تقييم صخور الحجر الجيري لمنطقة عيون الشجيج – محافظة النجف النجف الاشرف ومدى صلاحيتها كاحجار بناء وتغليف الجدران

جعفر حسين علي الزبيدي
جامعة بابل – كلية العلوم
jafar-hussain68@yahoo.com

وائل نوري مرزة النافعي
ديوان محافظة بابل
waelnoori01@gmail.com

الخلاصة :-

اجراء تقييم لصخور الحجر الجيري لمنطقة عيون الشجيج – محافظة النجف ، وسط العراق ، وامكانية استخدامها كاحجار للبناء والتغليف ، حيث تم جمع نماذج ممثله من الصخور من مساحة المنطقة التي تقدر بـــ (١٦) كم^{٢} لغرض الفحوصات الفيزيائية والهندسية اللازمة لهذا الغرض موزعة على ثلاث طبقات الطبقة العليا (طبقة الحجر الجيري الكتلي)، الطبقة الوسطى (طبقة الحجر الجيري الغني بالمتحجرات) ، والطبقى السفلى (طبقة الحجر الجيري الصلصالى) .اظهرت الفحوصات الفيزيائية ان الكثافة الكلية تتراوح بين (١,٨١–٢,٤٥)غم /سم ^{٣}، وقيمة المسامية تراوحت (٤,٨٢–٢٢,٢٩) %، بينما الامتصاص المائي لصخور الحجر الجيري تتراوح قيمته بين (٢,٦٦–٩,٤٥)% اما قيمة الوزن النوعي لصخور الحجر الجيري كانت بين (٢,١١–٢,٦٥). اجريت الفحوصات الهندسية والتي اشتملت على فحص الانضغاطية احادية المحور وفحص التاكل الميكانيكي ومعامل الكسر للنماذج الصخريه حيث اظهرت نتائج فحص الانضغاطية احادية المحور في الحالة الجافة بين (٦٥,٩١–١٢,٤٤) ميكا باسكال وفحص الانضغاطية احادي المحور في الحالة المشبعة لصخور الحجر الجيري (٥,٧١–٥٢,٨٥) ميكا باسكال. اما فحص التاكل الميكانيكي لصخور الحجر الجيري بين (٢٠,٤–٥٩,٦)%، اما معامل الكسر فقد تراوحت قيمته بين (٢,٨–٦,٩) ميكا باسكال ،كذلك عمل فحوصات معدنية .

الكلمات المفتاحية : حجر جيري ، عيون الشجيج ، احجار بناء ، احجار التغليف ، طبقات الحجر الجيري.

Abstract

An evaluation of the limestone Rocks, in the Eoin Al-Shujage area, governorate of Najaf ,as building Materials was done in this research ten stations covering an area of (16) km^2 were studied. The research included several field, laboratory, and office aspects .in the field part , information about the study area were collected ,also the collection of samples were done .the samples were analyzed in the laboratory in order to study the physical, Engineering , and mineralogical properties of the rocks.

The Physical tests showed that the bulk density ranges between (1.81-2.45) gm / cm ^{3}, while the value of the porosity ranges between (4.82-22.29) % ,The water absorption of the limestone rocks value range between (2.66-9.45) % The value of the specific weight of the Limestone was between (2.11-2.65).

The engineering tests, which included uniaxial compressive test , and mechanical abrasion test , and the modulus of rupture test, the results showed that the uniaxial compressive values when the samples are dry ranges between (65.91-12.44) GPa , while the values of rocks limestone in saturated case ranged between (5.71-52.85) GPa . The test of the mechanical abrasion of the limestone rocks between (20.4-59.6%), while the the modulus of rupture value ranged between (6.9- 2.8) GPa, Also made mineralogical tests showed

Key ward: limeston , Aeon al-shjage, Rocks,facing stone, limestone rocks.

١- المقدمة Introduction

لصخور الحجر الجيري استخدامات كثيرة و واسعة منها استخدامها كاحجار للبناء وتغليف الاعمـــدة، ينتشر الحجر الجيري انتشاراً واسعاً في محافظة النجف الاشرف بصورة عامة وخصوصاً في منطقة الدراسة (عيون الشجيج) الواقعة ضمن تكوين الفرات الجيري ،علـــى هـــذا الاســـاس دعـــى الـــى تقيـــيم المنطقـــة ودراستهاهندسياً ومعرفة مدى صلاحيتها كاحجار بناء وتغليف من خلال الفحوصات المعده لهـــذا الغـــرض. تتأثر مقاومة الصخور الكاربوناتية المستعملة في البناء بعدد من العوامل منها داخلية واخرى خارجية. تتمثـــل العوامل الداخلية في تركيب الصخرة من حيث المعدنية والتبلور والنـــسيج فـــضلا عـــن المـــسامية ونـــوع المتحجرات فيها والتي تعكس الصفات البتروفيزياوية للصخرة (Flugel,2004).

وتهدف هذه الدراسة إلى إجراء تقويم جيوتكنيكي للحجر الجيري في منطقة الدراسة (منطقة عيون الشجيج) ، لتحديد أفضل نوعية منها وامكانية استخدامها كاحجار للبناء والتغليف .

١-١ جيولوجية منطقة الدراسة (Geology of The Study area)

تقع منطقة عيون الشجيج الى الغرب من محافظة النجف الاشرف وسط العراق ضمن تكوين الفرات الجيري حيث تبعد عن مركز المحافظة ب (٢٦) كم ، وبمساحة تقدر (١٦) كم^2 والواقعة ضمن الاحداثيات (E 42 71 22.7)، (E 42 63 05.1) / (N 32 24 18.1) ، (N 32 21 44.4))؛ والشكل (١) يمثل خارطه موقعية لمنطقة الدراسة .حيث تغطي ترسبات العصر الرباعي (Quaternary) اكثر من (٢٥%) من مساحة منطقة الدراسة، والباقي ترسبات العصر الثلاثي (Tertiary) فقد تمثلت بتكوين الفرات حيث تظهر تكشفات تكوين الفرات في اجزاء محدودة على السطح الى الغرب والشمال الغربي لمدينة النجف وعلى شكل شريط بموازاة نهر الفرات (العطية،2002)، ويعود عمرها الى المايوسين الاعلى والمايوسين الاوسط (Buday, 1980)، ان صخور تكوين الفرات الجيري تكون رمادية او احياناً قهوائية مصفرة وقوية يتراوح سمك الطبقة فيها من سميكة الى سميكة جداً (الزبيدي،2014)، و يقع المقطع النموذجي لتكوين الفرات في وادي الفحيمي بالقرب من منطقة عانة غرب العراق وتبلغ سماكته فيها (٨) متر وقد قسمة الى خمس وحدات وهي من الاسفل الى الاعلى دولومايت ذو لون اصفر داكن مع مدملكات قاعدية، دولومايت، حجر جيري ابيض ناعمة غني بالمتحجرات، حجر جيري طباشيري وسرئي، دولومايت ذو لون بني . (Budy & Jassim ,1987)، اما في منطقة الدراسة فينكشف التكوين على شكل شريط يمتد من الشمال الغربي الى الجنوب الشرقي موازيا الى حد التماس بين ترسبات العصرين الثلاثي والرباعي وتتراوح سماكته بين (٤ – ١٠) متر ويتالف من الاعلى الى الاسفل حجر جيري و الجير الدولومايتي والدولومايت مع حجر الجيري الصلصالي وطبقة رقيقة من الصلصال (فرج ،٢٠٠٧)، شكل(١) الذي يمثل الخارطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة، (after Sissakian , 2000). اما الوضع التركيبي لمنطقة الدراسة بأنها عباره عن تراكيب تحت سطحية ذات تأثير واضح على صخور القاعدة ، وقد أشارت الدراسات السابقة إلى وجود صدعين كبيرين هما (صدع أبو جير) الذي يعود نشوءه إلى حركة الحجاز التي حدثت في حقب ما قبل الكمبري و(صدع الفرات) يعود إلى حركة نجد التي حدثت في الكمبري الأسفل فضلا عن وجود مجموعة من الصدوع ذات الاتجاهات المختلفة ، (Buday and Jassim, 1987) والشكل(١) خارطة تكتونية لمنطقة الدراسه.

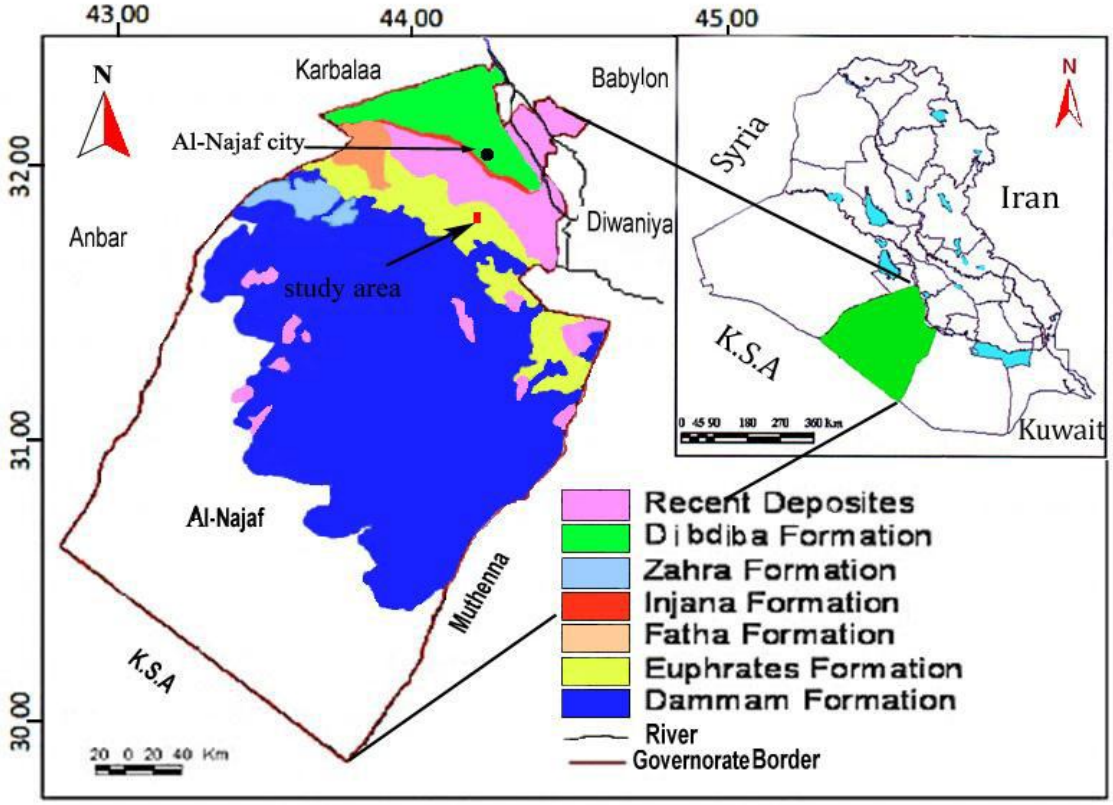
١-٢ الدراسات السابقة (Previous studies)

