عوامل ومظاهر تلف الزخارف الجصية على القباب الحجرية والآجرية بمنطقة القلعة بالقاهرة: دراسة تحليلية تطبيقية

شحاتة أحمد عبدالرحيم و محمد أحمد عوض و حسام رجب أحمد

ملخّص: تعد منطقة آثار القلعة بالقاهره من أهم المناطق الآثارية التي تزخر بعمارتها وفنونها التشكيلية والتطبيقية على عمائرها التي ترجع إلى العصور الإسلامية، ومن أهم هذه العناصر الزخارف الجصية والمنحوتات التي تزين القباب الحجرية بالمنطقة، والتي تضفي فنون وعناصر جماليه؛ فالقباب المزخرفة من العناصر التي تلفت أنظار الزوار في منطقة القلعة والتي تحتاج إلى عناية للمحافظة عليها. يهدف البحث إلى التعريف بالزخارف الجصية والتعرف على تقنيات تنفيذها، وشرح تفصيلي لأهم عوامل ومظاهر التلف التي تؤثر على القباب الآجرية والحجرية التي تأثرت كثيراً بتلك العوامل، وأدى إلى سقوط بعض البثرات الجصيه من القباب.

كلمات مفتاحية: العناصر الزخرفية، الجص، القباب الحجرية، القباب الاجرية.

Abstract. *The Castle, a raised area in Cairo, enjoys the most important archaeological sites, rich in buildings and formal arts applied to such architectural buildings that date back to Islamic eras. Of these the most important are the stucco decorations and sculpting that adorn the stone and brick domes that give the area an inviting artistic and aesthetic flavor. Important as these decorative elements are, they need attentive and careful preservation. Such preservation calls for identifying the material of the decorative stucco, the techniques employed in their execution, and a detailed mapping and explanation of the causes and manifestations of the damage befalling brick and stone domes.*

المقدمة

تقع قلعة صلاح الدين الأيوبى فى حي "القلعة" بالقاهرة، وقد أقيمت على إحدى الربى المنفصلة عن جبل المقطم على مشارف مدينة القاهرة. وتعد القلعة من أفخم القلاع الحربية التى شيّدت فى العصور الوسطى؛ فموقعها استراتيجي من الدرجة الأولى بما يوفّره من أهمية دفاعية لأنه يسيطر على مدينتى القاهرة والفسطاط، كما أنه يشكل حاجزا طبيعياً مرتفعا بين المدينتين. وبهذا الموقع كان يمكن توفير الاتصال بين القلعة والمدينة فى حالة الحصار، كما أنها سوف تصبح المعقل الأخير للاعتصام بها إذا ما سقطت المدينة بيد العدو.

وقد مر بهذه القلعة الشامخة الكثير والعديد من الأحداث التاريخية، إذ شهدت أسوارها أحداثا تاريخية مختلفة خلال العصور الأيوبية والمملوكية، وفي زمن الحملة الفرنسية على مصر سنة ١٧٩٨م، وحتى تولي محمد على باشا حكم مصر، فأعاد لها ازدهارها وعظمتها. ولقد كان السلطان الناصر صلاح الدين يوسف بن أيوب أول من فكر ببناء القلعة على ربوة الصوة فى العام ٥٧٢هـ/١١٧٦م، فقام وزيره بهاء الدين قراقوش الأسدي بهدم المساجد والقبور التى كانت موجودة على الصوة، من أجل بناء القلعة عليها، وقام العمال بنحت الصخر وإيجاد خندق اصطناعي فصل جبل المقطم عن الصوة، زيادة فى مناعتها وقوتها. وقد ذكر المؤرخون عن سبب بناء القلعة أن السلطان صلاح الدين يوسف بن أيوب لما أزال الدولة الفاطمية من مصر، واستبد بالأمر، لم يتحوّل من دار الوزارة بالقاهرة، ولم يزل يخاف على نفسه من شيعة الخلفاء

الفاطميين بمصر، ومن الملك العادل نور الدين محمود بن زنكي، سلطان الشام، فامتنع أولا من نور الدين بأن سيّر أخاه الملك المعظم شمس الدولة توران شاه بن أيوب فى سنة ٥٦٩ إلى بلاد اليمن لتصير له مملكة تعصمه من نور الدين فأستولي شمس الدولة على ممالك اليمن وكفى الله تعالى صلاح الدين أمر نور الدين، ومات فى تلك السنة، فخلا له الجو وأمن جانبه وأحب أن يجعل لنفسه معقلا بمصر؛ فإنه كان قد قسم القصرين بين أمرائه وأنزلهم فيها.

يقال إن السبب الذى دعاه إلى اختيار مكان قلعة الجبل أنه علق اللحم بالقاهرة فتغير لونه بعد يوم وليلة فعلق لحم حيوان أخر فى موضع القلعة فلم يتغير إلا بعد يومين وليلتين؛ فأمر -حينئذ- بإنشاء قلعة هناك، وأقام على عمارتها الأمير بهاء الدين قراقوش الأسدي، فشرع فى بنائها، وبنى سور القاهرة الذى زاده فى سنة ٥٧٢، وهدم الأهرام الصغيرة التى كانت بالجيزة تجاه مصر، وكانت كثيرة العدد، ونقل ما وجد بها من الحجارة وبنى بها السور ليحيط بالقاهرة والقلعة وقناطر الجيزة، وقصد أن يجعل السور يحيط بالقاهرة والقلعة ومصر، لكن السلطان مات قبل أن يتم الغرض من السور والقلعة.

يهدف هذا البحث إلى دراسه أهم عوامل التلف التي تؤثر بشكل أو بآخر على الزخارف الجصية التي تعلو أسطح مجموعه القباب الآجرية والحجرية بمنطقة القلعة بالقاهره، والتي تعد طبقة حامية وعازلة لبدن القبة ضد عوامل التجوية أو التعرية بمنطقة القلعة، كما تعد نموذجاً حياً للزخارف التي ظهرت في الحضارة الإسلامية، بعضها نقل من البلاد شرق مصر وبعضها الآخر نقل من البلاد التي تقع غرب مصر. كما يهدف البحث إلى بيان مظاهر التلف التي ظهرت على تلك الزخارف التي زينت القباب الآجرية والحجرية بالقلعة.

مادة الحفر للزخارف

لقد نفذت تلك الزخارف عن طريق إضافة طبقات جديده تعلو بدن القبة بمعادن رسوبية منها الجص الذي يتكون من + CaSO4.2H2O معدن الجير CaO اوكسيد الكالسيوم أو كربونات الكالسيوم Caco، وأحيانا بعض تلك الزخارف دخل في تركيبها كربونات الكالسيوم والماغنسيوم MgCa(Co3)2 مع الوسيط، المياه، من تلك التركيبة، تكونت طبقة الجص التي نفذت كطبقة حماية على سطح القبة ومرت المرحلة الثانية وهي مرحله الحفر والتشكيل لتلك الزخارف النباتية أو الهندسية بأسلوب فني دقيق يوضّح عظمة الحضارة الإسلامية بمنطقة القلعة التي يقصر بها تلك القباب ولتكون نبذه تاريخية وأثرية بجوار المآذن التي تعلو المساجد والخنقاوات بتلك المنطقة.

العناصر الزخرفية

عني بالتراكيب الهندسية لما كان لأشكالها وتراكيبها من تداخلات رمزية وكونية وفلسفية. وفي الزخرفة شغلت الأشكال الهندسية مساحات واسعة في العمائر.

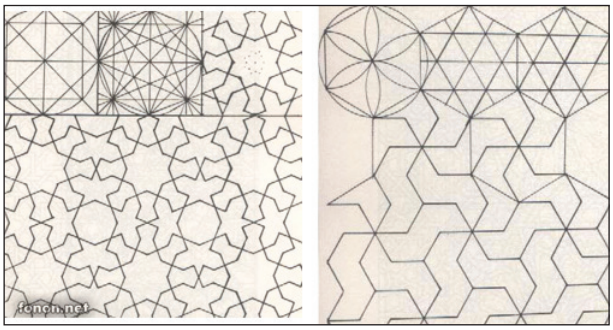
الزخارف الهندسية

عرفت الزخارف الهندسية من عصور ما قبل التاريخ، ولم يكن لها الشأن الكبير الذي أصبح لها على يد المسلمين؛ إذ أصبحت تستخدم لذاتها وتكون عنصرًا أساسيًا من عناصر الزخرفة الإسلامية (اللوحة ١ والشكل ١).

الزخارف النباتية

ظهر استخدام الإنسان للنباتات في زخرفة جدارنه وعمائره منذ القديم، وكما هو الحال بالنسبة للعناصر الهندسية، فالفنان المسلم ليس السبّاق في استخدام هذه العناصر، ولكنه أبدع في عملية توظيفها لتجميل مبانيه بما يتناسب مع الدين الإسلامي؛ فقد أبدع الفنان المسلم في استخدام التشكيلات النباتية، من أوراق وفروع نباتات وأزهار وثمار، وفي زخرفة منتجاته الفنية سواء أكانت تلك المنتجات تحفاً أم عمائر؛ إذ عمل الفنان على تحوير وتجريد العناصر المستخدمة من صورتها الطبيعية، وظهر فيها ميل الفنان المسلم إلى شغل المساحات.

اللوحة ١: أنموذج لزخرفة هندسية شائعة الاستعمال في العمارة الإسلامية، ب يوضح نموذج لزخرفة نباتية إسلامية.



الشكل ١: يوضح (الوحدات الأساسية للزخرفة الهندسية (الدائرة والشكل الخماسي أو السداسي وغيرها

وقد اتجه الفنان إلى استخدام الزخارف الهندسية بشكل واضح، وأبدع فيها بشكل لم نره في أي حضارة من الحضارات، على الرغم من أن أشكالها الأساسية نابعة من الأشكال البسيطة، كالمستقيمات والمربعات والمثلثات والدوائر المتماسكة والمتقاطعة والدوائر المتماسة والمتحوّرة، والأشكال الخماسية والسداسية والمثمّنة والعشرية والاثنتى عشرة وغيرها، وقد كان لتلك الأشكال الهندسية المختلفة، دور مهم في الزخرفة العربية؛ إذ أصبحت أساس الأشكال الزخرفية العربية الإسلامية.

