دراسة الوضع الراهن لمدرسة الأمير أزبك اليوسفي بالقاهرة

رجب أبو الحسن محمد

ملخّص: يعتبر العصر المملوكي العصر الذهبي للعمارة الإسلامية في مصر، وقد شهد عصر المماليك الجراكسة إقامة العديد من المنشآت العمرانية المتنوعة في مدينة القاهرة، ومن أهم تلك المنشآت مدرسة الأمير أزبك اليوسفي، التي تقع بشارع أزبك المتفرع من شارع الخضيري بحي السيدة زينب بالقاهرة. انشأت المدرسة سنة ٩٠٠ هجرية – ١٤٩٥ ميلادية، والمبنى رغم صغر حجمه فإنه يشتمل على مدرسة وكُتَّاب وسبيل وضريح، وقد أمر ببنائها الأمير أزبك اليوسفي وكان من كبار أمراء المماليك الجراكسة، وأنشأت المدرسة على نظام المدارس الإسلامية في العصر المملوكي ذات التخطيط المتعامد، تتكون المدرسة من صحن مسقوف يتوسطه شخشيخة تحيط به أربعة إيوانات، وتحتوي المدرسة علي مواد بناء متعددة مثل كتل الأحجار الجيرية التي استخدمت في بناء الجدران والعناصر المعمارية المختلفة للمدرسة والمونة المستخدمة في ربط الكتل الحجرية وبلاطات الرخام المستخدمة في تكسية أرضيات المبنى، والمصبعات الحديدية للشبابيك وتمت دراسة الوضع الراهن للمبنى بأخذ عينات من مواد البناء ومظاهر التلف المتنوعة وتحليلها باستخدام حيود الاشعة السينية XRD وفحصها بالمجهر المستقطب (Polarizing Microscope) والمجهر الإليكتروني الماسح SEM المزود بوحدة EDX، وقياس الخواص الفيزيائية والميكانيكية للحجر الجيري للتعرف على حالته الراهنة لأنه المادة الرئيسية في بناء المدرسة، وللتعرف على مكونات مواد البناء وأنواعها وتفسير مظاهر التلف الموجودة بالأثر، وتحديد العوامل المسببة لها، تمهيدا لإجراء عمليات الترميم والعلاج للمدرسة.

كلمات مفتاحية: أزبك اليوسفي، الخواص الفيزيائية، مواد البناء، العصر المملوكي، الحجر الجيري، السيدة زينب.

Abstract: *The Mamluk era is the golden age of Islamic architecture in Egypt. The Circassian Mamluk era witnessed the establishment of various urban facilities in Cairo, the most important of which is Madrasa Al-Amir Azbak Al-Yusufi, located in Azbak Street, branching from Al-Khudairi Street, in as-Sayeda Zainab neighborhood of Cairo, Egypt. Madrasat Al-Amir Azbak Al-Yusufi was established in 900 AH - 1495 AD. The building, despite its small size, includes a school, a Mosque, a Kuttab (an elementary school), a gratuitous, and a mausoleum. They were built by the order of Al-Amir Azbak Al-Yusufi, a prominent Circassian Mamluk prince. The Madrasa followed Islamic school design in the Mamluk era with orthogonal planning, consisting of a roofed courtyard with a Shekhsheikha (a type of ceiling with a wooden decorated square or octagonal shape with windows and simulators for ventilation and lighting) in the middle, surrounded by four Iwans. The Madrasa also contains multiple building materials such as limestone blocks that were used in the construction of the walls and the various architectural elements of the Madrasa, the cementing material used to stick together the stone blocks and marble slabs used in the cladding of the floors of the building and the grid bar-iron for windows. The current state of the building was examined by sampling building materials and various aspects of damage, analyzing it using XRD and examining it with the Polarizing Microscope and SEM equipped with EDX unit, and measuring the physical and mechanical properties of the limestone to examine its current state because it is the principal material in the building. This was also done to uncover the components of the building materials and their types, explain the existing aspects of damage, and to determine the factors that caused them, as a prelude to conducting renovation and restoration operations for the Madrasa.*

هدف البحث

يهدف البحث إلى القاء مزيداً من الضوء على الوضع الراهن لمدرسة الأمير أزبك اليوسفي التي تحتوى على العديد من العناصر المعمارية والزخرفية الفائقة الجمال مثل الزخارف الحجرية المتمثلة فى الأشرطة الكتابية التي تغطى جدران المدرسة

الشكل ١: يوضح موقع مدرسة أزبك بمدينة القاهرة، عن. (مشروع الاحياء العمراني للقاهرة التاريخية، ٢٠١٤)

والمئذنة التي تغطيها الزخارف الحجرية والأسقف الخشبية المزينة بالزخارف النباتية الملونة والبلاطات الرخامية والأبواب المصفحة بالنحاس والنوافذ المزينة بالمصبعات المعدنية، والمنبر الخشبي المطعّم بالصدف... إلخ، وقد تعرضت هذه المدرسة بشكل مباشر للعديد من المخاطر التي تهدد وجودها ويعد العامل البشرى هو الأخطر على الإطلاق متمثلاً في ارتفاع منسوب الماء الأرضي، والتلوث الجوي، والإهمال المتعمد، وعدم القيام بأي دور إيجابي من قبل الجهات المعنية بالحفاظ على التراث، أو لمؤسسات المجتمع المدني لإنقاذ المدرسة التي تفقد كل يوم جزءاً مهماً من عناصرها التي لا يمكن استعادتها مرة اخرى.

أهمية البحث

ترجع أهمية البحث إلى قلة الدّراسات التي تناولت الوضع الحالي لمدرسة أزبك اليوسفي، وما تتعرض له من عوامل تلف متعددة، أدت بالفعل إلى تدمير عدد من العناصر المعمارية والزخرفية، مثل: الزخارف الحجرية (الأشرطة الكتابية)، وبعض الأجزاء الملحقة بالمدرسة التي لم يعد لها وجود، وتآكل الأجزاء السفلي من الأبواب الخشبية المزينة بالحشوات بسبب ارتفاع منسوب الماء الأرضي وما يحتوى عليه من أملاح في أساسات المدرسة، وتسرّب ماء المطر من الشروخ الموجودة بالسقف، ما أدى إلى ضياع الألوان من بعض أجزاء الأسقف الخشبية الملونة، وانفصال بعض الحوائط عن بعضها بعضاً، ما ينذر بخطورة الوضع؛ وقد دعا ذلك وزارة الآثار إلى غلق مبنى المدرسة نهائياً، وقد كان أهالي المنطقة يستخدمون المدرسة كمسجد للصلاة، وقد وصف تقرير منظمة اليونسكو سنة ٢٠١٤ حالة المدرسة بالسيئة جداً، ولم يتم عمل أي دراسات أو مشروع لترميم وإنقاذ المدرسة.

مقدمة

شهد عصر المماليك الجراكسة في مصر إقامة العديد من المنشآت الدينية والمدنية والتجارية والعسكرية التي فاقت في عددها منشئات عصر المماليك البحرية، ما بين المساجد، والمدارس، والقباب، والخانقاوات، والزوايا، والأربطة، والتكايا، والخانات، والوكالات، والقصور، والمنازل، والبيمارستانات، والأسبلة، والحمامات، وغيرها من المباني المعمارية التي بقيت شاهدة على هذا العصر المملوكي الجركسي، ويجب أن نلاحظ أمراً في غاية الأهمية وهو كثرة آثار هذا العصر بالرغم من سوء الأحوال الاقتصادية التي شهدتها البلاد خلال الفترة الثانية من حكم المماليك التي امتدت فيما بين (٧٨٤هـ / ١٣٨٢م: ٩٢٣هـ / ١٥١٧م) ربما بسبب كثرة الحروب التي شهدتها هذه الفترة. وتعد مدرسة الأمير أزبك اليوسفي بالقاهرة أنموذجاً لمنشآت هذه الفترة، إذ أن العمارة في هذا العصر على وجه الخصوص لم ترتبط بالحالة الاقتصادية، واتسمت العمارة في العصر المملوكي الجركسي بعدة مميزات، مثل: صغر مساحة العمائر بسبب ازدحام المناطق التي أقيمت بها تلك العمائر بالسكان والعديد من المنشآت الأخرى، وتبع ذلك صغر حجم الإيوانات وظهور عنصر السدلتين

(الإيوانين الصغيرين) مما أدى إلى صغر مساحة الصحن ومن ثَم تغطيته بسقف خشبي، وهذا من الحلول المعمارية التي أدت إلى ظهور عناصر معمارية جديد في العمارة الإسلامية، كما قام المعماري نتيجة لضيق المنشأة في بعض الأحيان في المدارس بصفه خاصه ذات الإيوانات، بفصل الصحن عن الإيوانات، فجعله منخفضا عنها بمقدار (٢٥ سم)، وتسمى (الدرقاعة)، وهى كلمه فارسيه بمعنى الجزء المنخفض عن القاعة (الطايش ١٩٩٠: ٣٢-٥٢).

مدرسة أزبك اليوسفي تاريخياً

تقع مدرسة الأمير أزبك اليوسفي بالسيدة زينب – القاهرة – رقم الأثر: ٢١١ – تاريخ إنشاء الأثر: ٩٠٠هـ/١٤٩٥م – عصر إنشاء الأثر: دولة المماليك الجراكسة – اسم المنشئ: الأمير أزبك اليوسفي – نوع الأثر: مدرسة – حالة الأثر: قائم – المنطقة الإدارية للأثر: السيدة زينب – المنطقة الأثرية: جنوب القاهرة – عنوان الأثر: شارع أزبك متفرع شارع الخضيري (الشكل ١) (مشروع الإحياء العمرانى للقاهرة التاريخية، ٢٠١٤: ٩٩).

جاء أزبك اليوسفي إلى مصر مع تجار المماليك سنة ٨٤١ هجرية، واشتراه السلطان عبدالعزيز يوسف بن برسباي، وعرف منذ ذلك الحين باسم أزبك اليوسفي نسبة إلى السلطان، وأظهر أزبك البراعة والنبوغ في علم الحساب منذ الصغر وأُعجب به السلطان جقمق وأعتقه وولاه أمور خزانة السلطنة، وكان من أكبر أمراء دولة المماليك الجراكسة ومن أعظم قادتها في عصر السلطان قايتباي، وتقلب في عدة وظائف كبيرة حتى أصبح في عهد الملك الناصر محمد بن السلطان قايتباي مشيراً للمملكة (الوزير الاكبر)، وأنشأ الأمير أزبك اليوسفي المدرسة في سنة ٩٠٠ هجرية / ١٤٩٥م والمدرسة حافلة بالزخارف والكتابات العربية على الحجر والخشب، فقد اجتمعت فيها شتى الصناعات والفنون الدقيقة، فنجارتها الممثلة في المنبر وكرسى السورة وأسقفها الخشبية وأرضيتها ووزرتها الرخامية جميعها ناطقة بما بلغته هذه الصناعات من منزلة

اللوحة ١: توضح الوجهات الثلاثة للمدرسة- A. الواجهة الجنوبية، Bالواجهة الشرقية، C الوجهة البحرية وبها المدخل الرئيسي للمدرسة.

رفيعة من الدقة والإتقان، وتوفى الامير أزبك اليوسفي سنة ٩٠٤ هجرية في عهد السلطان قنصوة الغوري وصلى عليه السلطان الغوري وخرجت جنازته من شارع الصليبة (بحي طولون) ودفن في القبر الذى بناه داخل مدرسته بجوار زوجته (ماهر ١٩٧١: ٢٨٢-٢٩٢).

الوصف المعماري للمدرسة

أقيمت المدرسة على مساحة غير منتظمة من الأرض متعددة الأضلاع حتى تتوافق مع خط تنظيم الشارع الذي تطل علية الواجهة الرئيسية للمدرسة (شارع أزبك)، وللمدرسة ثلاث واجهات الأولى بحرية والثانية شرقية والثالثة قبلية (اللوحة ١). وتقع الواجهة الرئيسية للمدرسة في الضلع الشمالي الشرقي، وبه المدخل الرئيسي ويبلغ طولها ١٧,٥ متر وبالطرف الغربي منها حوض لسقي الدواب وبقايا أبنية أخرى، وبالطرف الشرقي سبيل يعلوه كُتاب (Behrens 1998: 150)، وإلى جانب المدخل منارة مكوّنة من قاعدة وثلاث طوابق، الطابق الاول مثمن الشكل وبه أربع نوافذ، والطابق الثاني مستدير الشكل، والطابق الثالث مكون من ثمانية أعمدة توضع فوقها خوذة القبة التي يعلوها الهلال النحاسي، وكانت تنتهى من أعلى بمسلة مخروطية وضعت مكان الطابق الثالث في العصر العثماني، أزالتها إدارة حفظ الآثار العربية في سنة ١٩٤٧م وأعادت بناء هذا الجزء العلوى من المنارة كأصله في العصر المملوكي، وقد بنيت هذه المدرسة على نظام التخطيط المتعامد، حيث تتكون من صحن مسقوف (درقاعة) على شكل مربع طول ضلعه ٧,٥ متر

يتوسطه شخشيخة يحيط به أربعة إيوانات إثنان منها كبيران، وهما إيوان القبلة وهو أكبر الأيونات (مبارك ١٣٠٤: ١٢٦) مساحته (١٠ × ٥,٧٥ متر) والإيوان المقابل له مساحته (٧,٥ × ٣,٩٠ متر) أما الإيوانان الآخران وهما الجانبيان (السدلتين) فصغيران وتبلغ مساحة كلاً منهما (٣,٥ × ٢,٧٥) متر (الشكل ٢).

