



التآكل كمظهر للتجوية الكيميائية على إفريز الكرمة والعنب

من مستوطنة قرزة: دراسة حالة

مصطفى علي نامو*

الملخص:

تسلط هذه الدراسة الضوء على حالة التآكل كمظهر للتجوية الكيميائية على إفريز منحوتة الكرمة والعنب من مستوطنة قرزة الليبية-الرومانية المعروف في متحف لبدّة والذي يرجع تاريخه إلى الفترة الاستيطانية من القرن الرابع الميلادي، حيث تهدف الدراسة إلى إبراز حالة التآكل على واجهة الإفريز وتحديد نسبة التلف من خلال الدراسة الميدانية الوصفية، والعلمية المعملية لعينات من النسيج الصخري الخارجي، والداخلي للإفريز، ما قبل تأثير عامل التجوية، وما بعده، وذلك بالاستعانة بتحليل مطيافية وميض أشعة أكس، والمسح المجهر الإلكتروني، والمسح المجهر الإلكتروني بالأشعة المرتدة، وكذلك تحديد مدى الدور الذي لعبه المناخ في نشوء عامل التجوية في موقع مستوطنة قرزة، ومدى تفاقم ما نتج عنها من حالة تآكلٍ لواجهة الإفريز، سواء أكان ذلك ما يتعلق بمناخ البيئة الصغرى، أو مناخ البيئة الكبرى، وقد بيّنت نتائج الدراسة مدى الدور الذي لعبه المناخ البيئي في موقع المستوطنة في نشوء ظاهرة التجوية ذات المنشأ الكيميائي، وأثرها المباشر على التركيب الكيميائي، والمعدني الصخري للإفريز المنحوت من الحجر الجيري الطيني، وتآكل نسيجه، وبالتالي تلف منحوتته الفنية الفريدة التي يرجع تاريخها إلى القرن الرابع الميلادي.

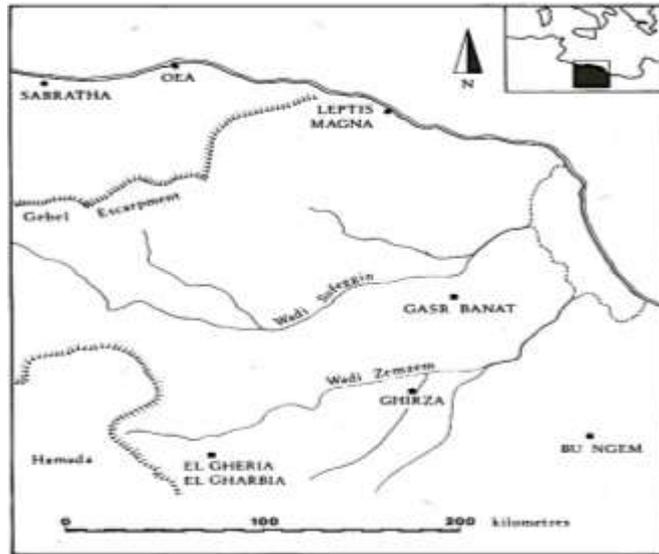
الكلمات المفتاحية: تجوية كيميائية، حجر جيري طيني، تآكل، نسبة التلف.

* أستاذ مساعد- تخصص فنون ومواد بناء كلاسيكية قديمة، قسم الآثار الكلاسيكية- كلية الآثار والسياحة. الخمس/جامعة المرقب

m.namu@elmergib.edu.ly

المقدمة:

قرزة (Ghirza)، مستوطنة رومانية-ليبية قديمة (Romano-Libyan) تقع على بُعد (250 كم) جنوب-شرق مدينة طرابلس (Tripoli)، و(130 كم) من الساحل الغربي لخليج سرت الكبير أو السدرة (Greater Syrtis/Sidra)، وذلك عند خط طول (14°33' شمالاً)، ودوائر عرض (30°57' شرقاً)⁽¹⁾، وهي مستوطنة شكلت قديماً ضمن أوسع منطقة نشاط لأكبر تجمع استيطاني روماني-ليبي ضمن واحدة من أكثر الأجزاء القاحلة في منطقة شبه الصحراء الليبية (pre-desert) في إقليم المدن الثلاث (Tripolitania)، كما دلت الشواهد الأثرية المكتشفة في المستوطنة على أنها قد شهدت أعظم فترة ازدهار حضاري في المنطقة خلال الفترة الممتدة ما بين القرنين: الرابع والسادس الميلادية.⁽²⁾ **خارطة (1)**



خارطة (1): خارطة توضح موقع مستوطنة قرزة ضمن إقليم المدن الثلاث

Brogan and Smith (1984).

تميزت المستوطنة الواقعة أعلى وادي قرزة الذي يمثل أحد روافد وادي زمزم (Zemzem) باحتوائها على بقايا لأربعون مبنى كبير الحجم من بينها ست مباني شبيهة بالقلع المحصنة، مؤلفة من ثلاثة طوابق تعرف

⁽¹⁾ Olwen Brogan and D.J. Smith (1984) ، GHIRZA-A Libyan Settlement In The Roman Period, Libyan Antiquities Series-1, Published By The Department Of Antiquities-Tripoli, Printed by Publicomes S.R.L., Roma-Italy, P.34

⁽²⁾ Brogan and Smith (1984), P. 31

; D.J. Mattingly (1995), Tripolitania, B.T. Batsford Limited- London, Printed by The Bath Press, First Published, Bath, P.198



ب(القصور-Gsur)، وآبار وخزانات للمياه، ومحاجر، ثم سلسلة مثيرة من الأضرحة أو المقابر الفخمة والمهيبية، التي توزعت ضمن مجموعتين: مجموعة مقابر الجزء الشمالي الواقعة على مقربة من المستوطنة، ومجموعة مقابر الجزء الشمالي الواقعة على بُعد (8.2 كم) مباشرة باتجاه أعلى الوادي⁽¹⁾، إضافة إلى ما زخر به الموقع من أدلة مادية متنوعة عكست مظاهر الحياة العامة اليومية الاقتصادية، والاجتماعية، والدينية، والثقافية، التي كانت سائدة في المستوطنة والمتجسدة من خلال اللقى الأثرية المتمثلة في العملة، والمشغولات الفخارية، والنقوش الكتابية، والأعمال الفنية النحتية، والمنسوجات، والمواد العضوية.⁽²⁾

اتسمت المقابر التي ما تزال محفوظة جيداً على نحوٍ نسبي، بطرازها الفني الذي ميّز عمارة المعابد في الجزء الجنوبي من إقليم المدن الثلاث (*Tripolitania) والمتمثل في طرازيّ: مقابر البرج (Tower tomb)، ومقابر المعبد (Temple tombs)، وما زخرت به من عناصر فنية معمارية وزخرفية مثل: الأفاريز، والأعمدة، والأروقة المعمّدة، وحجرات الدفن، والمصاطب الحجرية، والأسقف، والمداخل والأبواب المتوّجة بعتبات معقودة الطراز، المزدانة جميعها بمنحوتات فنية.⁽³⁾

تميزت أفاريز المقابر على وجه الخصوص، بمنحوتاتها الفنية البدائية من حيث الطراز، والفريدة من حيث الموضوع الفني الذي عكس مشاهد من واقع الحياة العامة اليومية في المستوطنة قديماً، والتي من أبرزها مظاهر النشاط الزراعي، والصيد البرّي.⁽⁴⁾، حيث لعبت الزراعة على دوراً بارزاً في حياة سكان المستوطنة، وهو ما دلّ عليه تنوع المحاصيل الزراعية التي كانت مستزرعة في المستوطنة مثل: الشعير، والقمح، والبازلاء، والعدس، والزيتون، والعنب، والتين، والتمر، واللوز.⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Mattingly (1995), PP.197,198

; D.j.Smith(1985),GHIRZA-Town and Country in Roman Tripolitania, edited by D.J.asional Buck and D.J.Mattingly, Society for Libyan studies Occasional Papers II, BAR International Series 274, Printed in Great Britain, P.227

⁽²⁾ Brogan and Smith (1984), PP.137-138,223,236,274-277

* التسمية اللاتينية الرومانية القديمة للمنطقة الجغرافية التي تضم مدن:لبتس الكبرى(لبدة)-Leptis Magna(Lebda)، (طرابلس- Oea)، (صبراتة-Sabratha).

