مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (40) العدد (3) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (40) No. (3) 2018

# الخواص البتروفيزيائية لصخور الكريتاسي الأعلى في رقعة القرداحة

**الدكتورة أحلام إبراهيم***

**(تاريخ الإيداع 25 / 3 / 2018. قُبِل للنشر في 8 / 5 /2018)**

## □ ملخّص □

أجريت هذه الدراسة لتقييم صخور الحجر الكلسي لرقعة القرداحة، مقطع جوبة برغال وإمكانية استخدامها في البناء. شملت الدراسة 10 مواقع على طول 4 كم من المقطع المختار، وتتضمن دراسة نظرية وأعمالاً حقلية ومخبرية تجريبية وتحليلية.

أخذت عينات من منطقة الدراسة وأجريت عليها الاختبارات لمعرفة الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للصخور الأم وبالتالي لتحديد صلاحيتها للاستخدام في أعمال البناء.

بينت الدراسات البتروفيزيائية أنّ النماذج المدروسة العائدة لمارل صلنفة الأول ومارل باب عبد الله الأول، وجدار باب عبد الله الأول وجدار باب عبد الله الثاني والكونياسي سانتوني جيدة لأعمال البناء المختلفة (كأحجار كسوة للجدران الداخلية والخارجية أو كأحجار كسوة للأرضيات والأدراج أو لأعمال الزخرفة والديكور)، كونها ذات كثافة عالية وامتصاص ماء ضعيف ومسامية منخفضة ومقاومة عالية وفق المواصفات القياسية السورية والمواصفات القياسية الأمريكية. تعتبر صخور مارل صلنفة الثاني، مارل باب عبد الله الثاني، التوروني متوسطة الجودة لأعمال البناء. أمّا صخور جداري صلنفة الأول والثاني فهي ذات كثافة منخفضة وامتصاص ماء عالي يفضل استخدامها في أنواع البيتون منخفض الجودة وفي الطرق وأعمال الرصف.

تحقق صخور مارل باب عبد الله الأول شروط استخدامها كأحجار رخامية وفق المواصفات القياسية السورية والمواصفات القياسية الأمريكية.

بينت الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية على العينات أنّ صخور مارل صلنفة الأول، مارل باب عبد الله الأول، جدار باب عبد الله الأول وجدار باب عبد الله الثاني، والكونياسي سانتوني صالحة لاستخدامها كحصويات في البيتون الجيد. أمّا صخور جدار صلنفة الأول، مارل صلنفة الثاني وجدار صلنفة الثاني فإنها صالحة لاستخدامها كحصويات في البيتون العادي.

**الكلمات المفتاحية:** الخواص الفيزيائية، الكريتاسي الأعلى، رقعة القرداحة.

* **مدرّسة– قسم الجيولوجيا– كلية العلوم– جامعة تشرين– سورية.**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (40) العدد (3) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (40) No. (3) 2018

# Petrophysical characteristics of upper cretaceous rocks of Al-Querdaha sheet

**Dr. Ahlam Ibrahem***

**(Received 25 / 3 / 2018. Accepted 8 / 5 /2018)**

## □ ABSTRACT □

An evaluation of the limestone rocks in Al-Querdaha sheet, Aljawbeh section, as building materials was done in this research 10 stations along 4 km from the selected section. The research included a theoretical study and field, experimental and analytical laboratory works. and office works.

Tests were carried out on samples to determine physical and mechanical properties and thus to determine their validity for various construction purposes.

Petrophysical tests showed that studied models of first marl of Slenfeh, first marl of Bab Abdullah, first wall of Bab Abdullah, second wall of Bab Abdullah and Santonian-Coniacian are good for construction works according to Syrian and American standards catalogues (Suitable for floors and drawers covering, for internal and external wall covering and for decoration works), because they have high density, low water absorption, low porosity and high resistance according to Syrian and American Standard Specifications. The Rocks of second marl of Slenfeh, second marl of Bab Abdullah and Turonian are of medium importance. Rocks of first and second walls of Slenfeh are of low density and high water absorption, preferably used in low-grade concrete in roads and pavements.

Samples of first marl of Bab- Abdullah are acceptable to use as marble rocks, according to Syrian and American Standard Specifications.

Samples of first marl of Slenfeh, first marl of Bab- Abdullah, first and second walls of Bab- Abdullah, and Santonian-Coniacian are good to be used as gravel for good beton according to Abrasion and Corrosion Tests, while rocks of first wall of Slenfeh, second marl of Slenfeh, second wall of Slenfeh, are good for normal beton.

**Keywords**: Physical properties, Upper Cretaceous, Al-Querdaha sheet.

* **Assistant Professor, Department Of Geology, Faculty of Science, Tishreen University, Syria.**

## مقدمة:

تغطي رسوبيات الكريتاسي حوالي 10 % من مساحة أراضي القطر العربي السوري، وتتكشف بشكل عام في غرب سوريا ووسطها [1]، بينما تشغل هذه الرواسب حوالي 52 % من مساحة السلسلة الساحلية، وتقدّر سماكتها بـ 1300م، وهي مكونة من حجر كلسي، دولوميت ومارل، تتكشف ابتداءً من الأبتي حتى الماستريختي [2].

قسمت رسوبيات الكريتاسي الأعلى المتكشفة في السلسلة الساحلية إلى التشكيلات الليثوستراتغرافية الآتية:

| | |
|---|---|
| السينوماني الأدنى – الأوسط | تشكيلة صلنفة |
| السينوماني الأوسط – الأعلى | تشكيلة باب عبد الله |
| التوروني | تشكيلة عرامو |
| الكونياسي – السانتوني – الكامباني | تشكيلة الثورة |
| الماستريختي | تشكيلة استربة |

تشير هذه الأسماء إلى القرى الواقعة في المناطق المحيطة بصلنفة شمال شرق القرداحة [3]. تتكشف في هذه التشكيلات صخور كلسية، مارلية ودولوميتية.

## أهمية البحث وأهدافه:

رغم الدراسات العديدة التي أجريت في منطقة الدراسة، إلا أنّ الخواص البتروفيزيائية لصخور هذه المنطقة لم تحظ بدراسة وافية من قبل، لذلك تمّ اختيار عمود طبقي نموذجي ممثل لمنطقة الدراسة، وهو مقطع جوبة برغال، بهدف دراسة الخواص البتروفيزيائية لصخور الكريتاسي الأعلى.

تتجلى أهمية البحث في تحديد الخواص البتروفيزيائية لهذه الصخور وبالتالي تحديد مدى إمكانية الاستفادة الاقتصادية منها في التطبيقات المختلفة كأحجار بناء أو إكساء أو زينة أو غيرها.....

يهدف البحث إلى:

1. اختيار مقطع نموذجي من منطقة الدراسة، ثمّ اعتيان عينات مناسبة للدراسة البتروفيزيائية من الصخور الكربوناتية المتواجدة.
2. دراسة الخواص البتروفيزيائية لهذه الصخور.
3. تحديد مدى إمكانية استثمار هذه الصخور في أغراض البناء المتعددة.

