة أحدى الكراكات الصغيرة بعد ربطها بالحبال و ضعت 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 ثقبين أسفل الرأس و تثبيت وتدين من الصلب الأستانلس ستيل و تم دهان أسفلها بلون أرشادى و رفعها مكانه على الجسم لتحديد مكان الثقبين الأخرين، تلت ذلك مرحلة لف شرائط من الرصاص حول الأوتاد الصلبة و تم تثبيت الرأس على الجسم أعتمادا على إستخدام ثقل كتلة الرأس بالضغط و حفظ الأتزان فى مكانها الأصلى.[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 أسترلتحديد ضبط اليد مع التمثال حيث تم تحديد نقطتين للحفر لكلا من اليد و التمثال و تم تحديدهما بواسطة رسم خطوط أفقية و عرضية، ثم إجرى 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 بالثقبين السفليين ثم وضع قضيب الأستانلس ستيل 316 بطريقة دائرية حتى لا تتواجد فقاعات هوائية، و تلى ذلك الثقبين 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 .

obeikandl.com

كما إستخدم نوع الأيبوكسى Hit –Re-500 الذى أثبت بعد أختباره أنه أفضل لاصق من بين أنواع الأيبوكسى الأخرى، فبرغم من أرتفاع نسبة التمدد الطولى الحرارى للإيبوكسى بالنسبة للجرانيت الوردى إلا أنه يعد من أفضل اللواصق (لوحة رقم ٦٩).حيث أظهر قياس الأنبعاث الحرارى من حجر الجرانيت و قياس الأنبعاث الحرارى للإيبوكسى أنه لا يتجاوز درجة مئوية واحدة.(١)

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

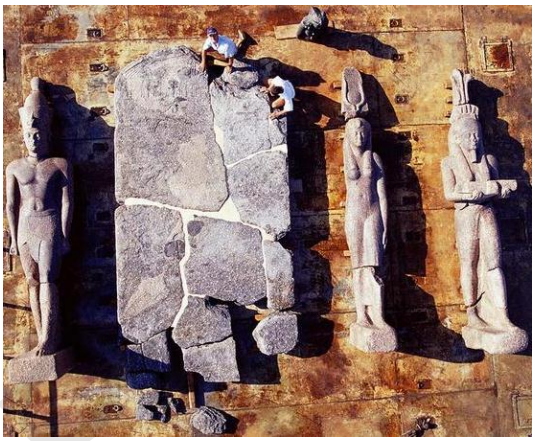
المثال الأول: ما قامت به بعثة المعهد الأوروبى بإعداد و تجهيز هيكل معدنى من الحديد بإستخدام قطاعات معدنية سمكها ٥ مم يتنوع شكلها بين الزاوية L و قطاع H من خلال لحام القوس الكهربى يتم تجميع أجزاؤها بإستخدام مسامير و صامولة قطرها بين ١٢ مم ، ١٦ مم على أن يتناسب الهيكل المعدنى مع قاعدة و خلفية التمثال بحيث يكون يتظاهر مع دهانه و معالجته عند الصدأ 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 الأيبوكسى و أنواع مختارة من الكوارتز (لوحة رقم ٦٨).(٢)

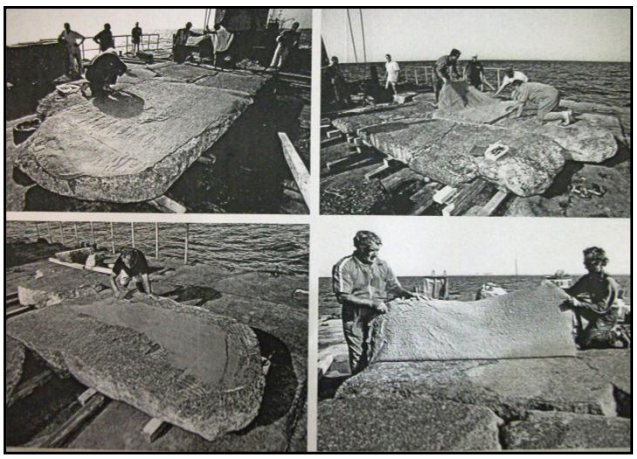
المثال الثانى : تمثال الملك البطلمى **X** الموضوع أمام مكتبة الإسكندرية، هذا التمثال قامت بإستخراجه بعثة المركز الفرنسى للدراسات السكندرية و هو يتبع حفائر فاروس حيث يعتقد أنه كان يقف عند مدخل بوابة الفنار مع تمثال الملكة **Y** الموجود بالمتحف البحرى (الزوج الملكى) و قد سبق الحديث عنهما فى المبحث الأول 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 للصدأ بطول التمثال كدعامة 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 صلادته و قدرته على تحمل ثقل الكتل المجمعة، حيث بلغ وزن كتلة الرأس ٢,٧ طن، التاج ٢,٧ طن تقريبا و كتلة الجذع ١٧,٥ طن (لوحة رقم ٧٠)، و جهزت باقى أجزاء الوصلات الأخرى بما يتناسب مع حجم التمثال كالآتى 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 تحد من الأهتزازات التى تنشأ نتيجة حركة المرور بجوار التمثال (لوحة رقم ٧١).

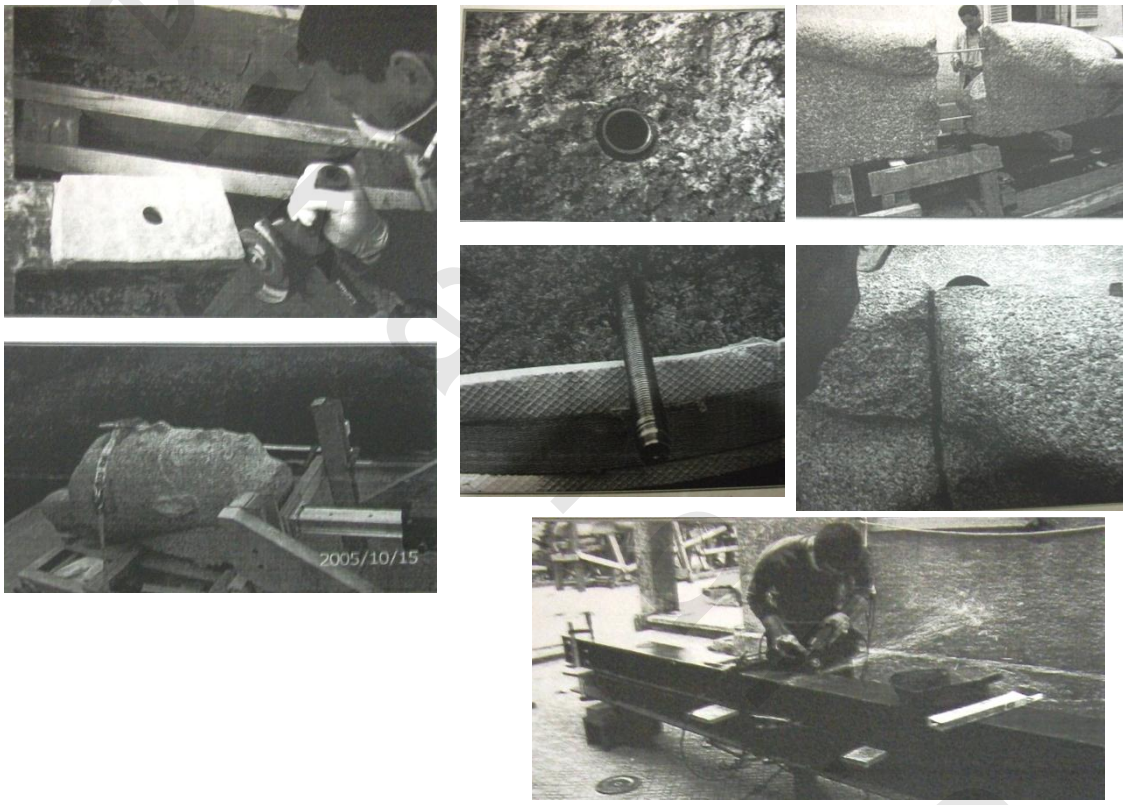
جهزت وصلة على شكل مثلث لتستطيع حمل كتلة اليد التى تزن ٠,٧ طن، أكتشفت منفصلة عن الجسم ، حيث وجد أن المستقيمة فى هذه الحالة لا تستطيع حمل هذا الثقل دون نشوء قوى إنحناء و إجهادات ناتجة توثر على الحجر أو على الوصلة المعدنية ذاتها، و أعدت قاعدة من الصلب مثبت بها جزء أخر من عمود صلب بطول أقصر، لتستطيع حمل و إرتكازالتمثال 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 ووصل الأحجار فى الأعمال الميدانية، رسالة دكتوراه، كلية الفنون الجميلة، قسم النحت، جامعة الإسكندرية، ص ٩٦ - ٩٨ .





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



(لوحة : ٦٨) أ ـ شاهد هيراقليوم (أبو قير) لبطلميوس الثامن و التماثيل الضخمة من الجرانيت الوردى بعد التقوية و التجميع، ب- المراحل التى مرت بها التماثيل من وضح الخوابير المعدنية السالبة، الأوتاد المعدنية بعد ربطها بالجزء السالب فى الجرانيت ، تجميع جزئى التمثال بإستخدام الأوتاد المعدنية ، مراحل عملية الجمع لجزئى التمثال، عملية الإعداد للهيكل المعدنى ، إستخدام وسائد السيكادور على الهيكل المعدنى للفصل بينه و بين الجرانيت و إستخدام مثقاب هليتى مع الجرانيت.

نقلاً عن : أ.د / محمد أحمد هلال

(لوحة : ٦٩) توضح الربط بين يد و التمثال بإستخدام الخوابير المعدنية لتمثال الملك البطلمى أمام مكتبة الإسكندرية.

نقلاً عن : أشرف ناجح أسكاروس

٣ـ الأستكمال:

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 ، فالأكمال مطلوب منه أولاً و أخيراً أن يخدم تماسك البناء الآثرى كهدف صيانة رئيسى . [١]

تعتبر مونة الأرالديت من أفضل المونات المستخدمة إستكمال الأحجار الجرانيتية حيث يتم خلط الأيبوكسى المسمى بالأرالديت داخل خليط المونة (بودرة الحجر) و الركام للحجر و الماء منتجا فى النهاية تركيب يسمى مونة بوليمرية، حيث يجب أن يكون البوليمر عالى المقاومة.

بمعدل ١:١ من المجمد الخاص به حيث يضاف إلى الركام الرملى بنسبة تتراوح من ١:٣ ـ ١٢: ٤ حيث يؤدى ذلك زيادة خاصية مقاومة الضغط أكثر من المونة وحدها، و هذا المعدل يتراوح من ٢٠ ـ ٣٠ % ، كما تزيد مقاومة الأنحناء بنسبة ١٦% ـ ٢٢% ، كما أن خاصية مقاومة الضغط و البرى و المرونة للمونة تزيد مع الزمن و كذلك تزيد خاصية 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 أرالديت، مونة البارلويد و مونة الأسمنت الأبيض فى إستكمال الآثار الجرانيتية، فكان أفضلها المكونة من الأرالديت 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 للتاج 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 علي 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 ـ 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 ـ 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 ـ أن لاتحتوى بقدر الأمكان على أية أملاح و إ ن كان من الصعب ذلك فلا ينبغى أن تزيد النسبة عن 120 ml equivalents/kg من أملاح الصوديوم أو البوتاسيوم على أساس أعتبار أن تداخل الأملاح بنسبة ضئيلة فى التركيب المعدنى يزيد من قوة ترابط المونة.[٢]

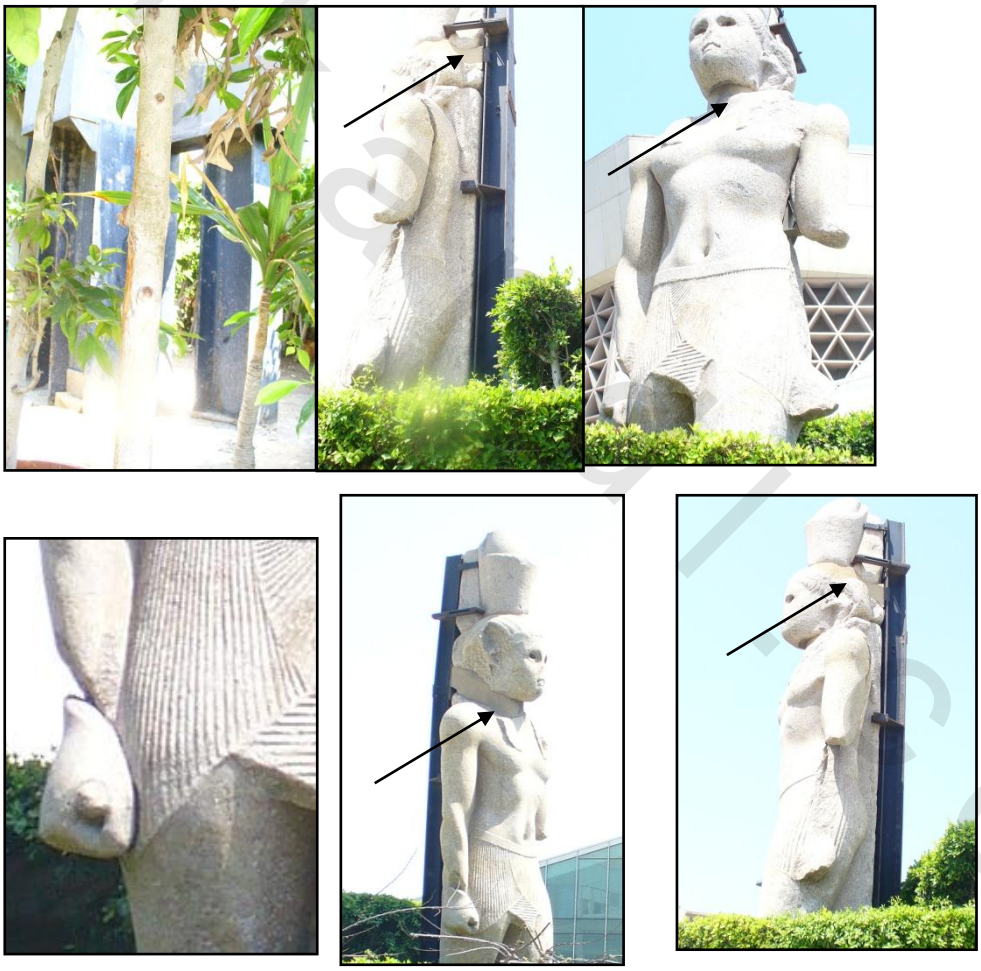
١ـ حسام الدين عبد الحميد محمود: ١٩٨٩، الأسس و القواعد التى تنظم عمليات ترميم الآثار، مجلة كلية الآثار، العدد الثالث ، ص ص ٩٣ـ ٩٤.

٢ـ 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.

obeikandi.com

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

نقلاً عن : Jean Yves Empereur, Alexandria Rediscovered,



(لوحة : ٧١) توضح الأستكمال بالمونة بلون مختلف قليلا عن لون خامة الاثر و ذلك حتى نستطيع ان نميزه و إستخدام الوصلات المعدنية للصق القطع الكبيرة و الدعامات المعدنية التى تدعم قاعدة التمثال و الجزء الخلفى من التمثال للتاكد 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

obeikandl.com

تمهيد :

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

لذلك كان من الإيجاب التعرض لطبيعة البيئة الجديدة التى تتواجد بها هذه الآثار و ما تواجهه من مظاهر تلف نتيجة للعوامل البيئة الجديدة سواء كانت هذه الآثار الجرانتية الغارقة معروضة فى متاحف مفتوحة كالمسرح اليونانى الرومانى بكوم الدكة و المتحف القومى البحرى بإستانلى و حديقة الشلالات بطبية النحاسين و أمام مكتبة الإسكندرية أو متاحف مغلقة كمتحف الإسكندرية القومى و متحف الآثار بمكتبة الإسكندرية حيث نجد صالة عرض مخصصة للآثار الغارقة (شكل رقم ٥٤).

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

١- القطع الآثرية الموجودة أسفل الماء بالميناء الشرقى .

٢- الرصيف الغربى للميناء الشرقى و الموجود عليه القطعة S1 التى تمثل عضد الفنار الأيمن و هى أحدى القطع موضوع الدراسة.

٣- قلعة قيتباى.

٤- أمام مكتبة الإسكندرية حيث تمثال الملك البطلمى، كما يوجد بالمكتبة متحف الآثار و به قاعتين مخصصتين لعرض التراث الثقافى الغارق.

٥- حديقة الشلالات بجوار معمل ترميم البعثة الفرنسية بطابية النحاسيين.

٦- المتحف المفتوح للآثار الغارقة بالمسرح الرومانى بكوم 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 االإسكندرية البحرى و الحديقة الموجود بها القطعة S2 و التى تمثل قاعدة لتمثال و هى أحدى القطع موضوع الدراسة.

نقلاً عن :

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

أولا: ـ عوامل التلف الميكانيكية:

١ ـ الرياح و العواصف :

من العوامل الشديدة الخطورة خصوصا فى 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 فى معظم الأحيان خارجة من الأتجاه الشمال الغربى (٢٨% من الوقت) و الشمال (٢٣% من الوقت) ، و قليلا دائماً ما تخرج الرياح من الأتجاه الجنوب الشرقى (٤% من الوقت) و جنوب غرب (٤% من الوقت)،(شكل رقم ٥٥).

٢ ـ الأمطار و السيول:

أن الآثار الحجرية فى المناطق الجافة قليلة الأمطار تكون أكثر بقاء من نظيرتها التى توجد فى المناطق الرطبة غزيرة الأمطار حيث تسبب مخاطر شديدة يصعب مواجهتها،و بالنسبة لمدينة الإسكندرية يختلف هطول الأمطار على مدار السنة، و يكون أكثر أحتمالا حوالى منتصف يناير، و يحدث فى ٣١% من الأيام، و يكون هطول الأمطار الأقل حدوثا فى أول يوليو، فخلال الموسم الدافىء 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 أسوء 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 أسوء أحوالها معتدلة)، العواصف الرعدية (١٥%)، و أمطار خفيفة (٧%)، (شكل رقم ٥٦).[٢]

٣ ـ الزلازل و الصواعق و البراكين :

تعتبر الزلازل من أقوى عوامل التلف الميكانيكي التى تصيب المبانى بأضرار بالغة المدى و تتحول بفعلها الكثير من المدن و المبانى 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 إنهيار الجانب المصاب إصابة مباشرة وقد تسبب بعض التصدعات فى المبانى و الآثار المعروضة خارج المتحف فى الحديقة المتحفية أيضا، وقد أمكن عن طريق تركيب مانعات الصواعق درء أخطارها، وفي هذه الحالة لابد من دراسة توزيع تركيب مانعات الصواعق، و إجراء فحص دوري لها رغبة في إبقائها جاهزة الفعالية.

