مصادر مواد البناء ودورها في تقليل أثر الحرارة في موقع لبدة بليبيا

د. هيثم عبدالأمير ميناس
أ. مصطفى علي نامو
د. محمود عبدالعزيز النمس

ملخص: أشارت الدراسة الطباقية والرسوبية والبتروغرافية للمكاشف الصخرية المحيطة بمدينة لبدة ولصخور ٢٥ موقعا أثريا داخل المدينة، إلى أن كتل الصخور المستخدمة في بنائها تمثلت بصخور جيرية (تكوين الخمس)، وصخور جيرية دولومايتية (تكوين سيدي الصيد)، وصخور جيرية فتاتية (كالكارينيت – تكوين قرقارش)، أما الصخور الجرانيتية والمتحولة فربما تكون مستوردة. إن مصادر كتل صخور تكوين الخمس المستخدمة هي محجر رأس الحمام ووادي غنيمة، أما كتل صخور تكوين سيدي الصيد فهي من وديان هجم الحقن والصياح وقوقاس ومكاشفه قرب ميناء الخمس، وربما يكون مصدر صخور تكوين قرقارش من محاجر منطقة النقازة وكروط ومكاشفه قرب الميناء. قلل استخدام الصخور الكاربونايتية العالية المسامية والواقعة غربي المدينة من خطورة التفاوت الحراري إلى حدوده الدنيا، أما في شرقيها فقد انخفضت المسامية مع شيوع الصخور النارية والمتحولة، ما زاد من خطورة التفاوت الحراري.

Abstract: The study of stratigraphy, sedimentology, and petrography of the exposed outcrops around Leptis Magna city, as well as 25 stone monuments within the city, indicate that its dimension stones (blocks) related to formations of Al-Khums (limestone), Sidi as-Said (dolomitic limestone), and Gargaresh (calcarenite), but the metamorphic and granite might be imported. The sources of Al-Khums formation blocks were Ras Al-Hammam and Ghanima valley quarries, but that of Sidi as-Said formation blocks were the valleys of Hajim Al-Haqin, Al-Sayah, Gougaz, and Al-Khums harbor's outcrops. Gargaresh formation dimension stones were sourced from the quarries of Al-Naggazah, Karrout, and from its outcrops near the harbor. The dominant use of Carbonates dimension stones (high porosity) westward helped decrease the risk of thermal variability to its minimum level. But eastward, due to the dominant use of igneous and metamorphic dimension stones (low porosity) increased thermal variability to its maximum level.

مقدمــة

تعد مدينة لبدة الأثرية التي أُنشئت على شاطئ شمال غربي ليبيا (الشكل ١) من المدن الزاخرة بالأبنية الصخرية المتنوعة في تركيبها الصخري، تحيط بها مكاشف تكاوين الفترة الممتدة من السينوماني وحتى البلايستوسين. تعتمد معظم مرافق المدينة على كتل صخرية ذات ابعاد محددة (Dimension stones)، حيث بيّن Flugel سنة (٢٠٠٤) من أن الصخور التي يتم تهيئتها في المحاجر (المقالع) بأبعاد محددة، ستعرف لاحقا عند استخدامها بمراعاة مقاومتها لظروف التجوية وجمالية مظهرها بالأبنية الصخرية؛ وهذا هو حال مدينة لبدة الأثرية. لقد أجريت دراسة جيولوجية المنطقة والتركيب الصخري والبنى الرسوبية لـ٢٥ موقعا أثريا داخل المدينة (الشكل ١)، تركزت الدراسة الحالية على الكتل الصخرية (Dimension stones) المستخدمة في كل من؛ ١) الأرضيات، ٢) الجدران، ٣) الأعمدة الصخرية والتي بمجموعها تمثل المكون الصخري الاساسي لأبنية المدينة إذا ما قورنت بالأبواب والنوافذ والقبور. تتحدد منطقة الدراسة بين خطي تشميل [N٣٢° ٢٢' ٤٨"] و[N٣٢° ٣٧' ٥٧"] وخطي تشريق [E١٤° ١٧' ٥٣,١٣"] و[E١٤° ١٧' ١"].

تهدف الدراسة الحالية إلى معرفة التركيب الصخري ومصادر الصخور المستخدمة في الأرضيات والجدران والأعمدة

(ص ص ٦٧-٨٢) ردمد ٨٩٤٧-١٣١٩

الصخرية في مدينة لبدة الأثرية؛ ليتسنى ترميم الفاقد والتالف منها؛ إضافة إلى تحديد دور التركيب الصخري للكتل الصخرية المستخدمة في التقليل من أثر الحرارة في المدينة.

الدراسات السابقة

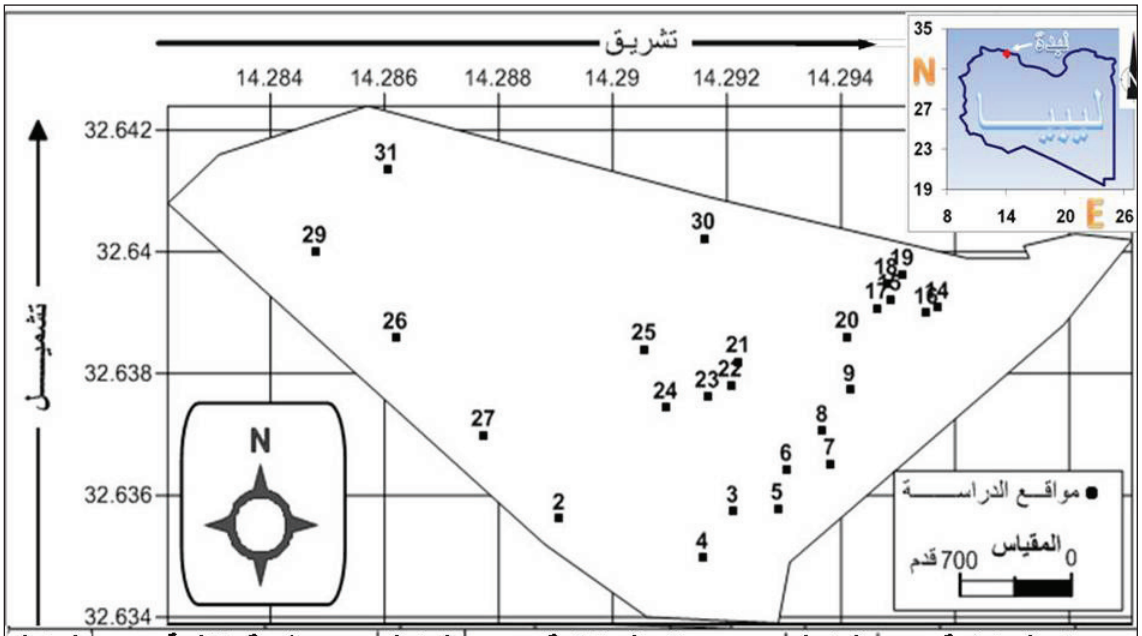
يواجه الباحثون العاملون في مجال الآثار الكثير من الصعوبات في تحديد مصادر مواد البناء الصخرية - كما هو الحال مع صخور مدينة لبدة الأثرية التي لم تتناولها دراسة من هذا النوع سابقا- الأمر الذي يتطلب تطبيق عدد من الطرق التي تستخدم من قبل بعض العاملين في مجال علوم الأرض والجيوآركيولوجيا (Geoarchaeology).

قدمت العديد من الدراسات المماثلة للدراسة الحالية إلا أنها أجريت في مناطق أثرية غير ليبية، تضمنت تحليل الأكاسيد الكيميائية، والنظائر المشعة المستقرة، والتركيب المعدني لصخور مواد البناء، وسحنات الصخور المجهرية (Microfacies)، وبتروغرافية مواد البناء الصخرية (Herz(1987); Riederer (1987); Herz and Waelkens (1988); Gibson and Woods (1990); Walsh (1990); Waelkens et al. (1992); Orton et al. (1993); Rapp and Gifford (1985); Herz and ;Garrison (1998); Pollard (1999)) El-Gohary and Al- Shorman (2010)

بيّن Garrison سنة ٢٠٠٣م أهمية استخدام العديد من التقنيات في مجال الجيولوجيا الآثارية (Archaeological geology). من جهة أخرى يعرف العلم الذي يجمع تطبيقات علمي الآثار والأرض بالجيوآركيولوجي (Geoarchaeology)، الذي أشار إليه Rapp and Hill سنة ١٩٩٨ من أن له نتائج واعدة ومؤملة جدا، في مجال مواد البناء ومصادرها.

الطرق المستخدمة

أجريت العديد من الزيارات الحقلية لمدينة لبدة الأثرية ولمكاشف الصخور المحيطة بالمدينة الأثرية، وذلك لتشخيص القواسم المشتركة ما بين الكتل الصخرية المستخدمة في بنائها مع ما جرت مشاهدته في المكاشف الصخرية المحيطة في المدينة، وذلك لتحديد مصادر الكتل المستخدمة لغرض الصيانة والترميم. استند التشخيص على أساس ترسيبي (البنى



رقم الموقع	المواقع الاثرية	رقم الموقع	المواقع الاثرية	رقم الموقع	المواقع الاثرية
2	Arch of Septimius Severus	14	The Curia	23	Arch of Trajan
3	The Palaestra	15	The Old Forum	24	The Chalcidicum
4	The Hadrianic Baths	16	The Old Basilica	25	The Theatre
5	The Nymphaeum	17	The Old Forum Church	26	The West Gate
6	A Church	18	Temple of Liber Pater	27	The Schola and Baths
7	The Colonnaded street	19	Temple of Roma and Augstus	29	Arch of Marcus Aurelius
8	The Severan Forum	20	The Byzantine Gate	30	Seaward Baths
9	The Severan Basilica	21	The Market	31	Hunting Baths
		22	Arch of Tiberius		

الشكل ١: مواقع منطقة الدراسة البالغة ٢٥ موقعا أثريا موزعا داخل مدينة لبدة الأثرية، والواقعة بدورها في شمال غربي ليبيا.

الرسوبية)، وأحفوري، وجيوكيميائي (XRD) وبتروغرافي (الجدول-١)، وإحصائي.