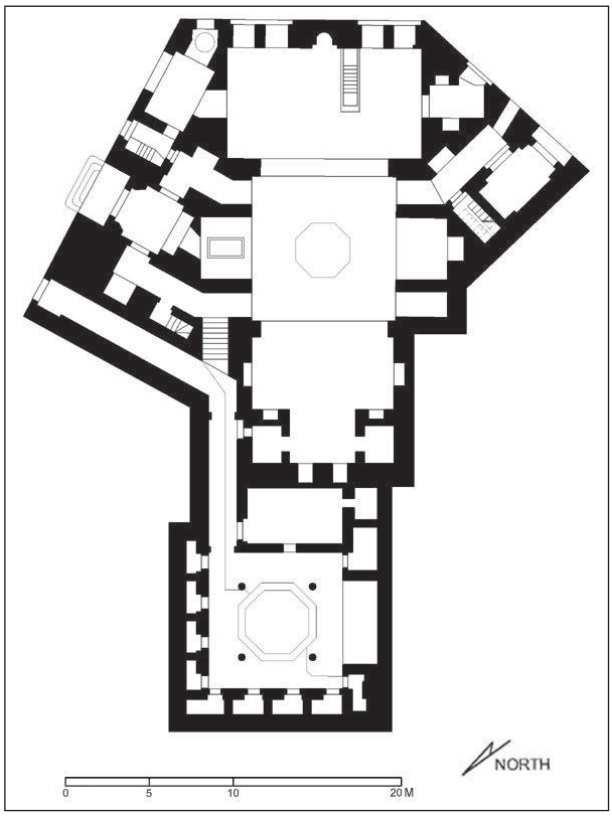
أرضية الصحن تعتبر من النماذج الجميلة للأرضيات الرخامية الملونة، حيث يحيط بإيوان القبلة وزرة من الرخام الملون يتوسطها محراب رخامي اتساعه حوالى (١,١٠) متر وعمقه ٠,٨٥ متر ويعلوه عقد نصف دائري مرتكز على عمودين من الرخام تيجانها على شكل أوراق نباتية محوره بجواره منبر من الخشب المطعم بالصدف دقيق الصنع قوام زخارفه من الطبق النجمي، وبأعلى المحراب شبابيك من الجص المفرغ المحلى بالزجاج الملون، وجميع الكتابات المحفورة في الحجر أو الخشب تتضمن آيات قرآنية واسم المنشئ، ويوجد فوق المدخل الرئيسي للمدرسة تاريخ الإنشاء نصه « أمر بإنشاء هذه المدرسة العبد الفقير إلى الله تعالى المقر الأشرف الكريم العالي السيفي أزبك اليوسفي أمير رأس نوبة النواب الملكي الأشرفي بتاريخ شهر شعبان سنة خمس وتسعمائة كان أزبك اليوسفي من أمراء السلطان قايتباي وقد توفي عام ٩٠٤ هـ « (ماهر ١٩٧١: ٢٨٢-٢٩٢)

مظاهر التلف الموجودة بمدرسة أزبك اليوسفي

تم تسجيل العديد من مظاهر التلف الموجودة على السطح الخارجي للواجهة البحرية والواجهة القبلية للمدرسة وتم توثيقها بعدة ألوان مختلفة على رسم هندسي للواجهتين، وكانت هذه المظاهر عبارة عن أحجار وأخشاب متدهورة وبعض الأجزاء المفقودة وأماكن أشغال الكهرباء وصدأ أشغال معدنية وأجزاء مضافة للحوائط وقشور حجرية وشروخ وفواصل في الحوائط. كما يوضحها (الشكلان ٣ و ٤).

أ- البلاطات الرخامية

تحتوى المدرسة على العديد من البلاطات الرخامية الملونة ذات التراكيب والتصميمات البديعة تغطى كل

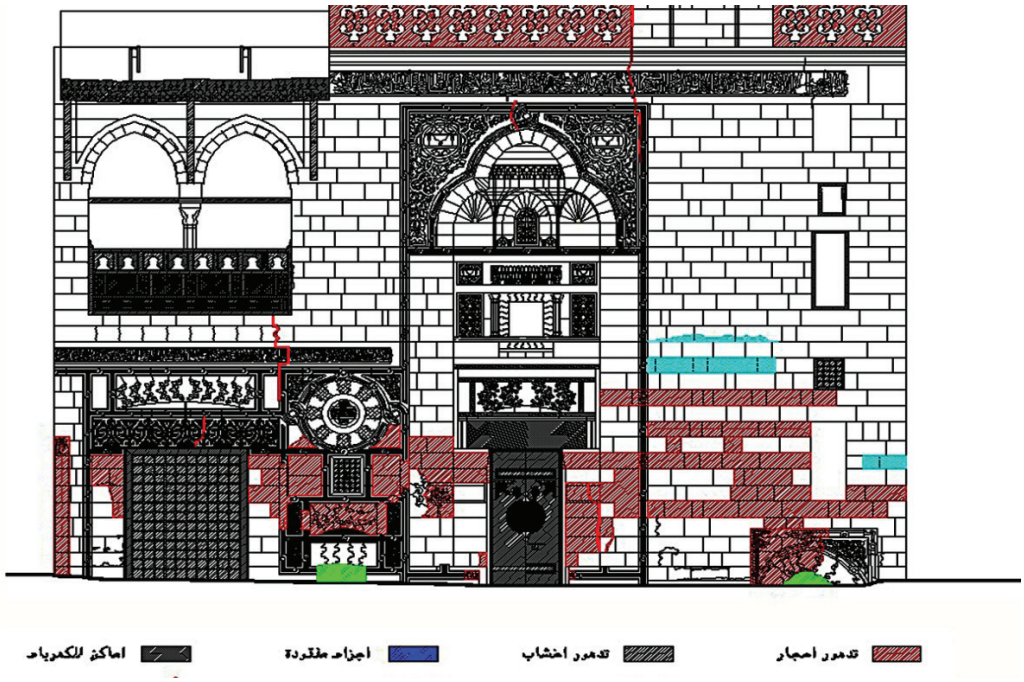


الشكل ٢: يوضح مسقط أفقى لمدرسة أزبك اليوسفي، عن. (سعاد ماهر، ١٩٧١)

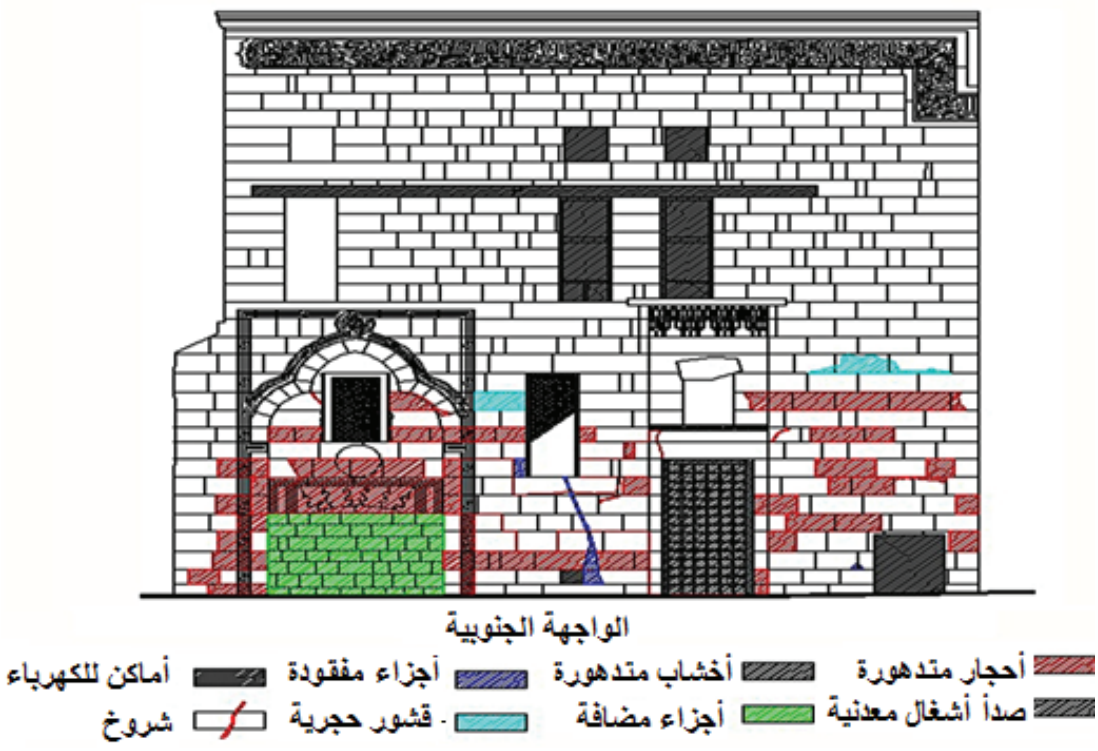
أرضيات المدرسة والسبيل ويغطي هذه البلاطات بقع سوداء ناتجة أدت إلى إخفاء لون الرخام الأصلي وإعطائه لوناً داكنا - ظهور شروخ دقيقة في الكثير من الزخارف الرخامية - حدوث انفصال في الطبقات السطحية المصقولة للرخام في بعض المناطق - تحول بعض الأجزاء في القشرة السطحية المنفصلة إلى مسحوق - وجود طبقة سميكة من الأملاح المتكلسة والأتربة والعوالق شديدة الالتصاق بأسطح الزخارف الرخامية - وجود كسور وانفصال في العديد من البلاطات الرخامية - (اللوحة ٢).

ب- الحجر الجيري

يعتبر الحجر الجيري Limestone من أهم الأحجار التي استخدمت في أعمال البناء في مصر على مر العصور، وخلال العصر الإسلامي كان اكثر أنواع الأحجار استخداماً في عمليات البناء والتشييد، وهو صخر رسوبي يتكون اساسا من كربونات الكالسيوم



الشكل ٣: يوضح الواجهة البحرية للمدرسة موقع عليها مظاهر التلف (عمل الباحث)



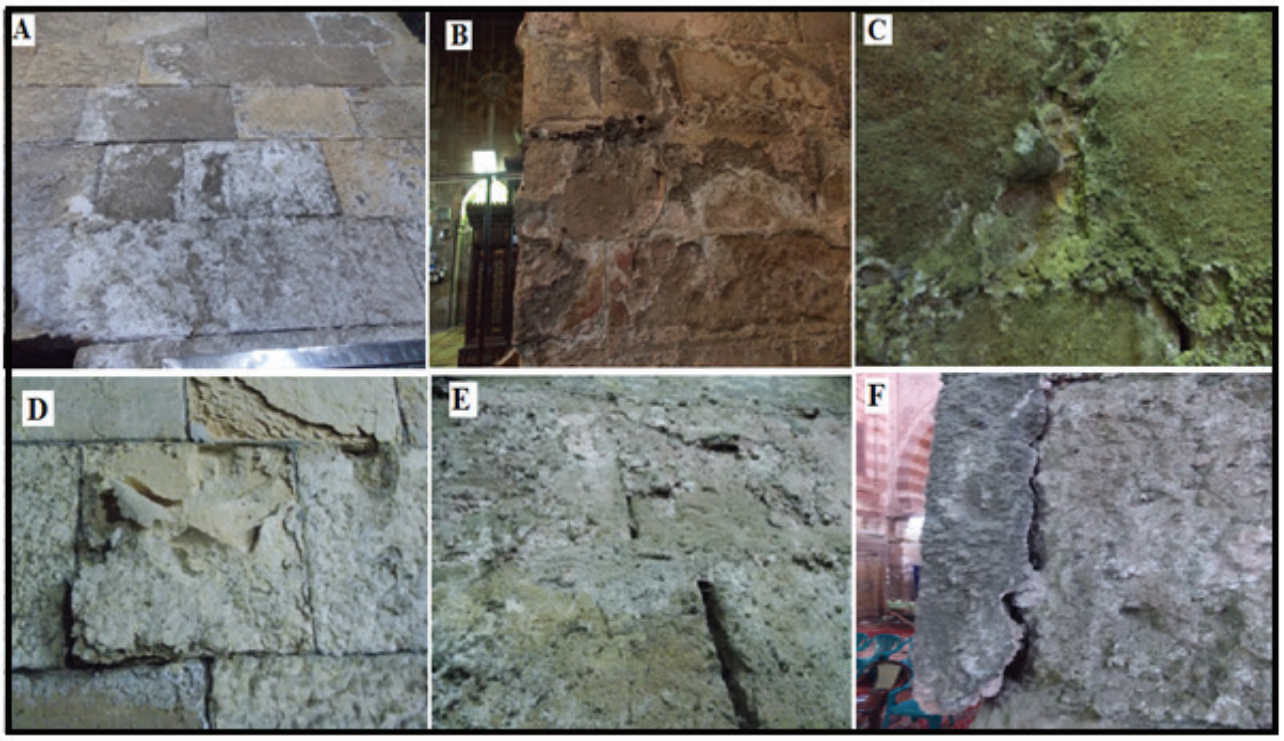
الشكل ٤: يوضح الواجهة الجنوبية للمدرسة موقع عليها مظاهر التلف (عمل الباحث)

اللوحة ٢: توضح نماذج متنوعة من الزخارف الهندسية الرخامية وبها مظاهر التلف. (تصوير الباحث)