## منطقة الدراسة:

تبعد منطقة القرداحة 30 كم جنوب شرق مدينة اللاذقية. تغطي خارطة الرقعة مساحة 625 كم$^2$ تقريباً وتمتد بين الإحداثيات [4] (الشكل 1):

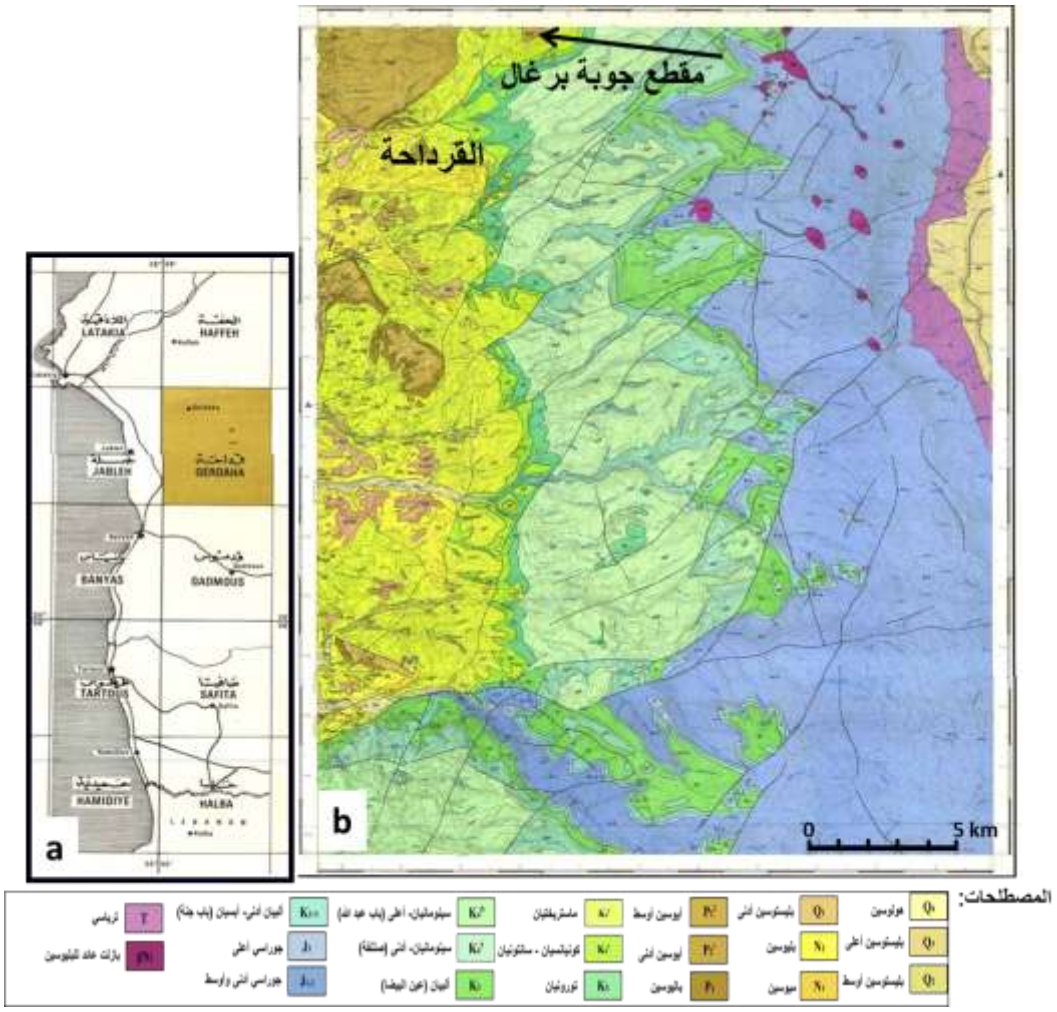
N: 36° 00′ 00″ – 36° 15′ 00″

E: 35° 15′ 00″ – 35° 30′ 00″

يعد مقطع جوبة برغال (رقعة القرداحة) المقطع المرجعي، حيث تتكشف الأعمار الجيولوجية كافة على طول 4كم وبسماكات أعظمية. يقع هذا المقطع على بعد 12 كم شمال شرق مدينة القرداحة، ويبدأ عند الإحداثيات التالية:

E. 36° 09′ 15″ N. 35° 29′ 20″

حيث تميل طبقاته المتجهة شمال غرب بزاوية تتراوح بين 13° – 25°. تتكشف الصخور العائدة للتشكيلات الكريتاسية بسماكة 573 م.




**(الشكل 1): a– موقع منطقة الدراسة ضمن السلسلة الساحلية،**

**b– عن الخارطة الجيولوجية لرقعة القرداحة بمقياس 1/50000 مع موقع مقطع جوبة برغال المدروس [4]**

## طرائق البحث ومواده:

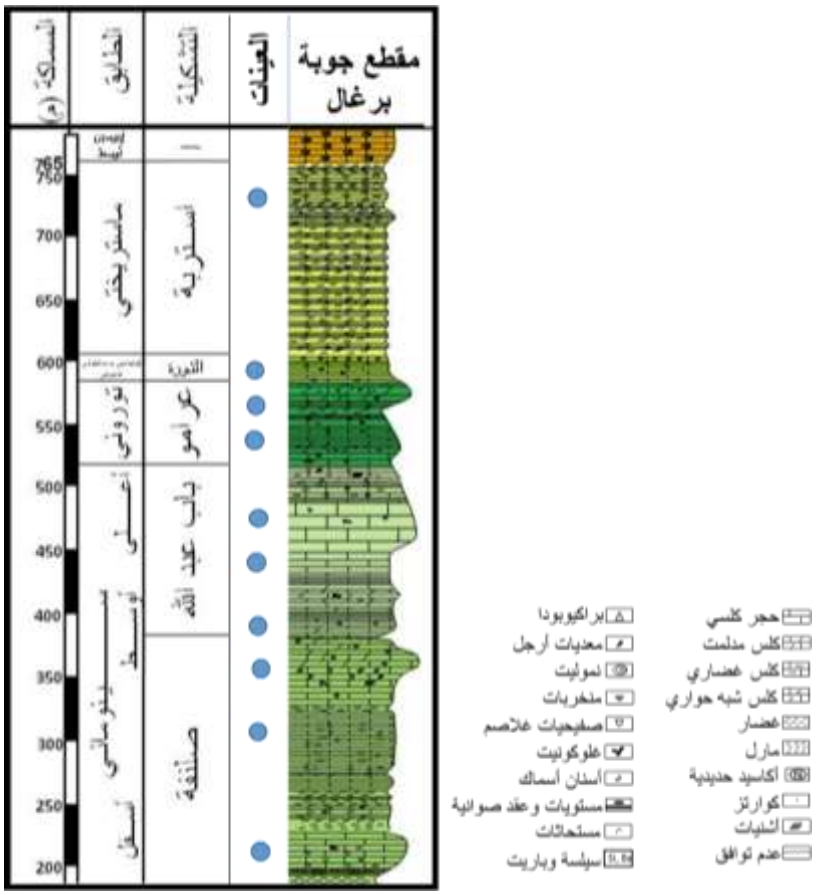
أجريت الدراسة على مرحلتين أساسيتين:

1–**مرحلة الأعمال الحقلية:** تضمنت القيام بجولات حقلية لأخذ العينات الصخرية من المقطع المدروس. اختيرت 12 عينة عائدة لتشكيلات الكريتاسي الأعلى الآتية (الشكل 2):

**تشكيلة صلنفة:**

أ– مارل صلنفة الثاني: ثخانته 94 م، ويتألف من تناوبات كلسية وكلسية غضارية ومارلية غنية بالمنخربات، مع تناوبات ديسمترية من حجر كلسي أبيض شبه حواري.