⁽³⁾ Smith(1985), P.234

; Brogan and Smith (1984), PP.73, 160, 207

⁽⁴⁾ Paul MacKendrick(1980),The North Africa Stones Speak, Croom Helm Ltd-London, The University of North Carolina Press, Printed in the United States of America, P.175

; Brogan and Smith (1984), PP.46, 220, 221

⁽⁵⁾ Isabella Sjostrom(1993), Tripolitania In Transition:Late Roman to Islamic Settlement, Worldwide Archaeology Series Vol.4, Athenaeum Press Ltd, Newcastle upon Tyne, Printed in Great Britain, P.18

شُيدت مباني المستوطنة بكافة عناصرها الفنية الزخرفية والمعمارية بما في ذلك الأفاريز المنحوتة، من الأحجار الجيرية (Limestone) المستقطعة من مكاشفها الواقعة في المنطقة المتاخمة للمستوطنة والتي دلّت عليها آثار القطع الظاهرة على الحجر الواقع على جانبي إحدى ضفتي الوادي ضمن واحدة من تفرعاته المعروفة محلياً بـ(شعبة القصور-Shabet el-Gsur)، حيث تميزت هذه النوعية من الصخور بلونها الأبيض الحليبي (Milky white) حينما تكون حديثة القطع، ثم يتغير لونها إثر تعرضها للجو إلى اللون البني القاتم مع مسحة من اللون الوردي.⁽¹⁾

في عام (1955م) تعرضت العديد من أفاريز المنحوتات الفنية وبعض العناصر الفنية المعمارية الأخرى للسقوط بفعل عوامل الزمن؛ ليتراكم بعضها فوق بعض، وتتناثر الأخرى من حولها⁽²⁾، وفي ربيع الأعوام (1955م، 1956م، 1957م) قامت البعثة العلمية الاستكشافية الإنجليزية برئاسة كل من: (Olwen Brogan) و (D.J. Smith) وبالتعاون مع قسم الآثار القديمة بإقليم المدن الثلاث (Dept. of Antiquities of Tripolitania)، بعملية توثيق وتسجيل كافة تفاصيل العناصر الفنية الزخرفية والمعمارية في موقعها الأصلي بالمستوطنة، ومن ثم نقلها إلى متحف الآثار بقلعة السرايا الحمراء بطرابلس (As-Saraya al-Hamra-The Castle)، ومن بين أبرز ما تم نقله بعض الأفاريز المنحوتة التي من بينها إفريز الكرمة والعب الذي ظل معروضاً في متحف القلعة بطرابلس حتى أواخر الثمانينات من القرن الماضي⁽³⁾، ليتم نقله بعد ذلك للعرض في الرواق الأمامي الخارجي من مبنى المتحف الجديد بمدينة لبدّة الذي شيّد في عام (1989م).

إشكالية الدراسة

تكمن إشكالية الدراسة في ما إذا كانت ظاهرة التجوية الكيميائية وما تبعها من حالة تآكل، قد نتجت عن مسيبتها من العوامل المرتبطة إما بظروف البيئة المناخية الصغرى المحيطة بموقع اكتشاف الإفريز، أو البيئة المناخية الكبرى المحيطة بموقع المستوطنة، وأي من البيئتين كان لها الدور الرئيس في نشوء هذه الظاهرة؟ وما مدى نسبة تفاقم حالة التآكل على واجهة الإفريز، وتلف منحوتاته الفنية، تبعاً لمدى تأثير مسببات التجوية من العوامل

Brogan and Smith (1984), PP.34, 47

⁽¹⁾ Brogan and Smith (1984), P.72

⁽²⁾ Smith(1985), P.234

⁽³⁾ Brogan and Smith (1984), P.11

; Smith(1985), P.234



المناخية في ظل كلا البيئتين؟

أهمية الدراسة

تكمن أهمية الدراسة في تسليطها الضوء على حالة التآكل الناتجة عن التجوية الكيميائية التي تُعد واحدة من أهم عوامل التلف المؤثرة في مباني الموروث الثقافي والحضاري الإنساني العالمي بكافة عناصرها الفنية الزخرفية والمعمارية، وطبيعة هذا النوع من عوامل التلف، ومظاهره، ومسبباته، ومدى تفاقمه تبعاً لنوعية المواد الخام الإنشائية التي شُيدت بها تلك المباني الحضارية، الأمر الذي من شأنه أن يُسهم في تطوير إمكانيات الباحثين المختصين ضمن مجال علم الصيانة والترميم، من أجل فهم علمي أوسع لمثل هذا النوع من الأضرار، والسعي لإيجاد الحلول العلمية المنهجية، التي من شأنها الحدّ من تفاقمها، ومعالجة ما هو ظاهرٌ منها من الناحية التقنية والجمالية، دونما المساس بهوية المعلم الأثري الثقافية والحضارية الأصلية.

هدف الدراسة

تهدف الدراسة إلى إبراز حالة التآكل بفعل التجوية الكيميائية على واجهة إفريز الكرمة والعنب من مستوطنة قرزة، وطبيعة هذه الحالة من مظاهر التلف، ومدى نسبة تفاقمها على النسيج الصخري الخارجي، والداخلي للإفريز، ما قبل تعرضه للتجوية، وما بعد، وذلك من خلال الدراسة الميدانية الوصفية، والعلمية المعملية، مع إمكانية تحديد مدى الدور الذي لعبه المناخ المحيط لكلا البيئتين: الصغرى، والكبرى، في تفاقم التجوية الكيميائية وما نتج عنها من حالة تآكل.

منهجية الدراسة

تركزت المنهجية العلمية للدراسة حول تقييم حالة التجوية الكيميائية ونسبة تفاقمها من خلال حالة التآكل الظاهرة على سطح واجهة الإفريز، وتضرر منحوتاته الفنية، وذلك من خلال الدراسة الميدانية الوصفية لما هو ظاهرٌ منها للعين المجردة باستخدام كاميرا رقمية عالية الدقة (Digital camera, A470, optical zoom 3.4x, 7.1 Mega pixels)، ونظام التصنيف اللوني القياسي للصخور (The rock-color-Chart system)، والدراسة العلمية المعملية لعينات منتقاة من النسيج الصخري للإفريز في حالته: الطبيعية (Natural) ما قبل تعرضه للتجوية الكيميائية، والمتضررة (Deteriorated) ما بعد تعرضه لها، وذلك من خلال دراسة الملامح التشكُّلية للنسيج (Morphological features) باستخدام تقنيات: المسح الجهري الإلكتروني ((Scanning Electron Microscopy (SEM))، والمسح الجهري الإلكتروني بالأشعة المرتدة (Backscattered Scanning Electron)

(Microscopy(BSE)، ودراسة التركيب الكيميائي للنسيج الصخري باستخدام مطيافية وميض أشعة أكس (X-Ray Fluorescence Spectrometry)، وهي منهجية علمية عززت من أهداف التوجه العلمي للدراسة.

الدراسات العلمية السابقة

شغل موقع مستوطنة قرزة بكافة معالمه الحضارية اهتمام المستكشفين الأوائل والباحثين منذ القرن الثامن عشر الميلادي (1818م) وحتى الربع الأول من القرن العشرين (2014م)، اهتماماً تُرجم إلى عدة منشورات تنوعت ما بين تقارير لبعثات استكشافية، ودراسات علمية واستعراضية للموقع بوجه عام، وأخرى ذات علاقة بكافة العناصر الفنية الزخرفية والمعمارية، بما في ذلك الأفاريز بوجه خاص، ومنحوتاتها الفنية المتنوعة، مع تسليطها الضوء على العديد من المظاهر الحضارية التي عكست واقع الحياة العامة اليومية للاستيطان البشري في المستوطنة، إلا أنها بالمقابل دراسات لم تتطرق في جُلّها إلى حالات التلف التي بدت مظاهرها على واجهات بعض العناصر الفنية الزخرفية والمعمارية في المستوطنة، وذلك باستثناء الدراسة العلمية التي أجراها كل من الباحثين: (*Olwen Brogan and D.J.Smith, 1984) في ثمانينيات القرن الماضي، التي وردت فيها بعض الإشارات العلمية المتعلقة بمظاهر تأثير عاملي: التعرية الرياحية، والتجوية الكيميائية، على بعض التماثيل، ومنحوتات الكتل الحجرية، وذلك دونما أية استفادة علمية بهذا الشأن، أو أية إشارة إلى إفريز الكرمة والعنب، بخلاف ما هو مقترح من توجه علمي لموضوع هذه الدراسة

عوامل التجوية ومظاهرها

استخدمت الأحجار الطبيعية عبر مراحل التاريخ الحضاري الإنساني كمادة أساسية للبناء، والزخرفة الفنية المعمارية، وبمرور الزمن تصبح هذه الأحجار عُرضة للضرر بفعل العديد من عوامل التجوية الطبيعية التي تُسهم عملياتها من خلال علاقة التفاعل ما بينها وبين طبيعة المواد الحجرية في تحديد نسبة تفاقم ما يتعرض له الحجر من تلفٍ، ونوعيته⁽¹⁾، وهي عمليات تتوقف فاعليتها على الخصائص التركيبية (structural)، والكيميائية (chemical) لنوعية الأحجار المشيدة منها المباني الأثرية، والظروف المحيطة بها⁽²⁾، كما أن مدى

(* Olwen Brogan and D.J.Smith (1984) ، GHIRZA-A Libyan Settlement In The Roman Period, Libyan Antiquities Series-1, Published By The Department Of Antiquities-Tripoli, Printed by Publicomes S.R.L., Roma-Italy, PP.112,140,220,222

(1) M.A El-Gohary(2010), Investigations on Limestone Weathering of El-Tuba Minaret El Mehalla,Egypt: A Case Study, Mediterranean Archaeology and Archaeometry MAA, Vol.10,No.1,Printed in Greece, P.62

(2) Hayet Khemis Medini and Mgaidi Arbi (2018), Chemical and Physical Analysis of