على الرغم من الدراسات الجيولوجية العديدة التي جرت في منطقة الدراسة بصفة عامة الا ان هنالك بعض الدراسات التي تتضمن الاشارات الى جوانب اخرى منها :-

درس (البيداري،1997)، معدنية وجيوكيميائية وتقييم الصخور الطينية لتكوين انجانة في منطقة النجف – كربلاء ومنها اجزاء من منطقة الدراسة. وقدم (الزبيدي، 1998)، دراسة جيولوجية هندسية لمناطق مختارة من طار النجف وسط العراق اذ تضمنت الدراسة جزئين دراسة استقرارية المنحدرات الصخرية والتقييم الجيوتكنيكي لتربة منطقة الدراسة.

درس (داود، 2000)، معدنية واصل السليستايت والعوامل المتحكمة في توزيعة في طار النجف وبعض اجزاء من منطقة الدراسة . وقدم كل من (الكعبي و وفاء، 2000)، دراسة حول الرمال الحاويه على الفلدسبار ضمن تكوين الدبدبة في شمال غرب النجف. درس (بني، 2001)، دراسة حول التاثير الرسوبي والمناخ القديم لمنخفض بحر النجف اثناء العصر الرباعي المتاخر. قدم كل من (العطية وحقي،2001)،

دراسة حول الصخور الصناعية من نوع تريبولايت في منطقة طار النجف. درس (الزاملي ،٢٠٠١)، التحليل الجغرافي لتباين اشكال الارض في محافظة النجف.كذلك درس(العطيـــة،2002)، اصـــل وتطـــور ونـــشوء منخفض بحر النجف.درس (Ahmed, 2004)، فقد درس الطباقية لتتابعات المايوسين في منطقة النجـــف – كربلاء ومنها تكوين الفرات.قدم (العلي، ٢٠٠٤)، دراسة تقيميه للسمنت المنتج من معمـــل ســـمنت الكوفـــة والمواد الخام الداخلة في صناعتهُ. درس (العطية، 2006)، ارض النجف والتـــاريخ والتـــراث الجيولـــوجي والثروات الطبيعية. درس (الزبيدي واخرون 2007)، تقييم صخور الدولومايت لتكوين الفـــرات(المايوســـين الاسفل) في غرب وشمال غرب مدينة النجف الاشرف للاستخدامات الصناعية واستخلاص بعـــض مركبـــات المغنيسيوم منه.درس (فرج، ٢٠٠٩)، إستخدام تقنية الموجات فـــوق الـــصوتية لدراســـة بعـــض الخـــواص الجيوتكنيكية والفيزياوية للصخورالجيرية في مقلع الكوفـــة /منطقـــة بحرالنجـــف/ وســـط العـــراق . ودرس (Al-Auweidy,2013)، تقييم الكمية والنوعية والاشعاعية لطبقة الصلصال في تكوين الفرات المستخدم فـــي صناعة السمنت في معمل سمنت الكوفة في محافظة النجف. درس (الزبيدي، 2014) ، التقييم الجيـــوتكنيكي لاحجار الكلس المستخدمة في معمل سمنت الكوفة في محافظة النجف الاشرف ومدى صـــلاحيتها لاغـــراض صناعة السمنت البورتلاندي، و تم انشاء نظام معلوماتي جيولوجي من خلال المكامله الرقمية لتقنية التحـــسس النائي لمنطقة بحر النجف وسط العراق ومن ضمنها منطقة الدراسة من قبل (يوسف، ٢٠١٤)



شكل (١)، الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة (after Sissakian, 2000) عن (Al-Auweidy,2013).

١-٣ الخصائص الجيو تكنيكية للصخور (Geotecnical properties of rocks)

١-٣-١ الخواص الفيزيائية (Physical Properties)

للخواص الفيزياويه اهميه في تقييم الصخورالجيرية ، فهي تعطي صوره شـامله ووصـف متكامـل لنوعية ومدى صلاحية تلك الصخورلاغراض بناء والتغليف ، وتشمل الكثافة الكلية، الوزن النوعي الظاهري، نسبة الامتصاص والمسامية الظاهرية ؛ والتي يتم الحصول عليها من خلال المواصـفات الخاصـة بـالحجر الجيري واهمها المواصفة الامريكية، ASTM C568-03 ، بالاضافة الى سرعة الموجات الفـوق صـوتية ومعاملات المرونه الدينميكيه في الحالتين الجافه و المشبعة.

اولاً : الكثافة الكلية (Bulk Density)

بصورة عامة فان الكثافة تعرف بانها وزن النموذج الى حجمه الكلي(الحجم الصلب مع حجم الفراغ)، (Duggal,2008). كذلك تعرّف الكثافه الكلية بانها كتلة وحدة الحجم والتي تعتمد على التركيـب المعـدني، المسامية وكمية المائع في المسام اثناء القياس ،(Roberts,1977)،(اسد،٢٠١٣) .وتحسب الكثافـه حـسب المعادله التاليه وحسب المواصفة اعلاه :

$$\rho_b = \frac{W_{dry}}{V_t} \qquad (1)$$

$$V_t = \frac{W_{sat} - W_{sub}}{\rho_w} \qquad (2)$$

حيث أن:

ρ_b الكثافة الكلية (غم/سم^3)

ρ_w كثافة الماء (غم/سم^3)

W_{dry} وزن النموذج الجاف (غم)

W_{sub} وزن النموذج المغمور بالماء (غم)

W_{sat} وزن النموذج المشبع بالماء (غم)

V_t حجم النموذج الكلي (سم^3)

تؤثر الكثافة على الخواص الميكانيكيه للصخور حيث غالباً ما تزداد قيم هذه الخواص مع زيادة الكثافة، (فتوحي وآخرون، ١٩٩٠).

ثانياً : المسامية (Porosity)

وهي النسبة المئوية لحجم الفجوات او الفراغات (Pore volume) الـى الحجـم الكلـي للانمـوذج الصخري ويرمز لها غالباً (n)،(Duggal,2008)، وتحسب من المعادله التاليه:

$$\%n = \frac{V_V}{V_t} \times 100 \qquad (3)$$

حيث ان:

n المسامية (%)

Vv حجم الفراغات (سم^3)

Vt الحجم الكلي (سم^3)

تعتمد المسامية على حجم وشكل حبيبات او بلورات المعادن المكونة للصخرة وعلى درجة تدرجها (Grading) وعلى ترتيب هذه الحبيبات وطبيعة تراصها مع بعضها (Packing) فضلاً عن المادة الرابطة (حسين،٢٠١٠) ،

ثالثاً : امتصاص الماء (Water Absorption)

الأمتصاص المائي يعرف بانه قابلية الصخرة على جذب الماء والموائع إلى مساماتها وحول سطح الحبيبات وتتغير قابلية الأمتصاص في الصخرة بتغير العوامل المؤثرة في المسامية (فتوحي وآخرون، ١٩٩٠). وقد جرى حساب النسبة المئويه للامتصاص المائي من خلال المعادلة الاتيه :

$$W_W = W_{sat} - W_{dry} \qquad (4)$$

$$W_{Asb} = \frac{W_w}{W_{dry}} \times 100\% \qquad (5)$$

حيث أن:

W_{Asb}	الامتصاص المائي (%)
W_{dry}	وزن العينة الجافة (غم)
W_{sat}	وزن العينة مشبعة بالماء (غم)
W_w	وزن الماء الموجود بالفراغات (غم)

يعد محتوى الرطوبة من اهم العوامل التي تؤثر في قوة المواد الصخرية،إذأن أي زيادة طفيفة في نسبة الرطوبة سوف يؤدي إلى أنخفاض ملحوظ في القوة وقابلية تغير الشكل (Erguler and Ulusay, 2008).

رابعاً : الوزن النوعي الظاهري (Apparent Specific Gravity)

يعرف الوزن النوعي على أنه نسبة وزن حجم معين من المادة إلى وزن نفس الحجم من الماء (Duggal, 2008) وحسب العلاقة الاتية:

$$Asg = \frac{W_1}{(W_1 - W_2)} \qquad (٦)$$

حيث أن:

Asg الوزن النوعي الظاهري

W1 وزن المادة الصلبة وهي جافة (غم)

W2 وزن نفس المادة وهي مغمورة بالماء (غم)

٢-٣-١ : الخواص الهندسية (Engineering tests)

اولاً: المقاومة الأنضغاطية أحادية المحور Uniaxial Compressive Strength

تُعرف بانها مقاومة الصخرة للجهد المسلط عليها. ويجري قياسها بواسطة تسليط جهد على الجسم في اتجاهين متقابلين وبشكل مستمر إلى أن يحدث الأنهيار (Failure). الاجهاد يمثل مقاومة الجسم ووحدة قياسها هي نيوتن/م^2 او باسكال، وتعتمد على التركيب المعدني للصخرة والنسيج والصلابة والمحتوى المائي (فتوحي وآخرون،١٩٩٠).