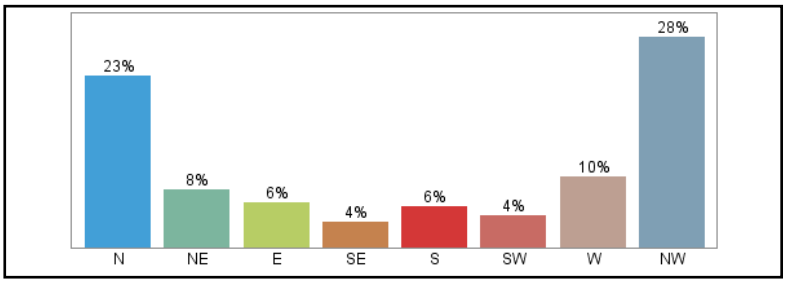
تسبب البراكين إنهيارات كبيرة في الآثار، ويمكن أن تؤدي إلى حرائق تتسبب في إصابات بالغة وخطيرة في الأجزاء القابلة للاشتعال بالآثار، كما تمثل البراكين أحد العوامل الطبيعية الهامة التى تتسبب فى تلوث البيئة بشكل هام حيث الرماد المتصاعد منها و الذى يتحد مع الغازات الحمضية.[٣]

١ـ أحمد مدحت إسلام: أغسطس ١٩٩٠، التلوث مشكلة العصر، المجلس الوطنى للثقافة و الفنون و الأداب ، الكويت ، ص٨٦.

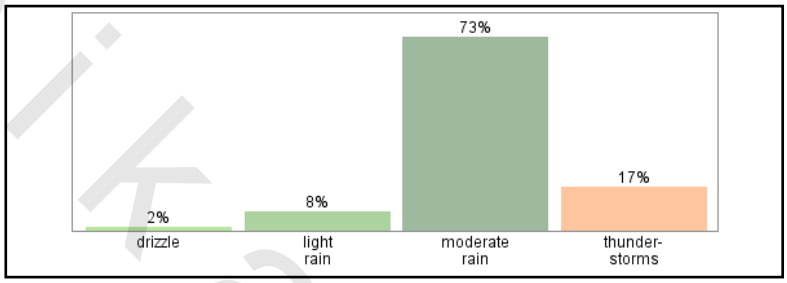
2-https://weather spark.com/averages/stations alexandria weather/Average weather for Alex, Egypt – weather spark,htm.

٣ـ أحمد مدحت إسلام: المرجع السابق ، ص ص٨٤ ـ ٨٦.

Open Kanal.com



(شكل : ٥٥) يوضح أتجاه الرياح خلال العام بأكمله
جزء من الوقت الذى يقضى برياح تهب من أتجاهات مختلفة خلال العام بأكمله، القيم لا تصل إلى ١٠٠% بسبب أتجاه 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

نقلاً عن :
https://weather spark.com/averages/stations.weather spark,htm.

٤- الإتلاف 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 التلطخ للآثر الجرانيتى عند ترسب نواتج الحريق و إلتصاقها على السطح، و عندما يكون الجرانيت قريباً من أماكن الوقود و أماكن الحرائق شديدة السخونة تكون النتيجة النهائية التغير اللونى ، التقشر أو التنقير الذى يمكن أن يؤدى للشروخ الدقيقة لسطح الجرانيت.[1]

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 الأرهاب 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.

obeikandl.com

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

جـ التـرميم الخاطىء و المعالجات الخاطئة:

تتعرض الآثار للترميم الخطىء نتيجة للمرممون حديثى العمل أو قليلى الخبرة فى التعامل مع المقتنيات الآثرية مما يؤدى لطمس معالمها أو تغيير عناصرها أو إزالة عناصر كانت موجودة بالفعل أو أستحداث عناصر أخرى و لعل من أهم الأمثلة التى تصاحب عمليات الترميم الخاطىء، إستخدام مونة الجبس فى المناطق الشديدة الرطوبة و إستخدام مونة الأسمنت.[١]

د ـ البناء و حركة المرور و وسائل النقل المكثفة:

تؤدى حركة المرور و وسائل النقل المكثفة بجوار الآثار إلي حدوث أهتزازات ذبذبات عالية مستمرة يومية تضر بالأثار 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 الآثر مما يصعب إزالتها، كما تؤدى الأهتزازات إيضا على المدى الطويل إلى زيادة حجم هذه الشروخ.

أختلاف قيم الأجهاد على الآثر بفعل إقامة أساسات منشأ كبير ضخم مجاور للآثر أو فى محيطه بالإضافة إلى حركة النقل و المواصلات قد تؤدى لسقوط أو أنهيار دعامة الآثر.[٢]

كذلك تذيذب 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 الآثر الحجرى كنتيجة لوجود فراغات فى باطن الأرض مثل الكهوف و المغارات مما يسبب فى الغالب هبوط فجائى، أو حدوث تشكل 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 ترتبها بما يقلل من حجم الفراغات بينها فيحدث الأنضغاط للتربة و يتبعا هبوط الآثر.[٣]

و- ما يحدثه الزوار من تلف للآثر:

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 البقابا المعمارية و قد يلعب الأطفال على أجزاء أخرى مما قد يسبب عدم الأتزان و الهبوط للآثر، بالأضافة 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 قؤاد بسيونى : تقنيات تجميع ووصل الأحجار فى الأعمال الميدانية، مرجع سبق ذكره، ص ص ٢٩ ـ ٣٠ .

obeikandi.com

و فى بعض الأحيان يقوم الزائرين بالكتابة على الآثر و تشويهه بالدهانات و الأحبار المختلفة، كذلك أحداث بعض الشروخ البسيطة عن طريق المشارط و الألات 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 بالأيادى المغطاه بالعرق و الخليط السام من المواد الكيميائية، بالإضافة إلى عمليات التلف الأخرى التى تصيب سطح الأحجار.[١]

ثانيا: 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 أحماض الكبريتيك و النيتريك المشكلة طبيعيا، مكونة أساسا للملوثات الجوية المضرة للأحجار.[٢]

ترسب هذه الملوثات في شكل جزيئات جافة أو رطبة، و عندما تترسب فى وجود أمطار أو ثلج تعرف بالأمطار الحمضية.[٣]

- الأمطار الحمضية:

معظم المياه تقريبا حمضية نتيجة حمض الكربون فى الجو عندما يذوب ثانى أكسيد الكربون فى الماء، حمض الكربون ينفصل فى الماء إلى أيونات الهيدروجين و أيونات البيوكربونات.

في الإسكندرية نتيجة لوجود أملاح البحر (الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم و أملاح البوتاسيوم)في الغلاف الجوي، تكون الكربونات الناتجة قلويات قوية مستقرة، ولا يمكن تحللها بسهولة إلى حمض الكربونيك، كما تحتوى الإسكندرية إيضا على عدد من المناطق الريفية، و هذا يؤدى إلى زيادة أنبعاث غاز الأمونيا بالإضافة لأملاح الأمونيوم و مكونات قلوية أخرى من صناعات الأسمنت و الأسمدة، هذا قد يحييد حموضية الغلاف القوى.[٤]

$$SO_2 + 1/2\ O_2 \text{ ------ } SO_3 + H_2O \text{ ------ } H_2SO$$

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.

obeikandl.com

و بلنسبة للتركيب الجيولوجى للجرانيت فمعظه يحتوى على فلسبار الأرثوكليز الذى يسمى إيضا الفلسبار البوتاسى، البوتاسيوم هو الذى يهاجم فى عملية التلف عندما تحتوى المياه على حمض الكربون تحل أيونات الهيدروجين محل أيونات البوتاسيوم فى الفلسبار فيكون المنتج النهائى لهذا التفاعل طينة الكوالين المعدنية، كما تنحل 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 أمكانية 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 تؤدى إلى تفتت بعض هذه الصخور.[٢]

- الأرسولات:

الأرسولات البحرية صغيرة (جزء من الميكرون إلى عدة ميكرونات) الجزيئات المعلقة فى الجو فى كلى الطوريين الصلب و السائل، فيمكن للأرسولات أن تجمع طبقاً للمصادر الأولية و الثانوية حيث تتضمن المصادر الأولية مصادر طبيعية مثل الأرسولات المعدنية، ملح البحر ، التراب البركانى و الأرسولات العضوية، السناج ، و مصادر من صنع الأنسان 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 : Na , Cl , Mg , K , Ca , S بلورات من NaCl ، KCl و $CaSo_4$ فكلوريد و كبريتات الصوديوم هى الأيونات الأكثر شيوعاً[٣] (٨٨:٧% و ٨ ,١٠%)، و الأيونات الأخرى مثل Mg^{2+},Ca^{2+} , NH^{+4} , K^{+} , No^{-3} تصنع فقط حوالى ٥, ٠% من أجمالى حجم الأرسولات، و يعتمد تركز ملح البحرعلى 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 لخامة الجرانيت هو التفكك الحبيبى 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.

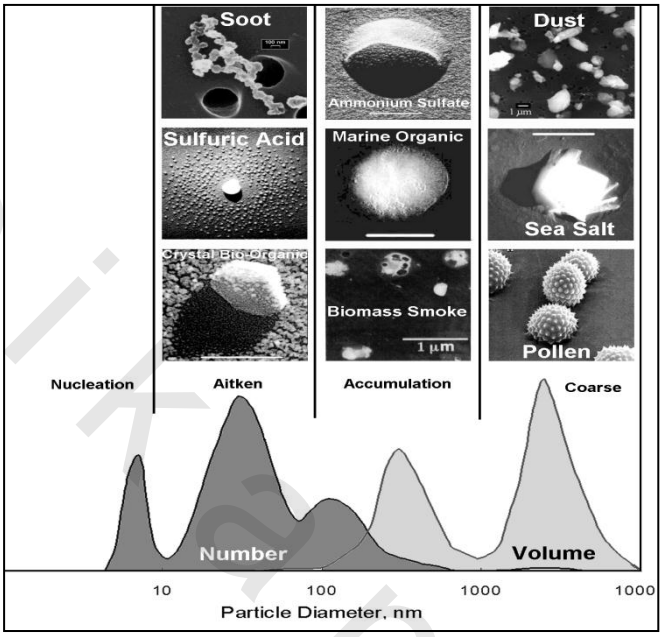
٢- أحمد مدحت إسلام: المرجع السابق، ، ص ص ٢٤، ٢٩ ، ٧٠، ٧١.

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.

openkandil.com

حيث يرى Winkler أن مياه البحر يمكن أن تكون متلفة للصخور و المعادن بإجمالى ٣٤,٤٠٠ ppm من الأملاح، و تحمل الرياح القوية هذا الرذاذ معها إلى داخل الشواطىء 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 التروبومسفير، 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.

نقلاً عن :.Heintzenberg J., Raes F., Schwartz S [٢]

٢ـ التذبذب فى منسوب مياه الرشح و النشع:

من أشد العوامل فتكاً بالآثر و يظهر تأثيره البالغ الخطورة فى المواقع القريبة من البحار مثل مواقع الدراسة (المتحف البحرى ـ الرصيف الغربى للميناء الشرقى ـ مكتبة الإسكندرية) أو تلك الموجودة فى الأحياء السكنية القديمة مثل مواقع الدراسة (كوم الدكة ـ المتحف القومى ـ الشلالات).

يعتبر التذبذب في مياه الرشح وتلف شبكات الصرف القديمة من العوامل المسببة لتلف المباني الأثرية و ما تحمله من زخارف، حيث تتجمع هذه المياه حول أساسات المباني أو القطع الآثرية ثم ترتفع داخل بنية الأحجار بفعل الخاصية الشعرية إلى مسافات مما يؤدى إلى إذابة ونزح المواد الرابطة لحبيبات الكتل الحجرية، الأمرالذي 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 المبانى الآثرية و التاريخية، المملكة العربية السعودية، وزارة المعارف، الأدارة العامة للآثار و المتاحف، ص ٢٦٥.

obeikandl.com

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

و من أهم الأملاح التى مصدرها الصرف الزراعى أو الصحى و التى 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 التى 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 التى تترابط مع بعضها البعض معطية جزيئات السيلكا غير المتبلورة ذات الوزن الجزئى التى تؤدى إلى تكون قشور على أسطح الأحجار ثم إنفصالها 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 الميكروبى المتزايد بزيادة نسبة الرطوبة مما يؤدى 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% (رطبة جداً) على مدار السنة، و نادرا ما تنخفض أقل من ٢٨% (جاف) و تصل إلى أعلى ١٠٠% (رطبة جدًا)، الهواء هو الأكثر جفافاً يكون حوالى شهر إبريل ، فى الوقت الذى تنخفض فيه الرطوبة النسبية أقل من ٥٣% (رطبة ملطفة) ثلاثة أيام من أربعة، و تكون الأكثر رطوبة خلال يناير تزيد عن ٨٨% (رطبة جداً) ثلاثة أيام من أربعة، (شكل رقم ٥٨). (٣)

بالنسبة للرطوبة النسبية المرتفعة الزائدة عن الحد المسموح به فهى تؤدى 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 أرتفاع الرطوبة النسبية بالخاصية الشعرية فى الأحجار يتسبب فى ذوبان أملاح التربة و سريانها فى الكتل الحجرية ثم عند أرتفاع درجات الحرارة فى الطبقات العليا يتبخر الماء و تتبلور الأملاح التى يزداد حجمها و يؤدى ذلك إلى أزدياد الضغوط و تفتت سطح الأحجار.

أما الرطوبة النسبية المنخفضة فتؤدى إلى تزهر و تبلور الأملاح نتيجة الأنخفاض الكبير فى الرطوبة النسبية إلى معدلات شبه ثابته داخل الحجر و فى هذه الحالة تكون الأسطح منطقة جذب لمحاليل الأملاح. (٤)

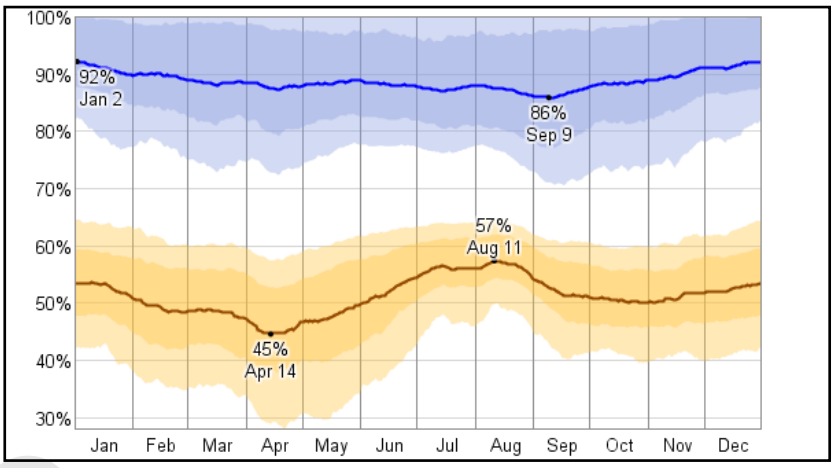
١- أحمد مدحت إسلام: مرجع سبق ذكره ، ص ص ٤٨ ، ٧٢.

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

3 -https://weather spark.com/averages/stations alexandria weather/Average weather for Alex, Egypt – weather spark,htm.

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

obeikandl.com



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

المتوسط اليومى للرطوبة النسبية العالية المتوسط اليومى للرطوبة النسبية المنخفضة

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

نقلاً عن:

https://weather spark.com/averages/stations alexandria weather/Average weather for Alex, Egypt – weather spark,htm.

٤ـ الأملاح:

يمكن للأملاح أن تتلف الأحجار بأشكال مختلفة ومن أهمها نمو البلورات الملحية داخل مسام الحجر التى تولد ضغوط كافية للتغلب على قوة شد الحجر و تحوله إلى بودرة، كما أن التلوث الجوى مصدر أساسى لأملاح الكبريتات و النترات، كما يعتقد إيضا 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 التى يمكن أن توجد على هيئة ملح مثل ملح Thenardite (Na_2SO_4) الامائى أو ملح Decahydrate Mirabilite ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$).

يزيد الـThenardite 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 أخر دون الذوبان أولاً ثم إعادة التبلور فى الطور الجديد.

ولا يحدث تلف الأملاح فى الأماكن المفتوحة فقط حيث يتعرض الآثر لدورات من سقوط الأمطار و الجفاف المفاجىء لكنه يمكن أن يحدث إيضا فى الأماكن و المتاحف المغلقة نتيجة لفعل الأملاح الهيجروسكوبية حيث يحدث تلف شديد للأحجار خاصة فى المتاحف التى لايوجد 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. [1]

---

1 - Doehne E. and Price C. A.: , 2010, Stone Conservation, An Overview of Current Research, The Getty Conservation Institute Los Angeles, Second Editionpp 15-16-19.

لذلك لابد من قياس درجة تركز الأملاح التى يلتقتها حيث أن مقاومة الطبقة السفلى (البنية الداخلية) للآثر للتجوية الملحية و كذلك شدة و تكرار التقلبات البيئية مهمة جدا فى تحديد معدلات الضرر الملحى، و لقد أوضحت الحسابات الثرموديميكية أن هناك فارق ما بين نوع الأملاح التى توضح تلف الأملاح ذو الهيجروسكوبية العالية التى لا تتبلور ودائما ما تكون ظاهرة فى الأجزاء الغير تالفة، و الأملاح المتبلورة و دائما ما تظهر فى الأجزاء التالفة.

أن تراكم الأملاح ما إذا كانت متبلورة على السطح أو شبه متزهرة يتعلق بالبينية السطحية (البلل) و خصائص نقل السوائل، فلقد أوضح كلامن (2001) De Witte و Miquel و أخرون ٢٠٠٢ أن شبه التزهر ممكن أن يتطور بوصفه حلقة وصل بين الحجر المعالج و غير المعالج وتكون الزيادة اللاحقة فى محيط الآثر بسبب وجود المواد الطاردة للماء.[١]

يحدث تلف الأملاح إيضا خلال الضغط من التمدد الحرارى المختلف فعلى سبيل المثال تتمدد أملاح كلوريد الصوديوم خمسة أضعاف الكالسيت فى الغلاف الجوى السطحى (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 تغير البيوتيت ، الكوارتز و الفلسبار و يعد الثلاثة من مكونات الجرانيت الرئيسية . [٢]

٥- درجات الحرارة والتفاوت 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 إلى٨٧ درجة ، و نادرا ما تكون أقل من ٤٤ درجة أو فوق ٩٠ درجة فهرنهايت، يستمر الموسم الدافىء من يونيو إلى أكتوبر بمتوسط أرتفاع فى درجة الحرارة اليومى فوق ٨٢ درجة فهرنهايت، و الموسم البارد يستمر من أكتوبر إلى مارس بمتوسط أرتفاع فى درجة الحرارة اليومى تحت ٦٩ درجة فهرنهايت(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 بأرتفاع أو أنخفاض درجة حرارة السطح و يترتب عل ذلك تفكك الحبيبان المعدنية، بفعل التمدد و الأنكماش 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.

