

## محور الهندسة الجيولوجية والجيوفيزيائية

### الخامات المعدنية والقيمة الصناعية والاقتصادية في بلدية طبرق

أ. عبدالحميد صلاح السنوسي (1)، أ.د. علي محمد الفيتوري (2) أ. محمد ياسين محمد (3)

(1) قسم الموارد الطبيعية، كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة، مساعد محاضر جامعة طبرق، ليبيا.

(2) رئيس الاكاديمية الليبية فرع اجدابيا، استاذ مشارك، قسم الموارد الطبيعية الاكاديمية الليبية بنغازي، ليبيا

(3) قسم الهندسة البيئية، المعهد العالي للعلوم التقنية، مساعد محاضر، طبرق، ليبيا.

E-mail: [abduhalim.salih@tu.edu.ly](mailto:abduhalim.salih@tu.edu.ly)(1)

#### الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على الخامات المعدنية في بلدية طبرق وأماكن تواجدها وأهم التكاوين الجيولوجية التي تحتوي على الترسبات المعدنية ذات القيمة الصناعية والاقتصادية العالية، وقد تبين من الزيارات الميدانية للمنطقة انها تحتوي على ترسبات معدنية بكميات واحتياطيات كبيرة واغلبها قريبة من السطح لاحتياج إلى ازالة الطبقات الصخرية الغطائية وكذلك فأن وضع المنطقة الجغرافي وقربها من موانئ التصدير يجعل من هذه الترسبات المعدنية ذات قيمة اقتصادية وصناعية في المستقبل.

تم اجراء العديد من الزيارات الميدانية لمناطق مختلفة من بلدية طبرق لتحديد الخامات المعدنية ذات الجدوى الاقتصادية والقابلة للاستخراج حيث تبين من العمل الحقلّي، ان جميع الخامات التي تم اكتشافها من التكاوين الجيولوجية المختلفة في منطقة الدراسة هي خامات رسوبية، منها تكوين الجبغوب، وتكوين الفايدية، وتكوين الخويمات، وتكوين قارة مريم، تكوين الابرق، وترجع الي الزمن الجيولوجي الثالث متمثلة في رواسب الحجر الجيري والدولومايت ومعادن المتبخرات كالجبس والانهدرايت، حيث تم اخذ عينات من هذه الرواسب و اجراء الاختبارات الفيزيائية كالكتافة ونجد ان الصخور الصلبة تكون كثافتها اكبر من 2650كجم/م<sup>3</sup>، وتشمل صخور الدولميت والمارل، وصخور متوسطة تتراوح في الكثافة من 2350 كجم/م<sup>3</sup> إلي 2650 كجم /م<sup>3</sup>، مثل الحجر الجيري بكافة انواعها، وصخور رخوة تكون اقل من 2350 كجم/م<sup>3</sup>، مثل صخور الطباشير، والتحاليل الجيوكيميائية لها لتحديد نسب الاكاسيد الرئيسية وكذلك العناصر الشحيحة في هذه الخامات، نجد ان اكسيد الكالسيوم في كافة مواقع الدراسة بنسب تركيز عالية، إذا تروحت قيمه ما بين 44.63% في منطقة بئر الاشهب إلي 55.15%، في منطقة راس بياض، وبشكل عام يفوق تركيزها 50%، من حيث محتوى اكسيد الكالسيوم



في صخور الحجر الجيري، فتبين ان التركيب الجيوكيميائي للخامات في منطقة الدراسة على جودة عالية مناسبة لتشكيل خليط صناعة الإسمنت بسبب ارتفاع نسبة الجير في المادة الجيرية، وتدني المركبات الغير مرغوب فيها كالماغنسيوم والفسفور، وانعدام القلويات.  
**الكلمات المفتاحية:** الخامات المعدنية، التحاليل الجيوكيميائية، الخامات الرسوبية، بلدية طبرق.

### Abstract

This study aims to shed light on the mineral ores in the municipality of Tobruk and their locations and the most important geological formations that contain mineral deposits of high industrial and economic value. Also, the geographical position of the region and its proximity to the export ports make these mineral deposits of economic and industrial value in the future.

Several field visits were made to different regions of the municipality of Tobruk to determine the economically feasible and extractable mineral ores, as it was found from the field work, that all the ores that were discovered from the different geological formations in the study area are sedimentary ores, including the Jabghub Formation, the Faydia Formation, and the Formation of Al-Khuwaymat, the formation of the continent of Mariam, the formation of Al-Abraq, and it dates back to the third geological time, represented in the deposits of limestone, dolomite, and evaporate minerals such as gypsum and anhydrite, where samples were taken from these deposits and physical tests such as density were conducted, and we find that the solid rocks have a density greater than 2650 kg / m<sup>3</sup>, and it includes dolomite and marl rocks, And medium rocks ranging in density from 2350 kg / m<sup>3</sup> to 2650 kg / m<sup>3</sup>, such as limestone of all kinds, and soft rocks that are less than 2350 kg / m<sup>3</sup>, such as chalk rocks, and geochemical analyzes for them to determine the proportions of the main oxides as well as the trace elements in these ores, We find that calcium oxide in all study sites has high concentrations, if its value ranged between 44.63% in the Kampot region to 55.15% in the Bab al-Zaytoun area, and in general its concentration exceeds 50%, in terms of the calcium oxide content in the limestone rocks. The geochemistry of the ores in the study area is of high quality, suitable for the formation of the cement industry mixture due to the high proportion of lime in the calcareous material, the low level of undesirable compounds such as magnesium and phosphorus, and the absence of alkalis.