المقاومه الانضغاطية حسب المواصفه القياسية ASTM C170-90 وحسب المعادلة الاتيه :-

$$C = W/A \qquad (7)$$

حيث :-

المقاومة الانضغاطية C (Mpa) والحمل المسلط عند الانهيار W والمقاسة بوحدة (N) والمساحة السطحية المحسوبة للحمل المسلط عند الانهيار (A) والمقاسة بوحدة (mm^2)، يستعمل فحص مقاومة الأنضغاط احادي المحور (UCS) لوصف السلوك الجيوتكنيكي للصخور اي أن معرفة قوة ومتانة الصخور تسمح بدراسة الاستقرار في المنحدرات والمنشات المدنية (Andre *et al*., 2011).

ثانياً : فحوصات التاكل او السحج (Abrasion Tests)

اختبار صلابة الصخور ومعرفة مدى مقاومتها للإحتكاك الذي تتعرض له الصخوربواسطة جهاز لوس أنجلوس (Los Angeles)، حيث (A , B) وزن النموذج قبل و بعد التاكل غرام على التوالي ويتم حساب نسبة المئوية للتأكل حسب المواصفة العراقية (م . ق . ع رقم ١٣٨٧ لسنة ١٩٨٩) و من العلاقة.

$$\%C = \frac{A-B}{A} \times 100 \qquad (8)$$

اما معامل التاكل (الرقم القياسي للصلادة (Ha)) ، يتم حسابه من خلال الوزن النوعي وفقاً الى ASTM C241- 90 ، (Fadhil , 2013) ، على النحو التالي :

$$Ha = 10G (2000+Ws) / 2000Wa \qquad (9)$$

G : الوزن النوعي للعينة.

Ws : متوسط وزن العينة (الوزن الأصلي زائد الوزن النهائي مقسوماً على ٢) بالغرام .

Wa : فقدان الوزن أثناء عملية الطحن بالغرام .

ثالثاً : فحص معامل الكسر (Modulus of Rupture)

تستخدم المواصفة الامريكية (ASTM C99-87) لتحديد معامل الكسر، وهو فحص مهم يستخدمة لتقييم الصخور ومدى صلاحيتها للبناء حيث تكمن اهيتها في المنشئات التي تتعرض لاحمال مفاجئة كملاعب كرة القدم وغيرها، حيث يتم تقييم المواد المستخدمة للبناء ومدى مقاومتها للاحمال. يحسب معامل الكسر R على النحو التالي :

$$R = 3WL / 2bd^2 \qquad (9)$$

حيث ان :

W = حد الفشل (اعلى مقاومة يبديها النموذج بعدها ينكسر)، (N) .

L = طول الانموذج (القدم) أو (ملم) .

b = عرض الانموذج (قدم) أو (ملم) .

d = سمك الانموذج (قدم) أو (ملم) .

وتخضع هذه القيم للحجر المستخدم للبناء وفقاً الى (ASTM C568-03)، (Fadhil,2013) .

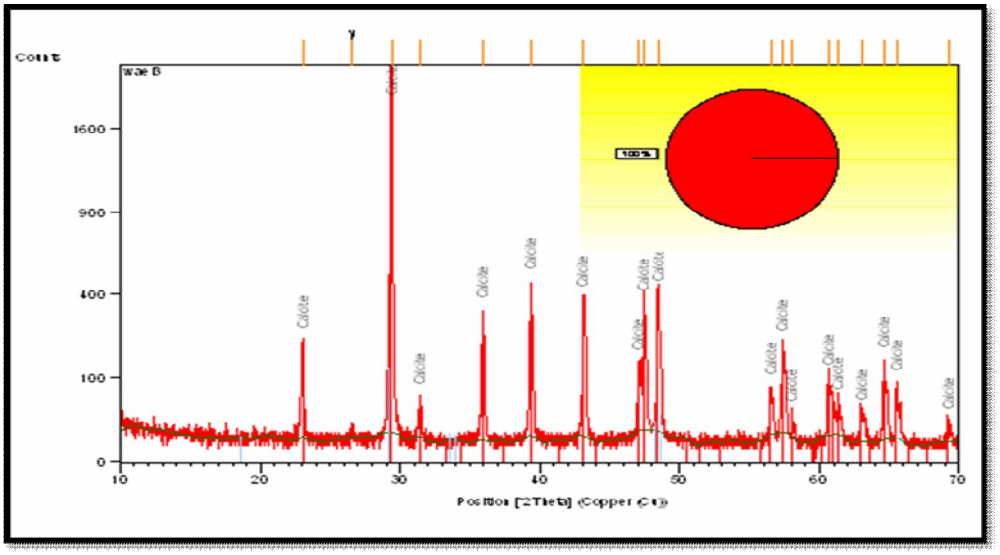
١-٣-٣ الفحوصات المعدنية (Mineral Tests)

حيث يتم التعرف على التركيب المعدني للحجر الجيري من خلال فحص حيود الاشعة السينيه(XRD) ودراسة الشرائح الرقيقة (Thin sections) .

اولاً : حيود الاشعه السينية (XRD)

تحليل حيود الاشعة السينية يستخدم للتعرف على التركيب المعدني للصخور والذي يساعد على معرفة نوع الصخور من خلال تصنيفات مناسبه و قياس وتشخيص المعادن ذات التركيب البلوري الدقيق والغير منتظم و تشخيص المعادن الدقيقة والناتجة من التفاعلات الكيميائية (المعادن الثانويه) الناتجة بعد الترسيب كالتي تنتج من الاحلال المعدني وهي غير اساسية في التركيب المعدني للصخور، (Al-Dabbagh 1986) , عن (Al-Diney,1998).

بعد اجراء الفحص بجهاز الاشعه السينيه وعند قراءة و تفسير المخططات الناتجه عن الفحص يجب التشخيص بتركيز وعنايه قيم (2□ ، d-spacind وشدة منحنيات الاشعة السينيه) لان اي تغيير بسيط قد يؤثر بنتائج التشخيص وذلك لان لكل معدن نصف قطر معين وشدة انعكاس للاشعه السينية وبزاويه انعكاس مختلفه (Al-Diney,1998)

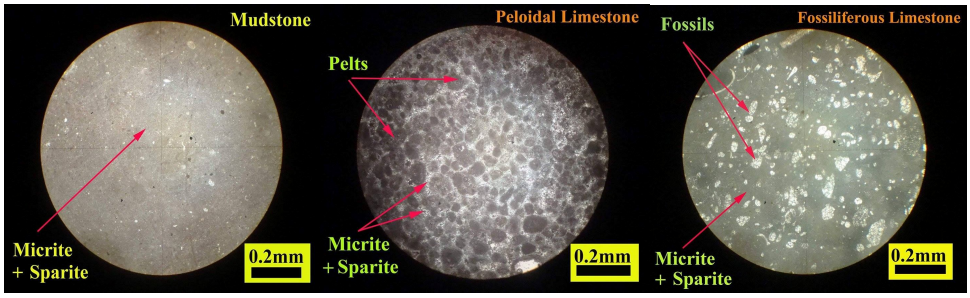


شكل (٢) ، مخطط حيود الاشعة السينيه لطبقات الحجر الجيري

ثانياً: دراسة الشرائح الرقيقة (Thin Sections)

يعرف النسيج على انه العلاقة المتبادلة مابين بلورات المعدن(grains) من جهة وما بين البلورات والارضية المغمورة فيها (matrix) من جهة اخرى مكوناً انواعاً مختلفة من الانسجة الصخرية (سلطان،٢٠٠٢)، تبين ان صخور الحجر الجيري الكتلي تكون من نوع (Peloidal limestone)، اما صخور الحجر الجيري الغني بالمتحجرات من النوع (fossiliferous limestone)، اما صخور الحجر الجيري الصلصالي من نوع (mudstone).

ان معرفة المعدنيه والبتروغرافيه تساعد كثيراً في معرفة طرق استخراج الصخور بالاضافه الى فهم مشكلة التجويه وتاثيرها بالصخور (Taylor and Harold,1991) .



شكل (٣)، مكونات الشرائح الرقيقه تحت المجهرلطبقة الحجر الجيري

٢- طرائق البحث :-

٢-١ العمل الحقلي:- تم جمع النماذج الصخرية الممثلة لمنطقة الدراسة من المقلع ووصف الطبقات واخذ احداثيات منطقة الدراسة بواسطة جهاز (GPS).

٢-٢ العمل المختبري:- ويشمل الفحوصات الآتية :

اولاً: فحوصات الهندسية (المقاومة الانضغاطية احادية المحور والتاكل الميكانيكي ومعامل الكسر للصخور).

ثانياً: الفحوصات الفيزيائية (الكثافة الكلية والامتصاص المائي والمسامية الوزن النوعي الظاهري) .

ثالثاً: التحليل المعدني للصخور (XRD، الشرائح الرقيقة).

حيثً تم إجراء الفحوصات المطلوبة في مختبرات الهيئه العامة للمسح الجيولوجي والتعدين/ بغداد، ومختبرات- كلية هندسة المواد -جامعة بابل وبالاعتماد على المواصفة العالمية (ASTM C568) .

