Iraqi National Journal of Earth Science
www.earth.mosuljournals.com

تقييم صلاحية صخور الحجر الجيري في منطقة المشراق، شمالي العراق، لأغراض البناء وكحجر تحكيم للسكك الحديدية

عارف محمد عايد [1*]، محمد راشد عبود [2]

[1،2] قسم علوم الارض التطبيقية، كلية العلوم، جامعة تكريت، تكريت، العراق.

معلومات الارشفة

تاريخ الاستلام: 27- ديسمبر -2023

تاريخ المراجعة: 04- فبراير -2024

تاريخ القبول: 14- ابريل -2024

تاريخ النشر الالكتروني: 01- يناير -2025

الكلمات المفتاحية:

الحجر الجيري

احجار البناء

تكوين الفتحة

حجر التحكيم

المراسلة:

الاسم: عارف محمد عايد

Email: arefaljouaany@gmail.com

الملخص

يهدف البحث الى تقييم صلاحية صخور تكوين الفتحة الجيرية في منطقة المشراق, محافظة نينوى، شمالي العراق، كأحجار بناء وكحجر تحكيم للسكك الحديدية. تم اختيار ثمان محطات لهذه الدراسة، واظهرت الفحوصات البتروفيزيائية أن المسامية تراوحت مابين (5.401-16.362)% وان نسبة الامتصاص تراوحت مابين (2.078-7.515)%، والكثافة الجافة تراوحت بين (2.177-2.601)غم/سم^3، حيث ان التباين في قيم نسبة الامتصاص والكثافة الجافة سببه التباين في قيم مسامية الحجر الجيري، في حين اظهرت الفحوصات الميكانيكية ان قيم المقاومة الانضغاطية تتراوح مابين (13.503-28.237) ميكا باسكال وقيم مقاومة الانثناء تراوحت مابين (2.978-10.103) ميكا باسكال، ونسبة التآكل الميكانيكي تراوحت مابين (37.7%-53.8%). وعند مقارنة هذه الخواص مع المواصفات القياسية الخاصة بأحجار البناء (ASTM, C, 568-99, 2004)، واحجار تحكيم السكك الحديدية (O.R.B.D, 1999) Organization of Road and Bridge Design) Department)، تبين ان صخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة صالحة لأغراض البناء لكنها غير صالحة كحجر تحكيم للسكك الحديدية. السبب هو لكون متطلبات صلاحية الصخور لأغراض البناء اقل من متطلبات صلاحيتها كحجر تحكيم للسكك الحديدية من ناحية نسبة الامتصاص والكثافة الجافة والمقاومة الانضغاطية احادية المحور حيث ان المسامية كان لها تأثير كبير في انخفاض قيم هذه الخواص.

DOI: 10.33899/earth.2024.145658.1204, ©Authors, 2025, College of Science, University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Assessment of the Validity of Limestone Rocks in The Mishraq Area, North of Iraq, For Building Purposes and As a Railway Ballast Stone

Aref Mohammed Ayid [1*], **Mohammed Rashid Abood** [2]

[1,2]*Department of Applied geology, College of Sciences, University of Tikrit, Tikrit, Iraq.*

Article information

Received: 27- Dec -2023

Revised: 04- Feb -2024

Accepted: 14- Apr -2024

Available online: 01- Jan – 2025

Keywords:
Limestone
Building stones
Fatha Formation
Ballast stone

Correspondence:
Name: Aref Mohammed Ayid
Email: arefaljouaany@gmail.com

ABSTRACT

The study aims to assess the validity of Fatha Formation limestone rocks in Mishraq area, Ninavah Governorate in northern Iraq for building stones and a railway ballast stones. Eight stations are selected for this study. The petrophysical tests show that the porosity varies between (5.401-16.362%), the absorption ratio varies between (2.078-7.515%), and the dry density varies between (2.177 - 2.601 g/cm^3). The variation in the absorption and dry density values is caused by the variation in the limestone porosity values. Mechanical tests show that the compressive strength values range from (13.503 to 28.237 Mpa), the flexural strength range from (2.978 to 10.103 Mpa), and the mechanical erosion range from (37.7 to 53.8%). When compared with standard specifications for building stones (ASTM, C, 568-99, 2004) and railway ballast stones (Organization of Road and Bridge design department) (O.R.B.D, 1999), the limestone rocks in the study area are found to be suitable for building but not suitable as a railway ballast stones. The reason is that the requirements for the suitability of the examined limestone rocks for building purposes are lower than that for their suitability as railways ballast stones in terms of absorption ratio, dry density, and uniaxial compressive strength. as porosity has a significant impact on the decrease in the values of these properties.

DOI: 10.33899/earth.2024.145658.1204, ©Authors, 2025, College of Science, University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

المقدمة

نظرا للتطور والتوسع العمراني الذي يشهده البلد وخاصة محافظة نينوى التي تعرضت الى دمار كبير في البنى التحتية بسبب الحروب اصبحت الحاجة ماسة الى البحث عن مواد طبيعية تصلح للبناء. وتعرف احجار البناء (building stone) بانها احجار طبيعية تم اختيارها واستخلاصها لإنتاج مواد بناء ذات شكل وحجم دقيقين واستعملت احجار البناء في مختلف الاغراض الهندسية واغراض الزينة (Kavinda *et al.*, 2022). وتشمل احجار البناء انواعاً مختلفة من الاحجار الطبيعية المستعملة في التحسينات الخارجية والداخلية للمباني مثل الكرانيت والرخام والحجر الرملي والحجر الجيري, ويتم تقييم انواع احجار البناء اعتمادا على امكانية استخراج القطع الكبيرة ومظهر الحجر عند قطعه وصقله وامكانية الوصول الى الموقع والخصائص الميكانيكية للحجر (Faraj,2022). تختلف الكتل الصخرية في صفاتها وانواعها وخصائصها من منطقة الى اخرى حيث تكونت هذه الصخور في أعمار وظروف مختلفة (Wahab *et al.*, 2019). ويعرف حجر التحكيم بانه حجر ذو مواصفات هندسية خاصة يستخدم في انشاء السكك الحديدية حيث يتم رصه جيدا قبل وضع قضبان الحديد ويمكن استخدام الاحجار الكلسية لهذا الغرض (Raymond, 1979). من المتطلبات المهمة عند انشاء سكك الحديد هي وجود احجار التحكيم بكميات كبيرة وبمواصفات خاصة, والتي تكون قليلة الوجود في كافة الصخور المنكشفة في العراق. ان انشاء السكك الحديدية ضروري جدا لأنها تحمي الطرق البرية من التلف بسبب الحمولات الكبيرة

