

دراسة المخاطر المؤثرة على المباني الطينية في تل الصوان بالعراق وسبل الترميم والتدعيم

باحث ماجستير: وليد خالد قدوري
جامعة الأقصر – كلية الآثار

أ.د. بدوي محمد إسماعيل
جامعة الأقصر – كلية الآثار

أ.م. د. محمود عبد الحافظ محمد آدم
جامعة القاهرة – كلية الآثار

الملخص

تناولت هذه الورقة البحثية أهم الأسباب والمخاطر المؤثرة على المباني والأطلال الطينية بمنطقة تل الصوان بالعراق، وتعد هذه الدراسة على جانب كبير من الأهمية؛ لما تبرزه من حضارة عريقة لهذه المنطقة، كما أنها تشخص بدقة أسباب وميكانيكات التلف، وتحدد طرق العلاج المناسبة. وتتمثل أهم المخاطر – طبقاً للدراسة – في التأثيرات المناخية والعوامل البشرية، كما تعرضت كثير من الأطلال الطينية للصدمة البيئية أثناء الكشف عنها؛ مما أدى إلى تدمير العديد من هذه الأطلال. وقدمت الدراسة العديد من الفحوص والتحليل للمواد الطينية الأثرية؛ مثل التحليل بالأشعة السينية، والتصوير والدراسة بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح، ودراسة الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للطوب اللبن، وخلصت الدراسة إلى أن أفضل وسيلة لترميم هذه الأطلال الطينية هي الترميم والتدعيم الميكانيكي للأطلال الطينية باستخدام الخلطات الطينية محسنة الخواص بمواد طبيعية محلية، مما يعزز من مقاومة الطوب للعوامل البيئية.

الكلمات المفتاحية: تل الصوان، طوب اللبن، ترميم، تدعيم، تلف، أطلال طينية، مخاطر.



Study the Risks Affecting Adobe Buildings in Tell Es-Sawwan, Iraq, and Methods of Restoration and Reinforcement

MSc researcher: Waleed Khalid Qaddoori

Luxor University- Faculty of Archaeology

Prof. Dr. Badawi Mohamed Ismail

Luxor University, Faculty of Archaeology

Dr. Mahmoud Abdel Hafez Adam

Cairo University, Faculty of Archaeology

Abstract

This paper studied the most important causes and risks affecting adobe buildings and ruins in the Tell Es-Sawwan area in Iraq. This study highlighted an ancient civilization of this region, as it accurately diagnosed the causes and mechanisms of damage, and identified appropriate treatment methods. The most important risks, according to the study, are climatic influences and human factors. Moreover, many adobe ruins have been destroyed due to exposure to environmental shock during excavation. The study provided many tests and analyses of archaeological adobe materials, such as X-ray analysis, imaging and study with the scanning electron microscope (SEM), and the study of physical and mechanical properties of mud bricks. The study concluded that the best method for restoration is the mechanical and strengthening restoration by using mud mixtures modified with natural and local materials, which enhance the brick's resistance to environmental factors.

Keywords: Tell Es-Sawwan, Mud brick, Restoration, Reinforcement, Deterioration, Adobe ruins, Risk.

المقدمة

يعد التراث المعماري الطيني بمنطقة تل الصوان بالعراق على درجة كبيرة من الأهمية لما يمثله من مقياس للحضارة العريقة التي قامت على أرض بلاد الرافدين، ويوجد هذا التراث الطيني اليوم في شكل أطلال بعضها قائم على سطح الأرض، والبعض الآخر يتم الكشف عنه في الحفائر الأثرية.

وأما عن سبب اختيار هذا الموضوع للدراسة؛ فإن هذا يعود إلى حالة ذلك التراث، التي يرثى لها؛ لما يعانيه من العديد من المخاطر البيئية، إلى جانب إهمال أعمال الترميم والصيانة. وتركز هذه الورقة البحثية على أهم المخاطر التي يتعرض لها التراث المعماري الطيني في منطقة تل الصوان بالعراق، وميكانيكية تلف هذا التراث بفعل العوامل المختلفة، إلى جانب التركيز على دراسة طرق الترميم والتدعيم للأطلال الطينية باستخدام مواد محلية ذات خواص محسنة (مثل عمل خلطات من التربة المضاف إليها مواد طبيعية مثل: الرمل ونسبة قليلة من الأسمنت الأبيض المعالج والجير المطفي بأوزان ونسب محددة معينة) لاختيار أنسب هذه الخلطات في أعمال الترميم والتدعيم؛ تقديراً للظروف الاقتصادية التي تمر بها المنطقة العربية، وحفاظاً على هذا التراث المعماري من التلف والدمار.

تمهيد:

سمي تل الصوان بهذا الاسم نسبة لكثرة ما عثر فوق سطحه من بقايا أدوات وشظايا من الأحجار المتنوعة منها حجر الصوان Flint، وحجر الزجاج البركاني Obsidian، بالإضافة إلى كسر الفخار، وهذه التسمية حديثة ومتعارف عليها بين سكان المنطقة ولا علاقة لها بتاريخ الموقع^(١).

يعد موقع تل الصوان الأثري من المواقع الأثرية التي كشف فيها أطوار العصر الحجري المعدني، والأطوار الأخيرة من العصر الحجري الحديث، ويمتد تاريخ موقع تل الصوان من الفترة التي تبدأ من منتصف الألف السادسة قبل الميلاد وتنتهي في أوائل الألف الخامسة قبل الميلاد^(٢). هذا وقد أسفرت نتائج التنقيبات الأثرية في الموسم الأول بالموقع ١٩٦٨م عن وجود خمس طبقات أثرية رئيسية، ترجع الطبقات الثلاث السفلى منها إلى أواخر العصر الحجري الحديث، ثم طور حسونة القديم، وبداية فخار حسونة النموذجي الذي يستمر إلى الطبقة الرابعة ثم الخامسة^(٣). كما كشف في الطبقة الأولى من هذا التل عن مجموعات من القبور المهمة يربو عددها على مائة قبر، كما وجد فيها - بالإضافة إلى الهياكل العظمية - مجموعات ثمينة من

الأواني الحجرية، ودمى أو تماثيل صغيرة منحوتة نحتاً دقيقاً من حجر المرمر الجميل، كما وجدت مجموعة من الحلي بعضها من أحجار كريمة وشبه كريمة، مثل العقيق والزبرجد أو الفيروز، وقد حفرت هذه القبور في أرضيات بيوت الطبقة الأولى فوق الأرض البكر، ووجد في أحدها هيكل امرأة مطلي بالمغرة دفنت معها قلائد من الخرز المختلفة، من بينها خرز من النحاس الخام، والذي يلفت النظر في آثار هذه القبور كثرة ما وجد فيها من تلك التماثيل الصغيرة المنحوتة من المرمر، فقد وجد منها واحد إلى ثلاثة تماثيل في القبر الواحد، ولكن لم يعثر عليها مصاحبة للتماثيل الحجرية الأنثوية، وزين بعض تماثيل النسوة بتطعيم عيونهن بالصدف والمحار المثبت بالقبر^(٤). وفي الموسم الثاني للنتقيب، تم الكشف عن الضلع الشمالية للخنق الدفاعي، وعثر على بناية على شكل حرف T، وقد تبين بعد ذلك أن هذه البناية كانت على الأرجح مخزناً للغلال، كما عثر على عدد كبير من التماثيل الحجرية الصغيرة، وأبرزها دمية من الطين المحروق لرجل جالس بهيئة القرفصاء، وبعض القلائد، إلى جانب أواني حجرية مختلفة، وقطع من النحاس. وفي الموسم الثالث للنتقيب، تم الكشف عن بقية أجزاء الطبقة العليا، وتم الكشف عن أجزاء الطبقات التي تليها، حتى اكتمال جميع المرافق البنائية المتبقية. وفي الموسم الرابع تم الكشف عن الجدار الضخم الذي يحيط بالخنق الدفاعي، كما تم الكشف عن ثمانية أبنية ذات تخطيط بنائي موحد، وكذلك عظام حيوانات، وبعض الأدوات والآلات الحجرية، كالمجارش والمدقات والمناجل والمحاريث، فضلاً عن مجموعة من عدة الخياطة من العظم، كالإبر والمخارز، وختمين منبسطين من الطين المحروق، إضافة إلى بقايا مشط، وجرة فخارية صغيرة، وكانت غالبية الفخاريات المكتشفة من صناعة سامراء لما قبل التاريخ، وبينها الفخار الملون والمحرز والبسيط الخالي من النقوش أو الملون. أما في الموسم الخامس للنتقيب، فقد عثر على اثنتي عشرة بناية، بالإضافة إلى أكثر من عشرة أفران وتنانير، وسلتين صغيرتين، وتمثال صغير من المرمر، بالإضافة إلى أوان فخارية وأدوات زراعية. وتوالت مواسم الحفائر السادسة والسابعة والثامنة، ليكشف كل موسم عن الجديد من المكتشفات الأثرية التي تؤكد أهمية موقع تل الصوان الأثري^(٥).



(ب)



(أ)

صورة (١) أ- توضح بعض الكسر الفخارية التي عثر عليها بموقع تل الصوان، ب- توضح بعض الأواني الفخارية التي عثر عليها بموقع تل الصوان (عن: الهيئة العامة للآثار والتراث ببغداد وزارة السياحة والآثار)



(ب)



(أ)

صورة (٢) أ- توضح آنية حجرية وبعض العظام التي عثر عليها بموقع تل الصوان، ب- توضح آنية فخارية عثر عليها بموقع تل الصوان (عن الهيئة العامة للآثار والتراث ببغداد وزارة السياحة والآثار)

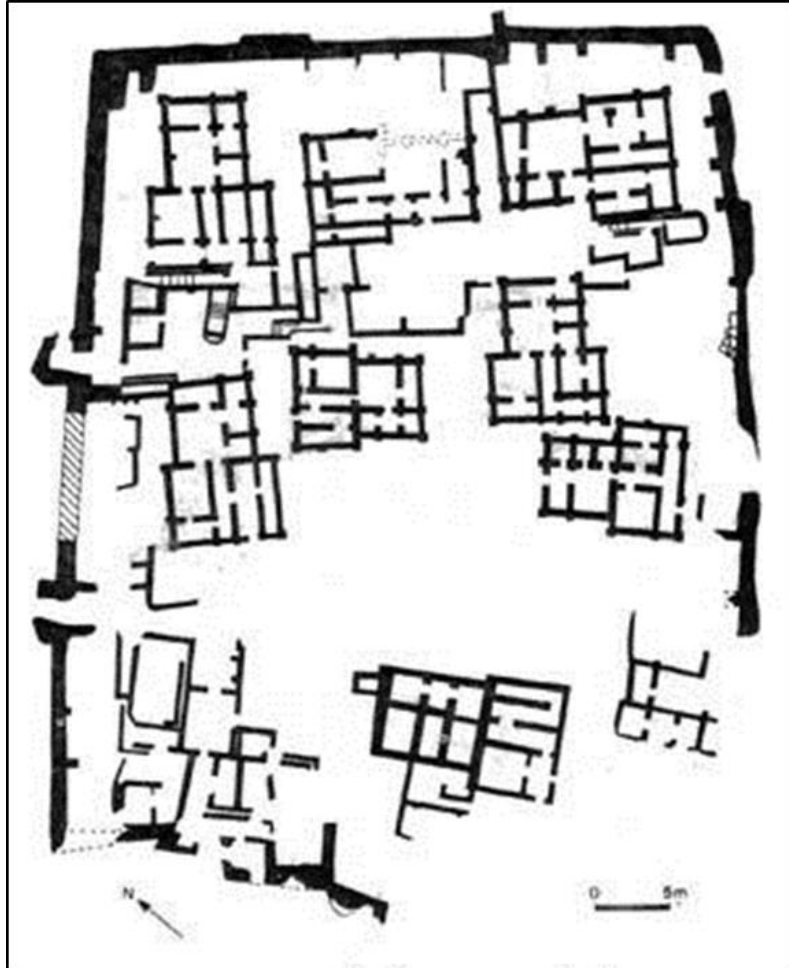


(ب)



(أ)