٣- النتائج والمناقشة :-

٣-١- النتائج المختبرية :- تم حساب نتائج الخواص الفيزيائية والهندسية ، جداول (١)،(٢)،(٣) كذلك حساب الخواص المعدنية وكما يلي:

جدول (١): يبين نتائج الفحوصات الفيزيائة والداينامكيه

No. Sample	Stations	Levels	Density (gm/cm^3)	(%) WaterAbsorpation	Porosity (%)	Apparent Specific Gravity	"v" poisson ratio	Edyn. (GPa)	Kdyn. (GPa)
1.	Station ١	Upper	٢,٤١	3.59	8.69	2.65	٠,٣١٣٧٠	٣٨,٩٤٤٧١	٣٤,٨٤١٥٣
2.		Middle	٢,٠٢	4.92	10.07	2.25	٠,٣٢٥٠١	١٠,٣٤٢٦٦	٩,٨٥١٠٦٨
3.		Lower	١,٨٦	7.04	13.15	2.15	٠,٣٢١٠٦	٤,٥٢٩٠٩١	٤,٢١٨٦٦٦
4.	Station 2	Upper	٢,٢٩	3.5	8.03	2.49	٠,٣٥٣٩٩	٣٠,٧٥٤٢	٣٥,١٠٥٩
5.		Middle	٢,١١	2.9	6.12	2.24	٠,٣٦٦٥٨	٢٧,٤٠٦٩	٣٤,٢٣٦٧٩
6.		Lower	١,٨٣	7.42	13.64	2.12	٠,٣٩٨٢٨	٧,١٢٥٩٠	١١,٦٧٦٠٧
7.	Station 3	Upper	٢,٣٣	3.99	9.32	2.57	٠,٣٥٧١٢	٣٣,٧٤٦٥	٣٩,٣٦٥٨١
8.		Middle	٢,٣١	5.05	12.44	2.63	٠,٤٠١٨٢	٣٦,٣٧٧٣	٦١٧٥٣٩٢
9.		Lower	١,٨٢	8.53	15.56	2.15	٠,٣٩١٦٥	٤,٢٨٧٥٤	٦,٥٩٥٤٣٨
10.	Station 4	Upper	٢,٤١	3.16	7.61	2.6	٠,٣٣٤٠٣	٦٤,٦١٤٧	٦٤,٨٨٦٧٦
11.		Middle	٢,٠٧	4.37	13.41	2.4	٠,٣٥٣٤٣	٤٠,٥٤٥٦	٤٦,١٠٧٩٣
12.		Lower	١,٨٦	7.05	13.14	2.14	٠,٣٧٣٣٣	٥,٨٤٩٠٨	٧,٦٩٦٤٣٢
13.	Station 5	Upper	٢,٤٥	2.66	6.52	2.62	٠,٣٥٩٢٣	٦٩,٠٥٦١	٨١,٧٦٢٣
14.		Middle	٢,٢١	1.92	4.82	2.63	٠,٣٣٩٥٥	٤٥,٤٣٠٠	٤٧,١٩٢٠٤

15.		Lower	١,٩٨	9	17.84	2.41	٠,٣٩٦٧٠	٥,٠٩٧٣٠	٨,٢٢٤١٢٩
16.	Station 6	Upper	٢,٢٣	4.2	9.4	2.46	٠,٣٤٦١٦	٢٦,٧٢٩٩	٢٨,٩٥٩٦
17.		Middle	٢,١٥	3.44	7.43	2.32	٠,٣٤٤١١	٤٩,٦١٧٩	٥٣,٠٤٨١٧
18.		Lower	٢,٠٥	4.88	10	2.28	٠,٣٧٣٥٨	١٢,٠٠٤٥	١٥,٨٢٦٧
19.	Station 7	Upper	٢,٣٢	4.45	10.36	2.59	٠,٣٤٥٤٢	٣٦,٥٦٠٢	٣٩,٤٢١١٣
20		Middle	٢,١٦	4.73	10.15	2.38	٠,٣٥٣٥٦	٤٧,٧١٨٣	٥٤,٣٠٩٧١
21.		Lower	١,٩٩	5.24	17.07	2.41	٠,٣٥٨٧٧	٦,١٩١٥٣	٧,٣٠٧٠١
22.	Station 8	Upper	٢,٤١	3.61	8.71	2.64	٠,٣٣٧١١	٣٤,٣٩٠٤	٣٥,١٨٧٩٣
23.		Middle	٢,١٩	4.82	10.48	2.42	٠,٣٤٦٣٣	٤٣,٢٢٩٦	٤٦,٨٨٨٤٢
24.		Lower	٢,١١	6.82	14.41	2.46	٠,٣٤٧٨٨	١٣,٨٤٢٥	١٥,١٦٦٨٩
25.	Station 9	Upper	٢,٤٤	2.85	6.98	2.62	٠,٣٤١٦٨	٧٢,١٦٨٠	٧٥,٩٧٢٧٢
26.		Middle	٢,٢٩	5.49	22.29	2.69	٠,٣٢٢٦٠	٢٦,٢٧٣٦	٢٤,٦٨٥١٣
27.		Lower	١,٨١	9.45	17.19	2.19	٠,٣٦١٠٨	٣,٣٩٤٢٨	٤,٠٧٢٢٥٨
28.	Station 10	Upper	٢,٢٢	3.87	8.94	2.44	٠,٣٧٠٣٤	٤٤,٣٥٤٦	٥٧,٠١٥١٥
29.		Middle	٢,١٩	6.91	15.17	2.58	٠,٣٥٥٣٥	٣٧,٦٩٨٩	٤٣,٤٣٩٠٩
30.		Lower	١,٩١	5.09	9.71	2.11	٠,٣٧٣٩٠	٤,٤٤٢١٦	٥,٨٧١٢٧
Average		Upper	2.351	3.588	8.456	2.568	0.34٠882	45.131	45.1319
		Middle	٢,١٧٠	4.455	11.238	2.454	0.35083	36.464	36.4640
		Lower	1.922	7.052	14.171	2.242	0.36962	6.6763	6.67638

جدول رقم (٢) يبين نتائج الفحوصات الهندسية لصخور الحجر الجيري لمنطقة الدراسة.

Number Of Sample	Stations	Levels	Dry uniaxial Compressive strength (MPa)	uniaxial .Satur Compressive strength (MPa)	Mechanical Abrasion(%)
1.	**Station ١**	**Upper**	٦٠,٠	48.1	٢٦,٤
2.		**Middle**	٥٣,٦٧	41.02	٣٠,٢
3.		**Lower**	٢٢,٢٤	10.4	٤٨,٣
4.	**Station 2**	**Upper**	٦٣,٨٧	٦٠.٤٩	٢٤,٤
5.		**Middle**	٥٦,١٢	٣٨,٧٧	٣٣,٥
6.		**Lower**	١٩,٥٩	٨,٣٦	٤٩,٦
7.	**Station 3**	**Upper**	٥٢,٤٤	٣٦,٧٣	٣٥,١
8.		**Middle**	٥٠,٠	٣٤,٢٨	٣٦,٩
9.		**Lower**	١٢,٤٤	٧,٧٥	٥٦,١
10.	**Station 4**	**Upper**	٥٣,٤٦	٣٧,٧٥	٣٣,٩
11.		**Middle**	٥٠,٤٠	٣٣,٦٧	٣٨,٤
12.		**Lower**	١٤,٦٩	٦,٣٢	٥٨,٧
13.	**Station 5**	**Upper**	٦٥,٩١	٥٢,٨٥	٢٠,٤
14.		**Middle**	٥٣,٦٧	٣٨,٣٦	٣٣,١
15.		**Lower**	١٣,٠٦	٥,٧١	٥٩,٦
16.	**Station 6**	**Upper**	٥٠,٨١	٣٥,٧١	٣٥,٥
17.		**Middle**	٤٤,٤٨	٣٢,٠٤	٣٩,٧
18.		**Lower**	١٦,٥٣	١٠,٨١	٤٦,٣
19.	**Station 7**	**Upper**	٥٢,٦٥	٣٧,٣٤	٣٤,٢
20		**Middle**	٤٠,٦١	٢٧,٩٥	٤٤,٦
21.		**Lower**	١٨,٥٧	١٢,٦٥	٤٦,١
22.	**Station 8**	**Upper**	٤٠,٢٠	٣١,٢٢	٣٩,٣
23.		**Middle**	٤٤,٦٩	٢٩,٣٨	٤٢,٦
24.		**Lower**	١٩,٧٩	٧,٩٥	٥٥,٢
25.	**Station 9**	**Upper**	٦٤,٨٩	٥٢,٤٤	٢٠,٨
26.		**Middle**	٤٨,٣٦	٣٥,٥١	٣٥,٨
27.		**Lower**	٣١,٢٢	١٨,٧٧	٤٤,٩
28.	**Station 10**	**Upper**	٤٩,٣٨	٢٨,٧٧	٤٣,١
29.		**Middle**	٣٢,٦٥	٢١,٨٣	٤٣,٨
30.		**Lower**	٢١,٠	١٢,٨٥	٤٦,٠
Average		**Upper**	٥٤,٣٦٧	٤١,٠٥١	31.31
		Middle	٤٧,٤٦٥	٣٣,٢٨١	37.86
		Lower	١٨,٩١٣	١٠,١٥٧	51.08

جدول (٣) يبين قيم نتائج فحص معامل الكسر ولـــ(١٢) انموذج.

NO. Samble	U.P (MPa)	M.P (MPa)	L.P (MPa)
١	٦,٦	٥,٩	٢,٨
٢	٦,٣	٥,٧	٣,٤
٣	٦,٢	٦,٢	٢,٧
٤	٦,٩	٦,١	٣,٢
Average	٦,٥	٦,٠	٣,٠٠

٣-٢ صلاحية الصخور لاغراض البناء بالاعتماد على نظام الدرجات المذكوره في (Al-Diney,1998).

حيث سيتم تقييم الصخور كالاتي : الكثافة الكلية (٢) درجة ، جدول (٤)، المساميه (٢) درجة، جدول (٥)، المقاومه الانضغاطيه (٢) درجة جدول (٦)،الامتصاص المائي (١) درجة، جدول (٧)، نسبة بويسون (Poisson's ratio) (١) درجة، جدول (٨)، معامل الصلادة او القص الديناميكي (١) درجة، جدول (٩)، معامل التمدد الحجمي (١) درجة، جدول (١٠) ،والتي يتم توزيعها كما في الجدول (١٢)، ومن ثم معرفة مدى صلاحية كل نوع من الصخور الملائمه لاغراض البناء بالمقارنه مع جدول (١٢) .

اولاً :- الكثافه الكلية (Bulk Density)

تم قياس الكثافة الكلية للصخور المختارة من منطقة الدراسة، حيث كان معدل الكثافة الكلية للنماذج العشرة (2.351) (gm/cm^3) والموزعة على محطات صخور الحجر الجيري الكتلي لمنطقة الدراسة اما طبقة الحجر الجيري الغني بالمتحجرات حيث بلغ معدل الكثافة الكلية للنماذج المدروسه(2.166) (gm/cm^3)، اما طبقة الحجر الجيري الصلصالي اذ بلغ معدل الكثافة الكلية للنماذج المدروسه(1.922) (gm/cm^3)، ومن خلال نظام الدرجات في تقييم الصخور يظهر ان الطبقات صخور الحجر الجيري الكتلي تقع ضمن الصنف لثاني (Second Class) وطبقة الحجر الجيري الصلصالي ضمن الصنف الثالث (Third Class) كما في جدول (٤). وبذلك فان كل طبقة تجمع (١,٥) درجة بينما طبقة الحجر الجيري الصلصالي حصلت على درجة واحده كما موضح في جدول (١٢) .