تعتقد الدراسة الحالية، وبسبب ندرة مكاشف الصخور المتحولة والنارية في الخمس والمناطق المحيطة (Man and Karel, 1975)، أن كتلها المستخدمة ربما تكون مستوردة؛ ولهذا فأن الطريقة التي اعتمدتها الدراسة الحالية لتحديد المحاجر غير المستوردة، كانت عبر دراسة السحنات الصخرية وبتروغرافية الصخور الرسوبية في المكاشف الصخرية من جهة وفي الكتل الصخرية المستخدمة كمواد بناء من جهة أخرى، كما أن دراسة المحتوى الاحفوري فيهما تركز على المتحجرات الكبيرة (Large Fossils) نظرا لدلالتها في تمييز الوحدات الصخرية المختلفة (عبد الغني مشرف ١٩٩٧)، وسهولة معرفتها وشيوعها في المباني الصخرية والمكاشف الصخرية المحيطة بالمدينة؛ فعلى سبيل المثال لا الحصر، فأن متحجرات الرودست لا تظهر سوى في صخور مكاشف تكوين سيدي الصيد، وتحديدا في عضو عين طبي، في حين تفتقر صخور تكوين الخمس وتكوين قرقارش لهذا النوع من المتحجرات (الجدول ١).

حسبت معاملات ارتباط بيرسون لفهم طبيعة العلاقة ما بين طبوغرافية المدينة، وعمر مبانيها الأثرية، وتنوع تركيبها الصخري للأعمدة الصخرية، والجدران والمباني والأرضيات.

$$r = \frac{\sum (x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum (x-\bar{x})^2 \sum (y-\bar{y})^2}}$$

(Davis; 2002)

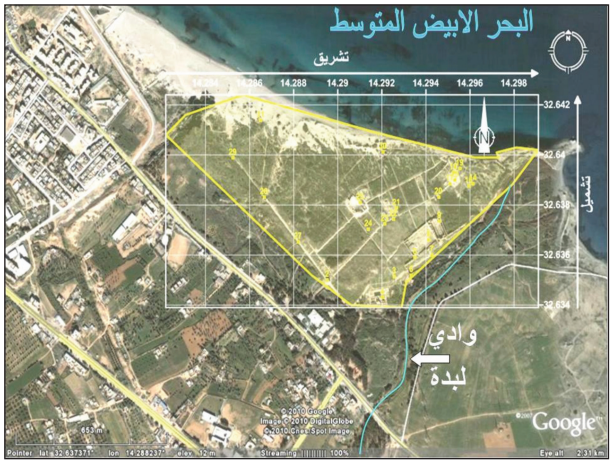
إن الصخور على اختلاف أنواعها نارية ورسوبية أو متحوّلة قد استخدمت جميعها في فترات مختلفة في مدينة لبدة الأثرية ولكن بدرجات شيوع متفاوتة (الجدول ٢)، إذ شاع استخدام الصخر الرسوبي الكيميائي الأصل في الجدران والأرضيات في حين تميز الصخر الرسوبي الفتاتي الكاكارينيت (Calcarenite) بشيوع استخدامه في الجدران، وندرته في الأعمدة، أما الصخر الناري والمتحول فقد شاع استخدامهما في أعمدة المدينة. وعلى ضوء معايير التشخيص المبينة في الجدول (١)، تمكنت الدراسة من تحديد التركيب الصخري لأنواع الصخور المختلفة المستخدمة في المباني الحجرية، فضلا عن تحديد درجة شيوعها في المواقع المختلفة لمدينة لبدة الأثرية (الجدول ٢).

الخلفية التاريخية للمدينة

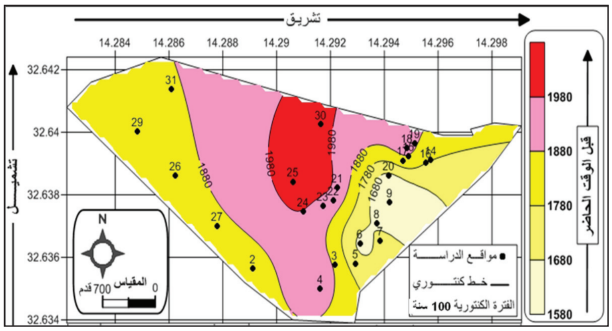
أوضح باقر (١٩٧٣) أن لبدة الكبرى هي إحدى أهم المدن التاريخية الواقعة على الساحل الشمالي لليبيا ضمن الحدود الجغرافية لما كان يُعرف في العصر الروماني بإقليم المدن

الوحدة الصخرية Formation	شدة تفاعل حامض Hcl مع الوحدة الصخرية	العمر الجيولوجي	الأصل Origin	البنى الرسوبية Sedimentary structures	التركيب الصخري	المحتوى الاحفوري Fossils	شيوع امتداد المكاشف الصخرية
تكوين سيدي الصيد	لا تفاعل إلى خفيف	سينوماني	Chemical كيميائي	محليل الضغط Stylolite	حجر جيري دولومايتي	الرودست Rudist	جنوب وغرب مدينة لبدة
تكوين الخمس (عضوي رأس المنوبية والنقازة)	تفاعل شديد جدا	مايوسين أوسط		Tufa or Stramotolite like structures	حجر جيري مارني	المحار Oyster فورامنيفيرا نوع Borelis melo	جنوب وشرق مدينة لبدة
				Hummocky تطبق متقاطع قبوي		Coral reef حيد مرجاني	
				Algae طحالب			
				تطبق متقاطع شبيه بعظم السمك Herring bone		الجلد شوكيات Echinod	
				تطبق متقاطع حوضي Trough			
تكوين قرقارش		الربـــــاعي	Detritus فتاتي	تصفح متقاطع	رمل جيري (كالكارينيت) Calcarenite	خيشوميات القدم Gastropods	شاطئية الانتشار ولاتنكشف جنوب مدينة لبدة
				تطبق متقاطع حافتي		ثنائية الصدفة Pelecypods	

الجدول ١: تلخيص لمشاهدات خصائص الكتل الصخرية المستخدمة في المباني الحجرية لمدينة لبدة، وعلاقتها بالوحدات الصخرية الظاهرة في المكاشف الصخرية المحيطة بمدينة لبدة الاثرية.



الشكل ٢: موقع مدينة لبدة الأثرية عند مصب وادي لبدة، وتحديدا على ساحل ليبيا الشمالي.



الشكل ٣: أعمار المنشآت العمرانية لمباني مدينة لبدة الأثرية، في مواقع منطقة الدراسة.

الثلاث (Tripolitania) الذي كان يضم مدن (لبدة الكبرى Leptis Magna، أويا Oea طرابلس الحالية، صبراته Sabratna)، أسسها الفينيقيون (Phoenician) عند مصب وادي لبدة (الشكل ٢) كمحطة تجارية مؤقتة في مطلع الألف الأول قبل الميلاد، ثم ازدهرت في القرنين الثامن والسابع قبل الميلاد لتصبح إحدى أهم المحطات التجارية التابعة لقرطاجة (Carthaga) والتي عُرفت في المصادر الكلاسيكية القديمة باسم إمبوريا (Emporia).

وقعت مدينة لبدة تحت السيطرة الرومانية، كما بيّن باقر (١٩٧٣) في منتصف القرن الثاني قبل الميلاد عقب إنتهاء الحروب البونية الثلاث (٢٦٤ – ١٤٦ ق.م) التي خاضتها روما ضد القرطاجة، وانتهت بسقوط قرطاجة عام (١٤٦ ق.م) واندمجت من ثَم مدن الإقليم تحت ما يسمى بإفريقيا الرومانية (Roman Africa)، و بين عامي (٤٧ – ٤٦ ق.م) دخلت المدينة تحت الحكم الروماني المباشر خلال فترة حكم يوليوس قيصر (١٠٠ – ٤٤ ق.م) وهذا ما أوضحه (Finley 1977)، أما في فترة حكم الإمبراطور سبتميوس سيفروس (١٨٣ – ٢١١م) فقد شهدت المدينة في عهده ازدهاراً حضارياً وعمرانياً منقطع النضير (هاينز،١٩٨٧). شملت النهضة العمرانية كما أشار هاينز (١٩٨٧) إنشاء الطرق والشوارع الكبيرة مثل الشارعين الرئيسين – الطولي (كاردو – Cardo) والعرضي (ديكومانوس – Dicomanus) التي شكلت أساس المخطط العام للمدينة، وكذلك الأسواق، والميادين العامة، والمسارح، وأقواس النصر الإمبراطورية، والحمامات العامة، والملاعب الرياضية، وحلبات السباق، والمعابد، والدارات الفارهة المنتشرة في ضواحي المدينة، والمرافق العامة الأخرى التي استثمرت فيها مجموعة هائلة من مواد البناء الصخرية المختلفة والعناصر الفنية الزخرفية المتنوعة.

مرّت مدينة لبدة خلال الفترة التاريخية الممتدة ما بين الأعوام (٤٣٩م – ٥٣٤م) بفترة عصيبة من تاريخها السياسي وذلك إثر احتلال القبائل الجرمانية (الوندال . Vandals) وكذلك هجمات القبائل الليبية (Finley,1977)، عانت خلالها مدينة لبدة ومنطقة المدن الثلاث من ويلات حكم هذه القبائل الوافدة من شمالي أوربا، وذلك منذ عام (٤٥٥م)، وحتى عام (٥٣٤م) لينتهي حكمهم بعد ذلك خلال فترة حكم الإمبراطور البيزنطي جستنيان (٥٢٧ – ٥٦٥م) لتدخل بذلك المنطقة مرحلة تاريخية جديدة هي فترة الحكم البيزنطي، ولم يتبق من آثار الوندال سوى مجموعة من النقود التي تم العثور عليها في حفائر منطقة سوق مدينة لبدة (باقر،١٩٧٣).

لقد نوّه باقر (١٩٧٣) من أن فترة الحكم البيزنطي كانت بمثابة صحوة للحياة الرومانية عقب فترة من الركود، التي حظيت خلالها مدينة لبدة بمكانة سياسية وأصبحت عاصمة الإقليم الإدارية إضافة إلى إعادة تحصينها بواسطة بناء الأسوار، وإعمار الكنائس، وإعادة استخدام مباني البازيليكات الرومانية، كأماكن للعبادة المسيحية في كل من مدينتي لبدة وصبراته، ومع وصول الفتح العربي الإسلامي إلى ليبيا فيما بين الأعوام (٦٤٣/٦٤٢م) ولم يعد لمدينة لبدة خلال هذه الفترة التاريخية شأن يذكر، سوى إشارات عابرة ورد ذكرها في أخبار كتب الرحالة العرب والمفكرين المسلمين فيما بين الأعوام التاريخية (٦٦٣م – ٦٦٤م) وحتى (٨٧٨م – ٨٧٩م)، إضافة إلى بعض الإشارات التي أوردها بعض الرحالة والكتاب الأجانب خلال الفترة التاريخية الممتدة ما بين (٦٦٨م – ١٨٥٥م). ومما سبق يتجلى بوضوح من أن أقدم المنشآت الأثرية تركز في المناطق الشمالية والقريبة من البحر (الشكل ٣)؛ ولهذا، فإن توسّع المدينة بدأ من الشمال نحو الجنوب.

