RICO
١٤٥
١

Cairo University
Faculty of Archaeology
Department of Conservation

جـــامعة القـــاهـرة
كـلـيـــة الآثـــــار
قســـم الترميـــم

دراسة علمية لعلاج و صيانة بعض المقتنيات الأثرية السليكاتية (الفخار- الزجاج) في الأردن

تطبيقاً على نماذج مختارة

لنيل درجة الدكتوراه في فلسفة ترميم وصيانة الآثار

مقدمة من

الباحث / فـــؤاد أحمد حسن السيوف

إشـــــراف

أ. د/ محمد عبد الهادي محمد
أستاذ ترميم الآثار
كلية الآثار – جامعة القاهرة

أ. د/ سلوى جاد الكريم ضوى
أستاذ ورئيس قسم ترميم الآثار
كلية الآثار – جامعة القاهرة

أ.د/ زيدون حمد المحيسن
أستاذ الآثار الكلاسيكية
كـلـيـــة الآثار – جامعة اليرموك

٢٠١١ م

Cairo University
Faculty of Archaeology
Department of Conservation

Scientific study for treatment and conservation of the silicate artifacts (pottery and glass) in jordan applied on selected objects

For the partial fulfillment of ph. D. Degree of conservation of antiquities
department of conservation- faculty of archaeology- Cairo University

Submitted by

Fuad Ahmed Hassan Al-syouf

Supervised by

Prof. Dr. / MohamedAbdELHadyMohamed-
Professor of conservation of antiquities
Faculty of Archaeology– Cairo University

Prof. Dr./ Salwa Gad El-Karim Dawi
Professor & chairman conservation Department
Faculty of Archaeology- Cairo University

Prof. Dr ./ Zeidoun AL-Muheisen
Professor of classical Archaeology
Faculty of Archaeology
YarmoukUniversity

2011

ملخـــــص البحـــــث

Summary of the Research

يشتمل هذا البحث على ثمانية فصول تم تقسيمها على النحو التالي:

الفصـــل الأول : يتناول هذا الفصل دراسة فيزيائية وكيميائية التربـة فـي الأردن ، وقـد اشتملت هذه الدراسة علـى عـدة أجـزاء كدراسـة جيولوجيـة الأردن وطبوغرافيتهـا Topography حيث تتسم الأردن باختلاف الطبوغرافية، كمـا ضـم الفـصل دراسـة جيولوجية ومورفولوجية الأردن Geology and Geomorphology حيث يعتبر الأردن جيولوجيا امتداداً للجزء الشمالي الغربي من شبة الجزيرة العربية حيث يظهر الدرع العربي النوبي بصخوره النارية igneous Rocks في جنوب غرب الأردن التي ترجع إلى عصر البريكامبرى ، تغطيها في بعض المناطق صخور رسوبية وأخرى متحولة في عصر البروتيروزوى لتشكل بمجموعها ما يـسمى بـصخور القاعـدة Basement complex بالإضافة إلى الحجر الرملي Sandstones والصخور الجيرية (الكلسية) Calcareous Rockوتظهر في مجموعتي عجلون والبلقاء والصخور النارية لمـا بعـد الكمبـري ، ورسوبيات الحقبة الرابعة الحديثةQuaternary and Holocene Deposits ، كما تناول أيضا نشأة التربة وتصنيفها Soil Formation and Classification والعوامل المؤثرة في تكوينها ، وتناول الفصل أيضا دراسـة فيزيائيـة التربـةStudy of physic of soil فالتربة بمثابة جسم غير متجانس heterogeneous يضم مواد صلبة معدنيـة وعـضوية ومواد سائلة ومواد غازية والمواد المعدنية نتجت من تحلـل الـصخور الأصـلية وتـضم المسامية والنفاذية والتماسك

وتختلف خواص التربة الفيزيائية على حسب طبيعة التركيب المعدني والكيميـائي والبنـائي للتربة وتناول الفصل أيضا دراسة كيميائية التربة chemistry of soil

والتربة عبارة عن جسم ديناميكي لها صفاتها الخاصة في كل مرحلة من مراحـل تكونهـا وتطورها ويتأثر تركيب التربة الكيميائي بالتركيب المعدني والكيميائي للصخور الأصلية التي جاءت منها، كما أن هذا التركيب يتأثر بفعل عوامل المناخ والعوامل العضوية والزمن أثنـاء مراحل التكوين أو النقل والترسيب، وتحتوي التربة من الناحية الجيوكيميائيـة علـى خمـس عناصر، وتعتبر خاصية الحموضة والقلوية والتي تقدر برقم الـ (PH) خاصية هامـة فـي تحديد صفات التربة، ودرجة حموضة التربة هي محصلة لتأثير عوامـل وعمليـات تكـوين

التربة كما تناول الفصل التصنيف الأمريكي للتربة، واختتم الفصل بدراسة أنواع التربة المختلفة.

الفصل الثاني : ينقسم هذا الفصل إلى جزئين أولهما دراسة فيزيائية وكيميائية الآثار الفخارية المستخرجة من بعض المواقع الأثرية بالأردن

يتناول هذا الفصل دراسة جيولوجية نشأة الطفلة وكيميائيتها وأهم مصادرها بالمواقع الأثرية، وقد اشتملت هذه الدراسة على جزئين هامين حيث بدأ الجزء الأول بدراسة جيولوجية نشأة الطفلة وكيميائيتها حيث تناول هذا الجزء عملية التجوية Weathering سواء الطبيعية أو الكيميائية، والأخيرة المسئولة عن تحلل Decomposition الصخور النارية Igneous Rocks ، وتناولت الدراسة أيضا التركيب المعدني والكيميائي للطفلة وأعقب ذلك دراسة التركيب البلوري لأهم معادن الطفلة Lattice System of Clay Minerals خاصة للكاولينيت والمونتموريللونيت والأليت Kaolinite, Montmorillonite and Illite، والكلوريت والميكا والفيرميكيوليت واختتم الجزء الأول بدراسة أنواع الطفلة المستخدمة في صناعة الفخار في الأردن ، Kinds of clay used in Manufacture of Pottery in Jordanوالخواص الطبيعية للطفلة Physical Properties of Clay .