تأثير مثل هذه العمليات قد يتجاوز عدة قرون، وصولاً إلى الألف عام من الزمن.⁽¹⁾

بعض عوامل تلف الأحجار تكون فجائية وسريعة من حيث التأثير، مثل: الهزات الأرضية، الحرائق، الفيضانات، التخريب، الإهمال، السياحة، والبعض الآخر منها يكون بطيئاً، مثل: الترميمات والمعالجات الفنية القديمة، الرياح، الأمطار، الصقيع، التفاوت في درجات الحرارة، الضرر الكيميائي، تنامي الأملاح، التلوث الجوي، الضرر البيولوجي، العوامل الداخلية، وغيرها⁽²⁾، كما صُنِّفت طبيعة هذه التأثيرات الناجمة عن التجوية بدورها إلى صنفين: تأثيرات داخلية ذات علاقة ببنية الحجر وطبيعة نسيجه (intrinsic effect)، وتأثيرات خارجية (extrinsic effects) ذات علاقة بالعوامل الطبيعية، والبشرية المحيطة.⁽³⁾

تنشأ التجوية من جزاء آليات العوامل الفيزيائية والكيميائية التي تقود بدورها إلى العديد من مظاهر التلف على التراث الحضاري المعماري التي تتمحور بمقاييس درجة تفاعلهما حول مقياسين هما: مقياس التجوية الكبرى (Macro scale) التي تشمل: التلف التركيبي (structural damage)، التصدّعات (cracks)، تساقط الملاط أو تورّقه (plumb and wall bulging)، ومقياس التجوية الصغرى (Micro scale) التي تشمل: الأملاح المميّهة (hydrated salts)، التقشُّر (flaking)، التلوّن (coloration)، التسلُّخ (skinning)، التورُّق (exfoliation)، التشوّه (soiling)، الحرشفة (scaling)، البروز المفاجئ للملاط (bursting).⁽⁴⁾

من هذا المنطلق، أمكن تصنيف التجوية من حيث المنشأ إلى نوعين:

- **تجوية كيميائية (Chemical weathering):** وهي ذات علاقة إما بمدى قابلية الحجر للذوبان (stone solubility)، أو بمدى تفاعله مع عوامل التلف الأخرى مثل الملوثات الجوية.⁽⁵⁾

Sandstone and Relationship with Weathering Damage of Madain Salih Monuments, Journal of Taibah University for Science, Vol.12, No.1, Informa UK Limited, Trading as Taylor & Francis Group, P.37

; Mohammed El-Gohary (2011), Chemical Deterioration of Egyptian Limestone Affected by Saline Water, International Journal of Conservation Science, Volume 2, Issue 1, www.ijcs.uaic.ro, P.11

⁽¹⁾ El-Gohary (2010), P.62

⁽²⁾ Eric Doehne and Clifford A. Price (2010), stone Conservation-An Overview of Current Research, The Getty conservation Institute Los Angeles, Second Edition, Printed in Canada, P.9

⁽³⁾ Hayet Khemis Medini and Mgaidi Arbi (2018), P.37

⁽⁴⁾ El-Gohary (2010), P.61

⁽⁵⁾ El-Gohary (2010), P.62

- **تجوية فيزيائية (Physical weathering):** وهي ذات علاقة بمدى مقاومة الحجر للإجهاد المفرط عبر التركيب المسامي مثل: تبلر الأملاح (Salt crystallization)، ويُفضي كلا النوعين من التجوية إلى العديد من مظاهر التلف التي يتجلى تأثيرها بوضوح على أحجار المباني الأثرية والتاريخية، وهي مظاهر ذات ارتباط وثيق بعوامل التجوية الرئيسة الداخلية، والخارجية.⁽¹⁾
- تعد أحجار البناء مثل: الحجر الجيري (Limestone) شديدة الحساسية للعديد من عوامل التجوية، وتتوقف ظاهرة التجوية في مثل هذا النوع من الصخور على طبيعة الظروف المناخية التي تتموضع فيها، فالتفاوت المرتفع والمنخفض في درجة حرارة الجو (Air temperature)، ومدى غزارة المطر وما يتعلق به من الرطوبة النسبية (Relative humidity)، والتلوث الجوي (Air pollution)، تُعد من أكثر الظروف الملائمة لنشوء هذه الظاهرة⁽²⁾، التي قُسمت إلى: مناخ البيئة الصغرى (Micro climate)، ومناخ البيئة الكبرى (Macro climate).⁽³⁾
- **مناخ البيئة الكبرى:** يشمل مناخ البيئة مكونات نشطة ومؤثرة على وجه التحديد على المباني، والتي من بينها: الأشعة الناتجة عن الشمس، التباين الموسمي في درجات الحرارة، الرياح، الأمطار وما يصاحبها من أعاصير مسببة للفيضانات، وبالأخص وفق معدّلي التجوية الصغرى، والكبرى، والرطوبة.⁽⁴⁾
- **مناخ البيئة الصغرى:** يتمثل في التباين في مناخ البيئة المحيطة بالمنطقة حيث موقع البناء، وطبيعة التربة المشيّد فوقها، ويشمل هذا النوع من المناخ تنوع الغطاء النباتي الذي من بينه الأشجار المحيطة بالمبنى، المستنقعات المتجمدة، الظلال الناشئة عن التلال أو الجبال، التصميم الفني المعماري الخارجي، والتركيب الهندسي الداخلي للبناء بكافة عناصره الفنية المعمارية، ومدى ارتباطه بالفضاء البيئي الداخلي، والخارجي، مثل: الأروقة، والنافورات، والأسقف، والإضاءة.⁽⁵⁾

⁽¹⁾El-Gohary(2010), P.62

⁽²⁾Iras S.Alison and Donald F.Palmer(1980),Geology-The Science Of A Changing Earth, McGraw-Hill Book Company,Seventh Edition, Printed in the United States of America, P.191

; El-Gohary(2010), P.62

⁽³⁾Michael Trinkley(2013), Why Sandstone Monuments Have So Many Problems, Conservation Talk, AGS QUARTERLY, Vol.37, No. 1, Spring 2013, P.24

; El-Gohary(2010), P.62

⁽⁴⁾Bernard M.Feilden (2003), Conservation of Historic Buildings, Third edition, Oxford. United Kingdom, P.93

⁽⁵⁾Bernard M.Feilden (2003), P.93



يتألف الحجر الجيري بشكل رئيس من كربونات الكالسيوم (calcium carbonate)، أو مزيج مؤلف منها ومن المغنيسيوم (Magnesium)، مع نسب ضئيلة من مواد أخرى مثل: السيليكا (Silica)، والطين (Clay)، وأكسيد الحديد (Iron oxide)، وكربونات المغنيسيوم (Magnesium carbonate)، فإذا زادت نسبة السيليكا يسمى بالحجر الجيري السيليكاتي، والحجر الجيري الطيني في حال ازدياد نسبة الطين⁽¹⁾، ويعتبر الحجر الجيري ذو النسيج السرائي (Oolites Limestone) من الصخور الغالب استخدامها في مجال النحت والبناء، حيث تمثل الحبيبات في مثل هذا النوع من الصخور ما تتراوح نسبته ما بين (60/70%) من مكونات الصخر، كما يتراوح معدل حجمها ما بين (300:600 جزء في المليون)، وهي مترابطة فيما بينها بنسبة ضئيلة من الكلس (Calcite)، وتتخللها مسامية عالية يبلغ متوسط قطرها ما بين الحبيبات (0.25 جزء في المليون)، في الوقت الذي يبلغ فيه المعدل الاعتيادي للمسامية وفق تقنية الاسترساب المسامي (Mercury intrusion porosimetry (MIP)) (22.7%)، وتعمل هذه المسامية الدقيقة في النسيج الصخري على جعل الصخر سريع التأثر وبشدة لعوامل التلف، وبالأخص التلف بفعل تبلر الملح.⁽²⁾

* الحجر الجيري الطيني (Clay Limestone)

يعتبر الحجر الجيري الطيني حجر حبيبي النسيج مع احتوائه على بقايا عضوية صغيرة (bioclast) متفككة (microporosity)، وتميزه بحساسية عالية، وتتماسك البقايا العضوية المفككة والحبيبات مع بعضها البعض بواسطة كربونات طينية متبلرة جزئياً وبنسبة ضئيلة إلى معدن لامع، وتبلغ كمية كل من: الكربونات الرابطة، والمعدن، (10%)، ونظراً لنعومة تركيب نسيجه الصخري، وعدم تمتعه بالصلابة الشديدة، غالباً ما كان يستخدم في تصميم العناصر الفنية الداخلية للمباني المعمارية، وهو بالتالي ملائم للاستخدام الإنشائي الداخلي (indoor) أكثر منه في الخارج (outdoor).⁽³⁾

⁽¹⁾El-Gohary(2010), P.62

؛ مصطفى السيد شحاته و عبد الوهاب عوض(د.ت)، خواص مواد البناء واختباراتها، دار الراتب الجامعية، بيروت-لبنان، ص22

⁽²⁾Carlos Rodriguez-Navaro, Eric Doehne and Eduardo Sebastian (1999), Origins of Honeycomb weadring:The role of salts and wind, Geological Society of America Bulletin.GSA Bulletin, Vol.III,No.8., P.1251

⁽³⁾Timo G.Nijland and Rob P.J. Van Hees(2009), Salt Decay of Morley Limestone, HERON.Vol.54, No.4, Research Gate, PP.279, 282