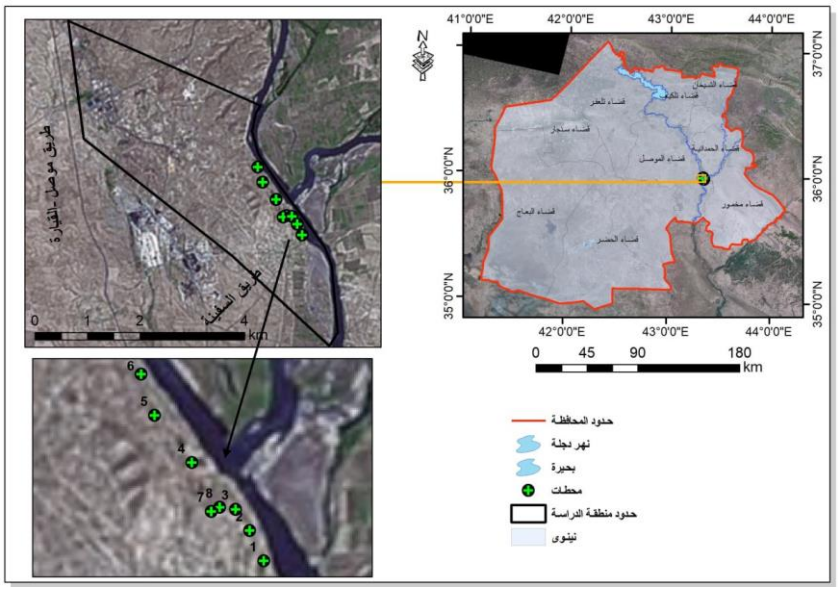
(Mohsin, 2012). يستخدم الحجر الجيري كحجر تحكيم السكك الحديدية بعد سحقه بإحجام مناسبة حيث تتألف السكك الحديدية من جزئين رئيسين هما جزء علوي وجزء سفلي. يتألف الجزء العلوي من خطوط السكك الحديدية، اما الجزء السفلي فيتكون من ثلاث طبقات، الاولى والثانية عبارة عن تربة مرصوصة والثالثة العليا فهي عبارة عن حجر التحكيم (Abdullah *et al.*, 2022). وبالرغم من انخفاض اسعار الركام الطبيعي كالحجر الجيري فان لهذه المواد تأثيرا كبيرا على الانشطة المالية لمعظم الدول وان مقدار انتاجها واستخدامها هو أحد العوامل المهمة التي تسلط الضوء على الازدهار الاقتصادي لتلك الدول (Kamani *et al.*, 2022). يمتاز العراق بوجود كميات كبيرة من الحجر الجيري المناسبة للأغراض الهندسية (Khudhur *et al.*, 2022). وأكد (Salih, 2012) ان صخور الحجر الجيري لعدة محطات في محافظة نينوى تمتلك مقاومة ضعيفة الى متوسطة القوة، وهذا يتطابق مع العديد من الدراسات السابقة لصخور الحجر الجيري في المحافظة بالإضافة الى فحص الانثناء وفحص التآكل الميكانيكي (لوس انجلوس) التي اظهرت وفقا للمواصفات العراقية والعالمية بأن كثرة الصخور الجيرية في محافظة نينوى وكذلك التباين الموجود في صفاتها يجعلها صالحة للاستخدام وبشكل واسع لأغراض البناء.

موقع منطقة الدراسة

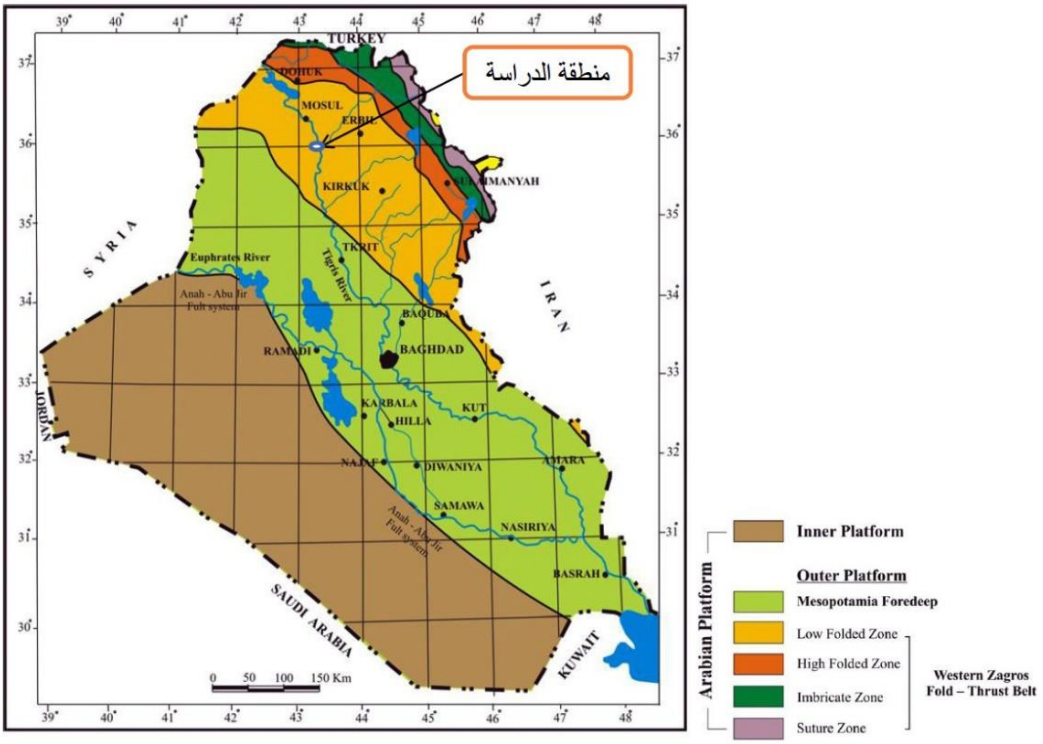
تقع منطقة الدراسة في محافظة نينوى على بعد (45) كم جنوب شرقي مدينة الموصل بين خطي طول (′21 °43 ″38.1 ′17 °43 - ″2.8) شرقا ودائرتي عرض (″12.1 ′01 °36 – 55.5 ′57 °35) شمالا كما في الشكل (1). اذ يحدها نهر دجلة من جهة الشرق وتحدها من الغرب الشركة العامة لكبريت المشراق. وتبلغ مساحة منطقة الدراسة حوالي (12) كم^2 متمثلة ببعض المكاشف الصخرية التي تقع في طية المشراق المحدبة والمناطق المجاورة لها. ويطلق على هذه المنطقة بصورة عامة (المشراق1)، (M1) (Centro zap, 1971).

