جـــامعة القاهرة
كـلية الآثار
قـسم ترميم الآثار

دراسة مقارنة فى إستخدام الإنزيمات و أشعة الليزر فى تنظيف أسطح الأحجار الجيرية والرملية الآثرية- تطبيقاً على بعض النماذج المختارة

رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير فى ترميم و صيانة الآثار

إعداد

أميرة عبد الحكيم حمدي عبد الحكيم
أخصائى ترميم بمركز ترميم الآثار – المتحف المصرى الكبير

تحت إشراف
الأستاذ الدكتور / محمد عبد الهادى محمد
أستاذ ترميم الآثار – كلية الآثار – جامعة القاهرة
الدكتور / أمانى عبد الحافظ محمد
أستاذ مساعد ترميم الآثار – كلية الآثار – جامعة القاهرة

2015 - 2016 م

كلية الآثار
الدراسات العليا

الإجـــــــازة

أجازت لجنة المناقشة هذه الرسالة للحصول على

درجة الماجستير في الآثار من قسم ترميم الآثار

بتقدير « ممتاز » مع التوصية بطبع الرسالة على نفقة الجامعة و تبادلها مع الجامعات الأخرى.

بتاريخ 2015/12/10 م

بعد استيفاء جميع المتطلبات

اللجنة

الاسم	الدرجة العلمية	التوقيع
١- أ.د/ محمد عبد الهادى محمد	أستاذ	
٢- د/ أمانى عبد الحافظ محمد	أستاذ مساعد	
٣- أ.د/ هالة عفيفى محمود	أستاذ	
٤- أ.د/ محمد وهبى على بك	أستاذ	

الملخص Summary

تناول الفصل الأول خطورة الترسيبات السطحية العضوية و غير العضوية على الأحجار الجيرية و الرملية في بعض المنشآت الأثرية من خلال تعريف الصخور و تصنيفاتها و تركيب الحجر الجيرى والرملى و خصائص كل منهما كما تم استعراض أهم المحاجر الموجودة و ارتباط تكوين الحجر بمعدلات التلف

و تتضمن الفصل الثاني دراسة مقارنة لأنواع الاتساخات و البقع العالقة بأسطح الأحجار الاثريه المنقوشة سواء كانت التلف داخلياً أو خارجياً كما تشمل دراسة ميكانيكية و طبيعة التصاق الاتساخ بسطح الحجر من خلال دراسة طبيعة نواتج التلف السطحي و الأسباب التى تؤدى إلى تكونها .

و قد تم فى الفصل الثالث فحص و تحليل أهم أنواع نواتج التلف الموجودة على الأحجار المنقوشة مناقشة أهمية استعانة علم الترميم بالعلوم الأخرى المكملة له حيث انه من الضرورى ان يسبق و يزامن وضع خطة العلاج العديد من الدراسات (الفحوص – التحاليل) العلمية المستفيضة لتشخيص حالة الآثر و كذلك بعد الإنتهاء منها للوقوف على مدى فاعلية عمليات العلاج و الصيانة

و قد تناول الفصل الرابع أهم الطرق و المواد الحديثة المستخدمة في تنظيف الاتساخات و البقع المختلفة الموجودة على أسطح الأحجار الآثريه المنقوشة و قد تطرق بإستفاضة إلى ان عملية التنظيف تعتبر فى اغلب الأحوال هى اول عمليات التدخل المباشر مع الآثر و سرد سريع لعمليات التظيف التقليدية التى استخدمت قديماً و مازالت تستخدم عند الحاجة إليها جنباً إلى جنب مع الطرق الحديثة فى التنظيف كإستخدام التنظيف الفيزيائى الميكانيكى الحرارى (الليزر) و كذلك إستخدام عوامل الحفز البيولوجية (الإنزيمات) و كيفية التحكم فيها من خلال انتقاء البقعة التى تهاجمها بناءاً على دراسة طبيعة كل إنزيم على ، كما تم ذكر معظم التطبيقات الفائقة النجاح لهذة التقنيات الحديثة حول العالم كله .