التآكل كمظهر للتجوية الكيميائية

يُعد التآكل (The Corrosion) كمظهرٍ للتجوية الكيميائية، نمط من أنماط التلف ذات التأثير السلبي الذي يتسبب في فقدان القيمة الجمالية للأعمال الفنية، وخاصة المتانة الميكانيكية للحجر، إلا أنه من جانبٍ آخر، تمثل بعض آثاره السلبية قيمة جمالية لبعض العناصر الفنية المعمارية مثلما هو الحال بالنسبة للأسقف المغطاة بطبقة التشوّه الكيميائية الخضراء اللون المعروفة اصطلاحاً بـ(Patina^(*)).⁽¹⁾

يزداد معدل التآكل بشكل دراماتيكي في وجود الرطوبة النسبية وهذا مرتبط بدوره بكمية الماء التي تعرضت للامتصاص، ففي ظل انخفاض الرطوبة النسبية، تقل كثافة الماء، أما في حال ارتفاع الرطوبة النسبية، فإن كثافة الماء تزداد، الأمر الذي يُمكنها من التصرف كوسيط أيوني (Ionic) لامتناس الملوثات.⁽²⁾

في البيئات الريفية، والحضرية، يتجلى ضرر التآكل وعلى قدرٍ كبيرٍ على أسطح الحجارة في المواقع غير المحمية أكثر منه في تلك المحمية منها، وبالأخص ما يتعلق بتأثير المطر الحامضي، في حين أنه في البيئات البحرية، يكون التأثير نفعيً عن طريق إزالة الكلوريدات (Chlorides) من خلال ما يُعرف بتأثير الغسيل (washing effect)، وكل ذلك يتوقف بدوره على مادة البناء، ونسبة القابلية للذوبان، وغير ذلك.⁽³⁾

فظاهرة ما يُعرف بالتأثير التآكلي (Corrosion effect) تعكس الدور السلبي للمطر الذي يعمل على ترطيب أسطح الحجارة وإذابة الطبقات الواقية لها ومن ثم تآكلها، وذلك بالاعتماد على نسبة الترسبات المتعلقة بالأمتار الحامضية، وهو ما تتجلى مظاهره في البيئات السالف ذكرها⁽⁴⁾، فالمياه بكل أنماطها، وهياتها، تمثل

^(*)(Patina) أو ما يُعرف اصطلاحاً بالإيطالية (Scialbatura)، طبقة سطحية شاملة ومتجانسة يغلب عليها التعدد في الألوان التي تشمل: الأصفر، والبني، والوردي، والأحمر، تحتاج أسطح مواد متنوعة من بينها الأحجار الكلسية، وغير الكلسية، ومعدن البرونز، والزجاج، والرسوم الجدارية، والخشب، كما أنها غالباً ما تكون متصلة بظاهرة النخر أو الحفر، على الأحجار الكلسية، والزجاج، وهي طبقة تتألف بشكل عام من أوكسالات الكالسيوم (calcium oxalates)، والحديد، والجبس، والكوارتز، والفلدسبار. انظر:

L.Lazarini and O.Salvadori(1989), A Reassessment of The Formation of The Patina Called Scialbatura, The Restoration of Stone-Cleaning, Studies in Conservation 34,20-26, Roma, Italy, P.20

⁽¹⁾John Watt, Johan Tidblad, Vladimir Kucera and Ron Hamilton(2009), The Effect of Air Pollution on Cultural Heritage, Springer Science + Business Media, LLC, P.59

⁽²⁾John Watt, Johan Tidblad, Vladimir Kucera and Ron Hamilton(2009), P.58

⁽³⁾John Watt, Johan Tidblad, Vladimir Kucera and Ron Hamilton(2009), P.59

⁽⁴⁾John Watt, Johan Tidblad, Vladimir Kucera and Ron Hamilton(2009), P.59

عامل معزز للتفاعلات الكيميائية، والتلف التدريجي لمواد البناء، وكذلك من فاعلية ضرر المباني عند الفيضانات، وارتفاع منسوبها في مجاري الأنهار، وعبر المزاريب.⁽¹⁾

التآكل وأثره على إفريز الكرمة والعنب

يُعد إفريز الكرمة والعنب^(*) (Vine and Grapes) واحد من العناصر الفنية المعمارية الزخرفية المكتشفة في أصغر مقابر المجموعة الشمالية في مستوطنة قرزة، وهو عبارة عن إفريز من الحجر الجيري اشتمل على نحت فني بارز صوّر ساق متعرج الشكل (zigzag) لنبات كرمة العنب توزعت على أطرافه ثلاثة عناقيد مكتنزة متدلّاه، وقد بدا في منتصف الإفريز ما يحتمل أن يكون بقايا قاعدة إناء للزينة أو للتقديم (vase)، أو سلة (basket).⁽²⁾ اللوحة (1).



اللوحة (1): (A). واجهة إفريز الكرمة والعنب معروضاً في الرواق الأمامي من مبنى متحف لبدّة،

(B). الركن الأيمن من الإفريز ومنحوتة الزهرة ذات الثمانية عشرة بتلله مذبية الأطراف.

أشار الباحثان: (O. Brogan) و (D.J.Smith) من خلال دراستهما لمعالم المستوطنة في عام (1984) إلى أن الأحجار الجيرية التي شيدت بها مباني المستوطنة قد استقطعت من مجموعة المحاجر الواقعة على ضفتي وادي قرزة، وهي أحجار اتسمت عند القطع بلونها الأبيض الضارب إلى اللون اللبني (Milky)، وبمجرد تعرّضها للهواء الجوي يتغير لونها إلى اللون البنيّ الخفيف مع مسحةٍ من اللون الوردي (Pink).⁽³⁾

بيّنت الدراسة الوصفية الميدانية للإفريز بأنه يمثل إفريز الركن الأيمن لإحدى الواجهات الأربعة للمقبرة، وهو

⁽¹⁾Bernard M.Feilden (2003), P.93

^(*) الكرمة والعنب (vine and grapes)، تسمية أطلقها كلا الباحثين: (Smith) و (Brogan) على الإفريز عند دراستهما للمعالم الفنية الزخرفية والمعمارية بمستوطنة قرزة، وقد رأى الباحث أن يستعين بذات التسمية ضمن هذه الدراسة.

⁽²⁾Brogan and Smith (1984), P.160

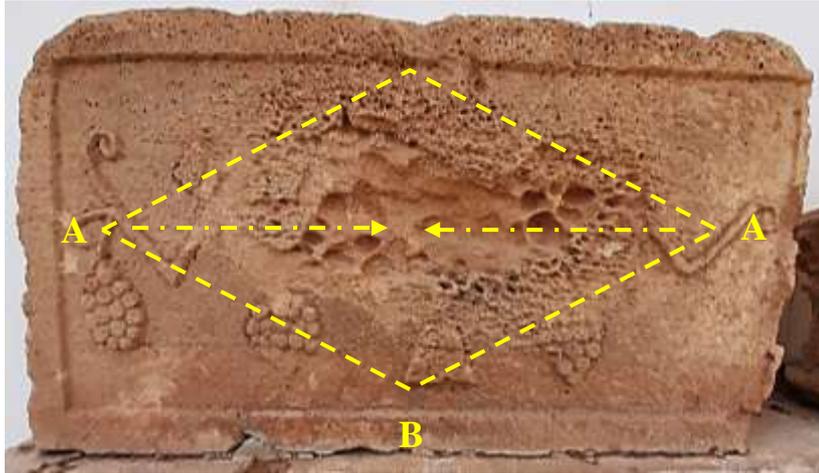
⁽³⁾Brogan and Smith (1984), P.72, 160

عبارة عن كتلة مستطيلة الشكل من الحجر الجيري الطيني (Clay Limestone) بارتفاع (48 سم)، وعرض (90.2 سم)، وسمك تراوح ما بين (17، 20 سم)، وقد تميزت واجهته الرئيسة بمنحوتة نبات كرمة العنب محاطة بإطار زخرفي داخلي بارز بسمك (5 سم)، وواجهة ركنه الأيمن بمنحوتة بارزة لزهرة قطرها (8.8 سم)، مؤلفة من ثمان عشرة بتلة مذبذبة الأطراف، محاطة بدورها بذات النمط الزخرفي وذات السمك من إطار الواجهة الرئيسة، كما تميز نسيج السطح الخارجي للإفريز باللون البني الفاقع، وفق مقياس لوني (5YR 6/4)، في حين تميز نسيجه الداخلي عقب عملية التشظية لغرض عينات الدراسة المعملية باللون الوردي مع مسحة من اللون البرتقالي، وفق مقياس لوني (5YR 8/4).