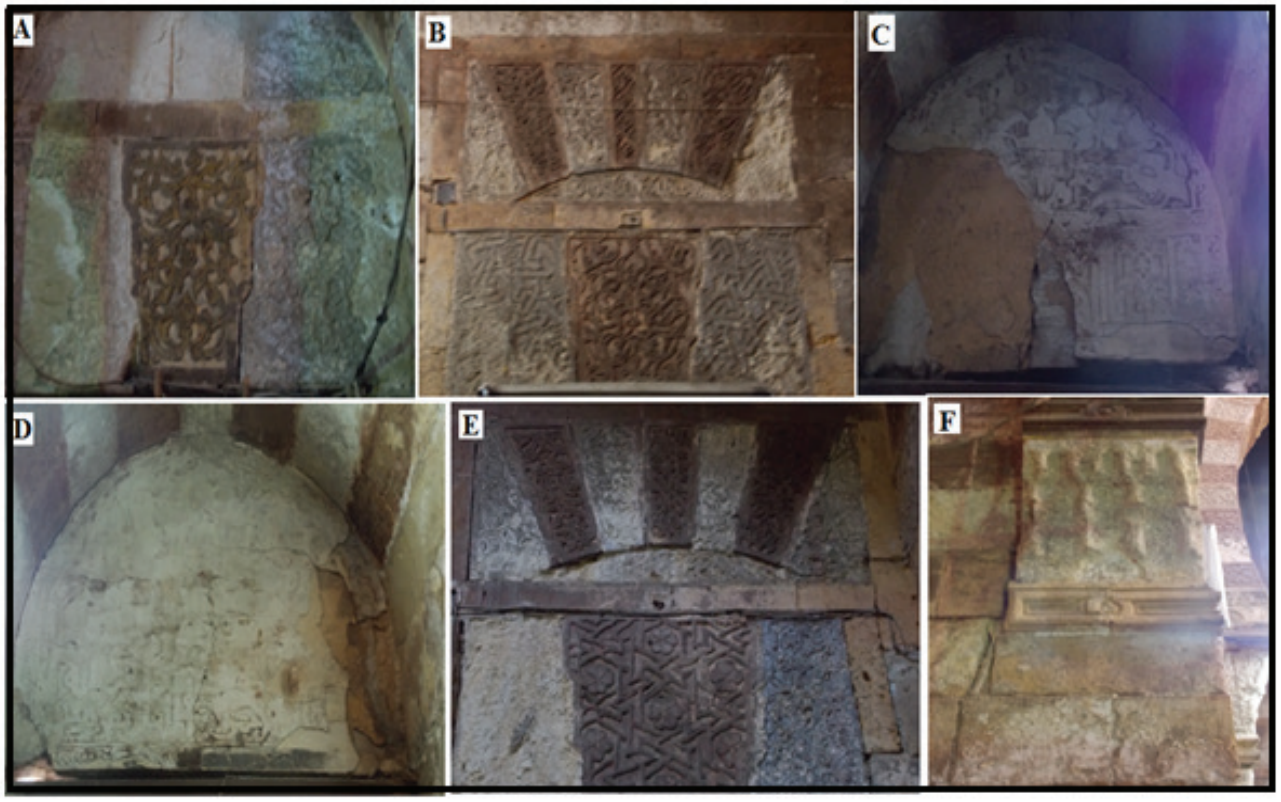
$CaCO_3$ والحجر الجيري هو الاسم الذي يطلق على الصخور الرسوبية التي تحتوي على أكثر من ٥٥٪ من معدن الكالسيت $CaCO_3$، أما الدولوميت $CaMg(CO_3)_2$ فيحتوي على عنصر المغننسيوم علاوة على الكالسيوم، وإذا احتوى الحجر الجيري على أكثر من ٤٥٪ كربونات ماغنسيوم فإنه يسمى حجر جيري دولوميني (Fitzner, Heinrichs, and La Bouchardiere 2002:217-239).

الحجر الجيري الذى شيدت به مدرسة أزبك اليوسفي يعانى من العديد من مظاهر التلف، مثل:

- تبلور وتكلس كميات كبيرة من الأملاح على الجدران الحجرية الداخلية للمسجد، وخاصة في الأجزاء السفلى من الجدران، مثل: تقشر سطح الحجر على شكل طبقات، وعدم وجود مونة بين المداميك الحجرية، وشروخ وانفصال أحجار البناء بسبب تبلور الأملاح داخل الشروخ وبين الكتل الحجرية (Selwitz, Doehne, 2202: 205-216.) (اللوحة ٣) .
- فقدان لبعض الأجزاء من الزخارف الحجرية في المناطق العليا من الحوائط؛ نتيجة تحللها وتساقطها بفعل تسرب ماء المطر من السقف (اللوحة ٤)، تكوّن طبقة سوداء داكنة اللون على سطح الجدران الخارجية للمدرسة أدت إلى طمس معالم الحجر نتيجة التلوث الجوي، ووجود طبقة سوداء من (شحوم وزيوت السيارات) على السطح الخارجي لحوائط المدرسة نتيجة وجود ورش لتصليح السيارات بجوار المدرسة - استخدام مونة الإسمنت البورتلاندي الأسود في ترميم بعض الأجزاء من الجدران، ونحر وتفتت في السطح الخارجي للزخارف الحجرية (اللوحة ٥)، وفقدان المونة بين كتل الأحجار، ما أدى إلى تشويه الحجر وعدم ظهوره كوحدة واحدة، وارتفاع والتصاق الأتربة حول جدران المدرسة من الخارج وإخفاء أجزاء من الزخارف الحجرية للجدران نتيجة ارتفاع مستوى أرض الشارع، وانخفاض في بعض أماكن الزخارف بسبب فقدان طبقات من سطح الحجر في بعض المناطق من الجدران الخارجية للمدرسة، وانفصال وشروخ رأسية (Jinhyun Chooa, b, WaiChing Sun 2018: 349-379) خطيرة جدا بين الحائط الغربي والجنوبي (اللوحة ٦)، وفقدان في بعض المداميك الحجرية وخاصة في الأركان الخارجية، والتعدي ببناء عمارة حديثة ملاصقة تماما للمدرسة وعدم وجود حرم للأثر، وصدأ حديد النوافذ وتغطيتها بطبقة سميكة من الأتربة والاتساخات بسبب التلوث الجوي (Charola, and Centeno 2010: 269-278)،

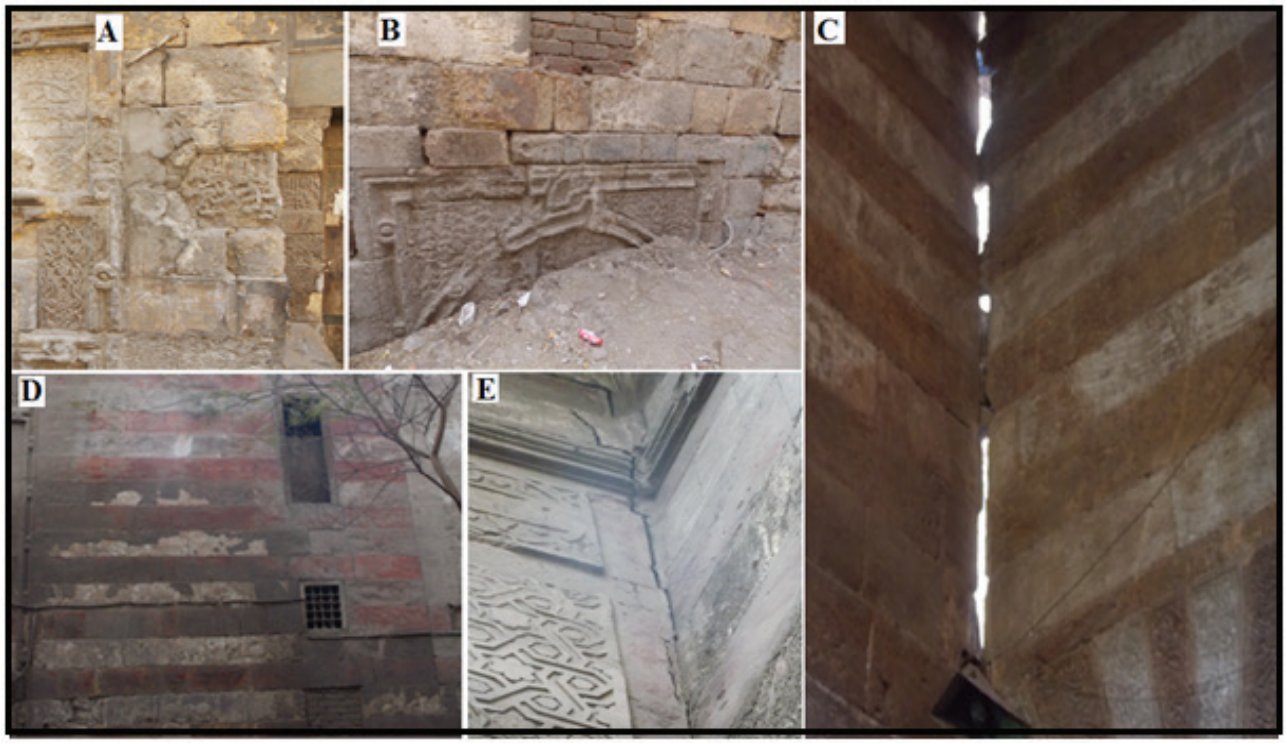


اللوحة ٣: توضح تبلور وتكلس كميات كبيرة من الأملاح على سطح الحجر على الجدران الداخلية للمسجد A,B,C - تقشر سطح الحجر على شكل طبقات D - فقد المونة من بين المداميك الحجرية E - تشققات وانفصال في الحجر بسبب الاملاح F - (تصوير الباحث).



اللوحة ٤: توضح فقدان لبعض الأجزاء من الزخارف نتيجة تآكلها وتساقطها بفعل تسرب ماء المطر من السقف. (تصوير الباحث).

اللوحة ٥: A,B,C,D (توضح تكون طبقة سوداء داكنة على الزخرف وسطح الحجر- E استخدام مونة إسمنت اسود - F تآكل ونحر في الحجر والزخارف. (تصوير الباحث)



اللوحة ٦: توضح (A) استخدام مونة إسمنت اسود على الزخارف الحجرية - (B) ارتفاع والتصاق الأتربة حول جدران المدرسة واخفاء أجزاء من الزخارف الحجرية - (C,E) شروخ وفواصل كبيرة وخطيرة جدا بين الجدران وبطول المبنى - (D) ارتفاع الرطوبة في الجدران. (تصوير الباحث)

اللوحة ٧: توضح (A) التعدي ببناء عمارة حديثة ملاصقة تماما للمدرسة - (B) فقدان في بعض أجزاء من المداميك الحجرية - (C) انخفاض منسوب أرضية المسجد عن منسوب الشارع - (D,E) صدأ حديد الشبابيك وتغطيته بطبقة سودا - (F) تدهور حالة الأخشاب بسبب الرطوبة والأملاح. (تصوير الباحث)

وانخفاض منسوب أرضية المدرسة عن منسوب الشوارع المحيطة، ما جعلها مكاناً لتجمع الرطوبة والأتربة ومياه المطر، وارتفاع منسوب الرطوبة في المداميك الحجرية القريبة من الأرض - تدهور حالة الأخشاب بشكل عام داخل المدرسة (اللوحة ٧)، ارتفاع منسوب دورة المياه الحديثة الملحقة بالمدرسة عن منسوب ارضية المدرسة وارتشاح مياه الصرف في جدران المدرسة.