رقم الموقع في الخرائط	مواقع الدراسة الحالية	الاحداثيات		الارتفاع (قدم)	صخور محلية								صخور مستوردة			فترة الانشاء قبل الوقت الحاضر
					درجة شيوع التركيب الصخري											
					Dolomite الدولومايت		Limestone الحجر الجيري		Calcarenite الرمل الجيري		أعداد الاعمدة الصخرية المقدرة					
		تشميل	تشريق		الارضيات	الجدران	الارضيات	الجدران	الارضيات	الجدران	Dolomite الدولومايت	Limestone الحجر الجيري	Calcarenite الرمل الجيري	Granite نارية	Marble متحولة	Schist متحولة	
2	Arch of Septimius Severus	32.6356	14.2891	50	ش		ن			ش							1812
3	The Palaestra	32.6357	14.2921	37			ش									18	1936
4	The Hadrianic Baths	32.6350	14.2916	38			ش	م		ش				18	10	10	1936
5	The Nymphaeum	32.6358	14.2929	45			ش	م						5		8	1709
6	A Church	32.6364	14.2931	49	ش	ش				ن						7	1509(بيزنطي)
7	The Colonnaded street	32.6365	14.2938	24	ش											28	1784
8	The Severan Forum	32.6371	14.2937	26	ش	ش	ن	ن						10		34	1709
9	The Severan Basilica	32.6377	14.2942	48	ش	ش	ن	ن						38	4		1509(بيزنطي)
14	The Curia	32.6391	14.2957	32	ن		ش	ش		م					4		1809
15	The Old Forum	32.6392	14.2949	18	م			م		ش					20	10	1962
16	The Old Basilica	32.6390	14.2955	23	ن		م							2			1709
17	The Old Forum Church	32.6391	14.2947	20	م	ن	ش	م		ش							1909(بيزنطي)
18	Temple of Liber Pater	32.6395	14.2948	11	ن		ش	ش		ن		5			4		2017
19	Temple of Roma and Augstus	32.6396	14.2951	28		م		ش		م		10			6		1809
20	The Byzantine Gate	32.6386	14.2941	18		ن	ش	ش		م							1509(بيزنطي)
21	The Market	32.6382	14.2922	32	ش		ن			ش				40	8	9	2017
22	Arch of Tiberius	32.6378	14.2921	21	ن		ش	م		ش							1973
23	Arch of Trajan	32.6376	14.2917	32	م		ش	م		ش							1918
24	The Chalcidicum	32.6374	14.2910	38	م	ن	ش	م		ش							1997
25	The Theatre	32.6384	14.2906	32	ن		ش	م		ش				25	13	31	2010
26	The West Gate	32.6386	14.2862	63	ش		ش	م		ش						4	
27	The Schola and Baths	32.6370	14.2878	55	ش	ن	ش	ش		م						10	
29	Arch of Marcus Aurelius	32.6400	14.2848	56	ن		ش	ش								5	1809
30	Seaward Baths	32.6402	14.2916	14				ش		م							
31	Hunting Baths	32.6414	14.2861	36				ن		ش	4						

الرمـــوز الدالـــة على درجـــة الشيـــوع : ش ؛ شائعة الانتشار في مدينة لبدة، م؛ معتدلة الانتشار في مدينة لبدة، ن؛ نادرة الانتشار في مدينة لبدة

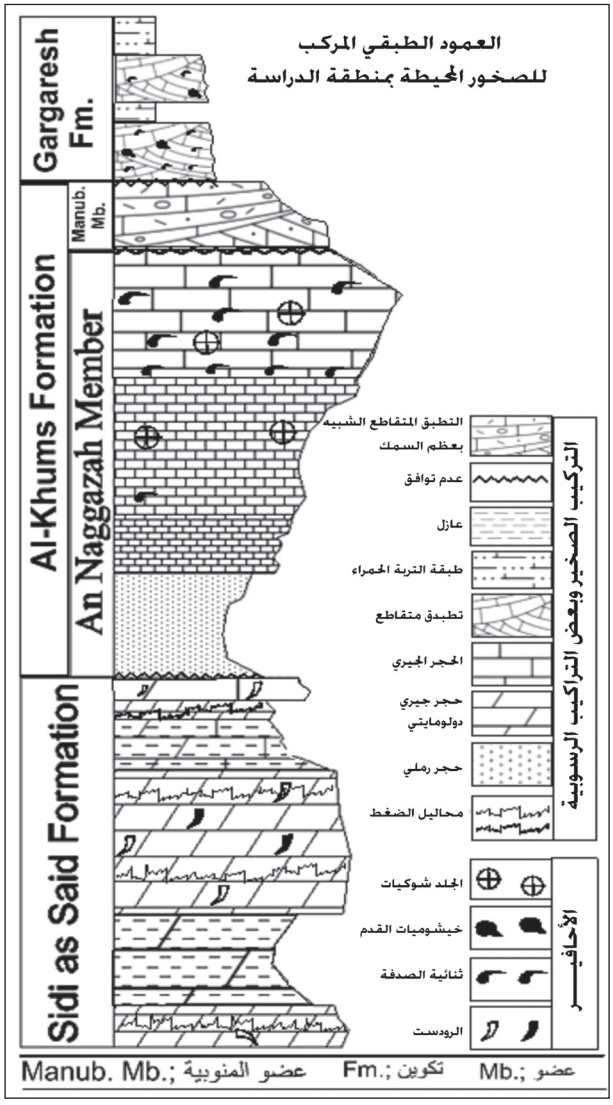
الجدول ٢: الصخور المحلية والمستوردة وتركيبها الصخري ودرجة شيوعها الصخور المستخدمة في المباني الصخرية في مواقع مختلفة بنيت في فترات مختلفة.

جيولوجية المنطقة وعلاقتها بمباني المدينة

إن التعرّف على جيولوجية المنطقة والتركيب الصخري لكتل صخور المباني الصخرية، ذو فائدة كبيرة في عمليات صيانة وترميم الفاقد والتالف في المباني الأثرية، من خلال تجنب أساليب الترميم غير الملائمة لطبيعة المدينة من جهة، والوقوف على الظروف المناسبة لصيانتها والحفاظ عليها(شاهين ١٩٩٤م)، من جهة أخرى. ويمكن توضيح أنواع صخور مواد بناء مدينة لبدة الأثرية وتلك المنكشفة حول المدينة من خلال العمود الطبقي لها عبر الشكل (٤)، ويشتمل على الآتي:

الصخور الكيميائية الأصل

ترسب هذا النوع من الصخور كيميائيا، من محاليل غنية بمكونات أصبحت سمة مميزة لصخورها، وتشمل:



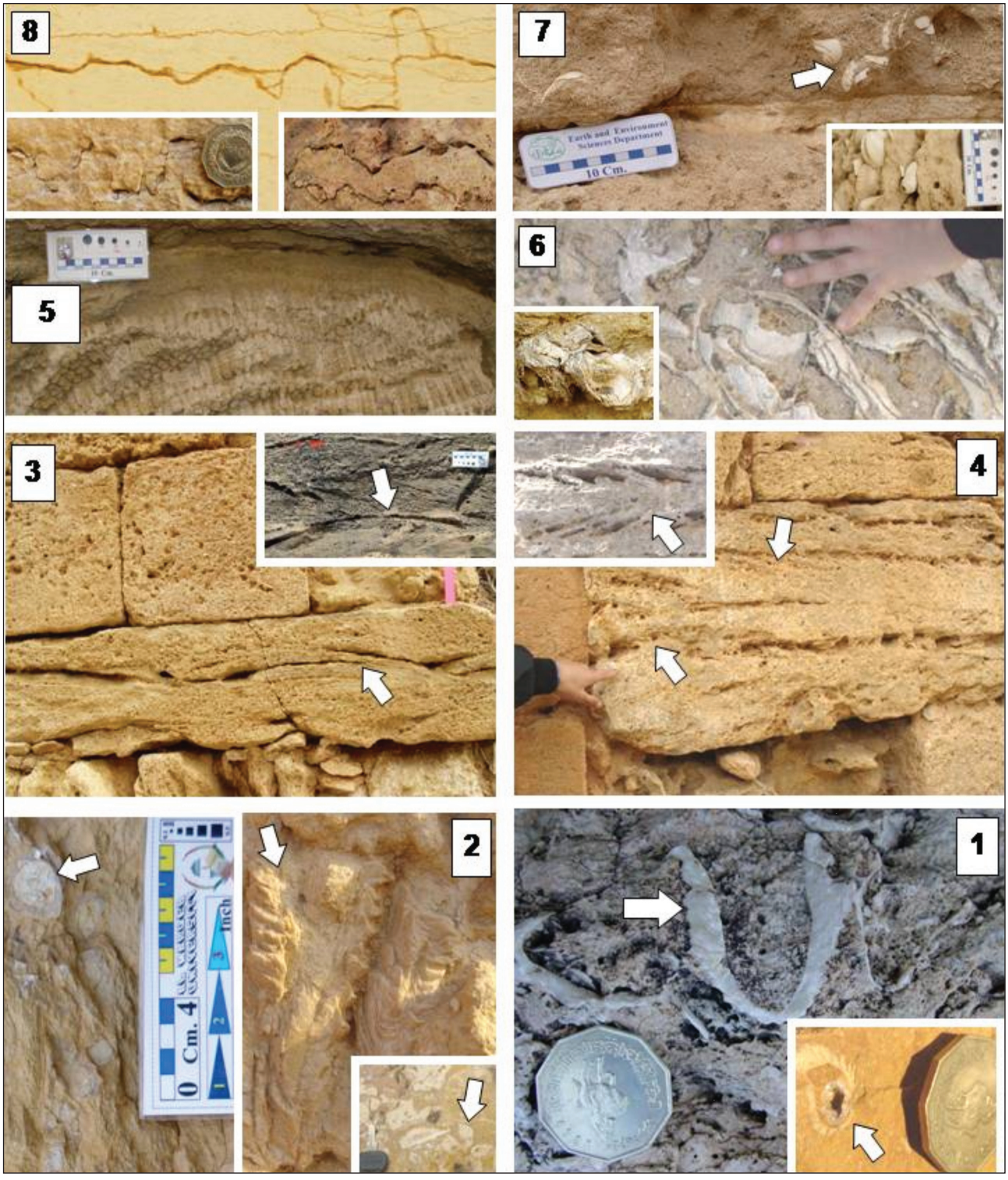
الشكل ٤: العمود الطبقي المركب للصخور المحيطة بمدينة لبدة الأثرية، والمحتمل استخدامها كمواد بناء لمدينة لبدة.