أنواع القباب في منطقة القلعة

١- الهدف من تشييد القباب

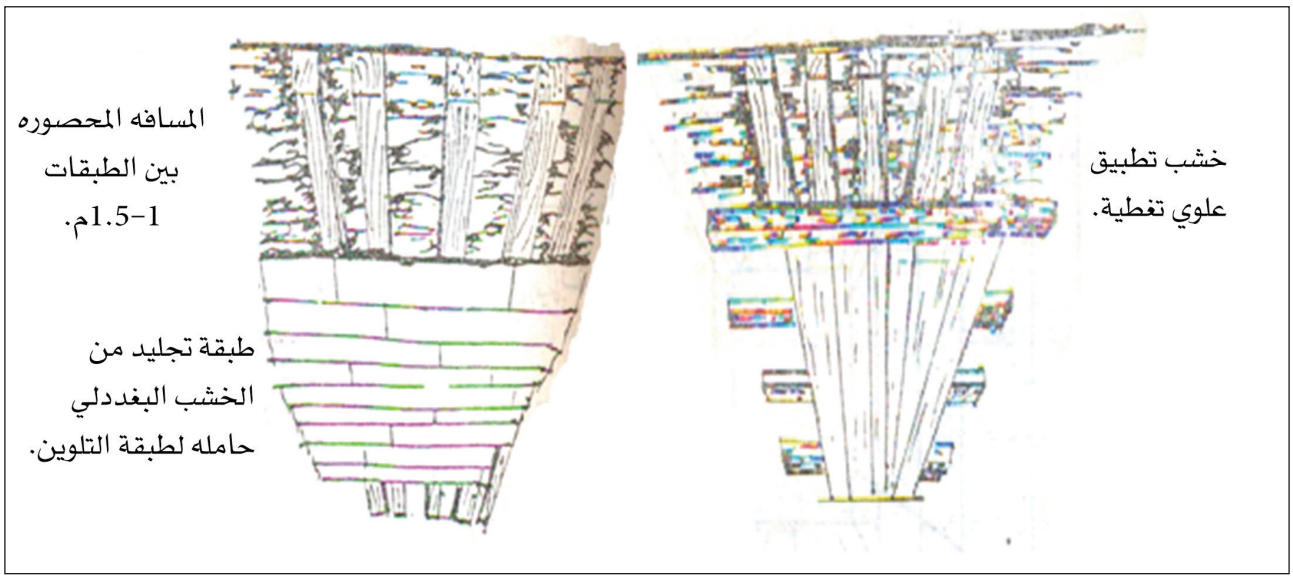
تعد القباب نموذجاً للعنصر المعماري الذي استخدم للسمو وعلو وتحديد أهم جزء في المنشأء، وقد استخدم للتغطية إضافة إلى الإنارة والتهوية باستخدام أنواع من النوافذ في بدن القبة. والقبة عند تشيدها يتم تحميلها على مربع محمول على أربعة أعمده أو جدار وعمودين متوازنين أو دعامات مشيّده من الآجر أو الأحجار الرسوبية، مثل الحجر الجيري (Limestone) وتركيبه الكيميائي من مجموعة معادن، من أهمها معدن الكالسيت (CaCo3)، وبعض معادن أكاسيد الحديد مثل الهيماتيت (Fe2O3)، وأحيانا يدخل في التركيب هذا الحجر بعض معادن الطفلة التي تتركب من Si4Al4O8(OH)10، وهذا الحجر يتم الحصول عليه من المحاجر الموجودة بمنطقة القلعة، منها محاجر منطقة جبل المقطم وغيرها.

٢- تصميم القبة الموجودة بالقلعة إنشائياً ومعمارياً

تتكون القبة التي ظهرت بمنطقة القلعة هندسياً من مربع يعلوها شكل مثمن ويعلوه شكل دائري (يسمي منطقة الانتقال) ثم تعلو منطقة الانتقال خوذه القبة، إما أن تكون حجرية أو آجرية، وقد تنوّعت أحجام القبة فظهر منها كبير الحجم ومنها صغير الحجم وذلك طبقا لأهمية المكان التي تغطية.

وقد استخدمت تلك القبة بصفة خاصة في إيوان القبلة وفوق المحراب، حتى لا تكثر من عدد الأعمدة التي قد توجد بإيوان القبلة، فتمنع المصلين من رؤية تجويف القبلة والمنبر.

أما النوع الثاني من القباب، فقد ظهرت القبة الخشبية بصفه عامة في العديد من الآثار بمنطقة القلعة والتي يتكون تصميمها الإنشائي من هيكل القبة الخشبي المتكون من عدد من الأضلاع الخشبية التي تغطى من الخارج بطبقة من الخشب البغددلي تعلوها طبقة حماية إما من الجص أو المونات أو صفائح معدنية كالرصاص أو القصدير أو النحاس؛ أما الطبقة الداخلية لها فكانت تغطى بطبقة من الخشب البغددلي تعلوها طبقة من الجص، وأحيانا يتم تلوية ووضح الزخارف والآيات القرآنية مع ظهور قرص الشمس في قمة القبة من الداخل، وهناك يظهر أحيانا إبزار من الآيات القرآنية تحيط ببدن القبة السفلى (الشكل ٢).



الشكل ٢: يوضح أسلوب البناء للسقف الحامل للقباب المزخرفة والمنفذة بأسلوب الخشب البغددلي

دراسه عوامل التلف بمنطقة القلعة

العوامل الفيزيوكيميائية

١- الرطوبة

١- التأثير المباشر لتغلغل ماء المطر وتشرّب جدران القلعة ثم انتقالها من الخاصية الشعرية إلى السقف ومن ثم إلى القبة بالقلعة.

٢- الماء الذي يصعد من التربة خلال الجدران بواسطة الخاصة الشعرية.

٣- وجود الأملاح الهيجروسكوبية مثل أملاح الكلوريدات والنترات والتي لها القدرة على جذب الماء وامتصاصه، ما يؤدي إلى زيادة الرطوبة داخل الجدران (عوض ١٩٩٤: ١٠١).

٤- تكثف بخار الماء الموجود في الهواء الجوي على الجدران في القلعة بالقاهرة وهذا يظهر في الجو (بركات ١٩٩٠: ٢٤).

ويؤدي وجود الماء في صوره المختلفة إلى الإسراع بعمليات تلف الطبقات الجصية الأثرية؛ فنجد أن: الأمطار مثلا تؤدي إلى زيادة كمية الماء الموجودة في مسام مواد البناء، ونجد أن الجدران التي بها شروخ تتعرض أكثر لتوغل مياه الأمطار بداخلها وتظهر الرطوبة المرتفعة داخل الجدران أثناء فترات سقوط الأمطار بغزارة وبعدها، كما يعتمد معدل ارتفاع الرطوبة والذي قد يختلف على مدار العام بسبب اختلاف الظروف الجوية من وقت لآخر (هلال ٢٠٠٦: ١١٢).

وتتحرك المياه من التربة خلال جدران المبنى الأثري من الأرض بفعل الخاصة الشعرية، إذ يرتفع الماء خلال المسام الموجودة في الأحجار الأثرية ضد قوة الجاذبية الأرضية ويعتمد المدى الذي يرتفع إليه الماء في الجدران على حجم المسام الموجودة في الأحجار، وكذلك على معدل البخر على الأسطح الخارجية، إذ أنه بزيادة البخر للماء على الأسطح الخارجية يقل ارتفاعها داخل الجدران (اللوحة ٢).

تحتوي الرطوبة الموجودة في التربة على أيونات الأملاح الذائبة وتتحرك هذه الأملاح بعد ذوبانها على هيئة محاليل ملحية داخل الجدران، وعند تبخر الماء الحامل لها تتبلور وتؤدي إلى سد مسام السطح، ما يؤدي إلى ارتفاع نسبة الرطوبة داخل الجدران بسبب انخفاض معدل البخر، وبعض هذه الأملاح تتصف بأنها هيجرسكوبية أي تمتص بخار الماء من الهواء الجوي، ومن الممكن أن تعود مرة أخرى إلى داخل الجدران بعد

ذوبانها ثم تتبلور مرة أخرى عند فقد الماء مؤدية إلى المزيد من التلف.

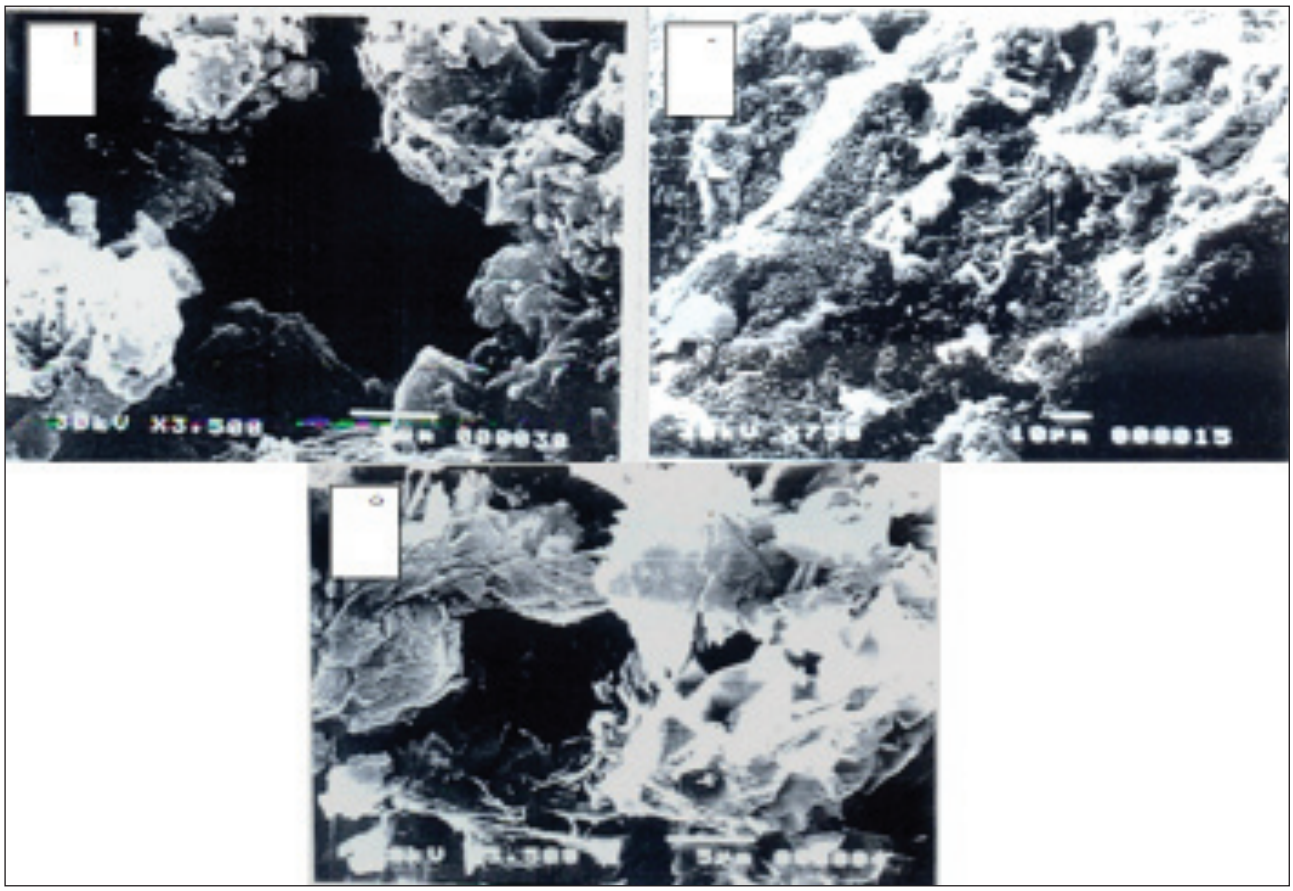
ومن نتائج التحليل الكيميائي لعينة المياه المأخوذة على عمق ١٠٠ سم بالقرب من القلعة كانت نتيجة التحليل كما في الرسم البياني ١:

element	Weight%	compound	Weight%
Ca	30.13	Caco3	75.25
H	6.77	H25	17.20
S	1.42	So4	2.36
Al	1.14	Al2o3	2.15
o	0.42	H2o	0.91
K	0.35	K2So4	0.78
fe	0.08	Fe2o3	0.11