صورة (٣) أ- ب توضح بعض التماثيل الحجرية التي عثر عليها بموقع تل الصوان (عن: الهيئة العامة للآثار والتراث ببغداد وزارة السياحة والآثار)





صورة (٤) توضح أبنية من الطوب اللبن تم الكشف عنها بموقع تل الصوان (عن: الهيئة العامة للآثار والتراث ببغداد وزارة السياحة والآثار)

شكل (١) تخطيط المباني المكتشفة بموقع تل الصوان (عن: الهيئة العامة للآثار والتراث ببغداد وزارة السياحة والآثار)

وقد كانت المباني الطينية بالمنطقة أكثر عرضة للتلف، فضلا عن كونها لا تتحمل التأثيرات الضارة لعوامل التلف المختلفة مثل المباني الحجرية، لأن المباني الطينية شيدت بكتل من الطوب اللبن الذي يحتوي علي مواد غير متجانسة في خصائصها، ولا تتميز بالترابط القوي مثل الترابط الذي يجمع بين المكونات المعدنية للأحجار؛ لذلك تعرضت الكثير من أطلال المباني المشيدة بالطوب اللبن للتلف الشديد عند الكشف عنها في الموقع الأثري؛ إذ لم تستطع مكونات الطوب اللبن تحمل الاختلاف الشديد بين الظروف البيئية التي عاشت فيها قبل وبعد الكشف. وفي مثل هذه الحالات تعد التغيرات الحرارية من أهم العوامل المتلفة التي تتسبب في تبخر المياه الموجودة داخل مكونات الطوب اللبن، ويرجع ذلك إلي بعض العوامل الداخلية المرتبطة بتركيب الطوب اللبن وخصائصه، والتي تتسبب في سهولة تأثره بعوامل التلف الخارجية من رطوبة وحرارة ورياح وتلوث جوي وتلف بيولوجي، وأهم هذه العوامل الداخلية هو التركيب المعدني للطوب اللبن الذي يتسم بعدم التجانس التام؛ حيث إنه يحتوي أساساً علي معادن الطين (الطفلة) clay minerals وهي معادن متفاوتة في درجة تأثرها بعوامل التلف المختلفة، كما أن الطوب يحتوي ضمن ما يحتوي علي نسب متفاوتة من الحبيبات المعدنية ذات المصادر الصخرية المختلفة من صخور نارية أو رسوبية أو متحولة، وهذا الاختلاف في المصادر

الصخرية ترتب عليه بطبيعة الحال اختلاف في الخصائص الفيزيائية لتلك الحبيبات، الأمر الذي ترتب عليه وجود مظاهر تلف عديدة. كما كانت الزلازل أيضا من أهم عوامل التلف - جنبا إلى جنب مع العوامل البيئية - حيث إنها تسببت في تلف جسيم في وقت قصير، أدى إلي تدهم بعض الأبنية بأكملها وإحداث شروخ وتصدعات خطيرة في الجدران. ونظراً لأن كل عامل من عوامل التلف له تأثيراته المختلفة في عملية التلف، سواء كانت كيميائية أو فيزيائية أو بيولوجية أو ميكانيكية، وكذا نظراً للتداخل الشديد بين معظم عوامل التلف وتأثيراتها؛ فسوف نعرض في هذه الدراسة لأهم المخاطر، ومظاهر تلف الأطلال الطينية المكتشفة بحفائر تل الصوان، وميكانيكيات حدوثها، والطرق العلمية لإجراء أعمال الترميم والتدعيم للأطلال القائمة، من خلال المباحث التالية:

المبحث الأول: الزيارة الميدانية لموقع تل الصوان

تمت زيارة الموقع في يناير ٢٠١٩م، وسجلت الملاحظات الحقلية على الأطلال الطينية بموقع تل الصوان؛ حيث رصدت أهم مظاهر التلف، وذلك على النحو التالي:

١- تآكل وتفتت الأسطح الطينية

لوحظ من خلال الزيارة الميدانية للموقع تآكل في الأجزاء السطحية وتلف للطوب اللبن، ويرجع ذلك إلى ما تسببه الرياح من نحر وتغيير لدرجات الحرارة والرطوبة حول الأثر ارتفاعاً وانخفاضاً، مما يؤدي إلى تعرض المكونات المعدنية في الطوب اللبن للتفتت والتلف الشديد، كما في الصورة رقم (٥)



صورة (٥) تآكل وتفتت الأسطح بموقع تل الصوان (تم التصوير بتاريخ ٢١-١-٢٠١٩م)

٢- تفكك قوالب الطوب اللبن

يرجع تفكك قوالب الطوب اللبن إلى عدة عوامل، منها عدم التجانس الموجود في مكوناته المختلفة، وكذلك أيضاً التركيب الفيزيائي له؛ حيث إن معدلات الصلابة والتماسك بين مكونات الطوب اللبن مختلفة بدرجات متفاوتة طبقاً لما يحتويه الطوب اللبن من مكونات معدنية مختلفة، هذا بالإضافة إلى عاملي الحرارة والرطوبة اللذين يؤثران على الطوب اللبن بالسلب، إضافة إلى مياه الأمطار التي تعمل على إذابة مكونات الطوب اللبن كما في الصورة رقم (٦)



صورة (٦) تفكك قوالب الطوب اللبن بموقع تل الصوان (تم التصوير بتاريخ ٢١-١-٢٠١٩م)

٣- تزهير الأملاح

يوجد بالأطلال الطينية بمنطقة تل الصوان انفصال في الطبقات، وذلك نتيجة لتبلور الأملاح أسفلها، مما يعمل على انفصالها في صورة طبقات، كما يظهر على سطح بعض الجدران كميات من الأملاح المتزهرة، التي ربما يرجع مصدرها إلى مياه الأمطار أو الصرف الصحي أو مياه الري والزراعة المجاورة للموقع، وقد تسببت هذه الأملاح في تشويه الجدران وإحداث شروخ دقيقة بها بالإضافة إلى الأضرار البالغة الخطورة التي تسببها هذه الأملاح مع مرور الوقت كما في الصورة رقم (٧)



صورة (٧) تزهرا الاملاح بموقع تل الصوان (تم التصوير بتاريخ ٢١-١-٢٠١٩م)

٤- الانهيار الكلي والجزئي للأطلال الطينية

لوحظ من خلال الزيارة الميدانية انهيار أجزاء كثيرة من الجدران بالإضافة إلى فقدان

أجزاء من بعض الجدران الأخر كما في الصورة رقم (٨)



صورة (٨) جانب من أطلال حفائر تل الصوان، وما لحق بها من تلف بفعل العوامل البيئية (تم التصوير

بتاريخ ٢١-١-٢٠١٩م)

المبحث الثاني: أسباب وميكانيكيات تلف الأطلال الطينية بموقع تل الصوان

١- التلف الناشئ عن طبيعة المواد المكونة للأطلال الطينية **Components effect**

يعد التركيب غير المتجانس للطوب اللبن هو أحد عوامل التلف الداخلية التي تلعب دورا هاما في تلفه، ويعنى بالتركيب غير المتجانس؛ اختلاف مكونات الطوب وتتنوع مادتها، مما أدى إلى عدم التماسك الجيد بين مكونات الطوب اللبن وضعف الترابط بينها. وتختلف معدلات الصلابة والتماسك بين مكونات الطوب اللبن باختلاف ما يحتويه من مكونات فضلا عن اختلاف أساليب التصنيع عبر العصور المختلفة ونوعية المادة المضافة إليه أثناء التصنيع، ولذلك يمكن أن يتعرض الطوب لتلف شديد أكثر من غيره من مواد البناء الأخرى في نفس الظروف الجوية^(٦). وينشأ أيضا عن عدم تجانس مكونات الطوب اللبن العضوية وغير العضوية - التي تتأثر فيزيائيا وكيميائيا وبيولوجيا بصور مختلفة مع عوامل التلف الفيزيوكيميائي والبيولوجي - مظاهر تلف متفاوتة الخطورة، كما أن اختلاف مكونات الطوب اللبن واختلاف أشكالها البلورية أدى إلى تميز كتل الطوب اللبن بمعدلات مسامية وصلادة ولدونة وقوة تحمل ميكانيكي تختلف من كتلة إلى أخرى، وهذا يعد من أهم عوامل التلف الداخلية إذا ما تعرضت كتل الطوب اللبن لعوامل التلف المختلفة. ولاشك أن عدم إتقان صناعة الطوب اللبن وعدم اختيار المواد المناسبة للصناعة كل ذلك يزيد من معدلات التلف الداخلية بالطوب اللبن^(٧). وتتكون الأطلال الطينية من العديد من معادن الطفلة مثل: الكاولينيت، والمونتموريلينيت، والإليت، وهذه الأنواع من المعادن الطينية تتفاعل مع الرطوبة بطرق مختلفة، وينتج عن ذلك حدوث ظاهرتي الانتفاش والانكماش لتلك المعادن، ويزداد هذا التلف في وجود الأملاح، مثل ملح كلوريد الصوديوم، وغالبا ما تأخذ حبيبات هذه المعادن الشكل الطبقي ولذلك تنفصل على هيئة قشور أو رقائق^(٨).

٢- الصدمة البيئية **Environmental shock**

إن فهم بيئة الدفن مهم لمعرفة تأثيراتها على المواد الأثرية المدفونة بها، كما أن فهم خواص بيئة التعريض يكون مهما لتحقيق الوقاية للمكتشفات من عوامل التلف الموجودة في هذه البيئة. وتختلف بيئة التعريض عن بيئة الدفن في العديد من الخصائص اختلافا كبيرا. ولا شك أن الأطلال الطينية تكون أكثر عرضة للتلف نتيجة الكشف عنها لكونها لا تتميز بالترابط القوي الذي يربط بين المكونات المعدنية للأحجار، لذلك تعرضت الأطلال الطينية بمنطقة تل الصوان للتلف الشديد عند الكشف عنها؛ حيث لم تستطع مكونات الطوب تحمل الاختلاف الشديد بين الظروف البيئية التي عاشت فيها سنوات طويلة قبل الكشف، وبين بيئة التعريض ذات الظروف المغايرة. وفي مثل هذه الحالات تعد حرارة الجو واختلاف معدلاتها من أهم العوامل المتلفة التي

تتسبب في تبخر المياه داخل مكونات الطوب اللبن؛ حيث تعرضت كتل الطوب اللبن لاختلاف في الأبعاد نتيجة تبخر المياه وتقلص حجم الحبيبات المعدنية، كما تعرض الطوب إلى الشقوق والشروخ، وتحول في النهاية إلى مادة فاقدة التماسك، وفي سياق تناولنا لتأثير العوامل البيئية (المناخية) كتأثير التغيرات الحرارية والرطوبة... الخ، يمكن فهم ميكانيكية التلف بفعل الصدمة البيئية وخطورتها؛ كما أن الكشف غير المستند إلى أسس علمية أدى أيضا إلى تعزيز تأثير الصدمة البيئية^(٩).

٣- التغيرات الحرارية Thermal changes

الحرارة هي أحد عناصر المناخ، بل أهمها جميعاً لأنه إلى جانب آثارها المناخية المباشرة فإن لها تأثيراتها المتباينة علي كافة عناصر المناخ الأخرى؛ حيث يتوقف عليها مثلاً توزيع مناطق الضغط التي يترتب علي تباينها هبوب الرياح، كما يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى انخفاض الرطوبة النسبية والعكس^(١٠). وقد نتج عن تعرض الأطلال الطينية بتل الصوان لتغيرات كبيرة ومفاجئة في درجات الحرارة أنماط من التلف تختلف في نوعيتها وكيفية حدوثها باختلاف الظروف التي تتواجد فيها، وسوف نتحدث عن أسباب وكيفية التلف بفعل عامل التغيرات الحرارية في حالتين هما: عند الكشف عن الأطلال (أي عند استخراجها من التربة) وعند وجودها على سطح الأرض، ومن الثابت أن الأطلال الطينية عندما تكون مغمورة في باطن الأرض، فإنها تصل بمضي الوقت إلى حالة اتزان مع الظروف المحيطة بها، وعند الكشف عنها فإن هذا التوازن يختل فجأة؛ حيث تتصف هذه المباني بالثبات النسبي في الرطوبة وهي في باطن الأرض، وعند الكشف عنها وتعرضها لدرجات حرارة عالية تفقد الماء الحر المحبوس في المسام؛ ويترتب على ذلك بطبيعة الحال حدوث انكماش كبير في حجم قوالب الطوب اللبن وملاط الحوائط، ينتج عنه عادة شروخ رأسية في جميع أجزاء المبنى^(١١).