**Keywords:** mineral ores, geochemical analyses, sedimentary ores, Tobruk municipality.

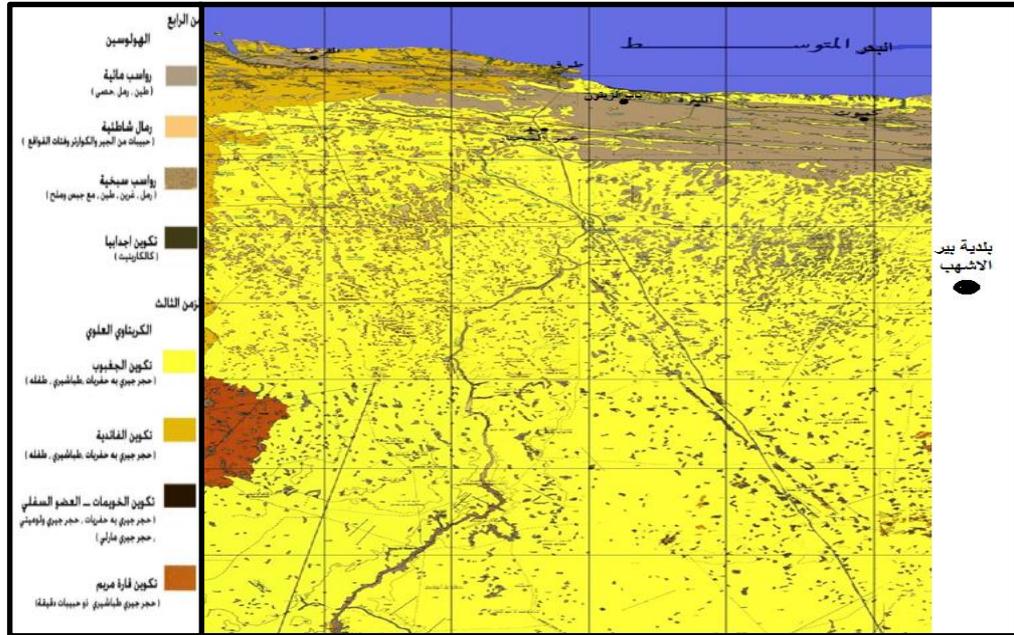


## 1. المقدمة

تتحكم خصائص الصخور في تشكيل سطح الأرض سواء في نشأتها أو تطورها، وعليه يجب إظهار الخصائص الجيولوجية لصخور منطقة الدراسة وتوزيعها الجغرافي واستغلالها بشكل الأمثل، ومن خلال الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة، نلاحظ أن أغلب التكوينات الجيولوجية التي ظهرت على السطح هي من الصخور الجيرية (حجر جيري مارلي رملي إلى دولوميتي إلى حجر جيري طيني إلى طفلي) وهي متجانسة التركيب تظهر بها الطبقات بوضوح غنية بالحفريات، وعليه قسمت الصخور الجيرية في منطقة الدراسة إلى التكوينات، كذلك معرفة علي أهم الخواص الفيزيائية في كلٍ من الكثافة النوعية Specific gravity، امتصاص الماء Water absorption، الكثافة الكلية Bulk density، الصلادة Hardness والمسامية Porosity، بينما تتمثل الخواص الميكانيكية في مقاومة الانضغاط يعطي النتائج لهذه الخواص لصخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة، وتُعد الاختبارات الكيميائية من العوامل الأساسية التي من خلالها يتم تحديد النسب الوزنية للأكاسيد الموجودة في الحجر الجيري والتي يُبنى عليها بشكلٍ أساسي طبيعة الإسمنت الناتج عنها، لذلك من الضروري إجراء التحاليل الكيميائية لكافة العينات التي تم جمعها من مناطق الدراسة على نحو مفصل.

### 1.1 التكوينات الجيولوجية:

من خلال الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة، نلاحظ أن أغلب التكوينات الجيولوجية التي ظهرت على السطح هي من الصخور الجيرية (حجر جيري مارلي رملي إلى دولوميتي إلى حجر جيري طيني إلى طفلي) وهي متجانسة التركيب تظهر بها الطبقات بوضوح غنية بالحفريات، وعليه قسمت الصخور الجيرية في منطقة الدراسة إلى التكوينات الجيولوجية التالية.



شكل (1) الخريطة الجيولوجية في بلدية طبرق المصدر: اعتمادا على خريطة ليبيا الجيولوجية، لوحة درنة و لوحة البردية، 1977.

## 1. تكوين الخويمات:

يعد تكوين الخويمات من أقدم الصخور الظاهرة في المنطقة، وتغطي صخوره الجزء الشمالي، وتمتد موازية لساحل البحر الأبيض المتوسط، وتتكون من الحجر الجيري الدولوميتي الصلب والطفلة المتماسكة ذات الحبيبات الدقيقة، وهي غنية بالحفريات والأصداف، وتدل الشواهد على أن ترسب صخور هذه التكوين في مياه البحر قديما، لاحتواء الصخور للحفريات الدقيقة الطافية، ونتيجة للحركات الأرضية، ترسيب صخر الدولوميت مصاحبة للحركات الأرضية، وتدل الدراسة الحفرية لهذا التكوين على أنه يتبع عصر الأيوسين الأعلى إلى الأليجوسين الأسفل، وتتميز صخور بلون بني ورمادي مائل للاصفرار وتظهر على شكل طبقات، (المبروك، 2013، ص30).

## 2. تكوين الابرق

تظهر طبقات هذا التكوين في المنطقة في موقع محددة جدا، وتنتشر قرب الجرف الممتد جنوب منطقتي عين الغزالة والقرضبة، وتتكون طبقاته من الحجر الجيري المتوسط الحبيبات يتخللها حجر طحلي،

والصخور الجيرية لهذا التكوين تندرج من الصخور الجيرية الطينية الدولوميتية الضعيفة إلى الطبقات الدولوميتية الثانوية التبلور، وحببيتها متوسطة، نقية نسبياً، ويأخذ اللون الرمادي المائل إلى البني الداكن، يمثل تكوين الابرق التابع الطبقي لعصر الأليجوسيني، ويختلف سمك طبقات هذا التكوين من منطقة إلى أخرى يتراوح سمكها في منطقة عين الغزالة بين 40 - 50م وطبقات هذا التكوين تتراوح بين 0.5 - 2.0م، وفي الغالب لأتريد عن 5م في منطقة المرصص (الطراط، 2019).

### 3. تكوين الفاندية:

يظهر تكوين الفاندية الطرف الشمالي الغربي في منطقة الدراسة على هيئة شريط طولي أسفل المنحدرات، اتجاه الجنوب والشمال، ويظهر بشكل طبقات شبه أفقية تقريباً أسفل تكوين الجغبوب، وتتكون صخور الفاندية من الحجر الجيري الطباشيري الغني بالحفريات وشظايا الأصناف مع سمك معتدل في الصلابة، ومع وجود طبقة أو طبقتين من الطين الجيري إلى حجر جيري طيني، ويتكون الحجر الجيري الذي يتراوح لونه بين الأبيض المائل إلى الأصفر من حبيبات متوسطة وخشنة، وتتداخل في بعض المواقع مع صخور الكالكارنيت أو الحجر الجيري الطحلي والمرجاني، ويعلو سطحها طبقات كلسية تحتوي على رخويات بكثرة ومحار ذات لون بني ضارب للأحمر، أما الجزء الأسفل من تكوين الفاندية، فهو يتكون من حجر جيري مارلي جزئياً أصفر اللون هش القوام يحتوي على مارل وطفل مع تداخلات من الصلصال الأخضر، مع وجود طبقات من الكونجولوميرات لكن هذه الطبقة لا توجد في جميع الأماكن، كما أن أسطح عدم التوافق بين تكوين الفاندية وتكوين الخويمات تدل على أن تكوين الفاندية قد ترسب في أحواض عميقة واستمر ترسيب هذا التكوين دون انقطاع طول الفترة ما بين الأوليغوسين الأعلى إلى الميوسين الأسفل. (السنوسي، 2021).