أما الجزء الثاني تناول دراسة الزجاج من الناحية الفيزيائية physical glass حيث تناول تعريف الزجاج definition of glass وكلمة الزجاج مشتقة من المصطلح اللاتينيglassum وهو يعبر عن المادة الشفافة أو vitrum، وعرفت الجمعية العلمية الأمريكية لاختبار المواد (ASTM) الزجاج بأنه ناتج غير عضوي تم تبريده من مصهور إلى الحالة الصلبة دون حدوث عملية تبلور، كما تناول الجزء الثاني طبيعة الزجاج nature of Glass حيث لا يوجد تعريف ثابت ومحدد للزجاج ومعظمها اجتمع على أن الزجاج ماده صلبة غير متبلورة ذات ترتيب ذري غير منتظم وهي حالة رابعة للمادة، فضلا عن نظريات تكوين الزجاج theory of glass formation سواء كانت النظرية البنائية لتكوين الزجاج أو والنظريات الحركية لتكوين الزجاج وأكثر النظريات توافقا وصحة في هذا المجال هي نظرية Zachariasen ونظرية Goldsch midt

بالإضافة إلى ذلك تناول خواص الزجاج الفيزيائية وهناك علاقة بين التركيب الكيميائي للزجاج وخواصه الفيزيائية ولذلك فإن الخواص الفيزيائية للزجاج يتحكم فيها العديد من العوامل من أهمها الحرارة وخاصة في مرحلة الانصهار اللزوجة: viscosity، درجة الانصهار : Melting temperature، درجة حرارة السيولة Liquid temperature، نقطة

التصلد Solid point، درجة حرارة التحول Glass transformation temperature (Tg)، درجة حرارة الليونة Softening temperature، التوصيل الحراري (التمدد الحراري) Thermal expansion، كما تناول الجزء الثاني أيضا الخواص الميكانيكية للزجاج Mechanical properties of glass ولاسيما الصلادة و هي مقدار مقاومة الجسم للخدش، المكسر Fracture مثل المكسر الخشن uneven وغيره ، والمرونةElasticity ، المتانة strength و هي قدرة الجسم على التماسك ومقاومته لعوامل الانفصال، الإجهاد المؤقت Temporary strain، الإجهاد الدائم permanent strain، كما اشتمل الجزء أيضا على الخواص البصرية للزجاج optical prosperities of glass،بالإضافة إلى احتواءه على دراسة علمية تناولت الزجاج من الناحية الكيميائية حيث يحتوي على السليكا (SiO_2) silica والصوديوم (Na_2O) sodium والكالسيوم (CaO) calcium هذا إلى جانب بعض العناصر الأخرى الموجودة إما على شكل شوائب أو مقصود إضافتها(العناصر الوسيطة أو متدخلات أخري) أو الأكاسيد والعوامل الملونة colorants،و تضاف كثير من الأكاسيد الملونة للخلطة الزجاجية بهدف تلوينها أو إزالة تأثير أكاسيد أخرى في الخلطة الزجاجية، ويتوقف اللون على بعض العوامل مثل درجة تكافؤ الأكسيد valency state of oxide، وجود أكثر من عامل ملون للزجاج، صناعة الزجاج في جو مؤكسد أو مختزل وغير ذلك من العوامل ، واختتم الجزء الثاني من الفصل الثاني بدراسة أهم الأكاسيد والعوامل الملونة في الزجاج القديم.

الفصل الثالث : ينقسم هذا الفصل إلى جزئين أولهما دراسة تكنولوجيا صناعة الفخار Study of technology of pottery، والثاني دراسة تكنولوجيا صناعة الزجاج وتناول الجزء الأول العديد من النقاط العلمية الهامة مثل تطور صناعة الفخار عبر العصور في الأردن ومراحل صناعة الفخار الأثري في الأردن قديماً، وقد اشتمل هذا الجزء على عدة دراسات مثل جمع الطين Collecting of Clay وإعداد الطين Preparing of Clay وعجن الطين Kneading of Clay وتشكيل الطين Modeling of Clay، ومن أهم طرق التشكيل المستخدمة طريقة التشكيل باليد وطريقة التشكيل بالألواح الطينية Slab-Shaping method وطريقة التشكيل بالقالب Mould Shaping والتشكيل على العجلة Potter wheel ، وطريقة التشكيل بالصب casting وأعقب ذلك دراسة معالجة السطح Surface Treatment of Clay Vessels ، فضلا عن زخرفتها، ثم عملية التجفيف والحرق Drying and Firing ، وقد اختتم هذا الجزء بدراسة أهم أنواع الأفران المستخدمة في صناعة الفخار في الأردن قديما،

أما الجزء الثاني من الفصل الثالث تناول دراسة تكنولوجيا صناعة الآثار الزجاجية في الأردن حيث ضم نشأة الزجاجinvention ()f glass وقد اتفق معظم الأثريين أن الزجاج اكتشف قبل العصور التاريخية مصادفة ، ثم أعقب ذلك دراسة تكنولوجيا صناعة الزجاج القديم و التي ضمت المواد الخام المستخدمة في إنتاج الزجاج ومصادرها المختلفة وهي السليكا واهم مصادرها الرمل وبعض القلويات مثل البوتاسيوم والصودا والجير ، ثم وإعداد المواد الخام لصناعة الزجاج و الأكاسيد الوسيطة في صناعة الزجاج Network Intermediates، وجميع أنواع الزجاج المصنع قديما هو من نوع زجاج السليكا والصوديوم والكالسيوم ذو التركيب $(k_2O)Na_2O.CaO.SiO_2$. وقد توجد بعض العناصر الأخرى بكميات صغيرة تخلط مع المواد الخام لتزيد من متانة الزجاج وتزيد من قدرة الزجاج على مقاومته للماء والمحاليل الأخرى مثل أكسيد الالومينا Al_2O_3 كذلك توجد مركبات أخرى تضاف عن عمد لتعطي تغيرات مقصودة في مظهر الزجاج أهمها الألوان Colorants، عوامل الإعتام opalizing Agents،المواد المزيلة للألوان Clarifies ، العوامل المزيلة للفقاعات Fining Agents ،العناصر الدخيلة.