الحجر الجيري الدولومايتي

هي أحد أنواع الصخور الكربونايتية الناتجة عن تداخل كربونات الكالسيوم وكربونات الماغنيسيوم بنسب متفاوتة، وفيها تكون نسبة الماغنيسيوم في الحجر الجيري ما بين ١٠٪ إلى أقل من ٥٠٪ (Garrison, 2003)، وتتميـــز هذه الصخـور باحتوائها على متحجـــرات الرودست (El-Bakai,1997) الشائعة الانتشار في صخور تكوين سيدي الصيد السينوماني (عضو عين طبي (شكل٥-١،٢))، المنكشف في مناطق سيلين ومسلاته والزواید ووادي الصياح ووادي هجم الحقن. وفي أرضيات الأبنية الرومانية نجد أن شيوع هذه الصخور (الخالية من محاليل الضغط تقريبا) قد انتشر بالاتجاهين الجنوبي الشرقي والجنوبي الغربي، في حين نجدها أكثر تمركزا في الجنوب الشرقي من الأبنية البيزنطيـة (الشكل ٦)، الأمر الذي يشير إلى أن البيزنطيين ربما استخدموا محاجر غير التي استخدمها الرومان، وفي الجدران نجد انخفاض استخدام هذه الصخور واقتصارها على الأجزاء الشرقية من المدينة. يتميز بعضها باحتوائها على تراكيب محاليـل الضغط (Pressure solution) والتي تعكس بدورها مستويات ضعف في الصخور الحاوية عليها، و تعكس ندرة استخدام مثل هذه الصخور في الأرضيات تحسس الرومان والبيزنطيين لسهولة تكسرها على مستويات الضعف، ومن ثَم تجنب استخدامها في الأرضيات.

الحجر الجيري

يتكون من كربونات الكالسيوم مع نسب صغيرة من السليكا، والطفل، وأكسيد الحديد، وكربونات المغنسيوم. يستخرج عادة من المناطق المجاورة للمكان الذي تستخدم فيه كمواد بناء (كمال الدين، ١٩٢٦)، ويتميزالمستخدم منه في مدينة لبدة والمنكشف في المناطق المحيطة بمدينة لبدة باحتوائه على بنى التوفا Tufa (وهـي صخور الحجر الجيري المتصفح والمتكون من الينابيع ومساقط المياه (Water fall)، وهذا ما أشار له Demicco and Hardie في سنة (١٩٩٤)) كما تحتوي على التطبق المتقاطع القبوي (Hummocky) (الشكل ٣،٥) والحوضي (Trough) والشبيه بعظم السمك (Herring bone) المنتشر بكثرة في عضو رأس المنوبية (الشكل ٤،٥)، فضلا عن متحجرات الحيد المرجاني (Coral reef) (الشكل ٥،٥) والمحـــار Oyster (الشكل ٦،٥) المنتشرة بكثرة في عضو النقازة من تكوين الخمس (Salem and Spreng 1980). ومصدر هذه الكتل قد يكون مكاشف عضو النقازة المنكشف في النقازة ووادي غنيمة. شاع استخدام الحجر الجيري في أرضيات المدينة إبان الفترة

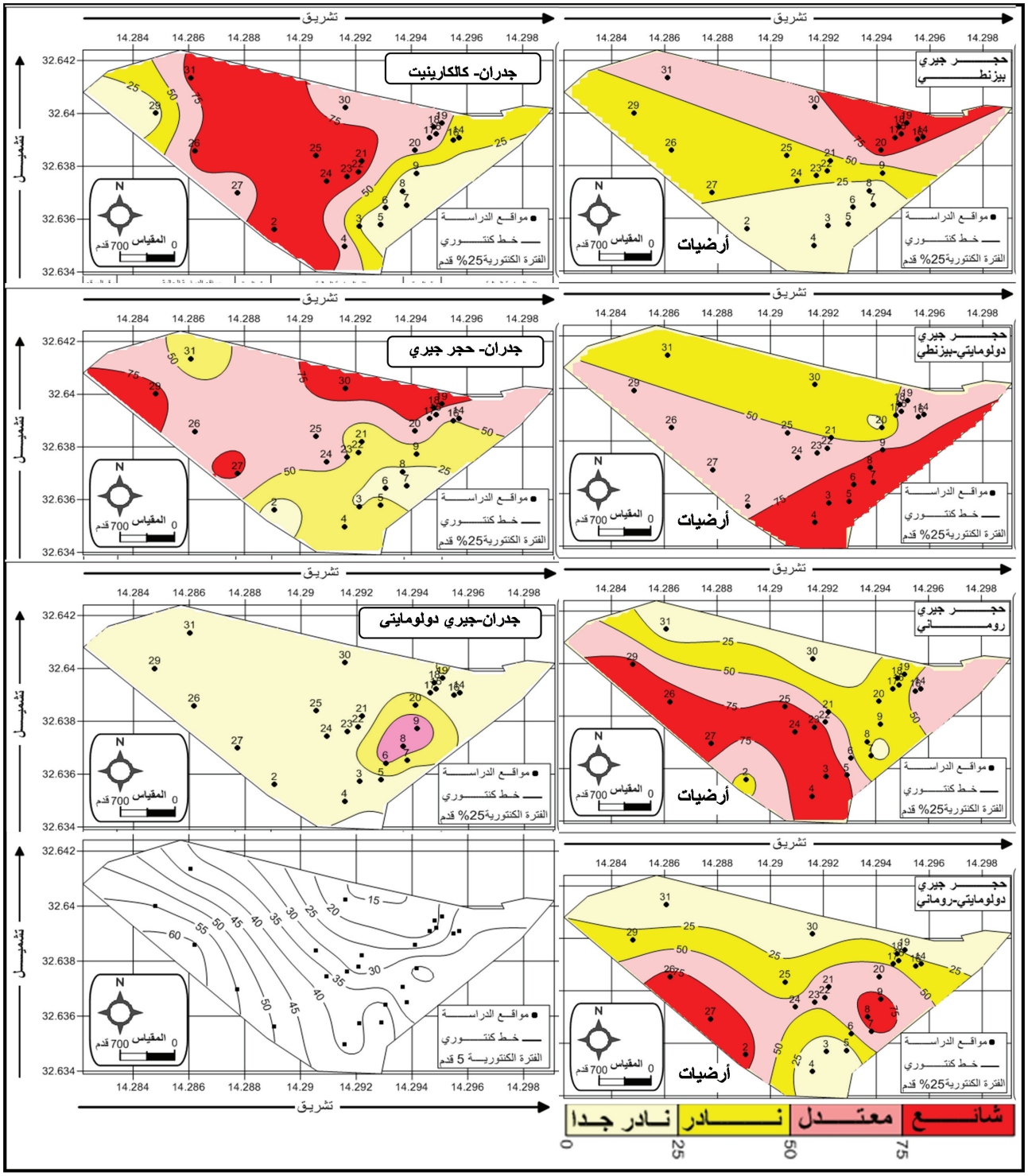


الشكل ٥: التركيب الصخري والبنى الرسوبية لصخور المباني الصخرية ومكاشفها، ١) الحجر الجيري الرودستي (لبدة)، وفي أسفل اليمين (وادي الصياح)؛ ٢) النصف الأيمن الحجر الجيري الدولومايتي الرودستي (مسلاته شكل ٣,٧))، في أسفل اليمين (قطعة من أرضية لبدة)، وفي النصف الأيسر (سيلين- شكل ١,٧)) ؛ ٣) التطبق المتقاطع القبوي (لبدة)، في أعلى اليمين (رأس الحمام (شكل ٨))؛ ٤) تطبق متقاطع من نوع عظم السمك (لبدة)، في أعلى اليسار (رأس الحمام (شكل ٨))؛ ٥) قطع من الحيد المرجاني؛ ٦) متحجرات المحار Oyster (لبدة)،وفي أسفل اليسار (النقازة)؛ ٧) الكالكارينيت أو الرمل الجيري (لبدة)، وفي أسفل اليمين (منطقة كروط)؛ ٨) تراكيب محاليل الضغط (أسفل اليسار في لبدة (شكل ٨))، النصف الأعلى(منطقة قوقاس)، أسفل اليمين (قرب ميناء الخمس).