### 4. تكوين الجغبوب:

يشمل تعاقب الحجر الجيري الرملي والحجر الجيري اللين، والطفلة الخضراء والجبس والصخور الجيرية الغنية بالحفريات التي تظهر على سطح الأرض، في واحة الجغبوب وضواحيها ليغطي أكبر جزء من منطقة الدراسة، وهذه الطبقات تشكل الضفاف التي يتراوح سمكها بين 2 و3م والحجر الجيري لهذا التكوين في معظمه متبلور، وتنتشر القشرة الكلسية الثانوية على سطح الصخور الطباشيرية، وهذه الطبقات سميكة تتكون من الحجر الجيري مع بلورات الكوارتز، والحجر الجيري هنا نقي جداً (الكالسيوم أكثر من 53%) علاوة على ذلك الترسيبات غير المنتظمة من المواد الصلبة لمعادن السليكا، وهي ناتجة من عمليات التجوية في مناخ شبة جاف، حيث تنتشر القشرة الكلسية في مناطق كثيرة شمال غرب بلدية طبرق بالقرب من عين

الغزالة والقرضبة وسقيفة بطرونة جنوب طبرق، ويتميز هذا التكوين بأن صخوره ذات لون أبيض يميل إلى الأصفر والأحمر في بعض الأجزاء؛ لوجود أكاسيد الحديد التي توجد في بعض ثقوب الأحجار والمتداخلة مع صخور جيرية صلبة ومتماسكة، وتغطي صخور تكوين الجغبوب معظم جنوب بلدية طبرق، ويبلغ أقصى سمك لطبقات هذا التكوين 34 إلى 50م وهي أفقية بصفة عامة مع وجود بعض الميل في المناطق المتأثرة بالفوالق، وتوجد الحفريات بهذا التكوين، حيث ترسبت في بيئة ضحلة بالقرب من الشاطئ خلال الميوسين الأوسط وتنتشر طبقات تكوين الجغبوب في شرق والجنوب الشرقي والغربي. (مركز البحوث الصناعية، 1977).

#### 5. تكوين قارة مريم

تتكون صخور هذا التكوين من أحجار جيرية غنية بالحفريات، ومتوسطة الصلابة ذات لون أبيض، وكذلك أحجار جيرية طباشيرية، وأحجار جيرية طفلية، ويوجد أيضا تداخل طبقي من الطفلة ذات لون اخضر فاتح، ويتدخل مع الجزء العلوي لصخور تكوين الجغبوب، حيث إن صخور التكوين ترسبت في مياه ضحلة بالقرب من الشاطئ خلال عصر الميوسين الأوسط وينتشر هذه التكوين في غرب بلدية طبرق في لوحة درنة، وكذلك لوحة بئر حكيم، وطبقات هذا التكوين أفقية في الغالب ما عدا المناطق التي تعرضت للصدوع (الحركات التكتونية). (مركز البحوث الصناعية، 1977).

#### 6. تكوينات الزمن الرابع:

عبارة عن رواسب مفككة تغطي مساحات مختلفة من منطقة الدراسة، وتختلف الرواسب بحسب نوعها وأسباب نشأتها ونوع مصادرها وعوامل نقلها وترسيبها، وتنتشر على هيئة رواسب مائية ومرامح فيضيه ورمال الشاطئ ورواسب السبخات ورواسب الوديان الحديثة وترسيبات شاطئية ثم تكوين أجدابيا وأهمها ما يلي:

#### أ - تكوين أجدابيا

يتألف تكوين أجدابيا من صخور الكالكارنييت ذات النشأة البحرية، وتأخذ غالبا اللون الأبيض المائل إلى الرمادي الخشن إلى الأصفر الباهت، وتتكون من الحجر الجيري وفتات القواقع والأصداف البحرية مع تداخلات من الصلصال الأخضر وبعض من حبيبات الكوارتز والحصى ويتميز تكوين اجدابيا بأنه متوسط الصلابة وهش القوام وبطباقيه منقطعة، ويتكون بشكل رئيسي من الكالكارنييت، وهذا التكوين واسع الانتشار على طول الساحل الليبي ويعتقد بأنه كئيبان قديمة ترجع إلى عصر البلايستوسين والهولوسين وأن بيئة الترسيب كانت بحرية ضحلة وشاطئية تتميز بالدفء (سالم، 2017).

### ب- رمال الشواطئ:

تغطي هذه الرواسب شريطا يمتد على طول الشاطئ، وفي بعض الأحيان تتماسك وتلتحم مكونه صخور الكالكارنيت الساحلية وتكون رمال الشاطئ كثبان رملية ساحلية وتغطي أجزاء من مناطق الدراسة مثل الكثبان الرملية بمنطقة القرضبة التي كانت تشكل عدة تلال يصل ارتفاعها بين 5-10م وزاوية المرصص يتروح ارتفاعها بين 3-5م (سالم، 2017) وبسبب استغلال السيئ للرمال في مجال التعدين تم إزالة معظمها، وحاليا يوجد غطاء رملي لا يتجاوز 90سم، وتوجد بعض رمال الشواطئ في مدينة طبرق وفي منطقة العقليّة ومنطقة كمبوت ولا يتجاوز ارتفاع الكثبان الرملية الساحلية فيها عن 10 متر عشرة أمتار تلك المنطقة .

### ج- الرواسب المائية:

تعد الأكثر شيوعا على السطح وتوجد على منحدرات منطقة الدراسة وفي قيعان منخفضاتها وسهولها، وتظهر على هيئة مسطحات تتكون من التربة الطينية المائلة إلى اللون الأحمر على شكل رواسب من التربة الرملية، وهذه الرواسب تحوي الكوارتز نسبة 20 - 30%، حيث يكون لها امتدادات محدودة العمق ضحلة مختلطة بالحصى، لونها بني مع رواسب من الحجر الجيري والطفل الرملي (المبروك، 2006)، وتغطي هذه الرواسب الدقيقة معظم، احواض المنخفضات في منطقة الدراسة كما ورد في الخريطة الجيولوجية.