تكتونية منطقة الدراسة

تكتونيا تقع منطقة الدراسة في نطاق الطيات الواطئة (Low Folded Zon) ضمن اقدام التلال (Foot hill Zone) العائد للرصيف غير المستقر (Unstable Shelf) حسب تصنيف (Al Qadimy *et al.*, 1996). تمتد معظم طيات هذه المنطقة ابتداءً من سلسلة جبال مكحول_ حمرين بالاتجاه (NW-SE)، تتغير تدريجيا الى اتجاه (E-W) في المناطق الشمالية الغربية. تنقسم منطقة الطيات الواطئة الى بلوكين هما بلوك كركوك في الجنوب الشرقي وبلوك الموصل في الشمال الغربي (Fouad, 2015) كما في الشكل (2).



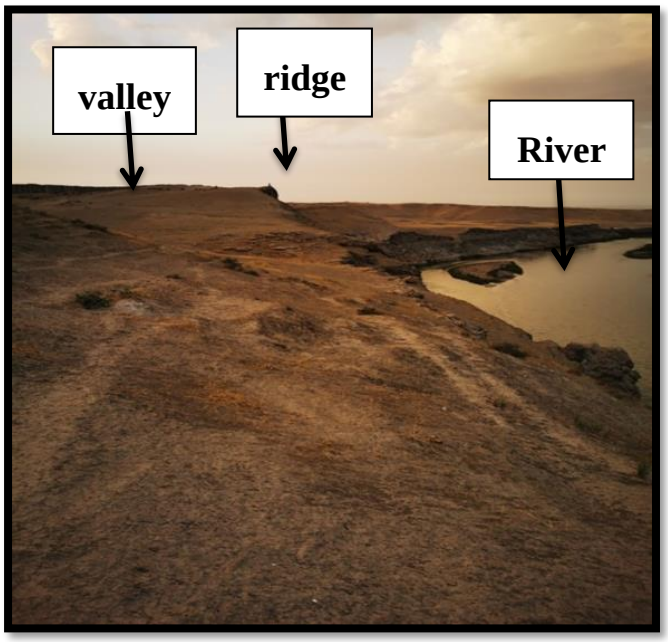
الشكل 1. خارطة موقعية لمنطقة الدراسة.



الشكل 2. خارطة العراق التكتونية موضحا عليها منطقة الدراسة عن (Fouad, 2015)

جيومورفولوجية منطقة الدراسة

تظهر في منطقة الدراسة العديد من الظواهر الجيومورفولوجية، اهمها طية المشراق المحدبة ونهر دجلة والزاب الكبير و التلال، حيث تتميز منطقة المشراق بارض متموجة وتلال غير مرتفعة وبصورة عامة تتراوح بين الاراضي المنبسطة والمتمثلة بالسهل الفيضي عند حوض دجلة والتلال المرتفعة التي تقع شمال قرية السفينة القريبة من مشراق1، اما في مشراق2 فتوجد بعض التلال البسيطة التي ترتفع عن سطح الارض ب (10 م) (Al kaaby *et al* ., 1989)، وكذلك الوديان حيث ان انماط التصريف للمياه السطحية يتبع الوديان الموجودة في المنطقة ومن ابرز انماط التصريف السائدة في المنطقة هو النمط الشجري (dendritic pattern) (Al Allaaf, 1998) كما في اللوحة (1).



اللوحة 1. بعض الظواهر الجيومورفولوجية في منطقة الدراسة.

طباقية منطقة الدراسة

تنكشف في منطقة الدراسة التكاوين الآتية:

تكوين الفتحة (المايوسين الاوسط) Fatha Formation (Middle-Miocene)

ان دراسة هذا التكوين بالغة الاهمية كونه ينكشف في معظم اماكن منطقة الدراسة، مع بعض المكاشف التي تحد المنطقة حيث يظهر فيها تكوين انجانة وترسبات العصر الرباعي. تم اختيار جميع محطات الدراسة من تكوين الفتحة في منطقة الدراسة المتكون من عدة دورات ترسيبية(ما بين 10-16 دورة) ويتراوح سمك الدورة من 1-20 متراً وتتكون من ترتيب متجانس من الطين والمارل والجبسم والحجر الجيري. قسم من هذه الدورات كاملة وقسم اخر ينقصه واحد او اكثر من المكونات المذكورة، كما تتميز منطقة المشراق بتعاقب صخور الجبسم والانهايدرايت الى صخور جيرية كبريتية متبلورة (recrystallized sulphurous limestone) وحجر جيري ثانوي (Secondary limestone) (Motaib *et al.*, 2008).

تكوين انجانة (المايوسين الاعلى) Injana Formation (Upper-Miocene)

ينكشف هذا التكوين في الجزء الجنوبي الشرقي لطية المشراق ويمتد منكشفا على جانبي النهر وصولا الى ناحية القيارة، ويتكون من دورات متعاقبة من الحجر الرملي (sandstone) وحجر الطين الاحمر (red claystone) مع طبقات بينية قليلة السمك من الجبس والحجر الجيري. سمك هذا التكوين مختلف ويعتمد على تغيرات اولية اثناء الترسيب والتعرية بخاصة في المناطق المرتفعة (Buday and Jassim, 1987).