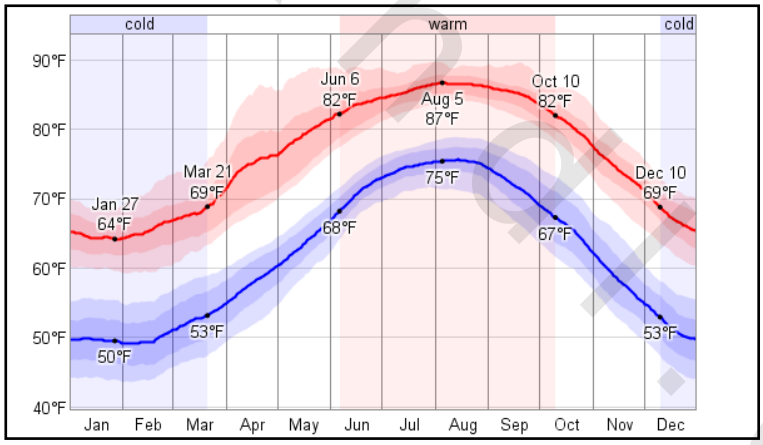
obeikandi.com

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 الرملى التى دائما ما نجدها فى الجرانيت نتيجة لعملية التجوية.[١] ففى حجر مثل أحجار الجرانيت المشكل من عناصر مختلفة الألوان، توجد تباينات لأمتصاص أو أنعكاس الضوء، وتسمى الأخيرة Albedo ، بحيث يمكن أن يؤدى للتلف بسبب أختلافات الحرارة بين الأجزاء الفاتحة و الداكنة[٢] كالبيوتيت فى نفس الحجر.[٣]

مثال لذلك ما وصفه Gómez-Heras (2008) لمبنى من الجرانيت عمره ٦٠ عاما، حيث كانت تميل الأجزاء الداكنة لعملية التنقير مقارنتا بالأجزاء الفاتحة، و أوضحت الدراسة أن العامل المؤدى لذلك هو الأختلاف فى الإستجابة الحرارية للعزل و أختلافات المدى القصير لحرارة السطح بينهم.

كما يمكن أن ينتج التلف كنتيجة للتعرض لدورات من الحرارة المتكررة فى 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 أشارات أحدى الدراسات إلى محاولة تشريب الحجر بلواصق مختلفة ، حيث بدت هذه الطريقة مفيدة على المدى القصير بينما فى بعض الحالات أظهرت فشلها على المدى الطويل، فهناك تماثيل و شواهد قبور نوبية من الجرانيت أظهرت تبطين و أنشقاق شبكى تمت معالجتها بتركيزات سميكة من PVAC الذى أستخدم كمقوى و كملاء للفجوات.[٤]



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

متوسط درجة الحرارة اليومى المنخفض —— متوسط درجة الحرارة اليومى العالى

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

نقلاً 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.

openkarak.com

ثالثاً : عوامل التلف البيولوجى:

١ـ النباتات:

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

٢ـ الحيوانات و الطيور:

تعتبر الخفافيش من أكثر الحيوانات التي تسبب تشويه الآثار، ففضلات الخفافيش غنية بعدد من الأملاح فيتكون أساسا من أملاح الفوسفات و النترات.

قد يكون للفسفور إيضا أصل بيولوجى حيث تنتجه بعض الكائنات الحية الدقيقة خلال عملية التمثيل الغذائى، كما أن فضلات و مخلفات الطيور غنية جدا بالفسفور، و أحيانا ما يتحد الكالسيوم مع الكبريت ليكون الجبس، و كذلك الفوسفور ليكون فوسفات الكالسيوم الذى يؤكد أن أصل الفسفور الموجود بالباتينا هى فضلات الحمام الغنية بالفوسفات.[١]

ـ البكتيريا:

تنمو وتتطور بسهولة على الأحجار الموجودة فى الأماكن المفتوحة خاصة تلك التى تتعرض لمحتوى عالى من المياه ، كما يعد التلف الحيوى نتيجة النوات البيولوجية على الأحجار شىء محبب و غير محبب فى نفس الوقت الأشنات الملونة و النباتات الزاحفة مثل نبات اللبلاب، و لقد أشارت الدراسات الحديثة أن مساهمة البكتيريا فى 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 فى بعض الأحيان (Wu et al. 2007; Wu, Jacobson, and Hausner 2008).[٢]

ـ الفطريات :

يمكن لمخلفات الطحالب و البكتيريا أو الخلايا الميتة من هذه الكائنات، أوراق النباتات و الأشجار المتحللة و فضلات الطيور أن توفير مصادر الغذاء للفطريات، و يبدو أن التأثير البيو كيميائى للفطريات على الأحجار أكثر أهمية من التحلل الميكانيكى، كما تسهم الفطريات فى تحلل المواد السيليكية (الميكا – الأورثوكليز) و الحديد و المغنسيوم المحمل بالمعادن (البيوتيت – الأوليفين – البيروكسين).[٣]

و تتركز الفطريات خاصة فى قشور الأحجار و هى قادرة على أختراق مواد الأحجار بالنمو الخوطى **hyphal growth** و نشاط التآكل الحيوى، فالأحماض العضوية التى تنتجها أنواع مختلفة من الفطريات الوظيفية مثل العوامل المساعدة الرابطة التى 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.

obeikandl.com

Caneva and Salvadori 1988)، فتأكسد المعادن الموجبة المكونة خاصة الحديد و المنجنيز وتلفهما يحفز التغير اللونى لسطح الحجر نتيجة لإفراز الميلانين من فطريات الـ **Dematiaceus**[١]، كما يمكن لحمض الأوكساليك أن يحدث تأكل كبير للمعادن الأولية و أنحلال كامل لمعادن الصدىء ferruginous minerals من خلال تكوين أوكسيلات الحديد و السيليكا جيل.[٢]

obeikandl.com

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

جداول توضح رموز القطع الآثرية موضوع الدراسة فى المواقع المختلفة

(جدول:٧) يوضح رموز القطع الآثرية الموجودة بالمتحف البحرى

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

(جدول: ٨) يوضح رموز القطع الآثرية الموجودة بالمسرح الرومانى

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

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

الآثر	الخامة	الرمز
تمثال الملك البطلمى	جرانيت وردى	**X**

obeikandl.com

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 تضيع من التفاصيل الموجودة على سطح الحجر، (صورة رقم ٧٢) توضح تراكم قشور الكالسيوم (الجبس) على أسطح الجرانيت يؤدى 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، ففى 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 يؤدى 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 أحياناً 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 إيضا على أنتاج 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 الآثرية، حيث التنظيف مكلف و قد يؤدى 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 التى 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 التراكمات بقع و بقع الطلاءات الملونة أو المونات، الأيروسولات البحرية والجسميات فى الغلاف الجوى مثل السناج soot أو الأتربة و بقايا مواد الترميم مثل الكمادات السيليوزية.[١]

عموما التراكم و صفة الألتصاق على السطح الحجرى الأكثر أنتشارا هى التكلس البحرى " تراكمات الحيوانات البحرية " التى تظهر على كل القطع الآثرية المستخرجة من قاع البحر.، ويمكن أن نرى هذه التراكمات بوضود فى القطع **Y1، S1** و **S5** من (صورة رقم ٧٣ إلى صورة رقم ٧٦).

و يتكون التراكم من الأملاح الغير ذائبة التى 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 يؤدى 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 الأثار الجرانيتية عند القاعدة مما يؤدى إلى تحلل هذه السطوح بظهور تقرحات و حبيبات فى الركيزة التحتية للحجر

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

(صورة:٧٥) توضح التكلسات البحرية بالقطعة Y1

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

(تصوير الباحثة)

٤ـ ظاهرة التقشر:

تعتبرألية التلف الفيزيائى أحدى أشكال التلف شديدة الخطورة التى تحدث نتيجة لعملية التمدد و الأنكماش و التكسر الذى يؤدى بدوره إلى ظهور ما يسمى بظاهرة التقشر، و ألية التلف الكيميائى للتقشر تنتج عن أنفجار الملح الذى يحدث فى العواصم ذو المناخ الرطب المعتدل حيث تخترق المياه الأحجار سواء فى حالة سائلة أو فى صورة بخار ماء.

و قد يتم نشوء التقشر إذا كانت الأملاح محاصرة وراء غطاءات غير نافذة نسبيا و مواد ترميم غير مناسبة مثل المواد الطاردة للماء و الأكلريلات محدثة شبه تزهر 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 ألية 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 أختلاف درجاتها تؤدى إلى عملية التقشر.[١]

و يرجع التقشر إلى إنفصال الطبقات المتتالى للحجر، يتراوح فى المقياس من ١سم إلى ٢سم فى السمك إلى أنفصال طبقات كبيرة للحجر،[٢] و يتم تتبعه على طول الأغطية 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 أنفصال العناصر المستوية الصغيرة أو الكبيرة يكون موازيا أيضا لسطح الحجر، سمك الطبقات المفصولة يتراوح من **مم** إلى **سم**، و نلحظ هذه الظاهرة فى أجزاء كثيرة من القطع المستخرجة من الميناء الشرقى و منطقة السلسلة و القلعة حيث نلحظها بشدة فى أحدى 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 ١مم فى العرض و يصل إلى بضع مئات من الميكرونات فى الطول"، كما أن وجود البيوتيت فى الجرانيت يشير إلى مسطحات من الضعف التى تؤدى إلى التقشر أو التساقط flaking.

٥ - التقشر السطحى Scaling, Contour Scaling :

أن وجود الرقائق flakes و التقشر scaling يدل على أنفصال الحجر كجزيئات رفيعة 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 أجراء الفحوص و التحاليل على عينات من هذين القطعتين و سيتم الحديث عنهما بشىء 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 المنتشلة 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 أنفصال 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.

openkanal.com

التزايد الكنتورى أو المحيطى Contour Scaling، هو أنفصال واسع النطاق موازى لسطح الحجر الذى ليس من الضرورى أن يتبع البنية الهيكلية لأى حجر.

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

(صورة: ٧٧ أ – ب- ج) أ- القطعة V من الجرانيت الوردى و التى تمثل أحدى أجزاء مسلة بالمسرح الرومانى، ب-جـ - توضح ظاهرة الكسور و الشروخ بمختلف أحجامها من البسيط إلى الشديد العمق.

(صورة:٧٨ب) توضح تفصيلة من ظاهرة التقشر السطحى بمختلف مستوياته بالقطعة U .

(صورة:٧٨أ) توضح ظاهرة التقشر السطحى بمختلف مستوياته بالقطعة U و التى تمثل تمثال لأبو الهول فاقد الرأس بالمسرح الرومانى.

(تصوير الباحثة)

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

٦- الحفر Pitting :

هو تلف بيوجينى biogenically (مثل الأشنة) أو كيميائيا ، خاصة فى الصخور الكربونية، ففى بعض الحالات، يمكن أن ينتج التنقير من عمليات التنظيف الحادة أو قلة الخبرة، و تكون الحفر عموما ذو شكل أسطوانى أو مخروطى و ليست مترابطة، و تقاس التجويفات الضحلة بوحدات المليمترات أو وحدات المليمترات الفرعية، لم تشاهد هذه الظاهرة فى القطع الجرانيتية موضوع الدراسة.(١)

٧ - الحفر الدقيق Micropitting:

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

٨ - التآكل الحويصلى 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 (سنتيمترية بشكل عام، و أحيانا مترية)، و هو نوع من أحتمالية التلف التفاضلية نتيجة لعدم التجانس فى الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية للحجر، فيمكن أن يحدث التآكل الحويصلى مع أنماط أخرى من التلف مثل التفكك الحبيبى granular disintegration و أو التقشر السطحى scaling .(٢)

يرى البعض أن معظم أمثلة تجوية أقراص العسل Honeycomb تحدث فى الصخور المتجانسة، خاصة الحجر الرملى و الجرانيت، كما يرى البعض أن فعل التآكل القوى الذى ينتج من فعل الرياح مع فعل الأملاح على السطح الحجرى ، يظهر هذا الشكل من التآكل بصورة واضحة فى القطع الآثرية 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 الحجرى، وعند جفاف الرطوبة الموجودة داخل الحجر، تعصف الرياح بهذه التجاويف نتيجة لحدوث التبخر السريع، و تكون النهاية الحتمية زيادة الأملاح المتزهرة نتيجة للبلل و الجفاف السريع الذى يحدث للحجر ليتسبب فى هذا الشكل من التآكل الخطير.

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

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

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

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

openkanal.com

٩ ـ تبلور الأملاح :

أن تبلور الأملاح يظهر تغيرات حجمية من ١ إلى ٥% معتمدا 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 أطرالحبيبات، 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 أحدى العوامل الأساسية فى تجوية الصخور، فهناك أشكال عديدة للتحول مثل (الحفر – أقراص العسل الشمعية - taffoni ... الخ)، الموجود فى التكوينات الصخرية فى مناطق الصحارى و الشواطىء مترتبة على فعل الأملاح القابلة للذوبان، كما أن الأحجار الموجودة فى البناء و الأعمال التذكارية إيضا 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 والتميؤ (إضافة الماء) Hydration السابقة الذكر، فعندما يتبلور الملح يحدث ضغط على جدار المسام الحجرية الذى يمكن أن يكون أكثر من المقاومة الميكانيكية للحجر، مما يؤدى لظهور شقوق جديدة، و التى تؤدى بدورها إلى زيادة مسامية الحجر و يقلل من التماسك الداخلى بين الحبيبات المعدنية، يذوب الملح المتبلور أو يتميء إذا دخل الماء أو بخار الماء إلى الحجر، و ربما يتبلور الملح ثانيا إذا كانت هناك مرحلة أخرى من الجفاف.[١]

ويمكن تطبيق الكمادات الماصة لعدة مرات بالنسبة للقطع الكبيرة الحجم ، تظهرطريقة الكمادات كفاءات مختلفة نتيجة لنوع الكمادة و ذوبان المياه الخاصة بالأملاح الوجودة بالحجر، حيث تستخدم طبقة سميكة من الورق و عجينة الورق تلصق بالسطح الحجرى حيث ينفذ ماؤها إلى مسام الحجر مذيباً للأملاح على السطح و ماتحت السطح إذا بدأ اللجفاف و تسربت هذه الأملاح إلى لب الورق شيئاً فشيئاً وربما 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 بحلول 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 إستخدام الكربوكسى ميثيل سليلوز ٣٠جم + 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 بإستخدام قطعة من القطن مبللة بالمحلول مع إستخدام فرشاة أسنان صغيرة أذابة جيدة جداً لكربونات الكالسيوم.

١٠- التفكك الحبيبى 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 أنفصال الحبيبات الفردية أو مجاميع من الحبيبات، والحجم الحبيبى الناتج يعتمد على طبيعة الحجر و البيئة المحيطة به، يعرف فى الجرانيت بالتبلور الحبيبى Granular cystalline، كما يستخدم مصطلح التفكك الرملى Sanding ليصف ظاهرة التفكك الحبيبى فى الجرانيت.[١]

وهو أحدى أخطر مظاهر و أشكال التلف فى الأحجار الجرانيتية المستخدمة فى المبانى التاريخية و التذكارية، هذا الشكل من التلف يحدث نتيجة عمليات التبلور و التحلل الملحى لكلوريد 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 ١٠٠كم من الساحل ، فى كثير من الحالات، يكون هذا النوع من التجوية شديد الخطورة مما يؤدى لضياع القيمة المعمارية و التاريخية للمبانى الآثرية 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 المبانى و الأحجار الجرانيتية الآثرية.

فقبل الشروع فى أى علاج بهدف تقوية سطح الحجر لابد أولاً من أزالة 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 الملحى و الأيروسولات البحرية تكون ذو إشكالية خاصة إذا كان من الصعب نقل الآثر 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 التزهر الملحى 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 تمامًا فى بنيتها عن الصخور الرسوبية، مما يؤدى إلى عملية بلورة مختلفة، قوى التحلل الحركية Dissolution Kinetics و بالتالى تؤدى لميكانيكيات تلف مختلفة.[٢]

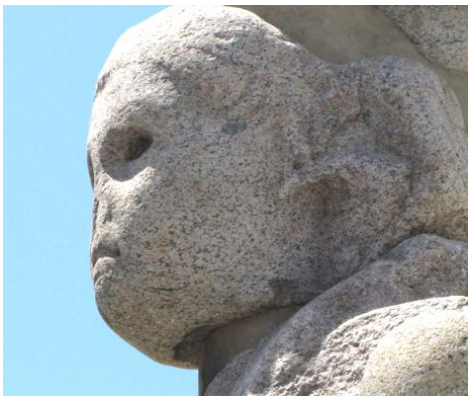
التفكك الحبيبى النشط الأكثر وضوحا يغطى سطح القاعدة **S2** بأكملها و هى عبارة عن قاعدة تمثال من الجرانيت الأحمر و لقد تم أجراء بعض الفحوص و التحاليل لهذه القطعة موضوع الدراسة (لوحة رقم ٧٩)، كما تمت ملاحظة التفك الحبيبى فى أجزاء من القطعة **X** و التى تمثل تمثال الملك البطلمى الموجود أمام مكتبة الإسكندرية (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 التى توفر البيئة التى تنتج الطينات، و بعض الطينات تنتفخ فى حالة كونها مبتلة، كما أن أكاسيد الحديد إيضا تنتفخ عندما تتميىء (تتحد مع الماء) hydrated، هذا الأنتفاخ يمكن أن تتدخل داخل البلورات فى الصخور الحبيبة الخشنة، تؤدى إلى أنفصال 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 الحبيبى محدود لمساحات أقل من ٢ سم فى الحجم، يمكن أن يستخدم مصطلح تفتت Crumbling لشرح هذا الشكل من التلف أو التجوية الذى يبدأ من سطح الحجر و فى بعض الحالات يمكن أن يخترق بعض السنتيمترات أو أكثر.

(لوحة:٧٩) توضح ظاهرة التفكك الحبيبى و التى تعانى منها القاعدة S2 بشدة



(صورة:٨٠) توضح ظاهرة التفكك الحبيبى بتمثال الملك البطلمى X عند المكتبة

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

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 الآثرية 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(<٠.١ 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 :[1]

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 كنيجة 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 نلحظ الأجزاء المفقودة و ما عليه من إتساخات و أتربة و نلحظ إيضاً ظاهرة الخشونة. (تصوير الباحثة)

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

١٣- الأستدارة Rounding :

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

الحواف الحادة تكون أكثر عرضة للتجوية الكيميائية الذى يمكن أن يصيب أو يهاجم سطح القطعة الآثرية من الجانبين أو فى الداخل، فى 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 الآثرية، و نلحظه فى رأس التمثال **N** (صورة رقم ٨٢).

(صورة: ٨٢) توضح ظاهرة أستدارة الحواف بالتمثال N الموجود بالمسرح الرومانى بكوم الدكة .

(تصوير الباحثة)

١٤- الأجزاء المفقودة Missing Parts :

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

١٥- الأنثقاب perforation : [1]

يدل و يصف المصطلح واحد أو سلسلة من ثقوب أو فجوات السطح، صنعت عن طريق آلة حادة أو عن طريق كائن حى، و تكون الأنثقابات أعمق عن كونها أوسع، و تكون مخترقة داخل جسم الحجر، و لقد أمكن مشاهدة هذه الظاهرة فى الجرانيت فى قطعة واحدة فقط هى القطعة **S5** لتمثال لأبو الهول من الجرانيت الوردى، و لا ندرى أن كانت بسبب الحيوانات البحرية التى كانت تتعرض لها القطعة فى قاع البحر أم أنها بسبب النمل الفارسى الذى يقوم بالنخر فى الآثر و عمل ثقوب و أنفاق (صورة رقم ٧٤).