و قد تضمن الفصل الخامس الدراسة التجريبية لإختيار أنسب الطرق العلمية الحديثة لتنظيف أسطح الأحجار الجيرية و الرملية :حيث تم التعرض إلى أشهر البقع التى من الممكن أن تصيب الآثار الحجرية و التى تشمل بقع السناج ، و بقع التلف الفطرى ، و بقع التربة المختلطة التى تنتج عن بيئة الدفن الأولية فى الحفائر قبل إستخراج القطعة الآثرية ، و بقع دم الوطاويط التى تشمل مخلفاتها الصلبة و كذلك دم حيضها على جدران المبانى و المقابر الآثرية المظلمة و الرطبة التى تنتج عن النشاط الحيوى للوطاويط ، و بقع الدهون التى تنتج عن نفق الحيوانات بجوار الأماكن الآثرية و كذلك بصمات الأصابع و إستخدام بعض الأماكن فى العصر الرومانى للسكن و اضاءة الشموع فيها و تطبيق الليزر و الإنزيمات عليهم و تقيم النتائج بدقة .

و يحتوى الفصل السادس على الدراسة التطبيقية بواسطة الطرق العلمية الحديثة تطبيقاً على قطعتين متحفيتين و تطبيق الإنزيمات على جزء من غرفة الدفن الثانية فى هرم سنفرو الشمالى بدهشور و ذلك خلال رصد كل مظاهر التلف لكل منهما ووضع خطة العلاج والصيانة .

الكلمات الدالة

١. الصخور الرسوبية

٢. الحجر الجيرى

٣. الحجر الرملى

٤. عوامل التلف

٥. التنظيف

٦. الليزر

٧. الإنزيمات

٨. مائدة القرابين

٩. لوحة حجرية

١٠. هرم سنفرو الشمالى

بسم الله الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ

صدق اللّهُ العظيم

سورة العلق – آيه (١)

إهـــــــــــــداء

لكل عالمى الصغير .. أسرتى

العزيزة

إلى أبى رحمه الله ..

إلى أمى متعها الله بالصحة ..

إلى اخوتى الكبار ..

حمدى و سامح و رانيا

شكر وتقدير

اللهم لك الحمد حمداً كثيراً طيباً مباركاً فيه ملء السماوات وملء الارض وملء ما شئت من شئ بعد

وإنى بعد شُكرى لله فإنى أتوجة بخالص الشكر والعرفان للأب الفاضل والأستاذ الجليل الأستاذ الدكتور / محمد عبد الهادى محمد أستاذ ترميم الآثار بكلية الآثار جامعة القاهرة الذى غمرنى بعلمه الغزير طوال فترة الدراسة ولم يبخل علىّ بوقته الثمين ابداً فى متابعة خطوات إعداد الرسالة بداية من اختيار الموضوع مروراً بكل فصول الدراسة النظرية و العملية فجزاه الله عنى كل خير ٠

وكذا أتوجة بخالص شكرى للأستاذة الدكتورة / أمانى عبد الحافظ محمد أستاذ مساعد ترميم الآثار بكلية الآثار جامعة القاهره التى أمدننى بالعديد من الأراء السديدة والتى أشرفت على متابعة الرسالة فجزاها الله عنى خيراً ٠

كما أتشرف أيضا بتقديم آيات العرفان للاستاذ الجليل الأستاذ الدكتور / محمد وهبى على بك أستاذ الجيولوجيا بالمركز القومى للبحوث على تفضل سيادته بمناقشة الرسالة كما انه تفضل و راجع عينات حيود الأشعة السينية للجانب التطبيقى و عينات الميكروسكوب المستقطب و تفسير نتائجها فأثابه الله عنى خير الثواب .

كما اتقدم بخالص الشكر و التقدير إلى الأستاذة الفاضلة الأستاذة الدكتورة / هالة عفيفى محمود استاذ ترميم الآثار بكلية الآثار جامعة القاهرة على تفضلها بمناقشة الرسالة وعلى توجهاتها القيمة فى إثراء الرسالة فجزاها الله عنى خيراً .

وأيضاً أوجة شكرى وإعتزازى للأستاذ الفاضل الأستاذ الدكتور / شعبان محمد محمود عبد العال مدرس ترميم الآثار بكلية الآثار جامعة الفيوم على ما قدمة لى من معلومات وفيرة و ابحاث متعددة و مساعدته لى فى الجانب التجريبى و التطبيقى للرسالة فأثابه الله عنى خير الثواب ٠

وكذا أتقدم بكل شكرى وعرفانى لرؤسائى فى العمل الأستاذ الدكتور / طارق توفيق المشرف العام على مشروع المتحف المصرى الكبير ، و الأستاذ الدكتور / أسامة أبو الخير مدير عام شئون الترميم بالمتحف المصرى الكبير ، و الأستاذ الدكتور / حسين كمال مدير عام الشئون الفنية بالمتحف المصرى الكبير ، و الأستاذة / إيمان أحمد الحنفى رئيس معمل الأحجار و النقوش الجدارية بمركز ترميم الآثار بالمتحف المصرى الكبير على ما قدموه لى طول فترة التجريبى و التطبيقى من تذليل للصعوبات و التشجيع الدائم و المستمر فجزاهم الله خيرا عنى .