ترسبات العصر الرباعي Quaternary deposits

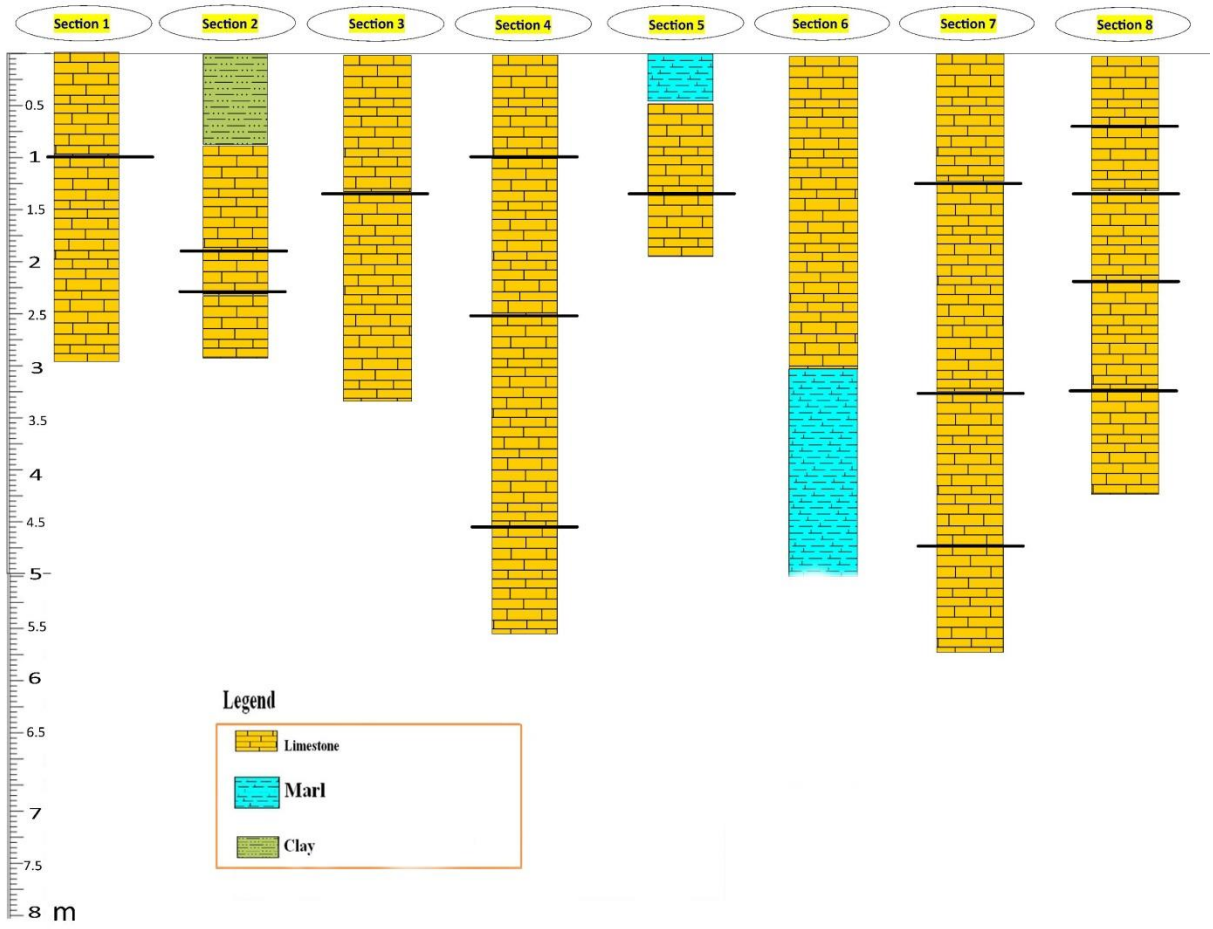
هي ترسبات مكونة من الحصى والرمل والطين تغطي بعض المناطق في منطقة الدراسة، ويعود عمر هذه الترسبات الى عصر البليستوسين (Pleistocene) (Barwary, 1983)، وهي رواسب نهرية في اغلبها بقايا لسهول فيضية سابقة كونت السهل الفيضي الحالي (Al Hasiniany, 2003) وتظهر عادة على جانبي القناة النهرية. وقد نتجت اساسا بسبب حدوث تغيرات في قاع النهر والذي لا يمكن للنهر ان ينحت الى مستوى اقل منه، او قد ينتج بسبب حدوث تغيرات مناخية شهدتها المنطقة التي يجري خلالها النهر (Mahsoob, 1997) وتظهر عادة سلسلة من المدرجات النهرية الممتدة في موازاة القناة المائية وعلى كلا جانبيها وبذلك تكون هناك مستويات عليا وسفلى لهذه المدرجات (Al Hasiniany, 2003).

المسح الجيولوجي الهندسي لمحطات الدراسة

يعد المسح الجيولوجي الهندسي مهماً جداً لغرض تحديد صلاحية الكتل الصخرية للأغراض الهندسية وتصنيفها من خلال ايجاد الخواص الحقلية للصخور، حيث تم اجراء مسح جيولوجي هندسي شامل لصخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة ووصفها وفق تقرير الجمعية الجيولوجية في لندن (Anon, 1972, 1977) والتي تنص على ان اسم الصخرة لوحده بدون وصف غير مجدٍ في الاغراض الهندسية، حيث يجب ان يكون هناك وصف دقيق للصخرة وان اقتراح الجمعية الجيولوجية في لندن ان يكون نظام وصف الصخور وفق اللون، المسافة بين الانقطاعات، المقاومة الصخرية الحقلية، وسمك التطبق حسب (Anon, 1972, 1977) وكذلك وصف حالة التجوية حسب (Hawkins, 1986) وكما في الجدول (1). وسمك طبقات الحجر الجيري لتكوين الفتحة لمحطات الدراسة موضح في الشكل (3).

الجدول 1: الوصف الجيولوجي الهندسي لصخور الحجر الجيري العائدة لتكوين الفتحة في منطقة الدراسة.

رقم المحطة	وضعية التطبق Dip direction/dip amount	اللون حسب Anon,1972	المسافة بين الفواصل حسب Anon,1972	التجوية حسب Hawkins,1986	التطبق حسب Anon,1972	مقاومة المادة الصخرية حسب Anon,1977
1	040°/28°	اصفر فاتح	واسعة جدا	تجوية خفيفة	طبقات سميكة	قوية باعتدال
2	110°/8°	اصفر فاتح	مسافة واسعة	تجوية خفيفة	طبقات سميكة	قوية باعتدال
3	160°/20°	اصفر فاتح	مسافة واسعة	تجوية خفيفة	طبقات سميكة	قوية باعتدال
4	170°/20°	اصفر فاتح	مسافة واسعة	تجوية خفيفة	طبقات سميكة	قوية باعتدال
5	070°/30°	اصفر فاتح	مسافة واسعة	تجوية متوسطة	طبقات سميكة	قوية باعتدال
6	230°/25°	اصفر فاتح	مسافة واسعة	تجوية خفيفة	طبقات سميكة	قوية باعتدال
7	022°/32°	اصفر فاتح	مسافة واسعة	تجوية خفيفة	طبقات سميكة	قوية باعتدال
8	050°/20°	اصفر فاتح	مسافة واسعة	تجوية خفيفة	طبقات سميكة	قوية باعتدال



الشكل 3. التتابعات الصخارية لمحطات منطقة الدراسة.