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

١٦- التلون colouration :

يدل المصطلح على تغير لون الحجر من و احد إلى ثلاثة معاير للون هى درجة، قيمة و نقاء و درجة تركيز اللون أو تشبعه فهناك ألوان ذو تركيز عالى 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 الأثار المصنوعة من الجرانيت الوردى فأن التغير اللونى نتيجة لتحول الحديد II إلى الحديد III ، ينتج عنه تغيرات فى اللون و ضعف البنية المعدنية.

Fe_{+2} (ferrous iron) _____ Fe_{+3} (ferric iron)

أو

$2FeO + O_2$ _____ Fe_2O_3

كما يتزايد التأكسد 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 المنتشلة و كذلك القطع موضوع الدراسة ، و يمكن أن يتعرف عليها من خلال وجود البقع اللونية البنية، البيج، البنية الصفراء إلى الحمراء على سطح القطعة الآثرية.

مثال لذلك القطع **K** و **N** و **L1** و **L2** بالمسرح الرومانى والتمثال **X** أمام مكتبة الإسكندرية (لوحة رقم ٨٣).

(لوحة: ٨٣) توضح ظاهرة التلون نتيجة لتأكسد المعادن فى القطع K و N و L1 و L2 التابعة لفنار الإسكندرية، كما نلحظها إيضاً 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 هى قدرة الحشرة على سكن البنية الهيكلية للحجر و أتخاذها كمنزل أو مرحاض و هذا يبدو غير محدود،و عند عرض الآثر بعض أنتشاله يتعرض لعوامل بيولوجية إضافية حيث نلحظ نمو النباتات حول القطع الآثرية المتصلة مباشرة بالأرض دون قواعد مما يؤثر عليها مثال لذلك القطعة **Y1** (لوحة رقم ٨٤)، كما أن آثر الحشرات على الحجر هى 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 وثمار التوت مما يؤدى لوجود بقع بنية حمراء، كما توجد شباك عنكبوت و نمل فارسى، 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 الآثرية منها النحل وأقراصه و النمل و العنكبوت على القطع **S3**، **S5** و **P** (لوحة رقم ٨٦) و **U** و **X** (لوحة رقم ٨٧).

و بالنسبة للطحالب Algae فهى كائنات مجهرية نباتية بدون جذوع 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 الآثر 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 وحيدة الخلية إلى متعددة الخلايا و لا تشكل كائنات كبيرة على الأطلاق، و لقد أمكن مشاهدة الطحالب الخضراء على العمود الجرانيتى **T** للملك الفرعونى و المعروض بمنطقة كوم الدكة حيث وجدت الطحالب مابين العمود و القاعدة المستند عليها نتيجة للحالة الرطبة للجزء السفلى للعمود و القاعدة نتيجة للأمطار و الأختلافات 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 هى نتيجة لأعمال التخريب، بينما يكون لبعض أنواع الجرافيتى قيم ثقافية تاريخية و جمالية و ينبغى المحافظة عليها.[1]

1- MONUMENTS AND SITES **XV** : Illustrated glossary on stone deterioration patterns, ICOMOS, op. cit., P56.

obeikandi.com

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

(تصوير الباحثة)

open access

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

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

(لوحة:٨٧) توضح وجود حشرة العنكبوت بالقطعة U لأبوالهول إلى اليمن، و وجود أقراص شمع النحل الموجودة على تمثال الملك الفرعونى 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 بلاستيكى أسود بين القاعدة و المسلة قد وضعته البعثة الفرنسية كنوع من الحماية و العزل للآثر.

(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 أكتشاف الآثر أثناء الحفائر فى قاع البحر ثم بعد الأنتشال 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 الكيميائى، لذلك سوف لا أقوم بالحديث عنهما و أنما سأتحدث مباشرة عن بعض مظاهر التلف و خاصة الناتجة من المعالجات السابقة و كيفية معالجتها.

ـ 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 للآثار الجرانيتية من مياه الأمطار و العوامل الجوية المختلفة التى تساهم فى تدهور السطح الآثرى (شكل رقم ٦٠ أ-ب-ج-د)، و لكن نتيجة المعالجة بشمع العسل فى وجود الجو الحار و الرطوبة تتآكل الفلسبارات، فتتحول لمعادن طينية تؤدى إلى تشكيلة من حبيبات الكوارتز و الميكا، و هى عملية لا يمكن إيقافها إلا عن طريق التقوية (صورة رقم ٨٩).

ـ طرق المعالجة بإستخدام الليزر:

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

١ـ إستخدام الليزر Nd:YAG [١]

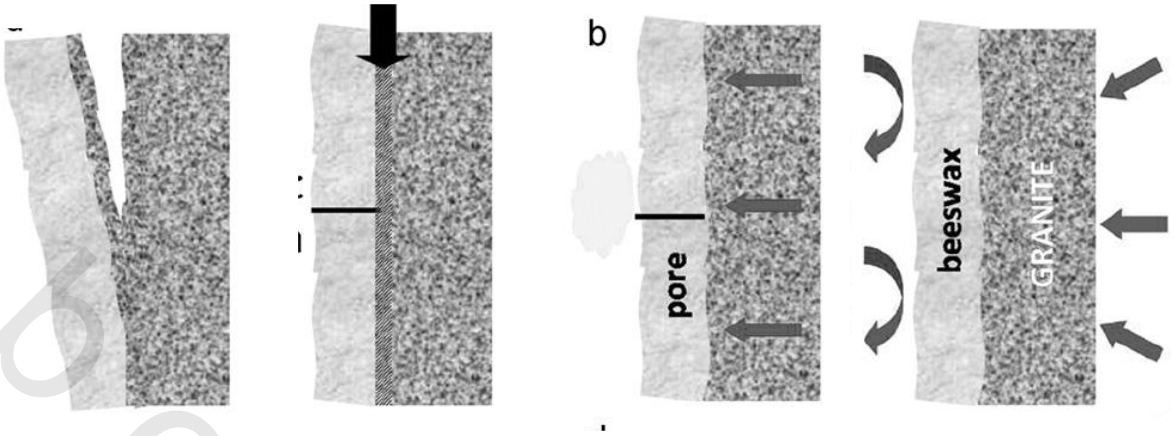
أن أزالة شمع العسل بواسطة الليزر من أسطح الجرانيت فى أى من الموجات الأربعة لليزر Nd:YAG ليست عملية أزالة طبقة بعد طبقة، فهناك سمك أقصى لكل إشعاعة و طول موجة التى يمكن إزالتها تماما من خلال ومضة واحدة، فيلعب تفاعل سطح الجرانيت دورا أساسيا فى تنظيف الجرانيت، فعندما يضعف الشمع بإمتصاص الأشعة عند ٢٦٦ nm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

٢ـ إستخدام الأكسمير ليزر Excimer Laser

عند إزالة شمع العسل من الأسطح الجرانيتية الموجود بها شروح يحاول المرممون تفادى إنصهار شمع العسل و تغلغله داخل الشقوق الموجودة بالجرانيت، و لقد أكدت الدراسات إمكانية التنظيف بالأكسمير ليزر Excimer Laser عند nm ١٩٣(نانو متر)، لإزالة شمع العسل من الأسطح الجرانيتية المجواه، فبالمقارنة بالطرق التقليدية الأخرى، تضمن هذه الطريقة حفظاً جيدا للسطح الأصلى للجرانيت، وتكون موفرة جدا للوقت عندما يكون الفيلم المكون لشمع العسل سميكا، 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., Gonzlez P., Serra J., Leon B.: 2011, Applied Surface Science 257, © Elsevier B.V, p 5484, 5485.

obeikandl.com

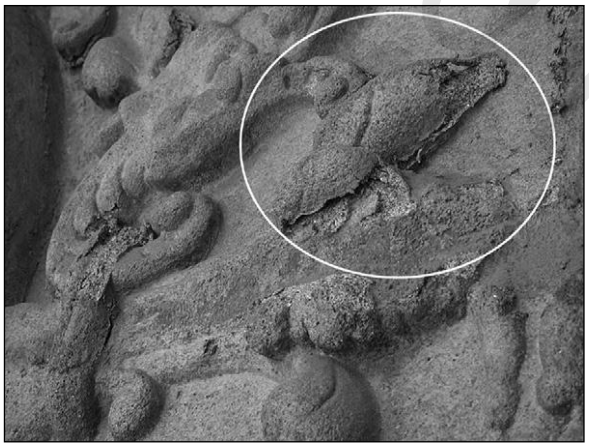


أ ـ السطح المبلل الغير مطلى ب ـ تحرك المحاليل الملحية ج- الترسب الملحى د ـ تفكك سطح الجرانيت

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

(أ) تحمى الأجزاء المعالجة بالشمع من أختراق مياه الأمطار للسطح الخارجى للآثر 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 يؤدى إلى تدرج التركيز الملحى داخل الحجر و تحفيز حركة المحاليل الملحية من داخل الكتلة الجرانيتية إلى خارجها، (جـ) 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 الآثرية 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.

نقلاً عن :

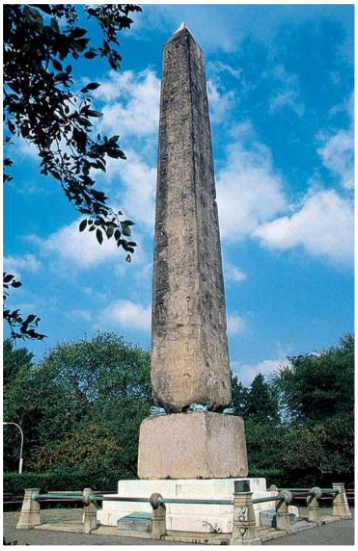
Pan A., Chiussi S.,. Gonzlez P, Serra J., Leon B.

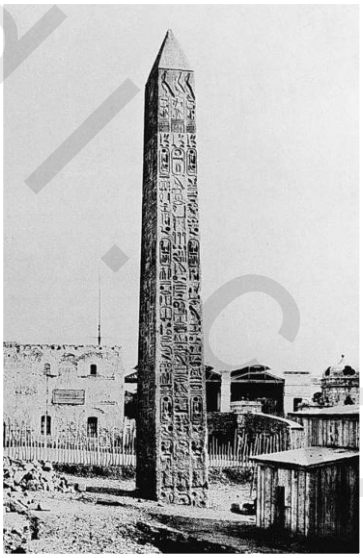
obeikandl.com

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 ألاف السنين.
رأى **Winkler** أن نظرية التجوية الملحية حيث أن كلا من مسلتى كليوباترا الموجودتين بنيويورك و لندن متصليين بالأرض مباشرة و مغطى جزء من كلامنهما بالرمال لمدة طويلة من الوقت مما أوجب تتخلل الملح للمسلتين بأكملهما و ليست القاعدة فقط ، هذا بالإضافة إلى وجود المسلتين أمام البحر المتوسط و تعرضهما لرذاذ البحر لما يقرب من ٢٠٠٠ عام مما أدى لمحو الكتابات و فقدان عشرات الكيلوجرامات من الجرانيت المتفتت فى خلال شهور قليلة عند وصولها نيويورك ،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** فالقد وضع عليها شمع البارفين للوقاية فور وصولها بينما طبقت نفس الطريقة فى مسلة نيويورك و لكن فى وقت متاخر حيث يؤدى شمع البرافين إلى أجتزاب الأتربة كما يمكن أن يحدث تزهر ملحى و تقشر، لذلك يرى **Winkler** أن هذا التاخر و عدم طلاء المسلة فور وصولها هو السبب الأساسى فى التلف الشديد الذى تعانى منه مسلة نيويورك، ويرى أن معالجة البرافين لمسلة لندن هى واحدة من الأمثلة القليلة جدا الناجحة فى تاريخ ترميم الأحجار الحديث.[1]





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.

نقلاً عن : Http://Per Storemyr.Files.Worldpress.Com

1- Http://Per Storemyr.Files.Worldpress.Com: , 2012, Cleopatra’s Needle: Tracing obelisk weathering with old photos, Per Storemyr Archaeology & Conservation.

هناك ثلاثة طرق للتنظيف بإستخدام المياه وهى كالآتى :

١ـ طريقة التغشية:

هذه التقنية تتطلب الهواء المضغوط الممزوج بكمية قليلة جدا 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 أعتمادا على نوع الأتساخ و السطح المراد تنظيفه، و لفعالية العمل بهذه الطريقة و تجنب إنجراف المياه يجب وضع الرذاذ بإستخدام سقالات محكمة الغلق .

مميزات هذه الطريقة:

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

ـ تقليل كمية الماء المستخدم مما يقلل بصورة كبيرة من خطر تغلغل المياه.

ـ أن نظام الفتح الأتوماتيكى يقلل من كمية إستهلاك المياه و الحد من خطر إمتصاص الآثر للمياه.

٢ ـ طريقة الغسيل (بإستخدام طريقة الرش و طريقة الضغط):

تعد واحدة من ألطف العمليات المستخدمة، يجب إستخدام المياه النظيفة النقية و تكون المياه باردة أو ساخنة طبقا لحالة الآثر، فقوة المياه التى تؤثر فى سطح الآثر، من حيث قوة و أحتمال حدوث التلف، فالخطر الأكبر المحتمل حدوثه لهذه الطريقة هو تغلغل المياه للطبقات الداخلية للآثر 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 ووفقا لشروط محددة و يجب أن تكون فى الحالة المثلى أقل من ٢٠٠ Psi رطل لكل بوصة مربعة = ١٣٧٩ Kpa كيلو باسكال، و فى 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 ـ طريقة البخار:

تستخدم هذه الطريقة بخار ذو ضغط منخفض (١٠ ـ ٣٠ Psi = ٦٨ – ٢٠٦ KPa)، و الذى يتم توجيهه تجاه سطح الآثر من خلال فوهة، و حين يرتطم البخار بسطح الآثر 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 البطىء ألا أنها تكون مفيدة فى تلين البقع الزيتية و الرواسب الدهنية أو بقع القطران، أو إزالة النباتات الملتصقة بالآثر.[1]

1- Maintenance Series-Cleaning Stone Masonry, State Heritage Office, Government of Western Australia, p3.

المبحث الثالث

التأهيل للعرض المتحفى

obeikandl.com

تمهيد:

لقد ظهرت كلمة museum للمرة الأولى عام ١٧٣٢م،[١] ولكلمة متحف museum أصول كلاسيكية، فهى ترجع لأصل كلمة Μουσειον اليونانية التى تعنى مقر ربات الفنون التسع ، ففى العهد البطلمى (بطلميوس الأول٢٩٠ق.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 الآثرية)، من أجل خلق معرفة موسوعية تغطى تدريجيا جميع المجالات الثقافية (الفنون الجميلة والحضارات القديمة، الاثنوغرافيا، والتاريخ الطبيعي، الخ)، و نشر هذه المعرفة تدريجيا لأكبرعدد من الناس خلال القرن الـ١٩فى 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 الآثرية 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 أمنة و أن يتم تدعيمها بنظم إسترجاعية توفر الوصول إلى المعلومة من قبل موظفى المتحف و طرق الإستخدام المشروعة الآخرى "[٥]

و تعتبرمتاحف الآثار من أقدم أنواع المتاحف في العالم، حيث ظهرت فى فرنسا فى النصف الأول من القرن الـ١٩ ، و بدأت أعمال التنقيب تزود المتاحف الآثرية بروائع الآثار الفنية فخصص لها فى عام ١٩٢٦ (جناح خاص للآثار المصرية).[٦]
وتتخصص متاحف الآثار في عرض أهم المقتنيات الأثرية وهي 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.

openkandil.com

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

١ ـ الإجادة فى عرض المعروضات بأسلوب علمى و فنى 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.

٢ـ لابد 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 المجمعات المتقاربة بجوار بعضها .

٣ ـ أقامة قاعات خاصة لأتاحة الفرصة للدارسيين و الباحثيين 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]

٤ـ 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 لابد من توافر قاعة للمحاضرات مجهزة بأحدث التقنيات من وسائل الأستمتاع و السماعات و الإضاءة و أماكن الجلوس المريحة ووسائل عرض مختلفة (بروجكتور ـ جهاز فيديو ـ داتا شو ـ ماكينة عرض الأفلام)، كما يفضل أن تكون المكتبة في رواق ضمن أروقة المخازن لتسهل للباحث والدارس الرجوع إليها والحصول على كل ما يحتاجه من كتب ومراجع.

٥ـ لابد أن يشتمل المتحف الآثرى على حديقة متحفية حيث يوضع فى هذه الحديقة بعض التحف التى لاتتأثر تأثرا شديدا 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 تصلق الآثار المعمارية و الأعمدة والتماثيل الحجرية بغرض اللعب أو لأخذ الصور التذكارية ، ونصح كبار السن بعدم الإتكاء أو إسناد أيديهم عليها خوفاً من تحطمها أو إتلافها من كثرة تكرار حدوث ذلك، كما يمكن وضع لفتات خاصة بهذه الأرشادات.

- و لقد وضع خبراء المجلس الدولى للمتاحف **(ICOM)** عدة **شروط يتم على أساسها أختيار المكان المناسب لبناء المتاحف** عامة و هى كالآتى:

١ ـ لابد من بناء المتاحف بعيداً عن مصادر التلوث الجوى المختلفة سواء الصلبة أو الغازية أو السائلة التى تندفع من مداخن 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.

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

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

obeikandi.com

كما يمكن أن يكون لوجود السجاد تأثير سلبى داخل المتحف حيث تعلق جزيئات الأتربة بالجو عند دخول الزوار المتحف و سيرهم فوق السجاد.[١]

٢ ـ لابد من بناء المتاحف فى أماكن لاتتعرض للرياح الموسمية المحملة بالآتربة أو المسببة لهطول الأمطار الغزيرة أو بالقرب من شواطىء البحار حيث تتعرض الآثار للتلف نتيجة للأتربة و رذاذ البحر سواء المعروضة فى الخارج أو داخل قاعات العرض عن طريق النوافذ و الأبواب.

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

٤ ـ لابد أن تشيد المتاحف فوق تربة متماسكة الطبقات و حافة خالية من المياه الأرضية.[٢]

ـ و لتوفير الحماية والتأمين للمتحف من الداخل و الخارج فلابد من أتباع اللآتى:

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

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

٣ ـ تنمية الحس الجمالي والثقافي لدى الزوار

٤ ـ 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 وحجرات وقاعات المتحف، و التأكد التام من مغادرة جميع الزائرين بالمتحف وقت إغلاقه.

٥ـ 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.