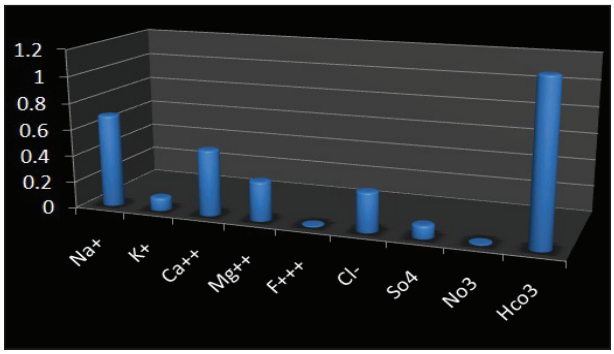
الرسم البياني ١ يوضح درجة تركيز أيونات العناصر المكتشفة في العينة المختبرة من المياه الأرضية، ويظهر من نتائج التحليل لعينة المياه من التربة بالقلعة ارتفاع نسبة تركيز بيكربونات الكالسيوم والكلور والكبريتات والصوديوم والكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم مقدرة بالمليجرام/لتر.

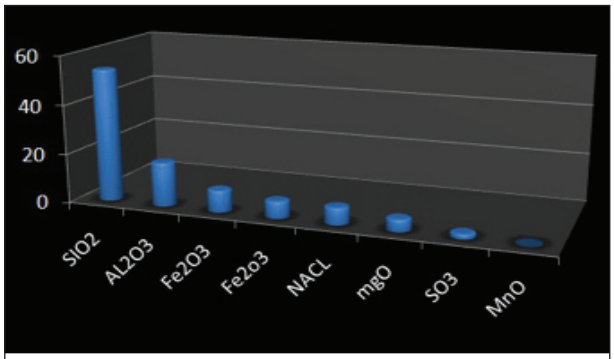
ومن الرسم البياني التالي توضح نتائج التحاليل الكيميائي لعينة المياه من داخل حرم القلعة مقدرة بالملليجرام/لتر حيث نجد ارتفاع نسبة كلوريد الصوديوم وثالث أكسيد الكبريت والكبريتات (الشكل ٣).

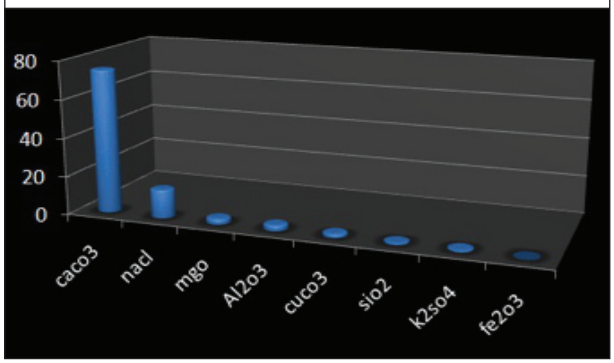
نتائج تحليل لعينة الجبس من أحد الزخارف الموجودة على إحدى القباب باستخدام طريقة x - ray fluorescence



اللوحة ٢:
أ) صوره عينة من التربه بمنطقة القلعة توضح عدم الترابط ونسبه الغازات التي تملأ العينة لارتفاع نسبة الرطوبة.
ب) صورة عينة تربه توضح درجه انهيار في نسيج التربه مع ارتفاع نسبه الأملاح.
ث)صوره عينة من التربه تظهر عدم التجانس والتماسك بين عناصر التربه ومعادنها في العينة.







الشكل ٣: لعينه تربه من القلعة يوضح نسبه عناصر المركبات التي يتكون منها نسيج التربه بالقلعة.

يوضح الجدول ١ نسب العناصر والمركبات التي يتكون منها نسيج الجبس بالقلعة باستخدام x – ray fluorescence

element	Weight%	compound	Weight%
Ca	30.13	Caco3	75.25
H	6.77	H25	17.20
S	1.42	So4	2.36
Al	1.14	Al2o3	2.15
o	0.42	H2o	0.91
K	0.35	K2So4	0.78
fe	0.08	Fe2o3	0.11

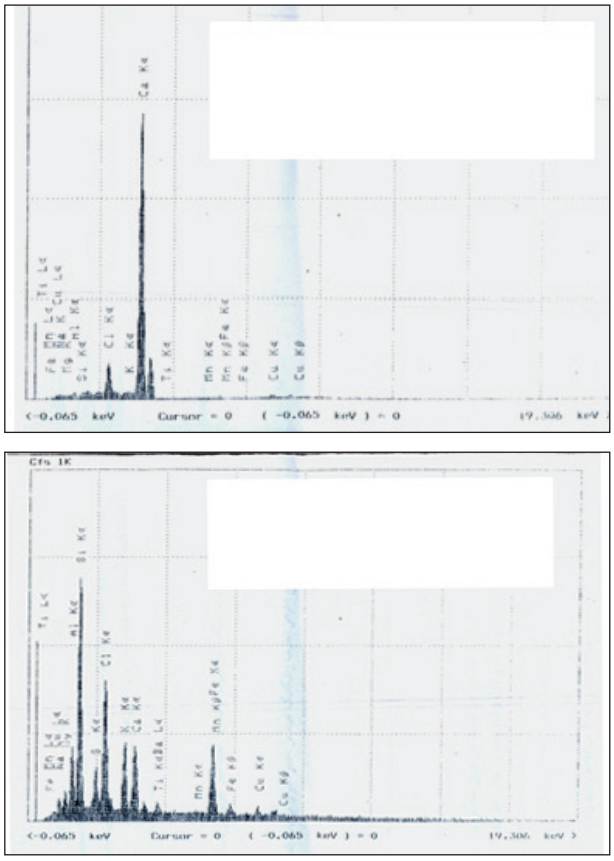
يوضح الجدول ٢ نسب العناصر والمركبات التي يتكون منها نسيج التربة بالقلعة باستخدام x – ray fluorescence

element		Weight%	compound	Weight%
si		9.19	Sio2	53.48
Al		6.33	Al2o3	17.20
fe		2.63	Fe2o3	2.36
Na		2.56	Nacl	2.15
Mg		0.59	Mgo	0.91
S		0.52	So3	0.78
Mn	0.03	MnO		0.11

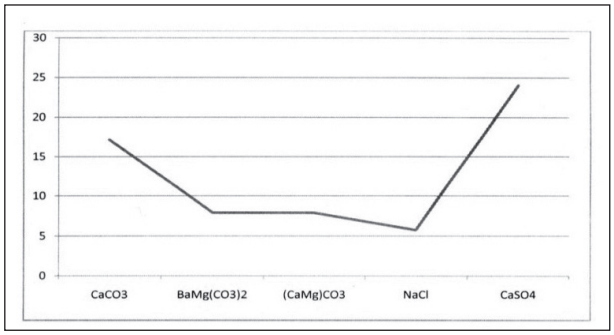
يظهر من نتائج تحليل أن التربة يدخل في تركيبها معدن المونتمورلونيت الذي يمتاز بقدرته الفائقة على امتصاص الماء والاحتفاظ به، ما يشكّل خطورة عظيمة على المباني الحجرية القديمة متمثلة في التصدعات أو الميول والتي تصل إلى درجة الانهيار، ومعدن الأليت مع معدن الكولينيت وجميعها من المعادن الطينية التي تكوّنت لفعل التجوية (الشكلان ٤، ٥).

كما تعد ظاهرة التكاثف من أهم العوامل التي تؤدي إلى ارتفاع الرطوبة وتعمل مياه التكاثف على إذابة الأملاح القابلة للذوبان، سواء في جدران المباني الأثرية أو طبقات الجص، وكذلك الموجودة على السطح، ثم يحدث تحرك لمحاليل هذه الأملاح نحو السطح لتبدأ عملية البخر، وبالتالي تزهر هذه الأملاح وتنمو بلوراتها؛ ما يؤدي لاحداث ضغوط موضعية تعمل على تلف المباني الأثرية بعناصرها المختلفة (عوض ٢٠٠٠). ونتيجة لاختلاف معدلات الرطوبة النسبية يؤدي ذلك إلى إحداث تحوّلات طورية لبعض مكونات المونات مثل الجبس CaSO4.2H2O Gypsum إذ يتحول إلى طور الأنهيدرايت CaSO4 ويتبع ذلك انكماش في الحجم يؤدي إلى حدوث إجهادات كبيرة جدا على طبقات المونة أو الملاط، ما يؤدي إلى انفصالها عن الجدران بعد أن يحدث بها شروخ عشوائية، ومن أمثلة ذلك أيضا تلف طبقات الملاط السطحية.

أما بالنسبة لطبقة الجص، فيؤدي إلى إحداث شروخ وانبعاجات في الزخرفة المكونة إذا تعرض



الشكل ٤: تحليل ب الأشعة السينية للعينات المأخوذة من الموقع.