الفحوصات المختبرية

تم اجراء الفحوصات الجيوتكنيكية المطلوبة لإيجاد الخواص التي تعنى بصلاحية الصخور الجيرية في منطقة المشراق لأغراض البناء وكحجر تحكيم سكك الحديد وفق المواصفة القياسية الامريكية وتشمل الفحوصات البتروفيزيائية (المسامية، الكثافة الجافة، ونسبة الامتصاص) والفحوصات الميكانيكية (المقاومة الانضغاطية، مقاومة الانثناء، ونسبة التآكل الميكانيكي).

- المسامية Porosity (n%)

تعرف بأنها النسبة بين حجم الفراغات في الصخرة الى حجم الصخرة الكلي، والتي تقاس عند تفريغ المسامات من الهواء (Honeyborne, 1982). يجفف النموذج الصخري بدرجة حرارة (105°) لحين وصوله الى وزن ثابت، ثم يؤخذ وزنه بدقة ليعطينا قيمة كتلة النموذج الجافة (M_{dry}) غم، ثم يوضع النموذج في جهاز تفريغ الهواء، وبعد تفريغه من الهواء يتم غمره كليا بالماء ويترك لمدة (48) ساعة. بعد ذلك يوزن النموذج وهو مشبع بالماء بعد مسح سطحه الخارجي بواسطة قطعة من القماش مبللة لتجنب سحب الماء من النموذج ليعطينا كتلة النموذج المشبعة (M_{sat}) غم، ثم يوزن النموذج وهو معلق في الماء (مغمور) ليعطينا كتلة النموذج المغمورة (M_{sub}) غم، تم قياس المسامية في مختبر الصخور التابع لقسم الهندسة المدنية، جامعة الموصل حسب المواصفة (ASTM- C, 97-09., 2010) وتحسب قيمة المسامية الكلية بالمعادلة الاتية:

$$n\% = \left(\frac{M_{sat} - M_{dry}}{M_{sat} - M_{sub}}\right) 100 \quad \text{..... (1)}$$

وان قيم المسامية لصخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة وصفت حسب (Levorson, 1970) كما في جدول (2).

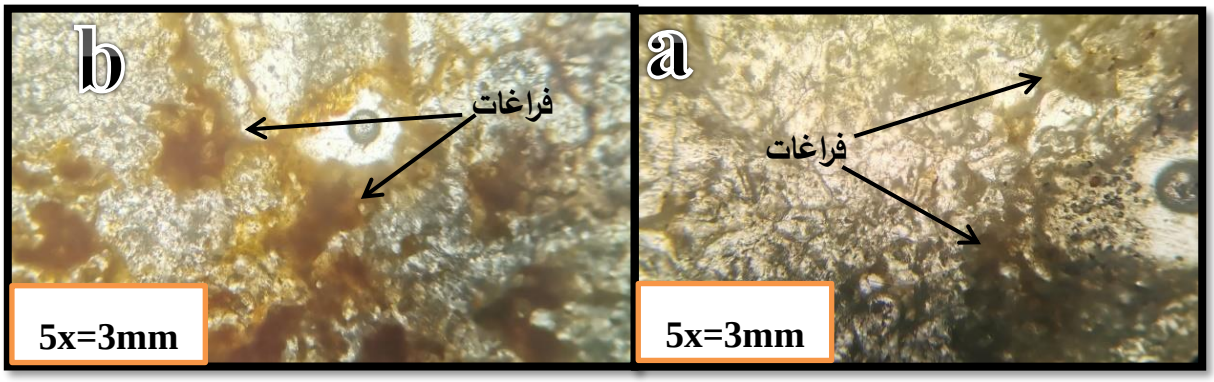
الجدول 2 : تصنيف المسامية حسب (Levorson, 1970)

المسامية %	الوصف
(0-5%)	مهملة
(5-10%)	ضعيفة
(10-15%)	متوسطة
(15-25%)	عالية
>25%	عالية جدا

الجدول 3 : قيم المسامية الكلية لنماذج الحجر الجيري في محطات منطقة الدراسة

المحطة	المسامية الكلية %
1	5.911
2	5.676
3	5.601
4	5.912
5	16.362
6	5.401
7	12.813
8	10.963

وكما مبين ايضا في اللوحة (2).



اللوحة 2. a شريحة صخرية للحجر الجيري مأخوذة من المحطة رقم (5)، b شريحة صخرية للحجر الجيري مأخوذة من المحطة رقم (7). حيث وصفت هذه الشرائح تحت المايكروسكوب في مختبر الصخور الرسوبية التابع لقسم علوم الارض، جامعة الموصل.

- الكثافة الجافة: Dry density (ρdry)

هي كتلة وحدة الحجم، ووحدة قياسها (غم/سم^3) (ASTM-C, 127-01., 2004). وتعتمد على المسامية والتركيب المعدني. تم قياس الكثافة الجافة بطريقة الاوزان الثلاثة (المشبع، الجاف، والمغمور) في مختبر الصخور التابع لقسم الهندسة المدنية، جامعة الموصل حسب المواصفة الامريكية (ASTM- C, 97-09., 2010) وتحسب الكثافة الجافة الحقيقية وفق المعادلة الاتية:

$$\boldsymbol{Dry\ Density(\rho dry)} = (\frac{\boldsymbol{Mdry}}{\boldsymbol{Msat-Msub}})\boldsymbol{\rho_w} \text{ ..... (2)}$$

حيث $\boldsymbol{\rho dry}$ = الكثافة الجافة (غم/سم^3)، $\boldsymbol{Mdry}$ = كتلة النموذج الجاف (غم)، $\boldsymbol{Msat}$ = كتلة النموذج المشبع (غم)، $\boldsymbol{Msub}$ = كتلة النموذج المغمور (غم)، $\boldsymbol{\rho_w}$ = كثافة الماء (غم/سم^3).

تراوحت قيم الكثافة الجافة لصخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة مابين (2.177–2.601) غم/سم^3 كما في الجدول (4)

- نسبة امتصاص الماء: Water absorption ratio (W_{abs})

هي نسبة كتلة الماء في الفراغات ($\boldsymbol{M_w}$) الممتص خلال 48 ساعة الى الكتلة الكلية الجافة للصخرة ($\boldsymbol{M_{dry}}$) وهي نسبة مئوية (ASTM- C, 127- 01., 2004)، وحسبت نسبة الامتصاص في مختبر الصخور التابع لقسم الهندسة المدنية/جامعة الموصل حسب المواصفة (ASTM-C, 97-09., 2010) وفق المعادلة الاتية:

$$\boldsymbol{W_{abs}} = (\frac{\boldsymbol{Mw}}{\boldsymbol{Mdry}})100 \text{ ..... (3)}$$

حيث $\boldsymbol{W_{abs}}$ = نسبة امتصاص الماء (%)، $\boldsymbol{M_w}$ = كتلة الماء (غم)، $\boldsymbol{M_{dry}}$ = كتلة النموذج الجاف (غم).