والواقع أن تعرض الأطلال الطينية بتل الصوان للتغيرات المستمرة في درجات الحرارة يكون شديد الضراوة في تلف تلك الأطلال خاصة تلك التغيرات اليومية، كما أن التغيرات اليومية المفاجئة في درجات الحرارة يكون له أكبر الأثر في علميات تلف الأطلال الطينية (الصدمة البيئية) وذلك بالمقارنة بالتغيرات الموسمية وذلك راجع إلى عمليات التمدد والانكماش؛ حيث يكون سطح الطوب في حالة تمدد بينما لا يزال عمقه في حالة انكماش نهاراً، والعكس ليلاً، وما يصاحب ذلك من حالة عدم الاستقرار التي يصبح عليها الطوب، وبتكرار هذه العملية فإنها تضعف التركيب البنائي للطوب حيث تتجه الطبقة أو القشرة السطحية للانفصال عن السطح الذي يدونها - أحيانا تظهر بعض الشروخ الدقيقة - والذي يكون أبرد بطبيعة الحالة، وذلك في

صورة قشور، وتسمى هذه العملية بالتقشر^(١٢)، والصورة رقم (٩) توضح تقشر الطبقات السطحية للأطلال الطينية بتل الصوان.



صورة (٩) تقشر الطبقات السطحية للأطلال الطينية بتل الصوان (تصوير الباحثين)

وفي حالة الأطلال الطينية متعددة مواد البناء (التي يدخل الحجر أو الخشب من المواد في بنائها) فإن الأمر يكون أشد خطورة؛ حيث يختلف معامل التمدد والانكماش الحراري للمواد المختلفة مثل الأحجار، الطوب اللبن، الأخشاب، ومن ثم يختلف سلوك كل مادة تجاه هذه التغيرات الحرارية، مما يؤدي إلى تنوع أشكال التلف الناتجة عن التغير المستمر في درجات الحرارة^(١٣).

٤- تأثير الرطوبة Moisture effect

تعد الرطوبة من العوامل الأساسية في تلف مكونات البناء المسامية المختلفة، وقد وجد أن أعلى نسبة للرطوبة يمكن أن توجد في الحوائط من ٣ - ٥ %، وفي الحوائط المبللة جداً أو الرطبة تصل إلى ٢٠% وتوجد بنفس النسب في المونة، وتؤدي الرطوبة الموجودة في مواد البناء

إلى إذابة ما بها من أملاح وتحريكها نحو السطح وتبلورها في هذا المكان، كذلك تؤدي الرطوبة العالية إلى إذابة بعض مكونات المونة والمواد الرابطة داخل مادة البناء مما يؤدي إلى ضعفها^(١٤).

أما عن أهم مصادر الرطوبة فتتمثل في مياه التكثف، ماء المطر، المياه تحت السطحية، مياه الصرف الصحي، مياه الري والزراعة، الرطوبة النسبية relative humidity، ويعد الجو جافاً إذا كانت الرطوبة النسبية أقل من ٥٠٪، بينما يعد الجو متوسطاً إذا كانت الرطوبة بين ٦٠ - ٧٠٪، ويعتبر الجو رطباً أو شديد الرطوبة إذا زادت النسبة عن ٧٠٪^(١٥).

هذا، وتلعب الرطوبة بمصادرها المختلفة دوراً فاعلاً في تلف المنشآت والأطلال الطينية، فالأمطار والسيول التي تحدث تتسبب في انهيار العديد من المباني الطينية، وتؤدي إلى بري ونحر الجدران الطينية، كما تعمل المياه المتسربة من الري الزراعي والصرف الصحي - سواء بالتأثير المباشر على المباني أو نتيجة التسريب داخل التربة - على تحلل الأساسات والجدران الطينية، ومن ثم حدوث تصدعات وتداعيات أو ربما انهيار المبنى الطيني أو أجزاء منه، كما حدث بالأطلال الطينية بموقع تل الصوان، ومما يزيد من خطورة فعل المياه؛ كون التربة في كثير من المواقع الأثرية من نوع التربة الطينية التي تتميز بالانتفاش والانكماش نتيجة عمليات البلل والجفاف المتكررة. والماء هو أشد العوامل عدوانية للمباني الطينية، فالماء يعمل على تحلل الطوب اللبن تحللاً كاملاً بسبب ما يحدث لمعادن الطين - التي تعد المكون والرابط الأساسي لمكونات الطوب اللبن - من انتفاش بسبب امتصاص المياه، ثم انكماش بسبب ظروف الجفاف، وتكرار دورات التمدد والانكماش يؤدي إلى تفتت الطوب وتحلل مكوناته، وفي كثير من المباني الطينية التي تتعرض للتأثير المباشر لمياه الأمطار - كما في موقع تل الصوان - أو مياه الري والصرف ونحوها؛ تتحول كتل الطوب اللبن إلى ما يشبه العجين؛ حيث ضاعت معالم الطوب نتيجة التحلل بفعل المياه^(١٦)، والصورة رقم (١٠) توضح انهيار الجدران الطينية بتل الصوان وضياع معالمها بفعل تأثير مصادر الرطوبة.



صورة (١٠) انهيار الجدران الطينية وضياح معالمها بفعل الرطوبة (تصوير الباحثين)

ومما لا شك فيه أن الرطوبة تساعد على نمو الكائنات الحية الدقيقة وتساعد على سرعة نموها وتكاثرها، كما أن الحشرات تحصل على الماء من خلال الامتصاص من الأسطح الرطبة، وتتأثر فسيولوجية الحشرات بمستويات الرطوبة، فمعدل وضع البيض وفترة النمو تكون على أحسن حال عندما تكون نسبة الرطوبة النسبية ٧٠ %، والرطوبة النسبية المنخفضة ليست في صالح وضع البيض والنمو وطول العمر بين الحشرات، ويترتب على ذلك أن الجفاف الدوري قد يقلل من نمو الحشرات التي اعتادت الرطوبة العالية والمعتدلة، كذلك بعض الكائنات الحية الدقيقة، كما ثبت أن كثيراً من أنواع الفطريات والطحالب تفضل النمو على الأسطح الرطبة أو أسفل هذه الأسطح^(١٧).

ونظراً للطبيعة الخاصة التي يتميز بها التركيب البنائي أو الفيزيائي لطفلة الطوب اللبن، فإنها عند تعرضها لأي مصدر من مصادر الرطوبة فإنها تمتص قدراً من هذه الرطوبة أو يحدث للماء امتصاص ويترتب على ذلك أضرار فيزيوكيميائية خطيرة داخل الطوب حيث يفقد الطوب قوته الميكانيكية نتيجة تأثير بعض المكونات بالماء، كما تتسبب هذه الرطوبة في تحلل المواد العضوية الرابطة داخل الطوب وتحويلها إلى مواد صالحة لنمو الكائنات الحية الدقيقة، كما تلعب هذه الرطوبة دوراً فعالاً في إذابة الأملاح المتبلورة وانتقالها داخل الأماكن المختلفة مما يترتب عليه حدوث مزيد من مظاهر التلف^(١٨).

هذا، وتلعب دورات البلل والجفاف (نتيجة الأمطار الشتوية والحرارة الصيفية) دورا بارزا في تلف الأطلال الطينية بتل الصوان؛ حيث دائما ما تغطي الأسطح المكشوفة من مواد البناء بطبقة رقيقة من المياه، التي غالبا ما تكون رقيقة جدا بحيث تسمح للمياه بالتسرب من فوق السطح إلى الداخل، وتتكون هذه الطبقة الرقيقة من المياه بواسطة التكاثف، أو بواسطة تساقط قطرات المياه العالقة في الهواء، مثل رذاذ المطر أثناء المطر، أو الضباب، والمياه في هذا الشكل قد تسبب العديد من المشاكل أكثر من تأثير مياه الأمطار التي تصطدم بالأسطح المعرضة، كما أن مياه الأمطار غالبا ما تكون حمضية، لأن الهواء يحتوي على غاز ثاني أكسيد الكربون، الذي يذوب في الماء مكونا حمض الكربونيك وهو حمض ضعيف نسبيا، إلا أن وجود الماء يجعل معادن الطين أكثر ليونة وأكثر تضخما من المعادن الأصلية، وبالتالي عند اتصال الماء الدائم بالطبقات السطحية، فإنها تصبح طرية ومنتفشة مما يؤدي إلى حدوث تحلل شامل في الأسطح الخارجية^(١٩).

وللرطوبة بأنواعها المختلفة تأثير ميكانيكي ضار على الأطلال الطينية بتل الصوان، وتعد الأمطار أهم مصادر الرطوبة، ويترتب على سقوط الأمطار الغزيرة وارتطامها بالأسطح الرأسية للأطلال الطينية غسل ونزح للقشرة السطحية وحفر قنوات شعرية بالطبقات الخارجية للجدران وتعرية الأجزاء السفلى منها بفعل رشاش الماء المحمل بالطين، الذي ينتج عن ارتطام مياه الأمطار الغزيرة بسطح الأرض، ويزداد تأثير مياه الأمطار حدة إذا كانت مصحوبة بالعواصف، وبالإضافة إلى ذلك فإن مياه الأمطار تذيب الأملاح والمواد الرابطة وتحملها إلى الأسطح المكشوفة؛ حيث تترسب بها عندما يجف الماء بالبخار، ويترتب على إذابة الأملاح ثم تبلورها تفتت الطبقات الخارجية للأسطح بفعل الضغوط الموضعية الهائلة التي تصاحب عملية التبلور، أما نزح المواد الرابطة فيؤدي مع تكراره إلى إضعاف بنية قوالب اللبن وتحولها مع الوقت إلى أجسام هشة قليلة المقاومة للأحمال والضغط مما يؤدي إلى تصدع الأطلال^(٢٠). وتعتمد قوة قطرات مياه الأمطار على عدة عوامل تتمثل في قطر القطرات وسرعة الرياح التي تقذفها واتجاهها بالنسبة لسطح المبنى، ويزداد تأثيرها خطورة بعد مرحلة البلل الأولى؛ حيث تفقد حبيبات الطفلة تماسكها، وبذلك لا تستطيع مقاومة الضربات المتلاحقة للقطرات التي تقذفها مياه الأمطار، وبذلك تفقد تماسكها مع الحبيبات أسفلها، وتزاح من أماكنها مع تيار المياه الناتج، كما تؤدي إلى فقد التماسك السفلي للجدران، مما يتسبب في انهيار المبنى كما تؤثر مياه الأمطار على قمة البناء مسببة حدوث شروخ وصدوع عميقة في الأجزاء العليا للبناء. والصورة رقم (١١) توضح انهيار أجزاء من الجدران وتأثر قمم الجدران^(٢١)، كما توضح الصورة رقم (١٢) حدوث شقوق وشروخ بالجدران نتيجة دورات البلل والجفاف.



صورة (١١) انهيار أجزاء من الأطلال الطينية بتل الصوان وتأثر قمم الجدران بفعل مياه الأمطار (تصوير الباحثين)



صورة (١٢) حدوث تشققات وشروخ بالأطلال الطينية بتل الصوان نتيجة دورات البلل والجفاف (تصوير الباحثين)

كما أن الأطلال الطينية بعد توقف سقوط الأمطار تكون قد تشربت كمية كبيرة من المياه، وبفعل هذه المياه تنتفش حبيبات الطفلة الطينية وتزداد حجما وتشكل ضغوطا رهيبه على الأسطح الخارجية للجدران، وعند فقد المياه بالبخر تعود هذه الحبيبات إلى حجمها الطبيعي، ومع تكرار عملية الانتفاش والانكماش تصاب الجدران بشروخ نافذة وتتساقط طبقاتها السطحية في صورة قشور وينفصل عنها ملاط الحوائط^(٢٢). ويلاحظ أن كل الطفلات الطينية تصبح لدنة عند البلل، لأن البلورات الدقيقة تنزلق من فوق بعضها تحت أقل ضغط، وإذا أضفنا مياه أكثر إلى الطينة المبللة فإن بلوراتها تتفكك تفككا كاملا وتصبح منتشرة أو متفرقة^(٢٣).