جدول (٤) يمثل تصنيف النماذج الصخريه بالاعتماد على الكثافة الكليه وحسب نظام الدرجات.المذكور في (Al-Diney,1998).

Evaluation	Range of density (kg/m^3)	Density (kg/m^3)
First class	> 2560	
Second class	2160 -2560	*U.P=2351 *M.P=2170
Third class	2160 - < 1760	*L.P=1.922

ثانياً :- المسامية (Porosity)

تراوحت معدل قيم المساميه لصخور الحجر الجيري الكتلي للنماذج المدروسة (٨,٤٥٦) % ، اما طبقة الحجر الجيري الغني بالمتحجرات بلغ معدل قيم المسامية لها (11.238)% بينما بلغ معدل قيم المسامية لطبقة الحجر الجيري الصلصالي (14.171) %، ومن خلال نظام الدرجات المذكور في تقييم الصخور يظهر ان طبقات صخور الحجر الجيري الكتلي والحجر الجيري الغني بالمتحجرات تكون واقعه ضمن الصنف الثالث (Third Class)، بينما طبقة الحجر الجيري الصلصالي تقع ضمن الصنف الثاني (Second Class)جدول(٥) .

وبذلل حصلت كل من طبقة الحجر الجيري الكتلي والحجر الجيري الغني بالمتحجرات(العليا والمتوسطه) على درجة واحده، بينما حصلت طبقة الحجر الجيري الصلصالي (السفلى)على درجة ونصف جدول(١٢).

جدول (٥) يمثل تصنيف النماذج الصخريه بالاعتماد على المسامية وحسب نظام الدرجات المذكور في (Al-Diney,1998)

Evaluation	Range of Porosity (%)	Porosity (%)
First class	> 20.0	
Second class	12. 0 -20.0	*L.P=14.171
Third class	4.00 - < 12.0	*U.P=8.456 *M.P=11.238

ثالثاً:- المقاومة الانضغاطية احادية المحور (Uniaxial Compressive strength)

تم قياس المقاومة الانضغاطية احادية المحور للصخور المختارة من منطقة الدراسة،حيث كان معدل مقاومة الانضغاطية احادية المحور لصخور الحجر الجيري الكتلي وللحالتين الجافة والمشبعه (54.36، ٤١,٠٥) (MPa) على التوالي ، بينما طبقة الحجر الجيري الغني بالمتحجرات كان معدل المقاومة الانضغاطية احادية المحور وللحالتين الجافة والمشبعه (47.46 ، ٣٣,٢٨) (MPa) وعلى التوالي بينما طبقة الحجر الجيري الصلصالي معدل مقاومتها الانضغاطية (١٨,٩١،١٠,١٦)(MPa) ، ومن خلال نظام الدرجات في تقييم الصخور يظهر ان طبقات الحجر الجيري الكتلي وطبقة الحجر الجيري الغني بالمتحجرات (العليا والمتوسطه) تقع ضمن (Second Class) اما طبقة الحجر الجيري الصلصالي (الطبقة السفلى) تقع ضمن الصنف الثالث (Third Class) ،جدول (٦) .

وبذلل فانها سوف تجمع كل من الطبقة العليا والمتوسطه (١,٥) درجة على العكس من الطبقة السفلى التي تحصل على درجة واحده كما موضح في جدول (١٢) .

جدول (٦) يمثل تصنيف النماذج الصخريه بالاعتماد على المقاومه الانضغاطية احادية المحور وحسب نظام الدرجات المذكور في (Aldainy,1998)

Evaluation	Range of Compressive Strength MPa	Compressive Strength (MPa)
First class	> 55.00	
Second class	28.00 - 55.00	*U.P=54.36,41.05 *M.P=47.46, 33.28
Third class	12.0 - < 28.0	*L.P=18.91,10.157

رابعاً:- الامتصاص المائي (Water Absorption)

تم حساب قيمة الامتصاص المائي للصخور المختارة من منطقة الدراسة، وكان معدل الامتصاص المائي لصخور الحجر الجيري الكتلي (الطبقة العليا) (3.58)% اما طبقة الحجر الجيري الغني بالمتحجرات الطبقه (المتوسطه) فمعدل الامتصاص المائي (4.45)% وطبقة الحجر الجيري الصلصالي (السفلى) فمعدل الامتصاص المائي للنماذج كان (7.052) %، ومن خلال نظام الدرجات في تقييم الصخور يظهر ان الطبقات العليا والمتوسطه تقع ضمن الصنف الثالث (First Class) والطبقة السفلى واقعة ضمن الصنف الثاني (Second Class)،جدول (٧) .

وبذلل فانها سوف تجمع كل من الطبقة العليا والمتوسطه على درجه واحدة خلاف الطبقة السفلى التي حصلت على (٠,٧٥) من الدرجه كما في جدول (١٢).

جدول (٧) يمثل تصنيف النماذج الصخريه بالاعتماد على الامتصاص المائي وحسب نظام الدرجات المذكور في (Aldainy,1998)

Evaluation	Range of Water Absorption (%)	Water Absorption (%)
First class	3.00 < - 7.00	*U.P=3.58 *M.P=4.45
Second class	7.00 - 12.00	*L.P=7.052
Third class	>12.00	

خامساً:- نسبة بويسون (Poisson's ratio)

تم حساب نسبة بويسون للصخور المختارة من منطقة الدراسة، و كان معدلها لصخور الحجر الجيري الكتلي وفي الحالتين الجافة والمشبعة (٠,٣٤٠،٠,٣٣٧) على التوالي اما طبقة الحجر الجيري الغني بالمتحجرات معدل نسبة بويسون لها كان (0.351،0.350) لكل منهما وطبقة الحجر الجيري الصلصالي معدل نسبة بويسون الحالتين الجافة والمشبعة هي (0.351،0.369) على التوالي، ومن خلال نظام الدرجات في تقييم الصخور يظهر ان الطبقات العليا تقع في الصنف الثاني (First Class) والطبقة المتوسطه والسفلى واقعة ضمن الصنف الثالث (Third Class) وفي الحالتين جدول (٨) .

وبذلك فانها سوف تجمع كل طبقة العليا على درجه واحدة خلاف الطبقة المتوسطه والسفلى التي حصلت على (٠,٥٠) من الدرجه كما في جدول (١٢)

جدول (٨) يمثل تصنيف النماذج الصخريه بالاعتماد على نسبة بويزون وحسب نظام الدرجات المذكور في (Aldainy,1998)

Evaluation	Range of Poisson's ratio	Poisson's ratio (ν)
First class	0.33 - < 0.34	*U.P=0.34,0.337
Second class	0.34 - 0.35	
Third class	> 0.35	*M.P=0.35,0.351 *L.P=0.369,0.351

سادساً :- معامل الصلادة الديناميكي Rigidity modulus or shear Modulus (G)

تم حساب معامل الصلادة الديناميكي للصخور المختارة من منطقة الدراسة، و كان معدلها لصخور الحجر الجيري الكتلي في الحالتين الجافه والمشبعه (١,٦٧ ، 1.36) $(N/m^2)*10^{10}$ على التوالي اما طبقة الحجر الجيري الغني بالمتحجرات معدل معامل الصلادة الديناميكي لها و للحالتين الجافه والمشبعه (١,٣٥ , 1.08) $(N/m^2)*10^{10}$ على التوالي وطبقة الحجر الجيري الصلصالي معدل معامل الصلادة الديناميكي للنماذج وللحالتين الجافه والمشبعه هي (0.183×10^{10} ، ٠,٢٤٤$\times10^{10}$) (N/m^2)، على التوالي ومن خلال نظام الدرجات في تقييم الصخور يظهر ان الطبقات العليا والمتوسطه تقع ضمن صنف الاول (First Class) اما الطبقة السفلى فهي لاتصنف ضمن اي صنف، جدول (٩) . وبذلل فانها سوف تحصل كل من الطبقة العليا والمتوسطه على درجه واحدة خلاف الطبقة السفلى التى لاتحصل على اي درجه في الحالتين والموضح في جدول (١٢).

جدول (٩) يمثل تصنيف النماذج الصخريه بالاعتماد على نسبة بويزون وحسب نظام الدرجات المذكور في (Aldainy,1998)

Evaluation	Range of rigidity modulus $(N/m^2)*10^{10}$	rigidity modulus (G) $(N/m^2)*10^{10}$
First class	$> 1 * 10^{10}$	*U.P =١,٦٧, 1.36 *M.P =١,٣٥,1.08
Second class	$7.5 * 10^9$- $1*10^{10}$	
Third class	$5.0 * 10^9$- <$7.5 *10^9$	

*L.P= (٠,٢٤$*10^{10}$, $0.18*10^{10}$)

سابعاً:- معامل التمدد الحجمي (Bulk modulus ((K) $(N/m^2)*10^{10}$

تم حساب معامل التمدد الحجمي للصخور المختارة من منطقة الدراسة، و كان معدلها لصخور الحجر الجيري الكتلي في الحالتين الجافه والمشبعه (٤,٩٣، 3.72) على التوالي و الموزعة على المحطات اما طبقة الحجر الجيري الغني بالمتحجرات فمعدل معامل التمدد الحجمي وللحالتين الجافه والمشبعه (٤,٢٢، ٣,٤٦) على التوالي وطبقة الحجر الجيري الصلصالي معدل معامل التمدد الحجمي للحالتين الجافه والمشبعه هي(٠,٨٧، ٠,٥٩) على التوالي ومن خلال نظام الدرجات في تقييم الصخور يظهر ان الطبقات العليا

والمتوسطه تقع ضمن الصنف الاول (First Class) في الحلة الجافه وفي الصنف الثاني (Second class) في الحاله المشبعه اما الطبقة السفلى فهي لاتصنف ضمن اي صنف جدول (١٠) .

وبذلل فانها سوف تحصل كل من الطبقة العليا والمتوسطه على درجه كامله في الحاله الجافه و (٠,٧٥) من الدرجة في الحاله المشبعه خلاف الطبقة السفلى التى لاتحصل على ايّ درجه في الحالتين كما في جدول (١٢).