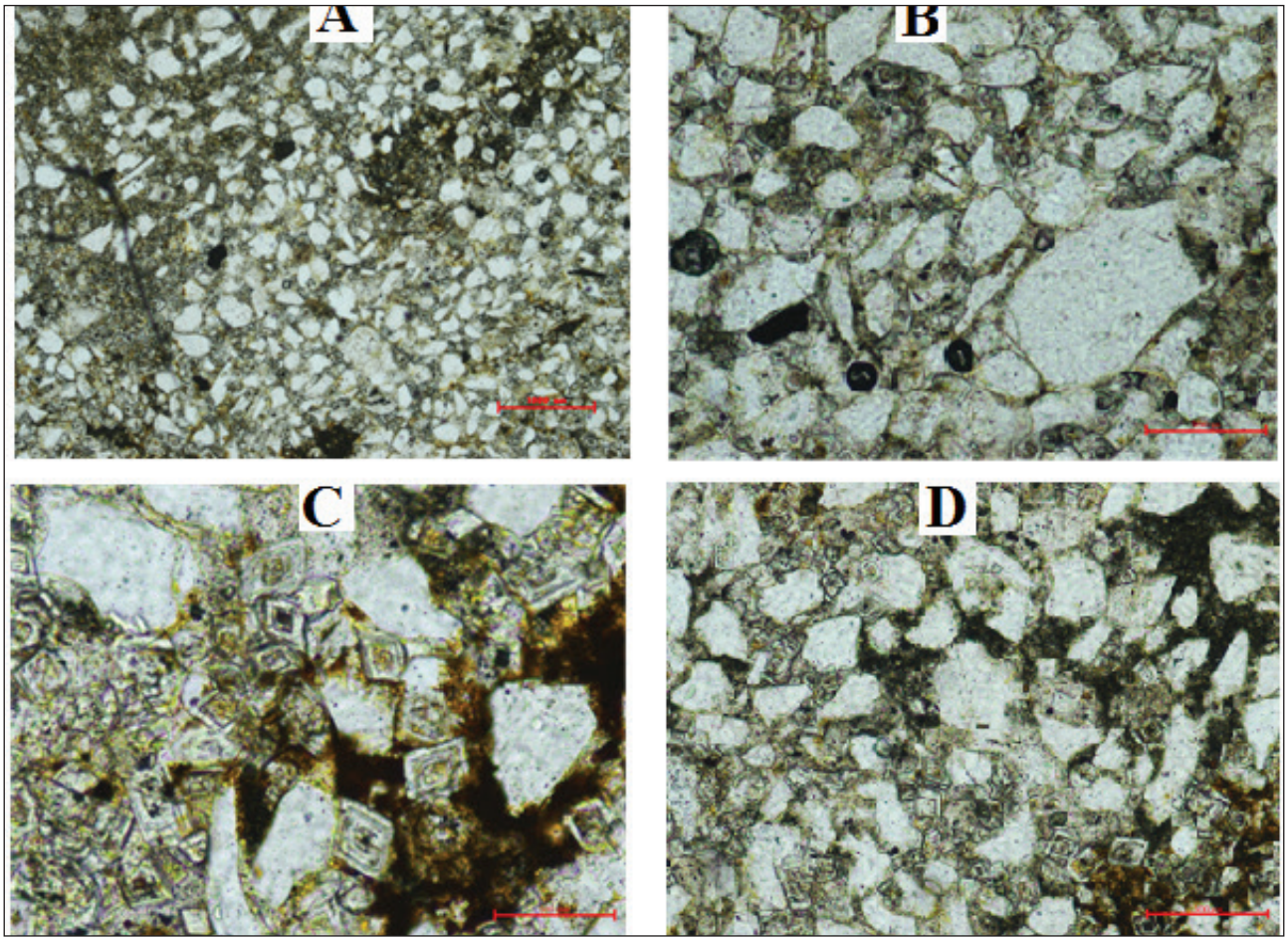
ج- المونة

المونة هي مادة بناء تستخدم لربط كتل الطوب أو الحجر أفقياً ورأسياً وملء الشقوق والفواصل بينها وتوزيع الضغوط والاحمال على الجدران بالتساوي، كما تعمل كعازل لنفاذ الحرارة والرطوبة والصوت من الخارج إلى الداخل، وقد تعرضت المونة بمدرسة أزبك إلى التفكك والتدهور الشديد بفعل تأثير ارتفاع منسوب الرطوبة الأرضية بالجدران، وتبلور الاملاح داخل مكونات المونة الاثرية ادى إلى اتلافها وتدميرها صورة (3 - D,E).

مواد الدّراسة وطرقها

أخذت عدة عينات من مواد البناء (الحجر الجيرى، الرخام، المونة) والاملاح وتم فحصها وتحليلها باستخدام

- المجهر المستقطب Polarizing Microscope (PLM)
- الاشعة السينية X-ray diffraction (XRD)
- المجهر الإليكتروني الماسح Scanning Electron Microscope (SEM)
- التحليل باستخدام Energy Dispersive X-ray analysis (EDX)
- التحليل الكيميائى لمواد البناء Chemical analysis of Building Materials
- قياس الخواص الفيزيائية والميكانيكية The determination of physical and Mechanical



اللوحة ٨: باستخدام المجهر المستقطب لعينات حجر جيري يظهر بها معدن الكالسيت، معدن الكوارتز، معادن طفلة، أكاسيد الحديد، معدن الدولوميت. (1000 X)

Properties للحجر الجيرى مادة البناء الرئيسية للمدرسة، وذلك للتعرف على خصائص مواد البناء ومكوناتها وأنواعها، وتفسير وتحليل مظاهر تلفها وتحديد العوامل المسببة لها.

النتائج

أولاً: الفحص باستخدام المجهر المستقطب: Polarizing Microscope (PLM)

تم فحص عينات من مواد بناء مدرسة أزبك اليوسفي بواسطة المجهر المستقطب أُخذت من أماكن غير مؤثرة من جدران المدرسة (حجر الجيري، كسر رخام، مونة قديمة)، وتم إجراء الفحص بمعامل قسم الجيولوجيا – كلية العلوم جامعة القاهرة وكانت نتائجها كما يأتي:

أ- الحجر الجيري

تم فحص عينتين من الحجر الجيري Limestone أُخذت من جداريّ المدرسة القبلي والغربي، واتضح من فحص العينات الحجرية بالمجهر وجود معدن الكالسيت مع حبيبات من معدن الكوارتز وبلورات معدن الدولوميت معينية الشكل، ونسبة من المعادن الطينية، وتركيزات من أكاسيد الحديد في أرضية معدن الكالسيت، كما لوحظ انتشار بعض الفجوات في القطاعات (اللوحة ٨).

ب- الرخام

تم فحص عينتين من رخام الأرضيات بالمجهر المستقطب (عينة رخام أبيض وعينة رخام أحمر) أُخذت من الأجزاء المنفصلة والمتدهورة من أرضيات

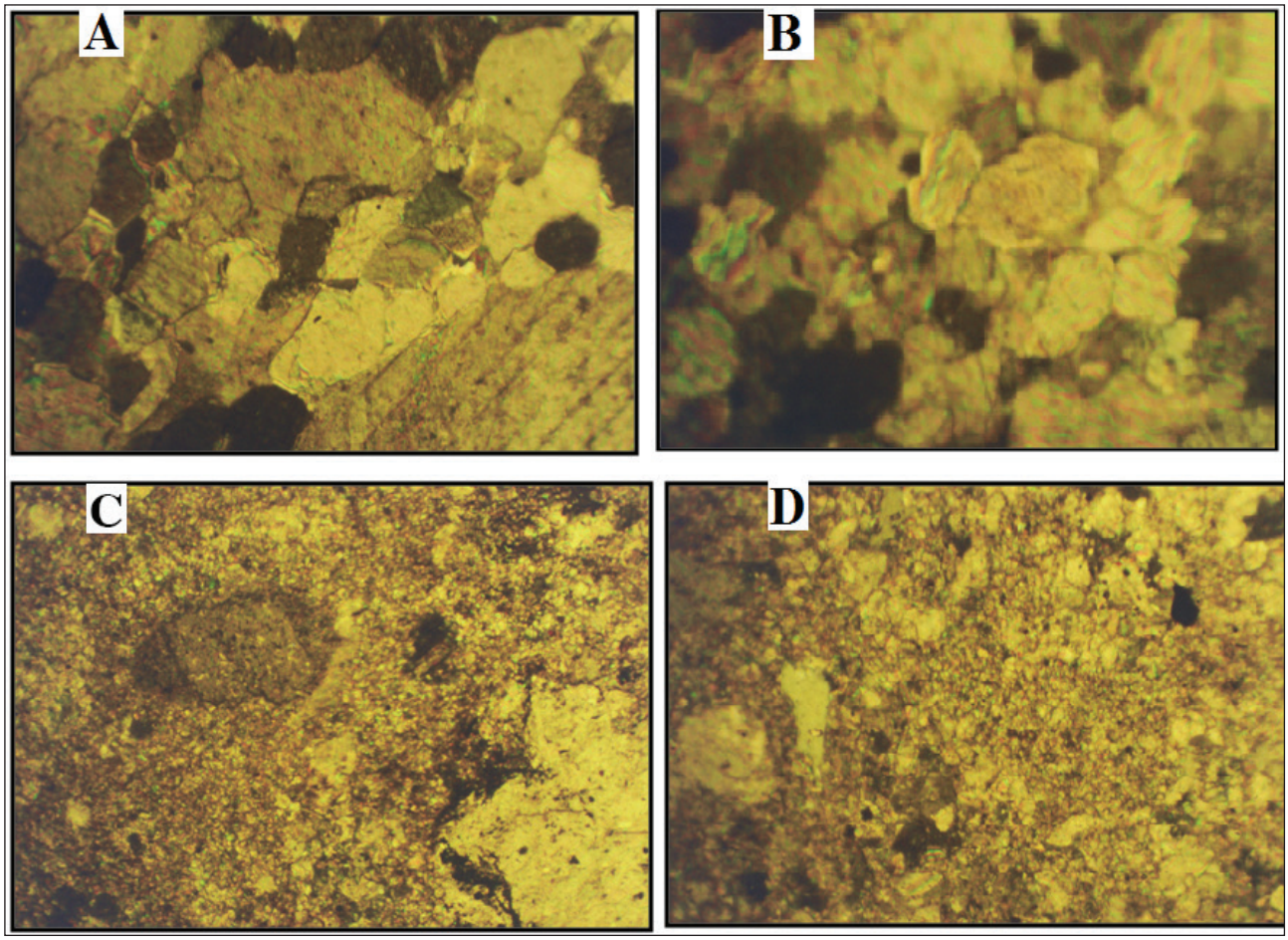
المدرسة، للتعرف على مكوناتها ومظاهر تلفها واتضح من الفحص وجود معدن الكالسيت، وأكاسيد الحديد، وحبيبات من معدن الكوارتز، وظهور النسيج المتداخل المميز للكالسيت في عينة الرخام الأبيض نتيجة عمليات التحوّل، ويتضح ذلك من اللوحة ٩ (A,B). ومن فحص عينة الرخام الأحمر ظهر فيها أكسيد الحديد والمعادن الطينية وحبيبات الكالسيت والكوارتز الناعم، وعدم ظهور النسيج المتداخل لحبيبات الكالسيت وهذا يوضح أن (الرخام الأحمر) المستخدم في أرضيات المدرسة ليس رخاماً طبيعياً كما يتضح من اللوحة ٩ (C,D).

ج - المونة

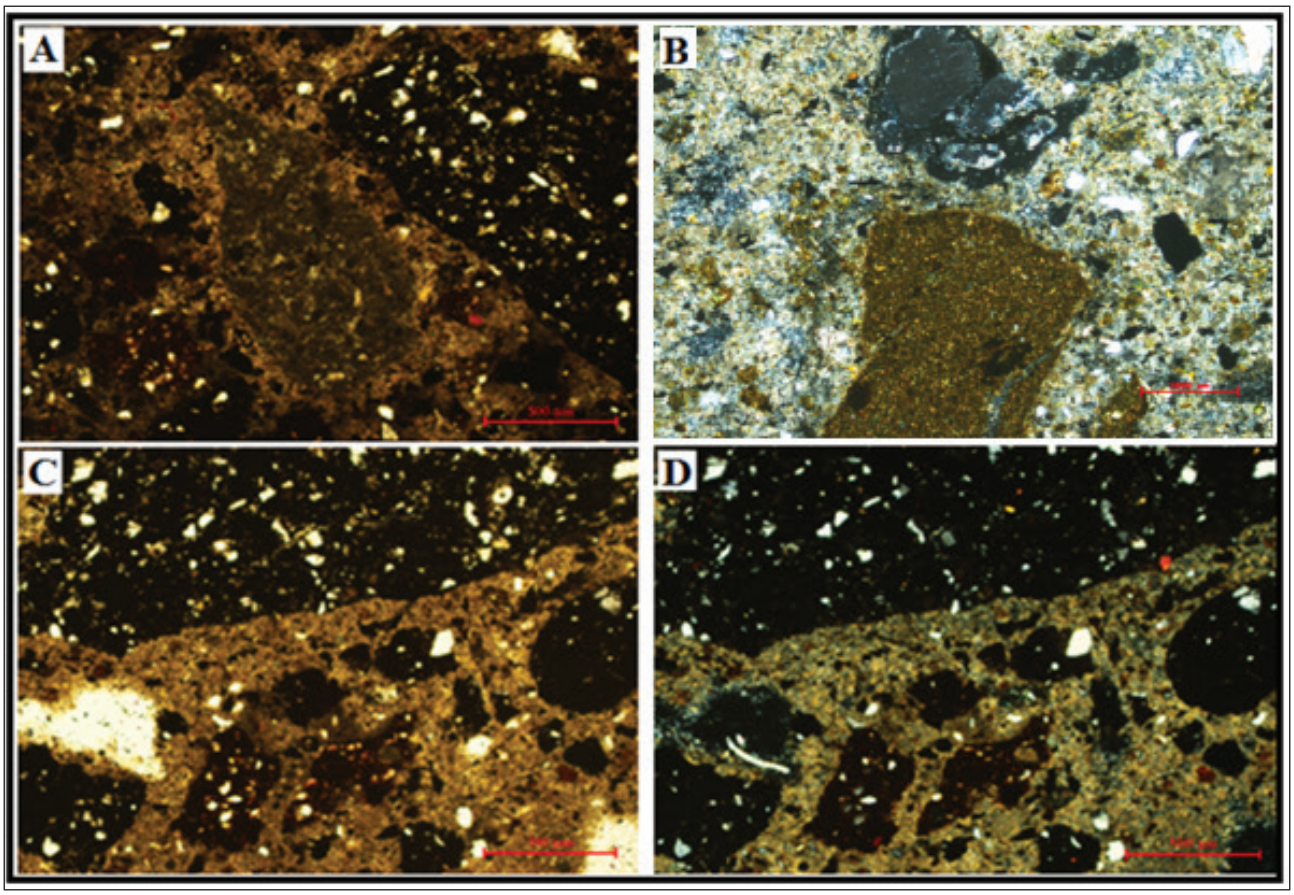
تم فحص عينتين من مونة البناء القديمة بالمجهر المستقطب، للتعرف على مكوناتها ومظاهر تلفها واتضح من الفحص وجود الجير كخلفية للمونة مع انتشار حبيبات الرمال المختلفة الأحجام في وسط الجير بشكل غير منتظم مع تنوّع في اللون من الأبيض إلى الرمادي، واتضح وجود معدن الكالسيت والكوارتز والكربون (Bader, Abu El-Hassan 2016: 102-118) (اللوحة ١٠- A,B,C,D).

