مجلة

العلوم الإنسانية

علمية محكّمة - نصف سنوية

Journal of Human Sciences

تصدرها كلية الآداب / الخمس

جامعة المرقب. ليبيا

Issued by Faculty of Arts - Alkhums - Elmergib University - Libya

29

العدد

التاسع

والعشرون

سبتمبر

2024م

تصنيف معامل التأثير العربي 2024م (2.05)

تصنيف معامل ارسيف Arcif 2024م (0.0185)

تصنيف الرقم الدولي (ISSN/2710-3781)

رقم الإيداع القانوني بدار الكتب الوطنية (2021/55)

مظاهر التجوية وأثرها على صخور البناء بفيلا سيلين

إعداد: د. إسماعيل الفرجاني الشوشان•
د. عباس رجب عبد الرحيم•
د. صلاح الدين موسى القرمادي•
د. أبو راوي مصطفى المرخية•

الملخص:

يناقش البحث الحالي أهم مظاهر التلف التي تعرض لها المبنى الأثري بفيلا سيلين المطل على ساحل شاطئ البحر بقرية سيلين البحرية، وتحيط بجوانبه المكاشف الصخرية لصخور الكالكارينيت الجيرية "Calcarenites" والمترسبة خلال الزمن الرباعي "Quaternary" وتعتبر المواد الخام التي اعتمد عليها في إنشاء هذه الفيلا وذلك حسب ما ظهر من الملاحظات الحقلية. تأتي أهمية هذا البحث في التعرف على أهم مظاهر التلف المؤثرة على المبنى الاثري، حيث إن أولى مراحل الترميم الصحيحة والدقيقة للمباني الأثرية هي تشخيص الوضع الراهن لمظاهر التلف والتي تساهم في اختيار طرق العلاج المناسبة.

لقد تم في هذا البحث بحمد الله إنشاء أطلس موثق بالصور الفوتوغرافية الدقيقة للأضرار التي تعاني وما زالت تعاني منها فيلا سيلين الأثرية، وذلك وفقا لدراسات جيولوجي الآثار، وفي هذا الصدد، تم التعرف على أضرار سببتها مجموعات التجوية الفيزيائية وشملت كل من: المجموعة–1 والمعروفة بفقدان مادة الصخر، المجموعة–3 والمعروفة بالانفصالية والمجموعة الرابعة وهي التشقق والتشوه. كما تم التعرف على أضرار سببتها المجموعة–2 " مجموعة التجوية الحياتية والكيميائية المعروفة بالترسيب والتلون". لقد تم ملاحظة أن تأثير هذه الأضرار على المبنى الاثري كان على شكليه البسيط والمركب وقد شمل كل

• عضو هيئة تدريس، قسم علوم الأرض والبيئة، كلية العلوم الخمس، جامعة المرقب، ليبيا.
• عضو هيئة تدريس، قسم الآثار الكلاسيكية، كلية الآثار والسياحة، الخمس، جامعة المرقب، ليبيا.
• عضو هيئة تدريس، قسم علوم الأرض والبيئة، كلية العلوم الخمس، جامعة المرقب، ليبيا.
• عضو هيئة تدريس، قسم الآثار الإسلامية، كلية الآثار والسياحة، الخمس، جامعة المرقب، ليبيا.

المبنى وقد كان لها تأثير مدمر حيث ازدادت شدتها وخاصة بعد أن تعرضت الفيلا لعوامل الردم. وعلى الصعيد الاخر تم تمت مناقشة أنواع الصخور المستخدمة في بناء هذا المعلم الأثري حيث تم اعطاء فكرة عن طبيعة تركيبها المعدني ومساميتها وعلاقة ذلك بخطورة درجات التفاوت الحراري ودرجة خطورة عامل التلف. وفيما يخص الأضرار التي عانتها صخور ومواد بناء الفيلا الأثرية نتيجة لعوامل المناخ، تم مناقشة ما يعرف بخطورة تفاوت التلف الحراري. لقد أمكن تحديد العلاقة ما بين أنواع التجوية المؤثرة على أبنية الفيلا وبين عوامل التلف الميكانيكي من جهة وعوامل المناخ الأخرى (كالرطوبة والرياح) من جهة أخرى. تم وضع تصور لمراحل التلف للمعلم الأثري طيلة أشهر السنة والتي تتعرض لها مواد بناء الفيلا نتيجة تاثير الامطار والرطوبة والتغير في درجة الحرارة. أوضحت الاستنتاجات أن تكاثف كل أنواع التجوية التي تم حصرها بمبنى الفيلا الأثرية مع عوامل التلف وعوامل المناخ بما فيها العواصف المحملة بالغبار كان له أثرا كبيرا ولا يزال يؤثر حتى الان على صخور المعلم الأثري ويغير من معالمه. وللحفاظ على هذا المبنى الاثري بحيث يظهر بمظهر لائق يسهم في قطاع السياحة بليبيا، تمت توصية الجهات ذات العلاقة بالأخذ بعين الاعتبار ما ورد من نتائج في البحث الحالي والذي من شأنها المساهمة في اختيار طرق معالجة وترميم لمواد البناء الداخلة في انشاء الفيلا الأثرية.

الكلمات المفتاحية: مظاهر التلف، فيلا سيلين، تدهور الآثار، التجوية.

المقدمة:

تتعرض المنشآت الأثرية للعديد من عوامل التلف الطبيعية منها والبشرية التي تؤدي في مجملها إلى تلف وضياع تلك المنشآت، الأمر الذي يستدعي دراسة تلك العوامل المختلفة للحد منها أو على الأقل التقليل من آثارها السلبية.

وعليه فإن هذه الدراسة تسعى لمعرفة عوامل التجوية التي تتعرض لها الصخور المستخدمة في بناء فيلا سيلين الرومانية الواقعة على شاطئ البحر بمنطقة الخمس.

1-1 أهمية الدراسة

تكمن أهمية هذه الدراسة في إظهار المظاهر السلبية المؤثرة على الصخور المستخدمة في بناء المباني المعمارية عامة وبفيلا سيلين خاصة، والمتمثلة في الأنواع المختلفة للتجوية، وذلك لما لهذه المظاهر من أهمية في تحديد واختيار طرق الترميم المناسبة لكي

تظهر هذه المباني الأثرية بشكل لائق ومقبول أمام السياح والزوار الأمر الذي يسهم في إثراء الجانب الثقافي والتاريخي وكذلك الاقتصادي للمدينة.

1-2 الهدف من الدراسة

تهدف الدراسة للتعرف على أهم مظاهر التجوية الفاعلة ومظاهر التلف المؤثرة وأضرارهما على المبنى الأثري لفيلا سيلين، حيث يسعى فريق البحث لا نشاء أطلس جيولوجي أثاري (Archaeological Atlas) في هذا الشأن. كما يهدف البحث لمناقشة أنواع الصخور المستخدمة في بناء هذا المعلم واعطاء فكرة عن طبيعة تركيبها المعدني ومساميتها وعلاقة ذلك بخطورة درجات التفاوت الحراري ودرجة خطورة عامل التلف. كما تتطرق الدراسة أيضا لمناقشة العلاقة بين أنواع التجوية المؤثرة على أبنية الفيلا وبين عوامل التلف الميكانيكي والكيميائي من جهة والعوامل البيولوجية من جهة أخرى. ومن الأهداف الهامة للبحث أيضا وضع تصور لمراحل التلف للمعلم الأثري طيلة أشهر السنة، والتي تتعرض لها المنطقة الساحلية وما تشتمل عليه من أبنية أثرية وغير ذلك من المنشآت الأخرى نتيجة تأثير الامطار والرطوبة والتغير في درجة الحرارة.

1-3 الطرق المستخدمة في الدراسة

يكمن في تطبيق مبادئ جيولوجيا الآثار (جيوأركيولوجي_ Archaeological Geology) والتي تشمل علمي الجيولوجيا والآثار، الذي يعتبر من العلوم ذات الأهمية في تقييم الأضرار الناتجة عن أنواع التجوية المختلفة وشدتها على الابنية الأثرية، وتدخل في تشييدها الأنواع المختلفة من الصخور التي تم قطعها من المكاشف الصخرية المتواجدة على السطح بعد تهيئتها للبناء، فوائد عديدة تلخص جميع ما تتأثر به المباني الأثرية من أضرار. يعتبر العالمان Rapp و Hill (1998) أول من أشاد بأهمية استخدام علم جيولوجيا الآثار في دراسة المباني الأثرية. ولغرض إنشاء أطلس جيولوجي آثاري لمبنى الفيلا بسيلين يلخص مظاهر التجوية ونوعية الأضرار المختلفة المؤثرة، فسوف نطبق أسس دراسة المباني الأثرية الذي طبقها العالمان Fitzner وHeinrichs (2002 و 2004) ومنتهجين في نفس الوقت الدراسات المماثلة التي ظهرت فيما بعد، والتي تؤيد نجاح هذه الطريقة في دراسة أنواع مظاهر التجوية وأضرارها نذكر منها على سبيل المثال لا الحصـــــر: Khalaf (2008) و AbdEl-Tawab (2012 و 2014) و Goudie

واخرون (2008) و إسماعيل الفرجاني وآخرون (2019) و Ismail Elforjani وآخرون (2023) و Ismail F. Shushan وآخرون (2019). فيما يخص دراسة أثر التجوية على طبيعة التركيب المعدني لصخور مواد بناء المدينة الأثرية، فقد تم الاستعانة بدراسات كل من (Goldich, 1938) و (Selley, 1976) و (Bowen, 1956) والتي تعتمد على درجة مقاومة المعادن لظروف التجوية وكذلك درجة النضوج المعدني لحبيبات المعادن الداخلة في تركيب الصخر. ولدراسة العلاقة ما بين درجات تفاوت التلف الصخري لمواد البناء للفيلا ودرجة التفاوت الحراري وربط ذلك بدرجة مسامية الصخور تم الاستعانة بما ورد من معلومات موثقة في كتب وأبحاث كل من: ميناس وآخرون (2010) وشاهين (1994) وعطية (2003) و ((Schmoker et. al., 1985 و (Thomas & Turk, 1989) وكذلك (Blasi, C. & Coisson, E., 2008). ولتوضيح نوع التجوية وعلاقتها بالمناخ والتلف الميكانيكي في الفيلا، تم الاستعانة بدراسات كل من: (Peltier, 1950) و (Rice, 1988) و (Carrd, D., 1970) و(O' Hara et. al, 2006) و (Goudie, 2003) و (Schaffer, R. J, 1950) و (Waller, 1969) و(Winkler, 1975) و (Stambolov, 1976) و (Badan, 1975) و (Flugel, 2004) و ميناس (2009).