كما تناول هذا الجزء صناعة الزجاج في العصور القديمة حيث كان الصناع قديما يصنعون الزجاج على مرحلتين: أولهما ، ويطلق عليها عملية التحميص للمواد الخام Fritting والثانية هي عملية صهر المواد الخام المحمصة Melting of Frit، ثم أعقب ذلك دراسة أساليب التشكيل والزخرفة و أفران صهر الزجاج القديمة Ancient glass Furnaces، وأساليب تشكيل وزخرفة الزجاج في العصر الروماني مثل الصب في قالب،و الصب بطريقة الشمع المفقود والتشكيل بأسلوب النفخ Glass Blowing كالنفخ الحر و النفخ في قالب Blowing in Mould أما الزخرفة مثلا لزخرفة بالإضافة والزخرفة القطع والحفر Cutting Decoration و زخرفة الزجاج بالألوان على البارد و التذهيب و الزخرفة بالمنيا واختتم الجزء الثاني من الفصل الثالث بدراسة أساليب تشكيل وزخرفة الزجاج في العصر الإسلامي

الفصل الرابع : ينقسم الفصل الرابع إلى جزئين أولهما دراسة العوامل المؤثرة في تلف الآثار الفخارية وثانيهما دراسة العوامل المؤثرة في تلف الآثار الزجاجية Study of factors of deterioration affected on pottery objects وقد بدأ الجزء الأول من الفصل الرابع بدراسة عوامل التلف المرتبطة بالصناعة Manufacturing Pottery مثل عدم التجانس في التركيب المعدني والكيميائي للطفلة، فمن المعروف أن الطفلة المستخدمة في صناعة الفخار طفلة غير متجانسة محتوية على العديد من الشوائب، ونادرا ما تكون نقية، والعيوب الناتجة عن جمع وإعداد الطين، والعيوب الناتجة عن عجن الطين،

والعيوب الناتجة عن التشكيل، حيث قد تلعب تقنية التشكيل دورا في تلف الفخار، إذا كانت غير دقيقة، كما تناول هذا الجزء العيوب الناتجة عن معالجة السطح، والعيوب الناتجة عن الزخرفة، والعيوب الناتجة عن انكماش التجفيف والعيوب الناتجة عن الحرق، ومن أهم العيوب الناتجة عن الحرق الشروخ والالتواء والتفلق Dunting والتبقع والانفجار Brusting والحفر واللب الأسود، وأعقب ذلك دراسة عوامل التلف المرتبطة بالاستخدام الوظيفي للفخار الأثري وهو تلف غير رجعيا Irreversible .

ثم تلي ذلك دراسة التلف الناتج عن بيئة الدفن مثل التلف الميكانيكي لبيئة الدفن، والذي يعتمد على خواص الجسم الفخاري وطبيعة بيئة الدفن سواء كانت بيئة دفن مباشرة أو غير مباشرة ، ثم دراسة التلف الناتج عن المياه الارضيه ببيئة الدفن والتلف الناتج عن الأملاح القابلة للذوبان ببيئة الدفن، ثم أعقب ذلك دراسة التلف الناتج عن تجمد المياه الأرضية ببيئة الدفن، وقد ضم هذا الجزء الأخير دراسة التلف الناتج عن والتبقع والتلف الناتج عن التآكل ببيئة الدفن، ، ثم أعقب ذلك دراسة التلف العضوي الناتج عن النباتات والأشجار والكائنات الحية الدقيقة لبيئة الدفن .

ثم أعقب ذلك دراسة التلف الناتج عن الكشف ببيئة التعرض بالمواقع ، ويضم هذا الجزء التلف الناتج عن الرطوبة الجوية بموقع الحفائر وظاهرة التكاثف وتأثير الأمطار والتلف الناتج عن الحرارة الجوية بموقع الحفائر والرياح والعواصف والتلوث الجوي ، واختتم هذا الفصل بدراسة التلف البشري.

أما الجزء الثاني من الفصل الرابع يقع تحت عنوان دراسة العوامل المؤثرة في تلف الآثار الزجاجية حيث يتناول العديد من النقاط العلمية الهامة تبدأ بدراسة العيوب الناتجة عن أخطاء صناعة الزجاج القديمDeterioration due to manufacturing defects ومن أهمها العيوب الناتجة عن عدم التجانس في التركيب المعدني والكيميائي للزجاج The Heterogeneity of Chemical and Mineral Composition of glass حيث أن لاختيار المواد الخام دور كبير في الوقاية من التلف أو زيادة التلف ثم العيوب الناتجة عن المواد المتطايرة Defects due to volatilized components ، و العيوب الناتجة عن المعالجة الحرارية Defects due to surface treatment، كما ضم هذا الجزء أهم مظاهر التلف الناتج عن عيوب الصناعة مثل الفقاعات الهوائية والحزوز والشروخ والكسر و البذور البلورية والشوائب الرملية و والسوداء والتحجر و إعادة تبلور الزجاج والانفصال المرحلي.

كما احتوي هذا الجزء على التلف الناتج عن الاستخدام الوظيفي ودراسة العوامل المؤثرة في تلف الآثار الزجاجية المدفونة في التربة ولاسيما التلف الميكانيكي لبيئة الدفن Mechanical