٥- تأثير الأملاح Salts effect

تعد الأملاح من أهم المشاكل التي تواجه الأطلال الطينية بتل الصوان، وذلك لأن المصادر الأساسية للأملاح والأسباب التي تؤدي إلى تكوينها وسرعة نمو بلوراتها تتوافر في بيئة تل الصوان، وذلك نظرا للتركيب المسامي للطوب اللبن المستخدم في البناء أو في وجود الرطوبة النسبية المرتفعة، مما يجعل محاليل هذه الأملاح تتجه إلى السطح، وعند ارتفاع درجات الحرارة تتبلور سواء داخل المسام أو على الأسطح مما يؤدي إلى تساقط الطبقة السطحية^(٢٤).

وتتعدد مصادر الأملاح بموقع تل الصوان، فربما تكون ضمن مكونات البناء أو نتيجة تحلل هذه المواد نتيجة تفاعلها مع العوامل الكيميائية المختلفة، كذلك ربما تكون المياه الأرضية مثل مياه الصرف، ومياه الرش والنتش، أحد مصادر الأملاح، وخاصة أملاح الكربونات والكبريتات والكلوريدات والنترات، كذلك قد يكون نتيجة بخر مياه البحر مثل ملح كلوريد الصوديوم، كما يمكن أن تكون نتيجة مخلفات الطيور والخفافيش والنحل البري، ويمكن أن تكون نتيجة عمليات ترميم خاطئ، بسبب المخلفات المتبقية من المواد الكيميائية المستخدمة في الترميم السابق، أو استخدام الأسمنت البورتلاندي في عمليات الترميم، كذلك ربما تكون نتيجة غازات التلوث الجوي، أو مياه الأمطار^(٢٥). وتختلف الأشكال البلورية للأملاح سواء المتبلورة بداخل مادة الأثر أو فوق سطحها، وتتوقف هذه الأشكال على عدة عوامل منها نوعية الملح وتركيزه وحجم المسام ومعدلات الرطوبة والحرارة في الوسط المحيط. ومن أشكال التبلور الملحي ما يلي^(٢٦):

- التزهير الزغبى: وهو عبارة عن بلورات ملحية متفرقة وغير متماسكة في شكل شعيرات طولية تشبه الألياف الإبرية، سهلة الإزالة عن طريق النفخ.
- التزهير المسحوق: يأخذ شكل البلورات الدقيقة جدا حيث تكون إما متجمعة أو مفككة، وغالبا ما تكون في طورها اللامائي وذو لون أبيض.

- قشور ملحية: عبارة عن قشور تظهر في شكل تجمعات محكمة التماسك لملاح واحد أو أكثر، ويحدث التزهير إما على السطح أو أسفله، وغالبا ما تكون هذه الأملاح شحيحة الذوبان في الماء مثل أملاح الكربونات والكبريتات، إلا أنه في بعض الأحيان يظهر هذا الشكل لأملاح قابلة للذوبان.
- قشور جبسية: لا توجد هذه الأملاح في الغالب على الأسطح المعرضة للغسل والنزح بفعل الأمطار لكنها تتواجد أسفل السطح حيث تتراكم الأملاح الجبسية في صورة طبقات من القشور المتجمعة في مناطق متفرقة.
- قشور الكالسيت: تظهر بلورات هذه الأملاح في صورة حزمية في شكل بلورات مكونة من أملاح إبرية متجمعة مع بعضها ومتوازية وذات بلورات منشورية.
- قشور أملاح الماغنيسيوم المائية: تظهر هذه الأملاح في صورة منشورية منتظمة أو في صورة بلورات كروية دقيقة جدا وغالبا ما تتواجد هذه الأملاح مع أملاح كربونات الصوديوم والبوتاسيوم.
- أملاح ذات بثور: تتشابه هذه الأملاح مع قشور الأملاح ولكنها توجد في صورة بثور على مساحات صغيرة ومحدودة، وهي عبارة حبيبات متساوية الأحجام وتشبه الإبر.

وتلعب الأملاح دوراً كبيراً في تلف الأطلال الطينية بتل الصوان بإحدى طريقتين؛ الأولى: وهي الأملاح الذائبة التي تجذب الماء السائل بالخاصية الأسموزية، أو بخار الماء بالخاصية الهيجروسكوبية، كل هذا يؤدي في النهاية إلى زيادة المحتوى الحرج للماء. والطريقة الثانية: الأملاح الذائبة التي تتبلور عند تبخر المياه وتحدث تزهير للأملاح وتحلل للأسطح^(٢٧). كما تؤدي الضغوط الموضعية التي تصاحب عملية تبلور الأملاح إلى تفتت هذه السطوح وسقوط طبقاتها الخارجية، إما على هيئة حبيبات أو على هيئة قشور^(٢٨).

٦- عوامل التلف البيولوجي Biological factors

مما لا شك فيه أن دراسة تأثير التلف البيولوجي على الأطلال الطينية المكتشفة بحفائر تل الصوان تعد من الموضوعات المهمة، التي لا يتعرض لها كثير من الباحثين والمهتمين في مجال ترميم وصيانة الآثار، وذلك بالرغم من خطورته البالغة. ويمكن القول بأن التلف البيولوجي يعد من أهم العوامل المتلفة للتركيب الفيزيائي للأطلال الطينية الأثرية بمنطقة تل الصوان، ويضم التأثير البيولوجي المتلف للأطلال الطينية بتل الصوان كلا من تأثير الحيوانات، والنباتات،

والطيور، والحشرات، والكائنات الحية الدقيقة. وتحتوي الأطلال الطينية على مكونات تجعلها أكثر عرضة لتأثير التلف البيولوجي، كما تسرع هذه المكونات من نمو البكتريا والفطريات والطحالب والأشنه على السطح. وقد ثبت أن معظم الكائنات الحية الدقيقة على صلة وثيقة بعوامل التلف الأخرى وكلا منها يتعاون في سبيل إحكام دائرة التلف للأطلال الطينية؛ حيث تقوم الكائنات الحية الدقيقة بأكسدة ومهاجمة المواد العضوية وغير العضوية الموجودة في أطلال الطوب اللبن، ولذا فقد اتفق الباحثون في مجال ترميم وصيانة الآثار على أن دراسة الدور المتلف لعوامل وقوى التلف التي تهاجم الآثار بشتى أنواعها ومكوناتها تعد أولى خطوات العلاج السليم، وذلك من خلال دراسة مظاهر التلف الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية^(٢٩).

ويتمثل التلف البيولوجي الواضح على الأطلال الطينية بتل الصوان في تأثير الحيوانات والزواحف بشكل مباشر على التراث الطيني، واتخاذ الحجور والأنفاق مسببة خلخلة في اتزان تلك الأطلال وانهارها بمرور الوقت، هذا إلى جانب التأثير المتلف للنباتات والطيور والحشرات، وما ينتج عنها من إفرازات حمضية ضارة ومشوهة خاصة مع مرور الوقت وإهمال أعمال الصيانة، كما وجد تأثير واضح لعوامل التلف الميكروبيولوجي بفعل الكائنات الحية الدقيقة؛ حيث توجد العديد من العوامل التي تساعد على نمو هذه الكائنات في الموقع، ومن هذه العوامل: التغير في درجات الحرارة، ارتفاع الرطوبة النسبية. ومن أهم الكائنات الحية الدقيقة التي تؤثر على المباني الأثرية بصفة عامة والأطلال الطينية بمنطقة تل الصوان بصفة خاصة ما يلي^(٣٠):

أ- البكتريا

تستمد الكائنات الحية الدقيقة ومنها البكتريا طاقتها الضرورية لاستمرار حياتها ومباشرة نشاطها ونموها من خلال التفاعلات الكيميائية غير العضوية المتمثلة في تأكسد واختزال كثير من المعادن والمركبات المختلفة في التربة وينتج من هذه التفاعلات تكون أحماض متلفة من حيث القوة والضعف التي تلعب دورا هاما في تلف مواد البناء المختلفة، ومن العوامل الطبيعية المؤثرة على نمو البكتريا ما يلي:

* **الغذاء:** حيث تحتاج البكتريا إلى عدة مواد غذائية تستخدمها في بناء أجسامها أو في أكسبتها للحصول على الطاقة لتأدية الوظائف الحيوية. ومعظم أنواع البكتريا غير ذاتية التغذية أي لا تستطيع صنع غذائها بنفسها، ويمكن تقسيم البكتريا على أساس الاحتياجات الغذائية إلى: بسيطة الاحتياجات، ومعقدة الاحتياجات، ومن أهم العناصر التي تحتاجها البكتريا في تركيبها: الهيدروجين، الأكسجين، الكربون، النيتروجين، الكبريت، الفسفور، الماغنسيوم^(٣١).

* **الرطوبة النسبية:** يكون الماء ٧٠ - ٩٠ % من مكونات الخلية البكتيرية؛ حيث إن الماء

ضروري لحياتها ليذيب المواد الغذائية للخلية وليعمل على طرد المواد التالفة خارجها والرطوبة المناسبة للنمو تتراوح بين ٦٠ - ٨٠ %.

***التهوية:** حيث تنقسم الكائنات الحية الدقيقة ومنها البكتريا بالنسبة لحاجتها للأكسجين الحر إلى^(٣٢):

- هوائية إجبارية: تستخدم الأكسجين الحر في الأكسدة والاختزال أثناء عملية التنفس.
- لا هوائية إجبارية: لا تحتاج في نموها للأكسجين وتتمو أفضل في غيابه.
- بكتريا اختيارية: تستطيع النمو في غياب أو وجود الأكسجين.
- محبة للهواء بكمية قليلة: تنمو في وجود كميات ضئيلة من الأكسجين في الوسط الذي تتواجد به .

* **درجة الحرارة:** لكل نوع من البكتريا ثلاث درجات حرارة تحدد نموها وهي كالتالي^(٣٣):

- درجة حرارة صغرى: لا يبدأ النمو عند أقل منها.
 - درجة حرارة مثلى: وهي الدرجة المناسبة للنمو وتتراوح ما بين ١٨ - ٣٨ درجة مئوية.
 - درجة حرارة قصوى: لا تستطيع النمو عند أعلى منها.
- * **الأس الهيدروجيني^(٣٤):** لكل نوع من البكتريا مدى محدد من الأرقام الهيدروجينية يشبه مدى درجة الحرارة تستطيع أن تواصل النمو فيها، وبصفة عامة فإن البكتريا تفضل الوسط القاعدي، * **الضوء:** لا تفضل البكتريا الضوء فهو ضار وقد يتسبب في قتلها خلال بضع ساعات ما عدا البكتريا ضوئية التغذية الذاتية.

* **ثاني أكسيد الكربون:** يحتاجه جميع أنواع البكتريا بكمية قليلة لتنمو نموا طبيعيا؛ حيث يستخدم كمصدر للكربون، ووجوده بوفرة تؤخير نمو بعض أنواع البكتريا.