ب–جدار صلنفة الثاني: ثخانته 57 م، ويتألف من كلس غضاري، يعلوها خمس متواليات رسوبية لتنتهي بجدار كلسي مدلمت.




**(الشكل 2): التقسيمات الجيولوجية لمقطع جوبة برغال (JB) المرجعي مع موقع العينات المدروسة.**

**تشكيلة باب عبد الله:**

أ– مارل باب عبد الله الأول: ثخانته 25 م، ويتألف من كلس غضاري تعلوه تناوبات ديسمترية من حجر كلسي عضوي مدلمت قليلاً.

ب–جدار باب عبد الله الأول: ثخانته 18 م، وهو مكون من صخور كلسية سميكة التطبق إلى كتلية من حجر كلسي مدلمت.

ت–مارل باب عبد الله الثاني: ثخانته 25 م، وهو عبارة عن تناوبات سنتمترية إلى ديسمترية من حجر كلسي عضوي قليل الغضار.

ث–جدار باب عبد الله الثاني: ثخانته 65 م، وهو عبارة عن حجر كلسي مدلمت قليلاً.

**تشكيلة عرامو:**

أ– الجزء الطري من التشكيلة: ثخانته 52 م، ويتألف من تناوبات مترية التطبق من كلس عضوي، يعلوها جدار مؤلف من تناوبات مترية من حجر كلسي مدلمت، لتنتهي بحجر كلسي عضوي يعلوها تناوبات سنتمترية من المارل.

ب–قمة تشكيلة عرامو ثخانته 15 م، وتتألف من حجر كلسي عضوي مدلمت.

**تشكيلة الثورة:**

تبلغ ثخانتها 21 م، وتتألف قاعدتها من مستويات ديسمترية من حجر كلسي مدلمت، يعلوها حجر كلسي غضاري شبه حواري، يعلوها تناوبات من صخور كلسية فوسفاتية غلوكونيتية.

**تشكيلة استربة:**

تصل ثخانتها إلى 156 م، وتتألف من تناوبات مارلية وكلسية غضارية شبه حوارية.

**2- مرحلة الدراسة البتروفيزيائية للصخور Petrophysical study of rocks:** أجريت الاختبارات في مخابر كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين على عشر عينات نموذجية ممثّلة للتشكيلات سابقة الذكر والعائدة للكريتاسي الأعلى في المقطع المدروس، وهي بحالة طازجة وخالية ظاهرياً من آثار الفساد، لتحديد خواصها الفيزيائية والميكانيكية وفق الطرائق المعتمدة عالمياً [5] (الشكل 3).

**(الشكل 3): العينات المجهزة للدراسة الجيوتكنيكية في مخبر تجريب المواد – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين.**

تعطي هذه الدراسة صورة شاملة ووصف متكامل لنوعية تلك الصخور ومدى صلاحيتها لأغراض البناء المختلفة وتشمل:

**-دراسة الخصائص الفيزيائية (Physical properties study):**

تكتسب الخواص الفيزيائية أهمية كبيرة في تقييم الصخور، فهي تعطي صورة شاملة ووصف متكامل لنوعية الصخور ومدى صلاحيتها لأغراض البناء المختلفة، وتشمل الكثافة الكلية ونسبة الامتصاص والمسامية. تتأثر مقاومة الصخور الكربوناتية المستعملة في البناء بعدد من العوامل الداخلية والخارجية. تتمثل العوامل الداخلية بتركيب الصخر من الناحية الفلزية والتبلور والنسيج، فضلاً عن المسامية ونوعية المستحاثات فيها [6].

بناءً على ما تقدّم تجب دراسة أهم الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للصخور الكربوناتية المتكشفة في منطقة الدراسة والممثلة لكافة الوحدات الليثوستراتغرافية المتكشفة، وربطها بالخصائص البترولوجية. تمكن دراسة هذه الخواص من تحديد كثافة الصخر، مساميته، امتصاص الماء.....الخ

**-دراسة الخصائص الميكانيكية (Mechanical properties):**

يتطلب استخدام الصخور في الأغراض المدنية والصناعية وغيرها معرفة خواصها الميكانيكية لتحديد سلوكها واستثمارها بالشكل الأمثل. تشمل الدراسة الخواص الميكانيكية: مقاومة الضغط الكلي، مقاومة الشدّ بالانعطاف، التمزق ومقاومة الاهتراء والتآكل.

## النتائج والمناقشة:

1- **الخصائص الفيزيائية (Physical Properties):**

يتم الحصول عليها من خلال المواصفات الخاصة بالصخور وأهمها المواصفات القياسية السورية SNS والمواصفات الأمريكية ASTM.

**1-1- تجربة امتصاص الماء Water Absorption:**

يعرف امتصاص الماء أنه قابلية الصخر على جذب الماء إلى مساماته وحول سطح الحبيبات. تتغير قابلية الامتصاص في الصخر بتغير العوامل المؤثرة في المسامية. يعد محتوى الرطوبة من أهم العوامل التي تؤثر في سلوك المواد الصخرية [7].

أجريت تجربة امتصاص الماء على العينات الصخرية وفق المواصفة القياسية السورية م.ق.س. رقم 1393 [8] (الشكل 4). تم حساب نسبة الامتصاص لكل نموذج كالآتي:

الامتصاص كنسبة وزنية مئوية =

$$\frac{\text{وزن العينة مشبعة بالماء} - \text{وزن العينة الجافة}}{\text{وزن العينة الجافة}} \times 100،$$

فأعطت النتائج المبينة في الجدول (1).

**(الشكل 4): عينات اختباري الكثافة والامتصاص في فرن التجفيف.**

تصنف المواصفة القياسية السورية رقم 2210 [9] الصخور تبعاً لنسبة الرطوبة إلى ثلاثة أصناف:

– كثافة منخفضة ونسبة امتصاص ماء % (12 - 7.5) – كثافة متوسطة ونسبة امتصاص ماء % (7.5 -3)

– كثافة عالية وامتصاص ماء أقل من % 3.

تصنف المواصفة الأمريكية (ASTM–C97) [10]، الصخور تبعاً لنسبة الرطوبة إلى ثلاثة أصناف، وهي الصنف الأول (First Class) ذو امتصاص الماء المنخفض، لا يتجاوز فيه امتصاص الماء 3%، الصنف الثاني (Second Class) نسبة امتصاص الماء فيه %(4.3 – 3)، أما الصنف الثالث (Third Class) فكثافته عالية وامتصاصه للماء %(7.5 - 4.3).

تم حساب قيمة امتصاص الماء للصخور المختارة من منطقة الدراسة كما هو موضح في الجدول (1).

**1-2- الكثافة (الوزن النوعي):**

تعرّف الكثافة بأنها الوزن مقسوماً على الحجم [6]، وهي متعلقة بالتركيب الفلزي، المسامية وكمية المائع في المسام أثناء القياس. أجري اختبار قياس الوزن النوعي وتم حسابه وفق العلاقة:

$$\text{الوزن النوعي} = \frac{\text{وزن العينة الجافة بالهواء}}{\text{وزن العينة المشبعة بالهواء} - \text{وزن العينة المشبعة بالماء}}$$ (الشكل 5)، فأعطى النتائج المبينة في الجدول (1).

تؤثر الكثافة على الخواص الميكانيكية للصخور حيث تزداد قيم هذه الخواص مع زيادة الكثافة، [11].