يعاني الإفريز - حسبما يرى الباحث- من حالة تلف بفعل التجوية الكيميائية وفق مقياس التجوية الصغرى، وذلك من خلال ظاهرة (*Anhedral) التي ينتج عنها حالة من التآكل غير متوازي الشكل ناتج عن تبلر الأملاح الذائبة في مسام الحجر الجيري الطيني الشديد الحساسية للضرر التميهي والمتكشّف سطحه لتأثير الرياح، الأمر الذي أدى إلى فقدان منحوتات الإفريز لقيمتها الفنية والجمالية، وذلك من خلال نشوء تآكل على سطح الواجهة تشكّل ضمن مسار أفقي على هيئة شكل شبه معيني، حيث بدأ التآكل متدرجاً من الأطراف باتجاه الداخل وقد قلّ مستواه من حيث التآكل، والعمق، عند النقطة (A)، وازداداً معاً عند النقطة (B). اللوحة (2)

(*Anhedral)، (Enhedral): هما حالتا تشكّل ناجمتا عن ظاهرة تبلور الملح (Salt crystal morphologies) في مسام الصخر المتكشّفه واجهته لتأثير الرياح (wind-exposed)، حيث تمثل الأولى حالة تآكل ناتجة عن تبلور الملح على أسطح الصخر المعرض لتأثير الرياح في الأماكن المكشوفة، في حين تمثل الثانية حالة تآكل ناتجة عن تبلور الملح على أسطح الصخر المعرض لتأثير الرياح في الأماكن المغلقة. انظر:

Carlos Rodriguez-Navaro, Eric Doehne and Eduardo Sebastian (1999), Origins of Honeycomb Weathering: The role of salt and wind, Geological Society of America Bulletin. GSA, Bulletin, Vol. III, No.8, P.1254



اللوحة (2): واجهة الإفريز توضح التآكل ومستوى انتشاره، ومدى تفاقمه بدءاً من نقطتي الأطراف (A)، وانتهاءً إلى نقطة المنتصف (B).

تجلت معالم التآكل على هيئة أشكال كروية، أو شبه كروية تفاوتت فيما بينها من حيث العمق، والقطر، حيث بلغ مستواها من العمق عند النقطة (A) (5 ملم)، وعمق متفاوت ما بين (4 سم) و(8.4 سم) عند النقطة (B)، في حين بلغ أقصى امتداد لقطرها (4.2 سم)، وعمق (8.4 سم). اللوحة (3)



اللوحة (3): صورة فوتوغرافية توضح آثار حالة التآكل على واجهة الإفريز من حيث مستوي: العمق، والقطر.

إن ما تقرب نسبته من (95%) - إن لم نقل نسبة (100%) - من حالة تلف الإفريز - من وجهة نظر الباحث - قد حدثت بفعل تأثير مناخ البيئتين: الكبرى المتعلق بموقع مستوطنة قرزة، والصغرى المتعلقة بموقع اكتشاف الإفريز في صغرى مقابر المجموعة الشمالية، خاصة خلال الفترة الزمنية الممتدة ما بين عامي (1955م) و(1957م) حينما تعرض الإفريز للسقوط وظل بالتالي فوق سطح الأرض عُرضة لتأثير الرياح، والحرارة، والتشبع العالي بالرطوبة بكافة مصادرها الجوية، والأرضية، والملوثات الجوية، وما ينتج عن ذلك من نشوء تفاعلات كيميائية فيما بينها، من جهة، وما بين العناصر والمركبات الكيميائية التي شكلت التركيب الصخري

للإفريز، من جهة أخرى، أو أن التلف قد حدث قبل ذلك بزمن، ثم ازداد تفاقماً لاحقاً إثر سقوط الإفريز، ومن جرت عملية نقله للعرض في متحف السرايا الحمراء بطرابلس عام (1957م). اللوحة(4)

ومما تجدر الإشارة إليه أن مثل هذا النوع من الصخور-حسبما أشار (Kamb G.M.E,2011) - يتسم بمحتواه من المعادن الطينية، الأمر الذي من شأنه أن يزيد من حساسيته لعمليات التجوية إذا ما تعرّض لأي مصدر من مصادر الرطوبة.⁽¹⁾

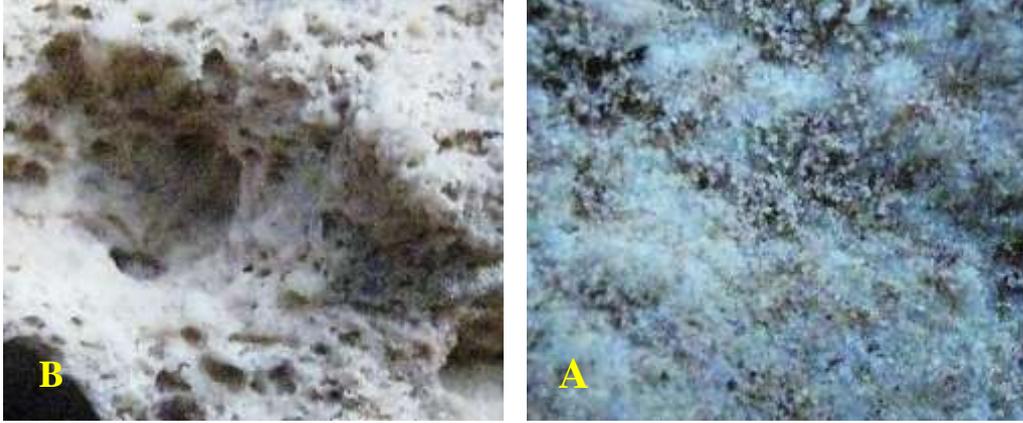
بدأت ملامح النسيج الصخري للإفريز ما قبل تعرّضه لعوامل التجوية في الجزء الخلفي منه، وما بعد ذلك في حالته المجوّاة ضمن الواجهة، جلية واضحة من خلال الدراسة الوصفية الميدانية باستخدام التصوير الفوتوغرافي بكاميرا عالية الدقة، حيث بدأ النسيج ما قبل تعرّضه للتجوية متماسكاً من خلال الكربونات الطينية المتبلّرة جزئياً إلى أشكال كرسطالية شفافة لامعة ذات لون وردي بمسحةٍ من اللون البرتقالي الضارب إلى الرمادي، وفق مقياس لوني (10R 8/2)، دلّ تحليل مطيافية وميض أشعة أكس على أنها لمعدن السترونيوم (Strontium (Sr)) أحد أهم العناصر الكيميائية المكونة لنسيج الحجر الجيري الطيني، كما بدأت كربونات الكالسايت (calcite carbonates) بلون أبيض بمسحةٍ من اللون اللّبي، وفق مقياس لوني (N9)، في حين تجلّى النسيج الصخري المجوّى من الإفريز متفسّخاً من جرّاء التآكل الذي أفقده ما كان عليه من تماسك في حالته الطبيعية، والذي بدأ آثاره من خلال الحُفر المتباينة العمق، والأخاديد وما صاحبها من نتوءات. اللوحة(5)



اللوحة(4): توضح إفريز الكرمة والعنب ملقاً على الأرض بجانب أطلال المقبرة في موقع مستوطنة قرزة، وقد بدأ على واجهته التآكل، وفي أقصى يمين الصورة في الأعلى بدأ ما هو محتمل لأطلال مجموعة من الأكواخ ذات جدران حجرية،

⁽¹⁾Kamh G.M.E(2011), Salt Weathering Bio-deterioration and Rate of Weathering of Dimensional sandstone in Ancient Buildings of Aachen City, Germany, International Journal of Water Resources and Environmental Engineering, Vol.3(5), Achademic Journal, www.academicjournals.org, P.88

وأستف مغطاة بالقماش أو الكتان مدعّمة من الأسفل بالخشب، يعتقد الباحث بأنها تخص تجمع استيطاني-رعوي مؤقت في العصر الحديث. Brogan and Smith (1984).



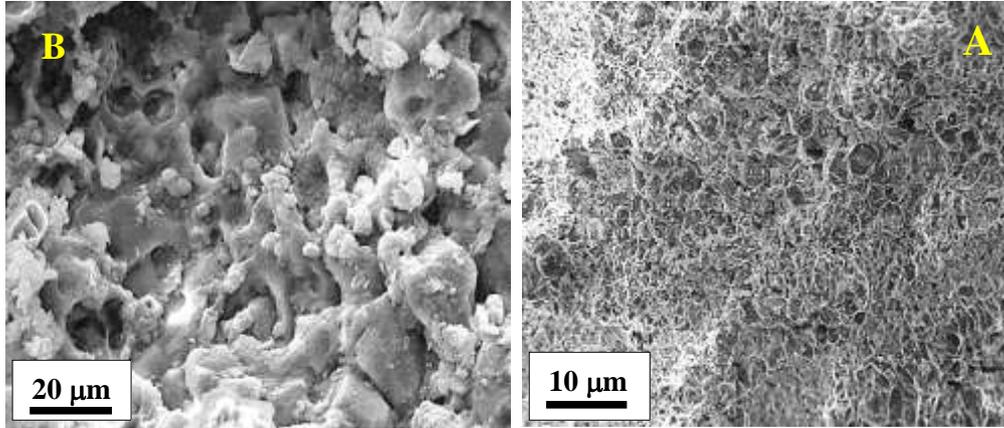
اللوحة(5): صورة فوتوغرافية لعينة من نسيج الإفريز في حالتيه:

(A) اقبل تعرّضه للتآكل بالتجوّية، (B) ما بعد تعرّضه للتآكل بالتجوّية.