ب- **الفطريات^(٣٥):**

الفطريات كائنات دقيقة حقيقية النواة غير ذاتية التغذية وهي أقرب في صفاتها وشكها العام إلى النباتات عن الحيوان، والفطريات تختلف عن الطحالب في خلوها من صبغ الكلورفيل ولذلك لا تستطيع العيش مستقلة بل تعتمد علي مصادر غذائية من المواد العضوية التي تقوم بتحليلها بواسطة إفراز الإنزيمات التي تقوم بتحليل المواد المعقدة. وتتعدد مصادر طعامها من التربة، فبعض الفطريات تعيش على تحليل البقايا النباتية وبقايا الأجسام الحيوانية وتسمى مترممه أو تعيش متطفلة على محتويات الخلايا الحية النباتية أو الحيوانية، وقد وجد أن الماء يكون الجزء الأكبر من الفطر ويمثل حوالي ٩٨ % من وزن الفطريات، وتنتشر الفطريات في التربة والهواء

وتعيش قلة منها في الماء، ويبلغ عدد الفطريات التي تم وضعها ومعرفتها حتى الآن ما يقرب من ٨٠٠ جنس، وتضاربت الآراء نحو عدد الأنواع التي تتضمنها والتي تتراوح ما بين ٤٠,٠٠٠ إلى ١٠٠,٠٠٠، وتقوم الفطريات بإفراز أنزيمات وأحماض عضوية تعمل على إذابة المكونات المعدنية والعضوية لأطلال الطوب اللبن وتحويلها إلى مواد كربوهيدراتية تمتصها الفطريات، كما يمكن أن تعمل الفطريات على كسر الروابط الكيميائية من هذه المكونات المعدنية والعضوية الموجودة بأطلال الطوب اللبن وتحويلها إلى غذاء وينتج عن هذا النوع ألوان مختلفة على سطح الطوب اللبن وخاصة اللون الأسود. وربما تنمو هذه الفطريات أسفل السطح مما يؤدي في النهاية إلى انفصال الطبقات الخارجية للملاط الطيني، كما تساعد الأحماض الفطرية على هجرة الأملاح الذائبة في الماء داخل الأطلال الطينية إلى السطح مما يؤدي إلى حدوث تفتت للطبقات السطحية من الأطلال الطينية^(٣٦).

ج- الطحالب:

تهاجم الطحالب أسطح المباني الأثرية والأطلال الطينية وخاصة الأسطح المبتلة أي أنها تنمو في ظل وجود ظروف عالية الرطوبة. ولفظ الطحالب يعني الكائنات الحية الكلورفيلية؛ حيث تتميز هذه الكائنات باحتوائها على الكلورفيل ولذلك فهي كائنات تقوم بعملية التمثيل الضوئي ومنها تحصل على الطاقة اللازمة لها، وتقوم الطحالب بعملية تغير وتشويه معدني للمكونات المعدنية للطوب اللبن، ونادراً ما تتوغل الطحالب أسفل أسطح المباني التي تنمو فوقها لذلك فإن نشاطها يقتصر على أسطح هذه المباني، ويعرف التلف الناشئ عن نمو الطحالب في هذه الحالات بالتلف السطحي وخاصة فهي وجود الرطوبة النسبية العالية، حيث يحدث نمو هذه الطحالب على الأسطح ثقوب متجاورة تشوه المظهر الخارجي لتلك السطوح كما أن هذه الطحالب، إذا نمت بكميات كبيرة أسفل سطح مواد البناء فإنها تؤدي إلى تقشر هذه الأسطح^(٣٧).

د- الأشنة:

الأشنة كائنات دقيقة تنمو على أسطح المباني في شكل مستعمرات يمكن رؤيتها بالعين المجردة وتتكون الأشنة نتيجة اتحاد الفطريات والطحالب وهذه العلاقة التكافلية تعني أن الأشنة تستطيع مقاومة ظروف الجفاف أو الرطوبة الشديدة، حيث تتميز الأشنة بقدرتها على تحمل الجفاف التام لفترة طويلة كما تتحمل البرودة أو الحرارة الشديتين، وتنمو أفضل في الجو الرطب، وتنمو الأشنة على الأسطح المبتلة حيث يتأثر نموها بالضوء المباشر ودرجة الحرارة المعتدلة

والرطوبة الثابتة والهواء الجوي النقي والرياح^(٣٨). هذا وتؤدي الأشنة إلى التشوه والتفتت المعدني لأطلال الطوب اللبن، مما يتسبب في انفصال أجزاء منها بمرور الوقت، كما أن بعض الأنواع من الأشنة تقوم بالتغذية على المواد العضوية الموجودة بالطوب اللبن، كما تعمل بعضها على تشويه السطح عن طريق تكوين بقع بيضاء، وهناك أنواع تعمل على امتصاص غازات التلوث الجوي، مما يؤدي إلى حدوث تلف فيزيو كيميائي للأطلال الطينية، كما يمكن أن تترسب هيفاتها داخل المسام مما يؤدي إلى حدوث تفتت للطوب اللبن، وإذا كان التلف الناتج عن هجوم الأشنة يتم في صورة بطيئة، إلا أن بعض الأشنة تشوه السطح عن طريق تكوين طبقات إسفنجية ذات لون رمادي، وهذه الأنواع تتميز بقدرتها على امتصاص الرطوبة من الجو والمياه^(٣٩).

وبذلك تتضح خطورة الكائنات الحية الدقيقة على الأطلال الطينية لما تفرزه من أحماض عضوية من أهمها، حمض الكبريتيك، حمض النيتريك، وغيرها من الأحماض الأخرى، حيث تتفاعل الأحماض التي تفرزها الكائنات الحية الدقيقة مع المركبات المكونة للأطلال الطينية فتحدث بها تحولاً كيميائياً خطيراً. ولقد كان تأثير التلف البيولوجي من أهم وأخطر العوامل التي أدت إلى تلف وتدمير الأطلال الطينية بمنطقة تل الصوان، وقد تنوعت مصادر هذا التلف، فقد تضررت الأطلال الطينية بسبب النباتات التي تنمو بالقرب من الأطلال الطينية أو بداخلها، حيث يكمن الخطر في نمو النباتات في منطقة الآثار وتأثير جذور هذه النباتات على أساسات المباني، بالإضافة إلى تشويه الأسطح نتيجة لنمو النباتات عليها، كما أن جذور هذه النباتات تفرز إفرازات حمضية تترك على الأسطح علامات تسمى بعلامات الجذور، كما أن هذه الأحماض تؤثر على أساسات وجدران المباني، كما أن نمو هذه النباتات على سطح الحوائط أو خلالها يزيد من الشقوق الموجودة، كذلك يولد ضغطاً على الحوائط التي تحمل طبقات الملاط، مما يؤدي إلى انفصال طبقات الملاط، كما أن نمو النباتات في مناطق الآثار يساعد على زيادة الرطوبة في الجدران، كما أنه يؤدي إلى تكثيف غاز الأكسجين على الأسطح نتيجة لعملية التمثيل الضوئي مما يساعد في عملية الأكسدة^(٤٠)، والصورة رقم (١٣) توضح نمو النباتات بموقع تل الصوان بشكل كثيف.



صورة (١٣) نمو النباتات بشكل كثيف بموقع تل الصوان (تصوير الباحثين)

كما تتسبب الحشرات الضارة كالعثة والخنافس والنمل في تلف الأطلال الطينية الأثرية عن طريق الأعشاش التي تبنيها على أسطح تلك المباني وغالباً ما تكون هذه الأعشاش أماكن مناسبة لنمو الكائنات الحية الدقيقة وتكاثرها والتي تلعب دوراً هاماً في تلف الأطلال الطينية كما ذكر سابقاً^(٤١). كما تقوم حشرة النمل الأبيض بحفر أنفاق في التربة أسفل المباني المبنية من الطوب اللبن، مما يؤدي إلى حدوث تصدعات وانهيارات في الجدران، ويوجد النمل الأبيض في المناطق الحارة بصفة عامة^(٤٢). كما يؤدي النحل البري إلى العديد من مظاهر التلف للأطلال الطينية، حيث تنتشر أعشاش النحل في كثير من المناطق الأثرية خاصة في الأماكن المظلمة القريبة من المناطق الزراعية والصحراوية، ولا يحدث النحل البري تلفاً مباشراً للطوب اللبن، ولكن يبني عشوشاً غاية في التماسك من الطين والإفرازات العضوية على أسطح الجدران مما يتلف مظهر السطح^(٤٣)؛ حيث إن هذا النوع من النحل له سلوك خاص حيث يقوم ببناء أعشاشه في المكان الذي اختاره ويقوم بإضافة الإفرازات العضوية اللعابية لهذه المكونات والتي عادة ما تكون من التبن والقش وهي مواد تقوم مقام المواد الرابطة لمكونات هذه الأعشاش، وعند إزالة هذه الأعشاش تتسبب في تشويه الأسطح نتيجة التماسك الشديد بالسطح، كما تحتوي أعشاش النحل

البري بالإضافة إلى المكونات الطينية والجيرية على أملاح مثل ملح كلوريد الصوديوم (الهاليت)^(٤٤).

٧- عوامل التلف البشري Human factors

من أهم المخاطر الناتجة عن العامل البشري؛ ما يتعلق بالسرقات والتعدييات على المباني والمواقع الأثرية، فهي تعد مصدرا لمواد البناء التي يحتاجها الإنسان من أجل إقامة مباني جديدة، كذلك قيام البعض بالبحث والتنقيب عن الكنوز أسفل المباني التاريخية والتراثية مما يؤدي إلى خرابها. كما تعد الحروب هي أحد أهم العوامل البشرية التي تؤدي إلى تلف الآثار، وقد لعبت الحروب دوراً كبيراً في تلف الأطلال الطينية بمنطقة تل الصوان، حيث تعرضت الأطلال الطينية بمنطقة تل الصوان إلى التدمير والتخريب نتيجة غزو الولايات المتحدة الأمريكية للعراق عام ٢٠٠٣، كما أثرت الأحداث السياسية التي شهدتها العراق قبل سابق والآن إلى تلف الأطلال الطينية بمنطقة تل الصوان بصفة خاصة، والعديد من المباني الأثرية بالعراق بصفة عامة، كذلك يعد الترميم الخاطئ من الأخطار التي تتعرض لها المباني الأثرية والتاريخية، حيث يقوم بعمليات الترميم مرممون قليلوا الخبرة، لذلك تؤدي عمليات الترميم غير المدروسة إلى طمس بعض معالم البناء، أو إلى إزالة بعض عناصره، وتتمثل أعمال الترميم الخاطئ في استخدام مونة الأسمنت أو الجبس في الأماكن شديدة الرطوبة^(٤٥). حيث إن الرطوبة الجوية تستطيع أن تذيب الأملاح الموجودة بالأسمنت وتأخذ هذه الأملاح إلى السطح وتتبلور عند الجفاف وتتجمع في الشروخ، كما أن الرطوبة تعمل على إذابة جزء من الجبس الذي يتسرب خلال المسام إلى السطح ويؤدي إلى تقنت مواد البناء نتيجة الضغط البلوري، كذلك من أعمال الترميم الخاطئ استخدام مواد السليكات القلوية، والتي ثبت أن لها تأثيرات ضارة بمرور الوقت، حيث تكون طبقة بيضاء على السطح، كذلك استخدام أسياخ الحديد في التدعيم، حيث تصدأ هذه الأسياخ نتيجة الرطوبة مما ينتج عنه زيادة في الحجم نتيجة الصدأ، وتسبب هذه الزيادة في الحجم ضغط على الجدران، مما يؤدي إلى حدوث شقوق^(٤٦). كما يتمثل التلف البشري في منطقة تل الصوان، في بعض المجتمعات والقرى السكنية المجاورة أو التي تقع في حدود الموقع، وما يترتب عليه من إلقاء المخلفات والفضلات وانتشار الكثير من الحيوانات بالمنطقة، وما تخلفه من فضلات تشوه سطح الأطلال الطينية بالموقع، كذلك يتسبب وجود مناطق سكنية قريبة من الموقع، إلى تعرض الموقع إلى تأثير تسرب مياه الصرف الصحي بما تحمله من أملاح، كما تتعرض للتلف نتيجة تأثير التلوث الجوي كما يتأثر الموقع بشكل كبير بتأثير مياه الري والزراعة، نتيجة لوجود أماكن زراعية بالقرب من الموقع، كذلك قرب الموقع من نهري دجلة والفرات، مما أدى إلى نمو كميات كبيرة من النباتات

والحشائش بالموقع وما ينتج عن ذلك من خطر يؤثر على الأطلال الطينية - كما سبق ذكره في التلف البيولوجي^(٤٧) - والصورة رقم (١٤) توضح قرب موقع تل الصوان من النهر.