### د- رواسب السبخات:

تنتشر البحيرات الملحية الضحلة حول الخلجان الرئيسية شمال منطقة الدراسة في عين الغزالة ومناطق متفرقة من الساحل شمال منطقة القرضبة والمرصص وادي السهل والعودة ورأس بيض، وترتفع امواج البحر في أثناء عواصف الشتاء، لتغطي هذه البحيرات، وكذلك تصب بعض الاودية عند سقوط الامطار، مكونة بحيرات بالقرب من شاطئ البحر حول الخلجان والمناطق المنخفضة، وفي فصل الصيف ترتفع درجة الحرارة والجفاف، ومن ثم فنسبة التبخر السريع مكونة رواسب تكون في الغالب من الرمال الكلسية الدقيقة جدا، والحبس المجهري والملح القلوي والطين (الظراط، 2019).

### 2.1. التتابع الطبقي:

أقدم التكوينات الجيولوجية التي ظهرت في منطقة الدراسة تنتمي إلى الزمن الثالث من الكرتياسي العلوي إلى الميوسين، وهي متجانسة التراكيب مكونة من الصخور الكربونية، وهي صخور جيرية، تظهر بها الطبقات بوضوح غنية بالحفريات تتداخل معها طبقات طينية ورملية، واللون السائد، أبيض مائل إلى الإصفرار ويتميز النصف الأعلى منها بوجود طبقات من الصخور الجيرية البلورية التي تظهر بوضوح في المقاطع الجانبية لمنحدرات الأودية، نلاحظ أن التوزيع الجغرافي تباين بشكل واضح فنجد تكوينات الكرتياسي

والأوليغوسين ينحصر في نطاقات محددة من الشريط الساحلي بمنطقة الدراسة متمثلة في تكوين الفأدية، بينما تنتشر تكوينات الميوسين في جميع انحاء منطقة الدراسة متمثلة في تكوين الجيوب (الشحومي، 2003) وتتكشف على سطح منطقة الدراسة صخور ذات خصائص متباينة، حيث تشكل الصخور الجيرية حوالي 90% وقد ترسبت على الحواف الجنوبية لبحر تثنس.

الرمز	وصف التركيب الصخري للكتون	السم (م)	التتابع الطبقي للصخور	دليل الرموز	العصر	المساحة		
						%	كم <sup>2</sup>	
Qa	وتشمل جميع الرواسب الحديثة متمثلة في رمال الشاطئ ورواسب العانية الطمي الأودية ورواسب السيخات	0-2	التتابع الطبقي للصخور	الزمن الرابع	الزمن الرابع	48.0	286.8	
Qb	تكوين اجذابيا متماسك على شكل صخور كالكارنيت	2-3	التتابع الطبقي للصخور	صخور الكالكارنيت	الزمن الرابع	0.29	17.6	
TMM	حجر جيري طباشيري غني بالحفريات هض يفتوي على مارل جيسي مع قليل من الطفل مع وجود بعض من الكوارتز في طبقاتها ويتراوح لونه ما بين الأبيض اللسوف المائل للأصفر مع وجود اللسوف الأحمر في بعض الأجزاء لوجود أكسيد الحديد الذي يملأ بعض الفراغات، ويمثل هذا التكوين نمطا واحدا في البيئة الرسوبية البحرية	30-130 متر	التتابع الطبقي للصخور	الزمن الرابع	الزمن الرابع	51.3	3090	
								الأوسط
								الأسفل
								العلوي
TOMF	حجر جيري به حفريات الى حجر جيري طباشيري مع وجود طبقات من المارل مع تماخلات من الكالكارنيت يتراوح لونه بين الأبيض المائل للأصفر مع وجود طبقات كلسية لونها لضر و حبيباتها متوسطة إلى خشنة	80 متر	التتابع الطبقي للصخور	الزمن الرابع	الزمن الرابع	0.27	16.7	
								العلوي
TMOQ	حجر جيري غني بالحفريات	15-0	التتابع الطبقي للصخور	الزمن الرابع	الزمن الرابع	4.19	52	
								العلوي
KATEOKL	حجر جيري مارلي وطفلي مع بعض عروق سيليسيه في بعض أجزاء رمادي مائل إلى الأصفر ما تحت الجفريات التيطور إلى خشنة غني بالحفريات	25-1	التتابع الطبقي للصخور	الزمن الرابع	الزمن الرابع	0.03	1.9	
								العلوي

شكل (2). التتابع الطبقي لمنطقة الدراسة المصدر: اعتمد على: وخريطة ليبيا الجيولوجية، مركز البحوث

الصناعية، لوحة درنة، البردية، المفوز، وبئر احكيم، 1974، 1977.

## 2. الجانب العملي والمنهجية:

### الخواص الفيزيائية Physical properties:

#### 1. تعيين الكثافة الكلية والمسامية Bulk Density and Porosity:

لقد تم تعيين كل من الكثافة الكلية والمسامية لكل أنواع صخور الحجر الجيري بمواقع الدراسة باستخدام طريقة (ISRM (1985) (صورة 1). حيث تم اختبار ثلاث عينات على الأقل من كل صخر بعد ما تم وزن العينات الصخرية التي تم تجفيفها أولاً في فرن حراري لمدة 24 ساعة عند 105 درجة مئوية (صورة 2)، ثم

وضعت بعد ذلك في مجفف Desiccators لتبرد، ومن ثم تم وزنها ثانيةً مباشرة بعد التبريد. بعد ذلك تم غمر العينات بالماء لمدة 24 ساعة، وللتأكد من الاشباع الكامل بالماء تم غمر العينات في الماء تحت التفريغ أقل من لمدة لا تقل عن ساعة (صورة 3). بعد ذلك تم إزالة العينات من الماء وتجفيفها بقطعة من الملابس وإعادة وزنها لحساب كلٍ من الكثافة الجافة والمسامية، الشكل يبين جانباً من مختبر فحص الخواص الفيزيائية.



(2)



(1)

صورة (1) معمل تعيين الخواص الكيميائية والفيزيائية بشركة الإسمنت الليبية بالفتاح، صورة (2) الفرن الحراري لتعيين بعض الخصائص الفيزيائية.



صورة (3) جهاز التفريغ لإشباع العينات بالماء



صورة (4) تجميع العينات من مناطق الدراسة، المصدر (دراسة ميدانية).



(6)



(5)

صورة (5) جهاز أشعة إكس للتحليل الكيميائي، صورة (6) الطاحونة الهزازة HERZOG.