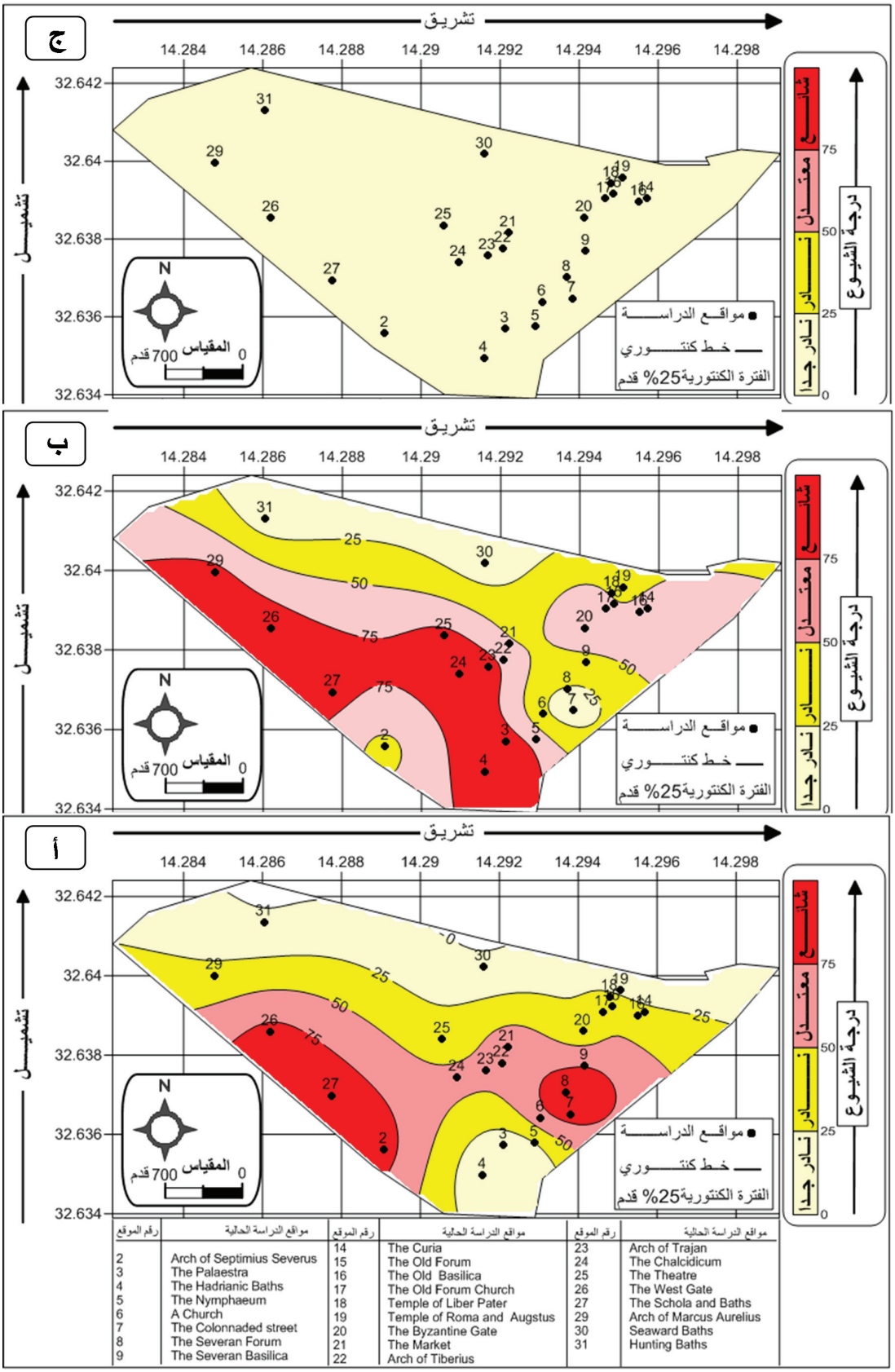
الرومانية، وتحديدا في المنطقة الجنوبية من المدينة (الشكل ٦)، في حين تحدد انتشاره في شمالها أبان الفترة البيزنطية (الشكل ٦)، وفي عموم جدرانها نجد ازدياد استخدام هذه الصخور شمالا وجنوبا.

الصخور الفتاتية (الميكانيكية الأصل)

وهي الرمل الجيري (الكالكرينيت Calcarenite) المتكون من تفتت وتجمع الأصداف البحرية المختلطة بالرمال بنسب متفاوتة (الشكل ٥-٧)، لصخور جيرية سابقة التكون (Garrison, 2003)،



الشكل ٦: التركيب الصخري لأرضيات الفترة الرومانية والبيزنطية، والتركيب الصخري لجدران المدينة الأثرية، علاوة على طبوغرافية أرض مدينة لبدة الأثرية.



رقم الموقع	مواقع الدراسة الحالية	رقم الموقع	مواقع الدراسة الحالية	رقم الموقع	مواقع الدراسة الحالية
2	Arch of Septimius Severus	14	The Curia	23	Arch of Trajan
3	The Palaestra	15	The Old Forum	24	The Chalcidicum
4	The Hadrianic Baths	16	The Old Basilica	25	The Theatre
5	The Nymphaeum	17	The Old Forum Church	26	The West Gate
6	A Church	18	Temple of Liber Pater	27	The Schola and Baths
7	The Colonnaded street	19	Temple of Roma and Augstus	29	Arch of Marcus Aurelius
8	The Severan Forum	20	The Byzantine Gate	30	Seaward Baths
9	The Severan Basilica	21	The Market	31	Hunting Baths
		22	Arch of Tiberius		

الشكل ٧: التركيب الصخري لأرضيات الأبنية الصخرية، أ؛ أرضيات الحجر الجيري الدولومايتي، ب؛ أرضيات الحجر الجيري، ج؛ أرضيات الكالكارينيت.

والتي من المحتمل أن تتمثل بصخور تكويني الخمس وسيدي الصيد (Minas,2003)، مكونة بعد تجمع نتاج تفتيتهما ما يعرف بالرمل الجيري (Calcarenite). تنتشر هذه الصخور ذات العمر الرباعي على طول الشريط الساحلي المحيط بمدينة لبدة، حيث تختلف في سمكها ودرجة تماسكها ومكوناتها الكيميائية من موقع لآخر (Minas et. al., (2007))، ونظراً لسهولة قطعها ولجماليتها التي تظهر بشكل تطبق وتصفح متقاطع (Cross stratification)، تم استخدامها على نطاق واسع في جدران مدينة لبدة الاثرية (الجدول ٢). حيث تعتبر هذه الصخور المكون الأساسي لجدران المباني الصخرية ومكاشفها في المدينة (الشكل ٦)، سواء كانت هذه المباني بيزنطية أو رومانية.

ومما تجدر الإشارة إليه، عند مقارنة عموم التركيب الصخري لأرضيات المدينة (الشكل ٧)، نجد تشابها واضحا مع أرضيات الفترة الرومانية (الشكل ٦)، وقد يعزى ذلك لسعة انتشار صخور الفترة الرومانية وطول فترة الحكم الروماني إذا ما قورن بالفترة البيزنطية.

المصادر المحتملة لصخور المدينة الحجر الجيري الدولومايتي

من خلال الزيارات الميدانية والحقلية المستفيضة لمكاشف صخور عضو عين طبي (تكوين سيدي الصيد)، تم مقارنة خصائص صخور الأبنية الصخرية المبينة في الجدول (١) مع خصائص صخور مكاشف عضو عين طبي في مكاشفه الواقعة قرب الميناء (الشكل ٨، شمال غرب الخمس) وقرب منطقة سيلين (الشكل ٨) ووادي قوقاس في منطقة الزوائد (الشكل ٨) ووادي هجم الحقن في مسلاته (الشكل ٨) ووادي الصياح (الشكل ٨)، حيث روعي تشابه هذه الخصائص التي بدورها ترجح احتمالية استخدام هذه المواقع كمصادر بناء للأبنية الصخرية في مدينة لبدة، والمواقع الأقرب للمدينة ربما كانت لها أولوية الاستخدام مقارنة بالمواقع المحتملة الأخرى والأبعد نسبيا.

الحجر الجيري

عبر مقارنة خصائص صخور الأبنية الحجرية الجيرية التركيب بمراعاة الجدول (١) ومقارنته مع نظيراتها المشاهدة في المكاشف الصخرية المحيطة بالمدينة، أمكن ترجيح واعتمادا على شيوع تراكيب الحجر الجيري في عضو رأس المنوبية لرأس الحمام والمتميز بشيوع بنى التطبق المتقاطع الحوضية (Trough cross bedding) والقبوبة (Hummocky cross bedding) وتلك الشبيهة بعظم السمك (Herring bone cross bedding)، علاوة على

الشكل ٨: مصادر صخور الحجر الجيري الدولومايتي المحتملة والمستخدمة كمواد بناء صخرية للجدران والأرضيات لمدينة لبدة، وتشمل ما يلي:١)سيلين؛ ٢)الزوايد؛ ٣)مسلاته؛ ٤) وادي الصياح.

الشكل ٩: مصادر صخور الحجر الجيري المحتملة لمدينة لبدة المجلوبة من منطقة رأس الحمام.

الشكل ١٠: مصادر صخور الحجر الجيري الرملي (الفتاتي) المحتملة لمدينة لبدة والمجلوبة من منطقتي النقازة وكروط والمنطقة الواقعة قرب الميناء.

متحجرات المحار Oyster والجلد شوكيات Echinoid وقطع الحيد المرجاني المنقولCoral reef المميزة لصخور عضو النقازة في وادي غنيمة ومنطقة رأس الحمام، تشير جميعها إلى جلبها من محجر كبير لصخور تكوين الخمس المكون لمجمل منطقة رأس الحمام

(الشكل ٩)، حيث عثر على العديد من الكتل المهيّأة للاستخدام ولكنها لم تنقل إلى لبدة، وربما جلبت أيضا من غنيمة.

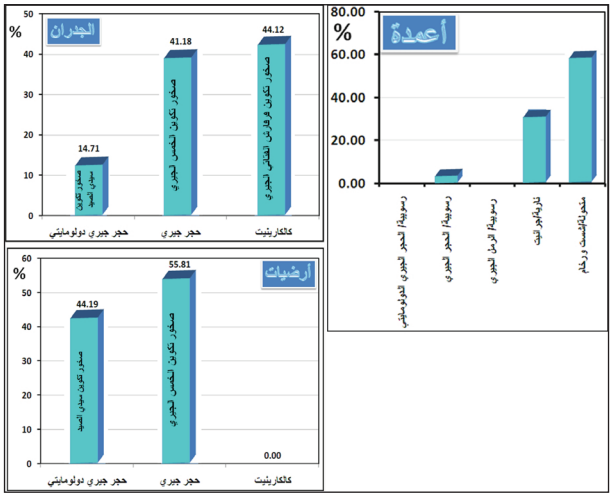
صخور الكالكارينيت

تشير الدراسة الحالية إلى أن مصادر صخور الرمل الجيري (Calcarenite) ربما تكون قد انتشرت على الشريط الساحلي المحيط بالمدينة، كون مكاشف هذه الصخور ذات طبيعة انتشار شاطئية، علاوة على ذلك فقد وجدت محاجر واضحة للعيان ومتعددة في مناطق النقازة وكروط وتلك الواقعة قرب الميناء (الشكل ١٠) قد تكون مصدرا لصخور المدينة، وتحديدا الجيرية الفتاتية.