٢ـ محمد عبد الهادى 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.

obeikandl.com

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

٧ ـ منع التدخين والأكل والشرب داخل أروقة المتحف إلا في أماكن مخصصة، نظافة المتحف والعناية بالمعروضات و إجراء الفحوصات الدورية لحمايتها، وتختلف الفترات اللازمة لفحص العينات حسب أنواعها وحسب طرق التخزين المستعملة وأيضاً حسب طرق إعداد المخازن ضد العوامل البيئية والبيولوجية.[١]

obeikandl.com

1-Introducing Young People to the Protection of Heritage Sites and Historic Cities:, op. Cit., p65.

العرض المتحفى

أغلب القطع الآثرية التى يعثر عليها و يتم أنتشالها يجب أن يكون مكانها الطبيعى العرض المتحفى إن أمكن ذلك و ليس القاءها فى المخازن تعانى من الرطوبة و الحشرات و العوامل الجوية التى 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 لأتفاقية اليونسكو لحماية التراث الثقافى الغارق٢٠٠١ حيث نصت على "الحفاظ على التراث الثقافى المغمور فى موقعه الأصلى الذى يجب أن يكون الخيار الأول قبل السماح بأى أنشطة تستهدف هذا التراث كالأنتشال و العرض المتحفى.[٢]

فأحيانا تكون عملية أنتشال الآثرمن 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 تنشر النتائج الخاصة بما تم العثورعليه فالأفضل أن يترك الآثر فى موقعه دون أنتشاله.[٣]

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

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

١- يجب أن تكون الأيدى نظيفة أو محمية بقطن نظيف أو قفازات النيتريد، و لابد من الحذرعند حمل أو نقل القطع الآثرية على أختلاف أحجامها و أنوعها، فيمكن إستخدام بعض الأحتياطات البسيطة جداً للحد كثيرا من هذا الخطر، وتوفير الوقت الكافى و الحصول على المساعدة إذا كانت القطعة كبيرة الحجم أو ثقيلة، و عدم المخاطرة بسلامة من ينقل القطعة.

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

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

٤- حماية المقتنيات الآثرية من التلف حيث إستخدام أفضل وسائل العرض للمحافظة عليها والسيطرة 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 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.

openkanal.com

٥ـ إظهار المعروضات بطريقة مباشرة ضمن سياقها التاريخى الذى 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، فلدينا المسقط المربع و المسدس و المثمن و الدائرى، و هذه الأشكال توفر للمشاهد سهولة الأنتقال من مكان لأخر داخل المتحف. [٢]

وعن توزيع التحف وترتيبها في 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 في ذاكرته صورة كاملة لما شاهده بالمتحف أو برواق من أروقته.

و هنالك <u>نقاط لا بد من تحديدها لإعداد المتحف</u> منها:

١ ـ يجب أن تكون الدرابزينات و الحواجز عند أرتفاع بحيث تكون القطع الآثرية و البطاقات مرئية من الكرسى المتحرك، و يجب أن يكون عرض الممر يستطيع أحتواء أثنين من الكراسى المتحركة جنبا إلى جنب.
٢ ـ 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.
٣ـ يجب أن توفر الحوامل الأمان الكافى دون الإعاقة و دون التداخل مع القطعة الآثرية، و عند التخطيط للعرض يجب تخطيط موانع تحمى المعروضات من التخريب المتعمد أو السرقة، و إنشاء حواجز مادية مثل الدرابزينات لحماية القطع الآثرية الكبيرة من التلامس المباشر للزائريين و يجب أن تغلق الخزائن أو تؤمن بعناصر مثل أسياخ الأمان المعدنية.
٤ـ لا يكون الدوران حول المكان أقل من خمسة أقدام، والجزء 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 ـ 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.

obeikandi.com

٥ـ 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 أغمق 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 للآثر المعروض فمن المعروف أن الواجهات الخلفية تتطلب مواد وخامات مختلفة حتى تبرز التحف والمعروضات وتوضح الفكرة الأساسية للمتحف، فمثلا يمكن أن تستغل خلفية الآثر فى عرض صورة كبيرة وقت إنتشال القطع الآثرية من موقعها الأصلى ، 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.

ـ و توجد ثلاثة أنواع من الفترينات:

١ ـ فترينات حائطية تعلق على الحائط أو توجد الفترينة داخل بانوهات فى الحائط نفسه.

٢ ـ فترينات وسطية توضع فى الوسط ليتمكن الزائرين من رؤية الآثر من جميع جوانبه، و تغطى أرضية هذه الفترينات بنوع من القماش (حرير ـ قطيفة) ذات لون يعكس جمال الآثر و يحافظ على التضارب اللونى بينها و بين الآثر.

٣ ـ فترينات معلقة توضع على حامل للعرض يمكن أن يكون من الخشب ذات النوعية الجيدة.

ـ الشروط الواجب توافرها فى الفترينات ذو وسائل العرض المختلفة :

ـ تصمم فاترينات العرض للحفاظ على القطع الآثرية 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.

ـ يجب أبراز المعلومات عن المعروضات من خلال وجود بطاقات مصاحبة للآثر تشمل (أسم الآثر ـ تاريخه و الفترة الزمنية التى يرجع إليها ـ مكان أكتشافه ـ نبذة مبسطة عن الآثر ـ رقم التسجيل فى سجلات المتحف ـ المصدر الذى جاء منه ـ تارخ العثور على الآثر)، و أن يتناسب تصميم وشكل الفترينة مع المعرض أو القصر المحول إلى متحف .

ـ 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.

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

obeikandl.com

- وسائل الإضاءة المختلفة:

أن مصدر الإضاءة نوعان : مصدر طبيعى و مصدر صناعى.

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 مميزاتها و عيوبها بالنسبة للمعروضات، و لكن لا غنى عنها إذا كان المتحف متحفا مفتوحا.

أما الإضاءة الصناعية فتنقسم إلى خمسة أنواع:

١- مباشرة تكون الإضاءة فى زوايا مباشرة تجاه الآثر مما يسبب ظلالا و بريقا على سطح الآثر.

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 منطلقة 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 الآثر 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 الرقمى أو طرق العرض التفسيرية ثلاثية الأبعاد الأخرى التى تسمح بعرض كمية كبيرة من المعلومات بطرق و اضحة 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 الآثرى – الملصقات – الكتيبات)، ويمكن 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 تستخدام اللوحات المصنعة من المعدن المعالج و بداخها النصوص و الصور المغطاه بالزجاج أو الأكليريك (الباغ) لحمايتها من العوامل الجوية، و هذا النوع مستخدم فى الحديقة المتحفية الخاصة بالآثار الغارقة بالمسرح الرومانى بكوم الدكة بالإسكندرية .[٢]

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

2-The Getty Conservation Institute and the J. Paul Getty Museum: The Conservation of Archaeological Sites in the Mediterranean Region, Marta de la Torre, Los AN GELES, May 1 995, pp 54 -55.

obeikandi.com

هناك طرق فعالة أخرى تشمل النماذج Models، الديورامات Dioramas ، النسخ النحتية و المعمارية المقلدة و إستخدام ووسائل العرض الإعلامية المتعددة Multimedia Presentations لإستحضار أجواء الماضى 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 يقفوا 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 الأن أن مصر رغم تمتعها بثراء مواقعها الآثرية الغارقة سواء فى الساحل الشمالى الغربى أو ساحل البحر الأحمر عامة و الإسكندرية خاصة إلا أن مصر حتى الأن لا يوجد بها متحف مختص بعرض تراثها البحرى الغارق و نشر الوعى الآثرى 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 الأثار الغارقة الآخرى ترك فى موقعه أسفل الماء نظرا لعدم توافر أحواض للتحليلة 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 الأفتراضى الذى يسهم فى تفسير و فهم تلك المواقع بطريقة شيقة.

كما يمكن أن يكون للآثار الغارقة متحف للواقع الأفتراضى 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 الأتصالات 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 الأن 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.

obeikandl.com

- الواقع الإفتراضى وتطبيقاته فى مجال الآثار:

إستخدم للتعرف الأفتراضى التخيلى على الشكل الأصلى للآثار المتهدمة أو المندثرة، ثم تطورت التطبيقات فيما بعد لتتيح عمل نسخ أفتراضية من الآثار يمكن الرجوع إليها بحيث تكون توثيقياً بشكل ثلاثى الأبعاد، و ذلك بإستخدم التقنيات العلمية الآتية:

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

٢ - تحليل الصور الرقمي (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 للأثر يمكن عن طريقه سرعة إنقاذ الأثر فى حالة تدهور حالته المعمارية أو الإنشائية، و كذلك التماثيل و باقى التحف الفنية الآثرية، 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 للأثر يظهر فورًا أى عناصر ناقصة ويتعرف على الفترة الزمنية التى تمت فيها السرقة بدقة، حيث يطبق داخل مبانى المتاحف من خلال تحريك كافة كاميرات الفيديو الرقمية والمستخدمة فى المراقبة الأمنية بصورة متتالية مخططة زمنيًا فى نفس المسار دوريا عن طريق الحاسب الآلى ومعالجة الصور بنفس الأسلوب المقترح للتعرف على أى سرقات للمتاحف أوالأختفاء لقطع أثرية من فترينات العرض فى أى متحف.
و بذلك يمكن التعرف على مواصفات القطعة المسروقة ونشرها على متاحف العالم مما يساعد على منع تهريبها وإستعادتها فى أسرع وقت ممكن، كما يمكن زيارة الموقع الأصلى للآثر من خلال النسخة الإفتراضية.[١]

<u>- معرض الواقع الأفتراضى :</u>

هناك مشروع من٢٠٠٩ 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 الفنار الضخم من خلال التقنيات الحديثة و الحصول على شكل ثلاثى الأبعاد نصف أتوماتيكى حيث ساعد هذا النظام فى إعادة تجميع إفتراضى للقطع الآثرية المكسورة خاصة التماثيل المكسورة التى كانت محيطة بفنار الإسكندرية.

كانت الأجزاء تالفة بفعل التآكل و عوامل التعرية و الزلازل التى حدثت فى القرنيين العاشر و الرابع عشر الميلاديين، و معظم القطع مازالت تحت مياه البحر فى الموقع الآثرى 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 .

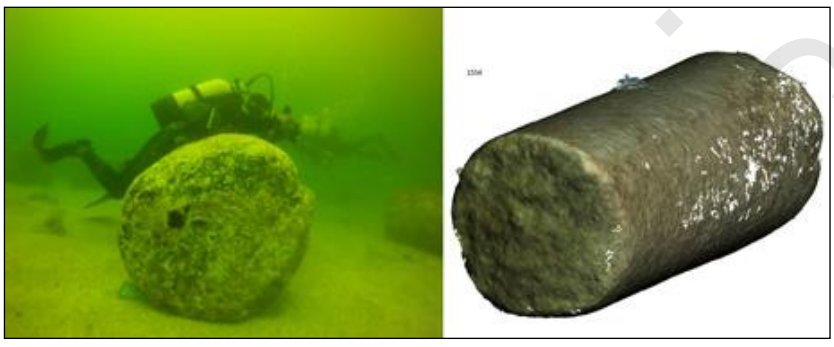
2- Reuter P., Mellado N., Granier X., Hairy I., Vergnieux R. and Couture N.: 2011,Semi-automatic 3D Acquisition and Reassembly of Cultural Heritage, ICT for Cultural Heritage, pp 12-13.

openkandil.com

أعتمدت عملية التحصيل على المسح التصويرى **Photogrammetry** و هو بسيط جدا، حيث تم أخذ حوالى ١٠٠ صورة لكل قطعة تغطى السطح بأكمله (لوحة رقم ٩١)، ثم تحدد نقاط الملامح البارزة أتوماتيكيا فى كل صورة، و يتم الكشف فى الصور المختلفة عن نفس الملامح المتطابقة، و بهذا النظام التحصيلى أمكن أعادة 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 الأفتراضية (٢٠٠٩ ـ ٢٠١٣).[1]

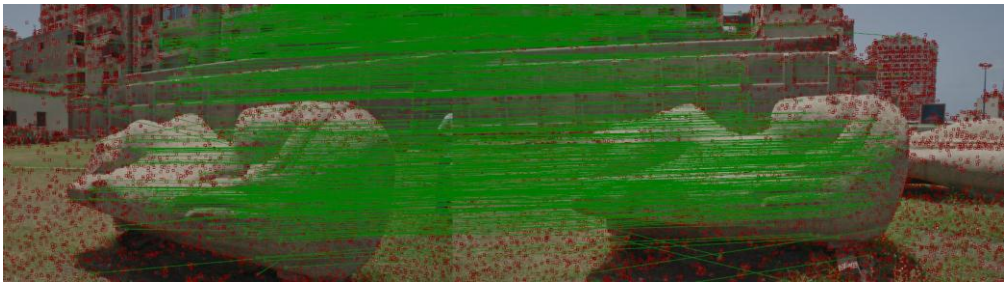
(لوحة : ٩١) توضح بدء العمل منذ ٢٠٠٩ على عمل مستنسخات للتمثال المكتشف فى الستينات حيث تطوير و أختبار وسائل البناء الثلاثية الأبعاد العادية والمتقدمة فى إعادة التجميع، حيث ضم المشروع باحثيين فى علم الكمبيوتر و الآثار.



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

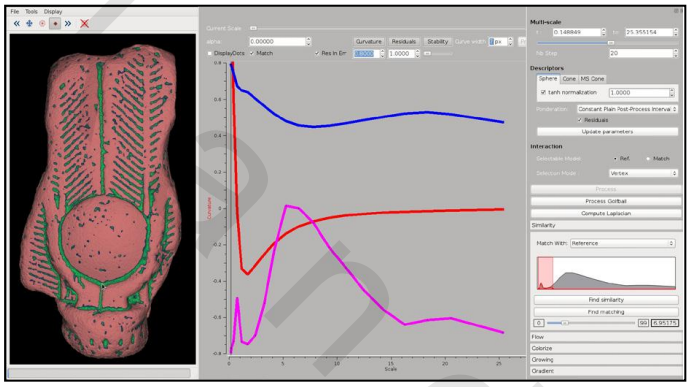
نقلاً عن :.,Reuter P.:Semi-automatic 3D

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



(صورة : ٩٣) إعداد صور مطابقة لأجزاء تمثال إيزيس

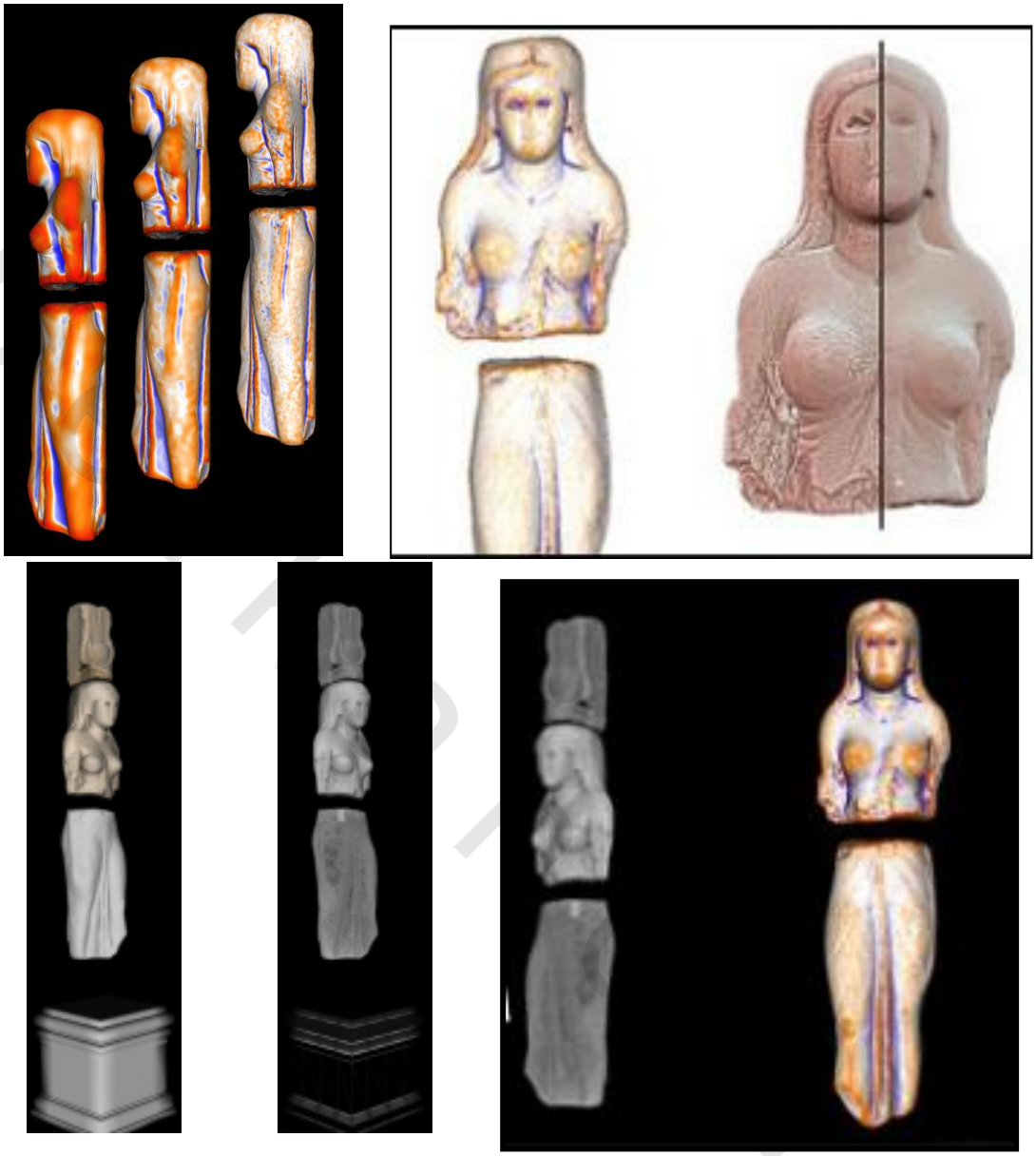
إعادة تجميع ثلاثية الأبعاد لأجزاء تمثال إيزيس عن طريق المسح التصويرى Photogrammetry



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

نقلاً عن : INRIA INVENTEURS DE MONDE NUMERIQUE,

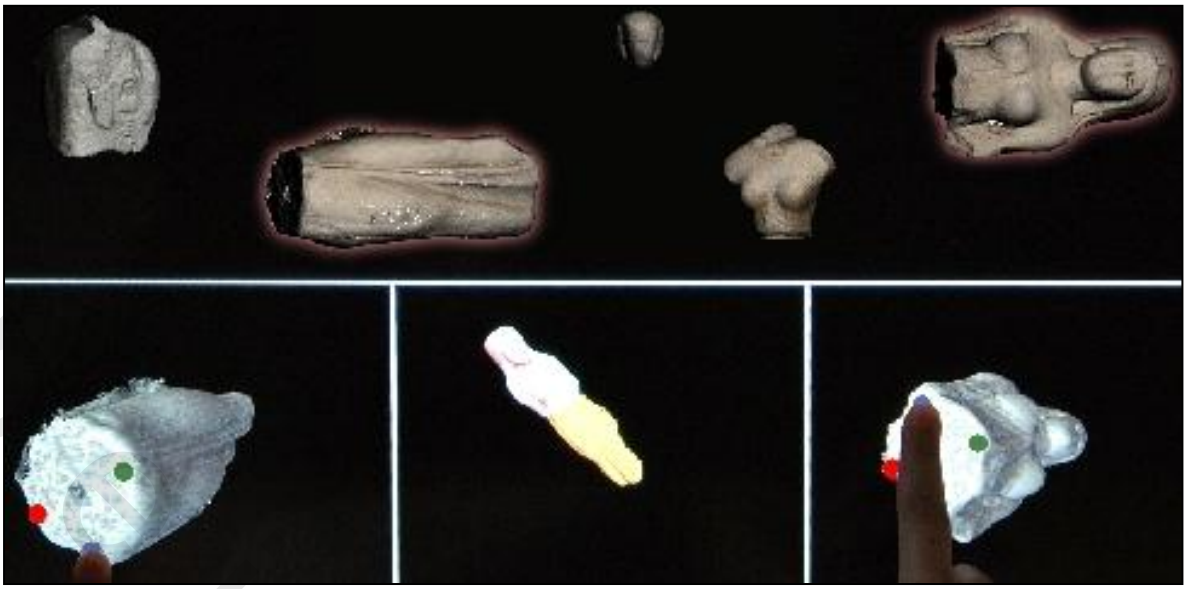
obeikandl.com



(لوحة :٩٥) توضح زيادة التفاصيل لتمثال أيزيس مع تقنيات المرئيات التعبيرية

حيث نلحظ دراسة منحنيات الجسد ، يوضح (اللون الأحمر) التحدبات و اللون الأزرق (التقعرات) بمستويات مختلفة من التفاصيل عام ٢٠١٢ كجزء من معرض Phares بالأضافة إلى الأفلام التى تقوم بشرح الموقع و تاريخه و كيفية الأنتشال .