تصنّف الصخور وفق المواصفة القياسية السورية رقم 2210 عام 2000 [9] تبعاً للكثافة إلى ثلاثة أصناف وهي:

- صخور ذات كثافة منخفضة، تكون كثافتها بين $kg/m^3$(2160 – 1760)،
- صخور ذات كثافة متوسطة $kg/m^3$(2560 – 2160)
- صخور ذات كثافة عالية أكبر من $kg/m^3$(2560).

**(الشكل 5): الوزن الرطب في الماء لعينات اختباري الكثافة والامتصاص.**

**1-3- المسامية (Porosity):**

وهي النسبة المئوية لحجم الفجوات أو الفراغات (Pore volume) إلى الحجم الكلي للنموذج الصخري ويرمز لها (n) [6]، وتحسب من المعادلة التالية:

$$\%n = \frac{V_V}{V_t} \times 100$$

حيث أنّ: n : المسامية، Vv: حجم الفراغات، Vt: الحجم الكلي.

تعتمد المسامية على حجم وشكل حبيبات أو بلورات الفلزات المكونة للصخر وعلى درجة تدرجها (Grading) وعلى ترتيب هذه الحبيبات وطبيعة تراصها مع بعضها (Packing) فضلاً عن المادة الرابطة [12]. حسبت المسامية كنسبة مئوية وأعطت النتائج المبينة في الجدول (1).

تصنّف صخور الحجر الكلسي وفقاً لـ Al-Diney [13] تبعاً للمسامية إلى ثلاثة أصناف وهي:

الصنف الأول (I) صخور الحجر الكلسي ذات المسامية العالية % (20>)، الصنف الثاني (II) وهي صخور ذات مسامية متوسطة % (20 – 12) والصنف الثالث (III) وهي صخور كلسية ذات مسامية منخفضة % (12 - 4>) وهي المفضلة للاستخدام كمواد بناء.

**الجدول 1: يبين قيم الكثافة، الرطوبة والمسامية للعينات المدروسة.**

| العينة | التشكيلة | الليثولوجيا | الوزن المشبع في الهواء (g) | الوزن المشبع في الماء (g) | الحجم $cm^3$ | الوزن الجاف W (g) | الكثافة الرطبة $g/cm^3$ | الكثافة الجافة $g/cm^3$ | الماء الممتص (g) $\Delta W$ | امتصاص الماء $\frac{\Delta W}{W}$ *100% | المسامية % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-1 | مارل صلنفة1 | حجر كلسي قليل الغضار مدلمت جزئياً | 1693.18 | 1033 | 660.18 | 1658.96 | 2.56 | 2.51 | 34.22 | 2.1 | 5.2 |
| 2-1 | | | 1590.30 | 969 | 621.30 | 1553.30 | 2.56 | 2.50 | 37.00 | 2.4 | 5.6 |
| 3-1 | | | 1794.30 | 1059 | 735.30 | 1761.30 | 2.44 | 2.40 | 33.00 | 1.9 | 4.5 |
| 1-2 | جدار | حجر | 1519.19 | 845 | 674.19 | 1389.96 | 2.25 | 2.13 | 129.22 | 9.3 | 19.8 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19.8 | 9.5 | 128.84 | 2.07 | 2.27 | 1350.03 | 652.87 | 826 | 1478.87 | كلسي | صلنفة 1 | 2-2 |
| 20.3 | 9.7 | 129.00 | 2.10 | 2.30 | 1337.30 | 637.30 | 829 | 1466.30 | قاسي قليل الدلمتة | | 3-2 |
| 11.7 | 5.0 | 77.62 | 2.35 | 2.47 | 1554.68 | 661.30 | 971 | 1632.30 | حجر | مارل | 1-3 |
| 6.1 | 2.5 | 40.02 | 2.40 | 2.46 | 1575.97 | 657.00 | 959 | 1616.00 | كلسي قليل | صلنفة 2 | 2-3 |
| 17.4 | 8.1 | 107.70 | 2.15 | 2.32 | 1330.30 | 620.00 | 818 | 1438.00 | الغضار | | 3-3 |
| 19.1 | 9.0 | 119.00 | 2.12 | 2.31 | 1320.00 | 624.00 | 815 | 1439.00 | حجر | جدار | 1-4 |
| 15.4 | 7.2 | 104.78 | 2.13 | 2.28 | 1450.12 | 680.91 | 874 | 1554.91 | كلسي | صلنفة 2 | 2-4 |
| 18.6 | 8.9 | 127.10 | 2.10 | 2.29 | 1432.69 | 681.80 | 878 | 1559.80 | مدلمت قليلاً | | 3-4 |
| 2.1 | 0.8 | 14.38 | 2.62 | 2.64 | 1804.46 | 688.84 | 1130 | 1818.84 | كلس | مارل | 1-5 |
| 2.2 | 0.9 | 15.68 | 2.62 | 2.64 | 1849.56 | 707.24 | 1158 | 1865.24 | غضاري | باب عبد | 2-5 |
| 2.2 | 0.9 | 15.10 | 2.63 | 2.65 | 1776.90 | 675.00 | 1117 | 1792.00 | | الله 1 | 3-5 |
| 3.2 | 1.2 | 20.00 | 2.73 | 2.76 | 1689.00 | 619.00 | 1090 | 1709.00 | حجر | جدار | 1-6 |
| 3.1 | 1.2 | 19.82 | 2.56 | 2.59 | 1639.99 | 641.81 | 1018 | 1659.81 | كلسي | باب عبد | 2-6 |
| 2.3 | 0.9 | 15.24 | 2.56 | 2.58 | 1689.45 | 659.69 | 1045 | 1704.69 | مدلمت | الله 1 | 3-6 |
| 20.2 | 8.8 | 132.78 | 2.29 | 2.47 | 1505.91 | 702.69 | 936 | 1638.69 | كلس | مارل | 1-7 |
| 7.1 | 3.2 | 49.76 | 2.23 | 2.58 | 1570.14 | 656.90 | 963 | 1619.90 | غضاري | باب عبد | 2-7 |
| 17.2 | 6.4 | 102.00 | 2.71 | 2.89 | 1604.00 | 591.00 | 1115 | 1706.00 | | الله 2 | 3-7 |
| 7.6 | 3.2 | 50.02 | 2.41 | 2.49 | 1582.82 | 655.85 | 977 | 1632.85 | كلس | جدار | 1-8 |
| 6.3 | 2.6 | 41.70 | 2.39 | 2.46 | 1579.30 | 660.00 | 961 | 1621.00 | مدلمت | باب عبد | 2-8 |
| 5.4 | 2.4 | 34.58 | 2.49 | 2.55 | 1442.77 | 580.36 | 897 | 1477.36 | | الله 2 | 3-8 |
| 7.0 | 2.9 | 46.60 | 2.44 | 2.51 | 1621.89 | 664.49 | 1004 | 1668.49 | كلس | تورون | 1-9 |
| 17.4 | 8.2 | 100.06 | 2.13 | 2.31 | 1224.71 | 573.77 | 751 | 1324.77 | مدلمت | | 2-9 |
| 10.5 | 4.2 | 67.30 | 2.51 | 2.62 | 1611.00 | 641.30 | 1037 | 1678.20 | | | 3-9 |
| 0.4 | 0.2 | 2.52 | 2.66 | 2.67 | 1650.77 | 620.30 | 1033 | 1653.30 | كلس | كونياس | 10-1 |
| 0.5 | 0.2 | 2.82 | 2.67 | 2.67 | 1565.77 | 586.59 | 982 | 1568.59 | مدلمت | سانتون | 10-2 |
| 0.5 | 0.2 | 3.42 | 2.63 | 2.63 | 1809.77 | 689.20 | 1124 | 1813.20 | | | 10-3 |

**2- الخواص الميكانيكية Mechanical properties** وتتضمن:

**2-1- تجربة مقاومة الضغط Compressive Strength:** أجري الاختبار وفق المواصفة القياسية السورية 1396 لعام 1994 الخاصة باختبار مقاومة الضغط [14]، في الحالتين الرطبة والجافة (الشكل 6).