تراوحت قيم نسبة امتصاص الماء لصخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة مابين (2.078–7.515)% كما في الجدول (4).

- المقاومة الانضغاطية احادية المحور: Uniaxial compressive strength (σ_c)

تعرف بانها مقاومة الصخرة للضغط العمودي المسلط عليها عند نقطة الانهيار (ASTM- D, 2938-95., 2004)، تم ايجاد المقاومة الانضغاطية للمحطات الثمانية في مختبر القمة للاستشارات والفحوصات الهندسية، الموصل للنماذج وهي في الحالة الطبيعية وفق المواصفة الامريكية (ASTM-C, 170-09., 2010) بالمعادلة التالية:

$$\boldsymbol{\sigma_c} = \frac{\boldsymbol{F}}{\boldsymbol{A}} \text{..... (4)}$$

حيث $\boldsymbol{\sigma_c}$ = المقاومة الانضغاطية احادية المحور (MPa), F = القوة عند انهيار النموذج (نيوتن)، A = مساحة مقطع النموذج الاسطواني ($\boldsymbol{mm^2}$).

واستعملت المعادلة الاتية للحصول على قيمة المقاومة الانضغاطية عند نسبة القطر/الطول (1:1) لتجاوز التأثير الحاصل نتيجة الاختلاف في اطوال النماذج اللبابية (ASTM-C, 170-09., 2010) و(J.c. Jaeger and N.G.W, COOK 1976).

$$\boldsymbol{C_C} = \boldsymbol{\sigma_c}/(\boldsymbol{0.778 + 0.222\, D/L}) \text{ ..... (5)}$$

اذ ان $\boldsymbol{C_c}$ = المقاومة الانضغاطية احادية المحور المصححة (MPa), D = قطر النموذج (mm), L = طول النموذج (mm).

تراوحت قيم المقاومة الانضغاطية لصخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة مابين (13.503–28.237) ميكا باسكال كما في الجدول (4).

- مقاومة الانثناء :Flexural strength (R)

هي مقاومة الصخرة للانحناء او الانثناء. وتعد خاصية مهمة في تطبيقات البناء عند استخدام الصخور في العتبات العليا للأبواب والشبابيك (Grisafe, 1976). تم تحديد مقاومة الانثناء في مختبر الهندسة المدنية، جامعة تكريت حسب المواصفة الامريكية (ASTM C, 99-09, 2010) وفق المعادلة الاتية:

$$R = 3WI/2bd^2 \dots\dots\dots\dots (6)$$

اذ ان R = مقاومة الانثناء (MPa), W = القوة عند انهيار النموذج (نيوتن), b = عرض النموذج (mm), d = سمك النموذج (mm).

تراوحت قيم مقاومة الانثناء لصخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة مابين (2.978–10.103) ميكا باسكال كما في الجدول (4).

- التآكل الميكانيكي (السحج): Mechanical erosion

تعد هذه الخاصية مؤشراً نوعياً للمصادر المختلفة من الركام والتي تتشابه بالتركيب المعدني (ASTM, C-131-96, 2004)، وتعد ايضا مقياسا مهما لمدى مقاومة الركام الخشن للتآكل والاحتكاك والذي يؤثر على السطح الخارجي لحبيبات الركام. ينجز هذا الفحص غالبا لفحص الركام الذي يستعمل في الخرسانة والاسطح المعرضة للاحتكاك الشديد نتيجة حركة المرور بما فيها الطرق، وذلك بتسليط قوة مماسية واخرى عمودية في آن واحد وذلك لتحديد مدى مقاومة الركام للسحج، وتستخدم لهذا الغرض كرات معدنية خاصة في جهاز الفحص (Mohsin, 2012). أُنجز هذا الفحص في ورشة الصخور التابعة لقسم علوم الارض التطبيقية، جامعة تكريت حسب المواصفة القياسية (ASTM,C-131-96, 2004) وتحسب نسبة التآكل الميكانيكي وفق المعادلة الاتية:

$$A.b\% = (\frac{A-B}{A})100 \dots (7)$$

حيث ان: $A.b$ = نسبة السحج (%), A = الوزن الجاف الكلي, B = الوزن الجاف المتبقي على المنخل رقم (12) قطر (1.7) ملم. تراوحت قيم التآكل الميكانيكي لصخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة مابين (37.7–53.8)% كما في الجدول (4).

الجدول 4: نتائج الفحوصات البتروفيزيائية والميكانيكية لنماذج صخور الحجر الجيري والعائدة لتكوين الفتحة المنكشف في منطقة الدراسة

رقم المحطة	الصخارية	الفحوصات البتروفيزيائية		الفحوصات الميكانيكية		
		الكثافة الجافة (غم/سم^3)	نسبة الامتصاص (%)	المقاومة الانضغاطية احادية المحور (MPa)	مقاومة الانثناء (MPa)	نسبة السحج (%)
1	حجر جيري	2.477	2.385	21.932	7.981	37.7
2	حجر جيري	2.549	2.226	17.752	10.103	44.4
3	حجر جيري	2.507	2.234	19.480	4.500	53.8
4	حجر جيري	2.503	2.361	28.237	3.118	48.8
5	حجر جيري	2.177	7.515	13.503	2.978	50.1
6	حجر جيري	2.601	2.078	14.047	4.467	48.2
7	حجر جيري	2.267	5.650	24.773	4.262	46.4
8	حجر جيري	2.301	4.763	26.664	8.787	38.8

تقييم صلاحية صخور المنطقة لأغراض البناء

تحدد المواصفة الامريكية القياسية (ASTM, C, 568-99, 2004) المتطلبات الجيوتكنيكية وتصنيفها للحجر الجيري الذي يستعمل لأغراض البناء كما هي موضحة في الجدول (5). وتعد هذه المتطلبات ضرورية في تقييم ملاءمة الاحجار الطبيعية لأغراض البناء، وهي المقاومة الانضغاطية، مقاومة الانثناء، الكثافة الجافة، ونسبة الامتصاص.

الجدول (5) مواصفات احجار البناء حسب المواصفة (ASTM, C, 568-99, 2004).