توزيعات الكتل الصخرية

تشير إحصائيات نسب أنواع الكتل الصخرية المستخدمة في الأبنية الصخرية لمدينة لبدة (الجدول-١)، إلى أن أغلب الأرضيات تعود إلى صخور ذات تركيب صخري رسوبي جيري كيميائي غير فتاتي (الشكل ١١)، وذلك لمقاومتها وتوافرها في مكاشف الصخور المحيطة بالمدينة، على خلاف صخور الكالكارينيت الذي هو صخر رسوبي جيري كيميائي فتاتي، يسهل تفتته فيما لو استخدم في الأرضيات، وذلك لعدم قدرته على مقاومة الاحتكاك؛ ولهذا السبب، فقد تحدد استخدامه في الجدران (وبشكل نادر في الاعمدة) تجنبا للاحتكاك الناتج من السير عليه. أما في الأعمدة نلاحظ كثرة الاعتماد على الصخور المتحولة مقارنة بالنارية والرسوبية (الشكل ١١).

ولفهم طبيعة توزيع الكتل الصخرية في المدينة، استُخدم التحليل الإحصائي لمعامل ارتباط بيرسون والتحليل العنقودي الشجري (الجدول ٣)، نجد أن هناك العديد من علاقات الارتباط التي يمكن تقسيمها إلى علاقة ارتباط عكسية وعلاقة ارتباط طردية؛ أما العلاقات الضعيفة فسيتم إهمالها لعدم جدوى تفسيرها. ويمكن تلخيص العلاقات العكسية المستنبطة من الجدول (١) وفق معامل ارتباط بيرسون إلى ما يلي:

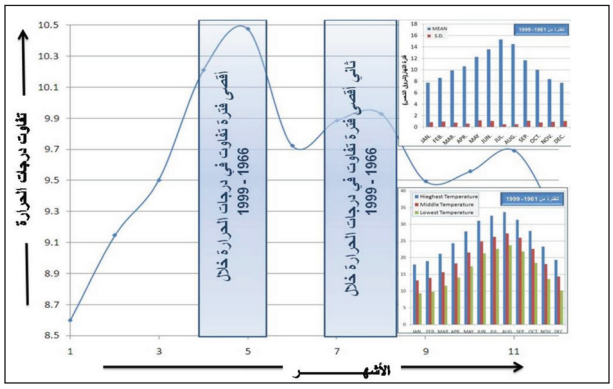


الشكل ١١: نسب الكتل الصخرية المستخدمة كمواد بناء صخرية لمدينة لبدة الأثرية، يلاحظ ارتفاع نسبة استخدام الصخور المتحولة في الأعمدة وانعدامها في الأرضيات والجدران، وينتشر استخدام صخور الكالكارينيت بشكل شائع في الجدران وينعدم في الأرضيات، أما الحجر الجيري فينتشر استخدامه في الأرضيات بشكل شائع.

معامل ارتباط بيرسون		الطبوغرافية	الارضيات		الجدران			عمر المبنى	الاعمدة		
			الدولومايت	حجر جيري	الدولومايت	حجر جيري	رمل جيري		الجرانيت	الرخام	الشست
الطبوغرافية		1.000	ضعيف	ضعيف	ضعيف	ضعيف	ضعيف	ضعيف	ضعيف	ضعيف	-0.632
الارضيات	الدولومايت		1.000	ضعيف	ضعيف	-0.410	ضعيف	ضعيف	0.579	ضعيف	ضعيف
	حجر جيري			1.000	ضعيف	ضعيف	ضعيف	ضعيف	-0.436	ضعيف	ضعيف
الجدران	الدولومايت				1.000	ضعيف	ضعيف	-0.633	ضعيف	-0.409	ضعيف
	حجر جيري					1.000	ضعيف	ضعيف	ضعيف	ضعيف	ضعيف
	رمل جيري						1.000	0.543	0.487	0.685	ضعيف
عمر المبنى								1.000	ضعيف	0.451	ضعيف
الاعمدة	الجرانيت								1.000	-0.685	ضعيف
	الرخام									1.000	ضعيف
	الشست										1.000

$$r = \frac{\sum (x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum (x-\bar{x})^2 \sum (y-\bar{y})^2}}$$

الجدول ٣: التحليل الإحصائي استنادا لمعامل ارتباط بيرسون، ما بين التركيب الصخري للأعمدة والجدران والأرضيات والطبوغرافية وعمر المباني الأثرية، وبسبب شيوع معدن الدولومايت في الحجر الجيري الدولومايتي لعضو عين طبي، الذي يمثل العضو الأسفل لتكوين سيدي الصيد، استخدم مصطلح الدولومايت عوضا عن الحجر الجيري الدولومايتي في الجدول.



الشكل ١٢: التفاوت الحراري الذي من شأنه الإسهام في تلف مواد البناء الصخرية ذات المسامية القليلة وبخاصة في شهري «٥»و «٨»، حيث تزداد درجات الحرارة وفترات شروق الشمس.

١. يزداد استخدام الحجر الجيري الدولومايتي في الأرضيات ويقابله انخفاض استخدامه في الجدران.
٢. مع ازدياد قدم المباني الأثرية نجد انخفاض استخدام الصخور الدولومايتية.
٣. كلما زاد استخدام صخور أعمدة الجرانيت انخفض استخدام الدولومايت في الأرضيات.
٤. كلما زاد استخدام صخور أعمدة الرخام انخفض استخدام الدولومايت وأعمدة الجرانيت.
٥. كلما انخفضت طبوغرافية أرض المدينة يزداد استخدام أعمدة الشست.

أما العلاقات الطردية فقد تمثلت بما يأتي:

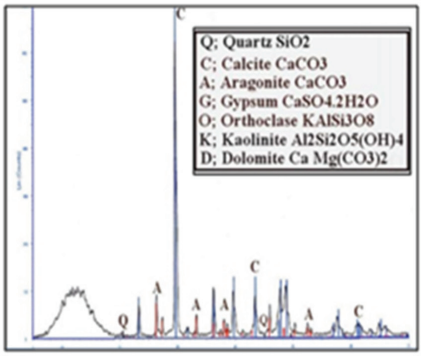
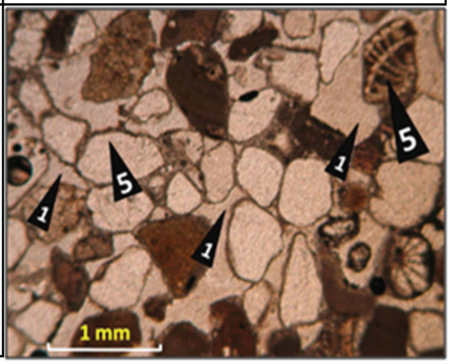
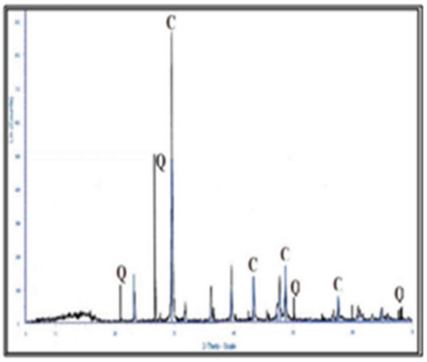
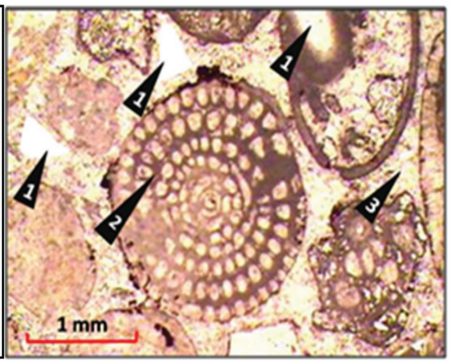
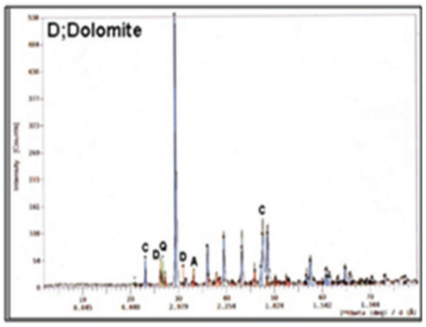
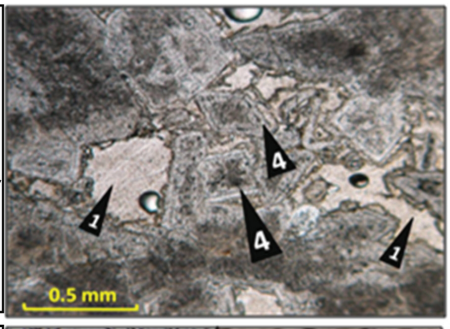
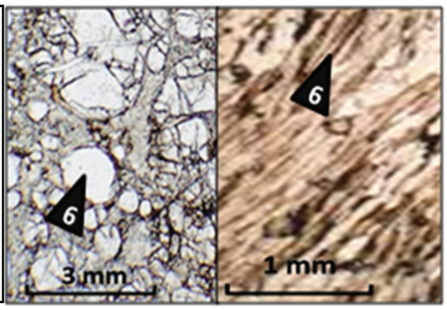
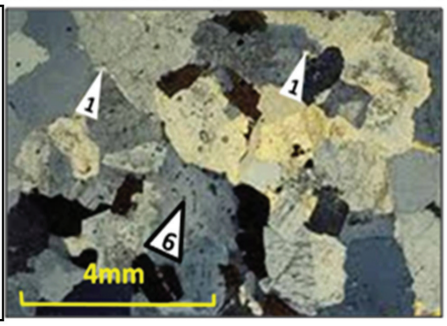
١. مع زيادة عمر المباني يلاحظ ازدياد استخدام صخور الرمل الجيري المتمثلة بصخور تكوين قرقارش في الجدران.
٢. مع زيادة استخدام أعمدة الجرانيت يزداد استخدام صخور الحجر الجيري الدولومايتي في الأرضيات والرمل الجيري في الجدران.
٣. مع زيادة استخدام أعمدة الرخام والشست في المدينة يزداد عمر المبنى (وهي علاقة ليست بالقوية) ويزداد كذلك استخدام صخور الرمل الجيري في الجدران.
٤. نوع الصخور ودورها في تقليل أثر الحرارة على المدينة.

تتعرض الأسطح الخارجية للمباني الصخرية (المختلفة التركيب الصخري) في مدينة لبدة الأثرية – على خلاف الأسطح الداخلية – إلى أشعة الشمس المباشرة، وحينئذ ستعمل الأسطح الخارجية، على امتصاص وتخزين طاقة حرارية عالية؛ ولهذا، ستكون طبيعة استجابة الأسطح الخارجية والداخلية للتفاوت الحراري مختلفة تمام الاختلاف فيما بينهما، وبما أن خطورة التفاوت الحراري ذو علاقة عكسية مع مسامية الصخور (شاهين (١٩٩٤)؛ عطية (٢٠٠٤)) من جهة، وسمة التفاوت الحراري واضحة في ليبيا(الشكل ١٢) من جهة أخرى.