1-4 موقع المبنى الأثري لفيلا سيلين

يقع المبنى الأثري لفيلا سيلين على ساحل البحر المتوسط شمال القارة الأفريقية بقرية سيلين البحرية الواقعة في نطاق بمنطقة الخمس ويشغل المساحة الواقعة بين خطي الطول: 14°10′40"E و 14°10′43"E وخطي العرض 32°42′32"N و 32°42′36"N تقريبا وفقا للبيانات المتحصل عليها من موقع قوقل إيرث (Google Earth), شكل (1) وشكل (2).

شكل (1): يوضح موقع المبنى الأثري بنطاق منطقة الخمس المطلة على ساحل البحر االمتوسط بالشمال الغربي الليبي، شمال القارة الافريقية. (المصدر: Google Earth, يناير–2024 م).

شكل (2): يوضح جانب مقرب لفيلا سيلين والمناطق المحيطة بها" راجع شكل–1". كما يوضح المظاهر الجيومورفولوجية المحيطة بمنطقة المبنى الأثري. (المصدر: Google Earth ,"يناير–2024م).

1–5 الوضع الجيولوجي لمنطقة الدراسة

تتميز منطقة الدراسة والواقعة بمنطقة الخمس بترسبات صخور الزمن الثاني "Mesozoic" والمتمثلة في عصور الترياسي " Triassic" والكريتاسي " Cretaceous", بالإضافة لصخور الزمن الثالث "Tertiary" والمتمثلة في

عصر الميوسين " Miocene" وصخور الزمن الرباعي " Quaternary" وذلك وفقا لـ Mann (1975) الموضح في (Table-1). وفيما يلي نبذة مختصرة عن العمود الطبقي الجيولوجي بمنطقة الدراسة:

العصر الترياسي "Triassic": يتمثل بتكوين أبوشيبة (**Abu Shaybah Formation**)، ويتواجد هذا التكوين تحت صخور العصر الطباشيري الجيرية ، ويتألف من رمال قارية تتبادل مع طبقات من الغرين و الصلصال في بعض الأماكن، وتتميز طبقات الحجر الرملي بالطباقية المتقاطعة و الطباقية الأفقية التي تكون خاصية واضحة لهذا النوع من الحجر الرملي كما تقطع هذا التتابع قواطع و فواصل تملأها السليكا كما تحتوى على بقايا وقطع خشب متحجر.

العصر الطباشيري العلوي "Upper Cretaceous ": ويتمثل في تكوين سيدي الصيد "Sidi Es Said Formation" لأسفل وتكوين نالوت لأعلى "Nalut Formation"، ويشتمل هذا التكوين على عدد (2) أعضاء هما: عضو عين طبي الأسفل "Ain Tobi Member" وهو عبارة عن حجر جيري دولوميتي إلى دولومايت " Dolomitic Limestone to Dolomite" وعضو يفرن مارل إلى أعلى " Yefern Marl Member" عبارة عن أحجار مارل مع أحجار طينية " Marl and Claystone" تتضمن تداخلات من الجبس. أما تكوين نالوت فهو عبارة عن حجر جيري دولوميتي الى دولوميت " Dolomitic Limestone to Dolomite" تتضمن درنات من الصوان "Chert Nodules".

صخور عصر الميوسين "Miocene": وتشمل صخور تكوين الخمس " Khoms Formation" وهو عبارة عن حجر جيري مارلي "Marly-limestone" الى حجر جيري "Limestone" تتخللها طبقات من الصلصال "Claystone". تتميز طبقات هذا التكوين بوجود متحجرات لاصداف بحرية "Marine Shells" وشعاب مرجانية "Coral Reefs". أقصى حد يصله هذا التكوين حوالي 100 متر ويقسم إلى عضوء

المنوبية "العلوي" وعضوء النقازة "السفلي" (Mann, 1975) , (M. j. Salem & Alfred C. Spreng, 1980).

صخور الزمن الرابع "Quaternary": ويشتمل من أسفل الى أعلى على الترسبات التالية:

- تكوين قصر الحاج " **Qasr Al Haj Formation** ": توجد رواسب هذا التكوين عند سفح جبل نفوسة في الجزء الغربي من المنطقة، وتمتد من طرابلس إلى الخمس مكونة شريط من الرواسب تكونت بفعل الجاذبية والمياه التي تحمل المواد الصخرية لأسفل وتكون أحيانا ما يعرف بالشرفات النهرية.
- تكوين قرقارش " **Gargaresh Formation**": ويتالف من جزئين: الجزء السفلي وهو بحري ويعرف بعضو كروط **Karroot (Member)** المسمى على المقطع النموذجي للعضو البحري بمنطقة التكشف (هذا العضو لا يظهر بالمنطقة الشاطئية لفيلا سيلين)، و الجزء العلوي وهو الرياحي أطلق عليه تسمية عضو كعام **(Kaam Member)** المسمى على موقع المقطع النموذجي للعضو الهوائي بمنطقة التكشف وهو الذي يحيط بفيلا سيلين وقد استخدمت صخوره في بناء الفيلا.
- رواسب الوديان الحديثة "**Recent Wadi Deposits**": وتملأ قيعان الأودية في مختلف المناطق المحيطة بالدراسة وتكون شريط ضيق في تلك الوديان وتأخذ اتجاه مجرى الوادي، وتتكون من حصى وجلاميد بأحجام مختلفة.

6-1 الوضع الجيومورفولوجي لمنطقة الدراسة

تتميز منطقة الدراسة بتضاريس منبسطة تقريبا وبطلالتها على ساحل البحر، اكتسبت طابعا شاطئيا يتكون من رمال ناعمة قليلة الحصى تنحدر نحو الحوض البحري في اتجاه الشمال. كما تتميز المناطق حول الفيلا نحو الجنوب والجنوب الشرقي والغربي بوجود بعض الكثبان الرملية الصغيرة المحدودة الامتداد والارتفاع مغطاة بالأعشاب الشاطئية بعض الأحيان. كما تتناثر بهذه المناطق جروف ساحلية متأخرة تبعد عن ساحل البحر بعشرات من الأمتار متكونة من أحجار الكالكارينيت (Calcarenite) الرياحية التابعة لتكوين قارقارش المترسبة في العصر الرباعي (Quaternary)، والتي أستخدمها الرومان في بناء الفيلا. صخور الكالكارينيت تشكل أيضا مصاطب أو أرصفة صخرية تمتد من تحت الرمال الشاطئية وتميل بزوايا ملحوظة ناحية البحر. شكل (3).

جدول (1) يوضح التتابع الطبقي الصخري لمنطقة الخمس وضواحيها. (محور من: Mann, 1975).

العمر	التكوين	العضو	السمك (م)	الوصف الصخري
الرباعي	رواسب الوديان الحديثة			حصى وجلاميد.
	الرواسب الريحية		20-10	رمال شاطئية جيرية.
	الترسبات المائية الريحية		10	مواد رياحية وتداخلات من الحصى مع حبيبات من السليكا مع بعض القشور الجيرية .
	ترسبات السبخة		3-1	صلصال وجير رملي وملحي يحتوي على بلورات جبس.
	قرقارش		40-30	كالكرينيت مع عدسات من الغرين أحيانا.
	الجفارة		15	غرين – رمل كنجلوميرات مع قشور من الجبس والكلسيت.

		قصر الحاج		25	رواسب من الحصى المتماسك والغير متماسك مع تداخل من القشور الجيرية.
الثلاثي	الميوسين	الخمس		100	صلصال – كالكرينيت رملي كنجلوميرات – حجر جيري مارلي حجر جيري.
الثنائي	الطباشيري المتأخر	نالوت		200	حجر جيري دولوميتي إلى دولومايت مع درنات وطبقات من الصوان.
		سيدي الصيد	يفرن مارل	380	مارل . حجر طيني مع بلورات من الجبس.
			عين طبي	45-30	حجر جيري دولوميتي إلى دولوميت مع تداخلات من الكوارتز والكوارتزيت.
	الترياس	أبوشيبة		150-160	حجر رملي وصلصال مع تداخلات جيرية طبقية .

1-7 نبذة تاريخية عن المبنى الأثري لفيلا سيلين

وتعرف بدارة وادي يالة، أو فيلا سيلين، وهي إحدى الفلل التي شيدها أثرياء الرومان خارج أسوار المدن مع نهاية القرن الثاني وبداية القرن الثالث للميلاد (قبل حوالي 2000 سنة)، مبتعدين بذلك عن ضوضاء المدن وازدحامها وللتمتع بجمال الطبيعة. تشغل هذه الفيلا الأثرية مساحة كلية قدرها 800 متر مربع. يذكر أن ألواح الفسيفساء التي زينت بها أرضية الفيلا بلغت مساحتها ما يقارب 400 متر مربع من إجمالي المساحة الكلية، والتي تنوعت موضوعاتها المصورة لتحاكي الحياة اليومية للرومان. هذ وبلغت عدد الغرف بالفيلا 46 غرفة موزعة على ثلاث جوانب لفناءين كبيرين يطلان على البحر، يبعد حوالي 10 أمتار عن الشاطئ. وتحيط بالفناء أروقة بها أعمدة من الحجر الجيري المغطى بملاط

أحمر وأرضيتها من الفسيفساء وبوسطها حديقة احتوت على بركة مياه. يذكر أن أرضيات الغرف قد بلطت بالفسيفساء والرخام. (Wikimapia.org,Google)، (أنظر اللوحة في شكل-3 واللوحة في شكل-4).