ايضا الأستاذ الفاضل الأستاذ الدكتور / على عبد المطلب أستاذ الجيولوجيا التطبيقية بكليه العلوم جامعة القاهرة على مراجعته للجانب التجريبى فى الرسالة ، و الأستاذ / مراد فوزى المدرس المساعد بقسم الترميم كليه الآثار جامعة القاهرة و الأستاذة / مها أحمد المدرس المساعد بقسم الترميم كلية الآثار جامعة القاهرة على مراجعة الجزء الخاص بالأشعة تحت الحمراء و التغير اللونى ، و كذلك الأستاذ / أيمن محمد الباحث بمعمل الأشعة تحت الحمراء بالمركز القومى للبحوث .

كما اتوجه بكل الشكر وعظيم التقدير إلى الأستاذة الدكتورة / مرفت خليل الاستاذ بمركز الإسكان و البناء على رعايتها و إشرافها على الجزء الخاص بالميكروسكوب الإلكترونى الماسح و التى قامت الأستاذة / مى حسنى الباحثة بمركز الإسكان والبناء بإجراء عمليات الفحص و التصوير وكذلك إعداد العينات الخاصة بتحاليل الميكروسكوب الإلكترونى الماسح .

وأيضاً أتوجة بامتنانى للأستاذة الدكتورة / هنادى جلال و الأستاذة / مها محمود بمعمل الميكروبيولوجى بالمتحف المصرى الكبير على مساعدتى فى المزارع الفطرية و تفسير نتائجها و ايضا على مساعدتى فى تحضير الإنزيمات الخاصة بالدراسة التجريبية فجزاهما الله خير الثواب عنى .

و ايضا شكر واجب إلى الأستاذ / مصطفى عبد الفتاح مدير عام الترميم فى الجيزة و سقارة على تذليل الصعوبات اثناء عمل الجزء التطبيقى على هرم سنفرو الشمالى بدهشور .

كما أنى أتوجه بخالص شكرى لزملائى الأفاضل بمعامل مركز الترميم المختلفة على دعمهم و تقديم أجوبة لاستفساراتى و اخص بالذكر منهم الدكتور / محمد عبد الرحمن والدكتور / أحمد أبو اليمين والأستاذ / محمد أنور سيد و الأستاذ / حاتم جميل و الأستاذ / مسعد عبد الرازق و الأستاذ / سيد منصور و الأستاذ / أحمد عادل حسين و الأستاذة / أميرة عثمان وايضا لزملائى فى المواقع الآثرية و اخص بالذكر الأستاذ / عمرو صلاح و الأستاذة / شيماء سيد بمنطقة آثار الفيوم و الأستاذ / حسن بمنطقة آثار دهشور لما قدموة لى من عون أثناء الدراسة العملية فلهم كل تقديرى .

كما اشكر زملائى و اخواتى بمعمل الأحجار والنقوش الجدارية بالمتحف المصرى الكبير فرداً فرداً دون إستثناء احد على تشجيعهم لى على الإستمرار فشكراً لهم جميعاً .

وأخيراً فإننى أنحنى إحتراماً لأسرتى العزيزة عن كل ما بذلوه معى من جهد وكل ما قدموه لى من حب ، أبقاهم الله لى .ولله الحمد والشكر من قبل ومن بعد

الفهرس العام

الموضوع	الصفحة
المخلص	أ
الكلمات الدالة	ب
الآيه الكريمة	ج
الإهداء	د
شكر و تقدير	ه-و
الفهرس العام	ز - ت
فهرس الأشكال	ث – ب ب
فهرس الصور	ج ج – س س
فهرس الجداول	ع ع – ص ص
المقدمة	ق ق
الهدف	ر ر
الدراسات السابقة	ش ش – ز ز ز
الفصل الأول : **خطورة الترسيبات السطحية العضوية و غير العضوية على الأحجار الجيرية و الرملية في بعض المنشات الأثرية :**	١-٢٤
نشأه الصخور الرسوبية	٢
تكوين الرواسب و الصخور الرسوبية	٢-٣
عمليات التجوية :	٣-٤
١- التجوية الطبيعية أو الميكانيكية	٣-٤
٢- التجوية الكيميائية	٤
عمليات النقل و البيئات الترسبية	٤
الأنسجة والتراكيب الرسوبية	٥
العوامل التى تعمل على تحويل الرسوبيات إلى صخور رسوبية	٥
التركيب المعدنى للصخور الرسوبية	٥-٦