الاصناف حسب المتطلبات	المتطلبات الفيزيائية		المتطلبات الميكانيكية	
	نسبة الامتصاص (%)	الكثافة (غم/سم^3)	المقاومة الانضغاطية (MPa)	مقاومة الانثناء (MPa)
I	≥12	1.76-<2.16	12-<28	2.9-<3.4
II	7.5-<12	2.16-<2.56	28-<55	3.4-<6.9
III	3.0-<7.5	2.56≥	**≥ 55**	**≥ 6.9**

فالصنف الاول مقبول (Accepted) والصنف الثاني ينصح به (Recommended) والصنف الثالث عالي المواصفات وينصح به بقوة (Highly Recommended) لأغراض البناء. تم تقييم صلاحية صخور الحجر الجيري في محطات منطقة الدراسة لأغراض البناء وذلك بمقارنة الخواص الجيوتكنيكية لهذه الصخور مع القيم المثبتة في المواصفة القياسية الامريكية (ASTM-C, 568 – 99., 2004) والتي تصنف الحجر الجيري كأحجار بناء الى ثلاثة اصناف هي حسب الكثافة ونسبة الامتصاص والمقاومة الانضغاطية بالإضافة الى مقاومة الانثناء (جدول 6).

الجدول 6: التقييم النهائي لصخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة لأغراض البناء.

رقم المحطة	الكثافة الجافة (غم/سم^3)	نسبة الامتصاص (%)	المقاومة الانضغاطية احادية المحور (MPa)	مقاومة الانثناء (MPa)	التقييم النهائي
1	+(II)	+(III)	+(I)	+(III)	يصلح
2	+(II)	+(III)	+(I)	+(III)	يصلح
3	+(II)	+(III)	+(I)	+(II)	يصلح
4	+(II)	+(III)	+(I)	+(I)	يصلح
5	+(II)	+(III)	+(I)	+(I)	يصلح
6	+(III)	+(III)	+(I)	+(II)	يصلح
7	+(II)	+(III)	+(I)	+(II)	يصلح
8	+(II)	+(III)	+(I)	+(III)	يصلح

(+) مطابق للمواصفة (ASTM, C, 568-99, 2004)

تقييم صلاحية صخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة كحجر تحكيم للسكك الحديدية

لغرض معرفة صلاحية الصخور كحجر تحكيم للسكك الحديدية، يجب ان تمتلك صفات فيزيائية وميكانيكية معينة كما في الجدول (7) حسب المواصفة القياسية (Organization of Road and Bridge Design Department)

(O.R.B.D, 1999) وفي هذا البحث تمت مقارنة نتائج الفحوصات الميكانيكية والفيزيائية للحجر الجيري والموضحة في جدول (4) مع المتطلبات الخاصة بالمواصفة القياسية أعلاه كما في جدول (8) لغرض معرفة مدى صلاحية صخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة كحجر تحكيم للسكك الحديدية.

الجدول (7) مواصفات الصخور المستخدمة كحجر تحكيم للسكك الحديدية عن_ (O.R.B.D, 1999).

المواصفات الفيزيائية والميكانيكية للركام	المعايير المسموح بها
الكثافة الجافة الحقيقية	لا تقل عن 2.4 غم/سم^3
نسبة امتصاص الماء	لا تزيد عن 3%
نسبة التآكل الميكانيكي	لا تزيد عن 25-30%
المقاومة الانضغاطية احادية المحور	لا تقل عن 80MPa

الجدول 8 : التقييم النهائي لصخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة لغرض تحكيم سكك الحديد.

رقم المحطة	الكثافة الجافة	نسبة الامتصاص	المقاومة الانضغاطية احادية المحور	التآكل الميكانيكي	التقييم النهائي
1	+	+	-	-	X
2	+	+	-	-	X
3	+	+	-	-	X
4	+	+	-	-	X
5	-	-	-	-	X
6	+	+	-	-	X
7	-	-	-	-	X
8	-	-	-	-	X

(X) لا يصلح، (+) = القيمة تتطبق مع المواصفة، (−) = القيمة لا تتطبق مع المواصفة.

الاستنتاجات Conclusions

اوضح المسح الجيولوجي الهندسي لمنطقة الدراسة بأن صخور الحجر الجيري ذات لون اصفر فاتح، والمسافة بين الفواصل واسعة الى واسعة جدا، وبطبقات سميكة ذات مقاومة قوية باعتدال وتجوية خفيفة الى متوسطة.

تبين لنا ان صخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة صالحة لأغراض البناء، حيث ان خصائص (نسبة الامتصاص، الكثافة الجافة، المقاومة الانضغاطية احادية المحور، مقاومة الانثناء) تقع ضمن حدود المواصفة القياسية (ASTM, C, 568-99, 2004) في جميع محطات الدراسة كون متطلبات المواصفة (ASTM, C, 568-99, 2004) اقل من متطلبات المواصفة الخاصة بصلاحيتها كأحجار تحكيم للسكك الحديدية (O.R.B.D, 1999) (Organization of Road and Bridge Design Department) من ناحية الكثافة الجافة، الامتصاص، والمقاومة الانضغاطية احادية المحور.

ان صخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة لا تصلح لأستخدامها كحجر تحكيم للسكك الحديدية، حيث ان خصائص (الكثافة الجافة في المحطات 5، 7، و8، نسبة الامتصاص في المحطات 5، 7، و8، المقاومة الانضغاطية احادية المحور في جميع المحطات، التآكل الميكانيكي في جميع المحطات) لا تقع ضمن حدود المواصفة القياسية (Organization of Road and Bridge Design Department) (O.R.B.D, 1999) اذ ان الكثافة الجافة ونسبة الامتصاص لم تحققان المواصفة القياسية (O.R.B.D, 1999) في المحطات 5، 7، و8، بسبب المسامية العالية لصخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة، وان المقاومة الانضغاطية كانت واطئة ولم تقع ضمن حدود المواصفة القياسية (O.R.B.D, 1999) في جميع المحطات بسبب المسامية المتفاوتة لصخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة وطبيعة التركيب المعدني وعمليات التجوية والاذابة، كما وان قيم التآكل الميكانيكي كانت عالية ولم تقع ضمن حدود المواصفة القياسية (O.R.B.D, 1999) في جميع المحطات بسبب النسيج والتركيب المعدني لصخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة وكون متطلبات المواصفة (O.R.B.D, 1999) (Organization of Road and Bridge Design Department) اعلى من متطلبات المواصفة الخاصة بأحجار البناء (ASTM, C, 568-99, 2004) بالأضافة الى ان المسامية والتجوية والاذابة قللت من قيم الخواص الجيوتكنيكية ذات العلاقة.