نقلاً عن : INRIA INVENTEURS DE MONDE NUMERIQUE,



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

نقلاً 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 الأفتراضى الصرفة حيث تم عمل نسخ من الأجزاء لتكون نسخ كاملة من تمثالى الملكة البطلمية(إيزيس) و الملك البطلمى (بطلميوس) بمقياس ٥/١ من التقنيات الرقمية المبتكرة من التكوين الثلاثى الأبعاد من القطع الآثرية المجمعة لإحياء التماثيل الضخمة لفنار الإسكندرية (المقياس الأصلى للتماثيل الحقيقية ١٢,٧٠ متر طولا)، تم التعامل مع ملفات الثلاثية الأبعاد، بالتشكيل بالقطع و التجميع حيث نحتت التماثيل من كتل رغوية من البولى يوريثان و مطلية بالراتنجات المقترحة لإنهاء العمل (صورة رقم ٩٧) و (لوحة رقم ٩٨).

عندما أنتهى من المنحوتات و تم تجهيزها، تم تركيب كلاً من التمثاليين حيث يزن كلا منهم ٢,٥٠ متر بالأضافة إلى الأفلام التى تقوم بشرح الموقع و تاريخه و كيفية الأنتشال دون وجود القطع الأصلية (صورة رقم ٩٩).[1]

(لوحة : ٩٧) توضح مراحل نحت التماثيل من كتل رغوية من البولى يوريثان

نقلاً عن :INRIA INVENTEURS DE MONDE NUMERIQUE

1-INRIA INVENTEURS DE MONDE NUMERIQUE, CENTRE DE RECHERCHE BORDEAUX – SUD-OUEST: Plongée en 3D pour ressusciter les colosses du Phare d'Alexandrie.

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

(صورة : ٩٩) توضح معرض Phares بالمتحف الوطنى 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.

نقلاً عن : INRIA INVENTEURS DE MONDE NUMERIQUE,

أنواع المتاحف

أولاً: المتاحف المغلقة:

ـ متحف الآثار بمكتبة الإسكندرية (القاعة المخصصة للتراث الثقافي الغارق):

تتميز هذه القاعة ضمن باقي 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 والحُليّ والأمفورات – مجموعة متفردة من التماثيل وبقايا التماثيل، والتي يظهر فيها التأثير الأجنبي على الفن المصري. ومن هذه النماذج المتميزة نذكر تمثالاً 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 لمتصفحي الموقع حول العالم.[٢]

الجولات إرشادية : يقدم المتحف جولات إرشادية مجانا باللغات **العربية**، و**الإنجليزية**، و**الفرنسية**، و**الإيطالية**، و**الإسبانية**، و**اليونانية** وتستغرق 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 مواكبةً لكل ما هو حديث في عالم التكنولوجيا الرقمية، حيث تعاقدت المكتبة مع شركة **IBM** العالمية لتنفيذ المشروع وأشرف على التنفيذ مركز توثيق التراث الثقافى

1-http://www.Frankgoddio.org/events/permanent-collections/bibliotheca-alexandrina.html.

٢ ـ 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.

obeikandl.com

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 و٩٠ 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 أختيار القسم أو بإستخدام الصور، ويتاح للزائر أيضًا اختيار نوع الشرح الذي يناسبه فهناك شرحًا مبسطًا وآخر أكثر تفصيلاً لمن يرغب في مزيد من المعلومات.
وتتوفر أيضًا إمكانية تكبير الصور أو الاستفادة من المحاكاة التخيلية (Animation) لبعض القطع المختارة والتي تأخذ الزائر في رحلة عبر التاريخ، وأخيرًا يحصل الزائر على جزء من زيارته مطبوعًا كما ترسل له الجولة كاملة على بريده الإلكتروني.[١]

ـ متحف الإسكندرية القومى (القاعتين المخصصتين للتراث الثقافى الغارق):

عند الطابق الخاص بالآثار اليونانية الرومانية تم تخصيص صالتين للآثار الغارقة المنتشلة من الميناء الشرقى و أبو قير، بعضها من القطع التى قامت بعثة فرانك جوديو بإنتشالها بالتعاون مع المجلس الأعلى للآثار، تتضمن شاهد هيراكليون ، و تمثال الملكة البطلمية فى هيئة أيزيس بطول ٢,٢٠متر(صورة رقم ١٠٣)، و من الميناء الشرقى تم عرض تمثال كاهن أوزوريس الذى يحمل الأناء الكانوبى و تمثالى أبو الهول، و الذين سبق و أن ذكرنا أن أحداهما ينتمى لبطلميوس الثانى عشر والد كليوباترا السابعة (صورة رقم ١٠٤)، البعض الأخر يعرض للنذر الشعائرية، المغارف ، الذهب و المجوهرات، و مجموعة من الرؤوس الجرانيتية مستخرجة من أبو قير و الميناء الشرقى (صورة رقم ١٠٥أ-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.

obeikandl.com

(صورة: ١٠٠) العرض داخل فترينة كبيرة محاطة بالزجاج مجمع بداخلها عدد من الآثار الحجرية و الفخارية المنتشلة من المواقع الغارقة بالميناء الشرقى و أبو قير بمتحف الآثار بمكتبة الإسكندرية، وبالقاعة شاشة تلفزيونية صغيرة تعرض فيلم وثائقى 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 ـ ب) توضح الدليل الرقمى بمتحف الآثار بمكتبة الإسكندرية

نقلاً عن :
http://antiquities.bibalex.org/Press/detail.aspx.

(صورة: ١٠٣) تمثال لإيزيس من الجرانيت يرجع لنهاية العصر البطلمى عثر عليه بهيراكليوم بخليج أبو قير فى الإسكندرية، و قام بإنتشاله المجلس الاعلى للآثار مع بعثة المعهد الاوروبى للآثار البحرية فى موسم إبريل مايو ٢٠٠١ ، و هو معروض بقاعة الأثار 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 أكتشافه و ما عليه من تكلسات و حشف و حيوانات بحرية.

(صورة: ١٠٤) طريقة عرض التماثيل بقاعة الآثار الغارقة بمتحف الإسكندرية القومى حيث الخلفيات توضوح الآثر وقت الأنتشال.

نقلاً عن : http://www.Frankgoddio.org

(صورة: ١٠٥أ - ب - ج) رووس ملكية من الجرانيت الوردى تنتمى للعصر البطلمى منتشلة من خليج أبوقير، أ – ب يرتدى الملك لباس رأس (النمس) و يوجد بروز أعلى الجبهة يحتمل أنه كان يمثل الصل الملكى، ب - العينان مجوفتان و الأنف مفقودة، الفم تعلوه إبتسامة رقيقة و من خلف الرأس توجد عقدة النمس، ج – الرأس تعرضت لعملية النحر بصورة شديدة و لكن نلحظ أثار لباقيا النمس و الصل الملكى و بعض ملامح من الوجه و الرأسيين معروضتين بمتحف الإسكندرية القومى ، و نلحظ من الصورة (ب) و (ج) إحاطة الرووس بالزجاج لحمايتها من عوامل التلف المختلفة.

(صورة: ١٠٦) رأس ملكى من الجرانيت الوردى تنتمى للعصر البطلمى منتشلة من الميناء الشرقى و يرتدى الملك لباس رأس (النمس) و يوجد أعلى منتصف الجبهة الصل الملكى، و يشير السهم و الدائرة إلى وجود إستكمال باللون الرمادى بخامة البولى أستر و هو إستكمال تدعيمى للمحافظة على أتزان التمثال و الرأس معروضة بمتحف الإسكندرية القومى، و نلحظ فى هذه الصورة خلفية لأحد الرؤوس عندما كانت بقاع البحر ، و لكن الأن 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.

نقلاً عن :

http://antiquities.bibalex.org/Press/detail.aspx.

1-http://www.Frankgoddio.org/events/permanent-collections/bibliotheca-alexandrina.html.

ـ معرض مكتبة الإسكندرية – الآثار أسفل الماء البحث و التقنيات:

يعرض المعرض التقنيات الحديثة التى تم توظيفها للبحث الآثرى أسفل الماء، فهو يعرض معظم أشهر المواقع الآثرية أسفل الماء الأكثر أثارة فى المحيط الأطلسى و البحر الأبيض المتوسط.

فى سبتمبر ٢٠٠٤ تم أضافة أربعة لوحات تغطى الآثار أسفل مياه الإسكندرية و خليج أبوقير ، أثنين منهم تعرض التنقيبات التى أجراها فرانك جوديو بالتعاون مع المجلس الأعلى للآثار فى الميناء الشرقى و أبوقير، صمم المعرض بالعربية ، الفرنسية و الأنجليزية، و أنتج من قبل وزارة الثقافة الفرنسية بالتعاون مع مكتبة الإسكندرية و الـ CULTNAT (صورة رقم ١٠٧).[1]

(صورة: ١٠٧) توضح طريقة العرض بمعرض مكتبة الإسكندرية حيث يعرض لمعظم أشهر المواقع الآثرية أسفل الماء الأكثر أثارة فى المحيط الأطلسى و البحر الأبيض المتوسط، و تم أضافة أربعة لوحات تغطى الآثار أسفل مياه الإسكندرية و خليج أبوقير ، أثنين منهم تعرض التنقيبات التى أجراها فرانك جوديو بالتعاون مع المجلس الأعلى للآثار فى الميناء الشرقى و أبوقير .

نقلاً عن :/Frankgoddio.org

1-http://www.Frankgoddio.org/events/permanent-collections/bibliotheca-alexandrina.html.

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.

ـ 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 الـ٣٦ 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 المجمعة لسيتى الأول يقف تمثال لأبو الهول لبسمتسك الثانى (شكل ١٦٢ أ- ب).

تم وضع جميع القطع فوق قواعد مغطاه بالطوب، كل قاعدة مزودة بلوحة تصف و تشرح كل قطعة آثر معروضة، لتكمل مقدمة الشرح العامة و المخطط الموجود باللوحة الكبيرة عند مدخل الموقع.

كان وضع مسلة سيتى 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 ـ 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 بإتجاه الشمال يوضح مسلة سيتى الثانى المجمعة و تمثال أبو الهول لباسميتك الثانى.

نقلاً 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.

openkan.com

ـ المتحف البحرى القومى بإستانلى:

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 البحرى ، و قد نقلت إليه بعض العناصر الآثرية و ضمت نماذج للسفن وفى عام ١٩٨٦ تم تحويله لمتحف خاص بالآثار الغارقة، و فى عام ١٩٩٥ تم بناء أحواض للتحلية لتحلية الآثار المستخرجة من البحر من جميع أنحاء الجمهورية.(١)

ـ 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 التحلية، 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 الأن 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 والتى تم إستخدامها فى مجموعة الآثار الجرانيتية المعروضة بكوم 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 :

ـ عدم التصريح بإقامة المصانع بالقرب من المتاحف أو الأماكن الأثرية حفاظا على التراث القومى ، ويفضل إقامة المتاحف فى أماكن بعيدة عن المراكز الصناعية .

ـ تخفيض نسبة الكبريت فى زيت الوقود بالمعالجة بالهيدروجين. (٣)

- إستخدام مظلات مفتوحة يمكن أن تحمى القطع الآثرية من الأمطار المباشرة و لكنها قد لا تجعل سطح الآثر جاف ، لذلك هناك أحد المقترحات بعمل فترينات عرض دائمة مصنعة من الزجاج و البرونز تم تنفذيها فى خريف ٢٠١١ فى Jelling بالدنمارك على أثنين من الأحجار الجرانيتية الآثرية 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)

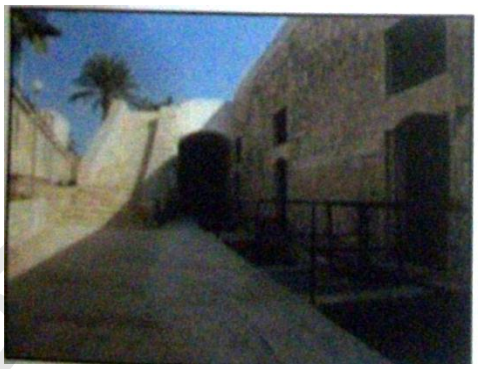
1- Haldane D.: Summer 1996, The Alexandria Conservation Laboratory for Submerged Antiquities, The INA Quarterly, Volume 23, No. 2, p4.

٢- عبد المعز شاهين: ١٩٩٣ ، طرق صيانة و ترميم الآثار و المقتنيات الفنية، الهيئة المصرية العامة للكتاب، رقم الإيداع ٣٨١٠، ص٢١٠.

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.

openkanal.com



(لوحة : ١٠٩ أ – ب – ج) توضح مخزن حديقة الشلالات (معمل ترميم المعادن طابية النحاسيين)، أ- من الخارج، ب- من الداخل ، و ج- الـ١٠ قطع من الجرانيت المستخرجة من الماء و معروضة فى الـ Open Air ، كان من ضمن القطع يد و جزء من ذراع تمثال الملك البطلمى X و لقد تم إضافتهما للتمثال حالياً.

(صورة : ١١٠) توضح فتارين العرض الوقائية الأثنين حيث إقامتهما فى نفس الموقع بـ Jelling

نقلاً عن :Poul Klenz Larsen1, Susanne Trudsø1: 2011

ثالثاً : المتاحف المقامة فى نفس الموقع أسفل الماء:

هناك أتجاه فى الأونة الأخيرة تجاه عرض التراث البحرى الغارق فى نفس موقعه فى إطار حدائق أثرية متحفية بحيث تكون متاحة للجمهور العادى و لاتكون مقصورة على الغواصين أو من يعرفون الغوص، فى هذه الحالة يتم الحفاظ على الموقع فى حالة جيدة بقدر الأمكان من حيث مراعاة العوامل و الظروف البيئية ، التى لا تتغير بالنسبة للآثر مما يساعد فى الحفاظ عليه، كذلك ما يترتب عليه من أثرا فى نفوس الزائريين للموقع ، فيحتاج الموقع إلى تفسيرات تسهل على الزائر التعرف على الموقع و ما به من قطع، دون أن تؤثرهذه التسهيلات التفسيرية على الموقع و ما به من آثار.

و قد تكون العديد من المواقع الآثرية الغارقة على مقربة من بعضها البعض فى أطار حديقة متحفية كبيرة يجمعها أبحاث و توثيق الخبراء الذى يساعد الزائر لهذه المواقع مع الأشراف المستمر بحيث لا يحدث ضرر أو تلف للمعروضات الآثرية التى 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 فى أى منطقة أو إقليم، كما أنها قد تتمثل فى أنواع متعددة من البقايا الآثرية سواء تلك الآثار ذات الطبيعة البحرية، مثل الموانى و السفن، أو غيرها من الآثار التى لا علاقة لها بالنشاط البحرى كالتماثيل و قطع العملة و الحلى و غيرها من القطع الآثرية التى قد تكون مغمورة بالمياه لسبب أو لأخر و هناك على مستوى العالم ما يزيد عن ٤٠ متحف للآثار الغارقة يوجد معظمها فى أوروبا، و منها إيضا عدد فى 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 :

ـ متحف قيسارة الغارق:

يوجد على شاطىء البحر المتوسط بإسرائيل و تم إفتتاحه كمتحف تحت الماء للغواصيين عام ١٩٩١أحتفالا بمرور ٢٠٠٠ عام على بناء المدينة، بناه الملك هيرود تكريما لقيصر أغسطس، و كان يعتبر أكبر ميناء فى الأمبراطورية 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 الشاطىء الحالى) مرورا بالبقايا الآثرية الممثلة فى بقايا لفنار، حاجز أمواج قديم، أساسات الميناء الأصلية، مراسى و دعائم، إلى حطام سفينة ترجع إلى العصر الرومانى، التى تشير إلى أحتمالية 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 تبلغ٧٩,٥٠٠ أمتار مربعة (تبلغ مساحة كل مسار حوالى ٤٠٠ متر)، مسار واحد يكون للغواصيين المحترفيين ذو الخبرة، [٢]

١- عماد خليل: نحو رؤية جديدة لمتحف الآثار الغارقة بالإسكندرية، مكتبة الإسكندرية، صفحة مصريات، ص٥

2- UNDERWATER MUSEUMS AND DIVE SITES: THE UNESCO 2001 CONVENTION ON THE PROTECTION OF THE UNDERWATER CULTURAL HERITAGE, pp2, 3, 4.

و باقى المسارات الأخرى الموجودة أقل من ٧ أمتار تحت مستوى سطح البحر، قريبة من الشاطىء و هى مناسبة للغواصيين المبتدئين.[١]

ـ متحف لإحدى السفن الغارقة باليونان:

أفتتح فى اليونان فى عام ١٩٩٧، و قد تمت الموافقة على هذا المشروع لتنشيط 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.

ـ متحف Baiheliang بالصين:

يعد متحف Baiheliang بالصين من أكبر متاحف العالم الحالية و أوسعها على الأطلاق الموجودة أسفل المياه، حيث بنى على اليابسة قبيل سد الخوانق الثلاثة، و هو الأن يقع تحت سطح الماء على عمق ٤٣ متر و يضم نقوش كتابية تصل إلى ألف و مائتين عام ترجع لفترة حكم أسرة تانج Tang (٦١٨ – ٩٠٧)، و هى تسجل حركة نهر يانجنتسى.

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 الصلب المسلحة للتقوية، الأسمنت 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.