Deterioration of Burial Environment، فعندما تكون الآثار الزجاجية قريبة من السطح تتعرض للكسر والتهشم نتيجة الفعل الميكانيكي للتربة، ثم تلي ذلك التلف الفيزوكيميائية لبيئة الدفن حيث ضم هذا الجزء التركيب الكيميائي وعلاقته بتآكل الزجاج المدفون في التربة in the soil ، ثم كيميائية التربة وعلاقتها بتآكل الزجاج المدفون فيها، حيث إن تلف الزجاج يعتمد اعتماداً كبيراً على كيميائية البيئة المحيطة به وما تحويه من عوامل، و تناول أيضا ميكانيكية وكيميائية تأكل الزجاج المدفون في التربة The Chemistry and Mechanism of carrion glass buried in the soil ولاسيما نظرية التبادل الأيوني Ion_Exchanje و نظرية التآكل الطبقي الموسمي Seasonal Carrion فضلا عن دراسة أهم مظاهر تلف الزجاج المدفون في التربة مثل الإعتام Dulling و الشروخ Cracks و الزجاج الباكي Sweating Glass ظاهرة الصقيع Frosting و الطبقات ذات اللون الأبيض المعتم Opaque Layers أو ما يعرف بظاهرة التحجر Stony Spots و التنقر Pitting و تبلور الزجاج و ظاهرة التقشر Flecking و تلاعب الألوان Iridescence وثم أعقب ذلك التلف العضوي وعلاقته بتآكل الزجاج المدفون في التربة وهو تلف ذو طبيعة فيزيائية وكيميائية، بالإضافة إلى دراسة التلف الناتج عن بيئة التعرض exposure environment ,و هو يعرف بتلف الصدمات البيئية Environmental Shocks ويضم تأثير عامل الحرارة الجوية والرطوبة والتكثف واختتم الجزء الثاني من الفصل الرابع بدراسة التلف البشري.

الفصل الخامس : يقع تحت عنوان دراسة علمية لأهم أساليب رفع الآثار السيلكاتية (الفخار- الزجاج) المستخرجة من بعض المواقع الأثرية في الأردن حيث تناول نقاط علمية هامه أولهما دراسة أهم إجراءات الصيانة الوقائية للآثار الفخارية بمواقع الحفائر .

وتضم الصيانة الوقائية في طياتها العديد من العمليات الهامة مثل عملية التعريض الآمن ولاسيما الآثار السيلكاتية المستخرجة من بيئات الدفن المباشرة direct Burial Environment سواء من تربة رطبه أو بحرية أو جافة ثم المستخرجة من بيئات الدفن غير المباشرة ثم التناول الآمن Safe handling ويضم العديد من العمليات مثل التناول الآمن أثناء الرفع والنقل والتغليف بمواقع الحفائر وتلي ذلك دراسة أهم أساليب رفع الآثار السيلكاتية من التربة مثل تقنية الرفع باليد وتقنية الرفع باللفائف وتستخدم مع القطع الفخارية والزجاجية شبه الكاملة ، وتقنية الرفع بالتدعيم الصلب وتقنية الرفع بالتقوية وتقنية الرفع بالأطر الخشبية وتضم طريقتين وتقنية الرفع بالبولي يورثان فوم و وتقنية الرفع باللصق

المباشر والتجميد وقد اختتم الفصل بدراسة تقنيات تغليف ونقل الآثار السيلكاتية من الحفائر حديثا إلى معمل الترميم conservation laboratories .

الفصل السادس : ويقع تحت عنوان دراسة علاج وصيانة الآثار السليكاتية (الفخار – الزجاج) المستخرجة من بعض المواقع الأثرية في الأردن وقد انقسم إلى جزئين هامين أولهما دراسة علاج وصيانة الآثار الفخارية وثانيهما دراسة علاج وصيانة الآثار الزجاجية وقد تناول الجزء الأول: دراسة منهجية علاج وصيانة الفخار الأثري، وبدأ هذا الفصل بمقدمة، ثم تلي ذلك دراسة مراحل العلاج وهي التنظيف خاصة التنظيف الميكانيكي و التنظيف بالصدمات الميكانيكية والتنظيف بالموجات فوق الصوتية Ultrasonic Waves والتنظيف بالليزر Laser Cleaning ، ثم التنظيف بالطرق الكيميائية Chemical Methods مثل الماء المقطر Distilled Water و المحاليل الحمضية Acidic Solutions والمحاليل القلوية Alkaline Solutions ومواد العزل Chelating Materials والمذيبات Solvents، والتنظيف بالأنزيمات ثم تلي ذلك دراسة أهم تقنيات إزالة مواد الترميم القديم والمواد المالئة والواصق القديمة و استخلاص الأملاح القابلة وغير القابلة للذوبان في الماء

ثم تلي ذلك دراسة عملية التجميع للفخار الأثري، وهذه العملية ليست بسيطة وإنما معقدة، وتحتاج إلى خبرة ومهارة المرمم، وقد بدأت هذه الدراسة بشروط اللاصق المناسب ونظريات الالتصاق Theories of Adhesion ، ثم دراسة أهم اللواصق المستخدمة في تجميع الفخار مثل بوليمرات الفينيل كالبولي فينيل اسيتات P.V.A والبولي فينيل الكحول والبولي فينيل بيوترال ثم بوليمرات الأكريللة مثل البارالويد و السيانو أكريلات والبريمال Baraloid Cynoacrylate and Primal Araldite ومشتقات السيلولوز Cellulose Derivatives مثل الدوكوسمنت UHU & H.M.G & Ducocement ونتاجات الأيبوكسي Epoxy Resins مثل الأرالديت ، كما ضم هذا الجزء طرق التطبيق المختلفة

وأعقب ذلك دراسة عملية تقوية الفخار الأثري، وشمل هذا الجزء دراسة المقويات مثل دراسة أهم المواد الأكريللية والفنيلية المستخدمة في تقوية الفخار الأثري ثم دراسة مقويات السليكون مثل سليكات الايثيل ومركبات الفاكر والتجوف كون والايستل بالإضافة إلى النايلون الذائب Soluble Nylon ، ثم أعقب ذلك تطبيق طرق مواد التقوية كطريقة التنقيط Pipette والفرشاة و الماصة الطلاء Brushing والرش Spraying والحقن injection

والغمر والتشرب تحت خلخلة الهواء والكمادات Poultices ، واختتم الجزء الأول من الفصل السادس بعملية الاستكمال والعرض المتحفي للآثار الفخارية.