التوصيات Recommendations

- تحديد احتياطي الحجر الجيري في منطقة الدراسة لاستثماره في اغراض البناء.
- يفضل عند استثمار صخور الحجر الجيري في منطقة الدراسة لأغراض البناء استخدام طريقة التعدين بالمصاطب في عملية القلع.

Reference المراجع

Abdullah, M. N., Abood, M. R. and Hussain, A. I., 2022, December 2. The suitability of Sinjar and Pila spi rocks for building and as railway ballast stone for the Bazian anticline fold in the Sulaymaniyah governorate. Tikrit Journal of Pure Science, 27(1), 36–40. https://doi.org/10.25130/tjps.v27i1.80.

Al Hasiniany, Zahed Omar Mostafa, 2003, Hydrology of Mishraq area trapped between Tigirs and Great Zap, Master thesis unpublished, Faculty of Science, University of Mosul, p, 134. (In Arabic).

Al kaaby, A.A, Jassim, S.Z, Mashkour, M. and Sharif, S., 1989. Summary of exploration in mishraq-2 sulphur deposit, S.E of Geological Survey and mineral investigation, 83p, (Unpublished).

Al Qadimy, Jassim, Sazkian, Farjuan, 1996, Map of Iraq tectonic, State Geological Survey and Mining Company, Baghdad, Iraq. (In Arabic).

Al-Allaaf, Mohammed Yonis Saleem, 1998, Remote sensitivity application in the left bank of the Tigirs River between Mosul and Guair, Ph. D thesis Colleges of Agricultre and Forestry, University of Mosul, p, 131. (In Arabic).

Anon., 1972. The preparation of maps and plans in terms of Engineering Geology Quarterly, Journal of Engineering Geology, Vol.5, No.4, pp.293-382.

Anon., 1977. The description of rock masses for engineering purposes, Report by the Geological Society Engineering Group Working Party Quarterly, Journal of Engineering Geology, Vol.10, pp.355-388.

ASTM- C, 127- 01., 2004. Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate, 6p.

ASTM- C, 97-09., 2010. Standard test methods for absorption and Bulk specific gravity of Dimension stone, 3p.

ASTM- D, 2938-95., 2004. Standard test methods for unconfined compressive strength of intact rock core specimens, 3p.

ASTM-C, 170-09., 2010. Standard Test Method for Compressive Strength of Dimension Stone. 3p.

ASTM-C, 568 – 99., 2004. Standard Specifications for Limestone Dimension Stone. 2p.

ASTM-C, 99-09., 2010. Standard Test Method for Modulus of Rupture of Dimension stone, 3p.

ASTM-C,131-96., 2004. Standerd test method for Modulus of Resistance to degradation of small- size coarse aggregate by abrasion and impact in the los Angeles's machine, 4p.

Barwary, A.M., 1983. Regional Geological Survey of Khazir- Comel Area. Unpubl, SOM, Report, No.1137, part 1, SOM Library, PP. 6-23.

Buday, T. and Jassim, S.Z., 1987, The Regional Geology of Iraq, Vol.2, Tectonism Magmatism and Metamorphism, Edited by Kassab, I.I.

Centrozap., 1971. Geological documentation of native sulphur deposits in Mishraq, Sulfur state enterprise library, 216p, (Unpublished).

Faraj, R. Q. J. T. J. o. P. S., 2022. Evaluation of the Waras Serpentinite Rocks for Dimension Stone, Mawat Ophiolite Complex, Kurdistan Region, NE Iraq. *27*(6), pp, 43-50.

Fouad, S. F. J. I. B. o. G. and Mining., 2015. Tectonic map of Iraq, scale 1: 1000 000, 2012. *11*(1), pp, 1-7.

Grisafe, D.A., 1976. "Kansas Building Limestone", Mineral Resources Series, K.G.S. University of Kansas.

Hawkins, A B., 1986. Rock descriptions Geological Society, Engineering Geology, Special Publication, No. 2, PP, 59-72.

Honeyborne, D. B., 1982. The building limestone of France, Building research establishment report, HMSO.

J.c. Jaeger and N.G.W- COOK, 1976. Fundamentals of rock mechanics.

Kamani, M. and Ajalloeian, R. 2022, March. Investigation of the effect of petrological contents on the engineering properties of carbonates aggregates. Engineering Geology, *298*, 106507. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2021.106507.

Kavinda, S., Siriwardana, N., Chathuranga, J., Chaminda, S., Dassanayake, A., Jayawardena, C. and Samarakoon, K., 2022. Optimization of blasting geometry and explosive quantity in control blasting for dimension stone extraction .

Khudhur, H. A., Aqrawi, A. M., 2022. Assessment of Limestone of Jeribe Formation for Oridinary Portland Cement Industry in Bekhair Anticline, Duhok Governorate, Iraqi Kurdistan Region, INJES. DOI: 10.33899/earth.2022.135129.1022

Levorson, A. I., 1970. Geology of petroleum, Vakilas Feffer and Simons Private Ltd.

Mahsoob, Mohammed Sabri, 1997. Geology of earth forms, Dar Al Fikr Al Araby for printing and publishing, University of Cairo, copy1, p, 484. (In Arabic).

Mohsin, Hisham Salah, 2012. Spatial analysis of the direction of Iraq's railways in the future, Journal of the Faculty of Literature, University of Mostansirya, Vol, 2, No, 100, pp, 489-519. (In Arabic).

Motaib, M., Bashi, T. D. and Al-Jerisy, B. A., 2008. The effect of some rocks and structure variation on Geo-electrical factors for the Mishraq Sulfur Field/m1, Iraqi Journal for Geology pp, 23-42. (In Arabic).

Organization of Road and Bridge design department, (O.R.B.D), 1999. Handbook for railway bridges, Iraq State Government, 118p.

Raymond, G.P., 1979. Design for railroad ballast and subgrade support, Geotechnical Engineering Division. ASCE 104.No.GT,p.45-60.

Salih, Diaa Gawi, 2012. Suitability of limestone rock from al fatha formation to building purposes and as a road's aggregate in Ninavah Governorate/ Northern Iraq, journal of Al Anbar University to pure science. Vol, 6, No, 3, pp, 146-158. (In Arabic)

Wahab, G. M., Gouda, M. and Ibrahim, G. J. A. S. E. J., 2019. Study of physical and mechanical properties for some of Eastern Desert dimension marble and granite utilized in building decoration. DOI: 10.1016/j.asej.2019.07.003