شكل (3) لوحة لصور من بعض جوانب الفيلا الأثرية بسيلين- منطقة الخمس

شكل (4) لوحة لصور لبعض الفسيفساء من جوانب الفيلا الأثرية بسيلين- منطقة الخمس

2-أنواع التجوية المختلفة والمجموعات التابعة لها المؤثرة على صخور بناء فيلا سيلين

2-1 تمهيد

تتأثر مواد الصخور بصفة عامة والأبنية أو المنشآت التي يدخل في تركيبها المواد الصخرية بأنواع مختلفة من المؤثرات الخارجية نتيجة لتفاعل مكونات الصخور ومواد البناء الصخرية مع المؤثرات الخارجية على سطح الأرض وبالقرب منه، وهذه المؤثرات الخارجية يمكن أن تتمثل في مجموعة من عوامل التجوية، فالتجوية " Weathering" مصطلح يطلق على مجموعة العوامل أو العمليات التي تؤثر في الصخور وموادها عندما تصبح في حالة تماس أو تفاعل، فدرجة تأثر الصخر ومواده بعوامل التجوية تختلف باختلاف التركيب المعدني للصخر ونوع التجوية المؤثرة، هذا وهناك أنواع مختلفة من التجوية فيما يلي نبذة مختصرة عنها أخيذين بعين الاعتبار ما ورد في بعض المراجع بهذا الخصوص مثل: (Siegesmund et.al., 2019) (Balasubramanian, 2014)، Pinna (et.al., 2014)، (Gore, 2013)، (Mary J. T., 2012)، Zanbell et. al., (2012)، (Goudie & Viles, 2008) و (Paradise, 2005).

2-1-1 التجوية الفيزيائية "Physical Weathering": وهي التجوية الميكانيكية "Mechanical Weathering" والتي تغير وتشوه الصخر دون أن تحدث تغييرا في

التركيب الكيميائي للصخر، وتتم عملها بالصخر عن طريق عدة عوامل مثل: المياه السطحية الجارية، المياه الجوفية، الرياح, الجليد، مياه الأمطار، مياه المجاري النهرية وعوامل الجاذبية، وتنتقل نواتج التجوية الفيزيائية في شكل حبيبات منقولة من المصادر المقطوعة منها الى حوض الترسيب. هناك عوامل مساعدة أخرى تسهم في إتمام عمل التجوية الفيزيائية مثل: الاختلاف في الوان المعادن المكونة للصخر (فالألوان الفاتحة والداكنة تختلف في امتصاصها للأشعة الشمسية وبالتالي في درجة تمددها نتيجة لذلك) والتذبذب الحراري وظاهرة التقشر الصخري.

2-1-2 التجوية الكيميائية "Chemical Weathering": وهي التجوية التي تؤثر في الصخور وموادها، وتحدث به تغييرا كيميائيا في تركيبه وهيئته نتيجة التحلل والاذابة التي تنتج من تأثير تفاعلات الأكسدة (Oxidation) والكربنة (Carbonation) والتأين (Ionisation) والتحلل المائي (Hydrolysis) والاذابة (Dissolution) والتموء (Hydration & Dehydration).

2-1-3 التجوية الحياتية "Biological Weathering": تقوم التجوية الحياتية بتكسير وتحلل المعادن والصخور بواسطة عوامل الكائنات الحية الكيميائية والفيزيائية، تقوم الكائنات الحية بتفاعلات كيميائية للحصول على المعادن من التربة والصخور محدثةً بذلك العديد من التغييرات الكيميائية في المواد الأصلية، فقد ثبت أن للأشنات " Lichens" تأثير على الصخور، والأشنات عبارة عن مزيج من الطحالب والفطريات تتطفل وتعيش على الصخور وتعمل على إفراز أحماضا ضعيفة يمكنها إذابة الصخور. وكذلك الحال تقوم البكتيريا "Bacteria" بفرز مواد كيميائية وأحماض لتحطم الصخر ولتحصل على المواد المغذية والمتطلبة لمواصلة حياتها. كما تقوم الجذور النباتية "Plant roots" (وهي أيضًا مصدر مهم للتجوية الكيميائية) بتوسيع الصخر وفرز الأحماض التي تعمل على تغيير المعادن في الصخر، تستخدم جذور النباتات أيضًا ثاني أكسيد الكربون، وبالتالي تغيير كيمياء التربة. غالبًا ما تكون المعادن الجديدة والأضعف أكثر هشاشة الأمر الذي يسهل على جذور النباتات تحطيم الصخور. وبمجرد تكسير الصخر، يمكن أن يصل الماء إلى الشقوق وعند تجمده تتمدد المياه المجمدة وتزيد من اتساع الشقوق فيسهل تحطمها. يمكن ان تؤثر الحيوانات "animals" أيضًا على كيمياء الصخر. على سبيل المثال،

تحتوي فضلات الخفافيش "bats" وفضلات الحيوانات والطيور " animal & bird wastes" الأخرى على مواد كيميائية تفاعلية يمكن أن تؤثر على المعادن. إذ أن تعفن بقايا الكائنات الحية وتحللها ينتج أحماضا وغازات مثل غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز الأمونيا وحمض النيتريك وأحماض عضوية أخرى. كما أن الدبال (وهي مادة جيلاتينية عضوية بنية اللون تنتج عن تحلل المواد العضوية) يقوم بدور أساسي في تغيير مواد الصخر والتربة، وجميع هذه المواد تزيد قدرة الماء على إذابة الصخور. إضافة إلى ذلك فإن للأنشطة البشرية كذلك تأثيرا كبيراً على الصخور. فالتعدين والتكسير يغيران موقع وحالة الصخور والتربة. كذلك الأمر، يمكن أن تتسبب الأمطار الحمضية الناتجة عن التلوث في تآكل الصخور والمعادن.

هذا وقد قام عالمي الآثار "فيتسنر وهنريكس " (Fitzner & Heinrichs, 2002, 2004) بتقسيم أضرار التجوية المؤثرة على الأبنية الاثرية الى (4) مجموعات هي كالتالي:

1-المجموعة الأولى "Group-1" فقدان مادة الصخر – Loss of stone material".

2-المجموعة الثانية " Group-2" تغير اللون أو التلون – Discoloration/Deposits".

3-المجموعة الثالثة " Group-3" التقشر – Detachment".

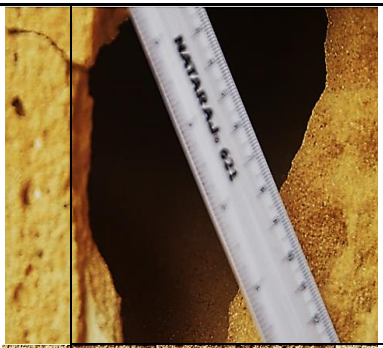
4-المجموعة الرابعة "Group-4" الفواصل – Fissure/Deformation".

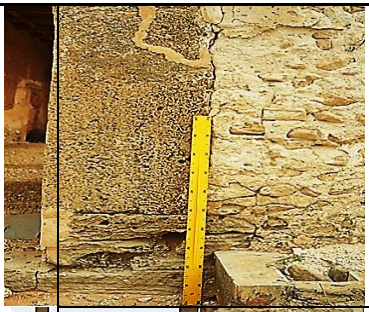
ومن خلال الدراسات الميدانية والحقلية للمبنى الأثري لفيلا سيلين أمكن إنشاء أطلس جيولوجي أثاري " Archaeological Atlas" مجدول لهذا المبنى تم فيه توثيق جميع اضرار التجوية التي تم ملاحظتها بالصور الملونة عالية الدقة موضحة فيه الآتي: مظهر التلف أو الضرر، نوع التجوية، مجموعة التجوية، الشكل الأساسي للتجوية، الشكل الثانوي المؤثر للتجوية، والكيفية المحتملة لحدوثها. الجدول (2) التالي يوضح أطلس أضرار التجوية المؤثرة في المبنى الأثري لفيلا سيلين وفقا لـ (Fitzner et.al., 2002, 2004).

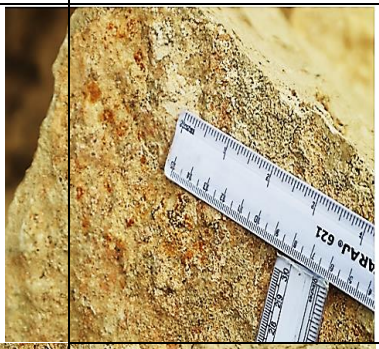
جدول(2): أطلس لأهم مظاهر التجوية بأنواعها طبقا لـ (Fitzner et.al., 2002,

-2: أطلس لأهم مظاهر التجوية بأنواعها طبقا لـ (Fitzner et.al., 2002, 2004) والتي لوحظت بالمبنى
ري بفيلا سيلسن المطلة على شاطئ البحر بمدينة الخمس، شمال-غرب ليبيا. (مخرجات البحث الحالي)

رقم الصورة	مظهر التلف أو الضرر	نوع التجوية	مجموعة التجوية	شكل التجوية الاساسي	شكل التجوية الثانوي المؤثر	كيفية حدوثه
1			Gr-1 "Loos of stone material"	"Relief"	Alveolar weathering	تغير الشكل الخارجي لسطح الصخر بسبب عوامل التجوية "تشكل في شكل فجوات"
2						
3			مجموعة -1- التجوية بفقدان مادة الصخر	تغير تضاريس الصخر الخارجية	التجوية في شكل تجاويف ونقر	

4						
5						
6		Gr-1 "Loos of stone material"		Weathering out of stone components التجوية بمكونات الصخر	تغير الشكل الخارجي لسطح الصخر بسبب عوامل التجوية " تجاويف وعدم استواء لسطح الصخر نتيجة التجوية التفاضلية"	

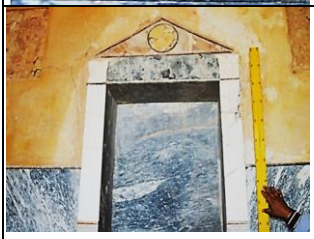
7			مجموعة – 1– التجوية بفقدان مادة الصخر	"Relief" تغير تضاريس الصخر الخارجية	
8		يائية			تغير الشكل الخارجي لسطح الصخر بسبب عوامل التجوية " تشكل على هيئة تجاويف تبعا لخصائص الصخر التركيبية"
9				Weathering out dependent on stone structure التجوية تبعا لبنية وتكوين الصخر	
11				Alveolar weathering التجوية في شكل تجاويف ونقر	تغير الشكل الخارجي لسطح الصخر بسبب عوامل التجوية "تشكل في شكل فجوات"