**(الشكل 6): a- غمر النماذج المكعبة في الماء مع وضع شبك يعزلها عن قاع الحوض المائي، b – قياس أبعاد النماذج المكعبة وأوزانها بعد تجفيفها بقطعة قماش مبللة، c – وضع النماذج المكعبة في مركز آلة الاختبار.**

جرى حساب مقاومة الضغط وفق الآتي: $\text{مقاومة الضغط} = \frac{\text{الحمل الكلي}}{\text{مساحة السطح}}$ فكانت النتائج كما هو مبين في الجدول (2).

**(الجدول 2): يبين قيم نتائج فحص مقاومة الضغط على العينات ذات الأبعاد $50 \times 50 \times 50$ mm .**

| العينة | التشكيلة | الليثولوجيا | مقاومة الضغط (MPa) في الحالة الرطبة | مقاومة الضغط (MPa) في الحالة الجافة |
|---|---|---|---|---|
| 1-1 | مارل صلنفة1 | حجر كلسي قليل الغضار مدلمت جزئياً | 84.0 | 122.5 |
| 2-1 | | | 57.8 | 101.0 |
| 3-1 | | | 102.0 | 122.5 |
| 1-2 | جدار صلنفة 1 | حجر كلسي قاسي قليل الدلمتة | 38.5 | 49.9 |
| 2-2 | | | 15.3 | 26.6 |
| 1-3 | مارل صلنفة 2 | حجر كلسي قليل الغضار | 44.9 | 33.2 |
| 2-3 | | | 30.6 | 133.3 |
| 3-3 | | | 48.4 | 33.3 |
| 1-4 | جدار صلنفة 2 | حجر كلسي مدلمت قليلاً | 26.5 | 38.5 |
| 2-4 | | | 49.0 | 50.0 |
| 3-4 | | | 57.5 | 42.3 |
| 1-5 | مارل باب عبد الله 1 | كلس غضاري | 89.8 | 145.8 |
| 2-5 | | | 69.4 | 104.0 |
| 3-5 | | | 86.0 | 146.9 |
| 1-6 | جدار باب عبد الله 1 | حجر كلسي مدلمت | 89.8 | 73.1 |
| 2-6 | | | 69.4 | 71.7 |
| 3-6 | | | 79.6 | 112.5 |
| 1-7 | مارل باب عبد الله 2 | كلس غضاري | 87.4 | 49.0 |
| 2-7 | | | 34.0 | 144.2 |
| 3-7 | | | 34.7 | 49.0 |
| 1-8 | جدار باب عبد الله 2 | كلس مدلمت | 48.0 | 114.8 |
| 2-8 | | | 67.6 | 73.5 |
| 3-8 | | | 61.0 | 75.0 |
| 1-9 | توروني | كلس مدلمت | 19.5 | 40.0 |
| 2-9 | | | 12.0 | 75.3 |
| 3-9 | | | 43.1 | 39.3 |
| 1-10 | كونياسي سانتوني | كلس مدلمت | 60.4 | 72.7 |
| 2-10 | | | 51.1 | 90.7 |
| 3-10 | | | 43.6 | 88.9 |

تقسم الصخور حسب مقاومتها للضغط وفق المواصفة القياسية السورية 2210 [11] والمواصفة الأمريكية (ASTM–C170) [15] إلى ثلاثة أصناف: صنف منخفض الكثافة وتتراوح مقاومته على الضغط MPa (12–28) ويمكن استخدامه فقط في أغراض البناء العادية – صنف ثانٍ متوسط الكثافة وتتراوح مقاومته على الضغط بين MPa (28 –55) وهو مقبول لأغراض البناء – صنف ثالث وهو ذو كثافة عالية ومقاومته على الضغط أكبر من MPa 55 وهو ذو جودة عالية لأعمال البناء.

**2–2– تجربة التمزق Modulus of Rupture**: أجري الاختبار وفق المواصفة القياسية السورية 1395 لعام 1993 الخاصة باختبار معامل التمزق [16] على عينات أبعادها: $60 \times 100 \times 210$ mm وذلك في الشروط الجافة والرطبة (الشكل 7).

**(الشكل 7): جهاز قياس معامل التمزق في مخبر تجريب المواد.**

تم حساب معامل التمزق لكل عينة بالعلاقة: $R = \frac{3Wl}{2bh^2}$ حيث أنّ:

R=: معامل قياس التمزق (MPa)، W: حمل الكسر بالـ (N) ، l : طول المجاز بالـ (mm)، b: عرض العينة بالـ (mm)، h=: ثخانة العينة بالـ (mm). فكانت النتائج كما هو مبين في الجدول (3).

**(الجدول 3): يبين قيم نتائج فحص معامل التمزق في الحالتين الجافة والرطبة.**

| العينة | التشكيلة | الليثولوجيا | R (MPa) في الحالة الرطبة | R (MPa) في الحالة الجافة |
|---|---|---|---|---|
| 1-1 | مارل صلنفة1 | حجر كلسي قليل الغضار مدلمت جزئياً | 8.0 | 31.6 |
| 2-1 | | | 12.3 | 10.7 |
| 1-2 | جدار صلنفة 1 | حجر كلسي قاسي قليل الدلمتة | 6.4 | 6.4 |
| 2-2 | | | 3.2 | 3.7 |
| 1-3 | مارل صلنفة 2 | حجر كلسي قليل الغضار | 5.4 | 5.9 |
| 2-3 | | | 3.7 | 8.0 |
| 1-4 | جدار صلنفة 2 | حجر كلسي مدلمت قليلاً | 6.4 | 9.6 |
| 2-4 | | | 5.9 | 8.6 |
| 1-5 | مارل باب عبد الله 1 | كلس غضاري | 5.9 | 6.4 |
| 2-5 | | | 6.0 | 6.4 |
| 1-6 | جدار باب عبد الله 1 | حجر كلسي مدلمت | 13.9 | 13.4 |
| 2-6 | | | 13.9 | 13.9 |
| 1-7 | مارل باب عبد الله 2 | كلس غضاري | 5.4 | 8.0 |
| 1-8 | جدار باب عبد الله 2 | كلس مدلمت | 8.0 | 4.3 |
| 2-8 | | | 8.0 | 4.3 |
| 1-9 | تورون | كلس مدلمت | 11.8 | 8.6 |
| 2-9 | | | 6.4 | 11.2 |
| 1-10 | كونياس سانتون | كلس مدلمت | 6 | 10.2 |
| 2-10 | | | 11.8 | 11.8 |

تقسم الأحجار الكلسية، وفق المواصفة القياسية السورية 2210 [11] والمواصفة الأمريكية (ASTM–C97) [14]، حسب معامل التمزق إلى ثلاثة أصناف: الصنف الأول منخفض الكثافة، ذو معامل تمزق أقل من 2.9 MPa، وهو غير مفضل لأغراض البناء، الصنف الثاني متوسط الكثافة، ذو معامل تمزق بين MPa (3.4–5.2) وهو مقبول لأغراض البناء. أما الصنف الثالث فهو عالي الكثافة وذو معامل تمزق بين MPa (5.2–6.9) وهو جيد لأعمال البناء.