جدول (١٠) يمثل تصنيف النماذج الصخريه بالاعتماد على معامل التمدد الحجمي وحسب نظام الدرجات المذكور في (Aldainy,1998)

Evaluation	Range of Bulk modulus $(N/m^2)*10^{10}$	Bulk modulus (K) $(N/m^2)*10^{10}$
First class	>4.00	*U.P = 4.93 *M.P = 4.22
Second class	2.80 - 4.00	*U.P = 3.72 *M.P 3.46
Third class	1.70 - < 2.80	

*L.P= $(0.59* 10^{10}, 0.87*10^{10})$ (N/m^2)

جدول (١١) يمثل مدى صلاحية الصخور حسب نظام الدرجات، المذكور في (Aldainy,1998)

Range of Total Degree	Overall Evaluation
10.00	Highly Recommended
7.50 - < 10.00	Recommended
5.00 - < 7.500	Accepted
<5.00	Unaccepted

جدول (١٢) يمثل توزيع الدرجات لكل من الخصائص المعتمده وحسب نظام الدرجات، المذكور في (Al-Diney,1998)

Property	Degree	Grading of Degree	Evaluation	upper	middle	Lower
Density	٢,٠٠	*2.00 *1.50 *1.00	First class- Highly Recommend Second class-Recommend Third class- Accepted	1.50	1.50	1.00
Porosity	٢,٠٠	*2.00 *1.50 *1.00	First class- Highly Recommend Second class-Recommend Third class- Accepted	1.00	1.00	1.50
Compressive strength	٢,٠٠	*2.00 *1.50 *1.00	First class- Highly Recommend Second class-Recommend Third class- Accepted	1.50	1.50	1.00
Water absorption	١,٠٠	*1.00 *0.75 *0.50	First class- Highly Recommend Second class-Recommend Third class- Accepted	1.00	1.00	0.75
Poisson's ratio	١,٠٠	*1.00 *0.75 *0.50	First class- Highly Recommend Second class-Recommend Third class- Accepted	١,٠٠	٠,٥٠	٠,٥٠
Modulus of Rigidity	١,٠٠	*1.00 *0.75 *0.50	First class- Highly Recommend Second class-Recommend Third class- Accepted	1.00	1.00	_____
Bulk modulus	١,٠٠	.001* ٧٥.٠* 0٥.٠*	First class- Highly Recommend Second class-Recommend Third class- Accepted	** 1 *** 0.75	** 1 *** 0.75	_____
Total Degree				** 8.00 *** 7.75	** 7.25 ***7.5	4.75
Evaluation depending on table (4-8)				Recommend	Accepted Recommend	unaccepted

***Saturated **Dry state * Grading of Degree

٣-٣ :- صلاحية الصخور لاغراض البناء اعتماداً على المواصفة الامريكيه (ASTM - C568)

بالاعتماد على المواصفة الامريكية للفحص والمواد (ASTM - C568)، تصنف صخور الحجر الجيري الى ثلاثة اصناف اعتمادا على الكثافه وهي الصنف الاول (I) صخور الحجر الجيري ذات الكثافه الواطئه وهي غير صالحة لاغراض البناء حيث تكون كثافتها اقل من (١٧٦٠) kg/m^3 والصنف الثاني (II)، صخور ذات كثافه متوسطه مقبوله لاغراض البناء (١٧٦٠- ٢١٦٠) kg/m^3 والصنف الثالث (III) المفضل للاسخام كمواد بناء لما يتميز به من قابلية تحمل ومقاومة التاكل ويسمى الحجر الجيري ذو الكثافة العالية (٢١٦٠-٢٥٦٠) kg/m^3 واعتماداً على هذا التقسيم تم اعتبار النماذج المدروسه من صخور الحجر الجيري الكتلي والحجر الجيري الغني بالمتحجرات من صنف الصخور ذات الكثافة المتوسطه اما صخور الحجر الجيري الصلصالي فهي ذات كثافه واطئه من خلال معدل عشر نماذج اجريت عليها فحوصات بعض الخواص الفيزيائية والهندسية المطلوبة في المواصفة .

اولاً :- الكثافة الكلية (Bulk density)

تم حساب الكثافه الكلية لصخور الحجر الجيري الكتلي وصخور الحجر الجيري الغني بالمتحجرات فكانت الكثافه (٢٣١١ ، ٢١٧٠) kg/m^3 على التوالي ومن خلال الجدول (١٤) تبين انها تقع ضمن صنف الثاني والتي تقيم متوسط الكثافه والمقبوله في البناء اما صخور الحجر الجيري الصلصالي بمعدل كثافه (١٩٢٢) kg/m^3 ، تقييم بانها ضمن الصنف الاول واطئة الكثافه وغير المقبوله لاغراض البناء.

ثانياً :- الامتصاص المائي (Water absorption)

تم حساب الامتصاص المائي لصخور الحجر الجيري الكتلي وصخور الحجر الجيري الغني بالمتحجرات فكانت الامتصاص المائي (٣,٥٨، ٤,٤٥) % على التوالي ومن خلال الجدول (١٤) تبين انها تقع ضمن صنف الثاني والتي تقيم متوسط الكثافه والمقبوله في البناء اما صخور الحجر الجيري الصلصالي بمعدل كثافه (٧,٠٥) % تقيم بانها ضمن الصنف الاول واطئة الكثافه والغير مقبوله لاغراض البناء.

ثالثاً :- المقاومة الانضغاطية احادية المحور (Uniaxial Compressive strength)

تم حساب المقاومة الانضغاطية لصخور الحجر الجيري الكتلي وصخور الحجر الجيري الغني بالمتحجرات فكانت المقاومه الانضغاطيه (٥٤,٣٦، ٤٧,٤٦) MPa على التوالي ومن خلال الجدول (١٤) تبين انها تقع ضمن صنف الثاني والتي تقيم متوسط الكثافة والمقبولة في البناء اما صخور الحجر الجيري الصلصالي بمعدل كثافه (١٨,٩١) MPa تقيم بانها ضمن الصنف الاول واطئة الكثافه غير مقبوله لاغراض البناء.

جدول (١٣) يبين توزيع الصفات الفيزياويه والهندسه المطلوبه في المواصف الامريكية (ASTM C568-03)

Physical property	UPPER	MIDDLE	LOWER
Bulk density ,kg/m^3	٢٣١١	٢١٧٠	١٩٢٢
Water absorption %	٣,٥٨	٤,٤٥	٧,٠٥٢
Comprassive strength,, MPa	٥٤,٣٦	٤٧,٤٦	١٨,٩١
Modulus of rubture , MPa	٦,٥	٦,٠	٣,٠٠
Abrasion resistance , hardness	10.5	10.2	٩

رابعاً:- معامل الكسر (Modulus of rupture)

تم حساب معامل الكسر لصخور الحجر الجيري الكتلي وصخور الحجر الجيري الغني بالمتحجرات من خلال الوزن النوعي فكان معدل معامل الكسر لها (٦,٥،٦,٠) MPa على التوالي ومن خلال الجدول (١٤) تبين انها تقع ضمن صنف الثاني والتي تقييم متوسط الكثافه والمقبوله في البناء اما صخور الحجر الجيري الصلصالي بمعدل كثافه (٣,٠٠) MPa تقييم بانها ضمن الصنف الاول واطئة الكثافه وغير المقبوله لاغراض البناء.

خامساً:- معامل التاكل (Abrasion resistance , hardness)

تم حساب معامل الكسر لصخور الحجر الجيري الكتلي وصخور الحجر الجيري الغني بالمتحجرات من خلال الوزن النوعي فكانت معامل الكسر (١٠,٥، ١٠,٢) على التوالي ومن خلال الجدول (١٤) تبين انها تقع ضمن صنف الثاني والتي تقيم متوسط الكثافة والمقبولة في البناء اما صخور الحجر الجيري الصلصالي بمعدل كثافه (٩,٠) تقييم بانها ضمن الصنف الاول واطئة الكثافه والغير مقبوله لاغراض البناء.

جدول (١٤) يوضح تقييم الصخور ومدى صلاحيتها للبناء بالاعتماد على المواصفه الامريكية (ASTM C568-03)

Physical property	Value		Classification	Test Method
Water absorption , by weight, max,(%)	١٢		Low-density	C97
	٧,٥		Medium- density	
	٣		High -density	
Bulk density, min,(kg /m^3)	١٧٦٠		Low-density	C97
	٢١٦٠		Medium - density	
	٢٥٦٠		High -density	
Compressive strength ,min,(MPa)	١٢		Low-density	C170
	٢٨		Medium - density	
	٥٥		High -density	
Modulus of rupture, min ,(MPa)	٢,٩		Low-density	C99
	٣,٤		Medium - density	
	٦,٩		High -density	
Abrasion resistance ,min , hardness	١٠		Low-density	C241 or C1353
	١٠		Medium - density	
	١٠		High -density	

٤-٣ مناقشة النتائج ومدى صلاحية الصخور لاغراض البناء بالاعتماد على نظام الدرجات، المذكور في (Al-Diney,1998) وحسب المواصفة الامريكيه (- ASTM C658)

بالاعتماد على نظام التدرج تعد صخور الحجر الجيري الكتلي جيد الاستخدام وموصى به للبناء في حالة البناء في مناطق جافه غير المقترنه بالرطوبه او المياه كذلك في حالة تعرضه للمياه يعد صالحاً بتقدير مقبول للبناء حيث جمع (٨،٧,٧٥ من ١٠) درجه للحالتين الجافه والمشبعه على التوالي اما الطبقه الحجر الجيري الغني بالمتحجرات فتكون مقبوله للبناء كونها جمعت (٧,٥،٧,٢ من ١٠) خلاف طبقة الحجر الجيري الصلصالي يكون غير صالح لاغراض البناء جدول (١١) ، جدول (١٢).