12				Weathering out dependent on stone structure "التجوية تبعا لبنية وتكوين الصخر"	تغير الشكل الخارجي لسطح الصخر بسبب عوامل التجوية "تشكل في شكل فجوات"
13			مجموعة-3-Detach-ment "الانفصالية و مجموعة -2- التجوية بالتلون/ ترسيب	Granular disintegration into powder "تفكك الحبيبات الى مسحوق و Micro-biological Coloni-zation استعمار الكائنات الحية الدقيقة "فطريات , طحالب ,اشنات"	Granular Disintegr-ation "تفكك حبيبي" + Biological Colonizati-on "مستعمرات بيولوجية"	انفصال فردي أو كلي لحبيبات الصخر الصغيرة + مستعمرات الكائنات الحية الدقيقة والنباتات العليا
14						

15		مجموعة- 1- "فقدان مادة الصخر" + مجموعة - 2- التجوية بالتلون/ ترسيب	"التجوية بفقدان مادة الصخر موازيا لسطح الصخر الاصلي" + "مستعمرات بيولوجية"	Back weathering due to loss of Scales "انفصال رقائق الصخر الخارجية نتيجة لعوامل التجوية" + استعمار الكائنات الحية الدقيقة	انفصال أجزاء من سطح الصخر في شكل رقائق من الحدود الخارجية نتيجة لعوامل التجوية
16	فيزيائية	مجموعة - 1- التجوية بفقدان مادة الصخر	"Relief" تغير تضاريس الصخر الخارجية	Roughening "التجوية بتخشن السطح الخارجي للصخر"	تغير الشكل الخارجي لسطح الصخر بسبب عوامل التجوية "تكون نتوءات نتيجة لفقد حبيبات من على سطح الصخر"
17				"التجوية تبعا لبنية وتكوين الصخر	تغير الشكل الخارجي لسطح الصخر بسبب عوامل التجوية

18		Gr-1 "Loos of stone material" مجموعة -1- التجوية بفقدان مادة الصخر	"Relief" تغير تضاريس الصخر الخارجية	Weathering out dependent on stone structure "التجوية تبعا لبنية وتكوين الصخر	تغير الشكل الخارجي لسطح الصخر بسبب عوامل التجوية " تشكل على هيئة تجاويف تبعا لخصائص الصخر التركيبية"
19					
20				Weathering out of stone components التجوية بمكونات الصخر	تغير الشكل الخارجي لسطح الصخر بسبب عوامل التجوية " تجاويف وعدم استواء لسطح الصخر نتيجة التجوية التفاضلية"
21				Pitting & Caving	نشوء الحفر الصغيرة على سطح

22					التجوية بالتنقير والتجويف	الصخر وحدوث التجاويف والتكهف بواسطة عوامل التجوية
23		كيميائي	مجموعة – 2– التجوية بالتلون/ ترسيب	"ترسبات ملحية غير متماسكة"	"التجوية بالتلون"	تغير لوني يحدث نتيجة التجوية الكيميائية
24		ي	Gr.2 Discoloration/Deposits	Loose salt deposits "ترسبات ملحية غير متماسكة"	Coloration "التجوية بالتلون"	تغير لوني يحدث نتيجة التجوية الكيميائية
25		كيميائي– حياتي	مجموعة – 2– التجوية بالتلون/ ترسيب	Soiling "طمس المعالم"	Soiling due to anthropogenic impact " الطمس بتدخل الانسان"	تدخلات بشرية بقصد أو بدون قصد تؤدي الى ترسب أوساخ على سطح مواد البناء الاثرية

26		فيزيائية	Gr-1 "Loos of stone material" مجموعة – 1- التجوية بفقدان مادة الصخر	"Relief" تغير تضاريس الصخر الخارجية	Relief due to anthropogenic impact "تغير تضاريس السطح الخارجي بسبب التدخلات البشرية"	تدخلات بشرية تؤدي الى تلف تضاريس السطح الخارجي لكتل البناء قد يكون راجعا لأعمال البناء والاصلاح
27						
28					Alveolar weathering التجوية في شكل تجاويف ونقر	تغير الشكل الخارجي لسطح الصخر بسبب عوامل التجوية "تشكل في شكل فجوات"
29		فيزيائية	مجموعة – 1- التجوية بفقدان مادة الصخر	"Relief" تغير تضاريس الصخر الخارجية	Alveolar weathering التجوية في شكل تجاويف ونقر	تغير الشكل الخارجي لسطح الصخر بسبب عوامل التجوية

"تشكل في شكل فجوات"						
انفصال مواد الصخر بانتظام في اتجاه مواز للسطح"	Back weathering due to loss of crusts " التجوية بفقدان قشرة السطح الخارجي للصخر"	Back Weather-ing " التجوية التراجعية"				30
تغير لوني يحدث نتيجة التجوية الكيميائية	Coloration "التجوية بالتلون"	Loose salt deposits "ترسبات ملحية غير متماسكة"	مجموعة -2- التجوية بالتلون/ ترسيب			31
انفصال أجزاء كبيرة من الصخر باشكال غير منتظمة " مرحلة انتقالية بين التفتت والتحول الى شظايا"	Crumbling to Splintering "التفتت والتحول الى شظايا"	Crumbly Disintegr-ation " التفتت والتحطم"	Gr.-3- "Detach ment" مجموعة -3- التجوية بالانفصال			32
تجوية الشقوق المرتبطة بتركيبة الصخر وذلك نتيجة لعوامل التجوية المؤثرة عليها	Weatherin-g out dependent on stone structure "التجوية المعتمدة على بنية الصخر"	Fissures "التجوية بالشقوق"	Gr.-4- Fissures / deformat ion مجموعة -4- التجوية بالتشوه والتصدعات			33

34		كيميائي- حياتي	مجموعة -2- التجوية بالتلون/ ترسيب	Soiling "طمس المعالم"	Soiling due to anthropogenic impact " الطمس بتدخل الانسان"	تدخلات بشرية بقصد أو بدون قصد تؤدي الى ترسب أوساخ على أسطح مواد البناء الاثرية
35		حياتي	مجموعة -2- التجوية بالتلون/ ترسيب	Soiling "طمس المعالم"	Soiling due to anthropogenic impact " الطمس بتدخل الانسان"	تدخلات بشرية بقصد أو بدون قصد تؤدي الى ترسب أوساخ على أسطح مواد البناء الاثرية

3-دراسة أثر التجوية على طبيعة التركيب المعدني لصخور مواد بناء الفيلا الأثرية .

لكي نتفهم عمليات صيانة وترميم المباني الأثرية بالشكل الأمثل وحتى نتجنب أساليب الترميم غير الملائمة لطبيعتها والوقوف على الظروف المناسبة لصيانتها والحفاظ عليها من جهة أخرى، يعد معرفة أنواع التركيب الصخري والخواص الطبيعية لمواد بناء هذه المباني الأثرية من الأمور المهمة التي يجب على جيولوجي الآثار الحرص على معرفتها عند دراسة المباني الأثرية (شاهين، 1994). تعد أحجار البناء المستخدمة في المباني الأثرية صخورا ذات أبعاد محددة ومناسبة، وعادة تستخدم انواع مختلفة من الصخور (رسوبية أو نارية أو متحولة) ذات مقاومة عالية تجاه عوامل التجوية والتعرية وذو مظهر جمالي (Flugel et. al., 2004) . سوف نعطي نبذة مختصرة عن صخور الفيلا الأثرية لما لها من أهمية في فهم أثر عوامل التجوية المختلفة وكذلك أثر الظروف المناخية على صخور المبنى.

3-1 أنواع الصخور المستخدمة كأحجار بناء في مبنى الفيلا الأثرية

أ- صخور الكالكارينيت (Calcarinites)

هي أحد أنواع الصخور الرسوبية الكربونايتية ذات الأصل البحري الرباعي العمر (Quaternary Age) والتي تتبع صخور تكوين قرقارش، والناتجة عن تجمع الأصداف البحرية المختلطة بالرمال بنسب متفاوتة، وتتكشف على طول الشريط الساحلي لليبيا، حيث تختلف في سمكها ودرجات تماسكها ومكوناتها الكيميائية من موقع لآخر، ونظراً لوجودها على هيئة طبقات متقاطعة وهشة فهي تستخدم على نطاق واسع في إنتاج قوالب البناء الحجرية، وتستخدم كذلك كمصدر لرمال البناء، وتعد هذه الصخور المكون الأساسي لجميع جدران الفيلا الأثرية وكذلك الأعمدة وقواعدها المنتشرة بساحات وممرات الفيلا، والسبب في ذلك شيوع وقرب محاجر هذا النوع من الصخور الشاطئية الانتشار من الفيلا الأثرية، فضلاً عن سهولة قطعها لغرض البناء والتشييد، شكل (5).

شكل (5): يوضح جانب من صخور الكالكارينيت (Calcarenite) الكاربونايتية التركيب التابعة لتكوين قرقارش الرباعي العمر الجيولوجي والمستخدمة في جدران وأعمدة الفيلا الأثرية. لاحظ التراكيب الرسوبية والمتمثلة في التصفح المستوي (planar cross-bedding).