الشكل ٥: رسم بياني لعينة من الزخارف الجصية من على قبه آجرية بمنطقة القلعة

لعملية فقد ماء التبلور dehydration عند ارتفاع درجة الحرارة وانخفاض الرطوبة أو تعرضه لعملية التحلل البطيء عند زيادة المحتوى المائي للملاط وتنوّع مصادر الرطوبة غير أن أكثرها أهمية:

١- **مياه الأمطار**: يمكن تعريف المطر على أنه الجزء من الرطوبة الذي يصل الى سطح الأرض في صورة سائلة، وتسقط الأمطار نتيجة لانخفاض درجة حرارة الهواء المحمّل ببخار الماء في طبقات الجو العليا التي ما دون نقطة، ما يؤدي إلى تكاثف بخار الماء على شكل ذرات مائية صغيرة تتكون منها السحب حتى إذا ما وصلت إلى مناطق شديدة البرودة في الجو بدأت الذرات الصغيرة في التجمع حتى تتكون نقاط كبيرة تبدأ في السقوط نحو الأرض مكونة المطر والكمية الإجمالية لهطول الأمطار في اليوم العالق على سطح اليابسة ١٠٠ ألف متر مكعب من الماء ويترتب على سقوط الأمطار الغزيرة ما يأتي:

عند سقوط الأمطار الغزيرة وارتكامها بالأسطح الرأسية يمكن القول عموماً بأن مياه الأمطار تحاول التجمع والتمركز في الزوايا الداخلية والخارجية لأي مبنى، وعلى حواف هذا المبنى، فتغسل وتنزع القشرة السطحية وتحفر قنوات شعرية بالطبقات الخارجية للجدران وتربة الأجزاء السفلي منها بفعل رشاش الماء المحمل بالطين، والذي ينتج عنه ارتطام مياه الأمطار الغزيرة بسطح الأرض. ويزيد تأثير مياه الأمطار حدة إذا كانت الأمطار مصحوبة بعواصف تتكون حول الأجزاء السفلى من الجدران. بعد جفاف مياه الأمطار تتكون طبقة غير متجانسة من المواد الطفيلية تختلف في خواصها المعدنية والطبيعة، لذلك فإنها تتحرك عند الجفاف تحركات غير منتظمة - هذه التحركات ناتجة عن مجموعة من التغيرات الحرارية والتفالات الكميائية تنتج عن الأملاح التي تحملها المياه من التربة والتي تؤدي إلى تغيير الحالات الإجهادية في العناصر الإنشائية تؤدي إلى أن يأخذ المبنى شكلاً منبعجاً، ومن ثم تضغط الجدران فيختل توازنها وقد يؤدي ذلك إلى تصدع المبنى.

غالباً ما تكون مياه الأمطار حمضية؛ لأن الهواء يحتوي على غاز CO_2 (نسبته في الهواء الطبيعي ٠,٠٣٢) أما نسبته الناتجة عن التلوث الصناعي فهي تزيد في المنطقة، ونجاحه لوجود المدينة الصناعية بكوم أوشيم القريبة من القرية الأثرية - إذ يذوب في الماء حمض الكبريوتيك، وهو حمض ضعيف، فيحلل

هذا الحمض ببطء بعض مواد البناء، كما أن الهواء الجوي الملوّث في المناطق الصناعية -كما في الفيوم - يحتوي على كميات مختلفة من أكاسيد الكبريت عن حرق العضو، ما يؤدي إلى إنتاج حمض الكبريتيك، ويتسبب هذا الحمض في تحليل العديد من المعادن (السيليكيات) المكوِّن الأساس للطوب اللبن. بعد توقف سقوط الأمطار تكون المباني الطينية قد تشرّبت بكمية كبيرة من المياه، وبفعل هذه المياه تتنفّخ حبيبات الطفلة الطينية وتزداد (صحبا) وتشكل ضغطاً (رهيبة) على الأسطح الخارجية للجدران.

٢- المياه تحت السطحية: إن ارتفاع منسوب المياه تحت السطحية في أساسات المباني من العوامل الجوية في عمليات التلف والتقليل من الخواص الميكانيكية للحجر، ويتمثل التأثير الحقيقي لهذه المياه فيما تحمله من الأملاح أو مواد عضوية موجودة في مصادر هذه المياه أو التربة بواسطة الارتفاع الشعري، وتتمثل مصادر المياه تحت السطحية في:

أ- مياه شبكات الشرب والصرف الصحي.
ب- مياه المجاري المائية.
جـ- مياه الأمطار ومياه الصرف الزراعي.
د- المياه الجوفية.

وتتمثل خطورة المياه تحت السطحية فيما يلي: يؤدي وجود هذه المياه بالتربة والتي تذبذب مستواها بين طبقات التربة المختلفة فتحدث نتيجة لذلك انتقاماً Swolling أو انكماشاً Shnhleag لمكونات التربة والمياه تحت السطحية وما تحوية من محاليل ملحية ضارة مثل الكوريدات والكبريتيات والمواد العضوية الذائبة تسبب للتربة تذبذباً في المستوى الرأسي والأفقي، وهي عمليات ميكانيكية فيزيائية يكون نتيجتها حدوث عدم اتزان بين كتلة المبنى المنشأ وكتلة التربة الحاملة له ظهور بلورات الأملاح وزيادة حجمها على السطح والناتجة عن هجرة الأملاح، حيث ينتج عنها ضغوط موضوعية وانفعالات داخلية تسبّب الشروخ والانحراف والاتجاهات الثلاثة z،y،x ثم سقوط وفقدان أجزاء من الحجر وطبقات السنيد والملاط.

تؤدي المياه تحت السطحية المتجه عن الماء إلى نزح حبيبات الرمل الدقيقة في التربة الرملية تاركة الحبيبات الخشنة في حالة عدم ثبات؛ ما يؤدي إلى خلخلة الأساسات وظهور مقدمات في المبنى وبعض هذه الشقوق يؤثر على المظهر الخارجي للمبنى؛ بينما يؤثر بعضها الآخر في الأجزاء الداخلية للمبنى، ويزداد أثر هذه التشققات في التربة الرملي كما بالشكل (الشكل ٦).

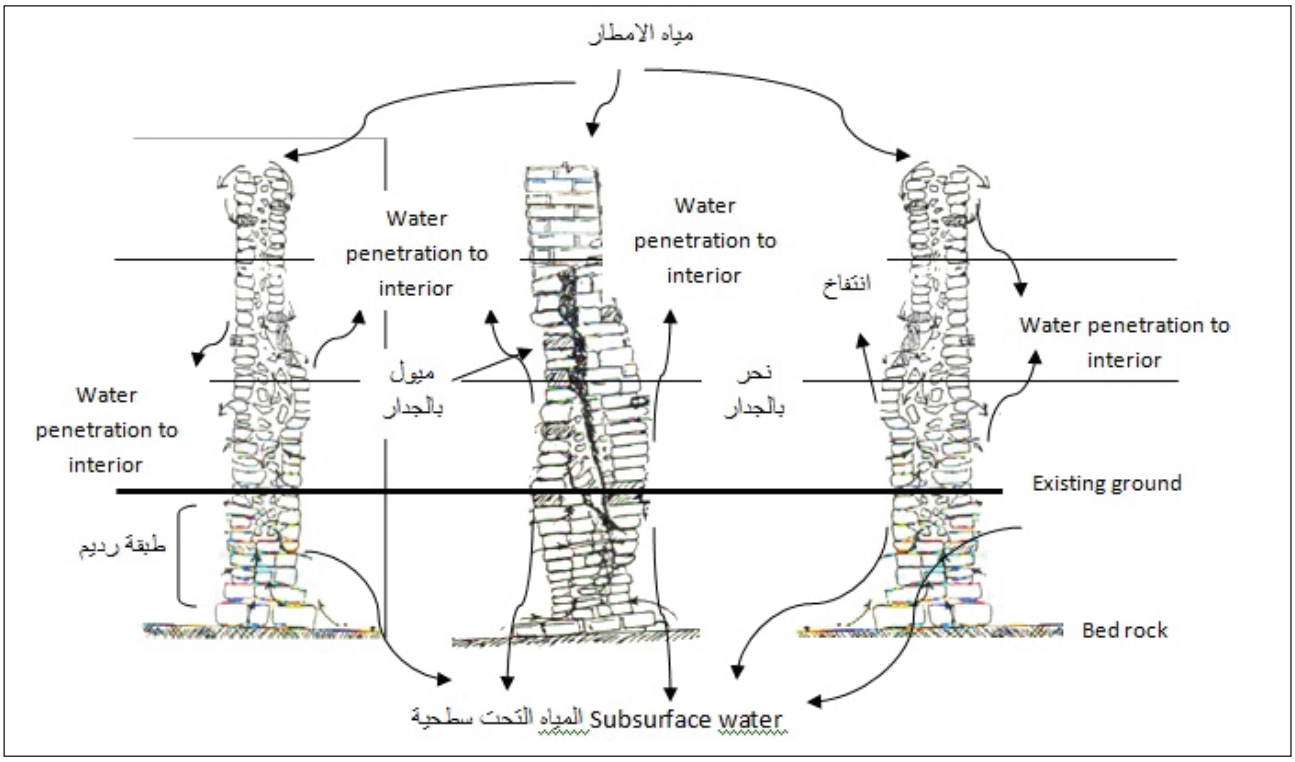
٣- درجة الحرارة: توجد علاقة عكسية بين الرطوبة ودرجة الحرارة، وتذكر قاعدة «Thumb» الشهيرة عند الكيميائيين، أن ارتفاعاً بمقدار ١٠°م في درجة الحرارة يقابله ازدياد معدل التفاعل الكيميائي «التحلل» بمقدار الضعف.

ويعتمد المفهوم الحديث لتطور وتأثير عوامل التلف المختلفة المباني وما تحمله من أرضيات تصوير وألوان على أساس أن جميع عوامل التلف ما هي إلا صورة من صور الطاقة فالحرارة والضوء وغيرهما ليسا إلا صوراً من الطاقة.

ونوجه رؤيتنا إلى التلف أو التحلل على أنه تفاعل كيميائي قد يمتص طاقة وينطلق عنه طاقة كامنة في جزيئات هذه المواد، غير أن هذه الطاقة لا تنطلق أو تمتص دون دفع أولي، يعمل على تنشيط التفاعل ويمكن أن تعمل الحرارة على نمو الكائنات الحية الدقيقة لوجود بعض الكائنات الدقيقة المحبة للحرارة (عوض ٢٠٠٠).

وارتفاع درجة الحرارة تعد من أهم عوامل التلف، فهي تتسبب في تلف الخواص التي بدونها يفقد الأثر خواصه، مثل الخواص الميكانيكية، إذ تؤدي إلى تصلب المواد وهشاشتها، كما تعجل من عملية التقادم بالنسبة للجص، ويمكن أن يتحول إلى طور الانهيدريت.