ثانياً: التحليل باستخدام حيود الأشعة السينية X-ray diffraction (XRD)

تعد هذه الطريقة من أهم الطرق التحليلية التي أسهمت إسهامات كبيرة في مجال تحليل المواد الأثرية نظراً لطبيعتها غير المتلفة، والتي تعد من أهم متطلبات العمل بميدان العلاج والصيانة والترميم، وبواسطتها يتم



اللوحة ٩ A,B: بالمجهر المستقطب لعينة رخام أبيض تالفة، يتضح فيها النسيج المتداخل لبلورات الكالسيت المميزة للرخام، كما يظهر فيها تدهور وتفكك حبيبات الكالسيت - اللوحة ٩ C,D: عينة رخام أحمر تالفة يظهر فيها أكاسيد الحديد والمعادن الطينية وحبيبات الكالسيت والكوارتز الناعم، عدم وجود النسيج المتداخل للكالسيت (PLM.50 X).



اللوحة ١٠ A,B,C,D: باستخدام المجهر المستقطب لعينات من المونة البناء تحت الضوء وبدون ضوء، اتضح وجود الجير كخلفية للمونة وانتشار حبات الرمل في وسط الجير مع تنوع في اللون من الأبيض إلى الاسود. (1000 X)

الحصول على النتائج التي تفيد في التعرف على تركيب المادة الأثرية ونوعيات التلف التي أصابتها، هذا وقد تم استخدامها في دراسة تركيب مواد البناء بمدرسة أزبك اليوسفي، وقد استخدم جهاز الدايفراكتوميتر. ماركة فيليبس Philips Analytical X– Ray الموجود (بقسم الترميم كلية الآثار جامعة القاهرة) تحت ظروف التشغيل الآتية:

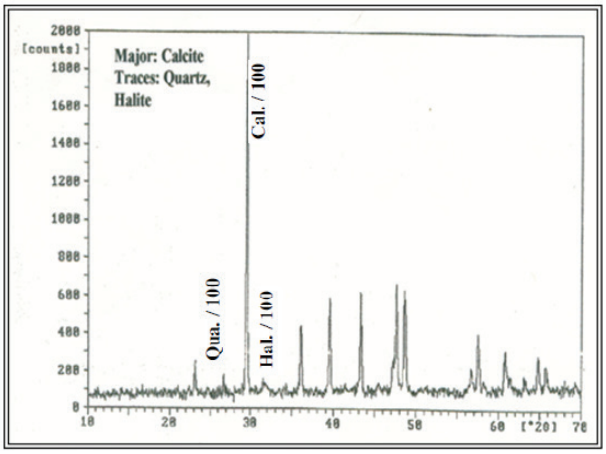
Diffract meter type: Pw 1840 Tube anode: Cu Generator tension (KV): 40Generator curren (ma): 25 Wavelength Alphal (A): 1.54056 Wavelength Alpha2 (A): 1.54439 Intensity ratio (alpha2 / alphal): 0.500 Receiving slit: 0.2 Monochromator used: No Full Scale of recorder (Kcounts / s): 20 Time constant of recorder (s): 0.5 وفيما يلي بيان للعينات المختلفة التي تم دراستها بطريقة حيود الأشعة السينية:

١- الحجر الجيري

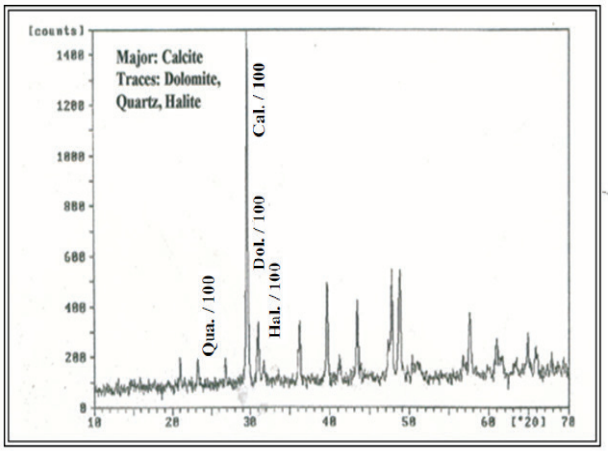
تم تحليل ثلاث عينات من الحجر أخذت من مدرسة أزبك اليوسفي بواسطة حيود الأشعة السينية X–ray diffraction حيث اتضح أن الحجر المستخدم في البناء يتكون أساساً من معدن الكالسيت ($CaCO_3$) إضافة الي وجود معدن الكوارتز (SiO_2) ومعدن الدولوميت $CaMg(CO_3)_2$ والهاليت (NaCl)، مما يوضح أن الأحجار المستخدمة في البناء من الحجر الجيري Limestone والجيرى الدولوميتي (Dolomitic Limestone) ويوضح وجود نسبة مرتفعة من معدن الهاليت المتسبب في تلف وتدهور مواد البناء، كما يوضحها الاشكال رقم (٥،٦،٧).

٢- الرخام

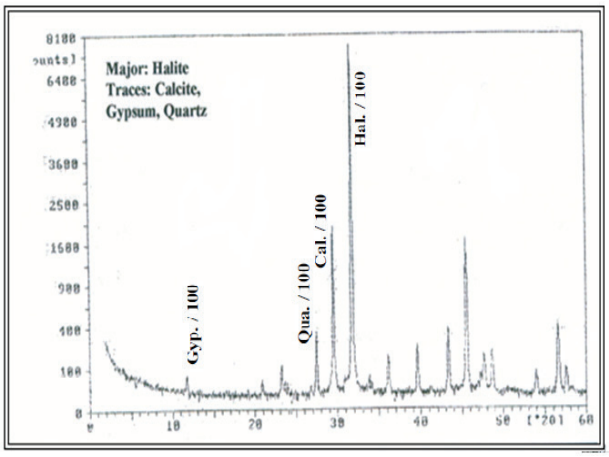
تم تحليل ثلاث عينات من الزخارف الرخامية بواسطة حيود الأشعة السينية أخذت من أرضيات



الشكل ٥: نمط حيود الأشعة السينية لعينة حجر جيري (الجدار القبلي) يظهر بها الكالسيت، الكوارتز، الهاليت.

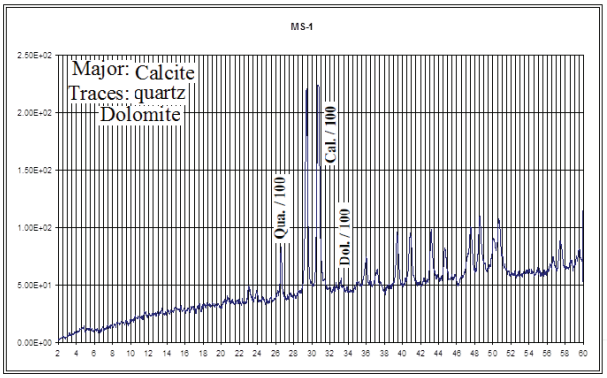


الشكل ٦: نمط حيود الأشعة السينية لعينة حجر جيري (الواجهة البحرية) يظهر بها الكالسيت، الكوارتز، الدولوميت، الهاليت.

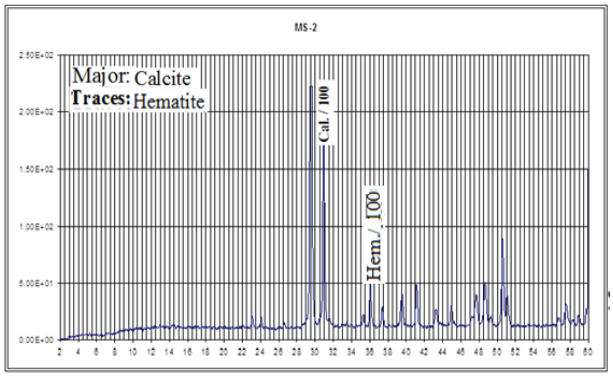


الشكل ٧: نمط حيود الأشعة السينية لعينة حجر جيري تحتوى على أملاح (الجدار المواجه للقبلة) يظهر بها الهاليت، الكالسيت، الجبس، الكوارتز.

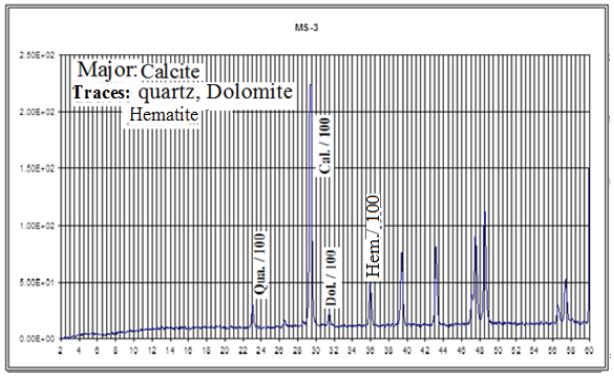
السبيل والمدرسة، من الرخام ذو الألوان المختلفة (الأبيض والأحمر) للتعرف على مكوناتها كما توضحها الاشكال (٨ ، ٩، ١٠)، واتضح من التحليل أن الزخارف الرخامية ذوات اللون الأحمر تتكون أساساً من معدن الكالسيت ونسبة من الكوارتز، والدولوميت والهيماتيت



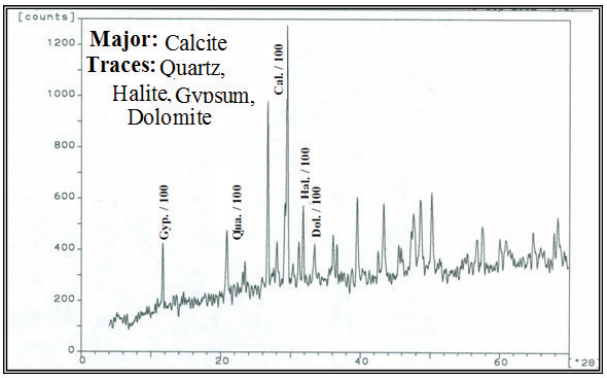
الشكل ٨: نمط حيود الأشعة السينية لعينة رخام من (أرضية السبيل) يظهر بها الكالسيت، الكوارتز، الدولوميت.



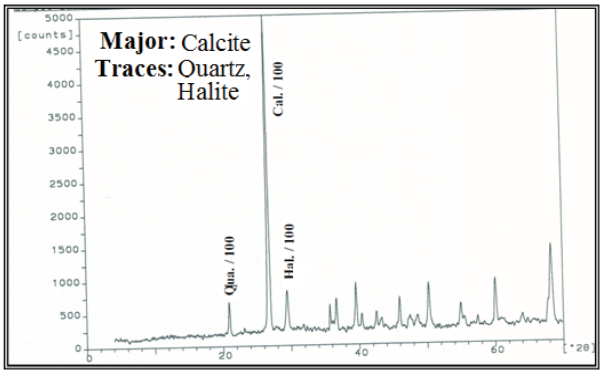
الشكل ٩: نمط حيود الأشعة السينية لعينة رخام من (مدخل المدرسة) يظهر بها الكالسيت.



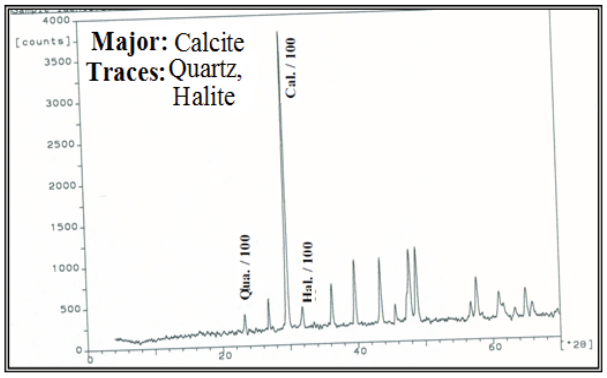
الشكل ١٠: نمط حيود الأشعة السينية لعينة رخام من (صحن المدرسة) يظهر بها الكالسيت، الكوارتز، دولوميت، أكاسيد الحديد.



الشكل ١١: نمط حيود الأشعة السينية لعينة مونة من (الجدار المواجه للقبلة) يظهر بها الكالسيت، الكوارتز، الهاليت، الجبس، دولوميت.



الشكل ١٢: نمط حيود الأشعة السينية لعينة مونة من (جدار القبلة) يظهر بها الكالسيت، الكوارتز، الهاليت

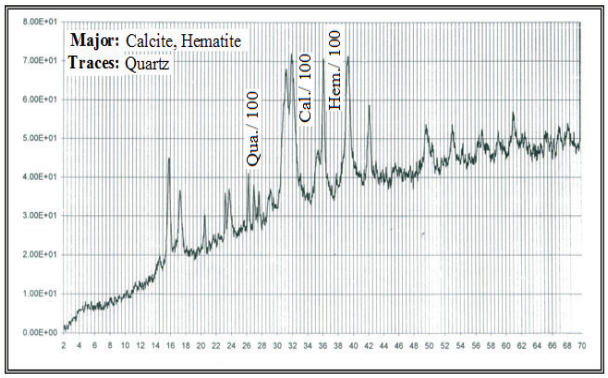


الشكل ١٣: نمط حيود الأشعة السينية لعينة مونة من (جدار السبيل الشرقي) يظهر بها الكالسيت، الكوارتز، الهاليت.