ب-صخور الدولومايت (Dolomite)

هي احدى أنواع الصخور الرسوبية الكربونايتية الاصل أيضاً والمحتوية على كربونات الكالسيوم وكربونات الماغنيسيوم بنسب متفاوتة. يجدر بالذكر أن صخور الدولوميت تنتج بفعل عمليات الدلمته للصخور الجيرية (dolomitization of limestone) والتي فيها تزداد نسبة الماغنيسيوم مقارنة بالكالسيوم، وتنتشر مكاشف صخور الدولومايت في مناطق مختلفة من مدينة الخمس والتي

تبعد عن موقع الفيلا الأثرية ببضع الكيلومترات في الاتجاه الجنوبي, والجنوب الشرقي والجنوب الغربي وهي تتبع تكوين سيدي الصيد (عضو عين طبي) التي تتبع الكريتاسي العلوي (Upper Cretaceous)، شكل (6). لوحظ قلة استخدام هذا النوع من الصخور في بناء الفيلا الاثرية, حيث تم ملاحظة بعض القطع من هذه الأحجار في أماكن ومحدودة ومختلفة ، حيث استخدمت في بعض تيجان الأعمدة، شكل (7).

شكل (7): يوضح قطع لأحجار الدولومايت بالمبنى الأثري لفيلا سيلين والتي تتبع تكوين سيدي الصيد (عضوء عين طبي) المترسبة في الكريتاسي العلوي. لاحظ تأثير فعل التجوية بواسطة المستعمرات الحيوية على السطح الخارجي للصخر.

ج- صخور الرخام (Marble)

هو صخور متحولة غير متورقة ذات المعدن الواحد و تتكون أساساً من معدن الكالسايت وأحيانا الدولومايت، ويتكون في الطبيعة عند تعرض الأحجار الجيرية والدولومايتية إلى عمليات التحول بواسطة درجات الحرارة العالية والضغط، وتتشابه صخور الرخام مع أحجار الجير في قلة الصلابة نوعا ما وخاصة تحت تأثير التجوية الكيميائية وتتميز بتفاعلها مع حمض الهيدروكلوريك، تم ملاحظة أن صخور الرخام تقع في المرتبة الثانية من حيث شيوع استخداماتها بمبنى الفيلا وقد تم ملاحظتها في بعض تيجان الأعمدة، وبعض الجدران بداخل حمامات الفيلا ولاسيما بعض الأرضيات وجدران الغرف، شكل (9). يرجح أن تكون مصادر الرخام الذي استخدم في هذا المبنى قد تم توريدها من خارج ليبيا.

شكل (9): يوضح بعض الجوانب لاستخدامات الرخام بالفيلا الأثرية بسيلين.

د-صخر الاردواز (Slate):

وهي صخور متحولة أيضا تتكون في الطبيعة عند تعرض الصخور الطينية لعوامل التحول، وعادة ما تتميز بالتصفح وبالتالي فهي متورقة، الأمر الذي يجعلها لا تقاوم عوامل التجوية بشكل كبير حيث إنها تنفصل وتتشقق تحت هذه الظروف، وهذا النوع من الصخور يلاحظ عدم انتشاره بكثرة داخل مبنى الفيلا، إذ عثر على بعض القطع من هذه الصخور في شكل أرضيات لبعض الأماكن فقط، شكل (10).

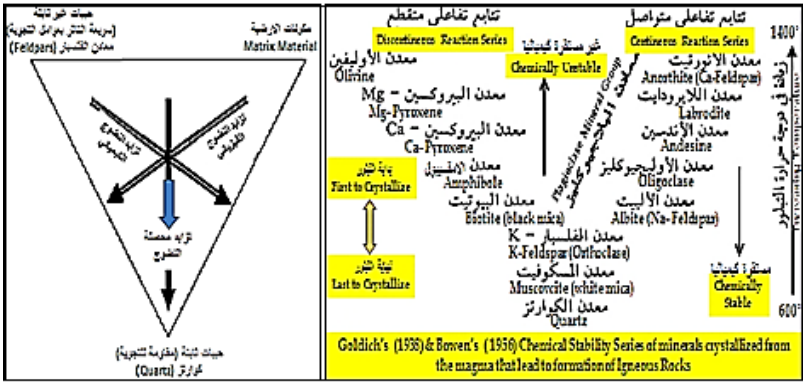
شكل (10): يوضح قطع من أحجار الأردواز المتحول والذي استخدم في بعض أرضيات المبنى الأثري للفيلا. يرجح أن يكون مصدر هذه الصخور قد تم توريدها من خارج ليبيا. لاحظ خاصية التصفح لهذا النوع من الصخور.

3-2 اثر التجوية على طبيعة التركيب المعدني للصخور

للمعادن المكونة للصخور وكذلك درجة النضوج المعدني دور أساسي في أن تصبح الصخرة ذات مقاومة شديدة أو منخفضة تجاه العوامل الطبيعية التي تعمل على القشرة

الأرضية. فقد أستنتج "كولدش" (Goldich, 1938) أن هناك معادن شديدة التأثر بعوامل التجوية، وبالتالي تكون مقاومتها ضعيفة تجاه هذه العوامل كما هو الحال في معادن الفلسبار الغنية بالكالسيوم " Calcium-rich Feldspar"، كما لاحظ بالمقابل أن هناك مجموعة معادن أخرى قليلة التأثر بعوامل التجوية، فتصبح مقاومتها بالتالي لهذه العوامل عالية كما هي الحال في معادن الكوارتز "Quartz" والمسكوفيت "Muscovite".

وقد ربط العالم "سيللي" (Selley. 1976) ما بين احتواء الصخر لإحدى هاتين المجموعتين من المعادن (شديدة وقليلة التأثر بعوامل التجوية)، و درجة نضوجه المعدني, فوجد أنه عند احتواء الصخر للمعادن الأكثر مقاومة لعوامل التجوية بصفة شائعة فيطلق حينئذ على تلك الرواسب "بالناضجة" "mature" وأما الأخرى الأقل مقاومة فتسمى بالرواسب "غير الناضجة" "Immature"، شكل (11). وكنتيجة لهذا يمكن القول أن الرواسب الغنية بمعدن الكوارتز تكون مستقرة وناضجة والعكس عند ما تكون معظم الرواسب متكونة من الطين أو الفلسبار. لوحظ أن معظم نواتج التجوية الكيميائية لأهم المعادن السيليكاتية المكونة للصخور عبارة معادن طينية فيما عدا معدن الكوارتز, جدول (3).



شكل (11) يوضح مدى مقاومة المعادن السليكاتية المكونة للصخور لعوامل التجوية الكيميائية (Goldich,1938 و Bowen, 1956), كما يوضح علاقة الحبيبات المعدنية االمكونة للرواسب من حيث مقاومتها للتجوية مع اختلاف درجة النضوج الفيزيائي والكيميائي لها (Selley, 1976).

جدول (3) يوضح نواتج التجوية الكيميائية لمعادن بعض الصخور (Earle, 2019) و (Panchuk & Earle, 2016). (لاحظ أن هذه النواتج تكون محتملة في تجوية صخور مباني فيلا سيلين الأثرية.

Rock (الصخر)	Primary Minerals (المعادن الاولية)	Residual Minerals* (المعادن المتبقية)	Leached Ions** (الايونات المزالة)
Grantie جرانيت	Feldspars فلسبارات	Clay Minerals معادن طينية	Na^{+}, K^{+}
	Micas ميكا	Clay Minerals معادن طينية	K^{+}
	Quartz كوارتز	Quartz كوارتز	Silica in solution محلول سيليكاتي
	Fe-Mg Minerals معادن حديدية– مغنيسيه	Clay Minerals+Hematite+Geothite جيوثايت+هيماتيت+معادن طينية	Mg^{+2}
Basalt بازالت	Feldspars فلسبارات	Clay Minerals معادن طينية	Na^{+}, Ca^{+2}
	Fe-Mg Minerals معادن حديدية– مغنيسيه	Clay Minerals معادن طينية	Mg^{+2}
	Magnetite مجناتيت	Hematite+Geothite هيماتيت+جيوثايت	Fe^{+2}, OH^{-}
Limestone الحجر الجيري	Calcite كالسيت	None (لا شئ)	Ca^{+2}, $CO3^{-2}$

*المعادن المتبقية (residual minerals) = معادن صلبة مستقرة تترك بعد التجوية
**الايونات المزالة (Leached Minerals) = أيونات العناصر المجواة ذائبة في محلول

3-3 أنواع الصخور ودورها في تقليل أثر الظروف المناخية

بصفة عامة تتعرض الأسطح الخارجية للمباني الصخرية المختلفة التركيب الصخري إلى أشعة الشمس المباشرة، بخلاف الأسطح الداخلية، وبالتالي ستكون طبيعة استجابة الأسطح

الخارجية والداخلية للتفاوت الحراري مختلفة تمام الاختلاف فيما بينهما. وهذا الأمر ينطبق على جميع المباني الأثرية المعرضة لأشعة الشمس المباشرة، ومن ضمنها صخور فيلا سيلين الأثرية. أوضح كل من شاهين (1994) وعطية (2004) أن خطورة التفاوت الحراري ذو علاقة عكسية مع مسامية الصخور من جهة، ومع سمة التفاوت الحراري من جهة أخرى. وفي دراسة قام بها ميناس وآخرون (2010)، لمعرفة درجات التفاوت الحراري خلال أشهر السنة بليبيا، خلال بعض السنوات (1996–1999)، وجد أن التفاوت الحراري بليبيا يساهم بشكل كبير في تلف مواد البناء الصخرية ذات المسامية القليلة وخاصة في فصل الصيف المتمثلة في شهور كل من مايو ويونيو ويوليو وأغسطس من السنة، حيث تزداد درجات الحرارة وفترات شروق الشمس.

وطبقا لما جاء في دراسات في كل من (Thomas and Turk, 1989) و (Schmoker et. al., 1985)، لتوضيح علاقة معدلات مسامية الصخور بخطورة عامل التلف تحت تأثير التفاوت في درجات الحرارة، جدول (4)، فقد وجد أن خطورة عامل التلف تكون في الحدود الدنيا وذلك عندما يزداد معدل المسامية الصخرية، (كما في حالة صخور البناء الرسوبي الكاربوناتية الأصل وهي الجيرية الفتاتية، والتي تتمثل في صخور الكالكارينيت بفيلا سيلين بمعدل مسامية يصل الى 17%، والصخور الكيميائية الترسيب والتي تتمثل في صخور الجير والدولومايت بالفيلا بمعدل مسامية يتراوح ما بين 10% و12%)، بينما وجد أن خطورة عامل التلف تكون في الحدود القصوى وذلك كلما انخفض معدل المسامية الصخرية (كما في حالة الصخور النارية والمتحولة حيث يصل معدل المسامية الصخرية إلى 1% "أي صخور غير مسامية" وتتمثل صخور هذا النوع في الرخام والاردواز بفيلا سيلين).