أما الجزء الثاني من الفصل السادس تناول دراسة علاج وصيانة الزجاج الأثري المستخرج من الحفائر حيث بد بدراسة عملية علاج الآثار الزجاجية الثابتة غير المتاكله وضم هذا الجزء عملية التنظيف ولاسيما بالطرق الميكانيكية وضم التنظيف بالطرق الميكانيكية التنظيف بالأدوات اليدوية Hand Tools و بمواد الكشط Cleaning by Abrasive Materials و التنظيف بالحك بالعجائن المطاطية Cleaning by Rubber Putties و التنظيف بالليزر و التنظيف بالموجات الفوق صوتية وأعقب ذلك التنظيف بالطرق الكيميائية Cleaning by Chemical Methods ثم أساليب تجميع الآثار الزجاجية بالإضافة إلى دراسة أهم اللواصق المستخدمة في تجميع الآثار الزجاجية كبوليمرات الاكريللك وراتنجات الايبوكسي والسليكون وبوليمرات الفنيل وأخيرا راتنجات نترات السيلولوز ، طرق التطبيق ، ثم أعقب ذلك استكمال الأجزاء المفقودة حيث ضم هذا الجزء أهم مواد الاستكمال الشائعة بالإضافة إلى المواد الملونة وطرق التطبيق فضلا عن الصقل والتهذيب والحماية والعزل.

ثم تلي ذلك دراسة علاج وصيانة الآثار الزجاجية المتآكلة حيث اغلب الآثار الزجاجية المستخرجة من الحفائر تعاني من ظاهرة الصدأ وضم العلاج الكيميائي عدة محاور أولهما إعادة البناء الداخلي للزجاج المتآكل

Recomposition of the chemical structure of corroded glass

وثانيهما المواد المانعة للصدأ و الحماية والعزل واختتم الجزء الثاني من الفصل السادس بدراسة العرض المتحفي للآثار الزجاجية.

الفصل السابع : يقع تحت عنوان دراسة تحليلية وتجريبية لعلاج وصيانة الآثار السليكاتية (الفخار – الزجاج) المستخرجة من بعض المواقع الأثرية في الأردن ، وانقسم إلى جزئين هامين أولهما دراسة تحليلية وتجريبية لعلاج وصيانة الآثار الفخارية وثانيهما دراسة تحليلية وتجريبية لعلاج وصيانة الآثار الزجاجية، وينقسم هذا الجزء الأول إلى ثلاث أجزاء كما يلي:

الجزء الأول : دراسة أهم الوسائل العلمية المستخدمة في فحص وتحليل الفخار المستخرج من تل آثار قويلبة بالأردن قد ضم الجزء الأولي ما يلي:- أثرية وتاريخية تل آثار قويلبة والفحص العيني الذي أثبت وجود أنواع عديدة من التلف الناتج عن الدفن في التربة، ثم الفحص بالميكروسكوب المستقطب الذي أثبت وجود الكوارتز Quartz والميكا Mica والفلسبار Feldspars والبلاجيوكليز Plagioclase والأرثوكليز Orthoclase والروتيل

والقش المحروق Burnt Straw وأكاسيد الحديد IronOxide وبعض معادن الحرق Firing Minerals والكاسيت Calciteومسحوق الفخار grog .

ثم الفحص الميكروبيولوجي الذي أثبت وجود نموات فطرية من نوع Aspergillus fumigatus cladosporium sp و penicillium ، كما أثبت نجاح مادة بنتا كلوروفينات الصوديوم Sodium penta Chlorophenate في القضاء على تلك النموّات الفطرية .

ثم الفحص والتحليل بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة EDX ، والذي أثبت عدم تجانس بعض مكونات الجسم الفخاري واحتواءه على العديد من الشوائب والأملاح وتكلسات التربة الكلسية وقد أثبت التحليل بوحدة EDX وجود ca – Si — Al – Na – cr– fe –k – cl –so –pb –mg –C

كما أثبت التحليل بحيود الأشعة السينية وجود الكوارتز والكالسيت والهيماتيت والماجنتيت والجوثيت والمسكوفيت وسليكات البوتاسيوم والألومنيوم و الجبس والدولوميت والارجوانيت والهاليت والأوليجوكليز والنرونيت والتروسكوتيت والتيتانيوم ومعادن الطفلة .

الجزء الثاني : الوسائل العلمية المستخدمة في فحص وتحليل الفخار الأثري لمنطقة آثار طبقة فحل وبدأ بأثرية وتاريخية طبقة فحل ثم الفحص العيني الذي أثبت وجود أنواع مختلفة من التلف الناتج عن الدفن في التربة، ثم الفحص بالميكروسكوب المستقطب الذي أثبت وجود الكوارتز وبعض معادن الحرق و أكاسيد الحديد ومسحوق الفخار والكالسيت والميكا والروتيل والأرثوكليز والبلاجيوكليز والبيروكسين والميكروكلين والقش المحروق .

وأعقب ذلك الفحص الميكروبيولوجي حيث أثبت وجود نموات فطرية من نوع Aspergillus Niger و Penicillium ، كما أثبت الفحص نجاح مادة بنتا كلوروفينات الصوديوم في علاجها، وتلي ذلك الفحص والتحليل بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة EDX حيث أثبت الفحص أن بعض القطع كانت متجانسة، وبعضها غير متجانس، وتحوي العديد من الشوائب والأملاح، وقد أثبت التحليل بـ EDX وجود الكربون والصوديوم و المغناسيوم و والالومنيوم و السليكا والكبريت و الكلور والكالسيوم والرصاص

وأثبت التحليل بـ XRD وجود الكوارتز والهيماتيت و الماجنتيت والجهلينيت والدايوبسيد والميكا والمسكوفيت والألوليجوكليز والأرثوكليز والميكروكلين والكالسيت والدولوميت والجبس والهاليت والدايوبسيد وبعض معادن الطفلة .

الجزء الثالث : الوسائل العلمية المستخدمة في فحص وتحليل الفخار الأثري لمنطقة آثار تل الحصن بالأردن وبدأ هذا الجزء بدراسة أثرية وتاريخية تل الحصن ثم الفحص العيني الذي أثبت وجود أنواع مختلفة من التلف الناتج عن بيئة الدفن، ثم أعقب ذلك الفحص بالميكروسكوب المستقطب الذي أثبت وجود الكوارتز وأكاسيد الحديد والميكا والبيوتيت

والأرثوكليز والبلاجيوكليز والبيروكسين ومسحوق الفخار و الكالسيت و والروتيل والتبن المحروق .