فعند تثبيت الرطوبة ورفع درجة الحرارة فإن الحامل يفقد بعض محتواه المائي، ويصاحب هذا الجفاف تغير في أبعاد الحامل العضوي، ويستمر هذا الفقد حتى تصل المادة إلى حالة اتزان جديدة مع الرطوبة النسبية المحيطة تحت درجة الحرارة العالية (حسن ١٩٩٩:



الشكل ٦: يوضح التلف الناتج عن مياه الأمطار والمياه تحت السطحية.

٦٥). تعمل الحرارة على نقص المحتوى الرطوبي وما يترتب عليه من فقد لدرجة المتانة والمرونة وقوة الشد؛ ما يؤدي إلى ظهور أعراض الهشاشة، ومن ثم إلى عمليات التدهور الكيميائي. ويوجد الماء في صورتين هما ماء ممتص على السطح، وهذه تتغير بتغير الجو، وماء مرتبط داخلياً بالتركيب الكيميائي، وتعرف ظاهرة فقد جزيئات السليلوز للماء المرتبط كيميائياً بظاهرة التخلف الإدمصاصي، إذ يفقد السليلوز بالحرارة الماء الحر البيني أولاً ثم يتبخر الماء المرتبط تدريجياً من الطبقة الطرفية إلى الطبقة القريبة من جزيء السليلوز، وبالتالي تقترب جزيئات السليلوز تدريجياً من بعضها بعضاً، وباستمرار الحرارة العالية يتبخر الماء التكويني لجزيئات السليلوز من مجاميع الهيدروكسيل المتقابلة بين كل جزيئين (هلال ٢٠٠٦: ١١٩).

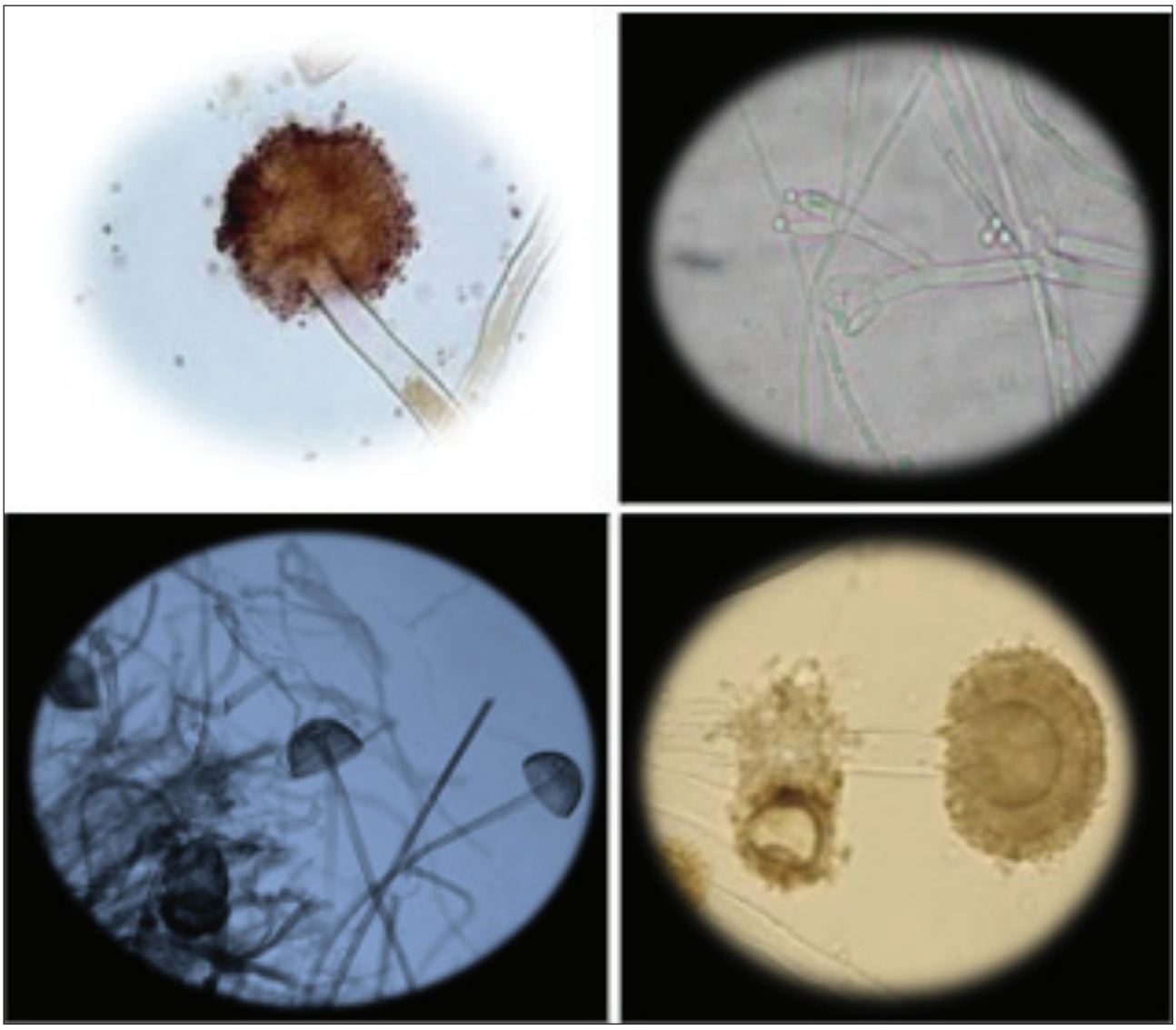
العوامل البيولوجية

يعد التلف البيولوجي من أكثر العوامل المؤثرة على الآثار، كون أعراض الإصابة بالتلف البيولوجي تظهر بعد تمام الإصابة بالفعل؛ ومن هنا، تكمن خطورة الإصابة، خاصة بالنسبة للقطع الآثارية الموجودة في مخازن المتاحف والتي يقل الاهتمام بها إلى حد ما من حيث الفحص الدوري لكشف الإصابة مع توافر ظروف عديدة تساعد عملية الإصابة؛ كالظلام التام، وتراكم الأتربة، وارتفاع نسبة الرطوبة، ودرجات الحرارة العالية، نتيجة سوء التهوية (حسين ١٩٩٤: ٦١).

تعد العوامل البيولوجية من أخطر العوامل المترتبة على وجود الرطوبة؛ فهي توفر بيئة ملائمة تماماً لوجود ونمو الكائنات الحية الدقيقة، وتكاثرها. ويمكن تناول التلف البيولوجي كما يأتي:

– تم عمل اختبار الفطري لمعرفة أنواع الفطريات التي تنمو على الطبقات اللونية بالمبنى، إذ تم عمل بيئة أجار مغذية للفطريات، وتم عمل المسحات بها وتم تحضين الأطباق في الحضانة، وبعد النمو تم عمل مطابقة Identification.

– تم استخدام بيئة دوكس Doxs agar medium وهي



اللوحة ٣: أ Pencillium crysogenium **وشكل ب** Aspergillus niger **وشكل ج** Aspergillus flavs **وشكل د** rhizopus sp

تتكون من نترات الصوديوم ٢جم، كلوريد البوتاسيوم ٠,٥جـم، كبريتات ماغنسيوم ٠,٥جـم، فوسفات بوتاسيوم ثنائي الهيدروجين ١ جم، سكروز ٢٠جم، وماء مقطر ٥٠٠جم، وتم إذابة المواد جميعها مع التعقيم عند درجة حرارة ١٢٠٠م، وضغط جوي ١,٥ .

– تم زراعة البيئات وزرع المسحات وتحضينها عند ٣٠٠م، لمدة ٧ أيام، كما تم عمل فحص الأطباق لتعريف الفطريات، وتصويرها أسفل الميكرسكوب، وإجراء اختبار الفطريات لمعرفة أنواعها التي تنمو؛ فوجد نمو فطريات Pencillium crysogenium وAspergillus niger وAspergillus flavs و rhizopus sp. (اللوحة ٣).

توضح نتائج التحليل بالأشعة تحت الحمراء Infrared rays analysis[1] للون الأحمر المستخدم في التلوين، ووجد أن الغراء الحيواني هو الوسيط اللوني (الشكل ٧).

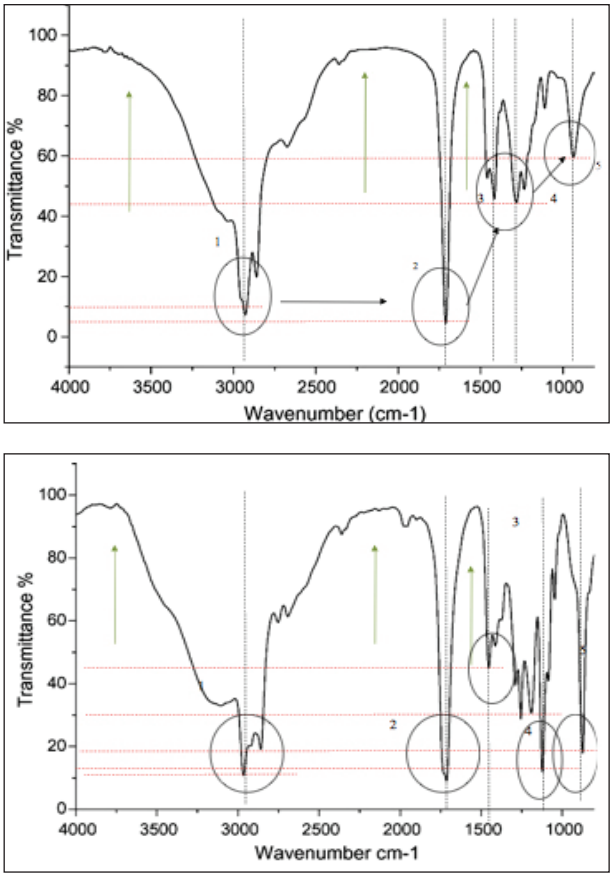
وباستخدام الميكرسكوب الإلكتروني الماسح تم تصوير بعض الملونات والجص المكوّن الرئيسي للزخارف السطحية على القباب الآجرية والحجرية.