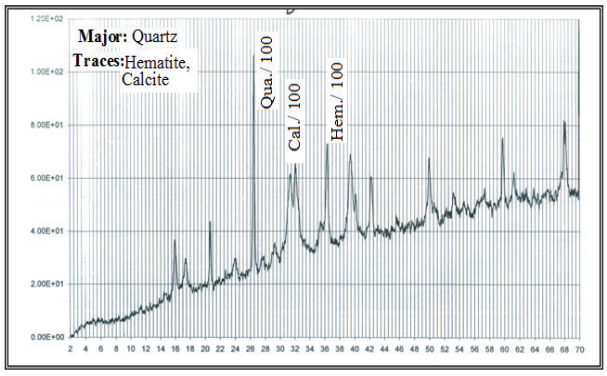
وهو الذى يعطى اللون الأحمر للرخام.

٣ - المونة

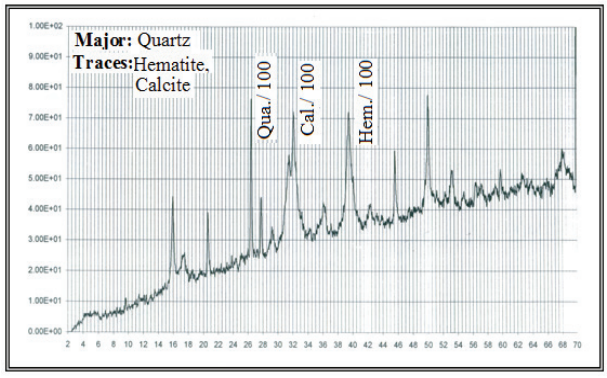
تم تحليل ثلاث عينات من المونة باستخدام حيود



الشكل ١٤: نمط حيود الأشعة السينية لعينة من (المصبعات الحديدية لشباك السبيل) يظهر بها الكالسيت، الهيماتيت، الكوارتز.



الشكل ١٥: نمط حيود الأشعة السينية لعينة من (المصبعات الحديدية لشباك السبيل) يظهر بها الكوارتز، الهيماتيت، الكالسيت.



الشكل ١٥: نمط حيود الأشعة السينية لعينة من (المصبعات الحديدية لشباك الوجه البحرية) يظهر بها الكوارتز، الهيماتيت، الكالسيت.

الأشعة السينية واتضح من خلال التحليل أن المونة المستخدمة في بناء المدرسة تتكون بصفة أساسية من معدن الكالسيت والكوارتز إضافة إلى وجود نسبه من الجبس والدولوميت وملح الهاليت كما توضحها

الاشكال (١١، ١٢، ١٣)

٤ - المصبعات الحديدية

تم تحليل نواتج صدأ المصبعات المعدنية بطريقة حيود الأشعة السينية، وقد اتضح وجود معدن الهيماتيت Fe_2O_3 كما إضافة إلى وجود معدن الكالسيت $CaCO_3$ ومعدن الكوارتز SiO_2 وتوضح الاشكال (١٤، ١٥، ١٦) نمط حيود الأشعة السينية لنواتج صدأ المصبعات المعدنية، الذى نتج عنها تآكل الطبقات السطحية للمصبعات، إضافة إلى وجود طبقة دهان حديثة ذات لون بني علي سطح المصبعات أخفت معالم الشكل الأثري للمصبعات المعدنية وترسبت عليها حبيبات من معدن الكالسيت $CaCO_3$ ومعدن الكوارتز SiO2.

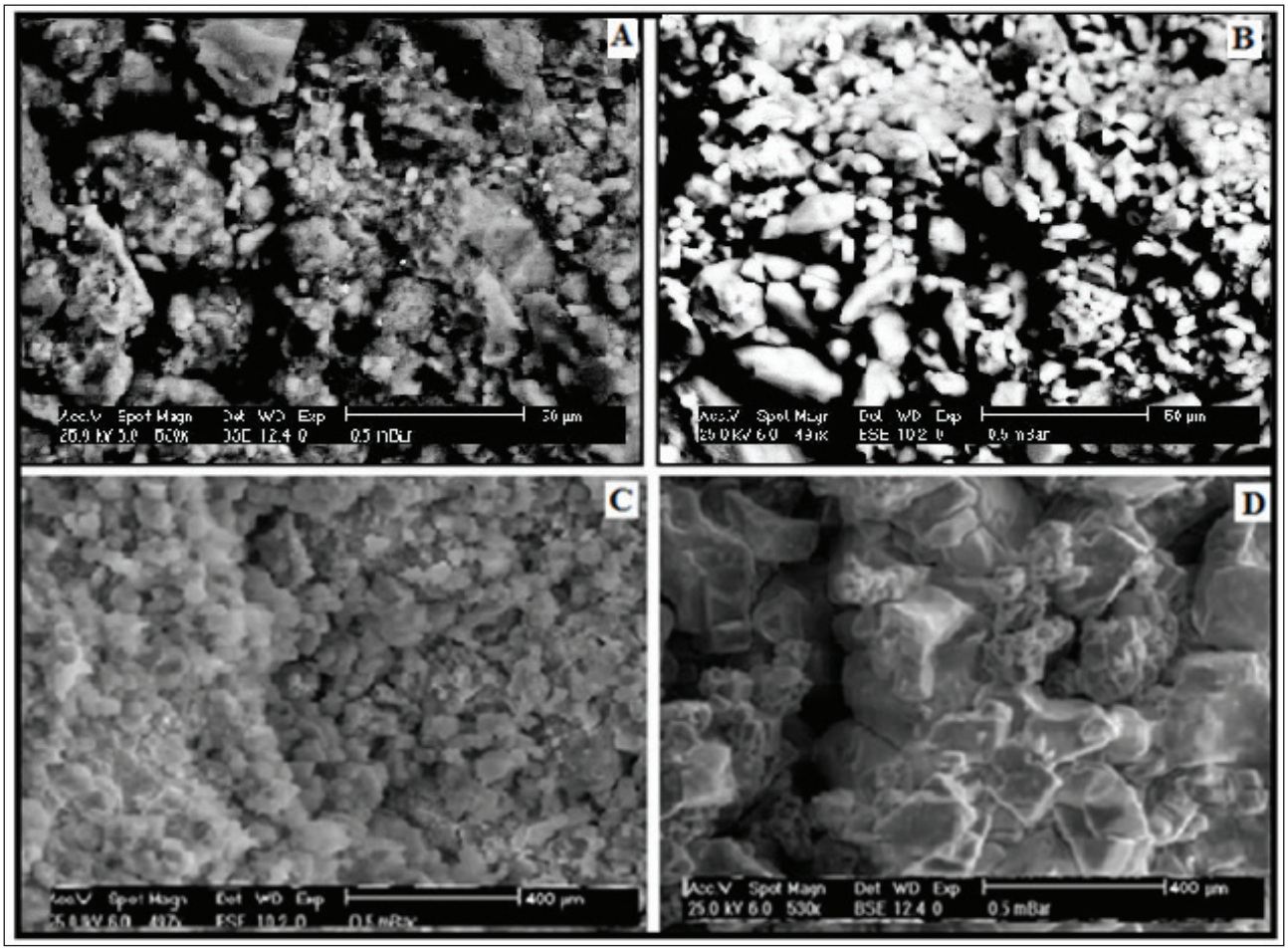
ثالثاً: الفحص والتحليل باستخدام المجهر الإليكتروني الماسح المزود بEDX

Scanning Electron Microscope (SEM) and (EDX) analysis

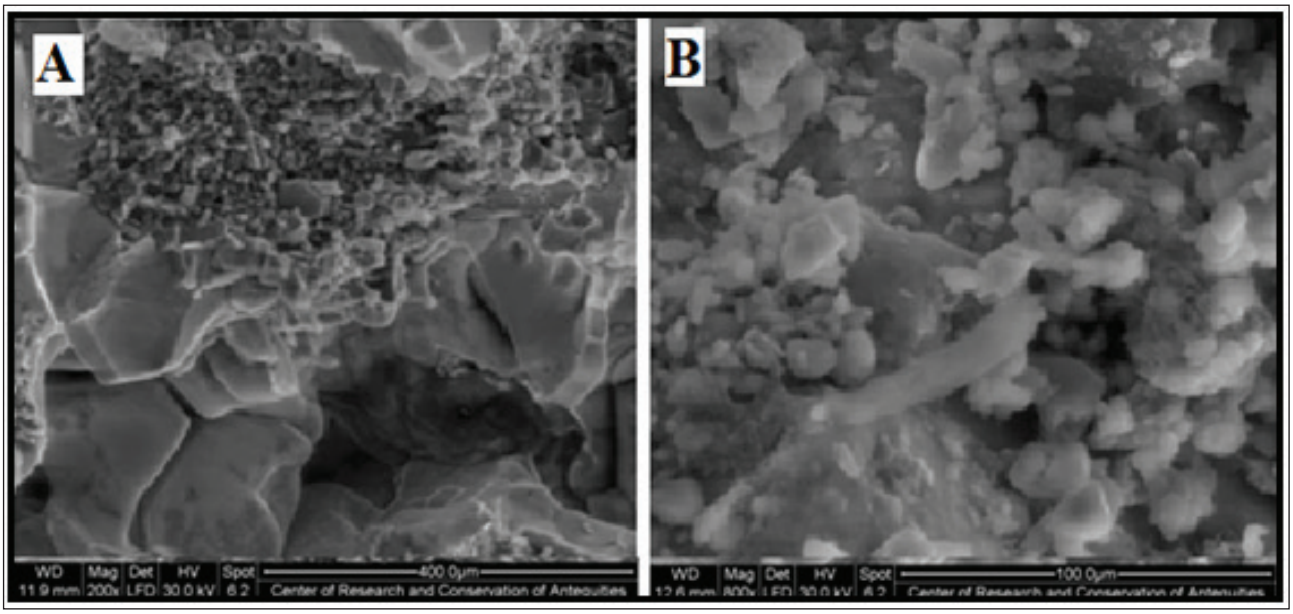
تم الفحص والتحليل بالمجهر الاليكترونى الماسح بمركز بحوث وصيانة الآثار بوزارة الآثار، والمجهر الاليكترونى الماسح بمركز بمركز بحوث مواد البناء بالدقى.

١ - الحجر الجيري

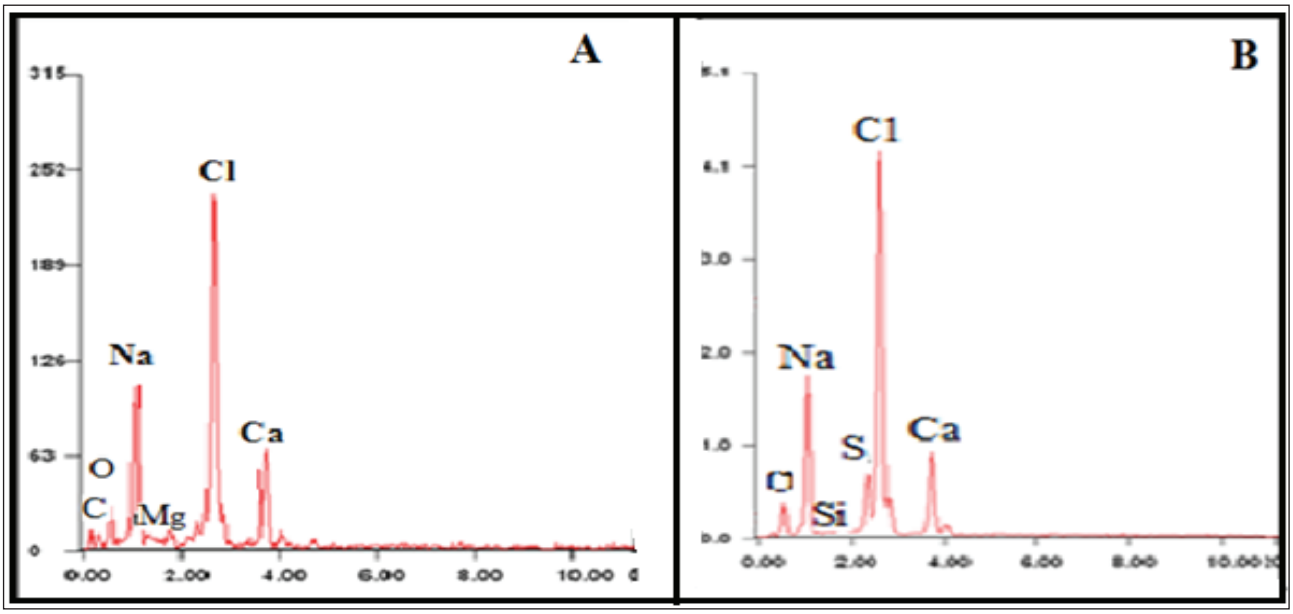
تم فحص عينتين من الحجر الجيري للمدرسة بالمجهر الإليكتروني الماسح والمزود EDX أُخذت إحداهما من الجدار الداخلي المواجه لجدار القبلة، وأُخذت الثانية من الواجهة البحرية الخارجية للمدرسة. كما توضحها (اللوحة ١١، والشكل ١٦-A).