باستخدام الشرائح الرقيقة ودراستها بتروغرافيا (شكل ١٣)، أمكن بوضوح التعرف على المسامية و الصفة الرملية الجيرية لتكوين قرقارش والذي يتميز بمادة لاحمة من نوع الـ(Pendant cement) الدالة على التحام ضعيف جدا بين الحبيبات الجيرية والكوارتزية. وأمكن التعرف على المسامية والصفة الجيرية وما تحتويه من متحجرات الـ Borelis meol المميزة لصخور تكوين الخمس المترسب في المايوسين الأوسط (الشكل ١٣). أما الصفة الدولومايتية التي قدرت مساميتها بـ١٠٪ فكانت مميزة لرواسب تكوين سيدي الصيد السينوماني (الشكل ١٣) المتميز بمتحجرات الرودست الكبيرة (٥ – ١، ٢)، إضافة لما سبق فقد تم تقدير معدل مسامية الصخور النارية والمتحولة (الشست والماربل) التي بلغت١٪ (الشكل ١٣).

ومما سبق، أصبح بالإمكان تشخيص مواطن الخطورة (Thomas and Turk(1989) Schmoker et. al., (1985)) طبقا لمعدلات مسامية الصخور بأنواعها التي أصبح من الضروري تشخيصها في صخور المدينة المستخدمة كمواد بناء، واعتمادا على أنواع الصخور المستخدمة ونسبها كما في الشكل (١٤) وما آلت اليه الدراسة البتروغرافية التحت المجهرية (الشكل ١٥) والجيوكيميائية باستخدام تحليلات الاشعة السينية الانكسارية (XRD) (الشكل ١٣) والحقلية (الشكل ٥) من نتائج، أصبح بالامكان تقدير المسامية السائدة على ضوء نوع الصخور الشائعة الاستخدام في المواقع المدروسة داخل مدينة لبدة الأثرية، والتي من خلالها يمكن تلخيص دراسة المسامية لمختلف أنواع الكتل الصخرية المستخدمة في المدينة كما في الجدول (٤). تزداد خطورة التلف بشكل عام كما بين شاهين (١٩٩٤) وعطية (٢٠٠٤) على الصخور غير المسامية مثل الصخور المتحولة الشائعة الاستخدام في أعمدة وتيجان وعوارض المدينة المزخرفة، في حين يقل تأثيرها في الأحجار الرملية والجيرية.

ومما سبق، تجد الدراسة أن معرفة التركيب الصخري يصبح دالة للمسامية، ولهذا السبب، فإن خطورة تلف الكتل المستخدمة في تشيد مباني المدينة الرسوبية الأصل يتوقع أن يكون في أدنى مستوياتـه، وذلك بسبب شيوعها كما هو واضح في الشكل (١٤)، وتميزها بمسامية أعلى بكثير (الشكل ١٥) من الصخور النارية والمتحولة ذات المسامية القليلة جداً (الجدول ٤).

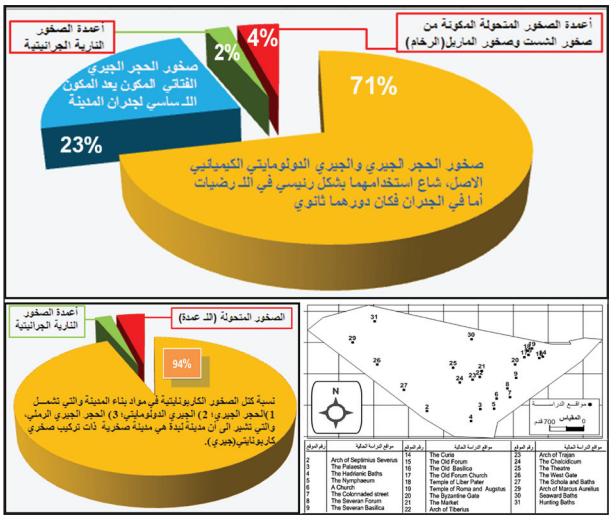
		تحليلات الاشعة السينية الوميضية	وصف الشريحة الصخرية	الشريحة الصخرية Thin section
صخور رسوبية فتاتية(رمل)	تكوين قرقارش		شريحة صخرية لجدران حمامات الصيد الموقع 31 (شكل(1))، ممثلة لصخور مجلوبة من صخور تكوين قرقارش الجبري الفتاتي (Calcarenite) المنكشف على ساحل البحر الابيض المتوسط، ويعتقد أنها تكونت جيولوجيا بفعل الرياح (Wind action) وأن معدل مساميتها 17%.	
صخور رسوبية كيميائية	تكوين الخمس		شريحة صخرية لجدران البوابة البيزنطية الموقع 20 (شكل(1))، ممثلة لصخور مجلوبة من مكاشف تكوين الخمس الجبري المتميز بالمتحجرات المجهرية Borelis melo، هذه الصخور شائعة الانتشار غرب وحول مدينة لبدة الاثرية. معدل المسامية فيها يصل الى 12%.	
	تكوين سيدي الصيد		شريحة صخرية لجدران البوابة البيزنطية الموقع 21 (شكل(1))، ممثلة لصخور مجلوبة من مكاشف صخور تكوين سيدي الصيد (عضو عين طبي الدولوميتي) المتميز ببلورات الدولوميت الكبيرة الحجم. معدل المسامية فيها يصل الى 10%	
صخور متحولة			شريحة لصخر متحول لاحد أعمدة المسرح الروماني الموقع 25 (جدول 2)، ممثلة لصخور النسث (النصف الايمن). أما النصف الايسر فهو صخر متحول من الرخام (الماربل) ممثلة لصخور أخذت من الكنيسة موقع 6(جدول 2)، يعتقد أن الصخور المتحولة مستوردة. معدل مساميتها 1%.	
صخور نارية			شريحة لصخر ناري من أحد أعمدة السوق الجرانيتية الممثلة للموقع 21 (جدول 2). معدل مساميتها 1%.	

الشكل ١٣: تحليلات الاشعة السينية الانكسارية (XRD) لعينات مختارة من المواقع الاثرية ٣١ و٢٠ و٢١ (الجدول ٢). كما يوضح الشكل بتروغرافية الشرائح الصخرية للمواقع ٣١ و٢٠ و٢١ و٢٥؛ وفيها يمثل١) المسامية، ٢) متحجر الـ Borelis Melo الدال على صخور تكوين الخمس الجيري العائد للمايوسين الأوسط، ٣) الأرضية الكلسية، ٤)بلورات الدولومايت، ٥) الحبيبات، ٦) بلورات الصخور النارية والمتحولة.

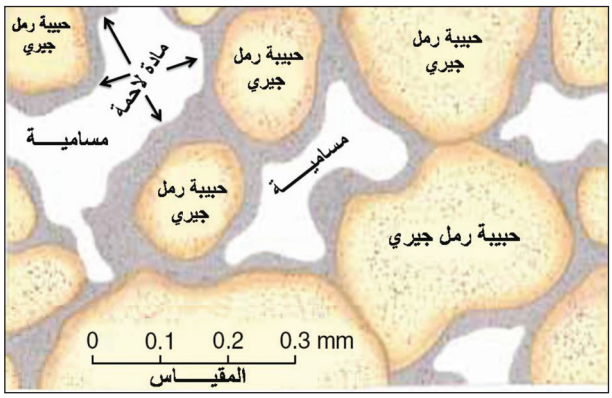
نوع الصخور	الأصل	التركيب الصخري	معدل المسامية	خطورة عامل التلف
كاربونايتية (رسوبية)	فتاتية	حجر جيري فتاتي	%17	في حدوده الدنيا
	كيميائي	حجر جيري	%12	
		حجر جيري دولومايتي	%10	
متحولة		الشست والرخام	%1	أشد خطورة
نارية		الجرانيت	%1	

الجدول ٤: علاقة معدلات مسامية الصخور بخطورة عامل التلف تحت وطأة التفاوت في درجات الحرارة.

ربما التفت الرومان والبيزنطيون إلى هذه السمة التي تدخل أحيانا في تحديد أسلوب وطريقة الإنشاء والزخرفة؛ فاعتمادهم الكبير على الصخور الجيرية، كمكون أساسي للجدران ومن ثم الأرضيات، قد يعكس محاولتهم لتقليل أثر



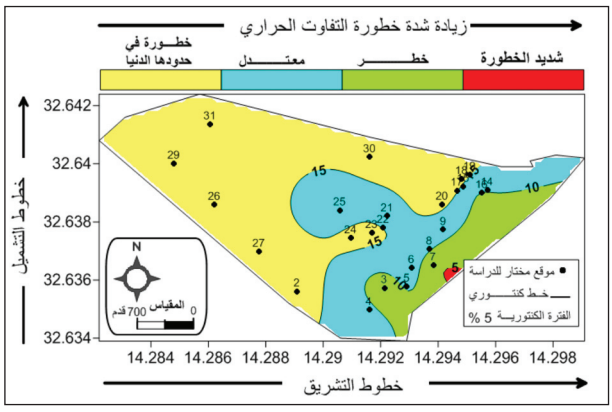
الشكل ١٤: نسب كتل الصخور المستخدمة بأنواعها المشخصة؛ والتي تتضمن الصخور الكاربونايتية (الحجر الجيري والدولومايتي) والنارية والمتحولة.



الشكل ١٥: المسامية العالية لصخور الحجر الجيري الفتاتي، والتي من شأنها خفض خطورة التلف إلى أدنى مستوى له.

الظروف المناخية والبيئية الفاعلة في المنطقة.