ثم تلي ذلك الفحص الميكروبيولوجي والذي أثبت وجود بعض النموات الفطرية من نوع Aspergillus fumigatus ,Niger and flavus ، وأثبت نجاح مادة بنتا كلوروفينات الصوديوم في علاج هذه النموات، و أعقب ذلك الفحص والتحليل بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة EDX حيث أثبت الفحص وجود العديد من الشوائب والأملاح بالجسم الفخاري، كما أثبت التحليل بـ EDX وجود الكربون والصوديوم و المغناسيوم و والالومنيوم والسليكا والكبريت و والكلور والكالسيوم والباريوم والرصاص ثم تلي ذلك التحليل بـ XRD والذي أثبت وجود الكوارتز وأكاسيد الحديد والكالسيت والجبس والهاليت والمسكوفيت والأوليجوكليز والميكروكلين والتروسكوتيت و والألوفان والالبيت وبعض معادن الطفلة

كما تناول الجزء الأول دراسة تجريبية لعلاج وصيانة الآثار الفخارية المستخرجة من بعض المواقع الأثرية المختارة في الأردن، وقد اشتمل هذا الجزء على العديد من الدراسات المعملية مثل الدراسات التي تناولت اختبار مواد التنظيف مثل طرق التنظيف الميكانيكي والكيميائي ونتائج اختبارات مواد التنظيف Results of Testing Cleaning ، وقد أعقب ذلك دراسة تجريبية لاختبار مواد التقوية المختارة، فقد تم إعداد العينات، واختيار بعض مواد التقوية التي سوف تستخدم في الجانب التجريبي، ثم أعقب ذلك تطبيق المقويات المختارة، وتقييم النتائج حيث تم تعيين نسبة مادة الراتنج الصلبة المتبقية داخل المسام، فضلا عن دراسة الخواص الفيزيائية كتأثير مواد التقوية المختارة على المظهر العام للعينات المعالجة، وتعيين درجة الامتصاص والمسامية والكثافة للعينات المعالجة، ثم تلي ذلك دراسة الخواص الميكانيكية للعينات المعالجة، وأعقب ذلك تقييم مواد التقوية المختارة باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح والذي أثبت نجاح خليط سليكات الايثيل كوبوليمر as21 والبارالويد ب ٧٢، وكذلك مادة سليكات الايثيل كوبوليمر as21 في ربط الحبيبات وتغليفها وتحسين خواصها الفيزيائية والميكانيكية، ثم تلي ذلك دراسة تأثير التقادم الصناعي على العينات المعالجة والذي ينقسم إلى تقادم صناعي حراري، ، وتقادم صناعي بالتجوية الملحية ثم أعقب ذلك فحص العينات بعد التقادم الصناعي بواسطة الميكروسكوب الإلكتروني الماسح ثم أعقب ذلك اختبار بعض المواداللاصقه المستخدمة في تجميع الفخار الأثري، ويضم هذا الجزء اللواصق المختارة، وإعداد اللواصق والتجارب والاختبارات التي طبقت على مواد اللصق المختارة كالتقادم الصناعي الحراري، والتقادم الصناعي الضوئي المعجل بالأشعة فوق البنفسجية

وتعيين قوة الشد لمواد اللصق المختارة حيث أثبت البحث نجاح مادة البارالويد ب ٧٢ كمادة يمكن استخدامها في أغراض اللصق، وأعقب ذلك اختبار بعض مواد الاستكمال وضم هذا الجزء مواد الاستكمال المختارة وإعداد العينات و تعيين وقت العمل بالمادة، وتعيين درجة الانكماش، وقوة الضغط لمواد الاستكمال المختارة، والتقادم الصناعي الحراري والضوئي، وقد أثبتت تلك التجارب نجاح خليط البارالويد ب ٧٢ ومسحوق الفخار كعجينة يمكن استخدامها في أغراض الاستكمال .

أما الجزء الثاني من الفصل السابع فقد تناول دراسة تحليلية وتجريبية لعلاج وصيانة الآثار الزجاجية، وينقسم هذا الجزء الثاني إلى جزئين هامين أما الجزء الأول منهما قسم إلى ثلاث أجزاء كما يلي :

الجزء الأول : دراسة أهم الوسائل العلمية المستخدمة في فحص وتحليل الزجاج المستخرج من تل آثار قويلبة بالأردن وقد ضم أثرية وتاريخية تل آثار قويلبة والفحص العيني الذي أثبت وجود أنواع عديدة من نواتج الصدأ الناتجة عن الدفن في التربة، والمختلطة برواسب التربة فضلا عن وجود كسر و تقشر وانفصال لطبقات الصدأ ثم الفحص بالميكروسكوب الميكروفوتوجراف الدقيق الذي أثبت وجود طبقات صدأ بألوان مختلفة وظاهرة التشرخ وتلاعب الألوان والتنقر والإعتام والبقع البنية والسوداء وسط أرضيه غنية بـ أكاسيد الحديد والسليكا

ثم الفحص الميكروبيولوجي الذي أثبت وجود نموات فطرية من نوع Aspergillus Niger and eurotium sp، كما أثبت نجاح مادة alkyl dim ethyl Ammonium chloride benzyl في القضاء على تلك النموات الفطرية . ثم الفحص والتحليل بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة EDX ، والذي أثبت وجود نواتج صدأ مختلفة وظاهرة التبطرخ والتشرخ و والتقشر واحتواء الزجاج على العديد من الشوائب والأملاح وتكلسات التربة الكلسية وقد أثبت التحليل بوحدة EDX وجود أكسيد الكربون و أكسيد الحديد والصوديوم والمغنيسيوم والالومنيا والسليكا والرصاص والكبريت و الكلور والبوتاسيوم والكالسيوم كما أثبت التحليل بحيود الأشعة السينية وجود الكوارتز والكالسيت والفيماتيت والالومنيا والجبس و بعض معادن الطفلة .