صورة (١٤) قرب موقع تل الصوان من نهر دجلة (تصوير الباحثين)

هذا، ويعد إهمال أعمال الصيانة بالموقع الأثري بتل الصوان من أهم العوامل البشرية التي تسببت في تلف الموقع، إذ أن إهمال المباني الأثرية وهجرها وعدم إجراء أعمال الصيانة الدورية لها أوقع الأطلال الطينية بتل الصوان، للتلف الشديد، الأمر الذي أدى إلى اندثار أجزاء كبيرة من هذه الأطلال. وتمثل إهمال أعمال الصيانة بالموقع الأثري، في نقطتين الأولى: وهي الإهمال أثناء عملية الكشف عن الأطلال الطينية بمنطقة تل الصوان، والثانية بعد عملية الكشف، حيث يظهر العامل الأول بوضوح عند الكشف السريع عن الأطلال الطينية، ويؤدي ذلك إلى اختلاف التوازن القائم بين الأطلال الطينية والجو المحيط، حيث يؤدي التغير المفاجئ في الظروف الجوية إلى تبلور الأملاح وسرعة نمو بلوراتها بين الطبقات وعلى الأسطح، كذلك يمكن أن تتعرض الأطلال الطينية إلى الجفاف السريع، وكل ذلك يؤدي في النهاية إلى أن تفقد مادة البناء خواصها الميكانيكية ، أما العامل الثاني فيظهر بوضوح بعد عملية التنقيب، وفي بعض الأحيان يعد الإهمال الأثري السبب الرئيسي لتلف المباني الأثرية، حيث يمكن تجنب عمليات الترميم، إذا ما تم رعاية المباني والمواقع الأثرية بعناية وخبرة جيدة، وإذا ما حفظت بطريقة جيدة، فبعض الاهتمام قد يوفر الكثير من الوقت والمال.

٨- تأثير الرياح والعواصف Wind and storms effect

تعد الرياح والعواصف من العوامل التي تترك بصماتها الضارة على أسطح المباني الأثرية، كما أن الرياح تساعد على نشأة ظروف جوية متغيرة في معدلاتها حول الأثر فيندفع إلى هذه المناطق الهواء الموجود داخل المسام التي خلت من الهواء فتترسب الأملاح التي كانت ذائبة في الماء، التي امتصتها المباني الأثرية مما يسبب أضراراً بالغة الخطورة على مكونات تلك المباني، وتتوقف خطورة الرياح على سرعتها التي تقدر بالعقدة وعلى المصدر الذي هبت منه الرياح، فالرياح التي هبت من المناطق الصحراوية الحارة تحمل معها حبيبات الرمال ودرجات حرارة عالية عكس الرياح التي تهب من المناطق الباردة فتكون محملة بكمية من بخار الماء الذي يحتوي على أملاح خاصة إذا مرت على البحار، وتنشأ الرياح نتيجة انتقال الكتل الهوائية بشكل أفقي من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض، ويتوقف على ذلك وجود مناطق مختلفة الضغوط، ويظهر تأثير الرياح بشكل واضح في المناطق الصحراوية، وتقوم الرياح بنقل حمولتها بطريقتين هما: الحمولة الأرضية والحمولة المعلقة، ويحدث تآكل ونحر الأسطح بواسطة الرياح عن طريق كل من البري أو السحج والتذرية، وتختلف سرعة الرياح وشدها على مدار اليوم وعلى مدار الموسم وبالتالي يتنوع تأثيرها على السطح^(٤٨).

ونحر الرياح ظاهرة تتسبب في تشوية أسطح المباني الأثرية كما أنها قد تتسبب في إزالة الطبقات السطحية بما يسببه من نحر لهذه الطبقة، كذلك فإن الرياح المحملة ببخار الماء تهين الوسط الملائم لنمو الكائنات الحية الدقيقة وتكاثر هذه الكائنات سواء على أسطح المباني الأثرية أو أسفل هذه الأسطح، كما أن الرياح تنقل الشعيرات التي تحتوى على الكائنات الحية الدقيقة من مكان إلى آخر. كما تلعب الرياح دوراً كبيراً في نقل الأملاح وخاصة في البيئة الساحلية - كما هو الحال في موقع تل الصوان - حيث يقع على نهر دجلة، ثم يندفع الهواء محملاً بالرطوبة إلى داخلها ثم يجف الهواء وتترسب دقائق صغيرة من بلورات الأملاح على سطوح الأطلال الطينية، ويترسب الملح إلى داخل الأثر المسامي ثم يتبلور في الجو الجاف ويؤدي إلى تفتت السطح بعد وقت طويل، وتلعب الأملاح الحمضية دوراً هاماً خاصة الأملاح الناتجة من التفاعلات الكيميائية بين الغازات والمكونات الموجودة بالطوب^(٤٩).

المبحث الثالث: مقترحات الترميم والتدعيم للأطلال الطينية بموقع تل الصوان

إن الهدف من عملية الترميم والصيانة - بجميع مراحلها - للأطلال الطينية الأثرية بمنطقة تل الصوان، هي الحفاظ عليها لأطول فترة ممكنة لتكون شاهدا على التاريخ والحضارات القديمة للبلاد. وتشمل المقترحات التي يقدمها الباحثون في هذا الصدد ما يلي:

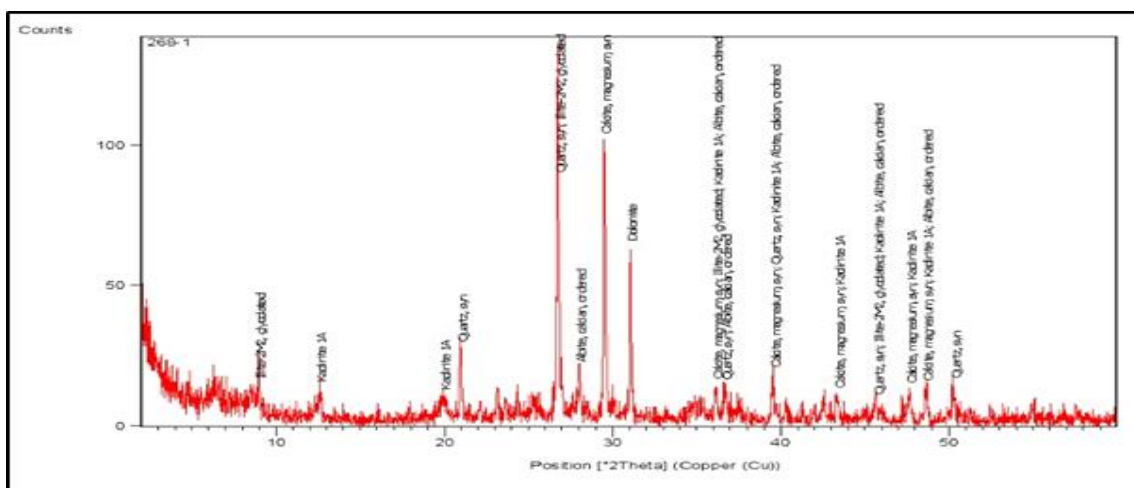
- ضرورة التوثيق والتسجيل العلمي للمباني الطينية بمنطقة تل الصوان بشكل مستمر، وهذا يعطي تصورا كاملا للحالة التي عليها ذلك التراث وتطوراتها، إيجابا أو سلبا، كما يسهل إجراءات الترميم والصيانة المستقبلية من خلال وجود توثيق لمعالم هذا التراث يمكن إعادة البناء والاستكمال على غرارها.
- فحص وتحليل مواد البناء الطينية للإفادة من النتائج في تصنيع طوب لبن حديث لأغراض الترميم والتدعيم.
- ضرورة عمل الإسعافات الأولية لحماية الأطلال الطينية المكتشفة في الحفائر الأثرية.
- استخدام المظلات الدائمة والمؤقتة لحماية الأطلال الطينية من أشعة الشمس المباشرة.
- عمل مصدات للرياح.
- عمل حرم في شكل سياج (سور) للموقع الأثري.
- تنفيذ أعمال الترميم والتدعيم للأساسات وقمم الجدران.
- علاج الشروخ المنتشرة في الجدران.
- أعمال الاستكمال للأجزاء المفقودة.
- التقوية بالمواد المحلية (الطبيعية) محسنة الخواص، والمواد الكيميائية - إذا تطلب الأمر.

الفحوص والتحليل والاختبارات لمواد البناء الطينية بغرض إعداد خلطات طينية محسنة الخواص لأغراض الترميم والتدعيم:

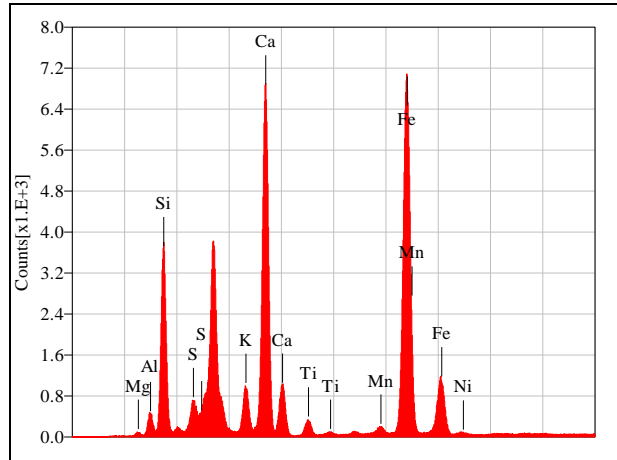
سوف نعرض فيما يلي ما توصل إليه الباحثون في سبيل تعزيز المقاومة الميكانيكية للطوب اللبن، من أجل ترميم وتدعيم الأطلال الطينية بموقع تل الصوان، وذلك باستخدام خلطات طينية محسنة الخواص، الأساس فيها التربة الطينية من موقع تل الصوان، ويتم تحسين خواص هذه الخلطات لزيادة مقاومتها لعوامل التعرية، ورفع كفاءتها الميكانيكية للاستخدام في عمل طبقات حماية للأطلال الطينية أو استخدامها في صنع كتل طوب لبن لترميم وتدعيم هذه الأطلال. وقد جاءت فكرة استخدام هذه النوعية من مواد الترميم، هو مراعاة الظروف الاقتصادية التي تمر بها

البلاد؛ لكون هذه الطرق أقل تكلفة، كما أن لهذه الطريقة (الترميم والتدعيم الميكانيكي) نتائج جيدة دون أية آثار سلبية على الأطلال الطينية.

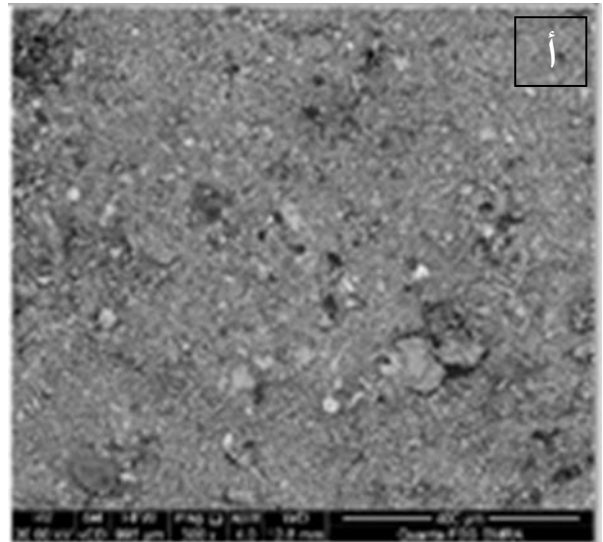
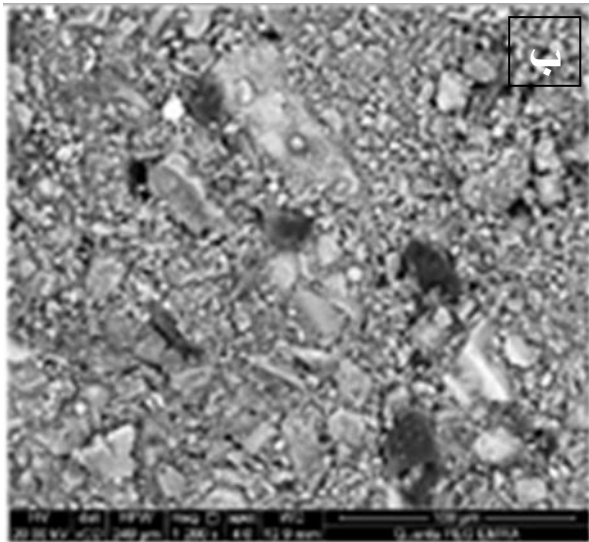
ومن أجل إعداد الخلطات الطينية محسنة الخواص، كان لابد من إجراء أعمال الفحص والتحليل المعدني والعنصري للطوب اللبن بتل الصوان للتعرف على أهم المكونات المعدنية به، وذلك لأخذها في الاعتبار عند عمل خلطات طينية محسنة الخواص لأغراض الترميم. هذا، وقد تم اختيار التحليل المعدني بحيود الأشعة السينية XRD للتعرف على المعادن (المركبات المعدنية) المكونة للطوب اللبن، كما تم اختيار التحليل الكيميائي بتفلور الأشعة السينية XRF للتعرف على العناصر المكونة للطوب اللبن الأثري، هذا إلى جانب الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM لدراسة نسيج الطوب ودرجة تماسكه، بالإضافة إلى التحليل العنصري بواسطة وحدة الـ EDX الملحقة بالجهاز^(٥٠). وفيما يلي نتيجة الدراسة الفحصية والتحليلية لمادة البناء الطينية (الطوب اللبن) توضحها الأشكال من (٢) إلى (٥)