جدول (4) يوضح علاقة معدلات مسامية الصخور بخطورة عامل التلف تحت تأثير التفاوت في درجات الحرارة (طبقا لـ Thomas and Turk, 1989 و Schmoker et. al., 1985)

نوع الصخور	الأصل	التركيب الصخري	معدل المسامية	خطورة عامل التلف
كاربوناتيية (رسوبية)	فتاتية	حجر جيري فتاتي	%17	في حدوده الدنيا
	كيميائي	حجر جيري	%12	
		حجر جيري دولومايتي	%10	
متحولة		الشست والرخام	%1	أشد خطورة
نارية		الجرانيت	%1	

نوع الصخور	الأصل	التركيب الصخري	معدل المسامية	خطورة عامل التلف
كاربوناتيية (رسوبية)	فتاتية	حجر جيري فتاتي	%17	في حدوده الدنيا
	كيميائي	حجر جيري دولومايتي	%10	
متحولة		الشست والرخام	%1	أشد خطورة
نارية		الجرانيت	%1	

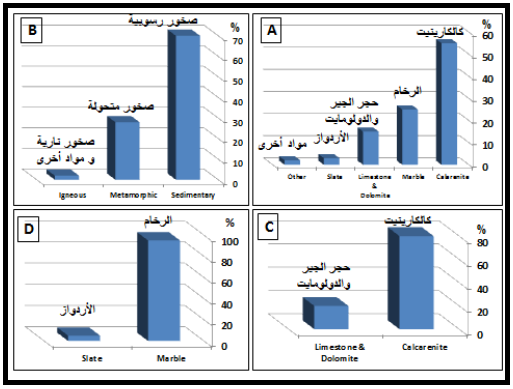
وعلى هذا الأساس يمكن معرفة المسامية السائدة حسب نوع الصخور الشائعة الاستخدام بمباني فيلا سيلين الأثرية وبالتالي توقع خطورة عامل التلف على هذا المبنى.

ومن خلال هذه الدراسة يمكن القول أن الصخور الرسوبية الجيرية الفتاتية والمتمثلة في صخور الكالكارينيت " Calcarenite" تحتل المرتبة الأولى وتشكل أكبر نسبة في تشييد مبنى الفيلا، وتأتي بعدها صخور الرخام " Marble" التابعة للصخور المتحولة الغير متورقة، والتي تحتل المرتبة الثانية، ثم صخور الدولومايت "Dolomite" والتابعة للصخور الرسوبية الجيرية المتبلورة والتي تحتل المرتبة الثالثة وأخيرًا صخور الأردواز "Slate" والتابعة للصخور المتحولة المتورقة، شكل (A12).

كما انه يمكن القول بأن أحجار البناء الداخلة في بناء فيلا سيلين الأثرية تتضمن في المرتبة الأولى صخور رسوبية، تليها في المرتبة الثانية صخور متحولة وفي المرتبة الثالثة صخور نارية وغيرها ولكن يجب التذكير بأن أحجار البناء من أصل ناري لم يتم ملاحظته حاليا، رغم أن الكثير من الأعمدة التي شيدت بمدينة لبدة الأثرية هي في الأصل من الصخور النارية وخاصة الجرانيت "Granite"، شكل(B12) . أما غير ذلك من أنواع

أحجار البناء التي استخدمت في تشييد فيلا سيلين فهي تتضمن على سبيل المثال أحجار الفسيفساء "Mosaico" (والتي تتضمن قطع صغيرة من الرخام والحصاء وغيرها من المواد) التي تتواجد على بعض أرضيات والجداريات بالمبنى. وتلي صخور الكالكارينيت تأتي صخور الدولومايت (أو الحجر الجيري) وذلك بالنسبة للصخور الرسوبية المساهمة في بناء الفيلا، شكل (C12). ومن أهم الصخور المتحولة التي ساهمت في بناء الفيلا هي أحجار الرخام وتليها بنسبة قليلة جدا أحجار الاردواز، شكل (D12).

ويمكن استنتاج أن صخور الكالكارينيت والتي لها مسامية مرتفعة هي أكثر شيوعا من بين أنواع الصخور الأخرى التي استخدمت في تشييد الفيلا بسيلين، وذلك لتقليل خطورة عامل التلف تجاه تغير درجات الحرارة وبالتالي عوامل التجوية والتعرية.



شكل (12) A: يوضح النسبة التقريبية لشيوع استعمال الأنواع المختلفة من الصخور في بناء فيلا سيلين, B: يوضح النسبة التقريبية لشيوع استعمال الأنواع الثلاث من الصخور (الرسوبية والمتحولة والنارية), C: يوضح النسبة التقريبية لشيوع استعمال أنواع الصخور الرسوبية الكاربونايتية في بناء فيلا سيلين, D: يوضح النسبة التقريبية لشيوع استعمال أنواع الصخور المتحولة في بناء فيلا سيلين.

3-4 أنواع التجوية وعلاقتها بالمناخ والتلف الميكانيكي بفيلا سيلين

تتكاثف التجوية بأنواعها (تجوية فيزيائية وكيميائية وحياتية) مع عوامل المناخ بصفة عامة لتؤثر على صخور المبنى الأثري بفيلا سيلين وبقية المباني الأثرية الاخرى بليبيا. وفي هذا الصدد، قام "بيلتير" (Peltier,1950) بتوظيف أنواع التجوية الثلاثة في نموذجه المقترح, شكل (13)، والذي طبقه بشكل فعلي "رايس" (Rice, 1988). من خلال تتبع

هذا النموذج نلاحظ أن معظم أنواع التجوية وخاصة الكيميائية والفيزيائية (والتي تعتمد بالدرجة على معدل سقوط الأمطار ومعدلات الحرارة) كان لها أثرا ضعيفا على فيلا سيلين، إلا أن الدور الكيميائي المعتدل كان له أثراً واضحاً على مناطق شحات وغريان الجبليتين. إن هذا المستوى من الضرر غير الشديد وبتظافره مع عامل التجوية الحياتية وعوامل التلف الميكانيكية وعوامل المناخ غير المستخدمة في مخطط (Peltier, 1950) من المحتمل أن يكون لها وقعاً ضاراً مع مرور الزمن على الصخور المستخدمة كمواد بناء بفيلا سيلين الأثرية.

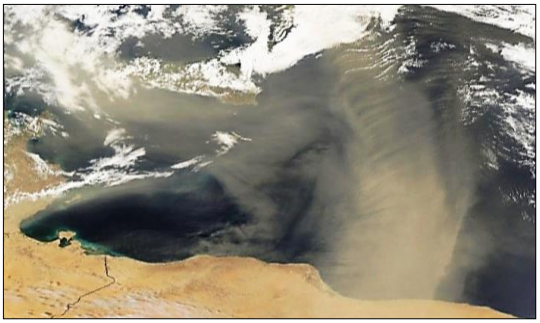
شكل (13) توزيعات معدلات الحرارة والامطار على نموذج Peltier (1950)، لمواقع مختارة من ليبيا، والتي فيها يظهر ضعف التجوية بكافة أنواعها، باستثناء كل من شحات وغريان الجبليتين المتفردتين بمعدلات تجوية كيميائية معتدلة، واحيانا معتدلة مع فعل الصقيع.

3-5 أثر عوامل المناخ والتلف الميكانيكي في مواد بناء الفيلا الأثرية بسيلين

لا يمكن فصل تكاثف عمل عوامل المناخ والتلف الميكانيكي في تأثيرهما الضار على مواد البناء بصفة عامة، فعوامل الرياح والأمطار تعتبر عوامل مناخية وعوامل تلف ذات طابع ميكانيكي في نفس الوقت.

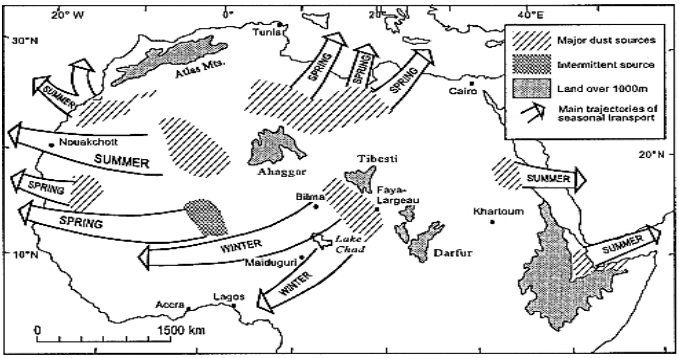
ويمكن القول إن تكاثف كل من عمل الأمطار والحرارة والرطوبة والرياح كان ومازال يؤثر بشكل ضار على أحجار البناء لمبنى الفيلا الأثري بسيلين بحكم موقعها على شاطئ البحر، والذي يتميز بمناخ البحر المتوسط والتي تصل فيه درجات الحرارة في فصل الصيف الى أكثر من 30 درجة مئوية، فضلا عن الرطوبة المتزايدة والتي تصل إلى أكثر من 50% في معظم فصول السنة، وكذلك الحال في قوة الرياح بهذه المناطق بالإضافة إلى معدل سقوط الأمطار المتوسط خلال فصل الشتاء.

يعد الغبار "dust" ايضا من العوامل المساهمة في عملية تلوث الجو الذي يرافقه إضافة كميات من الأملاح إلى مواد البناء. وفي هذا الصدد، يعد شمال إفريقيا أكبر مصدر للغبار في العالم والقادمة من الصحراء، حيث يعتقد أنه يساهم في ترسيب ما يقارب من نصف كمية الغبار المترسب في المحيطات. هذا وقد بين (Hara O. et. al., 2006) المسارات الرئيسية لعمليات النقل الفصلية للغبار الصحراوي, شكل (14).



شكل (14) يوضح مسارات الغبار السائدة في شمال أفريقيا بوجه عام وشمال ليبيا بوجه خاص (http://www.stuut.tv/dust/body_dust.htm).