الجزء الثاني : الوسائل العلمية المستخدمة في فحص وتحليل الزجاج الأثري لمنطقة آثار طبقة فحل وبدأ بأثرية وتاريخية طبقة فحل ثم الفحص العيني الذي أثبت وجود نواتج صدأ مختلفة ومختلطة بنواتج التربة وظاهرة الكسر والتشرخ و والتقشر للزجاج واحتواء الزجاج

على العديد من الشوائب والأملاح وتكلسات التربة، ثم الفحص بالميكروسكوب الميكروفوتوجراف الدقيق الذي أثبت وجود طبقات صدأ غير متجانسة بألوان مختلفة مثل اللون البني والأسود والأبيض وظاهرة التشرخ وتلاعب الألوان والتنقر والإعتام وسط أرضيه غنية بـ أكاسيد الحديد والسليكا

ثم الفحص الميكروبيولوجي الذي أثبت وجود نموات فطرية من نوع Aspergillus Niger and penicillium sp، كما أثبت نجاح مادة alkyl dim Ammonium chloride ethyl benzyl في القضاء على تلك النموات الفطرية . ثم الفحص والتحليل بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة EDX ، والذي أثبت وجود نواتج صدأ مختلفة ما بين البيضاء والبنية وظاهرة التشرخ و والتقشر والتنقر واحتواء الزجاج على العديد من الشوائب والأملاح وتكلسات التربة الكلسية وقد أثبت التحليل بوحدة EDX وجود أكسيد الكربون و أكسيد الحديد والصوديوم والمغنيسيوم و والالومنيا والسليكا و والرصاص و والكبريت و الكلور والبوتاسيوم و والكالسيوم، كما أثبت التحليل بحيود الأشعة السينية لنواتج التلف لمتكونة على سطح الزجاج وجود الكوارتز والكالسيت والهيماتيت والالومنيا والهاليت و بعض معادن الطفلة والتربة طينية ملحية.

الجزء الثالث : الوسائل العلمية المستخدمة في فحص وتحليل الزجاج الأثري لمنطقة آثار تل وقاص بالأردن وقد بدأ بدراسة أثرية وتاريخية وقاص ثم الفحص العيني الذي أثبت وجود نواتج صدأ مختلفة ومختلطة بنواتج التربة وظاهرة الكسر والتشرخ و والتقشر للزجاج واحتواء الزجاج على العديد من الشوائب والأملاح وتكلسات التربة، ثم الفحص بالميكروسكوب الميكروفوتوجراف الدقيق الذي أثبت وجود طبقات صدأ بألوان مختلفة مثل اللون البني وظاهرة التنقر والتبطر والإعتام والتشرخ والتقشر وتلاعب الألوان وسط أرضيه غنية بـ أكاسيد الحديد والسليكا.

ثم الفحص الميكروبيولوجي الذي أثبت وجود نموات فطرية من نوع Aspergillus fumigatus and terreus، كما أثبت نجاح مادة alkyl dim Ammonium chloride ethyl benzyl في القضاء على تلك النموات الفطرية . ثم الفحص والتحليل بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة EDX ، والذي أثبت وجود نواتج صدأ مختلفة ما بين البيضاء والبنية وظاهرة التشرخ و والتقشر والتنقر واحتواء الزجاج على العديد من الشوائب والأملاح وتكلسات التربة الرملية وقد أثبت التحليل بوحدة EDX وجود أكسيد الكربون و أكسيد الحديد والصوديوم و المغناسيوم والالومنيا والسليكا والرصاص والكبريت والكلور والبوتاسيوم والكالسيوم، كما أثبت التحليل بحيود الأشعة السينية لنواتج التلف وجود الكوارتز والكالسيت والهيماتيت والالومنيا وبعض معادن الطفلة والتربة رملية طينية.

كما تناول الجزء الثاني دراسة تجريبية لعلاج وصيانة الآثار الزجاجية المستخرجة من بعض المواقع الأثرية المختارة في الأردن، وقد اشتمل هذا الجزء على العديد من الدراسات المعملية مثل الدراسات التي تناولت اختبار مواد التنظيف مثل التنظيف الميكانيكي والكيميائي ، وتلي ذلك اختبار المواد ألمانعه للصدأ ثم اختبار بعض المواد اللاصقة المستخدمة في تجميع الآثار الزجاجية ويضم هذا الجزء اللواصق المختارة، وإعداد اللواصق ودراسة خصائص التشغيل للواصق المختارة والتقادم الصناعي المعجل بالحرارة، والتقادم الصناعي الضوئي المعجل بالأشعة فوق البنفسجية حيث أثبت البحث نجاح مادة الكالدوفكس كمادة يمكن استخدامها في أغراض اللصق.

وأعقب ذلك اختبار بعض مواد الاستكمال وضم هذا الجزء مواد الاستكمال المختارة وإعداد العينات و تعيين وقت العمل بالمادة، وتعيين درجة الانكماش، وتقييم المواد المستخدمة في التدعيم ، وقد أثبتت تلك التجارب نجاح مادة الايبوفكس كمادة يمكن استخدامها في أغراض الاستكمال . وقد أعقب ذلك اختبار بعض مواد التقوية المختارة وطرق تطبيقها، وقد اختتم هذا الجزء بدراسة الخواص الفيزيائية لمواد التقوية المختارة وثباتها الكيميائي في الوسط الحمضي ثم القاعدي والذي أثبت نجاح العلاج الكيميائي.