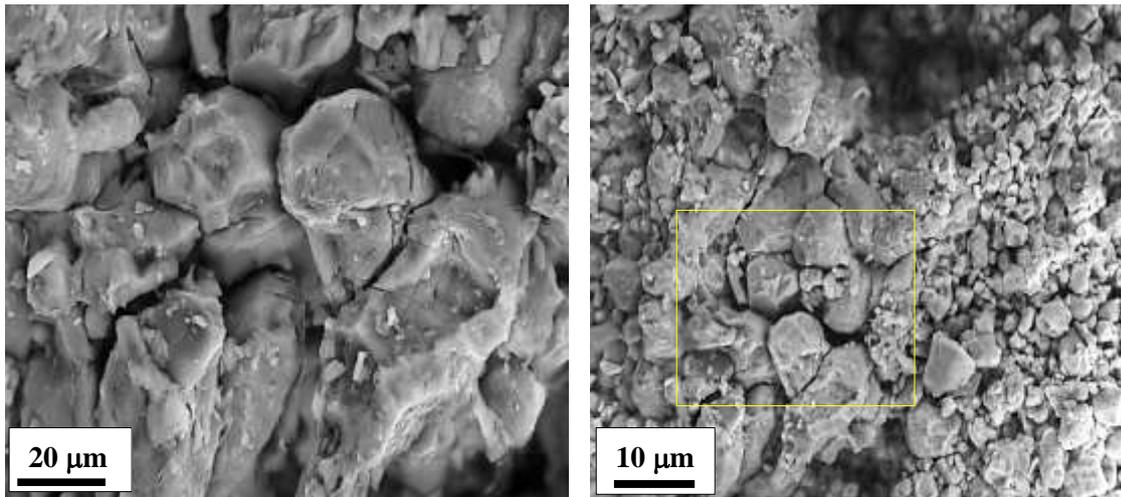
أظهرت الدراسة المعملية للملامح التشكّلية للعينات غير المجوّاة، وتلك المجوّاة، المنتقاة من نسيج الإفريز، باستخدام المسح المجهر الإلكتروني (SEM)، والمسح المجهر الإلكتروني بالأشعة المرتدّة (BSE)، تفصيلاً أكثر دقة لحالة التآكل، وذلك من خلال آثار الحفر، والتجاويف المتباينة العمق، والمستوى، وكذلك النتوءات، والتصدّعات، والبللورات الملحية المتنامية، الناتجة عن تأثير عوامل: الرطوبة النسبية بكافة مصادرها، والرياح، والحرارة التي بدا تأثيرها جلي وواضح من خلال نظام التسخين الحراري* (convection heating) الظاهرة معاملة على نسيج العينات. اللوحات(6)،(7)،(8)

(*) نظام التسخين الحراري (convection heating)، ونظام التسخين الإشعاعي (radiation heating)، هما وسيلتا التوصيل اللتان تنتقل من خلالهما الحرارة في الطبيعة، حيث يعمل الأول على تسخين الهواء الجوي المحيط بمنطقة ما، في حين يقوم الثاني على التسخين المباشر للأسطح بواسطة أشعة الشمس. انظر:

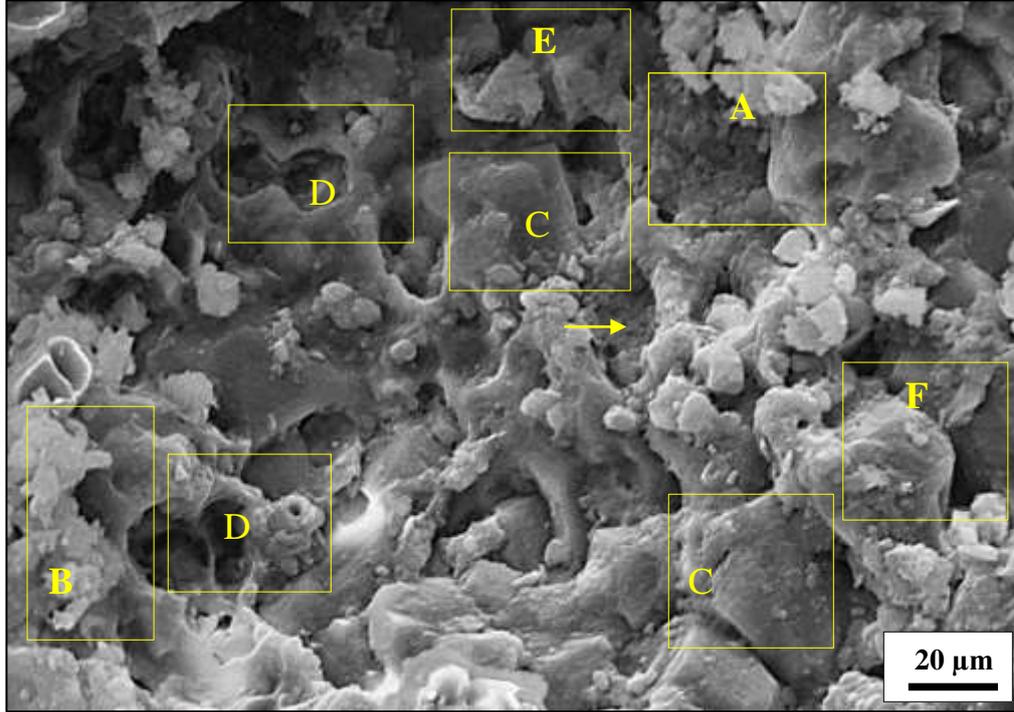
Miguel Gomez-Heras and Rafael Fort (2007), Patterns of Halite (NaCl) Crystallization in Building Stone Conditioned by Laboratory Heating Regimes, Environ Geol 52:239-247, Spriger-Verlag.



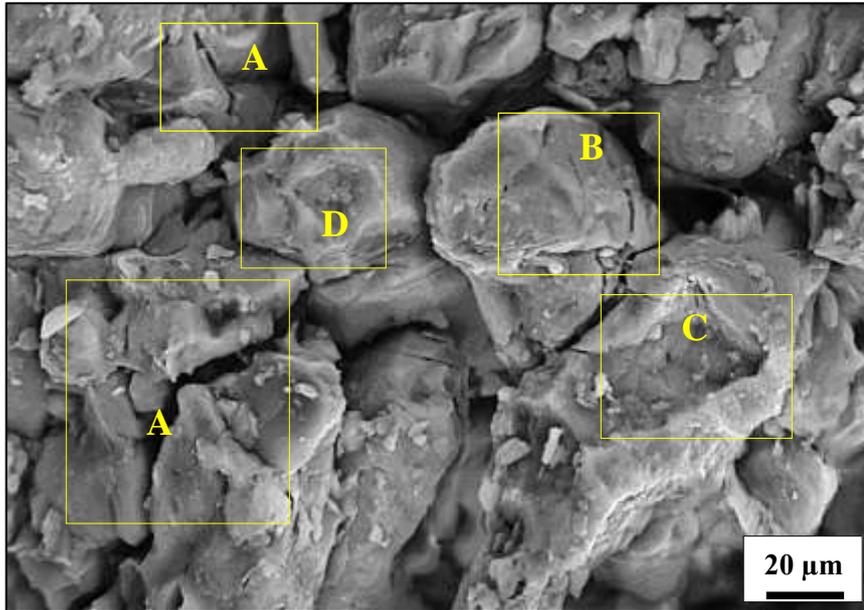
اللوحة(6): صورة بالمجهر الماسح الإلكتروني لعينة من نسيج الإفريز في حالتيه:
ما قبل تعرّضه للتآكل بالتجوية (A)، ما بعد للتآكل بالتجوية(B).



اللوحة(7): صورة بالمجهر الماسح الإلكتروني بالأشعة المرّتدة لعينة من نسيج الإفريز في حالته ما بعد تعرّضه للتآكل
بالتجوية.



اللوحة (8): عينة للنسيج الجوى من الإفريز من خلال المجهر الماسح الإلكتروني تُظهر: (A) بلورات من الملح في طور النمو منبتقة من نسيج الحجر، (B) بلورات من الملح في طور التحوّر إلى بلورات من الهاليت، (C) أسطح لبلورات من الهاليت، (D) حُفر في النسيج ناتجة عن عامل التجوية، (E) تصدّعات في النسيج، (F) حبيبات من الكالسيت.



اللوحة (9): عينة للنسيج المتضرر من الإفريز من خلال المجهر الماسح الإلكتروني بالأشعة المرتدة وتبدو عليها مجموعة التصدّعات (A)، والشروخ المتباينة الأشكال (B)، والتشظّي الظاهر على أسطح حبيبات الكالسيت (C)، والبلورات الملحية المتنامية (D).