كما أظهرت دراسة (Middleton & Goudie, 2001) و (Goudie, 2003) أن فصل الربيع هو الفصل الذي يتميز بأكثر المسارات فاعلية وتأثير في نقل الغبار من الصحراء إلى المناطق التي يقع عليها المبنى الأثري لفيلا سيلين، شكل (15).



شكل (15) يوضح مسارات الرياح الناقلة للغبار في شمال أفريقيا، موضحة مصدر الغبار لمبنى الفيلا والمناطق المحيطة (Spring–فصل الربيع) ، (Middleton & Goudie, 2001).

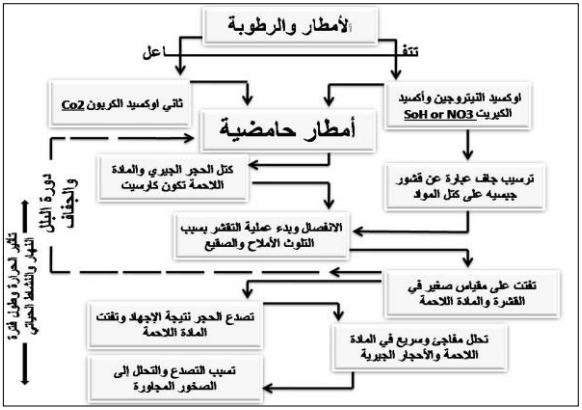
تعد مياه الأمطار أيضا من العوامل المناخية والتي تساهم في إحداث تلف ميكانيكي للمباني الأثرية بالمبنى الأثري بفيلا سيلين. وكحقيقة علمية، إن مياه المطر الحمضية يكون لها تأثير كبير في تحويل كربونات الكالسيوم والماغنيسيوم الموجودة في بعض مواد البناء إلى بيكربونات وتتحلل ببطء، (Schaffer, 1950). وبصفة عامة، فإن معدّلات عملية التآكل تكون قوية جداً في وجود الماء، وذلك يعتمد على مسامية المواد، ونوع المادة

الموجودة بها، ودرجات الحرارة العالية التي تؤدي إلى إسراع عمليات التآكل خاصة في المناخ الرطب (Walker, 1969)، ولهذا فإن عمليات التآكل نجدها سريعة.

فقد ثبت أن المواد ذات المسامية الأقل وذات المقاومة الجيدة للشد تكون أكثر مقاومة لأنواع التلف الناتجة بسبب دورات الرطوبة والجفاف (Stambolov,1976) وهذا خلاف واقع الحال الذي عليه مواد البناء لمبنى الفيلا بسيلين حيث إنها تتميز بمسامية عالية بسبب قلة المادة اللاحمة الطبيعية، حيث إنها فتاتية جيرية والمتمثلة في صخور تكوين قرقارش الجيرية الفتاتية (الكالكارينيت)، ولهذا فإن هذا النوع من الصخور ذو مقاومه ضعيفة لدورات البلل والجفاف، وبالتالي يتميز بتلفه السريع، كما أن معظم الأحجار الجيرية، والأحجار الرملية تتأثر بعمليات التلف الناتجة عن دورات البلل والجفاف، وخلاف ذلك فإن مواد البناء القليلة المسام مثل أحجار الصخور المتحولة والنارية فإنها تتميز بمقاومة عالية تجاه دورات الرطوبة والجفاف.

هناك عوامل محفزة يمكن أن تؤدي إلى زيادة تأثير الرطوبة مثل النشاط الحياتي المتمثل في النباتات والطحالب والإشنات، والذي بدوره يسرع من تأثير الرطوبة على المباني الأثرية، وربما للكسور أيضا تأثير مساعد لعامل الرطوبة الضار على المباني الأثرية.

مما سبق يمكن وضع تصور لمراحل التلف للمبنى الأثري لفيلا سيلين والناتجة بتأثير العوامل المناخية والمتمثلة في الأمطار والرطوبة والاختلاف في درجة الحرارة، وهذا التصور مطابقًا لما تم اقتراحه من قبل لمدينة صبراته الأثرية والتي تتشابه بوجه عام تقريبًا في العوامل المناخية المذكورة (إسماعيل الفرجاني وآخرون, 2024) , شكل (16).



شكل (16) يوضح تصور لمراحل التلف بالمبنى الأثري لفيلا سيلين والمطابق لما تم اقتراحه بمدينة صبراته الأثرية طيلة أشهر السنة والتي تتعرض لها مواد بناء نتيجة تأثير الأمطار والرطوبة والتغير في درجة الحرارة.

4- الاستنتاجات

من خلال دراسة مظاهر التلف الناتجة عن عوامل التجوية وأثرهما على صخور البناء لمبنى الفيلا، يمكن استنتاج النقاط التالية:

1- من خلال هذه الدراسة يتضح جليا وجود مجموعة من الأضرار للتجوية سببتها مجموعات التجوية الفيزيائية وشملت كل من: المجموعة-1 والمعروفة بفقدان مادة الصخر، المجموعة-3 والمعروفة بالانفصالية والمجموعة الرابعة وهي التشقق والتشوه. كما تم التعرف على أضرار سببتها المجموعة-2 " مجموعة التجوية الكيميائية والحياتية المعروفة بالترسيب والتلون".

2- من خلال تتبع عمل أضرار التجوية المذكورة، يتضح أن تأثير هذه الأضرار على المبنى الاثري كان على شكليه البسيط والمركب، وشمل كل المبنى، وقد كان لها تأثير مدمر حيث ازدادت شدتها خاصة بعد أن تعرضت الفيلا لعوامل الردم.

3- من خلال تتبع أنواع الصخور المستخدمة كأحجار البناء لمبنى الفيلا، وجد أن الصخور الرسوبية هي الأكثر شيوعا ومن بينها وجد أن صخر الكالكارينيت أكثر استخداما من صخور الدولومايت والجير المتبلورة، تلي هذا النوع من الصخور المستخدمة في بناء الفيلا الصخور المتحولة وتحتل المرتبة الثانية من حيث الشيوع ومن بينها وجد أن صخر

الرخام الغير متورق أكثر شيوعا من صخر الاردواز المتورق (الصفائحي). وما يلاحظ استخدام أحجار بناء من أصل صخور نارية كالجرانيت مثلا رغم انتشار هذا النوع من الصخور في تشييد الأعمدة بشكل ملحوظ بمدينة لبدة الأثرية. أما بقية أحجار البناء الأخرى فقد وضعت في الرتبة الأخيرة لقصور استخدامها في أماكن خاصة بالفيلا كما هو الحال في الفسيفساء.

4- من خلال تتبع أثر التجوية على طبيعة التركيب المعدني للصخور يلاحظ أن أحجار البناء التي تزداد فيها نسبة معادن الفلسبار الغنية بمعدن الكالسيوم تكون مقاومتها ضعيفة، على خلاف الأحجار التي تزداد فيها نسبة الكوارتز تكون مقاومتها عالية. وفي مجمل القول تعتبر الصخور الناتجة عن الرواسب غنية بمعدن الكوارتز مستقرة وناضجة والعكس عند ما تكون معظم الرواسب متكونة من الطين أو الفلسبار.

5- ومن خلال تتبع أنواع الصخور ودورها في تقليل أثر الظروف المناخية, نستنتج أن خطورة عوامل التلف تقل عندما يزداد معدل المسامية الصخرية (كما في حالة صخور البناء الرسوبي الكاربونايتية الأصل التي تتمثل في صخور الكالكارينيت والصخور الكيميائية المتبلورة الترسيب والتي تتمثل في صخور الجير والدولومايت)، بينما تزداد خطورة عامل التلف وتبلغ أقصى مداها وعند انخفاض معدل المسامية الصخرية (كما في حالة الصخور المتحولة الغير مسامية والمتمثلة في الرخام والاردواز بفيلا سيلين).

6- من خلال مناقشة أنواع التجوية وعلاقتها بالمناخ والتلف الميكانيكي على أحجار البناء بالفيلا وطبقا لنموذج "بيلتير" (Peltier,1950) نلاحظ أن معظم أنواع التجوية وخاصة الكيميائية والفيزيائية (والتي تعتمد بالدرجة على معدل سقوط الأمطار ومعدلات الحرارة) كان لها أثرا ضعيفا على الفيلا. ويمكن القول أن هذا الضرر غير شديد لو تظافر مع عامل التجوية الحياتية وعوامل التلف الميكانيكية وعوامل المناخ التي لم تستخدم في نموذج (Peltier, 1950) من المحتمل أن يكون لها تأثيرا ضاراً وبالغ الأهمية مع مرور الزمن على أحجار البناء بناء بفيلا سيلين الأثرية.

7- وبتتبع أثر عوامل المناخ والتلف الميكانيكي في مواد بناء الفيلا يخلص القول بأن تكاثف كل من عمل الأمطار والحرارة والرطوبة والرياح، كان ومازال يؤثر بشكل ضار على أحجار البناء لمبنى الفيلا بحكم موقعها على شاطئ البحر، والذي يتميز بمناخ البحر

المتوسط. كما يعتبر الغبار "dust" ايضا من العوامل المساهمة في عملية تلوث الجو الذي يرافقه إضافة كميات من الأملاح إلى مواد البناء والتي تعمل بدورها على تآكل السطح الخارجي لهذه الأحجار مشكلة حفر صغيرة والتي مع مرور الزمن تتسع وتتفتت، كما تعد مياه الأمطار أيضا من العوامل المناخية التي تساهم في إحداث تلف ميكانيكي لمبنى الفيلا، وخاصة مياه الأمطار الحامضية لدورها الفاعل في تحويل كربونات الكالسيوم والماغنيسيوم الموجودة في بعض مواد البناء إلى بيكربونات والتي تؤدي الى تحللها. كما يخلص القول في هذا الصدد أن أحجار البناء المستخدمة والتي مصدرها محاجر صخور تكوين قرقارش الجيرية الفتاتيه (الكالكارينيت) تمتلك مقاومه ضعيفة تجاه دورات البلل والجفاف، وبالتالي يتميز بتلفه وبتدهوره السريع وذلك على عكس أحجار البناء القليلة المسام والمتبلورة من أصل صخور متحولة أو نارية، فإنها تتميز بمقاومة عالية تجاه دورات الرطوبة والجفاف فتتلف ببطء. كما يمكن القول أن أحجار البناء الكاربونايتية الجيرية والدولومايتية شديدة التأثر بعوامل الرطوبة والمياه وبالتالي تتكهف وتنهار، كما هي الحال في بعض من هذه الأحجار بالمبنى.