الفصل الثامن : تناول هذا الفصل دراسة تطبيقية لعلاج وصيانة الآثار السليكاتية (الفخار – الزجاج) المستخرجة من بعض المواقع الأثرية في الأردن ، وانقسم إلى جزئين هامين أولهما دراسة تطبيقية لعلاج وصيانة الآثار الفخارية وثانيهما دراسة تطبيقية لعلاج وصيانة الآثار الزجاجية ويشمل هذا الجزء تطبيق المواد والطرق التي ثبت نجاحها، وقد تم البدء بمنطقة اثار قويلية، واستخدم في علاج القطع الأثرية العديد من المواد والأدوات التي تناسب العمل ، كطريقة الرفع بإلتيد ، ثم التنظيف الميكانيكي بالأدوات اليدوية، ثم التنظيف الكيميائي بالماء المقطر ، وخليط الماء المقطر والكحول الأيثيلي، وخليط الأسيتون و التراي كلوروايثيلين لإزالة نواتج التربة، ثم محلول EDTA على هيئة كمادة لإزالة الرواسب الكلسية، وتم استخلاص الأملاح بالكمادات، وقد تم تقوية جميع القطع باستخدام خليط سليكات الايثيل مونومير والبارالويد ب ٧٢، وتم استخدام مادة البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٦٠ % في تجميع الكسر الفخارية، وتم استكمال الأجزاء المفقودة باستخدام خليط البارالويد ب٧٢ ومسحوق الفخار ومبيد فطري، وفي النهاية تم عزل وحماية القطع الفخارية باستخدام البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥ % .

ثم أعقب ذلك التطبيق على تل آثار طبقة فحل، واستخدمت طريقة الرفع باليد لرفع الآثار من التربة، وأعقب ذلك التنظيف الميكانيكي باستخدام الفرش والمشارط والإبر لإزالة

رواسب التربة، ثم التنظيف الكيميائي باستخدام الماء المقطر، والماء والكحول الأيثيلي، والماء والصابون والنشادر لإزالة الرواسب الطينية، ثم استخدم محلول EDTA موضعياً أو على هيئة كمادة لإزالة الرواسب الكلسية، ، وتم علاج الإصابات الفطرية باستخدام محلول بنتا كلوروفينات الصوديوم بطريقة الرش، وتم تقوية جميع القطع بخليط سليكات الايثيل كوبوليمر والبارالويد ب ٧٢، وتم استخدام مادة البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٦٠ % في تجميع الكسر الفخارية، وتم استكمال الأجزاء المفقودة باستخدام خليط البارالويد ب٧٢ ومسحوق الفخار ومبيد فطري، وفي النهاية تم عزل وحماية القطع الفخارية باستخدام البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥ % .

وفي النهاية تم التطبيق على تل آثار الحصن، واستخدمت طريقة التنظيف الميكانيكي بالأدوات اليدوية لإزالة كافة رواسب التربة التي تشوه السطح، ثم تلي ذلك التنظيف الكيميائي باستخدام الماء المقطر أو الماء المقطر والكحول الأيثيلي، أو خليط من الأسيتون والتراي كلورايثيلين، والماء والصابون والنشادر بغرض إزالة رواسب التربة، ثم أعقب ذلك إزالة النموات الفطرية في حين تم إزالة الرواسب الكلسية باستخدام محلول EDTA موضعياً أو على هيئة كمادة، وتم استخلاص الأملاح القابلة للذوبان بطريقة الكمادات ، أما الأملاح غير القابلة للذوبان فتم إزالتها باستخدام كمادة محمل عليها EDTA ، وأعقب ذلك تقوية القطع وتم تقوية جميع القطع بخليط سليكات الايثيل كوبوليمر والبارالويد ب ٧٢، وتم استخدام مادة البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٦٠ % في تجميع الكسر الفخارية، وتم استكمال الأجزاء المفقودة باستخدام خليط البارالويد ب٧٢ ومسحوق الفخار ومبيد فطري، وفي النهاية تم عزل وحماية القطع الفخارية باستخدام البارالويد ب ٧٢ بتركيز ٥ % .

أما الجزء الثاني من الفصل الثامن تناول دراسة تطبيقية لعلاج وصيانة الآثار الزجاجية المستخرجة من بعض المواقع الأثرية المختارة وضم التطبيق على ثلاث مناطق وقد تم البدء بتل آثار قويلبة حيث تم تنظيف الآثار الزجاجية يدويا باستخدام الفرش الناعمة والإبر المعقوفة والمدببة لرواسب التربة فقط دون المساس بنواتج الصدأ ثم أعقب ذلك التنظيف الكيميائي بالماء المقطر ومع التجفيف بالكحول الايثيلي لرواسب التربة وتلي ذلك استخدام الاديتا في تنظيف رواسب التربة الكلسية بطريقة الرش ثم التجميع باستخدام لاصق الكالدوفكس -٢ والاستكمال بمادة الايبوفكس وأخيرا العلاج الكيميائي باستخدام اسيتات الكالسيوم واسيتات الصوديوم وخليط سليكات الايثيل والبارالويد ب ٧٢ وانتهت أعمال الترميم والصيانة بالحماية والعزل

ثم أعقب ذلك العمل بتل آثار طبقة فحل حيث تم تنظيف الآثار الزجاجية يدويا باستخدام الفرش الناعمة والإبر المعقوفة والمدببة لرواسب التربة الطينية السائبه فقط دون

المساس بنواتج الصدأ تم أعقب ذلك التنظيف الكيميائي بالكحول الايثيلي لرواسب التربة مع تقوية طبقات الصدأ بالرش ثم التجميع باستخدام لاصق الكالدوفكس -٢ والاستكمال بمادة الايبوفكس وأخيرا العلاج الكيميائي باستخدام اسيتات الكالسيوم واسيتات الصوديوم وخليط سليكات الايثيل والبارالويد ب ٧٢ وانتهت أعمال الترميم والصيانة بالحماية والعزل

ثم تلي ذلك العمل بتل آثار وقاص حيث تم تنظيف الآثار الزجاجية يدويا باستخدام الفرش الناعمة والإبر المعقوفة والمدببة لرواسب التربة الطينية السائبه فقط دون المساس بنواتج الصدأ تم أعقب ذلك التنظيف الكيميائي بالكحول الايثيلي لرواسب التربة والتقوية ثم التجميع باستخدام لاصق الكالدوفكس -٢ والاستكمال بمادة الايبوفكس وأخيرا العلاج الكيميائي باستخدام اسيتات الكالسيوم واسيتات الصوديوم وخليط سليكات الايثيل والبارالويد ب ٧٢ وانتهت أعمال الترميم والصيانة بالحماية والعزل.