تصنيف الصخور الرسوبية :	٧-٨
اولاً: الصخور الرسوبية ميكانيكية الأصل	٧
ثانياً: الصخور الرسوبية كيميائية الأصل	٨
ثالثاً: الصخور السلسية الكيميائية الأصل	٨
رابعاً: الصخور الرسوبية عضوية أو حيوية الأصل	٨
الخصائص الهندسية :	٩
أ- الصلابة	٩
ب- الصلادة	٩
ت- المتانة	٩
ث- الثبات الكيماوى	٩
ج- خصائص السطح	٩
الخصائص الفيزيائية :	١٠-١١
أ- الكثافة	١٠
ب- الوزن النوعى الظاهرية	١٠
ت- المسامية الظاهرية	١١
ث- الإمتصاص	١٢
ج- النفاذية (الخاصية الشعرية)	١٢
الخصائص الميكانيكية:	١٣
أ- الإجهادات و الإنفعالات فى الصخور	١٣
ب- قوة الضغط و التحمل الميكانيكى	١٣
ت- المادة الرابطة	١٣-١٤
الخصائص الحرارية :	١٤
أ- التوصيل الحرارى	١٤
ب- التمدد الحرارى	١٤
ث- مقاومة الحريق	١٤

الحجر الجيرى :	١٥-١٦
١- الحجر الجيرى البطروخى	١٥
٢- الهوابط و الصواعد	١٥
٣- الترافرتين	١٦
الحجر الرملى	١٦-١٧
١- الجريواكى	١٧
٢- الأركوز	١٧
٣- الكواتزأرينيت النقى	١٧
خصائص الحجر الرملى	١٨
محاجر الحجر الجيرى	١٩-٢١
محاجر الحجر الرملى	٢١-٢٢
نبذة عن خطورة الترسيبات السطحية و كناتج لعوامل التلف	٢٣-٢٤
الفصل الثانى : **دراسة مقارنة لأنواع الاتساخات و البقع العالقة بأسطح الأحجار الاثريه المنقوشة :**	٢٥-٦١
عوامل التلف الداخلية	٢٦-٢٧
عوامل التلف الخارجية	٢٧
أولاً : عوامل التلف الفيزوكيميائية	٢٧-٤٧
تأثير الحرارة الناتجة عن الإضاءة الطبيعية و الصناعية	٢٧-٢٨
تغيرات درجة الحرارة	٢٨-٢٩
تغيرات الرطوبة النسبية	٢٩-٣٠
العوامل التى يتوقف عليها تأثير الرطوبة	٣٠-٣١
مصادر الرطوبة	٣١-٣٣
الأملاح	٣٣-٣٤
مصادر الأملاح	٣٤-٣٦

تأثير الرياح	٣٦-٣٧
تأثير التلوث الجوى	٣٧
تقسيم مصادر التلوث حسب التركيب الكيماوى	٣٨-٣٩
تقسيم مصادر التلوث الهوائى حسب الحالة الفيزيائية (صلبة – سائلة)	٣٩-٤٠
الملوثات الغازية :	٤٠-٤٧
١- الهيدروكربونات	٤٠
٢- أول أكسيد الكربون	٤٠
٣- ثانى أكسيد الكربون	٤١-٤٢
٤- ثانى أكسيد الكبريت	٤٢-٤٤
تأثير الأمطار الحامضية على المنشآت و المبانى و الآثار الحجرية	٤٤
٥- أكاسيد النتروجين	٤٤-٤٥
٦- الهالوجينات الغازية	٤٥-٤٦
٧- النشادر (غاز الأمونيا)	٤٦
٨- غاز الأوزون	٤٧
ثانياً: عوامل التلف البيولوجية العضوية	٤٨-٥٧
علم الكائنات الحيه الدقيقة (علم الأحياء)	٤٨
١- البكتريا	٤٨
طرق التغذية فى البكتريا	٤٩-٥٠
اهم انواع البكتريا التى تسبب تلف الآثار الحجرية	٥٠-٥١
٢- الفطريات	٥١-٥٣
اهم الأحماض التى من الممكن ان تفرزها الفطريات	٥٣-٥٤
٣- الطحالب	٥٤-٥٥
٤- الأشنة	٥٥
٥- الحشرات	٥٦
٦- النباتات	٥٧