كما أثبتت التحاليل وجود معدن الإنهدريت Anhydrite CaSO4 وهو الطور اللامائي للجبس نتيجةً لفقد جزيئي

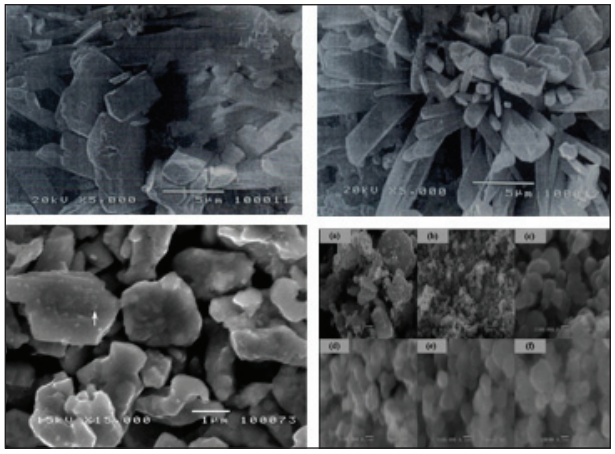
الماء المتحد كيميائياً مع كبريتات الكالسيوم؛ ما ينتج عنه انفعال شديد يتسبب فى حدوث هشاشة أو تشرخات وتشققات، وقد أثبتت طريقة التحليل بالأشعة تحت الحمراء استخدام وسيط الغراء الحيواني كوسيط لوني (اللوحة ٤).

الملوّثات الجوّيّة

التلوّث الجوّيّ من أهم المشكلات التى تواجه الآثار الملونة، فالتلوث هي أخطر الكوارث التي تواجهه، وهو يعني تدهور بيئته نتيجة لحدوث خلل في توافق العناصر المكونة لها فيحدث فقد لقدرتها على أداء دورها الطبيعي (السروي ٢٠١٠: ٢٥)؛ ودلائل هذا زيادة نسبة غاز معين عن مقداره الطبيعي، ما يؤدي إلى حدوث تلف، سواء في الطبيعة أو على الآثار؛ إذ يُحدث هذا الغاز تلفاً على الآثار عن طريق تفاعله



الشكل ٧: يوضح تحليل العينه اللونية بالاشعة تحت الحمراء



اللوحة ٤:
أ) عينة من الجبس، توضح ظهور بلورات كلوريد الصوديوم والبوتاسيوم.
ب)عينة الجبس توضح معدن الكالسيت وبلورات وأملاح الكبريتات.
ج) صورة توضح لون الهيماتيت أسفل الميكرسكوب.
د) شكل يوضح الزنك الأبيض.

مع مكونات الأثر، مكوناً تلفاً يُعرف بمظهر التلف؛ فعند تعريض الخشب للملوثات الجوية على الخشب كمثال للمواد السليلوزية فقد وجد أنه يتعرض للتلف الكيميائي والفيزيائي (Hon 1993)، إذ إن الخشب المعرض لـ NO2 & SO2 في وجود أو غياب الأشعة فوق البنفسجية تتكون على سطحه مجموعات الكربونيل، كما وجد أن المجموعات الحرة فى الخشب الناتجة عن الضوء تتفاعل مع ثانى أكسيد الكبريت SO2 فوق أكسيد النيتروجين NO2 & الأكسجين O2؛ ما يؤدى إلى تحلل السليلوز والهيمسليلوز واللجنين. ويذكر أن غاز الأوزون O3 له تأثير خطير على المركبات العضوية غير المشبعة، فهو يعمل على كسر الروابط الثنائية فى السلاسل الكربونية، ما يسبب هدم المواد تماماً. وهذا ما يحدث فى الورنيشات والمواد اللاصقة المستخدمة فى الأيقونات والتى تتحول لمواد هشة صفراء غير قابلة للذوبان إلا فى المذيبات الأكثر قطبية[1]، وتزداد خطورة غاز الأوزون على المواد السليلوزية عند تحوله الجزئى إلى فوق أكسيد الهيدروجين من خلال تفاعله مع الماء، ويتلوث الهواء بسبب النفايات الناتجة من عمليات التصنيع، وإفراط النشاط البشري في بناء المدن، وتفجير أحجار الجبال، والتعدين، وحرق

الأخشاب ويمكن تقسيم هذه الملوثات إلى مجموعتين إحداهما غازية والأخرى مواد صلبة.

المجموعة الغازية

من أهم الملوثات الغازية للهواء، الغازات الآتية:

أ- أول أكسيد الكربون: ينتج من عمليّة الأكسدة الجزئيّة (الاحتراق غير التام للكربون)، والمركبات العضوية مثل الفحم، وهذا يحدث عند ندرة الأكسجين، أو عند احتراق ذي حرارة مرتفعة جدًا ويعتبر من الغازات الشديدة السمّية وهو من صور الكربون؛ وكذلك بعض الزيوت والشحوم من الآلات والمركبات وهو من الجزيئات ثنائية الذرة غير المتجانسة، وذلك لأنه يحتوي على عنصرين مختلفين هما الكربون والأكسجين هذا الغاز يمكن أن يحترق أيضًا، فتُستكمل عمليّة احتراقه غير التامّة، ويُصدر نارًا زرقاء (السروي ٢٠١٠: ٥٥)، يمكن إنتاجه في المختبرات أيضًا عن طريق تفكيك حمض الفورميك[٢] HCOOH، كما ينتج كذلك الماء. لهذا الغاز أهميّة صناعية فهو ليس بالضرورة دائما غازًا خبيثًا، يجدر الانتباه إلى أنّ مزج أوّل أوكسيد الكربون مع الهواء ينتج عنه غاز قابل للانفجار بشدة، وهو غاز سام عديم اللون والرائحة، ويتركز هذا الغاز في المدن ذات الازدحام المروري الشديد، ويؤثر هذا الغاز على عمليات التنفس لكل الكائنات الحية على سطح الأرض (السروي ٢٠١٠: ٦٢).

ب- ثاني أكسيد الكربون Carbon dioxide: ينتج من تخمّر المواد السكرية سواء بالطرق الكيميائية أو بالكائنات الحية الدقيقة ومن تحلّل الكربونات ومن احتراق المواد العضوية المستخدمة في الصناعات المتنوعة خاصة التي تشمل في بعض مراحلها على تفاعل بخار الماء مع المواد الهيدروكربونية وكذلك من الاحتراق الكامل للمواد العضوية (أبو سعدة ٢٠٠٣: ٤٥)، ويذوب ثاني أكسيد الكربون في الهواء في مياه الأمطار مكوناً حمض الكربونيك، وهو برغم ضعفه فإنه يذيب كربونات الكالسيوم والماغنسيوم في أرضيات التصوير على الأيقونات واللوحات كالأتي: يؤدي ارتفاع تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون إلى ارتفاع درجة حرارة الهواء ومن ثم حرارة الأرض وتسمى هذه الظاهرة بالبيوت الزجاجية (Green house phenomenon) (Fodera 4004: 91-110) (الاحتباس الحراري)، ويقوم هذه الغاز بامتصاص كمية كبيرة من الأشعة تحت الحمراء، ما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الهواء.

ج- ثاني أكسيد الكبريت Sulphur dioxide: غاز سام عديم اللون له رائحة نفّاذة، ويتكون بصورة طبيعية من النشاط البركاني، ومن تحلّل المادة العضوية ويمكن أيضًا تصنيعه عن طريق حرق الكبريت أو تسخين مركّبات الكبريت المعدنية. وينطلق هذا الغاز في الغلاف الجوي من معامل تكرير النفط والمصانع ومحطات توليد الكهرباء التي تستهلك الفحم أو النفط، ويمكنه الذوبان في قطرات الماء ليكوّن المطر الحمضي الذي يؤذي، وقد يقْتل الحيَاة الفطرية[٣]، ويتكون المطر الحمضي أيضًا إذا تحوّل ثاني أكسيد الكبريت في الجو إلى ثالث أكسيد الكبريت (عوض ١٩٩٤: ٦٥) ويتحول الغاز إلى سائل تحت الضغط ودرجة حرارة -١٠°م، وعندها يستخدم كسائل تبريد[٤]، وينتج هذا الغاز أساساً نتيجة لعمليات احتراق النفط والغاز الطبيعي، وذلك لاحتوائهما على نسبة من الكبريت ويتميز غاز ثاني أكسيد الكبريت برائحته الكريهة النفاذة وتزداد خطورته على عمليات التنفس لكل الكائنات الحية عند زيادة نسبته إلى ثلاثة أجزء في المليون، ويتسبب كذلك في الأمطار الحمضية الضارة على سطح الأرض ويتواجد الكبريت في الجو في شكل مركبات غازية منها: ثاني أكسيد الكبريت، ثالث أكسيد الكبريت، كبريتيد الهيدروجين (السروي ٢٠١٠: ٦٧) وتحتوي نواتج الاحتراق على كل أكاسيد الكبريت وكمية من ثالث أكسيد الكبريت، ويعتمد ذلك على درجات الحرارة.

وفي وجود آثار من أكاسيد الحديد أو النحاس كعامل مساعد، يتأكسد ثاني أكسيد الكبريت المتكوّن إلى حمض الكبريتيك المدمر للمواد الأثرية، إذ إنه حمض ثابت غير متطاير وحارق لجميع المواد الأثرية العضوية ويتم التحلل المائي للمواد العضوية بالأحماض المعدنية، مثل حمض الكبرتيك والأيدروكلوريك المخفف، ويتضمن كسراً للروابط الجلوكوزيدية في السليلوز وهي رابطة إيثيرية أو أكسجين، إذ تنتج سلاسل أصغر تعرف باسم الهيدروسليلوز ذات الوزن الجزيئي الأقل وبالتحلل المائي الكامل تنتج في النهاية وحدات الجلوكوز (Bikales, N. M., and L.Segal, 1980: 6).

ومعظم التفاعلات الكيميائية وما يتبعها من تغيرات تتطلب غاز الاكسجين لتتم الأكسدة، وللأكسجين تأثير على الألياف وخاصة السليلوز في وجود الضوء الذي يتسبب في إضعاف الألياف وضراوتها وخاصة في وجود الأشعة فوق البنفسجية والضوء الأزرق «قصير الموجه» (Bikales, N. M., and L.Segal, 1980: 7)، كما يساعد الأكسجين في اصفرار الورنيش على سطح طبقة الألوان واضمحلال الألوان وغالبية هذه التفاعلات تتم في وجود الضوء، لذلك تسمى تفاعلات أكسدة ضوئية. كما يقوم هذا الغاز بمهاجمة أرضية التحضير، كما يأتي (Jakes, K. A., W. Wang, 2001. Vol. 40, No. 2, Article2 , p 3.):

يعمل غاز ثاني أكسيد الكبريت على أكسدة اللجنين الموجود في الحامل الخشبي، كما يقوم بتحلل الحامل النسجي، إذ يؤدي إلى إعطاء مظهر الهشاشية والذبول السطحي "الاصفرار"، ويقوم حمض الكبريتيك بكسر الروابط الجلوكوزيدية في السليلوز، وهي رابطة إيثيرية حيث ينتج سلاسل أصغر تعرف باسم الهيدروسليلوز ذات وزن جزيئي أقل، وبالتحلل المائي الكامل تنتج في النهاية وحدة جلوكوز.