اللوحة ١١ (A,B): بالمجهر الإليكتروني الماسح لعينة حجر جيري يتضح منها وجود فجوات وتشققات بين بلورات الكالسيت، (C,D) ظهور بلورات معدن الهاليت بين بلورات الكالسيت.



اللوحة ١٢- A,B: باستخدام المجهر الإليكتروني الماسح لعينة ملح من داخل المونة يتضح فيها بلورات معدن الهاليت بكثافة بين بلورات الكالسيت المكونة للمونة



الشكل ١٦: (A) يوضح تحليل عينة حجر جيري باستخدام EDX يتضح منها وجود عنصرالكالسيوم والماغنسيوم والكربون والكلور والصوديوم.، (B) يوضح تحليل عينة مونة باستخدام EDX يتضح منها وجود عنصر الكالسيت والكربون والسيليكون والكبريت.

٢ - المونة

تم فحص عينة من المونة الأثرية للمدرسة بالمجهر الإليكتروني الماسح والمزود EDX أُخذت من الجدار المواجه لجدار القبلة وهو الجدار الفاصل بين صحن المدرسة ودورة المياه (اللوحة ١٢، والشكل B-16).

رابعاً: التحليل الكيميائي لمواد البناء

تم عمل تحليل كيميائي (بمعامل مركز بحوث مواد البناء) لمواد البناء بالمدرسة (عينتين من الحجر الجيري، وعينتين من الرخام، وأربعة عينات من المونة، والعينات أخذت من أماكن مختلفة من خارج المدرسة

الجدول ١: يوضح نتيجة تحليل كيميائي (بالوزن) لعينتين الرخام من مدرسة أزبك اليوسفي.

نوع ومكان العينة	المتبقى من ذوبان الأحماض	أكسيد الكالسيوم	أكسيد الماغنسيوم	أكسيد الحديديك	كلور	الصوديوم	الكبريتات	الفاقد بعد الحرق
رخام	بالـوزن ٪							
أبيض من السبيل	٤,٥	٤٨,١	٢,٥	٠,٦٢	٠,٤	١,٦٧	٢,٩	٣٩,٣٧
أحمر من المدرسة	٣,١	٤٩,٥	٠,٢	٠,٦	٢	٣,٢٤	٢,٤٥	٣٩,٨٢

الجدول ٢: يوضح نتيجة تحليل كيميائي (بالوزن) لعينتين حجر جيري من مدرسة أزبك اليوسفي.

نوع ومكان العينة	المتبقى من ذوبان الأحماض	أكسيد الكالسيوم	أكسيد الماغنسيوم	أكسيد الحديديك	كلور	الصوديوم	الكبريتات	الفاقد بعد الحرق	المجموع
حجر جيرى	بالوزن ٪								
الحائط الغربى	٣,٥	٤٨,٥١	٠,٣٥	٢,٤٦	٣,٧	٣,٥١	٠,٠٩	٣٧,٥٧	٩٩,٦٩
الحائط الجنوبى	٣	٤٨,٤٦	٠,٢	٢,١٦	٤,٢	٢,٦١	٠,٠٦	٣٨,٤٧	٩٩,١٦

وداخلها) وكانت النتائج مطابقة ومؤكدة لنتائج الفحص والتحليل السابقة.

١- التحليل الكيميائي لعينتين من البلاطات الرخامية ذات اللون الأبيض والأحمر وكانت النتائج كما يوضحها (الجدول ١).

من نتائج التحليل الكيميائي بالجدول السابق يلاحظ ارتفاع نسبة أكسيد الماغنسيوم في عينة الرخام الأبيض نظراً لوجود الدولوميت، وانخفاض نسبة عنصري الصوديوم والكلور (ملح الهاليت) بها؛ نظراً لضيق المسام بالرخام الطبيعي، وهذا يؤكد بأن الرخام الأبيض هو رخام طبيعي، أما باقي نسب العناصر فمتقاربة.

٢- التحليل الكيميائي لعينتين من الحجر الجيري، أُخذتا من الحائط الغربي والحائط الجنوبي للمدرسة، وكانت نتائج التحليل كما يوضحها (الجدول ٢).

من نتائج التحليل الكيميائي بالجدول السابق يلاحظ الارتفاع الكبير لنسبة الكلور والصوديوم في العينتين، وهو يؤكد ارتفاع نسبة ملح الهاليت (كلوريد الصوديوم) في حجر البناء، وتكمن خطورة هذا الملح في سرعة ذوبانه في أقل نسبة من الرطوبة، وكذلك سرعة تبلوره عند الجفاف، وبرغم أن هذا الملح يذوب بسرعة في الماء ولكنه في كثير من الأحيان يتبلور فوق أسطح النقوش والجدران ويكون صعب الإزالة بالماء نظراً لأنه يعمل روابط مع بعض الأيونات الموجودة في الوسط ويتحول إلى ملح صلب شحيح الذوبان في الماء.

٣- التحليل الكيميائي لأربع عينات من المونة الاثرية أخذت من الجدران من مناطق متنوعة وكانت نتائج التحليل كما يوضحها (الجدول ٣).

من نتائج التحليل الكيميائي بالجدول السابق، يلاحظ ارتفاع نسبة الكالسيوم في جميع العينات، وهو ما يؤكد أن المونة الرئيسية المستخدمة في بناء المدرسة هي مونة الجير، وارتفاع نسبة الكبريتات في العينة الأولى وانخفاض بسيط في نسبة الكالسيوم

الجدول ٣: يوضح نتيجة تحليل كيميائي (بالوزن) لأربع عينات مونة من مدرسة أزبك اليوسفي.

نوع ومكان العينة	المتبقى من ذوبان الأحماض	أكسيد الكالسيوم	أكسيد الماغنسيوم	أكسيد الحديديك	كلور	الصوديوم	الكبريتات	الفاقد بعد الحرق
مونة	٪ بالـوزن							
١.الواجه الشرقية	١,٥	٥١,١	٠,٢	٠,٥٩	٢,٧	١,٥٤	٩,٦	٣٢,٧٧
٢.الحائط الغربى	٢	٤٩,٥٥	١,٥	٠,٧١	١,٥	٢,٧٤	١,٣	٤٠,٧٠
٣.الحائط المواجه للقبلة	٣,٤	٥٠	١,٣	٠,٧	٢,٦	٣,٤٤	٢,٥	٣٩,٦٧
٤.الواجه البحرية	٣,٥	٥٢,١	٠,٤	٠,٤٩	٢,٧٤	٢,٥	١,٥	٣٦,٧٧

المعتادة يوضح إضافة نسبة من الجبس أحياناً إلى مونة الجير، كما أن وجود نسبة مرتفعة من عنصري الكلور والصوديوم في كل العينات يؤكد انتشار ملح الهاليت (كلوريد الصوديوم) في جميع الجدران، وخاصة في العينة الثالثة المأخوذة من الحائط المجاور لدورة المياه.

خامساً: تعيين الخواص الفيزيائية للحجر الجيري المستخدم في بناء المدرسة:

Measuring the physical properties of the limestone used in building the Madrasa.

تم تعيين الخواص الفيزيائية لعينات من الحجر الجيري المستخدم في بناء مدرسة أزبك اليوسفي (بمعامل مركز بحوث مواد البناء) وذلك بعمل عشر مكعبات من الحجر الجيري (٣×٣) سم، وقد لوحظ تباين بسيط في نتائج قياس الخواص الفيزيائية من عينة لأخرى حسب مكان أخذ العينة من الجدار وما تعرضت له الأحجار من تلف وتدهور أدى إلى التأثير على قوة تحمل الحجر، ولوحظ أن عينات الأحجار المأخوذة من الأماكن القريبة من الأرض اكثر ضعفاً من البعيدة عنها(تأثير المياه الأرضية)، ويوضح الجدول رقم (٤) نتائج قياس الخواص الفيزيائية لعشر عينات من الحجر الجيري مأخوذة من أماكن متفرقة من حوائط المدرسة.

الجدول ٤: يوضح نتائج قياس الخواص الفيزيائية لعينات من الحجر الجيري بمدرسة أزبك اليوسفي.

رقم العينة	موقع العينة	الكثافة جم / سم٣	امتصاص الماء ٪	المسامية ٪
١	سطح المدرسة	١,٩٤	٧,٨٦	١٥,٩٨
٢	سطح السبيل	٢,١٢	٨,٠٩	٤٨,١٥
٣	سطح المدرسة	١,٩٨	٨,٩٢	١٤,٨٧
٤	أسفل الجدار الجنوبي	٢,١٨	٧,٧٦	١٥,٦٩
٥	سطح السبيل	٢,٠١	٨,٩٥	١٤,٢٨
٦	أسفل الجدار الجنوبي	١,٩١	٧,٩٦	١٤,٩٤
٧	سطح السبيل	٢,٢٣	٨,٣٩	١٤,٦٧
٨	أسفل الجدار الجهة الغربية	٢,١٤	٨,٦٨	١٥,٣٧
٩	أسفل الجدار الجنوبي	١,٩٥	٨,١٦	١٥,١٢
١٠	أسفل الجدار الجهة الغربية	٢,٠٣	٧,٩٩	١٤,٩٨

من نتائج تعيين الخواص الفيزيائية بالجدول السابق يلاحظ تقارب النسب للعينات الحجرية فاللونان الأزرق والأصفر يوضحان أعلى وأقل نسبة في كل خاصية، وهذا يؤكد أن الأحجار المستخدمة في بناء المدرسة قد جُلبت من المحجر نفسه، وأن حالة أحجار المبنى بشكل عام جيدة، ولكن وجدت بعض الفروق الطفيفة

بين العينات المأخوذة من أعلى الجدران وأسفلها، كما لوحظ أن العلاقة بين امتصاص الماء والمسامية ليست طردية باستمرار، إذ وجدت بعض العينات مرتفعة المسامية ومنخفضة في امتصاص الماء (عينة رقم ٤)، كما أن العلاقة بين الكثافة والمسامية وامتصاص الماء ليست عكسية باستمرار (فالعينة رقم (٧) مرتفعة في الكثافة، ومرتفعة في المسامية، ومرتفعة في امتصاص الماء)، ولكن كل حجر له خصائصه المختلفة والتي يتحكم فيها إضافة إلى الخواص الفيزيائية نوع العناصر المكوّنة للصخر.

سادساً: قياس الخواص الميكانيكية للحجر الجيري المستخدم في بناء المدرسة

تم قياس الخواص الميكانيكية لسبع عينات من الحجر الجيري مأخوذة من أماكن مختلفة من مدرسة أزبك اليوسفي، وكانت النتائج كما يوضحها (الجدول ٥).

الجدول ٥: يوضح نتائج قياس الخواص الميكانيكية لعينات من الحجر الجيري بمدرسة أزبك اليوسفي.

رقم العينة	موقع العينة	قوه تحمل الضغط كجم / سم ٢	قوه تحمل الشد كجم / سم ٢
١	سطح المدرسة	٢٥٦,٢	٣٩,٤
٢	سطح السبيل	٢٤٨,٨	٣٨,٧
٣	أسفل الجدار الجنوبي	١٩٨,٥	٣٩,٥
٤	أسفل الجدار الجهة الغربية	٢٠٧,٧	٣٩,٦
٥	سطح المدرسة	٢٦٧,٩	٣٦,٨
٦	أسفل الجدار الجنوبي	٢١٦,١	٣٧,٩
٧	أسفل الجدار الجهة الغربية	٢٠٤,٨	٣٩,٣

من نتائج تعيين الخواص الميكانيكية بالجدول السابق، يلاحظ تقارب في نسب نتائج قياس الخواص الميكانيكية للعينات الحجرية، وكان الاختلاف حسب موقع العينة أسفل أو أعلى الحوائط؛ فالعينات التي أُخذت من أعلى الحوائط تميزت بقدرة عالية نسبياً في قوة تحملها للضغط عن العينات التي أُخذت من الأجزاء السفلى من الحوائط، أما نتائج قياس قوة تحمل الشد فمتقاربة جداً، وهذا يؤكد أن أحجار بناء المدرسة تنتمي لنفس المحجر.

مناقشة النتائج

إن دراسة الوضع البيئي المحيط بالمدرسة كان له أثر كبير في فهم العديد من عوامل ومظاهر التلف التي تسببت في تدهور حالة المدرسة؛ فمن الملاحظ ارتفاع منسوب المياه الأرضية أسفل المدرسة بسبب انخفاض مستوى أرض المدرسة عن المنازل والشوارع المحيطة بها (نحو ١متر) تقريباً، وكذلك لوقوع المدرسة في منطقة شعبية مزدحمة بالسكان تعاني من مشكلات متعددة، مثل: تهالك شبكات المياه والصرف الصحي، وتسرب المياه منها إلى تربة التأسيس (Oestrreish ١٩٩٣: ٣٤-٣٦)، وكذلك التلوث الجوي الناتج عن عوادم السيارات والأتربة بالشوارع، والتعدي على حرم الاثر من جميع الجهات، مثل المنازل الملاصقة للمدرسة، أو الشوارع الضيقة المحيطة بها، والتي لا تراعي حُرمة للأثر، إضافة إلى عدم عمل صيانة وقائية أو صيانة دورية للمدرسة؛ ما جعل حالتها تزداد سوءاً بمرور الزمن، وقد تم تصنيف المدرسة بأن حالتها سيئة جدا (مشروع الإحياء العمراني للقاهرة التاريخية، ٢٠١٤).