## 2. تعيين نسبة امتصاص الماء Water Absorptio :

الامتصاص هي قابلية الصخر على جذب الماء بين مسامه وحول سطح الحبيبات، إذا تعتمد قابلية الصخور للامتصاص على عوامل عدة منها: الشكل والحجم وترتيب الحبيبات وميكانيكية الصخور ومنها الرص، التشويه والكسور ... إلخ. وتُعد هذه الخاصية مهمة لأغراض البناء وفي تقييم صلاحيتها للعزل الحراري؛ لأن الصخر ذا الامتصاص القليل يكون أكثر تحملاً وأقل تأثراً بعملية التجمد، الذوبان وتغيرات الجفاف والرطوبة.

## 3. تعيين محتوى الرطوبة Moisture Content :

يسمى أيضاً بمحتوى الرطوبة المائي للصخور وهو عبارة عن نسبة وزن الماء في الصخر إلى وزنه الجاف، وتُعد هذه الصفة من الخواص الدالة للمواد الصخرية لما لها من علاقة بمعامل المرونة ومقاومة الشد والانضغاط، وأن هذه الخوص تقل بزيادة المعدل الرطوبي في الصخر.

### 3. النتائج والمناقشة

#### 1. الخواص الفيزيوميكانكية Physio-mechanical Properties:

تتمثل أهم الخواص الفيزيائية في كلٍ من الكثافة النوعية Specific gravity، امتصاص الماء Water absorption، الكثافة الكلية Bulk density، الصلادة Hardness والمسامية Porosity، بينما تتمثل الخواص الميكانيكية في مقاومة الانضغاط Compressive strength. الجدول (1) يعطي النتائج لهذه الخواص لصخور الحجر الجيري قيد الدراسة. أما بالنسبة لخاصية امتصاص الماء فقد أظهرت علاقة عكسية مع خاصية مقاومة الانضغاط، فكلما ازدادت نسبة امتصاص الماء كلما قلت المقاومة الانضغاطية للصخر والعكس صحيح، حيث كانت أقل القيم في عين الغزالة بالنسبة لامتصاص الماء وأكبر القيم في رأس بياض 2.45 و 2.61 على التوالي، في المقابل كانت قيم معامل الانضغاط 65.12 و 41.82 على الترتيب. كما أن الكثافة الحجمية تُظهر خاصية معاكسة لخاصية الامتصاص ومطابقة لخاصية الانضغاط، إذ أن كلما زادت الكثافة الكلية زادت مقاومة انضغاط الصخر.

من جهةٍ أخرى يتضح توافق خاصية الصلادة على مقياس موه مع هذه الخصائص فكانت أعلى القيم في صخور الحجر الجيري لعين الغزالة 2.90 حيث يغلب عليه النوع الدولوميتي والمارل وأقل القيم في رأس بياض لأنه حجر جيري طباشيري ناعم رخو 2.32. أما بالنسبة لمسامية الصخر فهي تتناسب تناسباً عكسي مع مقاومة الانضغاط فكلما زادت المسامية قل الانضغاط والعكس، وتتناسب تناسباً طردياً مع كل من درجة الامتصاص والكثافة.

جدول (1) نتائج الخواص الفيزيوميكانكية لصخور الحجر الجيري بمواقع الدراسة

المسامية (%)	الصلادة	الكثافة الكلية (Kg/m <sup>3</sup> )	امتصاص الماء (%)	الكثافة النوعية	مقاومة الانضغاط (N/mm <sup>2</sup> )	الخواص المنطقة
10.15	2.90	2650	2.45	2.72	65.12	عين الغزالة
16.12	2.32	2400	2.61	2.45	41.82	رأس بياض
13.14	2.63	2510	2.49	2.48	42.15	بئر الأشهب
12.99	2.57	2390	2.54	2.52	51.90	البردي
9.15- 25.13	3.0-3.05	1650-2670	-	2.67-2.68	36.15-68.10	مواصفات ASTM

ومن خلال هذه الخصائص يمكن تصنيف صخور الكربونات من حيث الكثافة إلى ثلاثة أنواع هي:

1. صخور صلبة Hard rocks وتكون كثافتها أكبر من 2650 كجم/م<sup>3</sup>، وتشمل صخور الدولوميت والمارل.
2. صخور متوسطة Medium rocks وتتراوح في الكثافة من 2350 كجم/م<sup>3</sup> إلى 2650 كجم/م<sup>3</sup> مثل الحجر الجيري بكافة أنواعه (حجر جيرى عادي، أحفوري، بطروخي Oolitic).
3. صخور رخوة أو ناعمة Soft rocks وتكون أقل من 2350 كجم/م<sup>3</sup> وتتمثل في صخور الطباشير.

من جهة أخرى تم مقارنة هذه الخصائص بمواصفات ASTM الخاصة بصناعة الإسمنت وتبين أن جميع هذه المواصفات تقع ضمن الحدود المنصوص عليها من قبل هذه المنظمة الأمريكية (جدول 2).

لقد تبين من خلال الدراسة الحقلية والعينات اليدوية وجود فارق بسيط في لون عينات الحجر الجيري حيث تتباين ما بين اللون الأبيض الذي يتميز به الحجر الطباشيري إلى اللون الأبيض المصفر أو المائل إلى الزرقة نتيجة تحول الحجر الجيري إلى الدولوميت أو المارل ونتيجة وجود بعض الأحافير. أما من حيث الصلادة على مقياس موه فقد أظهرت الدراسة عدم تماثلية هذه الصخور، إذا تباينت فيما بينها من منطقة لأخرى وبالطبع هذا يعتمد من الدرجة الأولى على التركيب الداخلي للمادة أو البناء الذري لها.

فقد تراوحت قيم الصلادة ما بين أقل قيمة وأعلى قيمة وهي 2.32 إلى 2.90 في كلٍ من منطقة رأس بياض وعين الغزالة على التوالي. كما أن هذا ينطبق أيضاً على الكثافة النوعية والتي كانت 2.72 و 2.35 ، والكثافة الكلية 2650 كجم/م<sup>3</sup> و 2320 كجم/م<sup>3</sup> في عين الغزالة والبردي على الترتيب (جدول 2).

وعليه يمكن تصنيف هذه الصخور إلى ثلاثة أنواع هي: صخور رخوة (طرية) Soft rocks، صخور صلبة Hard rocks وصخور صلبة جداً Very hard rocks. وقد يُعزى هذا التصنيف بطبيعة الحال إلى طبيعة الصخور التي تختلف من موقع لآخر على حسب طبيعتها وتركيبها الكيميائي وعمليات التحول التي تعرض لها مثل عملية الدلمتة Dolomitization. إن مثل هذه الاختلافات في الخواص تشكل العوامل الرئيسية التي تحكم الصخور تحت اختبارات الاجهادات الميكانيكية.