ويتزايد معدل غاز ثاني أكسيد الكبريت نتيجة لوجود عامل محفز كعنصر الحديد ودرجة الحموضة والتى يتوقف عليها معدل مهاجمة الحامض للأيقونة، إذ نجد الأس الهيدروجينى العالى يزيد من سرعة التفاعل ووجود الضوء؛ إذ يسبب الاتحاد بين الضوء والحامض تلفيات أخطر مما يسببها كل عامل على حدة (Thomson 1986: 151-152)، ويعد غاز ثانى أكسيد النيتروجين مشابه لغاز SO2 من حيث قابليته للذوبان في الماء وتكوين حمض النيتريك HNO3 الذى يؤدى لتحليل المواد السليلوزية.

د- الأوزون Ozone: الأوزون شكل من الأكسجين الموجود بكميات قليلة في طبقات الجو المحيطة بالأرض، ويُعدّ وجود الأوزون في الطبقة العليا من الجو عاملاً رئيسيًا للحفاظ على الحياة على الأرض أما وجود الأوزون في الطبقة السفلى من الجو، فيؤدي إلى تلوث الهواء ويستخدم الأوزون في بعض الصناعات، كتنقية المياه والتبييض[٥].

تحتوي جزيئات الأكسجين العادية على ذرتين من الأكسجين، أما جزيئات الأوزون فإنها تحتوي على ثلاث ذرات من الأكسجين،ويتكون الأوزون طبيعيًا عن طريق التفاعلات الضوئية الكيميائية والتفريغ الكهربائي، كما يتكون الأوزون عن طريق التفاعل الضوئي الكيميائي عندما يرتطم إشعاع شمس ذو قوة عالية بالأكسجين العادي في الطبقة العليا من جو الأرض (Jakes, K. A., W. Wang, 2001. Vol. 40, No. 2, Article2 , p 5.)، ويحوّل بعضًا منه إلى أوزون وكذلك تقوم تفاعلات التفريغ الكهربائي بما فيها البرق والشرارات الكهربائية الصادرة من المحركات بتحويل بعض الأكسجين إلى أوزون. ويمكن إنتاج الأوزون صناعيًا عن طريق التفريغات الكهربائية في آلة تسمى مولد الأوزون، وكما يتكون أيضاً من تحلل غاز ثاني أكسيد النيتروجين ذاتياً (عادم السيارات) في وجود أشعة الشمس كمصدر لطاقة التفاعل (الطيب وبشير جرار ١٩٨٨: ٢٠)،

ويحلل الأوزون اللواصق والصمغ المستخدم كوسيط لوني، كما يقوم باضمحلال الألوان

هـ- أكاسيد النيتروجين Nitrogen oxide: وتتكون عند اتحاد النيتروجين والأكسجين، خاصة عند احتراق البنزين والسولار في المركبات والسيارات والأجهزة المولّدة للطاقة في محطات توليد القوى الكهربائية، ومن أهم المركبات النيتروجينية في المجال الجوي ما يأتي: أول وثاني أكسيد النيتروجين وأكسيد النيتروز والأمونيا؛ وتنشأ هذه المركبات الغازية من مصدرين أساسيين (Hughes 1993: 81-92) : الفصل البيولوجي والتحلل العضوي، والمصادر الناتجة عن فعل الإنسان مثل وسائل المواصلات ومحطات القوى الكهربائية والقوى الصناعية ومراكز التدفئة والتسخين، ويعد أكسيد النيتروجين من أهم المركبات النيتروجينية الملوثة للهواء، ويلعب هذا الأكسيد الدور الرئيس في حدوث التفاعل «الضوء كيميائي». ومعظم أكاسيد النيتروجين تؤثر على الألوان إذ تسبب قلة تركيز درجة اللون، كما أنها تهاجم أرضية التحضير الموجودة على الأيقونات؛ ووجود حمض قوي مثل حمض النيتريك يؤدي إلى خطورة بالغة على طبقة الأرضية الحاملة للألوان.

و- كبريتيد الهيدروجين Hydrogen Sulfide: مركب كيميائي يحمل الصيغة H2S وهو غاز عديم اللون قابل للاشتعال، وهو سام كريه الرائحة، أثقل من الهواء؛ ولذلك تجده في الأماكن العميقة في حالة تسربه من مصادر تلوث الهواء بغاز كبريتيد الهيدروجين، وهي الفضلات البشرية والحيوانية، ومن تحلّل المواد العضوية المكبّرتة، والصناعات كصناعة المطاط والورق والخشب، وينتج من المصادر الطبيعية كالبراكينو ومن الصناعات البتروكيماوية وعمليات إنتاج غاز الفحم، إذ يؤدي إلى اسوداد الألوان الزيتية البيضاء، وتتحوّل من أكسيد الرصاص الأبيض إلى كبريتيد الرصاص الأسود.

ح- الهيدروكربونات Hydrocarbon: أي مركب كيميائي يتكون من الكربون (C) والهيدروجين (H) فقط وتتكون هذه المركبات من سلسلة من الكربون وذرات هيدروجين متصلة بتلك السلسلة، غالبا ما يستخدم مصطلح الهيدروكربون كاختصار للمصطلح هيدروكربون أليفاتي، وتوجد في النفط والغاز الطبيعي. وتعد المنتجات النفطية التجارية مثل البترول والبرافين ووقود الطائرات وزيوت التشحيم وشمع البرافين خلطات من الهيدروكربونات. وتوجد بعض الهيدروكربونات في قار الفحم وغاز الفحم. ويتم تركيب منتجات أخرى كثيرة من الهيدروكربونات الموجودة في الطبيعة، وعند ارتفاع نسبتها في الجو تؤدي إلى الضباب الأسود.

المجموعة الصلبة: وتنقسم إلى جزيئات عالقة طبيعية وجزيئات عالقة صناعية.

١- الجزيئات العالقة الطبيعية Natural Aerosol: وهي مجموعة من الأتربة أو الاتساخات أو الرمال الدقيقة والغبار، والرماد البركاني، والهباء الجوي Aerosol، تكون عالقة في الهواء. ومن بين مصادر هذه الجزئيات الصلبة بعض نفايات محطات توليد الطاقة الكهربائية، ومحطات القوى الحرارية، والنشاط البشري الناتج عن التعدين وتكسير الأحجار في المحاجِر وخاصة الأسمنت والفخار، فقد وضُعت معايير دولية توضح الحد الأقصى المسموح لكل من هذه الملوثات في الجو، والتي لا ينبغي تجاوزها حفاظاً على سلامة الغلاف الجوي، والبيئة والإنسان، إذ ينبغي ألاّ تزيد نسبة أول أكسيد الكربون عن ٣٥ جزءاً في المليون، وثاني أكسيد الكبريت عن ٠,١٤ جزءاً في المليون، وأكاسيد الحديد عن ٠,٥٠ جزءاً في المليون، والهيدروكربونات عن ٢,٤ جزءاً في المليون، والجزئيات الصلبة عن ٢٦٠ ميكروجراماً/ م٣، وتحتوي تلك الأتربة على آثار من عناصر معدنية كالحديد الذي يلعب دوراً في انتشار البقع الكيميائية الصفراء أو البنية بتأكسده إلى هيدروكسيد الحديديك عند توفر

الرطوبة (حازم ١٩٩٩: ٩٩). ويمكن تقسيم الحبيبات الملوثة حسب طول أقطارها إلى ثلاثة أنواع، هي:

- أقطارها أكبر من ١٥ميكرون وقد تصل إلى ٢٠ ميكرون، وهي جزيئات ثقيلة نسبياً تستقر قرب مصادر انتاجها.
- حبيبات كبيره: أقطارها أقل من ١٥ ميكرون وهي جزيئات تبقي معلقة في الهواء حتى يتم أخذها على بعض الأسطح.
- حبيبات صغيرة جداً: ٠,٠١ من الميكرون وهذه صغيرة جداً، تبقى معلّقة في الهواء بصفة دائمة ولا يمكن رؤيتها بالعين المجردة. وتكمن خطورة تلك الجزيئات في ادمصاص غاز ثاني أكسيد الكبريت عليها الذي يتحول فيما بعد إلى حمض الكبريتيك المدمر للمواد الأثرية العضوية، وكذلك تحتوي الأتربة على آثار من أكسيد الحديد الذي يقوم بدور العامل المساعد لتحويل ثاني أكسيد الكبريت إلى حمض الكبريتيك، إضافة إلى الأتربة الدقيقة، وما تحمله في طياتها من بويضات بعض الحشرات والجراثيم والتي بانتشارها تهدد بتفشي التلف البيولوجي.

٢- الجزيئات العالقة الصناعية Artificial Aerosols: وهي مواد دقيقة ينتشر وجودها في المدن الصناعية ويوجد بها حبيبات الكربون الموجودة من عمليات الاحتراق، إضافة إلى حبيبات السليكات والألومينا الناتجة عن النشاط البشري.

مظاهر التلف على الزخارف الجصية:

مما تقدم من عوامل التجوية المتعددة سابقة الذكر بمنطقة القلعة وتأثيرها المباشر على الزخارف الجصية موضوع البحث وقد ظهر ما يأتي:

١- ظهور انتفاش في التشكيل الفني والزخرفي للزخارف المنحوتة بسطح القباب الخارجي.

٢- سقوط وانهيار وتصدع في بعض تلك الزخارف.

٣- ظهور طمس لبعض أشكال العناصر الزخرفية من تراكم طبقات من التلوث الجوي الثقيل كالكربون والأتربة والرصاص وتراكمها داخل المناطق الداخلية بتلك الزخارف.

٤- ظهور تلف بيولوجي وميكروبيولوجي ونحر في بعض الزخارف بتأثير الصقيع وسقوط الأمطار والرياح سابقة الذكر.

٥- ظهور تصدعات ببعض الجدران الحاملة لبدن القبة منها تصدعات سطحية، أثرت بأسلوب مباشر على شكل القبة وظهور بعض الشروخ والتصدعات بكتلة القبة.

٦- ارتفاع نسبة المحاليل المعدنية الملحيّة من التربة بالخاصية الشعرية إلى الجدران بارتفاع يصل في بعض الأحيان إلى ٦م، ما أدى إلى تغير في لون الحجر المستخدم في البناء والتشييد بالجدران والمباني، لارتفاع نسبة المعادن الطينية من عمليات الغسيل النزح للمكونات المعدنية للتربة والأحجار والمونات.