حيث أظهرت الزيارات الميدانية للمدينة، أن معظم جدرانها قد بنيت بسمك يقارب النصف متر، وقد يكون ذلك لحماية الفراغات الداخلية للمباني الصخرية من حر الصيف، وقد يدعم هذا التفسير ما ذهب إليه وزيري (٢٠٠٤)، الذي بيّن أن أي حجر جيري يتميز بسعة حرارية كبيرة، وذلك بسبب كثافته العالية (١٩٢٠كجم/م٣)، والذي يستخدم عادة بسمك نصف متر، سيجعل زمن نفاذ الحرارة من خلاله تصل إلى ١٥ ساعة؛ ما يعني أن الحرارة الخارجية قد تحتاج النهار بطوله وربما أكثر، كي تتمكن من النفاذ إلى الداخل. ولهذا ترجح الدراسة الحالية انخفاض درجة الحرارة الداخلية للأبنية الصخرية الرسوبية في المدينة، بسبب سمكها ولونها الفاتح العاكس للإشعاع الشمسي ومسامية صخورها الرسوبية العالية التي تزداد غرب منطقة الدراسة وبالتالي تجعل خطورة التفاوت الحراري في حدوده الدنيا (الشكل ١٦)، في حين نجد الانخفاض الملحوظ في المسامية يظهر شرق المدينة،



الشكل ١٦: توزيعات خطورة التفاوت الحراري في مدينة لبدة الأثرية، والمتناسب بدوره عكسيا مع مسامية صخور المدينة، التي غالب تكوينها الصخري الرسوبي ذي المسامية العالية، متموضع غرب منطقة الدراسة، والعكس نجده شرقها.

الأمر الذي انعكس سلبا، عبر زيادة شدة خطورة التفاوت الحراري، بسبب شيوع استخدام صخور قليلة المسامية كالصخور المتحولة والنارية (الشكل ١٦).

وبشكل عام تزداد خطورة التفاوت الحراري على الصخور المتحولة والنارية في المدينة خلال شهري «٥» و «٨»، إذ تزداد درجات الحرارة وفترات شروق الشمس فيها، ومن ثم تكوّن تفاوت كبير بين درجات الحرارة الصغرى والعظمى (الشكل ١٢).

الاستنتاجات

تعد مدينة لبدة الأثرية، والتي درست ترسيبيا وأحفوريا وجيوكيميائيا وبتروغرافيا، مدينة زاخرة بأبنية صخرية، يتنوع تركيبها ما بين الرسوبي الكيميائي والرسوبي غير الكيميائي والناري والمتحول، وقد أقتصر استخدام الأخيرتين على الأعمدة فقط. يعتقد أن مصدر صخور الحجر الجيري ($CaCO_3$) الشائعة الاستخدام بكثرة في الأرضيات (٥٥,٨١٪) وبشكل معتدل في الجدران (٤١,١٨٪) من صخور تكوين الخمس المنكشفة في مناطق رأس الحمام والنقازة وغنيمة، وهذا ما دلّت عليه البنى الرسوبية الشبيهة بعظم السمك والتطبق المتقاطع القبوي والحوضي، والمحتمل تمييزه لصخور رأس المنوبية في منطقة رأس الحمام، إضافة إلى المحتوى الأحفوري من المتحجرات المتمثل بالمحارOyster وقطع الحيود المرجانية المتوقع جلبها من وادي غنيمة والنقازة، حيث انتشار صخور عضو النقازة .

ومن الصخور الكيميائية الرسوبية المستخدمة في الأرضيات باعتدال (بنسبة ٤٤,١٩٪) وفي الجدران بشكل قليل (بنسبة ١٤,٧١٪) صخور الحجر الجيري الدولومايتي ($CaMg(CO_3)_2$) الخالي من تراكيب محاليل الضغط (Stylolite)، الذي يحتمل أن تكون مصادره مكاشف صخور تكوين سيدي الصيد في منطقة الميناء وسيلين وقوقاس ومسلاته، المكاشف الثلاثة الأخيرة تتميز باحتوائها على متحجرات الرودست الدالة على صخور تكوين سيدي الصيد الجيري الدولومايتي وتحديدا في جزئه المسمى عضو عين طبي، والذي بدوره يعد المصدر الرئيسي لها.

أما الصخور الرسوبية غير الكيميائية (الفتاتية) والمتمثلة بالكالكارينيت الشائعة الاستخدام في الجدران (بنسبة ٤٤,١٢٪) يحتمل أن تكون مصادرها مكاشف صخور تكوين قرقارش الرباعي الشاطئية الانتشار، وتحديدا من منطقتي النقازة وكروط، لكون صخورهما يتصفان بالتصفح المتقاطع الحافي، الحامل لمتحجرات (احفوريات) خيشوميات القدم وثنائيات الصدفة.

ومما تجدر الإشارة إليه، أن المباني كلما ازداد قدمها زاد فيها استخدام صخور الكالكارينيت وقلّ فيها استخدام الحجر الجيري الدولومايتي، وكلما انخفضت طبوغرافية الأرض نلاحظ شيوع استخدام أعمدة الشست في مدينة لبدة.

أظهرت دراسة توزيعات أنواع الصخور أهمية بالغة في تقييم وتقدير خطورة التفاوت الحراري المرتبط عكسيا مع المسامية، فكلما توجهنا غرب مدينة لبدة الأثرية تزداد المسامية، الأمر الذي يدل على استخدام الحجر الجيري الكاربونايتي عموما والحجر الجيري الفتاتي، والذي بدوره سينعكس إيجابا عبر انخفاض خطورة التفاوت الحراري إلى أدنى مستوى له، والعكس نجده في شرق المدينة.

د. هيثم عبدالأمير ميناس: جامعة ذي قار/ كلية العلوم/ قسم علوم الحياة/ جمهورية العراق.
أ. مصطفى علي نامو: جامعة مصراته/كلية العلوم/قسم الآثـــار/ليبيا.
د. محمود عبدالعزيز النمس: مصلحة الآثـــار/مراقبة آثار لبدة/ليبيا.

المراجع:

أولاً: المراجع العربية»

باقر، طه ١٩٧٣؛ **لبـــدة الكبرى**، الدار الوطنيـــة.

تيريل ١٩٢٦؛ مبادئ علم الصخور، ترجمة محمد كمال الدين وآخرون،المركز الوطني للإعلام والتوثيق، جامعة القاهرة.

شاهين، عبدالمعز ١٩٩٤؛ **ترميم وصيانة المباني الأثرية والتاريخية**، مطابع المجلس الأعلى للآثار، مصر.

مشرف، محمد عبدالغني ١٩٨٢؛ **أسس علم الرسوبيات**، مطبعة جامعة الملك سعود، الرياض.

هاينز، د. ي ١٩٦٥؛ **دليل تاريخ وآثار منطقـــة طرابلس**، دار الفرجاني، الطبعة الثالثـة.

وزيري، يحيى ٢٠٠٤، **العمارة الإسلامية والبيئة**، سلسلة عالم المعرفة (٣٠٤)، مطابع السياسة، الكويت.

ثانياً: المراجع غير العربية

Davis, J.C. 2002. **Statistics and Data Analysis in Geology**, 3rd ed., New York John Wiley and Sons, Inc.).

Demicco, R.V., Hardie, L. A. 1994. **Sedimentary structures and early diagenetic features of shallow marine carbonate deposits**. SEPM Atlas Series.

El-Bakai,M.T.1997.**Petrography and paleoenvironment of the Sidi as Sid Formation in Northwest Libya**. Pet. Res. J. Tripoli, PRC) 9, pp. 9–26.

El-Gohary, M.A and Al- Shorman, A.A. 2010. "The impact of the climatic conditions on the decaying of Jordanian basalt: Exfoliation as a major deterioration symptom", **International Mediterranean Archaeology and Archaeometry**, Vol. 10, No. 1, pp.34-47.

Finley, M.I. 1977. **Atlas of classical archaeology**, London: Chatto and Windus.

Flügel E.,2004.**Microfacies of carbonate rocks. Analysis, interpretation and application**. Springer-Verlag.

Garrison, E. G., 2003. **Techniques in Arachaeological Geology**, Springer.

Gibson, A., Woods, A. 1990. **Prehistoric pottery for the archaeologist**. Leicester Leicester Univ. Press.

Herz, N. 1987. "Carbon and oxygen isotopic ratios: a data base for classical Greek and Roman marble", **Archaeometry**, Vol. 29, 35-43.

Herz, N., Waelkens, M. eds., 1988. "Classical marble: Geochemistry, Technology, Trade. -NATO Advanced Science Institute Series, E, Applied Sciences,Vol. 153, Dordrecht.

Herz, N.. Garrison. E.G. 1998. **Geological methods for archaeology**. New York Oxford University Press).

Mann and Karel 1975. **Al Khums Formation. Sheet Al Khums NI 33-14. Explanatory Booklet**. Ind. Res. Cent., Tripoli.

Minas, H. A., 2003. Palaeoenvironmental Reconstruction of The Gargaresh Formation, NW Libya, **The geology of northwest Libya sedimentary basins of Libya**, Vol. II, pp.39-49.

Minas A. Haithem, El-Bakush H. Sadeg 2007. "Shoreline outcrops comparison of Gargaresh Formation with Quaternary calcarenite rocks of Cyrenaica, Northern libya", **The fifth international conference on the geology of Africa** vol.1), p-p. vi-71 – vi- 85) Assiut – Egypt.

Orton, C.; Tyers, P.; Vince, A.; 1993. **Pottery in archaeology. -Cambridge Manuals inkchaeology**, CambridgeUniversity Press)

Pollard, A.M. ed., 1999. Geoarchaeology; exploration, environments, resources. **Geological Society of London**, Special Publication, Vol. 165, 180 pp.

Rapp G. Jr. and Hill Cl., 1988. **Geoarchaeology**, Yale University press, new haven.

Rapp, G., Jr., Gifford, J.A. 1985. "A selective bibliography of archaeological geology". In: Rapp, G., Jr., Gifford, J.A. (eds.). **Archaeological geology**. New HavenYale University Press.

Riederer, J. 1987. **Archaologie und Chemie. Einblicke in die Vergangenheit**. - Berlin Rathgen-Forschunpslabor).

Salem, M. J. and Spreng, A.C., 1980. "Middle Miocene stratigraphy, Alkhums area, Northwestern Libya". In: Salem M. J. and Buserwill M. T. (eds.) **Second symposium on the geology of Libya**, Academic press, pp.98-116.

Schmoker J.W, Krystinic K.B, Halley RB 1985. "Selected characteristics of limestone and dolomite reservoirs in the United States". **AAPG Bull** 69, 5: 733-741.

Thomas and Turk J., 1989. **Introduction to Physical Geology**, Springer.

Waekens, M., Herz, N., Moens, L. eds., 1992. **Ancient stones: trade and provenance. Interdisciplinary studies on stones and stone technology in Europe and Near East from the Prehistoric to Early Christian period**. -Acta Archaeologica Lovaniensia, Monographiae.

Walsh, J. ed., 1990. Marble. **Art historical and scientific perspectives on Ancient sculpture**. Malibu, Ca. John Getty Museum.