وطبقاً للتصنيف الأمريكي القياسي لاختبار المواد (2001) ASTM C 568-89 فإنه يمكن تصنيف صخور الحجر الجيري على أساس الكثافة إلى ثلاث فئات هي:

1. الفئة رقم I (منخفضة الكثافة Low-Density): لصخور الحجر الجيري التي تتراوح فيها الكثافة ما بين 1760 إلى 2160 كجم/م<sup>3</sup>.
  2. الفئة رقم II (متوسطة الكثافة Medium-Density): وتكون فيها كثافة صخور الحجر الجيري أكبر من 2160 كجم/م<sup>3</sup> ولا تزيد عن 2560 كجم/م<sup>3</sup>.
  3. الفئة رقم III (عالية الكثافة High-Density): وتكون فيها كثافة صخور الحجر الجيري أكبر 2560 كجم/م<sup>3</sup>.
- واستناداً إلى هذا التصنيف فإن صخور الحجر الجيري قيد الدراسة تندرج ضمن الفئة الثانية والثالثة السالف ذكرهما، أي متوسطة وعالية الكثافة.

أما من حيث نسبة امتصاص الماء والمسامية فقد أظهرتا ارتباطاً إيجابياً مع بعضهما البعض وسلبياً مع كلٍ من الكثافة النوعية والصلادة ومقاومة الانضغاط. فقد سجلت صخور منطقة رأس بياض أعلى القيم في نسبة امتصاص الماء (2.61%)، حيث كانت المسامية 16.12%، بينما كانت أدنى القيم في صخور منطقة عين غزالة (2.45%) من حيث امتصاص الماء حيث كانت المسامية 10.15%.

## 2. الخواص الكيميائية Chemical Properties:

تُعد الاختبارات الكيميائية من العوامل الأساسية التي من خلالها يتم تحديد النسب الوزنية للأكاسيد الموجودة في الحجر الجيري والتي يُبنى عليها بشكلٍ أساسي طبيعة الإسمنت الناتج عنها، لذلك كان من الضروري إجراء التحاليل الكيميائية لكافة العينات التي تم جمعها من مناطق الدراسة على نحوٍ مفصل، فلأغراض صناعة الإسمنت يتحتم علينا معرفة النسب الوزنية للأكاسيد الداخلة في الصناعة، وذلك لان صناعة الإسمنت تحتاج الى مواد أولية ذات مواصفات خاصة من ناحية التركيب الكيميائي (Fundel, 1982).

## المواد الأولية الجيرية Limestone Raw Materials:

الجدول (2) يوضح نتائج التحاليل الكيميائية للأحجار الجيرية في مواقع الدراسة التي أجريت.

جدول (2) التركيب الكيميائي للحجر الجيري في مناطق الدراسة

المكونات (%)	عين الغزالة	رأس بياض	بئر الأشهب	البردي
SiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	2.75	0.10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.166	0.13	0.64	0.20



0.16	0.74	0.00	0.020	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
53.97	44.63	55.15	54.97	CaO
0.66	8.31	0.54	0.60	MgO
0.70	0.09	0.08	0.053	Cl
0.70	0.52	0.14	0.29	SO <sub>3</sub>
0.00	0.22	0.00	0.00	Na <sub>2</sub> O
0.00	0.00	0.00	0.00	K <sub>2</sub> O
0.00	0.03	0.00	0.00	TiO <sub>2</sub>
0.01	0.03	0.01	0.008	MnO
0.21	0.21	0.21	0.204	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
42.95	41.8	43.62	43.61	LOI*
99.66	99.97	99.88	99.92	Σ
96.32	79.85	98.43	98.10	CaCO <sub>3</sub>
1.15	17.40	1.13	1.26	MgCO <sub>3</sub>

Loss on ignition فائد الحرق = LOI\*

### 1. أكسيد السليكا (SiO<sub>2</sub>): Silicon Oxide

لقد تبين من خلال نتائج التحليل الكيميائي التي أجريت على صخور الحجر الجيري بمناطق الدراسة المختلفة تدني محتوى السليكا فيها، حيث تتراوح نسبة السليكا بين 0.00-2.75 % في كل من عين الغزالة، رأس بياض وبئر الأشهب جدول (3)، وأن وجود السليكا في العينات تعود الى وجود الكوارتز أو المعادن السيليكاتية أو كونها متزامنة مع هذه المعادن في بيئة الترسيب.

### 2. أكسيد الألومنيوم (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>): Aluminum Oxide

تتراوح نسبة الألومنيوم بين 0.13% بمنطقة رأس بياض إلى 0.64% بمنطقة بئر الأشهب لكونه اندمج مع التركيب المعدني لأحجار الكلس أو قد يكون متزامناً مع المعادن الطينية ( Weaver & Pollard , 1975). عند مقارنة محتوى الألومنيوم في عينات الدراسة مع القيم النموذجية لخور الحجر الجيري المقترحة من قبل (Klieger (1985)، Bayles (1985) و Moore 1996) اتضح وجود تشابه كبير بين توزيع هذا المركب في صخور الحجر الجيري قيد الدراسة وتوزيع السيليك، وربما يُعزى ذلك الأمر إلى الارتباط ما بين عنصري السليكا والألومنيوم مع بعضهما في بعض المركبات السيليكاتية كالمعادن الطينية على سبيل المثال.

### 3. أكسيد الحديد ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ): Ferric Oxide

يوجد أكسيد الحديد بنسبة تتراوح بين 0.00% بمنطقة رأس بياض إلى 0.74% بمنطقة بئر الأشهب جدول (3)، وعادة ما تترافق المعادن الحاوية على الحديد مع المعادن الطينية وتنتج عن عمليات التجوية لبعض المعادن الأولية وقد تشكل المعادن الطينية كأكاسيد وهيدروكسيدات (Schwertman & Taylor, 1987) يبين المقارنة بين محتوى هذا المركب والقيم النموذجية للحجر الجيري والذي يُظهر مدى التباين في هذه القيم وقد يُعزى ذلك إلى البيئات الترسيبية التي تشكلت فيها هذه الصخور.

### 4. أكسيد الكالسيوم ( $\text{CaO}$ ): Calcium Oxide

لقد أسفرت التحاليل الكيميائية عن وجود أكسيد الكالسيوم في كافة مواقع الدراسة بنسب تركيز عالية، إذ تراوحت قيمته ما بين 44.63% في منطقة بئر الأشهب إلى 55.15% في رأس بياض جدول (3)، ويُعزى زيادة محتوى أكسيد الكالسيوم إلى انخفاض محتوى السليكا والماغنسيوم كمكونات أساسية. ويُعد أحد المكونات الأساسية لصخور الحجر الجيري، كما يُعد أهم المكونات في مواد صناعة الإسمنت، وتعكس الزيادة في أيونات الكالسيوم إلى وجود الجبس ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) وهو أحد مصادر أيونات الكالسيوم.