٧- ارتفاع نسبة الأملاح وظهورها داخل كتل الأحجار والمونات وعلى السطح في طبقات الشيد، منها الأملاح بأشكالها المختلة الأبرية والكتلية والليفية، مع اختلاف الضغط الإسموزي ومعاملات الشد والضغط، ما أدى إلى ظهور التصدعات والانهيارات في طبقات الشيد.

٨- ظهور انزلاق في التربة لبعض المناطق ناتج من ارتفاع المستوى للمياه الجوفية وتحت السطحية، ما أدى إلى ظهور بعض التصدعات الخطيرة المؤثرة على القباب موضوع البحث والمآزن الموجودة بالمنطقة.

نتائج

من خلال الدراسة المستفيضة لعوامل التلف تقدم الدراسة مشروعاً مقترحاً:

١- علاج مصادر المياه الجوفية وتحت السطحية من خلال مشروع قومي يشمل المنطقة، والمناطق المحيطة بتلك الآثار.

٢- العمل على تخفيف وتقليل حركة المرور الثقيلة والتي نتج عنها ارتفاع نسبة التلوث الجوي بالمنطقة، وارتفاع وزيادة الهزات الأرضية التي تشبه توابع الزلازل.

٣- نقل الورش والمسابك الموجودة بالمنطقة والتي يتخلف عنها نسبة عالية من الغازات الخفيفة والثقيلة ما يزيد من درجة التلوث الجوي بالمنطقة.

٤- مشروع مقترح لترميم وعلاج وصيانة تلك الزخارف الجصية موضوع البحث وذلك من خلال دراسة علمية تطبيقية.

٥- على الجهات التي يهمها الأمر منها وزارة الآثار والثقافة والإعلام وغيرها الاتفاق على وضع برنامج زمني لعلاج تلك القباب وما تحمله من زخارف جصية موضوع البحث.

٦- الصيانة الدورية من خلال وزارة الثقافة بعمليات ترميم وصيانة لتلك الزخارف بجدول زمني يتم تحديده كل ٦ أشهر على الأكثر.

٧- وضع طبقات عزل وتقوية لعلاج وتقوية تلك الزخارف مع استكمال المفقود منها أو الذي أصابته بعض التصدعات نتيجة لعوامل التجوية بتلك القلعة.

٨- مكافحة التلف البيولوجي والميكروبيولوجي والقوارض الموجودة بالمنطقة والتي تعمل على تلف وتفتت تلك الزخارف.

أ. د. شحاتة أحمد عبدالرحيم: كليه الآثار جامعه الفيوم، جمهورية مصر العربية. saa00@fayoum.edu.eg.

أ. د. محمد أحمد عوض: كليه الآداب جامعه سوهاج، مصر.

د. حسام رجب أحمد: قسم ترميم الآثار، كليه الآداب، جامعه سوهاج، مصر. Hossamseleem@yahoo.com.

الهوامش:

(١) الجهاز المستخدم في العمليه الفحصية موديل : Analytical Technologies UV 2060.

(٢) حمض الفورميك أو حمض النمليك (يسمى نظامياً بحمض الميثانويك)، وأبسط حمض كربوكسيلي وصيغة الكيميائية HCOOH أو 2O2 CH وهو وسيط مهم في التخليق الكيميائي ويتكون طبيعياً، وأشهر الأمثلة هي وجوده في لسعة النمل وسم النحل، كون حمض الفورميك في الحالة السائلة في درجة الحرارة الاعتيادية وهو سائل عديم اللون، ذو رائحة مميزة قابل للامتزاج مع الماء الإيثانول الأسيتون والإيثير وهو حمض ضعيف (لا تتفكك جزيئاته كليا)، يتأين جزئيا ليعطي أيون الميثانوات - HCOO.

(٣) Agrawal, P. N., G. M.Verma, R. K.Verma, D. D. Sahgal, 1963: 1 : 46–50; Journal of the American Institute for Conservation, JAIC 1992, Volume 31, Number 2, Article 1 (pp. 147 to 160) , p 3.

(٤) Global Arabic encyclopedia http: //www.mawsoah.net/maogen.asp?th=0$$main&fileid=search&stext=%C7%E1%DB%C7%D2%C7%CA%20%C7%E1%CC%E6%ED%C9. Global Arabic encyclopedia ,.

(٥) Global Arabic encyclopedia , http: //www.mawsoah.net/maogen.asp?th=0$$main&fileid=search&stext=%C8%E1%DkB%C6%D9%.

المراجع:

أولاً: المراجع العربية

أبو سعدة، محمد نجيب إبراهيم، ٢٠٠٣، التلوث البيئي ودور الكائنات الدقيقة، الطبعة الأولى، دار الفكر العربي، القاهره، جمهورية مصر العربية.

بركات، محمد علي، ١٩٩٠م، مواد البناء واختباراتها القياسية، دار الراتب الجامعية.

حسن، محمد حازم، ١٩٩٩، تطوير مفرغات الجص بالزجاج الملون لملائمة العمارة الحديثة، رسالة ماجستير، جامعة حلوان، كلية الفنون التطبيقية، قسم الزخرفة والزجاج.

حسين عبدالباقي، ١٩٩٤، الأسس العلمية في علم بيئة الحشرات، دار الهلال.

الرافعي، عبدالرحمن،، ١٩٣٠، عصر محمد علي، الطبعه الثانية، دار المعارف، القاهره.

السروي، أحمد،٢٠١٠، الملوثات الهوائية، القاهرة، مصر، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع.

شعلان، صبحي، ١٩٩٥، الجداريات الجصية الإسلامية في العصر المملوكي بمصر، مجله كليه الفنون التطبيقية، جامعه دمياط.

الطيب، نورى طاهر، ١٩٨٨، وبشير محمود جرار، قياس التلوث البيئي، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهره، جمهورية مصر العربية.

عبدالرحيم، شحاتة، الأسقف الخشبية الملونة داخل بعض المنشآت الأثرية الإسلامية دراسة في طرق الصناعة والزخرفة ومنهجية العلاج والصيانة.

عبدالهادي، محمد، عبدالرحيم شحاتة، ٢٠١٠ الأسقف الخشبية الملونة داخل بعض المنشآت الأثرية الإسلامية دراسة في طرق الصناعة والزخرفة ومنهجية العلاج والصيانة.المؤتمر الدولي الثاني للفنون والعمارة الإسلامية في جامعة صنعاء باليمن.

عكاشة، ثروت، ١٩٧٧، التصوير الإسلامي الديني والعربي، بيروت، المؤسسة العربية للدراسات والنشر

عوض، محمد، ١٩٩٤، دراسة ترميم القباب الخشبية وصيانتها في القاهرة الإسلامية تطبيقاً على قبة خشبية بخانقاه الأمير شيفور، رسالة دكتوراه، قسم الترميم، كلية الآثار جامعة القاهرة، القاهرة.

عوض، محمد،٢٠٠٠، دراسات في ترميم المنشأت الأثرية، الجزء الأول، الطبعة الأولى، دار محسن.

لوزيل، لويس،١٩٣٣، فن الحفر، ترجمة زكي حاتم، المطبعة الأميرية، القاهرة.

المفتي، أحمد،٢٠٠١، موسوعة الزخرفة التاريخية، طبعة أولى، سوريا، دار دمشق.

هلال، محمد أحمد، ٢٠٠٦، تقنية معاجة الاعمال الجصية المملوكية، رسالة دكتوراة، جامعة الإسكندرية، كلية الفنون الجميله، قسم النحت.

هنري، جيمس، ١٩٣١، تاريخ مصر من أقدم العصور، ترجمه حسن كمال، مكتبه مدبولي، القاهرة.

ثانياً: المراجع غير العربية

Agrawal, P. N., G. M.Verma, R. K.Verma, D. D. Sahgal, 1963. "Decomposition of cellulose by the fungus Chaetomium globosum", **Indian Journal of Experimental Biology** 1: 46–50.

Arnold, A., Zehnder, K. 1989. "Salt weathering on monuments", **La conservazione dei monumenti nel bacino del Mediterraneo, Atti del 10 simposio internazional**, Bari 7-10 giugno.

Bahadur, A.K. 1997. "Biodeterioration and its control in open-air historical monuments", C**onservation of cultural property in India**, Vol. 30.

Bikales, N. M., and L.Segal, 1980. **Cellulose and cellulose derivatives**, Part 5. New York.

Blasi, C., et al. 1990. **Analysis of Statical Behavior of the Arch of Constantine in Rome**, SCSM, ICCROM, Rome.

Fodera, P. L., K. N. Needleman, J. L.Vitagliano, 2004, " The conservation of a painted Baltimore sidechair (ca. 1815) attributed to John and Hugh Finlay, 1997", **Journal of the American Institute For Conservation,**

JAIC, Volume 43, Number 1, Article 7.

Jakes, K. A., W. Wang, 2001. "The characteristics of textile fibers and fabrics recovered from a historic deep ocean site", **Journal of the American institute for conservation**, JAIC, Volume 40, Number 2, Article2 , p 3.

Hon D-N-S., 1993, "The Effect of Air and Radiation on Wood", In: Kennedy, J. F., Phillips, G. O., Williams, P. A. (Edited), **Cellulosics: Pulp, Fibers and Environmental Aspects**, Ellis Harwood LTD.,

Hughes, E. E., R. Myers. 1993. "Measurement of the concentration on sulfur dioxide, nitrogen oxides, and ozone in the National Archives monuments", **Journal of the American Institute For Conservation, JAIC**, Volume 32, Number 1, Article 7.

Kingery WD, Vandiver PB, Prickett M., 1988. **The beginnings of pyrotechnology, part II: production and use of lime and gypsum plaster in the pre-pottery Neolithic Near East**. J Field Archaeol.

Rossi Manaresi, R. and Tucci, A. "Pore structure and the distruptive cementing effect of salt crystallization in various types of stone", **Studies in conservation** v. 36.

Shehata, A, Abdel Rahim, 2004. "Restoration Scientific Strategy of Plaster Ornaments In Zein Al Deen Yousef Zawia, Cairo, Egypt", **7Th Conference of The Association Of The Arab Archaeologists**, pp. 15- 33. 2-3, 2004

Simposon &Brown: 2002. **Conservation of plaster work**, Historic Scotland, Edinburg .

Thomson, G. 1986. **The Museum Environment**, Butterworth, London.