اما من خلال المواصفه الامريكيه (ASTM - C658) فقد صنفت طبقتا الحجر الجيري الكتلي والحجر الجيري الغني بالمتحجرات ضمن الصنف الثاني متوسط الكثافة المقبول لاغراض البناء اما طبقة

الحجر الجيري الصلصالي يصنف ضمن الصنف الاول واطئ الكثافة غير مفضل وغير مقبول لاغراض البناء، جدول (١٢). حيث تظهر ضعف في معاملات المرونه والمقاومه للتاكل الميكانيكي ومعامل الكسر كذلك اظهرت عدم مقاومتها للحوامض والاملاح من خلال فحص التاكل الكيميائي حيث تكون سريعة الاذابة تحت تاثير الحوامض والاملاح لان الاطيان المتواجدة مع الصخور سوف تضعف الاواصر الرابطة للصخور.

٣-٥ صلاحية الصخور ومدى ملائمتها كصخور تغليف

(The validity of the Rocks as Facing stone)

تعد صخور الحجر الجيري واسعة الاستخدام كصخور تغليف الجدران والأعمدة، ويتم اختيارها بالاعتماد على خصائصها، وقابلية التحمل للظروف المناخية المختلفه كذلك تفضل بالاعتماد على لونها الذي يعد انعكاساً لطبيعة هذه الصخور ومدى تعرضها للتجويه وكذلك طبيعة المعادن المكونة لها والشوائب الداخله معها بوصفها صخوراً رسوبية الأصل، تقطع الصخور على شكل مكعبات بعد التاكد من صلاحيتها من حيث الصلابه ومقاومة الاحتكاك وهي في المقالع ومن ثم نقلها لمعامل خاصه لغرض تشكيلها بابعاد المطلوبة حسب الغرض المطلوب .

٣-٥-١ تقييم صخورالحجر الجيري ومدى صلاحية الصخور المدروسة لاغراض التغليف اعتماداً على نظام الدرجات المذكور في (Al-Diney,1998) .

حيث تم تقييم الصخور كالاتي :الخصائص البتروغرافيه (٢) درجه، الكثافة الكلية (٢) درجة، جدول (٤)، المساميه (٢) درجة، جدول (٥)، الامتصاص المائي (١) درجة، جدول (٧)، معامل المرونه الديناميكي (E) (١) درجة، جدول (١٥)، معامل الصلادة او القص الديناميكي (G) (١) درجة، جدول (٩)، معامل التمدد الحجمي (١) والتي يتم توزيعها كما في الجدول (١٥).

اولاً :- الصفات البتروغرافيه (Petrogrphic Properties)

من خلال الحجم الحبيبي للشرائح الرقيقه الذي تم دراستها بواقع (١٥) ، شريحه ممثله لكافة انواع الصخور المغطيةً لمنطقة الدراسه ومن خلال الفحص المجهري تبين ان الشرائح لاتحتوي على معادن او مكونات تعد مصدراً للاملاح كالكبريتات وغيرها كما انها لا تحتوي العينات على معادن ومواد غير مستقره قابله لاعادة التبلور وبالتالي فان العينات لاتحوي على املاح او مواد غير مستقره كذلك لم يظهر الدولومايت بنسب عاليه وكما موضح في جدول (١٦) وبالاعتماد على نظام الدرجات حصلت طبقه الحجر الجيري الكتلي على درجه ونصف وطبقه الحجر الجيري الغني بالمتحجرات على درجه واحده و طبقة الحجر الجيري الصلصالي الذي حصل على درجة واحدة.

ثانياً:- الكثافة الكلية (Bulk density)

من خلال جدول (٤). الذي يوضح توزيع الطبقات الثلاث بالصنف المناسب حسب كثافة صخورها تبين ان طبقه الحجر الجيري الكتلي و وطبقه الحجر الجيري الغني بالمتحجرات حصلت على (١,٥) درجة خلاف الطبقة الحجر الجيري الصلصالي التي حصلت على درجة واحده كما موضح في جدول (١٦)

ثالثاً:- المسامية ((%) Porosity)

من خلال جدول (٥) الذي يوضح توزيع الطبقات الثلاث بالصنف المناسب حسب نسبة الفراغات الى الحجم الكلي (المساميه) تبين ان الحجر الجيري الكتلي و وطبقه الحجر الجيري الغني بالمتحجرات حصلت

درجة واحده خلاف الطبقة الجيري الصلصالي التي حصلت على درجة ونصف واحده كما موضح في جدول (١٦)

رابعاً :-الامتصاص المائي (Water Absorption)

من خلال جدول (٧) الذي يوضح توزيع الطبقات الثلاث بالصنف المناسب حسب نسبة الامتصاص المائي، تبين ان طبقه الحجر الجيري الكتلي والغني بالمتحجرات حصلت درجة واحده خلاف الطبقة الحجر الجيري الصلصالي التي حصلت على (٠,٧٥) من الدرجة كما موضح في جدول (١٦) .

خامساً :- معامل المرونه الديناميكية Modulus of Elasticity

تم حساب معامل المرونه الديناميكية للصخور المختارة من منطقة الدراسة، و كان معدلها لصخور الحجر الجيري الكتلي في الحالتين الجافة والمشبعة ($4.51*10^{10}$، $3.63*10^{10}$) (N/m^2) على التوالي اما طبقة الحجر الجيري الغني بالمتحجرات معدل معامل المرونه الديناميكية للحالتين الجافه والمشبعه لها ($2.92*10^{10}$,$3.65*10^{10}$) (N/m^2) على التوالي وطبقة الحجر الجيري الصلصالي معدل معامل المرونه الديناميكية وللحالتين الجافه والمشبعه هي ($0.667*10^{10}$ ،٠,٤٩٦*١٠^١٠) (N/m^2) على التوالي ومن خلال نظام الدرجات في تقييم الصخور يظهر ان الطبقات العليا في الظروف الجافه تقع ضمن الصنف الاول (First Class) وفي حالة تشبع صخور الحجر الجيري الكتلي بالماء ووصخور الحجر الجيري الغني بالمتحجرات ضمن في حالتيها الجافه والمشبعه ضمن الصنف الثاني (Second Class) اما طبقة الحجر الجيري الصلصالي فهي لاتصنف ضمن اي صنف جدول (١٥) .

وبذلك تحصل طبقت الحجر الجيري الكتلي في الحاله الجافه على درجتين اما في حالتها المشبعه مع الغنيه بالمتحجرات على درجه ونصف خلاف طبقة الحجر الجيري الصلصالي التي لاتحصل على اي درجه وللحالتين، الجدول (١٦).

سادساً :- معامل الصلادة او القص الداينميكي (G) rigidity modulus or shear modulus

من خلال جدول (٩) الذي يوضح توزيع الطبقات الثلاث بالصنف المناسب حسب معامل الصلابة او القص الداينميكي (G)، تبين ان الحجر الجيري الكتلي وطبقه الحجر الجيري الغني بالمتحجرات حصلت على درجه واحدة خلاف طبقة الحجر الجيري الصلصالي التى لاتحصل على اي درجه في الحالتين كما في جدول(١٩).

جدول (١٥) يمثل تصنيف النماذج الصخريه بالاعتماد على معامل المرونه الداينميكي وحسب نظام الدرجات المذكور في (Aldainy,1998)

Evaluation	Range of Elasticity Modulus $(N/m^2)*10^{10}$	Elasticity Modulus E $(N/m^2)*10^{10}$
First Class	> 3.80	٤,٥١U.P=
Second class	2.70 - 3.80	٣,٦٣*U.P = ٢,٩٢ 5,٣,٦ M.P=
Third class	1.40 - < 2.70	

*L.P= ٠,٦٧ ,٠,٥٠

جدول (١٦) يمثل توزيع الدرجات لكل من الخصائص المعتمده للتغليف وحسب نظام الدرجات المذكور في (Aldainy,1998)

Property	Degree	Grading of Degree	Evaluation	Upper	middle	Lower
Petrogrphic Properties	٢,٠٠	*2.00 *1.50 *1.00	First class- Highly Recommend Second class-Recommend Third class-Accepted	1.5	1.0	1
Density	٢,٠٠	*2.00 *1.50 *1.00	First class- Highly Recommend Second class-Recommend Third class-Accepted	1.50	1.50	1.00
Porosity	٢,٠٠	*2.00 *1.50 *1.00	First class- Highly Recommend Second class-Recommend Third class-Accepted	1.00	1.00	1.50
Water absorption	١,٠٠	*1.00 *0.75 *0.50	First class- Highly Recommend Second class-Recommend Third class-Accepted	1.00	1.00	0.75
Modulus of Elasticity	٢,٠٠	*2.00 *1.50 *1.00	First class- Highly Recommend Second class-Recommend Third class-Accepted	**2.0 ***1.5	1.50	———
Modulus of Rigidity	١,٠٠	*1.00 *0.75 *0.50	First class- Highly Recommend Second class-Recommend Third class-Accepted	1.00	1.00	———
Total Degree				** 7. 5 *** 7.0	** 7.0 ***7.0	4.25
Evaluation depending on table (4-8)				Recommend	Accepted Recommend	unaccepted

***Saturated **Dry state * Grading of Degree

٣-٦ مناقشة النتائج لاغراض التغليف

(The Results Discussion to Facing stone Purposes)

بالاعتماد على نظام التدرج تعد صخور الحجر الجيري الكتلي مقبول لاغراض التغليف في مناطق جافه غير المقترنه بالرطوبه او المياه كذلك في حالة تعرضه للمياه يعد صالحاً بتقدير مقبول للبناء حيث جمع (٧,٥،٧,٠ من ١٠) درجه للحالتين الجافه والمشبعه على التوالي كذلك الطبقه الحجر الجيري الغني بالمتحجرات فتكون مقبوله للبناء كونها جمعت (٧,٥،٧,٢ من ١٠) خلاف طبقة الحجر الجيري الصلصالي يكون غير صالح لاغراض البناء جدول (١١) ، جدول (١٥).

٤- الاستنتاجات :-

١- تراوحت قيم الكثافة الكلية لصخور الحجر الجيري الكتلي بين (٢,٢٢-٢,٤٥)غم/سم^3، في حين تراوحت قيم الكثافة لصخور الحجر الجيري الغني بالمتحجرات بين (٢,٠٢-٢,٣١)غم/سم^3، اما الحجر الجيري الصلصلالي بين (١,٨١-٢,١١)غم/سم^3 ، وبذلك تكون الكثافة الكلية لصخور الحجر الجيري الكتلي اكثر قيم بينما تكون صخور الحجر الجيري الصلصالي اقل قيم.