أما الدراسة المعملية المتعلقة بالتركيب الكيميائي لعينات النسيج ما قبل تعرّضه للتآكل، وبعده، باستخدام تحليل مطيافية وميض أشعة أكس، فقد أظهرت نتائجها بالنسبة للعينة المتضررة من النسيج وجود بعض العناصر الكيميائية المغايرة لما أظهرته نتيجة تحليل العينة الطبيعية، ومن بين تلك العناصر: عنصر الروبيديوم (Rb) (Rubidium) ذو المحتوى القلوي، وعنصر الزركونيوم (Zr) (Zirconium) الناتج عن عملية تبلّر ملح الصخور (الهاليت - Halite) من جزّاء تبخر أجزاء من المحلول الملحي المذاب في نسيج الحجر، وعنصر التيتانيوم (Ti) (Titanium) القابل للذوبان في الأحماض الشديدة التركيز، الأمر الذي يدل في نهاية المطاف على احتمالية ارتباط هذه العناصر بالترسبات الحامضية، وتنامي الأملاح وذوبانها، ومن ثم تبخرها ضمن مسام النسيج الصخري للإفريز، وبالتالي نشوء حالة تآكل واجهته. **الجدولين: (1)، (2)**

يعتقد الباحث بأنه إلى جانب التأثير المباشر لعوامل التلف الطبيعية السالف ذكرها، ثمة عوامل أخرى من المحتمل أنها قد ساهمت - بشكل جزئي وعلى نحو غير مباشر - في تفاقم التجوية الكيميائية ضمن مناخ البيئة الصغرى ألا وهي العوامل البشرية المتمثلة في الإهمال، وقلة الوعي بأهمية الموروث الثقافي والحضاري الانساني، وهو ما تجلّى من خلال وجود أكواخ بدائية الطراز بالقرب من المقبرة تُخصّصت للاستيطان البشري الموسمي ذو والرعوي في المنطقة. **اللوحة (4)**

جدول (1): تحليل مطيافية وميض أشعة أكس لعينة غير مجوّاة من النسيج الصخري للإفريز

العنصر	النسبة (أجزاء في المليون) (ppm)	$\pm 2\sigma$ 0.00
	99.73	
حديد (Fe)	0.24	0.02
خارصين (Zn)	26	12
سترونيوم (Sr)	215	14
توريوم (Th)	44.05	20.00

جدول (2): تحليل مطيافية وميض أشعة أكس لعينة مجوّاة من النسيج الصخري للإفريز

العنصر	النسبة (أجزاء في المليون) (ppm)	$\pm 2\sigma$ 0.01
	98.70	
تيتانيوم (Ti)	0.28	0.09
مغنيسيوم (Mn)	2.79	131
حديد (Fe)	0.95	0.03
خارصين (Zn)	58	15
روبيديوم (Rb)	5	1



8	294	سترونيوم (Sr)
5	25	زركونيوم (Zr)
9	28	رصاص (Pb)
20.00	43.59	توريوم (Th)

يتحلى التأثير المحتمل وغير المباشر لمثل هذا النشاطات وفق الدراسة التي أجراها (Gomez-Heras M & Others, 2011) إما من خلال متطلبات الاستهلاك البشري من كلوريد الصوديوم (Sodium chloride) المستخدم ضمن السلسلة الغذائية لسكان المستوطنة قديماً والذي شكل مصدراً للأملح الذائبة في تربة الموقع، أو من خلال ما يتعلق بالنشاط الحياتي البشري، والرعي لحيوانات الماشية من حول المستوطنة، من مخلفات وإفرازات للجسم، مثل: العرق، والبول، وغيرها التي شكلت مصدراً للكبريتات (Sulphates)، والنترات (Nitrates).⁽¹⁾

المناخ البيئي ودوره في نشوء التجوية الكيميائية وتفاقمها

لقد شكل مناخ كلا البيئتين: الصغرى، والكبرى، لموقع مستوطنة قرزة، دوراً رئيساً في نشوء التجوية الكيميائية وتفاقم تأثيرها من خلال حالة التآكل على واجهة الإفريز، التي لم يقتصر تأثير مسيبتها الرئيسية من العوامل الطبيعية المختلفة على عاملٍ محدد بقدر ما هي إلا نتاج للعديد من العوامل التي شملت: الأمطار وما ارتبط بها من رطوبة نسبية، وأملاح متبلرة، ومركبات ذات خواص تآكلية، ونداوة، وضباب، وحرارة، ورياح، إضافة إلى بعض الخواص الطبيعية الكيميائية، والفيزيائية، التي اتسمت بها المادة الخام الإنشائية لصخور الحجر الجيري الطيني الذي شكّل وعاءً فنياً لإفريز منحوتة الكرمة والعنب.

فالأملاح الصخرية، وأملاح الكبريتات، التي مصدرها التربة المحلية المشبعة بالرطوبة النسبية، وندرات الصوديوم، المتغلغلة ضمن حبيبات النسيج السطحي للحجر الجيري الطيني، والمتبلرة في مسامه، ضمن مناخ البيئة الحار للمستوطنة والشديد الجفاف، قد ساهمت في تجوية النسيج الصخري وتآكله عن طريق الضرر التمههي المتمثل في عملية استقرارها ضمن واجهة الإفريز، وذلك إما بدويانها، أو تكاثفها، ومن ثم تبخرها من

⁽¹⁾ Gomez-Heras M, Lopez-Arce P., Balaawi F., Vazquez-Calvo, C., Fort, R., Ishakat, F., Alvarez de Buergo, M. and Allawneh F.,(2011), Characterisation of Salt Combinations found at the "Silk Tomb"(Petra, Jordan) and their Possible Source, Salt Weathering on Buildings and Stone Sculptures, Editors: I.Ioannou & M.Theodoridou, SWBSS, Limassol, Cyprus, PP.82, 85

جزءاً ظاهرة التسخين الحراري الناجمة عن التباين اليومي في درجات حرارة الجو في المنطقة المحيطة بموقع المستوطنة، ودرجة حرارة الرياح المحلية-الموسمية الجافة(القبلي) الآتية من عمق الصحراء، هذا بالإضافة إلى طبيعة تركيب النسيج الصخري للإفريز من حيث خواصه الكيميائية، والفيزيائية، ومدى تفاعلها مع ظاهرة التجوية الكيميائية، وكذلك الدور الذي لعبه النسيج الخارجي في إنجاح تفاعلية هذه الظاهرة، وذلك من خلال خشونة السطح الناتجة عن عملية قطع الحجر من المقلع، من جانب، وتشذيبه، وتهيبته لتصميم منحوتة الكرمة والعنب وتنفيذها على واجهة الإفريز، من جانب آخر، حيث أسهمت خشونة السطح في عملية ترسب الجسيمات المنقولة جواً وانتشارها السريع على السطح.

بعض النشاطات الحياتية الناجمة عن الاستيطان البشري في موقع المستوطنة قديماً، وحديثاً على من خلال أطلال معالم الاستيطان البشري- الرعوي التي بدت جلية واضحة على مقربة من موقع اكتشاف الإفريز في المقبرة (D)، وما ارتبط بها من تنوع في الاستهلاك الغذائي الذي من المحتمل أنه قد شكّل مصدراً للأملاح من خلال كلوريد الصوديوم، وكذلك النشاطات الرعوية لحيوانات الماشية وما ينتج عنها من إفرازات الجسم من العرق، والبول، وغيرها، التي شكلت بدورها مصدراً للكبريتات، والنترات، التي تؤدي من خلال التفاعل فيما بينها وبين ثاني أكسيد الكربون، والأوزون، في الجو إلى إحداث تغير في تركيبة الغلاف الجوي من خلال عملية أكسدة ثاني أكسيد الكبريت وتحوّله إلى أحماض تفاعلية قابلة للذوبان وأكلة للغلاف الجوي، ومن ثم استقرارها على سطح الحجر من خلال ترسب جسيماتها من خلال مياه المطر المحملة قطراته بالعديد من الملوثات الجوية القابلة للذوبان في الماء، الأمر الذي يسهم في إحداث تغيير في كيمياء الأمطار المعتدلة الحامضية، وارتفاع درجة حامضيتها وفق معدلات متباينة، وهو ما يُفضي في نهاية المطاف إلى نشوء تسارع في ذوبان الكربونات الرابطة للحجر الجيري الطيني الشديد الحساسية للمياه المشبعة بثاني أكسيد الكربون، ومن ثم تسارع عملية التجوية الكيميائية وما تبعها من حالة تآكل وتلف لمنحوتات الإفريز الفنية التي لم يعد في الإمكان تعويضها.

الخاتمة

إن التآكل كمظهرٍ للتجوية الكيميائية وفق مقياس تفاعليتها الصغرى، يُعد من أشد حالات التلف التي تهدد ديمومة الأعمال الفنية النحتية للموروث الثقافي والحضاري الإنساني، حيث شكّل المناخ كعامل طبيعي من خلال مناخ البيئة الأصغرى، ومناخ البيئة الكبرى، نطاق تفاعلي للعوامل المسببة للتجوية مع بعضها البعض، من جهة، ومع طبيعة التركيب الصخري للمواد الإنشائية ذات الطبيعة الجيرية الشديدة الحساسية، من جهة أخرى، وعلى الرغم من التباين الطبيعي الذي تتسم به العوامل المناخية المختلفة، والدور الذي لعبته على نحوٍ مباشر، أو غير مباشر في نشوء التجوية الكيميائية، إلا أنها قد جاءت مكتملة لبعضها البعض من حيث التأثير، وشكلت بالتالي وحدة واحدة من حيث الضرر كلٍ حسب دوره ضمن مسار تشكّل التجوية وما نجم عنها من



مظهر التآكل على واجهة إفريز الحجر الجيري الطيني لمنحوتة الكرمة والعنب، وإنه في الوقت الذي يستحيل معه السيطرة على تفاعلية مثل هذه الظواهر المناخية، أو الحدّ من دورها في التسبب في العديد من حالات التلف المتعددة الأوجه، إلا أن مسألة الوعي بأهمية الموروث الحضاري الإنساني، وعدم التقصير في المحافظة على ديمومة كيانه الثقافي، وكذلك السعي العلمي الحثيث لدراسة وفهم آلية التأثير الطبيعي للعوامل المناخية الكامنة وراء نشوء التلف بكافة مظاهره المختلفة، كفيلة بأن تُسهم في إنقاذ ما يمكن إنقاذه من معالم التراث الأثري، والتاريخي، والحفاظ على ديمومته كإرث إنساني حضاري وعالمي للأجيال القادمة.