8- إن التصور الذي تم اقتراحه لمراحل التلف للمبنى الأثري لفيلا سيلين والناتجة بتأثير العوامل المناخية والمتمثلة في الأمطار والرطوبة والاختلاف في درجة الحرارة يعد ذا أهمية بالغة عند دراسة تأثير العوامل الطبيعية والأضرار الناتجة عنها على مبنى الفيلا. ولهذا فإن عمليات الترميم التي سوف تجرى في المستقبل لصيانة هذا المبنى يجب أن تأخذ بعين الاعتبار ما تضمنه هذا التصور وما تضمنته هذه الدراسة المتواضعة.

5- التوصيات

يوصي فريق البحث بهذه الورقة العلمية كل الجهات المسئولة التي من شأنها رعاية هذه المباني الأثرية وصيانتها بشكل عام والمبنى الأثري لفيلا سيلين بشكل خاص، أن يؤخذ بما جاء في هذه الدراسة من تحليل وبيان لأضرار التجوية المختلفة وتكاثفها مع عوامل التلف المختلفة وعوامل المناخ في التأثير الضار على المبنى، وذلك للحفاظ على هذا الإرث التاريخي والذي من شأنه رفع مقومات السياحة ببلدنا الحبيب.

قائمة المصادر والمراجع

أولا: المراجع العربية

1-شاهين وعبد المعز، ترميم وصيانة المباني الأثرية والتاريخية، مطابع المجلس الأعلى للآثار، مصر (1994)، ص (72-85).

2-عطية أحمد إبراهيم، صيانة المباني الأثرية، دار الفجر للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، القاهرة(2003) ص (72-73).

3-هيثم عبد الأمير ميناس؛ مصطفى نامو؛ محمود النمس، نوع وشدة أضرار التجوية الفاعلة على صخور مدينة لبدة الأثرية، شمال غرب ليبيا، بحث غير منشور، (باللغة العربية). (2010).

4-اسماعيل الفرجاني الشوشان؛ الصادق بشير أخميرة؛ هيثم عبد الامير ميناس، (2019). تقييم اضرار التجوية الفيزيائية على صخور مواد بناء مدينة صبراتة الأثرية، شمال غرب ليبيا،(مجلة البحوث الاكاديمية- العدد الثالث عشر- يناير 2019- الاكاديمية الليبية مصراته)،(357-345.pp).

5-اسماعيل الفرجاني الشوشان؛ الصادق بشير أخميرة؛ هيثم عبد الامير ميناس، تقييم أضرار التجوية الفاعلة على صخور مواد بناء مدينة صبراته الأثرية، شمال غرب ليبيا. دراسة بدعم ومتابعة من الهيئة الليبية للبحث العلمي. بحث غير منشور، (2024).

ثانيا: المراجع الأجنبية

1- Badan, B. Bacelle, G- Marchesini, L. (1975). surface reactivity of marble and stone: Quarry and alterated samples. In: The conservation of stone. Ed Rossi Manaresi, R. certro cesare Gundi per la conservaione dell Sculture. All Aperto, Bologna, pp.89- 101.

2- Balasubramanian, A. (2014). Geomorphic weathering, University of Mysore, https;//www.researchgate.net/publication/309464790.

3- Blasi, C. and Coisson, E. (2008). The effects of temperature on historical stone masonry structures. Structural Analysis of Historical Constructions- D'Ayala & Fodde (eds), Taylor & Francis Group, London, ISBN- 978-0-415-46872-5.

4- Bowen, N.L. (1956). The Evolution of the Igneous Rocks, Canada: Dover. Pp. 60-62.

5- Carrd , D. (1970). Rock weathering, plenum press, New york, p 203.
6- Erale, S. (2019). Physical Geology- 2nd Edition. Victoria, B.C.: BCcampus.
7- Fitzner, B. and, Heinrichs, k, (2004). Photos, atlas of weathering forms On stone moments.
8- Fitzner, B., Heinrichs, K., La Bouchanjiere, D. (2002): Limestone weathering of historical monuments in Cairo, Egypt. -In: Siegesmund, S., Weiss, T., VolXbrecht ,A. (eds.): Natural stone, weathering phenonema, conservation strategies and case studies. - Geological Society London, Special Publication1 205, 217-239.
9- Flugel , E, (2004). Microfacies of Carbonate Rocks, Springer ,Verlag , Berlin , p. 976.
10- Goldich S. S. (1938). A study on rock weathering , Geology, pp17-.58.
11- Goldich S. S. (1938). A study on rock weathering , Geology, pp17-.58.
12- Gore, Pamela J. W. (2013). Weathering Archived at the Wayback Machine. Georgia Perimeter College.
13- Goudie A. S. (2003). Great warm Deserts of the world. Oxford University press. Oxford, p.197.
14- Goudie A.S., and Viles H. (2008). Weathering Processes and Forms. In Burt T.P., Chorley R.J.,Brunsden D., Cox N.J., and Goudie A.S.; Quaternary and Recent Processes and Forms & Landforms or "the Development of Geomorphology". Geological Society of London. pp. 129–164.
15- Hara, O., Sarah L. D., Michele L., Elatrsh, M. S. (2006). Field Measurements of Desert Dust Deposition in, Libya Atmospheric Environment 40, p-p (3881-3897)
16- Ismail F. Shushan, Sadik B. Akhmyra, Haitham A. Minas. (2019). The Detachment Physical Weathering Form Group Affecting Stone Building Materials At The Archaeological Site of Sabratha, Northwest Libya, 2019. Journal Of Marine Sciences & Environmental Technologies, Vol. 5, Issue No. 1, June-2019, (pages:E-1:E-14), Online
17- Ismail F. Shushan, Saddik B. Kamyra, Hitham A. Minas. (2023). Study of chemical and biological weathering effects on building

stones of the Ancient City of Sabratha, NW-Libya, Journal of Educational, (23), Elmergib Universit, 969-982.
18- Mann, K. (1975). Gelogical Map of Libya, Alkhums Shet, N1 33-14,
19- Mary J. T. (2012). A Site-Specific Index Based on Weathering Forms Visible in Central Oxford, Uk. Geosciences"2012", 2, 277-297.
20- Middleton N. J. and Goudie A. S. (2001). Saharan Dust: Source and Trajectories. School of Geography & Environment, University of Oxford, Oxford OXI 3TB, UK. "Research Gate".
21- Mohamed, K. Khalaf, (2008). Degradation and Conservation of Marble Floors in Archaeological Buildings, 5th Symposium of the Hellenic Society for Archaeometry, 8-12 Oct., 2008, Athens, Greece.
22- Nabil A. Abd El-Tawab, (2012). Degradation and Conservation of Marble in the Greek Roman Hadrianic Baths in Leptis Magna, Libya. International Journal of Consevation Science, Vol. 3, Issue 3, Jul-Sept., 2012: 163178.
23- Nabil A. Abd El-Tawab, (2014). Honeycomb Weathering of Limestone Buildings in the Archaeological Sites of Leptis Magna, Libya. International Journal of Consevation Science, Vol. 5, Issue 2, Apr-Jun., 2014: 189-202.
24- Panchuk K. and Earle S. (2016). Physical Geology, BCcampus, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2016, ISBN; 1537068822, 9781537068824, 628 pp.
25- Paradise, T. R. (2005). "Petra revisited: An examination of sandstone weathering research in Petra, Jordan". Special Paper 390: "Stone Decay in the Architectural Environment", 390 pp. 39-49. ISBN 0-8137-2390-6.
26- Peltier L C. (1950). “The Geographic Cycle in Periglacial Regions as it is related to Climatic Geomorphology”, Annals of the Association of American Geographers, p230.
27- Pinna D., Joseph E. and Grube M. (2014). Biofilms and Lichens on Stone Monuments: Do They Damage or Protect?, "frontiers in Microbiology". http//sp.lyellcollection.org/
28- Rapp, G.R., and , Hill, C.L, (1998). Geoarchaeology : the earth science approach to archaeological interpretation,(Yale Univ. Press), p 274.

29- Rice R. J. (1988). Fundamentals of geomorphology, 2nd edition, Longman Scientific Technicals, p 66.Rothert E, and Eggers T, Cassar J,
30- Schaffer R. J. (1950). The Weathering of Natural Building Stone. H M, Stationery Office, London, P 135.
31- Schmoker J. W., Krystinic K. B. and Halley R. B. (1985): Selected Characteristics of Limestone and Dolomite Reservoirs in the United States. AAPG Bull 69, 5: 733-741.
32- Siegesmund S., Weiss T. and Vollbrecht A. (2019). Natural Stone, Weathering Phenomena, Conservation Strategies and Case Studies: introduction. Geowissenschaflliches Zentrum GOttingen, Strukturgeologie und Geodynamik,Universitdt GOttingen, Goldschmidtstr. 03, 37077 GOttingen, Germany.
33- Stambolov T. VANA S. de BOER and J. R. J. Tc. (1976). Deterioration and Conservation of Porous Building Materials in Monuments 2nd ed. ICCROM, Rome, P 167.
34- Thomas and Turk J. (1989): Introduction to Physical Geology, Springer, 371pp.
35- WalKer R. J. (1969). Building on Spring, Pergamon press, Oxford, P 225.
36- Winkler E. M. (1975). Stone Properties: "Durability in man's Environment", Springer Verlag, New York, P 58.
37- Zanbell C.B, Adams J.M., Gorring M.L.and Schwartzman D.W. (2012). Effect of Lichen Colonization on Chemical Weathering of Hornblende Granite as Estimated by Aqueous Elemental Flux, Chemical Geology, 291: 166-174.
38- Wikimapia.org,Google.