٢- تراوحت قيم الامتصاص المائي لصخور الحجر الجيري الكتلي بين (٢,٦٦-٤,٤٥)% بينما تراوحت قيم الامتصاص المائي لصخور الحجر الجيري الغني بالمتحجرات بين (١,٩٢-٦,٩١)%، اما الحجر الجيري

الصلصلالي كانت بين (٤,٨٨-٩,٤٥)، وبذلك يكون الامتصاص المائي لصخور الحجر الجيري الصلصالي اكثر قيم بينما تكون صخور الحجر الجيري الكتلي اقل قيم.

٣- تراوحة قيم المسامية لصخور الحجر الجيري الكتلي بين (٦,٩٨-١٠,٣٦) % بينما تراوحت قيم المسامية لصخور الحجر الجيري الغني بالمتحجرات بين (٤,٨٢-٢٢,٢٩)%، اما الحجر الجيري الصلصلالي كانت بين(٩,٧١-١٧,٨٤)%، وبذلك تكون المسامية لصخور الحجر الجيري الغني بالمتحجرات اكثر قيم بينما تكون صخور الحجر الجيري الكتلي اقل قيم .

٤-تراوحت قيم الوزن النوعي الظاهري لصخور الحجر الجيري الكتلي بين (٢,٢٢-٢,٤٥)، في حين تراوحت قيم غم/سم^3 لصخور الحجر الجيري الغني بالمتحجرات بين (٢,٠٢-٢,٣١)غم/سم^3، اما الحجر الجيري الصلصلالي بين (١,٨١-٢,١١)غم/سم^3، وبذلك يكون الوزن النوعي الظاهري لصخور الحجر الجيري الكتلي اكثر قيم بينما تكون صخور الحجر الجيري الصلصالي اقل قيم.

٥- ان الاختلاف بين قيم الخواص الفيزيائية (الكثافة الكلية ، المسامية ، المتصاص المائي والوزن النـــوعي)، للصخور المختاره لمنطقة الدراسة يرجع لاختلاف المكونات النسيجية وحجم وشكل ودرجة التراص للحبيبات ونوع المادة الرابطة والعمليات التحويرية.

٦- بالاعتماد على نظام التدرج المذكور في (Aldainy,1998)، تعد صخور الحجر الجيري الكتلي جيد الاستخدام وموصى بها للبناء في حالة البناء في مناطق جافه غير المقترنه بالرطوبه او المياه كذلك في حالة تعرضه للمياه يعد صالحاً بتقدير مقبول للبناء بينما طبقه الحجر الجيري الغني بالمتحجرات فتكون مقبوله للبناء ايضاً خلاف طبقة الحجر الجيري الصلصالي يكون غير صالح لاغراض البناء

٧- بالاعتماد على نظام التدرج والمذكور في (Aldainy,1998) ، تعد صخور الحجر الجيري الكتلي مقبول لاغراض التغليف في المناطق الجافه غير المقترنه بالرطوبه او المياه كذلك في حالة تعرضه للمياه يعد صالحاً بتقدير مقبول لاغراض التغليف وتعد مناسبه اكثر من لهذا الغرض، بينما طبقه الحجر الجيري الغني بالمتحجرات فتكون مقبوله خلاف طبقة الحجر الجيري الصلصالي الذي يكون غير صالح لاغراض البناء.

٨- عند المقارنة مع المواصفة الامريكية (ASTM - C658)، صنفت طبقتا الحجر الجيري الكتلي والحجر الجيري الغني بالمتحجرات ضمن الصنف الثاني متوسط الكثافه المقبول لاغراض البناء اما طبقة الحجر الجيري الصلصالي يصنف ضمن الصنف الاول واطئ الكثافه غير مفضل وغير مقبول لاغراض البناء.

٩- من خلال فحص العينات الممثله للمنطقة الدراسة من خلال بفحص الشرائح الرقيقه تبين من ذلك عدم وجود الدولومايت كمعدن اساسي في تركيب الصخور المكونة لمنطقة الدراسة .

٥- التوصيات :-

١- الاهتمام بتطوير الدراسات حول الصخور الحجر الجيري المتوفره في منطقة عيـــون الـــشجيج لكميتهـــا الصناعية وحساب وتقدير كمية الاحتياطي لها والعمل على انشاء مصانع لتشكيل الاحجار بابعاد هندسية تكون صالحة للبناء والتغليف كون كميات منها صالحة لهذا الغرض واستخدامها للبناء

٢- اجراء دراسات منجمية من خلال التغيير في سماكات طبقات الحجر الجيري فحساب تغيير نسبة القـــشط لغرض الاستخراج المنجمي.

٣- جراء دراسة جيولوجيه هندسية لاستقرارية المنحدرات الصخرية المكونة للمقلع ودراسة انواع الانهيارات الصخرية ومعالجتها والحد منها.

٤- استعمال تقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لتقييم حجم الصخور السطحية والتحت سطحية اقتصادياً .

٥- عمل دراسات مستقبلية مماثلة لهذه الدراسة ولمناطق اوسع للاستفادة منها.

٦- المصادر :-

الزبيدي جعفر حسين علي وحسين، سالم جبار، ٢٠١٤، التقويم الجيوتكنيكي لأحجار الكلس المستخدمة في معمل سمنت الكوفة / محافظة النجف، مجلة جامعة بابل العدد (١) مجلد (٢٢)، ٢٠١-٢١٤ ص.

العطية، موسى جعفر، ٢٠٠٢، اصل وتطور ونشوء بحر النجف، مجلة ما بين النهرين، العدد (٣٠)، ص (١١٩-١٢٠) .

العلي، صفاء حسين علي،٢٠٠٤، دراسة تقييم السمنت المنتج من معمل سمنت الكوفه والمواد الخام الداخلة في صناعته، اطروحة ماجستير، كلية العلوم / جامعة بغداد (غير منشوره) .

المواصفة القياسية العراقية رقم (١٣٨٧) ،١٩٨٩، تقييم الصخور بالاعتماد على مقاومتها للتاكل الميكانيكي ، مجلس التخطيط / الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، بغداد.

حسين، صفوك عاصي، ٢٠١٠ ، دراسه جيوكيميائيه بتروفيزياويه لتقييم صلاحية الصخور الجيريه لغرض صناعة السمنت في بعض مكاشف تكوين الفتحه في منطقة السكريه / غرب بيجي. مجلة العراقيه للعلوم، المجلد ٥١، العدد ١، ١٢٢ ص .

سلطان، باسم حبيب، ٢٠٠٢ ، صخارية تركيب جبل سنام جنوب العراق واصل نشأته. اطروحة ماجستير غير منشوره / كلية العلوم / جامعة البصره .

فتوحي، زهير الرمو فتاح، كنانه محمد واخرون، ١٩٩٠، الجيولوجيا الهندسيه والتحري الموقعي . مطبعة التعليم العالي / الموصل (٨٨ – ٩٤) ص .

فرج ، حيدر حسان، ٢٠٠٩ ، استخدام تقنية الموجات فوق الصوتيه لدراسة بعض الخواص الجيوتكنيكيه والفيزياويه لصخور الحجر الجيري في مقلع الكوفه /بحر النجف/النجف الاشرف/ وسط العراق، اطروحة ماجستير/ كلية العلوم/ جامعة البصره

Al-Dabbagh, I., Zaiyer, S., and Abdul-kader,F., 1984, Studies on the geophiscochemical properties for some Iraqian limestones and Dolomite ,Unpub.Report, Bulding Reserch ,center,Baghdad,67p.

Al-Diney,M. Y., 1998, Evaluation of the limestone and Dolomite of Aion-Al-Aranab area in al-Anbar governorate as building materials. M.Sc. Thesis, University of Baghdad - College of Science.

Al-Auweidy, M., R. A., 2013, Qualitative, Quantitative and Radiological Assessment of Marl Layer in the Euphrates Formation for Portland Cement Industry in Kufa Cement Quarry at Al-Najaf Governorate . M.Sc. Thesis, University of Baghdad- College of Science.

ASTM C 97-02, 2003, 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.

ASTM C 99-87, 2000, Standard test method for modulus of rapture of dimension stone. Annual Book of ASTM Standard American Society for Testing and Materials. Vol. 04.07. 3p.

Buday, T. and Jassim, S. Z., 1987, The Regional Geology of Iraq, Tectonism, magmatesim and metamorphism. S.E. Geological Survey and Mineral Investigation, Baghdad, Iraq,352p.

Buday, T., 1980, The regional geology of Iraq, (Stratigraphy and Paleogeography, D.G of Geol. Surv.and Min,Inv.publi.,Baghdad, Vol.1 p44.

Barwary, A. M., and Naseira, A. S.,1995, The Geology of Al-Najaf Quadrangle. State Establishment of Geological Survey and Mining, (Internal report) , pp. 20-23.

Duggal, S.K., 2008, Building Materials. New age international publishers, third revised edition, pp52-83.

Dunham, R. J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In Ham, W.E. (ed.), Classification of carbonates rocks. A symposium Am. Ass. Petrol. Geologists,

Erguler, Z.A., and Ulusay, R., 2008, Water- Induced Variation in Mechanical Properties of Clay-Bearing Rocks. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. Elsevier.

Fadhil , L., A., 2013, . Assessment Of some Selected Carbonate, Porcelanitesand Quartzite Sandstone, Western Desert Of Iraq for Industrial uses , B.H.D, Thesis, University of Baghdad- College of Science .

Flugel, E., 2004; Micro facies of carbonate rocks. Springer-Verlag, Berlin, 976P.

Jassim, Saad. Z. and Goff, Jeremy. C., 2006, Geology of Iraq. First ed,Czech Requblic, p352.

Sabatakakis , N, Koukis G, Tsiambaos G, Papanakli S , 2008, Index properties and strength variation controlled by microstructure for Sedimentary rocks Eng Geol 97:80–90.

Sissakian, V.K., 2000, Geological Map of Iraq, 3rd edition, scale 1: 1 000 000, Geosurve , Baghdad, Iraq.