النتائج

1. إن إفريز الكرمة والعنب قد تُشيد من الحجر الجيري الطيني ذو الحساسية العالية لعوامل التلف الطبيعية.
2. إن التآكل كنمط من أنماط مقياس التجوية الصغرى على واجهة الإفريز، قد جاء كنتاج لتأثير كيميائي لعدة عوامل طبيعية ذات صلة بمناخ البيئتين: الصغرى والكبرى.
3. إن الخواص الكيميائية والفيزيائية للحجر الجيري الطيني، قد ساعدت على نشوء التجوية الكيميائية وتفاقمها من خلال حالة التآكل، في حين أسهم عاملي: الرطوبة النسبية، والرياح، على نحوٍ مباشر في نشوء التجوية وتآكل النسيج الصخري لواجهة الإفريز.
4. إن المناخ البيئي شبه الصحراوي لموقع مستوطنة قرزة، قد لعب دوراً رئيساً في نشوء التجوية الكيميائية على واجهة إفريز الكرمة والعنب.
5. إن الإهمال، وعدم الوعي، قد شكّلا معاً دوراً ثانوياً في نشوء التجوية الكيميائية وتفاقمها في موقع مستوطنة قرزة.

التوصيات

1. وجوب الاهتمام بكافة المعالم الأثرية في الموقع الأصلي لمستوطنة قرزة، وألا يقتصر ذلك على ما تم نقله منها للعرض في أروقة وصالات المتاحف.
2. ضرورة تبني الدراسات العلمية في مجال علم الآثار للتطبيقات العلمية الحديثة، وذلك من أجل فهم أعمق لطبيعة مواد البناء الصخرية وبالتالي فهم آلية عمل عوامل التلف المختلفة من حيث طبيعة تأثيرها على المعالم الأثرية، والسعي للحدّ من تفاقمها من خلال إيجاد المعالجات الملائمة لطبيعة تركيبها الصخري ضمن إطار علم الصيانة والترميم.
3. بث الوعي العلمي والثقافي بين كافة شرائح المجتمع بأهمية الموروث الثقافي والحضاري، وحمايته، والحفاظ عليه من كافة أشكال العبث والتشويه، والإهمال، والتخريب.

شكر

شكر خاص لكلٍ من: أ. فوزية الأحمر، من قسم المجهر الماسح الإلكتروني بمركز بحوث النفط الليبي، أ. ماجد عبد الله أبو خطوة، من كلية الآثار والسياحة بجامعة المرقب-الخمس، أ. جابر معتوق، و أ.خيري عبد السلام بن رابحة، و أ.أبو بكر الجطلأوي، من مراقبة آثار لبدة الكبرى، د.محمود محمد أمين، من قسم اللغة العربية بكلية الآداب بجامعة المرقب-الخمس.

قائمة المراجع

1. مصطفى السيد شحاته و عبد الوهاب عوض(د.ت)، خواص مواد البناء واختباراتها، دار الراتب الجامعية، بيروت-لبنان.
2. Bernard M. Feilden (2003), Conservation of Historic Buildings, Third edition, Oxford. United Kingdom.
3. Olwen Brogan and D.J. Smith (1984) ، GHIRZA-A Libyan Settlement In The Roman Period, Libyan Antiquities Series-1, Published By The Department Of Antiquities-Tripoli, Printed by Publicomes S.R.L., Roma-Italy.
4. Carlos Rodriguez-Navaro, Eric Doehne and Eduardo Sebastian (1999), Origins of Honeycomb weadring: The role of salts and wind, Geological Society of America Bulletin. GSA Bulletin, Vol.III, No.8.
5. D.J. Mattingly (1995), Tripolitania, B.T. Batsford Limited- London, Printed by The Bath Press, First Published, Bath.
6. D.j. Smith (1985), GHIRZA-Town and Country in Roman Tripolitania, edited by D.J. asional Buck and D.J. Mattingly, Society for Libyan studies Occasional Papers II, BAR International Series 274, Printed in Great Britain.
7. Eric Doehne and Clifford A. Price (2010), stone Conservation-An Overview of Current Research, The Getty conservation Institute Los Angeles, Second Edition, Printed in Canada.
8. Gomez-Heras M, Lopez-Arce P., Balaawi F., Vazquez-Calvo, C., Fort, R., Ishakat, F., Alvarez de Buergo, M. and Allawneh F., (2011), Characterisation of Salt Combinations found at the "Silk



- Tomb"(Petra, Jordan) and their Possible Source, Salt Weathering on Buildings and Stone Sculptures, Editors: I.Ioannou & M.Theodoridou, SWBSS, Limassol, Cyprus.
- 9.Hayet Khemis **Medini** and Mgaidi **Arbi** (2018), Chemical and Physical Analysis of Sandstone and Relationship with Weathering Damage of Madain Salih Monuments,Journal ofTaibah University for Science, Vol.12, No.1, Informa UK Limited, Trading as Taylor & Francis Group.
- 10.Isabella **Sjostrom**(1993), Tripolitania In Transition:Late Roman to Islamic Settlement, Worldwide Archaeology Series Vol.4, Athenaeum Press Ltd, Newcastle upon Tyne, Printed in Great Britain.
- 11.Iras S.Alison and Donald F.Palmer(1980),Geology-The Science Of A Changing Earth, McGrow-Hill Book Company,Seventh Edition, Printed in the United States of America, P.194
- 12.John **Watt**, Johan **Tidblad**, Vladimir **Kucera** and Ron **Hamilton**(2009), The Effect of Air Pollution on Cultural Heritage, Springer Science + Business Media, LLC.
- 13.**Kamh** G.M.E(2011), Salt Weathering Bio-deterioration and Rate of Weathering of Dimensional sandstone in Ancient Buildings of Aachen City, Germany, International Journal of Water Resources and Environmental Engineering, Vol.3(5), Achademic Journal,www.academicjournals.org.
- 14.L.**Lazzarini** and O.**Salvadori**(1989), A Reassessment of The Formation of The Patina Called *Scialbatura*, The Restoration of Stone-Cleaning, Studies in Conservation 34,20-26, Roma, Italy.
- 15.Mohammed **El-Gohary**(2011),Chemical Deterioration of Egyptian Limestone Affected by Saline Water, International Journal of Conservation Science, Volume 2, Issue 1,www.ijcs.uaic.ro.
- 16.M.A **El-Gohary**(2010), Investigations on Limestone Weathering of El-Tuba Minaret El Mehalla,Egypt: A Case Study,



Mediterranean Archaeology and Archaeometry MAA,
Vol.10,No.1,Printed in Greece.

17. Miguel Gomez-**Heras** and Rafael **Fort** (2007), Patterns of Halite (NaCl) Crystallization in Building Stone Conditioned by Laboratory Heating Regimes, Environ Geol 52:239-247, Springer-Verlag.
18. Michael **Trinkley**(2013), Why Sandstone Monuments Have So Many Problems, Conservation Talk, AGS QUARTERLY, Vol.37, No. 1, Spring 2013.
19. Paul **MacKendrick**(1980),The North Africa Stones Speak, Croom Helm Ltd-London, The University of North Carolina Press, Printed in the United States of America.
20. Timo G.**Nijland** and Rob P.J. **Van Hees**(2009), Salt Decay of Morley Limestone, HERON.Vol.54, No.4, Research Gate.



The Corrosion as Manifestation of the Chemical Weathering on Vine and Grapes Frieze From Ghirza Settlement: A Case Study

Mustafa Ali Namu ⁽¹⁾

Abstract

This study is sheds light on the corrosion as manifestation of the chemical weathering phenomena on vine and grapes carved Frieze from Romano-Libyan settlement of Ghirza. The Frieze, which has exhibited in Lebda Museum, is dating back to the settlement period of the 4th century AD. The scientific orientation study goal to shown up the corrosion estate that has effected in Frieze façade. The Meta field study and the scientific laboratory such as Scanning Electron Microscopy (SEM), Backscattered Scanning Electron Microscopy (BSE) and X-Ray Fluorescence (XRF) are methods that utilized to define deterioration and harmful forms, as well as to reveal how far a stone decay extended to in both extrinsic and intrinsic stone texture, before and after weathering effect. In addition, to find out the role of climate of the surrounding environment whether the Microclimate or Macroclimate in Ghirza settlement where the Frieze had discovered. All study's results have shown that the corrosion estate attributed to chemical weathering, which directly effected in Chemical and mineralogical composition of the Frieze that carved of Marl Limestone, thus effected in artistic sculptures which dating back to the 4th century AD.

Keywords: Chemical weathering, Clay Limestone, Corrosion, Deterioration rate.

⁽¹⁾ ASST Prof. Specialized in Ancient Classic Arts And Construction Materials
Dept. Classic Archaeology, Faculty of Archaeology & Tourism.
Al Khoms, El-Mergib University
m.namu@elmergib.edu.ly