٢ـ إبراهيم عطية درويش: المواقع الآثرية الغارقة بالإسكندرية، مكتبة الإسكندرية، صفحة مصريات، ص ص ٢٤ ـ ٢٦.

3-Manual for Activities directed at Underwater Cultural Heritage : op. cit., p52.

obeikandi.com

(صورة : ١١١) توضح موقع قيسارة ١٤

(Photo www.caesareadiving.com)

(صورة : ١١٢) توضح متحف Baiheliang بالصين، حيث نلحظ السلالم الكهربائية المؤدية إلى المتحف

نقلاً عن:

© U. Guérin/UNESCO, Baiheliang

- معرض بانكوك Bangkok ٢٠١٠:

نظمت منظمة اليونسكو معرضاً كبيراً عن التراث الغارق، خاصة من منطقة آسيا و المحيط الهادى، عقد فى Siam Ocean World فى بانكوك ، تايلاند، ظهر فى المعرض التفاعلى مشاهد من التراث الغارق حول العالم، من نسخة طبق الأصل بالحجم الطبيعى من حطام سفينة **Thai**، فتارين عرض للقطع الآثرية المنتشلة من البحر، عروض خاصة لعلماء الآثار البحرية عند قيامهم بعملهم، و مناطق لعب عديدة للأطفال.

وقد زار المعرض ما يقدر بحوالى ١٥٠,٠٠٠ من الزوار المحليين والأجانب على مدى فترة ثلاثة أشهر،تشكل عناصر المعرض الآن جزءا من المجموعة الدائمة للمتحف البحري الوطني في Chanthaburi ، تايلاند.[1]

هذا المعرض ليس بموقعه أسفل الماء، و لكن الباحثة رأت أنه من الضرورى العرض لفكرة هذا المعرض لما به من طرق عرض و أفكار جيدة يمكن الأستفادة منها للحصول على عرض متحفى جيد.

(صورة : ١١٣) توضح نسخة طبق الأصل بالحجم الطبيعى من حطام سفينة Thai بمعرض Bangkok ٢٠١٠.

(صورة : ١١٤) توضح فتارين عرض للقطع الآثرية المنتشلة من البحر، و عروض خاصة لعلماء الآثار البحرية عند قيامهم بعملهم. نقلاً 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 Archaeolog, p 14.

ـ 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 الآثرية بجوارقلعة 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:

١ـ صعوبة إنتشال كل ما يعثر عليه نظرا للتكلفة العالية لعملية الأنتشال و الترميم.

٢ـ عدم وجود أماكن كافية لعرض أو تخزين المنتشلات.

٣ـ وجود آثار ثابته لايمكن أنتشالها مثل الموانى و الأرصفة البحرية و الأرضيات و أحواض تربية الأسماك.

٤ـ 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 التدمير و الأساطين و العناصر الأخرى من الأتلاف أو تغيير المكان، فالمتحف أو الحديقة الآثرية أو المحمية الطبيعية هى المظلة التى تسهل حماية هذه الآثار و بقائها فى بيئتها.

٥ ـ الأستغلال الأقتصادى الأمثل لهذه المواقع الآثرية ووضعها على خريطة الإسكندرية السياحية .[١]

فظهرت فكرة أنشاء المتحف فى إبريل١٩٩٧ 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 للاثار الغارقة بالإسكندرية" التى نظمها صندوق التنمية الثقافية بالإشتراك مع منظمة اليونسكو فى يوليو ٢٠٠٦.

فعلى مدى الأعوام الماضية تم أنتشال عشرات القطع الآثرية سواء من موقع فاروس أو من الميناء الشرقى أو من المواقع الغارقة بأبو قير، لذا فقد أقترحت 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 الآثر فى موقعه قبل أنتشاله، لأنه بمجرد أنتشاله يكون قد خرج و إلى الأبد من سياق موقعه الآثرى و التاريخى، و إذا تم أعادته إلى موقعه بعد ذلك فيكون أمرا غير مبرر و غير جائز علميا.

و لكن لايزال موقع فاروس به ألاف القطع من أبدان الأعمدة الغارقة التى ربما تعود لفنار الإسكندرية و كذلك بعض العناصر المعمارية ، و كذلك الميناء الشرقى بما يوجد به من آثار ثابته و منشأت الميناء و أرصفته التى تعود للعصر البطلمى،[٢]

١ـ إبراهيم عطية درويش: المواقع الآثرية الغارقة بالإسكندرية، المرجع السابق، ص ص ٢٤ ـ ٢٦ .

٢ـ عماد خليل: نحو رؤية جديدة لمتحف الآثار الغارقة بالإسكندرية، المرجع السابق ، ص ص٧ ـ١٠ـ ١١.

و كذلك منطقة السلسلة يظل بها قطع معمارية و بقايا منشأت ربما تعود لمعبد إيزيس لوخياس، 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 إيضا به عدد من المنشأت 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 أنشاء ممرات أو أنفاق زجاجية تحت الماء يستطيع الزائر من خلال التجول داخلها لمشاهدة الآثار فى موقعها الأصلى، 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 فلابد من إعداد المنطقة لإستقبال السياح و تزويدهم بالخدمات كعمل كافيتريا 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، فتقترح دكتورة عنايات محمد أحمد أن تكون منطقة السلسلة المواجهة لمكتبة الإسكندرية مكانا لإقامة مسرح تمثل عليه مسرحية كليوباترا السابعة مع تحويل خشبة المسرح لشاشة عرض لفيلم لكليوباترا بالإضافة لعمل نموذج لجزيرة أنتيرودس و ما كان عليها من منشأت 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 الميناءالشرقى، 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 ص ١٣ ،١٤ .

3-http://www.linternaute.com/video/savoir/un-musee-sous-marin-a-alexandrie.

obeikandi.com

التصميم المقترح يهيمن عليه أربعة هياكل زجاجية مستوحاه من شكل أشرعة الفلوكة المحلية و تقف عند النقاط الرئيسية الهامة للموقع حول المتحف الدائرى، يتم تجليس الهيكل على قاعدة من الرمل مما يخفف من المبنى للمساعدة على تخفيف صدمات الزلازال و التوسونامى.

كما أوجد حل لمشكلة تعكر المياه و تلوثها من خلال أنشاء 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 ١٢متر. [1]

و مع كل ما تقدم من مشروعات فسيبقى تنفيذها مرهون بمعالجة بعض القضايا من أهمها الصرف الصحى حيث تحتاج المياه لوقت طويل حتى مع الأنتهاء من ألقاء المخلفات لتصبح المياه شفافة نقية كما كانت فى السابق.

1-www.theiet.org/magazine 8 August - 11 September 2009 Engineering & Technology.

obeikandl.com

(لوحة : ١١٥) توضح التصميم المقترح لمتحف الآثار الغارقة بالميناء الشرقى

نقلاً عن:

Architect) Jacques Rougerie (Photo copyright of
http://www.rougerie.com/11,1001,s1,html

أنواع العرض المتحفى

هناك نوعان من العرض المتحفى :

- النوع الأول : العرض المباشر (الدائم):

حيث تعرض القطع بصفة دائمة فى المتحف أى أنها من ضمن المحتويات الرئيسية التى 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 فى نوعها من حيث الأهمية و الحجم و الشكل و الفترة الزمنية كذلك اللون، أما الوحدة فهى القيمة الحيوية للآثر التى تعكس شخصيته.

- النوع الثانى : 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 أعارته من الآثار المنتشلة من المواقع الغارقة بالإسكندية و كان أولها المعرض الذى أقيم فى القصر الصغير بباريس فى مايو ١٩٩٨ الذى أختص بعرض القطع المنتشلة من قاع الميناء الشرقية بالإسكندرية تحت أسم " مجد الإسكندرية " "La Gloire d Alexandrie" و عكس هذا المعرض لأول مرة أمجاد مدينة الإسكندرية التى كانت منارة للعالم القديم و أول معرض دولى يسلط الأضواء على المكتشات الحديثة بمدينة الإسكندرية.[١]

- و من أهم الأشياء التى يجب الأهتمام بها فى حالة المعارض المعارة هى عملية الحجر و عملية الشحن و التغليف.[٢]

١- الحجر Quarantine :

لعل عملية الحجر للقطع الآثرية سواء ما يأتى 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 فى هذا النوع من المعارض.

فهو جزء أساسى من أى عملية لوقاية الآفات داخل المتحف لجعل الآفات خارج المقتنيات، فيمكن أن تدخل الآفات إلى المتحف من خلال العديد من المصادر بما فى ذلك المقتنيات الجديدة، القطع الآثرية 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 فى 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 ثقوب لحشرة الخشب فى صناديق الشحن الخشبية قد تكون واضحة و تكون أى يرقات نامية مختبئة داخل الخشب، و هذا يعنى أنه قد يكون من الضرورى أن تكون هناك فترة حجر لتحديد ما إذا كانت الإصابة نشطة أو قد تم القضاء عليها حيث موت تلك الأفات.[٣]

١ـ عزت حامد قادوس : ٢٠٠٥، آثار الإسكندرية القديمة ، مطابع الحضرى ، 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.

obeikandi.com

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 إيضا عند فحص القطع حين عودتها بجانب التقرير الجديد الذى سيتم وضعه بعد عودة تلك القطع المعارة.[١]

٢- عملية التغليف و الشحن:

و لعل أهم خطوة فى هذا النوع من المعارض هى عملية التغليف و الشحن فهى جزء من أنتاج 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 أختيار 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 الآثرية من جميع المخاطر المتوقعة المرتبطة بطريقة الشحن التى تم إستخدامها.

تكون مواد التعبئة و التغليف المناسبة هى نفسها المواد المستخدمة فى تخزين القطع، و على الرغم من أن فوم اليوريثان urethane ليس مادة حفظ أرشيفية، إلا أنه دائما ما يستخدم فى تغليف و تعبئة القطع لما له من خصائص ممتازة فيكون مثله مثل الوسائد مما يشكل دعما جيدا للقطع، لكن مواد التغليف التى تكون على علاقة مباشرة بالآثر لابد أن تكون أرشيفية.[٢]

يجب أن يوفر أسلوب الشحن المختار أفضل حماية للآثر 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 الأهتزازات المرتبطة بهذه الطريقة.

أحيانا يستخدم الشحن عن طريق البحر للقطع ذو الحجم الكبير جداُ و المستقرة، لكن دائماً ما يكون وقت الأبحار طويل جداً، و يكون من الصعب توفير التحكم فى المناخ على المدى الطويل فى حاوية الشحن.

كما أن شركات الشحن التى لديها الخبرة فى نقل المقتنيات المتحفية يمكن أن توفر المساعدة القيمة فى التخطيط لشحن المقتنيات المتحفية.[٣]

و بالنسبة للقطع الخاصة بالإسكندرية التى تمت إعارتها فلقد تمت دراسة مساحة الشحن فى الطائرة بدقة تامة، لأن أى ميل قد تنتج عنه أعراض للكسر، بميل لا يزيد عن متر و إلا ستتولد توترات داخلية ينبغى تجنبها، وضعت ٤٠ قطعة فى صناديق خاصة و أعدت لترحيلها لبرلين ، حيث شحنت حمولة التماثيل الثقيلة على متن طائرة نقل من طراز أيرباص ٣٠٠- ٦٠٠ ST بيلوجا، و هى أقدم طائرة شحن فى 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.mhtl.

3- Ladkin N. : Collections Management, Running a Museum: op. cit., p 29 .

٤- الفيلم الوثائقى كنوز فرعونية غارقة www.aljazzera.net/doc.

obeikandl.com

كما وافقت وزارة الثقافة فى ذلك الوقت على أطلاق جولة حول العالم فى العديد من المدن الأوروبية لعرض القطع الآثرية، و ضم المعرض ٤٨٩ قطعة نادرة من الآثار بمكتبة الإسكندرية، متحف الإسكندرية القومى، المتحف اليونانى الرومانى، مخازن الآثار الغارقة و معمل الترميم بالإسكندرية.

ـ المعارض التى تم إعارتها إلى الخارج:

ـ 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	أمريكيا USA	Field Museum	أكتوبر ٢٠٠١	مارس ٢٠٠٢

ـ معرض **"كنوز مصر الغارقة" Sunken Treasures of Egypt** (سبتمبر ٢٠٠٦ ـ سبتمبر ٢٠٠٩) الذي 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 سبتمبر٢٠٠٦ **(لوحة رقم ١١٦)**
بون	المانيا	Art and Exhibition Hall of the Federal Republic of Germany قاعة الجمهورية الإتحادية 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 **(صورةرقم ١١٨أ ب)**
باريس	فرنسا	Grand Palais القصر الكبير	٩ ديسمبر٢٠٠٦	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 فينايرا ريالي"	٧ فبراير ٢٠٠٩	٣ يونيو ٢٠٠٩ **(صورة رقم ١٢١)**

1-http://www.Frankgoddio.org/cleopatra-of-egypt-from-history-to-myth.mhtl.
2-http://antiquities.bibalex.org/Press/detail.aspx.

obeikandl.com

معرض برلين فى 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 التدحرج بإتجاه الدهليز، وكان من الأفضل ترك فراغ صغير بينهما، فإذا توافرت المساحة لا تلامس الحجارة لكن عندما تميل ستتسبب فى أنثناء الفلاذ و تنكسر المسامير بجلوس 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 إيضاً فى معرض **BONN** (لوحة رقم ١١٧).

رتب المعرض بطريقة تسهل التتابع 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 للآثار وقت الأنتشال.

نقلاً 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.aljazzera.net/doc

(لوحة : ١١٧) الرافعات الهيدرولوكية التى إستخدمت لرفع التماثيل الجرانيتية الكبيرة بمعرض BONN بألمانيا ، و طرق العرض و الخلفيات المختلفة التى تم إستخدامها فى القاعات الأخرى من المعرض، حيث نرى تصميماً مشابه لواجهة معبد هيراقليوم الذى كان يقف أمامه التماثيل بمدينة هيراقليوم، كما نرى خلفيات للآثار وقت الأنتشال بالنسبة لرأس القيصرون و الأميرة، و تمثال أخر لملكة بطلمية مسلط عليه الأضواء و محاط بأربعة أعمدة .

نقلاً عن :

http://www.Frankgoddio.org/events/

معرض Pacifico Yokohama باليابان:

من أكثر مايهم ذكره هو أستخدام نظام الواقع الأفتراضى فى هذا المعرض ، حيث تعاون كلامن Toppan للطباعة وشركة Asahi Shimbun لتطوير نظام الواقع الأفتراضى لأنتاج واقع أفتراضى 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 أكتشافها و الأنقاض و كذلك مواقع حطام السفن التى مازالت موجودة بقاع البحر بمصر .

أستنادا على ما أكتشفه فرانك جوديو من أنقاض و مدن قديمة (كانوبس ـ هيراكليوم) تحت الماء فى مدينة الإسكندرية حيث أن الواقع الافتراضي 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 الأفتراضى (صورة رقم ١١٨أ- ب).

ثبتت الشاشة فى المكان عن طريق إستخدام تكنولوجيا مطبوعات Toppan للواقع الأفتراضى 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 الأفتراضى و يكون الزائرين قادرين على خوض تجربة إفتراضية 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 أكتشافها.[١]

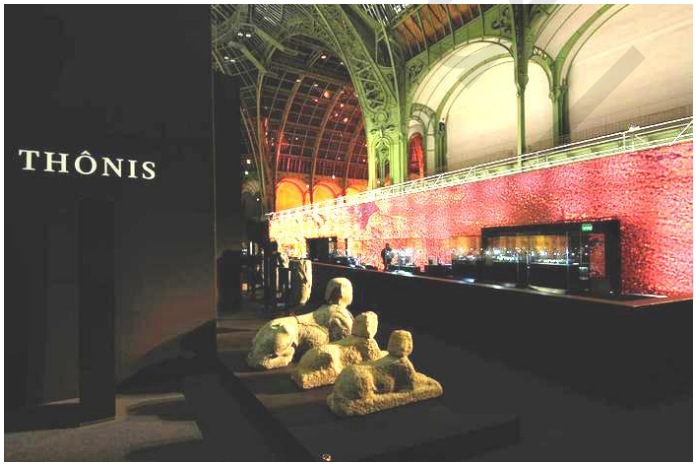
(صورة: ١١٨أ ـ ب) توضح مستنسخ للواقع الأفتراضى لموقع التنقيب على أساس قياس البيانات فى قاع البحر و صور من الحفائر نفسها و طريقة عرض الواقع الأفتراضى داخل المعرض .

نقلاً عن:

(c) 2008-2009 The Asahi Shimbun / Toppan Printing Co., Ltd.

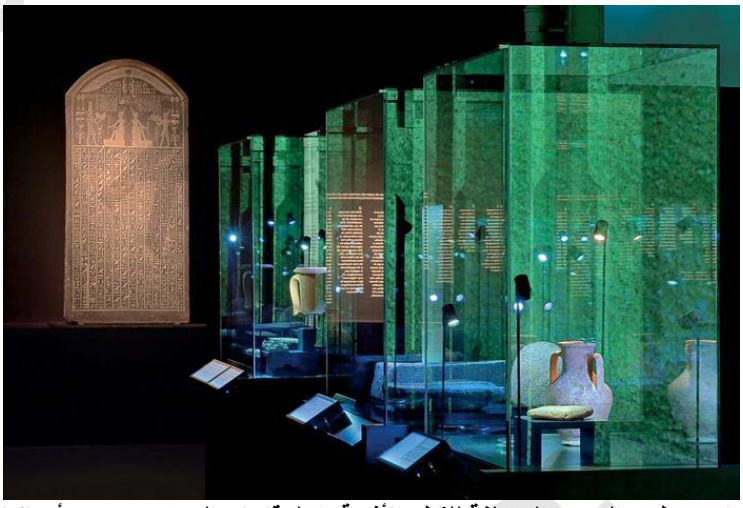
1-Toppan Printing Co., Ltd, News Release: Virtual Reality production tour based on ancient Egypt Being prepared, Tokyo, Japan, March 10, 2009, PP 1-2-4.

obeikandl.com



(لوحة : ١١٩) طرق العرض بالقصر الكبير Grand Palais بباريس من الخارج ، و الصور الأخرى توضح طرق العرض المختلفة للقطع الأثرية داخل قاعات العرض.