**2–3– اختبار الشدّ بالانعطاف Flexural Strength**: أجري الاختبار وفق المواصفة القياسية السورية م.ق.س. رقم 1394 الخاصة باختبار الشد بالانعطاف [17] على عينات أبعادها: $28 \times 42 \times 320$ mm في جهاز كسر المواشير في الحالتين الرطبة والجافة (الشكل 8).

**(الشكل 8): جهاز كسر المواشير في مخبر تجريب المواد – كلية الهندسة المدنية.**

تحسب مقاومة الانعطاف كالآتي: $\tau = \frac{3wl}{2bh^2}$ حيث:

$\tau$ : مقاومة الشدّ بالانعطاف (MPa). w : الحمل الأعظمي بالـ (N)، l : طول المجاز مقدراً بالـ (mm)، b: عرض النموذج مقدراً بالـ (mm)، h: عمق النموذج مقدراً بالـ (mm). b=1.5 h

أجري اختبار الشدّ بالانعطاف فأعطى القيم المبينة في الجدول (4).

**(الجدول 4): يبين قيم نتائج تجربة الشدّ بالانعطاف في الحالتين الرطبة والجافة.**

| العينة | التشكيلة | الليثولوجيا | $\tau$ (MPa) في الحالة الرطبة | $\tau$(MPa) في الحالة الجافة |
|---|---|---|---|---|
| 1–1 | مارل صلنفة1 | حجر كلسي قليل الغضار مدلمت جزئياً | 13.1 | 35.1 |
| 2–1 | | | 3.9 | 33.6 |
| 1–2 | جدار صلنفة 1 | حجر كلسي قاسي قليل الدلمتة | 5.4 | 15.5 |
| 2–2 | | | 7.0 | 10.7 |
| 1–3 | مارل صلنفة 2 | حجر كلسي قليل الغضار | 3.6 | 7.7 |
| 2–3 | | | 0.7 | 21.0 |
| 1–4 | جدار صلنفة 2 | حجر كلسي مدلمت قليلاً | 4.1 | 9.6 |
| 2–4 | | | 6.2 | 7.7 |
| 1–5 | مارل باب عبد الله 1 | كلس غضاري | 18.8 | 19.2 |
| 2–5 | | | 17.3 | 18.1 |
| 1–6 | جدار باب عبد الله 1 | حجر كلسي مدلمت | 9.6 | 19.2 |
| 2–6 | | | 12.9 | 17.8 |
| 1–8 | جدار باب عبد الله 2 | كلس مدلمت | 16.7 | 30.9 |
| 2–8 | | | 2.7 | 28.1 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1-9 | تورون | كلس مدلمت | 22.4 | 23.3 |
| 2-9 | | | 10.0 | 11.9 |
| 1-10 | كونياس سانتون | كلس مدلمت | 15.7 | 13.6 |
| 2-10 | | | 7.5 | 18.4 |

**2-3- فحوصات التآكل والاهتراء (Corrosion & Abrasion Tests):**

**2-3-1- تجربة لوس أنجلوس:** أجري هذا الاختبار لتحديد مقاومة الحصويات للاهتراء ومعرفة مدى مقاومتها باستخدام جهاز لوس أنجلوس (Los Angeles) (الشكل 9).

أجري اختبار التآكل وفق النظام الأمريكي ASTM C99، منحني التدرج E.

تمّ حساب حساب النسبة المئوية للتآكل من العلاقة:

$$\%C = \frac{A - B}{A} \times 100$$

حيث: (B, A) وزن النموذج قبل التآكل و بعده على التوالي. ، فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (6).

**(الشكل 9): جهازاختبار التآكل وفق لوس أنجلوس في مخبر المواصلات – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين.**

يكون الحجر الكلسي وفق المواصفة الأميركية ASTM C 99-87 [18] ووفق المواصفة القياسية السورية رقم 332 لعام 1985 [19] صالحاً لاستخدامه كحصويات في البيتون الجيد في حال كانت قيمة التآكل تقلّ عن (30%)، ويكون صالحاً لاستخدامه كحصويات في البيتون العادي عندما تقلّ قيمة التآكل عن (40%).

**2-3-2- اختبار الاهتراء:** تم إجراء اختبار الاهتراء باستخدام قرص Bohme لعينات ممثلة لتشكيلات مختلفة الليثولوجيا بأبعاد $680 \times 680 \times 400\ mm$ (الشكل 10).

أجري الاختبار وفق المواصفة القياسية السورية م. ق. س رقم 1169، والخاصة باختبار الاهتراء [20]. تم حساب نسبة الاهتراء من خلال الفرق في السماكة قبل إجراء الاختبار وبعده. تمّ قياس فرق السماكة، فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (5).

**(الشكل 10): اختبار الاهتراء باستخدام قرص بوم Bohme في مخبر تجريب المواد – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين.**

أجري اختبار قساوة الصخور النسبية وفقاً لمقياس موس للقساوة في مخبر الفلزات والبلورات في قسم الجيولوجيا – كلية العلوم – جامعة تشرين، فأعطى النتائج المبينة في الجدول (5)

**(الجدول 5): يبين قيمة التآكل وفق تجربة لوس أنجلوس الاهتراء، درجة الاهتراء وفق تجربة قرص Bohme وقيم القساوة النسبية حسب موس.**

| العينة | التشكيلة | قيمة التآكل (وفق تجربة لوس أنجلوس) % | الاهتراء وفق تجربة قرصBohme (فاقد السماكة) mm | القساوة حسب موس [11] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | مارل صلنفة 1 | 26.5 | 2.5 | ≈ 2.9 |
| 2 | جدار صلنفة 1 | 43.0 | 7.0 | ≈ 2.7 |
| 3 | مارل صلنفة 2 | 46.5 | 6.5 | ≈ 2.5 |
| 4 | جدار صلنفة 2 | 41.7 | 6.3 | ≈ 2.6 |
| 5 | مارل باب عبد الله 1 | 27.8 | 3.0 | ≈ 2.9 |
| 6 | جدار باب عبد الله 1 | 27.0 | 2.0 | ≈ 3.2 |
| 8 | جدار باب عبد الله 2 | 25.4 | 4.1 | ≈ 3.1 |
| 9 | توروني | 29.9 | 4.0 | ≈ 3 |
| 10 | كونياسي سانتوني | 28.5 | 3.5 | ≈ 3 |

## مناقشة النتائج:

تعتبر النماذج المدروسة العائدة لجداري صلنفة الأول والثاني، اعتماداً على المواصفة القياسية السورية م.ق.س. رقم 2210 تبعاً للكثافة [11]، من صنف الصخور ذات الكثافة المنخفضة وامتصاص الماء العالي وهي غير صالحة لأغراض البناء إنما تصلح في بعض أعمال الطرق. تعتبر صخور مارل صلنفة الثاني، ومارل باب عبد الله الثاني والتوروني، وفق هذه المواصفة، ذات كثافة متوسطة وهي متوسطة الجودة. تعتبر صخور مارل صلنفة الأول، ومارل باب عبد الله الأول، وجداري باب عبد الله الأول والثاني، والكونياسي سانتوني ذات كثافة عالية وامتصاص الماء الضعيف وهي جيدة لأغراض البناء، كما هو مبين في الجدول (6) الذي يظهر نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للصخور بعد أن تمّ أخذ وسطي القياسات والمعاملات المحسوبة.