ومن نتائج الفحوص والتحاليل لمواد البناء وتعيين الخواص الفيزيائية والميكانيكية لأحجار البناء، اتضح أن المواد الأثرية المتمثلة في الحجر الجيري والبلاطات الرخامية والمونة تعانى بشدة من مظاهر التلف التي تؤثر على المدرسة، وأهمها ملح كلوريد الصوديوم (NaCl) شديد الخطورة الناتج عن ارتفاع منسوب المياه الأرضية الملوثة بالملح والتي ترتفع إلى جدران المدرسة بالخاصية الشعرية، ومصدر هذه المياه غالباً متسربة من شبكات المياه والصرف الصحي، وخاصة دورة المياه الملحقة بالمدرسة واحتواء تلك المياه الأرضية على أملاح في الغالب مصدرها التربة وخاصة ملح الهاليت شديد الخطورة (Selwitz, Doehne 2002: 205-216).

واتضح من نتائج الفحص باستخدام المجهر

المستقطب لعينات الحجر المستخدم كمادة بناء للمدرسة أنه يتكون بصفة أساسية من معدن الكالسيت مع وجود بلورات معدن الدولوميت متداخلة مع أرضية حبيبات الكالسيت دقيقة التحبب (حجر جيري دولوميتي)، إضافة إلى وجود حبيبات من معدن الكوارتز، ونسبة من المعادن الطينية وأكاسيد الحديد. كما لوحظ انتشار بعض الفجوات في القطاعات واتضح من الفحص بواسطة الميكروسكوب المستقطب لعينات الرخام المستخدم في بلاط أرضيات المدرسة أنه يتكون بصفة أساسية من معدن الكالسيت، إضافة إلى وجود أكاسيد حديد وحبيبات من معدن الكوارتز، كما اتضح أن البلاطات الرخامية ذات اللون الأبيض تعتبر رخاماً حقيقياً، إذ ظهر بها النسيج المتداخل لبلورات الكالسيت عند الفحص بالمجهر المستقطب، أما البلاطات الرخامية ذات اللون الأحمر فلم يظهر بها النسيج المتداخل المميز للرخام، ولذلك تعتبر من الرسوبات الجيرية التي تعرف أنواعه باسم أشباه الرخام، مع ظهور فجوات في القطاعات نتيجة ذوبان الأملاح التي كانت تشغل هذه الأماكن عند إعداد العينات (Abd EL-Tawab 2012: 163-178).

واتضح من نتائج الفحص باستخدام المجهر المستقطب لعينات المونة المستخدمة في بناء المدرسة أنها تتكون من بصفة أساسية من معدن الكالسيت والكوارتز والكربون (رماد الفرن).

ومن نتائج التحليل باستخدام حيود الأشعة السينية XRD لعينات الحجر الجيري اتضح أن الحجر المستخدم في البناء يتكون من معدن الكالسيت بشكل أساسي إضافة إلى نسبة ضئيلة من الكوارتز والدولوميت؛ ما يُرجح أن الحجر المستخدم في البناء حجر جيري دولوميتي، كما أظهرت التحاليل وجود نسبة مرتفعة من ملح الهاليت في أحجار البناء وخاصة في الأجزاء السفلى من الجدران، ما يُرجح أن مصدر الملح هو التربة والمياه الأرضية، كما اتضح من نتائج التحليل باستخدام حيود الأشعة السينية لعينات الرخام أن الزخارف الرخامية تتكون بصفة أساسية من معدن الكالسيت ونسبة ضئيلة من الدولوميت والهيماتيت والكوارتز وملح الهاليت والذى يعد السبب الرئيس في تلف البلاطات الرخامية.

كما اتضح من نتائج التحليل باستخدام حيود الأشعة السينية لعينات من المونة أنها تتكون بصفة أساسية من معدن الكالسيت والكوارتز (مونة الجير) إضافة إلى وجود نسبة ضئيلة من الجبس (Charola, Puhringer, and Steiger 2007: 339-352) والدولوميت وملح الهاليت (كلوريد الصوديوم)، كما اتضح من نتائج التحليل بحيود الأشعة السينية لعينات من المصبعات المعدنية (النوافذ) أن مركبات صدأ الحديد ترجع إلى عمليات الأكسدة التي حدثت للمصبعات الحديدية في وجود الرطوبة وبتفاعل المكونات المعدنية للمصبعات مع الرطوبة والأكسجين أدى إلى تآكل الأسطح الخارجية للمصبعات المعدنية، ومن المعاينة الميدانية اتضح أن استخدام الطلاءات الحديثة للمصبعات المعدنية قد أخفت معالم الأثر الأصلية، ولا تمثل حماية للمصبعات من التلف والصدأ، إذ لم يتم تنظيفها من مكونات الصدأ قبل إجراء عملية الطلاء، وبالتالي استمرت مركبات الصدأ موجودة أسفل الطلاء تقوم بدورها المتلف في تحول طبقات أخري من المصبعات المعدنية إلى نواتج صدأ، كما أن الأجزاء التي لم يتم تغطيتها بالطلاء استمرت في التعرض للجو بما فيه من رطوبة وتلوث جوي وأصبحت بؤراً للصدأ وزادت بها حدة التلف.

كما اتضح من خلال الدّراسة بالمجهر الإليكتروني الماسح والمزود EDX أن الحجر الجيري في حالة ضعف وتفكك للمادة الرابطة للحبيبات إلى جانب وجود فجوات بين البلورات وظهور نسبة مرتفعة من بلورات معدن الهاليت داخل الحجر وخاصة في الأجزاء السفلى من الجدران، كما اتضح أن المونة المستخدمة في البناء تحتوى على نسبة مرتفعة من ملح الهاليت، ما سبب تدهورها وأفقدها خاصية الربط (Charola 1998: 185).

ومن نتائج تعيين الخواص الفيزيائية والميكانيكية للحجر الجيري المستخدم في بناء المدرسة اتضح تقارب النتائج بين جميع العينات، ويرجع الاختلاف

الطفيف من عينة لأخرى حسب موقع العينة من البناء وما تتعرض له من تلف ورطوبة أدى إلى التأثير السلبى على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لبعض الأجزاء من المدرسة، واتضح بشكل عام أن عينات الأحجار المأخوذة من الأجزاء السفلى للجدران تميزت بالضعف والتدهور في الخواص الفيزيائية والميكانيكية عن العينات المأخوذة من الأجزاء العليا للجدران البعيدة عن المياه الأرضية (الرطوبة) والاملاح (Aly, N., Wangler, T. & Török 2018)، ومن خلال نتائج الدّراسة اتضح أن حالة المدرسة سيئة وتحتاج إلى مشروع ترميم شامل في أقرب وقت لإنقاذها قبل تفاقم الوضع وضياع معالم أثرية لا يمكن أن تعوّض بأي حال من الأحوال.

٥- التوصيات

طبقا لما أسفرت عنه دراسات الوضع الرهن ورصد مظاهر التلف والتدهور لمواد البناء بالمدرسة يوصي الباحث بما يأتي:

- إعداد مشروع ترميم شامل (معماري ودقيق) للمدرسة في أقرب وقت ممكن.
- عمل سور حول المدرسة من جميع الجهات وإزالة كافة التعديات من حولها.
- خفض منسوب التربة حول المدرسة من جميع الجهات.
- وضع حلول مناسبة لخفض منسوب المياه الأرضية في جدران المدرسة، كعزل الأساسات بمواد تمنع صعود المياه الأرضية وما بها من املاح إلى الجدران.
- تحسين نظام الصرف حول المدرسة لخفض منسوب المياه الأرضية في المنطقة بوجه عام.
- إغلاق دورة المياه الملحقة بالمدرسة نهائياً.
- إجراء عمليات التنظيف الميكانيكي والكيميائي باستخدام المواد المناسبة لطبقات الأتربة والاتساخات والعوالق الموجودة على السطح.
- إجراء عملية استخلاص وإزاله للأملاح من حوائط وأرضيات المدرسة.
- إجراء عملية تقوية للأسطح والبنية الداخلية والطبقات السطحية الخارجية الضعيفة والمتآكلة والتالفة باستخدام مركب مناسب.
- عمل تكحيل (ملء) بمونة الجير والرمل للفواصل بين الأحجار (العراميس).
- إجراء عملية عزل سطحي للعناصر الزخرفية لحمايتها من تأثير الملوثات الجوية والرطوبة.
- عمل صيانة دورية بعد الانتهاء من عمليات الترميم.

أ.م.د. رجب أبو الحسن محمد: قسم ترميم وصيانة الآثار-كلية الآثار والإرشاد السياحي - جامعة مصر للعلوم والتكنولوجيا.

المراجع:

أولاً: المراجع العربية

مشروع الإحياء العمراني للقاهرة التاريخية، مركز التراث العالمي، اليونسكو، إدارة مواقع التراث العالمي بجمهورية مصر العربية ٢٠١٤. https://whc.unesco.org/en/historic-cairo-project/

ماهر، سعاد، ١٩٧١م، **مساجد مصر وأولياؤها الصالحون**، مطابع الأهرام التجارية، الجزء الرابع.

الطايش، علي أحمد إبراهيم، ١٩٩٠، العمائر الجركسية الباقية بشارعى الخيامية والسروجية - دراسة آثرية معمارية، رسالة دكتوراة، كلية الآثار جامعة القاهرة.

علي مبارك، ١٣٠٤ هجرية، **الخطط التوفيقية**، الجزء الثاني، المطبعة الكبرى الأميرية.

https://ia902300.us.archive.org/13/items/FPktttawktttaw/02_ktttaw.pdf

ثانياً: المراجع غير العربية

Abd EL-Tawab, N.A., 2012. "Degradation and conservation of marble in the greek roman hadrianic baths in leptis magna, libya", **International Journal of Conservation Science**, 3.

Aly, N., Wangler, T. & Török, Á. 2018. "The effect of stylolites on the deterioration of limestone: possible mechanisms of damage evolution.", **Environmental Earth Sciences, volume 77, Article number: 565**

Ashurst, j., Burns,C., 2007. **Tools for joint and core treatment in Conservation of ruins,** edited by John Ashurst, London.

Bader. N., Abu El-Hassan. R., 2016. "Examination and Conservation of Helal El-Beah Mosque, Dakahlia, Egypt", **Journal of Building Construction and Planning Research**,4.

Beck, K., AL-Mukhtar, M., 2010. "Weathering effects in an urban environment: a case study of tuffeau, a French porous limestone". In: Smith, B., Gomez-Heras, M., Viles, H. & Cassar, J. (Eds.), **Limestone in the built environment: present-day challenges for the preservation of the past, The Geological Society**, London.

Behrens-Abouseif, Doris., 1998. **Islamic Architecture in Cairo**, The American University in Cairo Press.

Charola, A.E., 1998. Chemical- Physical Factors in Stone Deterioration, **Durability of Building Materials**,5.

Charola, A. E., Puhringer, J., and Steiger, M., 2007. Gypsum: a review of its role in the deterioration of building materials, **Environmental Geology**, 52.

Dolske, D.A., Sherwood, S,I., 1992. Deposition of pollutants to an historic marble building. In Conference proceedings, **7th International Congress on the Decay and Conservation of Stone, Lisbon, 15-18 June 1992**.

El-Gohary, M.,2011. Chemical Deterioration of Egyptian Limestonaffected by Salin Water, **INTERNATIONAL JOURNAL OF CONSERVATION SCIENCE**, Volume 2, Issue 1, January-March 2011: 17-28 www.ijcs.uaic.ro

Fitzner, B., Heinrichs, K., and La Bouchardiere, D., 2002. **Limestone weathering of Historical monuments in Cairo, Egypt, in Natural stone, Weathering phenomena, conservation strategies and case studies.** S. Siegesmund, T. Weiss and A. Vollbrecht. (eds.), 217-39, Special Publication 205, The Geological Society of London, London.

Frank, G. M., Alberto, A., 1995. "Cleaning, Iron Stain Removal and Surface Repair of Architectural Marble and Crystalline Limestone: The Metropolitan Club.", **Journal of the American Institute for Conservation: JAIC** 1995,Volume 34, Number.1, Article 4.

Jinhyun Chooa, b, WaiChing Sun., 2018. "Cracking and damage from crystallization in pores: Coupled chemo-hydro-mechanics and phase-field modeling", **Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering,** Volume 335, 15 June 2018.

Moriconi, G., Castellano, M. G., Collepardi, M., 1994. "Mortar deterioration of the masonry walls in historic buildings. A case history: Vanvitelli's Mole in Ancona", **Materials and Structures**, 27.

Moussa, A., Kantiranis, N., Voudouris, K., Stratis, J., Ali, M., & Christaras, B., 2009. " Impact of soluble salts on the deterioration of Pharaonic and Coptic wall paintings in Al Qurna, Egypt: Mineralogy and Chemistry", **Archaeometry** Vol. 51 2..,

Oestrreish,D,M., 1993. **The Ground Water Rise in The East of Cairo and Its Impact on Historic Buildings Geo scientific Research in Northeast Africa**,Thorweihe and Sehandelmjer, Rotterdam.

PeterA, Dana., 2003. **A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis**, Published by:The American Association of Petroleum Geologists Tulsa, Oklahoma, U.S.A.

Selwitz C., Doehne, E., 2002. "The evaluation of Crystallization modifiers for controlling salt damage to limestone", **Journal of Cultural Heritage**, 3.