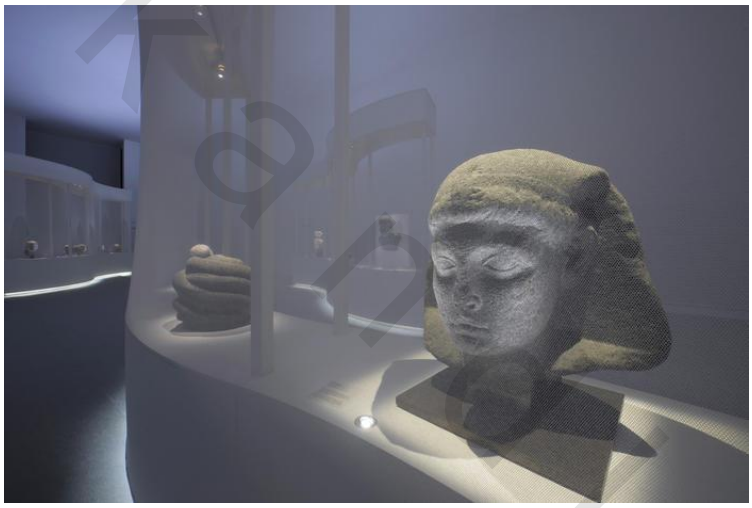
نقلاً عن :
http://www.Frankgoddio.org/events/

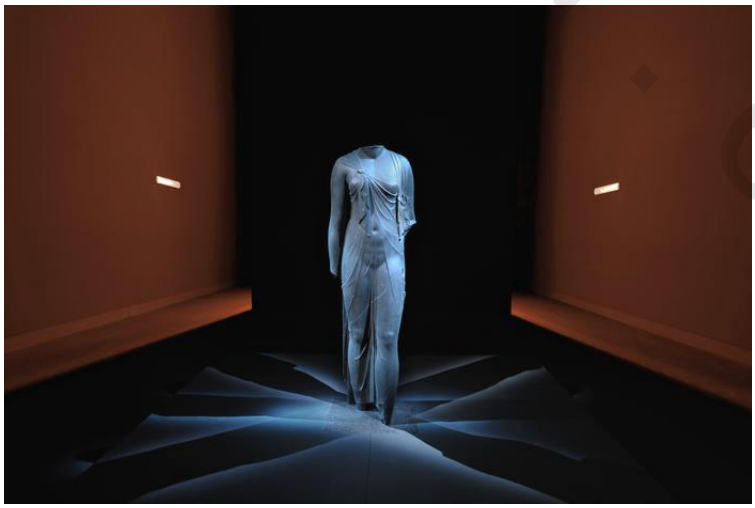


(لوحة : ١٢٠) طرق العرض المختلفة للقطع الأثرية داخل قاعات العرض بمدريد بأسبانيا.

(صورة : ١٢١) توضح طرق العرض المختلفة للقطع الأثرية داخل قاعات العرض بـ TURIN.

نقلاً عن :
http://www.Frankgoddio.org/events/





(لوحة : ١٢٢) توضح طرق العرض المختلفة للقطع الأثرية داخل قاعات العرض بـ TURIN.

نقلاً عن :
http://www.Frankgoddio.org/events/

obeikandl.com

أما الجولة التى خصصت لمعرض كليوباترا السابعة فليوباتور، فقد كانت فى 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 المعروضات المكتشفة من الآثار الغارقة بكليوباترا أنه لا يوجد دليل علمى على الأطلاق لأيا من الآثار الموجودة فى الميناء الشرقى بالملكة كليوباترا دون سواها من ملوك البطالمة، كما أن التماثيل التى شاهدها العالم فى وسائل الأعلام هى الآن أما معروضة فى متحف الإسكندرية القومى و متحف الآثار بمكتبة الإسكندرية بعد عودتها من الدول التى كانت معارة إليها و البعض الأخر بحديقة المسرح الرومانى و حديقة المتحف البحرى و طابية النحاسيين و قد سبق الحديث عنهم، أو موجودة فى فى مخازن وزارة الآثار و لايوجد أيا منها تحت الماء.[١]

(جدول : ١٢) يوضح الدول التى أقيم بها معرض "كليوباترا: البحث عن آخر ملكة مصرية"

المدينة	الدولة	مكان العرض	المدة	
	الولايات المتحدة الأمريكية		من	إلى
فيلادلفيا PHILADELPHIA		The Franklin Institute مؤسسة فرانكلين	يونيو ٢٠١٠	يناير ٢٠١١ **(صورةرقم ١٢٣)**
ميلووكى MILWAUKEE		Public Museum المتحف العام	أكتوبر ٢٠١١	٢٢ إبريل ٢٠١٢ **(صورة رقم١٢٤)**
لوس أنجلوس LOS ANGELES		California Science Center مركز كاليفورنيا للعلوم	٢٣ مايو ٢٠١٢	٣١ ديسمبر٢٠١٢ **(صورةرقم ١٢٥)**
سينسيناتى CINCINNATI		Cincinnati Center مركز سينسيناتى	فبراير ٢٠١١	سبتمبر ٢٠١١ **(صورةرقم ١٢٦)**

The Search for the Last Queen of Egypt

http://antiquities.bibalex.org/Press/detail.aspx.

ـ معرض فيلادلفيا:

بمجرد الأنتهاء 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 آثرية أخرى، غمر كل شيء فى اللون الأزرق مشكلا تأثير الغوص فى المحيط حيث وجدت القطع الآثرية (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 التى تحتوى على لقطة مبعثرة من القطع الآثرية بدءا من شديدة الصغر كالأقراط و التماثيل الصغيرة، إلى التماثيل الكبيرة ذو الخمس أطنان طولا و التى يفترض أنها كانت تحرس[٢]

١ـ عماد خليل: نحو رؤية جديدة لمتحف الآثار الغارقة بالإسكندرية، مرجع سبق ذكره، ص١٠

2- Marquardt M.: , Museums: Cleopatra: The search for the last queen of Egypt, : EARTH The Science Behind the Headless, Wednesday, September 8, 2010, "AGI "American Geosciences Institute © 2008-2013.

مدخل معبد الآله آمون حيث يتوج الملوك، و بجانب عدد من صناديق العرض توجد عدة أجهزة تليفزيونية تعرض لقطات توضح أنتشال القطعة الآثرية، حيث مشاهدة الآثرى و هو يقوم بإكتشاف 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 الأضاءة من الزرقاء المحيطية إلى الإضاءة الصحراوية البرتقالية، حيث يحيى حواس الزائريين من خلال شريط فيديوى قصير مفصلا 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، معتمدا على العملات المعدنية و التماثيل التى يبدو أنها تحمل وجه كليوباترا.

من الأنتقادات التى وجهت للمعرض النظرة العامة عن كيفية أكتشاف الآثار، قصر وقت الجزء الثانى من المعرض بينما كان هناك وقت وفير للتعرف على الفرق ما بين تقنيات و أستراتيجيات 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 الآثرية.

مع ذلك فالمعرض يقدم شيء فريد، فلقد تم تمويله من قبل الجمعية الجغرافية الوطنية، فلقد تابعت الكاميرات العلماء فى كثيرا من هذه الغوصات. [1]

(صورة: ١٢٣) توضح طريقة العرض بإستخدام ممر زجاجى مرفوع بمعرض فرنكلين فيلادلفيا.

نقلاً عن : http://www.Frankgoddio.org/events/

ـ 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 أخر تلك الرحلات بالولايات المتحدة، حيث يتنقل 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.

1- Marquardt M.: , Museums: Cleopatra: The search for the last queen of Egypt, : EARTH The Science Behind the Headless, Wednesday, September 8, 2010, "AGI "American Geosciences Institute © 2008-2013.

لقد قام فرانك جوديو بإستكشاف فيما يعتقد أنه القصر الملكى لكليوباتر أسفل مياه الميناء الشرقى، و لقد أعطى جزء من المعرض الشعور بتجربة الأثار المغمورة أسفل المياه من خلال الإضاءة المسرحية و المؤثرات الصوتية، و تضمنت المعروضات تمثالى الملك الفرعونى و زوجته التى كانت تحيط يوما ما بمدخل إحدى المعابد القديمة بهيراكليوم يعتقد أنه معبد أمون (أبو قير حاليا)، يبلغ طول كلا من التمثالين ١٦ قدم و يبلغ وزن كلا منهما ٥ طن(صورة رقم ١٢٤).

كما يوجد بالعرض وثيقة بردى أصلية يعتقد أن كتبت بخط كليوباترا اليدوى، فبجوار الآثار المستخرجة من قاع البحر تم عرض العديد من القطع الآثرية التى أكتشفت بالأرض بواسطة زاهى حواس خلال البحث عن مقبرة كليوباترا فى حفائر تابوزوريس ماجنا.[١]

(صورة:١٢٤) طريقة عرض التماثيل الكبيرة بمعرض Milwaukee .

نقلاً عن : http://www.Frankgoddio.org/events/

- معرض كليفورنيا للعلوم بلوس أنجلوس:

كانت طريقة العرض مختلفة تماما حيث شغل المعرض مساحة الطابق الثالث بمساحة تقدر ١٣,٠٠٠قدم مربع بمركز كليفورنيا 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 الـ IMAX هى أختصار 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 Loohauis – Bennett: Big Cleopatra exhibit to rule at Milwaukee Public Museum, jsonline.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 الآثرية 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 الفراعنة، 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 قيصرون أبن كليوباترا و يوليوس قيصر.

الصالة السادسة تسلط الضوء على تمثال لأمرأة فاقد الرأس و بردية كليوباترا السابقة الذكر.

الصالة السابعة تركز الضوء على القطع الآثرية لمقبرة كليوباترا و مارك أنطونيو بتبوزوريس ماجنا.

الصالة الثامنة هى المحطة قبل الأخيرة لمونتاج لصور كليوباترا فى الفن و الثقافة الشعبية.[1]

1-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.

openkandil.com

(صورة ١٢٥) توضح طريقة العرض بمعرض كليوباترا بمركز كليفورنيا للعلوم و الفتارين ذو السياج المعدنية المحيطة بالقطع الآثرية لحمايتها .

(صورة:١٢٦) توضح طريقة العرض بمتحف Cincinnati

نقلاً 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 إستخدام الخامات المناسبة للمساهمة فى السيطرة على البيئة المتحفية و حماية المعروضات عن طريق تطبيق طرق الصيانة الآتية:

ـ الصيانة الوقائية Preventive conservation :

هو أحد أهم العناصر للعناية بالمقنيات الآثرية التى يجب مراعتها عند وضع خطط المتحف، فلابد للعاملين من توفير البيئة المثلى للحفاظ على المقنيات سواء عند عرضها ، تخزينها .

فالصيانة الوقائية تشير للقياسات و الأجراءات التى تهدف إلى تجنب أو تقليل التلف أو الفقد المستقبلى، و الأدارة الجيدة لمناطق التخزين و العرض الذى يعد خط الدفاع الأول ضد تدهور المقتنيات الآثرية. (١)

ـ الحفظ و الترميم Conservation and restoration :

ينبغى للمتحف من مراقبة حالة القطع الآثرية بدقة لمعرفة و تحديد مدى أحتياجها للترميم و الصيانة، و يكون الهدف الرئيسى تحقيق نوع من الأستقرار لهذه القطع، كما يجب توثيق جميع عمليات الصيانة و الترميم ، و توضيح جميع التغيرات التى مرت بالقطعة الآثرية الأصلية.(٢)

ـ 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 الإستخدام نتيجة لخواصها الأخرى و تكلفتها المنخفضة، و فى مثل هذه الحالات يستخدم حاجز من مواد الحفظ مابين المادة النشطة و الآثر. (٣)

ـ طرق حماية الأثار 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.

obeikandi.com

و نستعرض فيما يلى أهم أجهزة ظبط الحرارة و الرطوبة داخل المتاحف :

أ ـ التكيف المركزى 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 أتوماتيكيا 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 **Humidofiers** 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 التكييف المركزي داخل صالات العرض بالمتاحف فيمكن إستخدام المنظمات لضبط درجة الحرارة والرطوبة النسبية داخل الفتارين عن طريق المنظمات **Buffers** و السليكا جيل **Silica Gel** [١]
أن الهواء المكيف داخل فتارين العرض ذو تكلفة صيانة مرتفعة و تكون هناك أحتمال حدوث أعطال ميكانيكية، لذلك عند عرض المقنيات المصرية فى متحف المتروبوليتان فى أواخر السبعينيات و أوائل الثمانينات تم تصميم فترينة مغلقة مختومة تفتح من الأمام عن طريق أبواب محورية و كذلك أبواب منزلقة مع حشيا من الـ **Neoprene** تعمل ميكانيكيا.

كما تم عمل فتارين عرض كبيرة الحجم، و أجرى نظام محكم لأختبار منع التسرب بالهليوم و ثانى أكسيد الكربون للكشف عن تسرب الهواء، للحفاظ على درجة حرارة مناسبة / بيئة الرطوبة النسبية فى حالة الأعطال الميكانيكية لنظام التدفئة، التهوية و تكييف الهواء (HVAC) ، لكن أيضا للسماح للفتارين لتكون ملائمة لأن تزود بالسيلكا جيل بإعتبارها للرطوبة النسبية RH حيث تكون هناك حاجة لبيئة [٢]

عرض خاصة بالآثر، و قد أثبتت التجربة منذ الأفتتاح فى يونيوعام ١٩٨٣ أن هذا النظام فعال حتى فى فتارين العرض ذو الحجم الكبير مثل الفتارين ذو الـ٦٠م٣.
كما نشر Stephan Michalski المنظمة الكندية للصيانة و الترميم **(CCI)** خطط لإنشاء وحدة المناخ المحلى المركزى ١٩٨٢(صورة رقم ١٢٧)، حيث الهواء المكيف للعديد من فتارين العرض، و أصدار تيار من الهواء عند درجة رطوبة نسبية ثابتة، فلا يمكن فقط السيطرة على عدة فتارين عرض من خلال جهاز واحد بل إيضا كان أمداد الهواء المفلتر وافر بما يكفى لطرد الملوثات بشكل فعال من داخل الفتارين، ففى عام ١٩٩٤ أدخلت تكنولوجيا المناخ المحلى أول سلسلة طويلة من الوحدات الكبيرة للتحكم البيئى، 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.

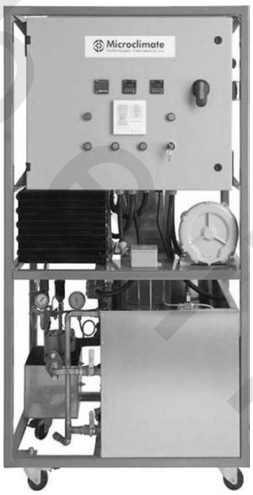
2- Lilyquist C.: The installation of the Egyptian Collection at the Metropolitan Museum of Art, Museum, No 142 (Vol XXXVI, n° 2, 1984), Projects planned, ventures assessed, pp 87-90.

obeikandi.com

بالنسبة لنظام الأكسجين المنخفض، فنجد أن ممتصات الأكسجين مثلها مثل أنظمة تطهير الغاز الخامل قد تم أختبارها فى نهايات القرن العشرين و تم تطبيقها من قبل علماء الترميم و الصيانة لإستئصال الحشرات بطريقة خالية من السموم، و بحلول عام ٢٠٠٠ طورت كلامن نظم العرض الإيجابية و السلبية للعرض الخلى من الأكسجين، تم أختبارها و تثبيتها بدرجات متفاوتة من النجاح، و لكن لايزال عرض المقتنيات الآثرية و تخزينها الخالى من الأكسجين أمر معقد و نادر الإستخدام.[١]

(صورة:١٢٧) فتارين العرض ذو النظام الكهربى المساعد فى التحكم السلبى (الوقائى) فى الرطوبة عام ١٩٨٣، صممها Bill Young للتمثال النصفى المصرى فى متحف بوسطن للفنون الجميلة.

(صورة:١٢٨) نوع مبكر من مولد الحجم الثابت لتوفير الضغط الموجب عام ١٩٩٤.



(صورة:١٢٩) نموذج حديث لوحدة التحكم فى الضغط الموجب عام ٢٠٠٥.

نقلاً 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 conference19 - 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 التى 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 التى لها القدرة على أمتصاص تلك الأشعة ذات الموجات أقل من ٣٨٠ nm و تمتص حوالى ٥٠% من الأشعة فوق البنفسجية UV التى يبلغ طول موجتها ٤٠٠ nm. [١]

إستخدام طلاء زجاج النوافذ بالمتاحف وفتارين العرض ولمبات الإضاءة ببعض أنواع الورنيشات التى لها القدرة على أمتصاص وحجب الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء الضارة ثم توزيع الإضاءة بواسطة شرائح من Opal Perspexوهذه الورنيشات ما هى ألا مركبات لها القدرة على امتصاص الأشعة ذات الموجات الأقل عن ٣٨٠مم وتمتص حوالى ٥٠% من الأشعة فوق البنفسجية التى يبلغ طول موجبتها ٤٠٠, mm.

كما تستخدم مادة CelluloseAcetate و مادة Benzotrials و مادة Benzophenones و مادة Polymethyl metha Crylate التى تصنع على هيئة رقائق بلاستيكية Films لتغطى بها أسطح النوافذ و الفتحات بالمتاحف .

- يجب إستبدال الإضاءة الطبيعية بإضاءة صناعية ويجب أن يراعى فى الإضاءة الصناعية أن تكون اللمبات المستخدمة لا تنتج أشعة فوق البنفسجية الضارة ، وتعتبر لمبات فليبس ٣٧ (Philips 37) مناسبة لذلك ، و يستبعد إستخدام اللمبات المنتجة للأشعة الضارة مثل لمبات التنجستين الهالوجينيه وعند إستخدامها يجب وضع مرشحات للأشعة فوق البنفسجية عليها.

و ينفذ نظام غلق الإضاءة الصناعية آليا بعد وقت الزيارة المحدد مباشرة لآن 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 هى :

١ ـ أجهزة غسل الهواء و تنقيته من الملوثات المختلفة Air Washers Scrubbers

٢ ـ مرشحات الهواء الميكانيكية Mechanical Air Filters

٣ ـ منظفات الهواء الإلكترونية Electronic Air Cleaners

٤ ـ أجهزة تحول الملوثات إلى مواد مازة أو ممدصة Systems of Adsorptive Materials[١]

ـ الطرق الناجحة لمكافحة الأفات:

١ـ تجنب الأفات عن طريق عدم توفير البيئات الملائمة لنموها و تكاثرها بما يعرقل الإيواء harbourage ، من خلال تحسين البيئة المحيطة بالمقتنيات و تطوير الخطوات المتبعة لإخراج الأفات خارج المتحف و أجراء طرق العلاج المناسبة.

٢ـ 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 الضرورى معرفة دورة حياة الأفات خاصة الحشرات.

٣ـ ينبغى على المتاحف الأستفادة من تطبيق نظام الأدارة المتكاملة للتحكم فى الآفات (IPM) Integrated Pest Management System ، والتقييم الدورى لفعاليتة و التعديل من أجل تحسين هذه المكافحة ، فيهدف هذا النظام بالنسبة للقطع المتحفية إلى الأتى :

ـ تحديد الآفات، التوثيق، التدريب، التمويل ، الموارد و أجراء عمليات المسح و العلاج من الأصابات، حماية المتحف و مقتنياته من الآفات التى تتلف هذه المقتنيات. [٢]

ـ تقليل كمية المبيدات المستخدمة حيث وجد أنها تتلف بعض القطع الآثرية كما أنها تحدث مشاكل صحية بالنسبة لموظفى المتحف و الزائرين.

ـ إستخدام مزيج من مهارات المراقبة و التحكم بالأضافة إلى توخى حذر الموظفين و يقذتهم، عمليات التفتيش المستمرة، مصائد pheromone و مهارات التنظيف المنزلى الجيدة.[٣]

١ـ 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.

obeikandi.com