تظهر الدراسة أنّ صخور جدار صلنفة الأول، جدار صلنفة الثاني، مارل باب عبد الله الثاني والتوروني هي صخور ذات مسامية متوسطة، وفق Al-Diney [13]. وأنّ صخور مارل صلنفة الأول، مارل صلنفة الثاني، مارل باب عبد الله الأول وجدار باب عبد الله الأول، جدار باب عبد الله الثاني والكونياسي سانتوني، هي صخورمنخفضة المسامية.

تصنف عينات مارل صلنفة الأول، مارل باب عبد الله الأول، جدار باب عبد الله الأول، وجدار باب عبد الله الثاني من الصنف الأول عالي الكثافة والمفضل لأغراض البناء، حسب مقاومتها للضغط بناءً على المواصفة القياسية السورية 2210 [11] والمواصفة الأمريكية (ASTM–C170) [15] وعينات مارل صلنفة الثاني، جدار صلنفة الثاني،

مارل باب عبد الله الثاني والتوروني من الصنف الثاني متوسط الكثافة وهو مقبول لأغراض البناء، في حين تصنف عينات جدار صلنفة الأول من الصنف الثالث ذو الكثافة المنخفضة وغير المفضلة لأغراض البناء.

تنتمي جميع الصخور، وفق المواصفة الأمريكية (ASTM–C97) [14]، حسب معامل التمزق، إلى الصنف الثالث وهي جيدة لأعمال البناء عدا عينات جدار صلنفة الأول وجدار باب عبد الله الثاني التي تصنف من الصنف الثاني (المقبول لأغراض البناء).

بناء على ما سبق، تعتبر صخور مارل صلنفة الأول، مارل باب عبد الله الأول، جدار باب عبد الله الأول وجدار باب عبد الله الثاني جيدة لأغراض البناء (كأحجار كسوة للجدران الداخلية والخارجية والأرضيات والأدراج أو لأعمال الزخرفة والديكور)، من حيث الامتصاص والكثافة والمسامية ومعامل التمزق.

تكون صخور مارل باب عبد الله الأول والكونياسي سانتوني، حسب المواصفة القياسية السورية م.ق.س. رقم 1393 [8]، جيدة للاستخدام كأحجار رخامية كون امتصاص الماء فيها أقل من (1%)، وتكون صخور مارل باب عبد الله الأول وجدار باب عبد الله الأول والكونياسي سانتوني صالحة للاستخدام كأحجار رخامية لأنّ كثافتها أكبر من 2600 kg/m3.

تحقق صخور مارل صلنفة الأول ومارل باب عبد الله الأول شروط المواصفة القياسية السورية م.ق.س رقم 1396 لاستخدامها كأحجار رخام. أما بقية الأنواع فلا تحقق شروط استخدامها كأحجار رخام، من حيث مقاومتها على الضغط (أقلّ من 100 MPa).

إنّ جميع العينات، وفق المواصفتين القياسيتين السوريتين م. ق. س. رقم 1395 [16] ورقم (1394) [17] تمتلك مقاومة شد بالانعطاف أكبر من (7 MPa)، أي أنها صالحة للاستخدام كأحجار رخامية وفق هذا المعامل. تعتبر عينات مارل صلنفة الأول، مارل صلنفة الثاني، جدار صلنفة الثاني، جدار باب عبد الله الأول ذات معامل تمزق أكبر من 7N/mm2، وهي بالتالي، وفق المواصفتين المذكورتين، صالحة للاستخدام كأحجار رخامية

بناء على ما سبق، تحقق صخور مارل باب عبد الله الأول أفضل المواصفات من امتصاص الماء والكثافة ومقاومة الضغط ومعامل التمزق والشد بالانعطاف، وهي تحقق شروط استخدامها كأحجار رخامية.

تبيّن نتائج الاختبارات المعروضة في الجدول (6) أنّ صخور مارل صلنفة الأول، مارل باب عبد الله الأول، وجدار باب عبد الله الأول، جدار باب عبد الله الثاني، التوروني، والكونياسي سانتوني صالحة لاستخدامها كحصويات في البيتون الجيد، أمّا صخور جدار صلنفة الأول، مارل صلنفة الثاني وجدار صلنفة الثاني، جدار باب عبد الله الأول فإنها صالحة لاستخدامها كحصويات في البيتون العادي [18] [19].

تعتبر صخور مارل صلنفة الأول، مارل باب عبد الله الأول، جدار باب عبد الله الأول، جدار باب عبد الله الثاني، والكونياسي سانتوني قليلة الاهتراء وفق المواصفة القياسية السورية م. ق. س رقم 1169 والخاصة باختبار الاهتراء [20] قيمة الفاقد بالسماكة وهي صالحة لاستخدامها كحصويات في البيتون الجيد. لا ينطبق الحال على عينات جدار صلنفة الأول، مارل صلنفة الثاني وجدار صلنفة الثاني التي تعطي قيمة فاقد بالسماكة أكبر من6 mm وهي صالحة لاستخدامها كحصويات في البيتون العادي.

**(الجدول 6): يبين نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية الوسطية لصخور الكريتاسي الأعلى في رقعة القرداحة.**

| العينة | التشكيلة | الاختبارات الفيزيائية | | | | الخواص الميكانيكية | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | الامتصاص wt% | الكثافة ($g/cm^3$) | | المسامية % | مقاومة الضغط (MPa) | | الشد بالانعطاف (MPa) τ | | مقاومة التمزق R (MPa) | | قيمة التآكل % | فاقد السماكة mm |
| | | | مشبعة | جافة | | مشبعة | جافة | مشبعة | جافة | مشبعة | جافة | | |
| 1 | مارل صلنفة 1 | 2.1 | 2.5 | 2.5 | 5.1 | 81.3 | 115.3 | 8.5 | 34.4 | 10.2 | 21.2 | 26.5 | 2.5 |
| 2 | جدار صلنفة 1 | 9.5 | 2.3 | 2.1 | 19.9 | 23.0 | 38.2 | 6.2 | 13.1 | 4.8 | 5.1 | 43.0 | 7.0 |
| 3 | مارل صلنفة 2 | 5.2 | 2.4 | 2.3 | 11.7 | 43.1 | 66.6 | 2.2 | 14.4 | 4.6 | 7.0 | 46.5 | 6.5 |
| 4 | جدار صلنفة 2 | 8.4 | 2.3 | 2.1 | 17.7 | 44.3 | 43.6 | 5.2 | 8.7 | 6.2 | 9.1 | 41.7 | 6.3 |
| 5 | مارل باب عبد الله 1 | 0.8 | 2.6 | 2.6 | 2.2 | 82.8 | 132.2 | 18.1 | 18.6 | 6.0 | 6.4 | 27.8 | 3.0 |
| 6 | جدار باب عبد الله 1 | 1.1 | 2.6 | 2.6 | 2.9 | 86.9 | 85.7 | 11.3 | 18.5 | 13.9 | 13.7 | 26.9 | 2.0 |
| 7 | مارل باب عبد الله 2 | 6.1 | 2.7 | 2.4 | 14.8 | 52.1 | 80.8 | – | – | 5.4 | 8 | – | – |
| 8 | جدار باب عبد الله 2 | 2.7 | 2.5 | 2.4 | 6.4 | 58.9 | 87.8 | 9.7 | 28 | 8 | 4.3 | 25.4 | 4.1 |
| 9 | توروني | 3.7 | 2.5 | 2.4 | 11.6 | 29.4 | 51.6 | 16.3 | 17.6 | 9.1 | 9.9 | 29.9 | 4.0 |
| 10 | كونياسي – سانتوني | 0.2 | 2.7 | 2.7 | 0.5 | 51.7 | 84.1 | 11.6 | 16.0 | 8.9 | 11 | 28.5 | 3.5 |