### 5. أكسيد الماغنسيوم ( $\text{MgO}$ ): Magnesium Oxide

تراوحت نسبته بين 0.60% بمنطقة عين الغزالة إلى 8.31% ببئر الأشهب، وأن هذا الأكسيد هو أحد المكونات الأساسية لصخور الدولوميت، وأن مصدر أيونات الماغنسيوم اللازمة هو المحاليل المسامية Pore fluids الغنية بالماغنسيوم والمتواجدة ضمن الصخور (Schafer, 1987). يتبين الاتجاه العكسي في توزيع وتركيز أكسيد الماغنسيوم في عينات الدراسة، إذ يزداد محتوى الماغنسيوم على حساب الكالسيوم في الصخور الجيرية وهذا يعود إلى إحلل ذرة الماغنسيوم محل ذرة الكالسيوم في عمليات التحول من الحجر الجيري إلى الدولوميت والتي تُعرف بالدلمتة Dolomitization، حيث نجد أن أعلى قيم تركيز لأكسيد الماغنسيوم بمنطقة بئر الأشهب تحتوي على أقل محتوى من أكسيد الكالسيوم.

### 6. الأكاسيد القلوية ( $\text{Na}_2\text{O}$ & $\text{K}_2\text{O}$ ): Alkali Oxide

تكاد تكون نسبة الأكاسيد القلوية في صخور الكربونات قيد الدراسة معدومة، إذ كان محتواها صفر في أغلبية مناطق الدراسة عدا منطقة بئر الأشهب، حيث كانت قيمة أكسيد الصوديوم 0.22% جدول (3)، وهذا يُعد في حد ذاته مؤشراً جيداً لجودة هذه الصخور؛ نظراً لأن هذه المركبات تقع ضمن المواد الغير مرغوب فيها نظراً لبعض الأضرار الناجمة عنها في صناعة الإسمنت، وبشكل عام فإن هذه النسب تكون ضمن الحدود المسموح بها في صناعة الإسمنت عالمياً؛ لأن النسب العالية منها لها تأثير سلبي على العمليات التشغيلية

للفرن فضلاً عن تأثيرها على نوعية الإسمنت، إذ أنه أثناء عملية حرق المواد الأولية في الفرن الدوار يحصل تطايراً لأجزاء من القلويات في نطاق الحرق مؤدية إلى تكوين دورة القلويات والكبريتات والكلوريدات، والتي قد ترسب على جدار الفرن في المناطق الباردة منه نتيجة تكاثفها، مما يؤدي إلى تكوين الحلقات Ring داخل الفرن، وبالتالي يعرقل سير المزيج الخام، ومن ناحية أخرى فإن القلويات المتحررة من الإسمنت لها قابلية على التفاعل مع الركام الحار على أشكال فعالة من السيليكا مثل الأوبال والفلنت، وناتج هذا التفاعل يكون هلام سيليكسي-قلوي والذي يسبب قوة تمددية تؤدي إلى حدوث تشقق في المنشآت الخرسانية ( Duda, 1977; Schafer, 1987).

إن توزيع محتوى كل من أكسيد الصوديوم والبوتاسيوم في صخور الحجر الجيري قيد الدراسة وبالمقارنة مع القيم النموذجية الأخرى للحجر الجيري، إذ يتضح أن صخور الحجر الجيري بمناطق الدراسة تكاد تكون خالية من هذه العناصر عدا منطقة بئر الأشهب بالنسبة لأكسيد الصوديوم، وخلوها تماماً من أكسيد البوتاسيوم، وهذا مؤشر جيد على جودة هذه المواد الأولية مقارنة بالقيم النموذجية الأخرى.

#### 7. الكبريتات ( $SO_3$ ) Sulphate:

كانت الكبريتات منخفضة في معظم عينات الدراسة، حيث تراوحت نسبتها ما بين 0.14% إلى 0.70% في كل من رأس بياض والبردي على التوالي مما يدل على أن المصدر الأساسي لها هو الجبس الثانوي (Secondary Gypsum) مما يعكس بيئة (Supratidal Condition) أثناء ترسيب الحجر الجيري (Flugel , 1982). بمقارنة تركيز الكبريتات في مناطق الدراسة مع القيم النموذجية الأخرى تبين وجود فارق كبير في تركيز الكبريتات في بعض المناطق مثل البردي، وبئر الأشهب.

#### 8. أكسيد الفوسفور ( $SO_3$ ) Phosphorous Oxide:

جدير بالذكر أن هنالك بعض الأكاسيد والمركبات الأخرى التي تم تعيينها وكان محتواها في عينات الدراسة متدنياً إلى حد بعيد مثل أكسيد التيتانيوم، وأكسيد المنجنيز، حيث تراوحت النسبة ما بين 0.00% إلى 0.03%. كما أظهر أيضاً الكلورين نسب متفاوتة ما بين 0.05% في عين الغزالة إلى 0.70% في البردي جدول (3).

#### 9. فواقد الحرق (LOI) Loss on Ignition:

تراوحت نسبها بين 41.8% في منطقة بئر الأشهب و 43.62% بمنطقة رأس بياض، وتشمل ماء التبلور والكربونات والكبريتات والمواد العضوية جدول (3)، يوضح التباين في نسبة فواقد الحرق لصخور الكربونات بمناطق الدراسة.

كما أظهرت نسبة كربونات الكالسيوم في عينات الدراسة تركيزات مرتفعة، إذ وصلت أدنى قيمة في منطقة بئر الأشهب 79.85%، بينما كان أعلى تركيز لها في منطقة رأس بياض 98.43%، من جهةٍ أخرى أظهرت التحاليل تبايناً في تركيز كربونات الماغنسيوم ليسجل أقل قيمة في 1.13% في منطقة رأس بياض، وأعلى تركيز في منطقة بئر الأشهب 17.40%، وهذا دليل على وجود صخور الدولوميت التي تتشكل من الأيونات المزدوجة من الكالسيوم والماغنسيوم.

لقد أسفرت نتائج التحليل الكيميائي عن ارتفاع نسبة كربونات الكالسيوم في صخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة، وهذا في حد ذاته مؤشراً جيداً على جودة هذه الصخور كمادة خام في صناعة الإسمنت، من جهةٍ أخرى كانت نسبة كربونات الماغنسيوم متدنية في معظم مواقع الدراسة عدا بئر الأشهب.