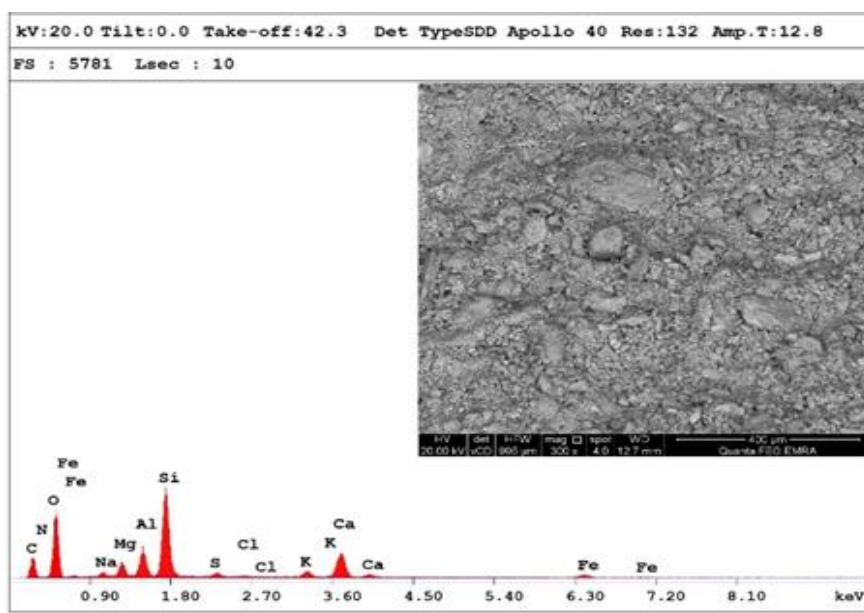
شكل (٢) نمط حيود الأشعة السينية XRD لعينة طوب لبن أثرية من حفائر تل الصوان، يتضح من خلاله أن أهم المعادن المكونة للطوب تتمثل في: الكوارتز، الكالسيت، الدولوميت، المعادن الطينية



شكل (٣) نتيجة التحليل بتقنية الأشعة السينية XRF لعينة طوب لبن أثري من حفائر تل الصوان



شكل (٤) أ، ب صورتان بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح لعينة طوب لبن أثري من تل الصوان، يتضح من خلالهما عدم تجانس مكونات الطوب اللين، وانتشار المادة العضوية، بالإضافة إلى تفكك الطوب وتحلل أجزاء منه، ووجود تزهير للأملاح



شكل (٥) يوضح نتيجة التحليل العنصري بوحدة الـ EDX الملحقة بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح لعينة طوب لبن أثرية من حفائر تل الصوان

ومن خلال الدراسة الفحصية والتحليلية السابقة، تبين أن أهم المكونات المعدنية للطوب اللبن الأثري بحفائر تل الصوان تتمثل في: الكوارتز، الكالسيت، الدولوميت، المعادن الطينية. كما أن التحليل العنصري أثبت وجود عناصر: السيليكون، الحديد، الماغنسيوم، الألومنيوم، الكلور، الصوديوم، الأكسجين، الكربون، البوتاسيوم، الكبريت، المنجنيز، النيكل، التيتانيوم. وتشير العناصر الرئيسية إلى مكونات الطوب ومظاهر التلف به كالأملح القابلة للذوبان، مثل ملح الهاليت (كلوريد الصوديوم) كما أوضح الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM حالة التلف التي عليه الطوب، والتي تتطلب تدخلا عاجلا لإجراء أعمال الترميم والتدعيم من أجل حماية الأطلال الطينية بتل الصوان من الاندثار.

• الخلطات الطينية محسنة الخواص المقترحة للدراسة

بعد دراسة التركيب المعدني للطوب اللبن الأثري بتل الصوان، استخدم الباحثون كسر الطوب اللبن المنثور في المنطقة، وتحسين خواصه عن طريق إضافة بعض المواد التي وجدت ضمن تركيب الطوب، لكن تم ضبط نسب هذه المكونات وإضافة بعض المواد المساعدة لتزيد من قوة الخلطة الطينية، وتقلل من الانكماش، وقد نتج عن هذه الخلطات مواد طينية محسنة الخواص تمتاز بكثافة متوسطة، ومسامية وامتصاص للماء متوسط أيضا، بالإضافة إلى مظاهر سطحية مورفولوجية جيدة.

ونستعرض في هذه الدراسة نتائج خمسة من هذه الخلطات الطينية التي كان الأساس فيها مسحوق الطوب المجموع من تربة تل الصوان - الذي سنطلق عليه مجازاً مصطلح تربة الموقع - وعمل طوب لبن محسن الخواص، بإضافة الرمل، والتبن، والجير المطفأ، الأسمنت الأبيض بنسب متغيرة، تم بعد ذلك دراسة الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لهذا الطوب الجديد قبل وبعد تعريضه لعشر دورات من التقادم الاصطناعي بالحرارة والرطوبة (الرش بالماء ثم التجفيف في درجة حرارة ٧٠°م ١٢ ساعة ثم استكمال اليوم في جو الغرفة) لاختيار أفضل عينات الطوب لأغراض الترميم والتدعيم للأطلال الطينية بتل الصوان. ويوضح الجدول رقم (١) مكونات الخلطات الطينية المستخدمة في الدراسة.

جدول (١) مكونات الخلطات الطينية محسنة الخواص المستخدمة في الدراسة لأغراض الترميم

رقم الخلطة	مكوناتها
١	تربة الموقع + 5% تبن + 15% رمل
٢	تربة الموقع + 10% أسمنت أبيض
٣	تربة الموقع + 20% جير مطفأ
٤	تربة الموقع + 15% رمل + 5% أسمنت أبيض
٥	تربة الموقع + 15% رمل + 10% جير مطفأ

• نتائج قياس الخواص الميكانيكية للعينات

أولاً: اختبار مقاومة الضغط Compressive strength

الجدول رقم (٢) يوضح نتائج اختبار مقاومة الضغط للعينات قبل وبعد التقادم، وكذا معدل الفقد في مقاومة الضغط للعينات قبل وبعد التقادم. ويتضح من الجدول أن الخلطة رقم (٢) التي تمثل التربة المضاف إليها ١٠% أسمنت أبيض أبدت مقاومة جيدة للضغط قبل التقادم، في حين تراجع مقاومتها بشكل كبير بعد التقادم، في حين أن الخلطة رقم (٤) التي تمثل تربة الموقع + ١٥% رمل + ٥% أسمنت أبيض، وكذا الخلطة رقم (١) التي تمثل تربة الموقع + ٥% تبن + ١٥% رمل، قد حافظت على مقاومتها بشكل كبير بعد عمليات التقادم، وغن كانت لم تحقق ماحقته الخلطة رقم (٢) من مقاومة للضغط. ومن هنا يتبين لنا أن أفضل الخلطات التي تمنح الطوب قوة ميكانيكية هي الخلطة التي تحتوي على الأسمنت الأبيض بنسبة لا تزيد عن ١٠% ويفضل إضافة الرمل للحد من الانكماش، وتعزيز القوة الميكانيكية بنسبة من ١٠% إلى ١٥%.

جدول (٢) نتائج اختبار مقاومة الضغط للعينات قبل وبعد التقادم

رقم الخلطة	مكوناتها	المقاومة للضغط قبل التقادم كجم/سم ^٢	المقاومة للضغط بعد التقادم كجم/سم ^٢	معدل الفقد كجم/سم ^٢
١	تربة الموقع + 5% تبن + 15% رمل	10.440	9.911	0.529
٢	تربة الموقع + 10% أسمنت أبيض	50.425	22.149	28.276
٣	تربة الموقع + 20% جير مطفاً	21.199	13.890	7.309
٤	تربة الموقع + 15% رمل + 5% أسمنت أبيض	11.826	11.106	0.72
٥	تربة الموقع + 15% رمل + 10% جير مطفاً	19.278	11.923	7.355

ثانياً: نتائج قياس الخواص الفيزيائية للعينات Physical properties

أ- الكثافة Density

الجدول رقم (٣) يوضح نتائج قياس الكثافة للعينات قبل وبعد التقادم، ويتبين من نتائج

قياس الكثافة للعينات، أن الخلطة رقم (١) أعطت أفضل النتائج، تليها الخلطة رقم (٢)

جدول (٣) نتائج قياس الكثافة للعينات قبل وبعد التقادم

رقم الخلطة	مكوناتها	الكثافة قبل التقادم كجم/سم ^٣	الكثافة بعد التقادم كجم/سم ^٣	معدل الفقد كجم/سم ^٣
١	تربة الموقع + 5% تبن + 15% رمل	1.92	1.83	0.09
٢	تربة الموقع + 10% أسمنت أبيض	1.87	1.81	0.06
٣	تربة الموقع + 20% جير مطفاً	1.51	1.49	0.02
٤	تربة الموقع + 15% رمل + 5% أسمنت أبيض	1.70	1.54	0.16
٥	تربة الموقع + 15% رمل + 10% جير مطفاً	1.80	1.74	0.06



ب- المسامية Porosity

الجدول رقم (٤) يوضح نتائج قياس المسامية للعينات قبل وبعد التقادم، ويتبين من نتائج قياس المسامية للعينات، أن العينة رقم (٤) أبدت أفضل النتائج من حيث المسامية.

جدول (٤) نتائج قياس المسامية للعينات قبل وبعد التقادم

رقم الخلطة	مكوناتها	المسامية قبل التقادم %	المسامية بعد التقادم %	معدل الزيادة %
١	تربة الموقع + 5% تين + 15% رمل	16.60	19.32	2.72
٢	تربة الموقع + 10% أسمنت أبيض	9.08	16.60	7.52
٣	تربة الموقع + 20% جير مطفاً	36.40	40.15	3.75
٤	تربة الموقع + 15% رمل + 5% أسمنت أبيض	0.15	10.64	10.49
٥	تربة الموقع + 15% رمل + 10% جير مطفاً	13.28	13.62	0.34

ج- امتصاص الماء Water absorption

الجدول رقم (٥) يوضح نتائج قياس امتصاص الماء للعينات قبل وبعد التقادم، ويتبين من النتائج أن العينة رقم (٤) أعطت أفضل النتائج من حيث امتصاص الماء.