## الاستنتاجات والتوصيات:

1–تعتبر النماذج المدروسة العائدة لمارل صلنفة الأول ومارل باب عبد الله الأول، وجدار باب عبد الله الأول وجدار باب عبد الله الثاني، والكونياسي سانتوني جيدة لأعمال البناء المختلفة (كأحجار كسوة للجدران الداخلية والخارجية أو كأحجار كسوة للأرضيات والأدراج أو لأعمال الزخرفة والديكور)، كونها ذات كثافة عالية وامتصاص ماء ضعيف ومسامية منخفضة ومقامة عالية وفق المواصفات القياسية السورية والمواصفات القياسية الأمريكية. تعتبر صخور مارل صلنفة الثاني، مارل باب عبد الله الثاني، والتوروني متوسطة الجودة لأعمال البناء. أمّا صخور جداري صلنفة الأول والثاني ذات كثافة منخفضة وامتصاص ماء عالي يفضل استخدامها في أنواع البيتون منخفض الجودة وفي الطرق وأعمال الرصف.

2–تحقق صخور مارل باب عبد الله الأول أفضل المواصفات كون امتصاص الماء فيها أقل من (1%)، وكثافتها أكبر من 2600 kg/m3، مقاومتها على الضغط (أقلّ من 100 MPa)، معامل التمزق فيها مساوٍ تقريباً

7N/mm2، وقيمة مقاومة الشد بالانعطاف أكبر من (7 MPa). غير أن بقية النماذج المدروسة بشكل عام لا تحقق شروط استخدامها كأحجار رخامية.

3- صخور مارل صلنفة الأول، مارل باب عبد الله الأول، جدار باب عبد الله الأول، جدار باب عبد الله الثاني، والكونياسي سانتوني صالحة لاستخدامها كحصويات في البيتون الجيد، أمّا صخور جدار صلنفة الأول، مارل صلنفة الثاني وجدار صلنفة الثاني جدار باب عبد الله الأول فإنها صالحة لاستخدامها كحصويات في البيتون العادي.

4- تعتبر صخور مارل صلنفة الأول، مارل باب عبد الله الأول، جدار باب عبد الله الأول، جدار باب عبد الله الثاني، التوروني، والكونياسي سانتوني قليلة الاهتراء.

5- نوصي بإقامة مقالع في هذه المنطقة للاستفادة من الأحجار التي يمكن استثمارها وفق المواصفات سابقة الذكر، علماً أنها قريبة من مركز مدينة اللاذقية (حوالي km35) وغير مأهولة بالسكان، وهو أمر ضروري في فترة إعادة إعمار بلدنا.

## المراجع:


1- PONIKAROV, V. P; SHATSKY, V. N; KAZMIN, V. G; KULAKOVE, V. V. *The geology of Syria. Explanatory Notes on the geological map of Syria*. Scale 1\500000. Syrian ArabRepubl., Ministry of Industry, Dept. Geol.Miner. Research (1967 ).

2- البب، سامر. *دراسة التطور الترسيبي والبنيوي للتشكيلات الكريتاسية في السلسلة الساحلية – سورية*. أطروحة دكتوراه، بإشراف أ. د. محمد القاضي ، أ. د. محمد توفيق يونس. كلية العلوم، قسم الجيولوجيا، جامعة دمشق (2010).

3-MUTY, M. *Presence du Lias dans le Massif Alaouite (Syria). Comptes Rendus sommaires de la Société géologique de la France*. (3). pp. 104 -105. (1976).

4- روسكي، رالف. *المذكرة الإيضاحية لرقعة القرداحة*، مقياس 1:50000، NI-37-S-1-c، المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية، دمشق، 1978، 23.

5-DUGGAL, S.K. *Building Materials*. New age international publishers, third revised edition, pp. 52-83. (2008).

6-FLUGEL, E. *Micro facies of carbonate rocks*. Springer-Verlag, Berlin, 976P. (2004)

7-ERGULER, Z. A., & ULUSAY, R. *Water-Induced Variation in Mechanical Properties of Clay-Bearing Rocks*. International Journal of Rocks Mechanics and Mining Sciences. Elsevier (2008).

8- المواصفة القياسية السورية رقم (1393). *اختبار الامتصاص والكثافة لأحجار البناء الطبيعية*. هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية. (1994).

9- المواصفة القياسية السورية رقم (2210). *اختبارات تصنيف الصخور لأحجار البناء الطبيعية*. هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية (2000).

10-ASTM C 97-02. *Standard test methods for absorption and bulk specific gravity of dimension stone*. Annual Book of ASTM Standard American Society for Testing and Materials. Vol.04.07. 3p. (2003).

11- فتوحي، زهير الرمو فتاح، كنانة محمد وآخرون، *الجيولوجيا الهندسية والتحري الموقعي / الموصل*. (88-94ص) (1990).

12- حسين، صفوك عاصي، *دراسة جيوكيميائية بتروفيزياوية لتقييم صلاحية الصخور الجيرية لغرض صناعة السمنت في بعض مكاشف تكوين الفتحه في منطقة السكريه / غرب بيجي*. مجلة العراقيه للعلوم، المجلد 51، العدد 1، 122 ص . (2010).

13- AL-DINEY, M. Y., *Evaluation of the limestone and dolomite of Aion-Al-Aranab area in Al-Anbar government as building materials*. M.Sc. Thesis, University of Baghdad – College of science (1998).

14-المواصفة القياسية السورية رقم (1396). *اختبار مقاومة الضغط لأحجار البناء الطبيعية*. هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية (1994).

15-ASTM C 97-02. *Standard test methods for Resistance to abrasion of small size aggregate by use of Los Angles Machine*. Annual Book of ASTM Standard American Society for Testing and Materials. (2006).

16-المواصفة القياسية السورية رقم (1395). *اختبار معامل التمزق لأحجار البناء الطبيعية*. هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية. (1994).

17-المواصفة القياسية السورية رقم (1394). *اختبار مقاومة الانعطاف لأحجار البناء الطبيعية*. هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية. (1994).

18- المواصفة القياسية السورية رقم (332). *اختبار التآكل وفق لوس أنجلوس*. هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية. (1985).

19- *الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة*. نقابة المهندسين في الجمهورية العربية السورية (2012).

20- المواصفة القياسية السورية رقم (1169). *اختبار الاهتراء للمواد اللاعضوية اللامعدنية (بلاط، أحجار وما شابه) باستخدام قرص* Bohme. هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية. (1993).