#### 4. النتائج والتوصيات

##### - اولا النتائج The Results :

1. نجد ان التكوينات الجيولوجية التي ظهرت على السطح هي من الصخور الجيرية (حجر جيري مارلي رملي إلى دولوميتي إلى حجر جيري طيني إلى طفلي) وهي متجانسة التركيب تظهر بها الطبقات بوضوح غنيه بالحفريات، وعلية قسمت الصخور الجيرية في منطقة الدراسة إلى عدة تكوينات الجيولوجية، يعد تكوين الخويمات من أقدم الصخور الظاهرة في المنطقة وتكوين الجغبوب يغطي الجزء اكبر من منطقة الدراسة.
2. طبقاً للتصنيف الأمريكي القياسي لاختبار المواد ASTM C 568-89 فإنه يمكن تصنيف صخور الحجر الجيري على أساس الكثافة إلى ثلاث فئات هي: الفئة رقم I (منخفضة الكثافة Low-Density): صخور الحجر الجيري التي تتراوح فيها الكثافة ما بين 1760 إلى 2160 كجم/م<sup>3</sup>، الفئة رقم II (متوسطة الكثافة Medium-Density): وتكون فيها كثافة صخور الحجر الجيري أكبر من 2160 كجم/م<sup>3</sup> ولا تزيد عن 2560 كجم/م<sup>3</sup>، الفئة رقم III (عالية الكثافة High-Density): وتكون فيها كثافة صخور الحجر الجيري أكبر 2560 كجم/م<sup>3</sup>. واستناداً إلى هذا التصنيف فإن صخور الحجر الجيري قيد الدراسة تندرج ضمن الفئة الثانية والثالثة السالف ذكرهما، أي متوسطة وعالية الكثافة.
3. حيث نسبة امتصاص الماء والمسامية فقد أظهرتا ارتباطاً إيجابياً مع بعضهما البعض وسلبياً مع كلٍ من الكثافة النوعية والصلادة ومقاومة الانضغاط. فقد سجلت صخور منطقة رأس بياض أعلى القيم في نسبة امتصاص الماء (2.61%)، حيث كانت المسامية 16.12%، بينما كانت أدنى القيم في صخور منطقة عين غزالة (2.45%) من حيث امتصاص الماء حيث كانت المسامية 10.15%.



4. لقد أسفرت التحاليل الكيميائية عن وجود أكسيد الكالسيوم في كافة مواقع الدراسة بنسب تركيز عالية، إذ تراوحت قيمته ما بين 44.63% في منطقة بئر الأشهب إلى 55.15% في رأس بياض، ويُعزى زيادة محتوى أكسيد الكالسيوم إلى انخفاض محتوى السليكا والماغنسيوم كمكونات أساسية، وبالمقارنةً بالقيم النموذجية للحجر الجيري أظهرت النتائج تقارباً لبعض القيم وأن أغلبها بشكلٍ عام يفوق تركيزها 50% من حيث محتوى أكسيد الكالسيوم في صخور الحجر الجيري وهذا ما يعزز جودة هذه الصخور قيد الدراسة كمادة أولية من أهم المكونات الداخلة في صناعة الإسمنت.

### ثانياً التوصيات Recommendations:

1. الاهتمام بدراسة المواد الأولية الخام في كافة مناطق ليبيا والتي تُعد هامة لكثير من الصناعات الرئيسية ومنها صخور الحجر الجيري.
2. القيام بإجراء المسوحات الشاملة لكافة المناطق المتواجد بها صخور الكربونات بكافة أنواعها وحساب احتياطاتها.
3. يتعين على المختصين والباحثين والعاملين في هذا المجال حث الجهات المعنية على تبني الأمر على نحوٍ من الجدية لما له من دورٍ فاعلٍ في تحقيق التنمية المستدامة ودعم الاقتصاد الوطني والمحلي.
4. ينبغي على الجهات المعنية بالأمر مناشدة الدولة بتذليل كافة الصعوبات وتسهيل الإجراءات الإدارية لتشجيع الاستثمار في هذا الجانب، والعمل على تقديم كافة السبل التي من شأنها تشجيع الاستثمار في هذا القطاع الحيوي.

### المصادر REFERENCES

#### 1- المصادر العربية:

- السنوسي، عبدالحليم صلاح، (2021)، الاثار البيئية والاقتصادية للتعدين السطحي بلدية طبرق، رسالة ماجستير (غير منشورة)، الاكاديمية الليبية، بنغازي، ليبيا.
- الشحومي، خليفة أحمد ، (2003)، "مورفولوجية الكارست في المنطقة الممتدة من درنة إلى سوسة بالجبل الأخضر — شمال شرق ليبيا"، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة قاريونس، بنغازي.



الطرط، علاء جابر فتح الله ( 2019 ) هضبة البطنان شمال شرق ليبيا ، دراسة جيومورفولوجية ،قسم الجغرافيا ،كلية الاداب، جامعة عين شمس .

المبروك، محمود على (2013) هضبة الدفنة في شمال شرق ليبيا، دراسة جيومورفولوجية، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عين شمس.

خديجة فرج سالم، الخصائص العامة لمناخ منطقة البطنان وتأثيراته على جوانب البيئة الطبيعية والبشرية، رسالة ماجستير، أكاديمية الليبية بنغازي، قسم الجغرافيا والموارد، 2017.

مركز البحوث الصناعية، خريطة ليبيا الجيولوجية، (1977)، " لوحة البردية"، مقياس 1:250.000.

## 2- المصادر الأجنبية:

.Fundel , E. (1982) Optical measurement of cement clinker-part 2 , world cement , Vol. No. 8 , PP. 318-323.

Duda, W.H. 1977. Cement-Data-Book. Interna-tional processing engineering in the cement industry (2nd ed.), Bauverlag, GmbH. Wiesbaden, Berlin Macdonald and Evans, London, 539p.

Flugel , E. (1982) Microfacies analysis of limestone , springer-verlag , Berlin , P. 375 .

Schafer, H.U. 1987. Assessment of raw materials for the cement industry. Reprint from the Journal (World Cement). Cement and concrete association, London Vol.7, pp273-283.

Schwertman , V. , and Taylor , R. M. (1987) Iron oxide in J. B. , Dixon and Weed (ed) mineral in environ mental , ch.8 Soil , Sci , Am. Madison , Wis , 2<sup>nd</sup> , Ed , P. 420

Weaver , C. E. , and Pollard , L. (1975) The chemistry of clay minerals , Develop in Sedimento , 15 , Elsevier , Sci. , Pub ,Co, New York,P.213.