جدول (٥) نتائج قياس امتصاص الماء للعينات قبل وبعد التقادم

رقم الخلطة	مكوناتها	امتصاص الماء قبل التقادم %	امتصاص الماء بعد التقادم %	معدل الزيادة %
١	تربة الموقع + 5% تين + 15% رمل	8.68	10.56	1.88
٢	تربة الموقع + 10% أسمنت أبيض	4.86	8.88	4.02
٣	تربة الموقع + 20% جير مطفاً	24.43	26.59	2.16
٤	تربة الموقع + 15% رمل + 5% أسمنت أبيض	0.10	6.26	6.16
٥	تربة الموقع + 15% رمل + 10% جير مطفاً	7.38	7.83	0.45

الخاتمة:

يعد التراث المعماري الطيني بمنطقة تل الصوان بالعراق متميزاً في طبيعته وخصائصه، ويمثل قيمة تاريخية وحضارية كبيرة، ويعكس القيمة التاريخية لبلاد الرافدين. وقد تعرض هذا التراث الطيني للعديد من المخاطر التي كان من أبرزها العوامل البيئية (المناخية) والعوامل البشرية التي انعكست في عدم التعامل الجيد مع الأطلال الطينية أثناء الكشف عنها في الحفائر الأثرية، مما عرضها للصدمة البيئية التي تسببت في تلفها، هذا إلى جانب إهمال أعمال الصيانة الدورية للموقع، مما أدى إلى تحلل الأطلال الطينية وتهدم الكثير منها وضياع معالمها. ونتيجة لما سبق كان لابد من التدخل بأعمال الترميم والتدعيم لهذه الأطلال الطينية باستخدام طريقة الترميم الميكانيكي بواسطة خلطات طينية محسنة الخواص لعمل قوالب طوب لبن لتدعيم الأجزاء السفلى، وبناء مداميك عليا للوقاية من الأمطار، وكذا لعمل طبقات لياسة لحماية الأطلال الطينية من التأثيرات المباشرة للرياح والعواصف، وحفظاً للأجزاء الضعيفة من التحلل والانهييار.

وتوصي الدراسة باستخدام خلطات طينية محسنة الخواص مكونة من تربة موقع تل الصوان مضافاً إليها - بالوزن على الجاف - ١٥٪ رمل و ١٠٪ أسمنت أبيض؛ حيث تتميز هذه الخلطة بالقوة الميكانيكية والقدرة على مقاومة تأثير الرطوبة بدرجة كبيرة، مما يحسن من مقاومة الأطلال الطينية المعالجة، ويمنحها قدرة على مقاومة عوامل التلف، وتظل صامدة أمام المخاطر البيئية التي تتعرض لها باستمرار؛ حفاظاً على هذا التراث الطيني الفريد من الاندثار.



هوامش البحث:

ملاحظة: سأذكر هنا معلومات كاملة عن المصادر والمراجع عند ذكرها لأول مرة مما يغنينا عن اعداد جريدة للمصادر والمراجع.

- ١_ دوني جورج يوخنا، أساليب الصناعات الحجرية في تل الصوان، رسالة دكتوراه، كلية الآداب، جامعة بغداد، ١٩٩٥م، ص ١.
- ٢_ طه باقر، مقدمة في تاريخ الحضارات القديمة، الجزء الأول، الطبعة الأولى، دار الوراق للنشر، ٢٠٠٩، ص ٢٣٩.
- ٣_ أحمد سوسة، تاريخ حضارة وادي الرافدين في ضوء مشاريع الري الزراعية والمكتشفات الأثرية والمصادر التاريخية، الجزء الأول، ص ١٣٣.
- ٤_ طه باقر، مرجع سابق، ص ٢٣٩ - ٢٤١.
- ٥_ قحطان رشيد صالح، الكشاف الأثري في العراق، المؤسسة العامة للآثار والتراث، بغداد، ١٩٨٧م، ص ١٠٨.
- ٦_ حسين محمد كمال، دراسة علاج وصيانة المباني المشيدة بالطوب اللبن مع التطبيق على بعض المواقع الأثرية، رسالة ماجستير، كلية الآثار، جامعة القاهرة، ٢٠٠٢، ص ٨٤.
- ٧_ محمد عبد الهادي، دراسات علمية في ترميم وصيانة الآثار غير العضوية، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة، ١٩٩٧، ص ١٧١.
- ٨_ منى فؤاد علي، النقوش والرسوم الجدارية عبر العصور التقنية والترميم، الطبعة الأولى، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة، ٢٠١٩، ص ٥٥.
- ٩- محمد عبد الهادي ، مرجع سابق، ١٩٩٧، ص ١٧٢.
- ١٠_ حمدان ربيع عطية، دراسة علاج وصيانة معبد سيتي الأول والقبر التذكاري بمنطقة أبيدوس، رسالة ماجستير، كلية الآثار، جامعة القاهرة، ١٩٩٥، ص ٧٢.
- ١١_ عبد المعز شاهين، ترميم وصيانة المباني الأثرية والتاريخية، مطابع المجلس الأعلى للآثار، وزارة الثقافة، القاهرة، ص ١٨٣ - ١٨٤.
- ١٢_ مصطفى السيد شحاتة، خواص مواد البناء واختباراتها، دار الراتب الجامعية، ١٩٨٦، ص ٢٨ - ٢٩.
- ١٣_ محمود عبد الحافظ محمد، دراسة علاج وصيانة المنشآت الطينية التاريخية تطبيقاً على بعض المباني الطينية بمدينة القصر الإسلامية بواحة الداخلة، رسالة ماجستير، قسم الترميم، كلية الآثار، جامعة القاهرة، ٢٠٠٧، ص ١٢٣.
- ١٤_ منى فؤاد علي، دراسة صيانة بعض الصور الجدارية بمنطقة سفارة، رسالة ماجستير، كلية الآثار، جامعة القاهرة، ١٩٨٨، ص ٨٠ - ٨١.
- ١٥_ رجب أبو الحسن، دراسة علاج وصيانة الآثار المستخرجة من الحفائر تطبيقاً على منطقة حفائر تل حسن دواد عصر ما قبل الأسرات، رسالة ماجستير، كلية الآثار، جامعة القاهرة، ٢٠٠١، ص ٩٠ - ٩١.

- ١٦_ محمود عبد الحافظ محمد، الإرث المعماري الطيني في الواحات المصرية- المخاطر وسبل الحماية والارتقاء، ندوة أمن وسلامة الآثار والمنشآت السياحية، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية، ٤-٦ أغسطس ٢٠١٥م، ص ٦.
- ١٧_ هاول ف ديلي، مقدمة في بيولوجية الحشرات وتنوعها، ترجمة: أحمد لطفي عبد السلام، عوني محمد جنيدي، دار ماكجر وهيل للنشر، نيويورك، ١٩٨٣، ص ٣١٣ - ٣١٥.
- ١٨_ محمد عبد الهادي، مرجع سابق، ص ١٧٢.
- ١٩_ جورجيو توراكا، تكنولوجيا المواد وصيانة المباني الأثرية، ترجمة: أحمد إبراهيم عطية، دار الفجر للنشر والتوزيع، ٢٠٠٣، ص ٩٣ - ٩٥.
- ٢٠_ عبد المعز شاهين، ترميم وصيانة المباني الأثرية والتاريخية، مطابع المجلس الأعلى للآثار، وزارة الثقافة، القاهرة، ص ١٨٥.
- 21_ Torraca, G., Porous Buiding Materials Science for Architectural Conservatinon, ICCROM, 1981, P. 99.
- ٢٢_ عبد المعز شاهين، مرجع سابق، ص ١٨٥.
- ٢٣_ جورجيو توراكا، مرجع سابق، ص ٢٠٠ - ٢٠١.
- ٢٤_ إبراهيم عبد القادر حسن، وسائل وأساليب ترميم وصيانة الآثار ومقتنيات المتاحف الفنية، مطابع جامعة الرياض، الرياض، ١٩٧٩، ص ١٤٨.
- ٢٥_ حمدان ربيع عطية، مرجع سابق، ص ٨٠.
- ٢٦_ سلمان أحمد المحاري، حفظ المباني التاريخية مبان من مدينة المحرق، المركز الدولي لدراسة صون وترميم الممتلكات الثقافية، الإمارات العربية المتحدة، ٢٠١٧، ص ١٢٧.
- ٢٧_ جورجيو توراكا، تكنولوجيا المواد وصيانة المباني الأثرية، ترجمة: أحمد إبراهيم عطية، دار الفجر للنشر والتوزيع، ٢٠٠٣، ص ٢١٩.
- ٢٨_ حمدان ربيع عطية، مرجع سابق، ص ٨٥.
- ٢٩_ مصطفى كمال أبو الذهب، البكتريا: طرق الدراسة المعملية، الطبعة الثانية، دار المعارف، الإسكندرية، ١٩٨٤، ص ٦٥.
- ٣٠_ سعيد علي ذكي، ميكروبيولوجيا الأراضي، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، ١٩٨٨، ص ١٢٧.
- ٣١_ مصطفى كامل أبو الذهب، مرجع سابق، ص ٧٢.
- ٣٢_ عصام محمد سيد أحمد، دراسة تأثير التلف العضوي على أحجار المنشآت الأثرية، رسالة ماجستير، كلية الآثار، جامعة القاهرة، ١٩٩٩، ص ٣٥ - ٤٠.
- ٣٣_ محمد علي أحمد، عالم الفطريات، الطبعة الأولى، الدار العربية للنشر، القاهرة، ١٩٨٨، ص ٤٥.
- ٣٤_ عصام محمد سيد أحمد، مرجع سابق، ص ٣٥ - ٤٠.
- ٣٥_ هزار عمران، جورج دبورة، المباني الأثرية (ترميمها - صيانتها - الحفاظ عليها)، وزارة الثقافة، المديرية العامة للآثار والمتاحف، الجمهورية العربية السورية، دمشق، ١٩٩٨، ص ٤٨٠.
- ٣٦_ محمد الورداني، أسس البكتريولوجيا وتطبيقاتها، كلية التربية، جامعة عين شمس.
- ٣٧_ عصام محمد سيد أحمد، مرجع سابق، ص ٣٦ - ٣٩.

- ٣٨_ هزار عمران، جورج دبورة، مرجع سابق، ص ١٢٢.
- ٣٩_ عصام محمد سيد أحمد، مرجع سابق، ص ٣٦ - ٣٩.
- ٤٠_ منى فؤاد علي، النقوش والرسوم الجدارية عبر العصور، مرجع سابق، ص ١٦٦ - ١٦٧.
- ٤١_ مجدي منصور بدوي، علاج وصيانة الصور الملونة المنفذة على الأعمدة، رسالة ماجستير، كلية الآثار، جامعة القاهرة، ١٩٩٦، ص ١٤٩.
- ٤٢_ محمود عبد الحافظ محمد، دراسة تحليلية مقارنة في تلف وعلاج وصيانة المباني الأثرية متعددة مواد البناء بواحتي الخارجة والداخلية تطبيقا على بعض المباني الأثرية المختارة، رسالة دكتوراه، كلية الآثار، جامعة القاهرة، ٢٠١٢، ص ١٧٨ - ١٨٠.
- ٤٣_ منى فؤاد علي، النقوش والرسوم الجدارية عبر العصور، مرجع سابق، ص ١٦٥.
- ٤٤_ منال عبد المنعم عبد العزيز، دراسة علمية تطبيقية في علاج وصيانة الصور الجدارية في بعض المنشآت الأثرية الإسلامية بالقاهرة، رسالة ماجستير، كلية الآثار، جامعة القاهرة، ٢٠٠٢، ص ١٠٨.
- ٤٥_ عبد المعز شاهين، مرجع سابق، ص ١٧١-١٧٢؛ حمدان ربيع عطية، مرجع سابق، ص ١٠٦ - ١٠٧.
- ٤٦_ منى فؤاد علي، النقوش والرسوم الجدارية عبر العصور، مرجع سابق، ص ١٦٩ - ١٧٠.
- 47_ Alejandro, A. B., and Chiari, G., Protection of excavated structure of mud brick, in: Conservation on archaeological excavations, Price, N. S. (ed.), ICCROM, Rome, 1995, P. 113.
- ٤٧_ بدوي محمد إسماعيل، التأثيرات السلبية على الأحجار المتنوعة، مجلة كلية الآداب، جامعة جنوب الوادي، ١٩٩٠، ص ١٢.
- ٤٨_ ثروت محمد حجازي، الأسس العلمية لعلاج وصيانة المكتشفات الأثرية في مواقع الحفائر، مطابع المجلس الأعلى للآثار، وزارة الثقافة، مصر، ٢٠٠٥، ص ١٠٩ - ١١١.
- 49_ Stubbs, J., Protection and preservation of excavated structure, in: Conservation on archaeological excavations, Price, N. S. (ed.), ICCROM, Rome, 1995, P. 83.
- 50- Abd El-Hafez, M., Characterization and Restoration Recommendations of Some Adobe Shrines at El-Bagawat Cemetery, Kharga Oasis, Western Desert – Egypt, Egyptian Journal of Archaeological and Restoration Studies "EJARS", Volume 8, Issue 1, 2018, PP. 9-13.