٧- الطيور و الحيوانات	٥٧
ثالثاً : الكوارث الطبيعية :	٥٨
١- الزلازل	٥٨
٢- السيول و الفيضانات	٥٨
رابعاً : العوامل البشرية :	٥٩-٦١
أ- التلف البشرى المتعمد	٥٩
ب- التلف البشرى غير المتعمد	٦٠
١- أعمال الترميم الخاطئ	٦٠
٢- الحرائق	٦٠
٣- الحروب	٦٠-٦١
الفصل الثالث : **فحص و تحليل أهم أنواع نواتج التلف الموجودة على الأحجار المنقوشة :**	٦٢-٧٧
أهمية الفحص و التحليل للمواد و المقتنيات الآثرية	٦٣-٦٤
أهداف عمليات الفحص و التحليل	٦٤-٦٥
معايير أخذ العينة و إعدادها للتحليل	٦٦
مراحل التسجيل التى تسبق عمليات الفحص	٦٦-٦٧
أولاً: أساليب الفحص :	٦٧-٧٠
١- الفحص بالعين المجردة والعدسات	٦٧
٢- الفحص بالميكروسكوبات	٦٨-٧٠
ثانياً : أساليب التحليل :	٧٠-٧٧
١- التحليل بإستخدام حيود الأشعة السينية	٧٠-٧١
٢- التحليل بواسطة الأشعه تحت الحمراء	٧٢-٧٣
٣- التحليل بواسطة الإمتصاص الذرى	٧٣-٧٤
٤- التحليل العنصرى العضوى	٧٤
٥- إختبار قياس التغير اللونى	٧٥-٧٦

ثالثاً : العزلات البيولوجية	٧٧
الفصل الرابع : **أهم الطرق و المواد الحديثة المستخدمة فى تنظيف الاتساخات و البقع المختلفة الموجودة على أسطح الأحجار الاثريه المنقوشة :**	١٥٣-٧٨
مقدمة	٨٠-٧٩
أنواع التنظيف :	٨٤-٨٠
١- التنظيف الميكانيكى	٨٠
٢- التنظيف الرطب بالماء	٨١
٣- الصوابين و المنظفات	٨١
٤- التظيف بالبخار	٨٢
٥- التنظيف بالكمادات	٨٢
٦- التنظيف بإستخدام المذيبات العضوية :	٨٤-٨٢
أ- الكحول	٨٣
ب- الأسيتون	٨٤-٨٣
٧- التنظيف بالليزر	٨٤
٨- التنظيف بالإنزيمات	٨٤
تطور إهتمام الباحثين بالليزر فى مجال التنظيف	٨٧-٨٥
نظرة تاريخية على طبيعة الضوء	٨٩-٨٧
طبيعة الضوء	٩٠-٨٩
بنية الذرة و الطيف الكهرومغناطيسى	٩٠
خصائص الضوء والطيف الكهرومغناطيسى	٩١
الطيف الكهرومغناطيسى	٩١
أنواع الإنبعاث :	٩٢
أ- الإنبعاث التلقائى	٩٢
ب- الإنبعاث المستحث أو المحفز	٩٢
الوسط الفعال	٩٣

أنواع الوسائط الفعاله (أنواع الضخ)	٩٣
تعريف الليزر	٩٤
تركيب جهاز الليزر و انواعه	٩٥-٩٦
أنواع الليزرات المختلفة :	٩٧
١- ليزر الغازات	٩٧
٢- ليزر المواد الصلبة	٩٧-٩٨
٣- ليزر السوائل	٩٨
٤- ليزر اشباه الموصلات	٩٨
خصائص أشعة الليزر :	٩٩
١- النقاء الطيفى (التشاكه)	٩٩
٢- تركيز الأشعة (عالى الطاقة)	٩٩
٣- ترابط و تماسك فوتونات الأشعة	٩٩-١٠٠
٤- أحادية اللون	١٠٠
٥- الإتجاهية	١٠٠
٦- شدة الإضاءة العالية (السطوع)	١٠٠
تطبيقات الليزر المختلفة فى مجال الآثار :	١٠١
١- تسجيل وتوثيق الآثار بشكل ثلاثى الأبعاد	١٠١
٢- عمليات الكشف عن أصالة الفنون	١٠١
٣- إستخدام الليزر فى فحص و تحليل الآثار	١٠٢
إستخدامات الليزر فى تنظيف الآثار	١٠٣
الطرق التقليدية و مقارنتها بالتنظيف بالليزر	١٠٣-١٠٤
ميكانيكية الإزالة (تفاعلات الإزاله)	١٠٤-١٠٥
مبادئ التنظيف بالليزر (تفاعلات بين الضوء و المادة)	١٠٥
١- التفاعل الحرارى	١٠٥
٢- التفاعل الميكانيكى	١٠٥