Libyan Open University Journal of Applied Sciences (LOUJAS)
Volume 2 - Issue 2 - 2026 - Pages 366-375

Effect of Coarse Aggregate Sources from Quarries in Western libya on the Compressive Strength of Concrete

Hafith Miftah Mohamed Dulayoum *
Libyan Authority for Scientific Research, Tripoli, Libya
***Email (for reference researcher)** haf832005@gmail.com

دراسة تأثير تغير الركام الخشن المورد من محاجر في الغرب الليبي على مقاومة الضغط للخرسانة

حافظ مفتاح محـمد دليوم
الهيئة الليبية للبحث العلمي ، طرابلس ، ليبيا

Received: 10-09-2026; Accepted: 30-10-2026; Published: 10-11-2026

Abstract:
Compressive strength is one of the most important mechanical properties considered in the structural design and analysis of concrete. Its behavior can be explained in terms of its basic constituent materials. Since coarse aggregate constitutes the largest proportion of concrete by volume and plays a significant role in its performance its properties can substantially influence the resulting compressive strength of concrete.
In this context this study aimed to evaluate and compare the effects of using coarse aggregates obtained from different quarries commonly suppling construction materials in the western region of Libya the investigated sources included: Al-Hira Quarry, Ras Al-Lafaa Quarry, Qasr Khiyar Quarry, Zliten Quarry, and Bani Walid Quarry. A single concrete mix was designed with atarget compressive strength of 35 MPa while all concrete mix constituents and their proportions were kept constant . only the source of the coarse aggregate was varied ensuring that it was the sole independent variable investigated in this study.
All physical and mechanical tests were conducted in accordance with the applicable standard standard specifications for the investigated aggregate sources the compressive strength of the concrete specimens was evaluated at curing ages of 3, 7, and 28 days.
The compressive strength test results at 28 days revealed variations in the performance of the concrete mixes depending on the source of the coarse aggregate used. The concrete mix incorporating aggregate from Qasr Khiar Quarry achieved the highest compressive strength of 35.19 MPa, followed by the mix incorporating aggregate from Ras Al-Lifa Quarry, with a strength of 30.10 MPa, and the mix containing aggregate from Zliten Quarry, which recorded 29.77 MPa. Meanwhile, the reference mix incorporating aggregate from Al-Hirah Quarry achieved a compressive strength of 27.77 MPa, whereas the mix containing aggregate from Bani Walid Quarry recorded the lowest compressive strength of 25.94 MPa.
The findings indicate that, under the conditions of this study, the selection of the coarse aggregate source is an influential factor in improving the mechanical performance of concrete. Appropriate aggregate source selection can contribute to producing concrete with higher compressive strength and better quality, thereby supporting the optimal utilization of locally available resources.

Keywords : Compressive Strength, Coarse Aggregate, Aggregate Sources, Concrete Mix, Mechanical Properties.

الملخص:
تعتبر مقاومة الضغط من أهم الخصائص الميكانيكية للتصميم والتحليل الإنشائي للخرسانة ويمكن تفسير تأثيرها من خلال مكوناتها الأساسية بإعتبار أن الركام الخشن يشكل النسبة الأكبر فيها ويلعب دوراً مهما فله الأثر والخصائص المثلى في تغير نتائج مقاومة الضغط في الخرسانة .

(LOUJAS)**Copyright**: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

ومن هذا المنطلق هدفت الدراسة إلى تقييم ومقارنة تأثير تغير مصادر للركام الخشن المورد من محاجر شائعة الاستخدام في المنطقة الغربية من ليبيا وهي (محجر الهيرة ، محجر رأس اللفع ، محجر قصر خيار، محجر زليتن ، محجر بني وليد) وتم تصميم خلطة خرسانية واحدة بمقاومة ضغط تصميمية 35 MPa مع ثبات جميع المكونات للخلطة الخرسانية ونسبها وكان الاقتصار علي تغيير مصدر الركام الخشن فقط موضوع الدراسة لضمان أن يكون هو المتغير الوحيد .
كما أجريت جميع الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية وفق المواصفات القياسية المعتمدة لهذه المصادر وتم اختبار مقاومة الضغط لها بعد عمر (3و7و28) يوم .
أظهرت نتائج إختبارات مقاومة الضغط عند عمر 28 يوما تفاوتا في أداء الخلطات الخرسانية بإختلاف مصدر الركام الخشن المستخدم حيث سجل ركام محجر قصر خيار أعلى مقاومة ضغط بعـــد 28 يوم حيث بلغ 35.19 MPa يليه ركام محجر رأس اللفع 30.10 MPa وسجل ركام محجر زليتن 29.77MPa ثم يليه محجر الهيرة 27.77MPa في حين سجل ركام محجر بني وليد أقل مقاومة ضغط 25.94 MPa .
كما أظهرت النتائج في ظروف هذه الدراسة إن إختبار مصدر الركام الخشن يعد عاملا مؤثرا في تحسين الأداء الميكانيكي للخرسانة ويسهم في إنتاج خرسانة ذات مقاومة أعلى وجودة أفضل مما يدعم الإستخدام الأمثل للموارد المحلية.

الكلمات المفتاحية: مقاومة الضغط ؛ الركام الخشن ؛ مصادر الركام ؛ الخلطة الخرسانية ؛ الخصائص الميكانيكية.

المقدمة

يعتبر الركام الخشن أحد أهم مكونات الخلطة الخرسانية والذي يشكل الجزء الأكبر من مكوناتها لما له من أهمية في قوة التماسك والترابط للخليط الأمر الدى يؤثر على قوة مقاومة الضغط للخرسانة لاسيما أن وللركام الخشن مصادر وأشكال وأنواع مختلفة ولكل منها خصائص فيزيائية مميزة تختلف عن بعضها البعض حسب مصادر ومواقع تواجدها من حيث الامتصاص ومعامل الصدم والمسامية والتهشيم وعند إستخدامه في الخلطة الخرسانية تؤثر هذا الخصائص على قوة الخرسانة.
إن تغير المصادر والخصائص الفيزيائية والميكانيكية المتنوعة للركام جعلت من المهتمين التركيز على أهمية إستخدام كل مصدر وتخصيصه للعناصر الانشائية .
إذ تهدف هذه الدراسة إلى تحديد سلوك وخصائص وقوة كل مصدر من الركام الخشن المحلي المورد من المحاجر ومدى تأثيره على مقاومة الضغط وهنا تم التركيز على مصادر شائعة الاستخدام في الخلطات الخرسانية في المنطقة الغربية من ليبيا .

الوصف الجيولوجي لمواقع محاجر الركام الخشن

- **محجر رأس اللفع** تشير الدراسات الجيولوجية إن هذه المنطقة تقع ضمن نطاق إنشاء تكوين العزيزية ويتكون التتابع الضخري لها من الحجر الجيري والدولوميت وتداخلات من الصخور الطينية والطفيلية والتي تعرضت لعمليات الترسيب والتحوير الجيولوجي عبر الزمن .
- **محجر زليتن** تقع منطقة زليتن ضمن نطاق جيولوجي يتميز بإنتشار التكوينات الرسوبية ويعد تكوين الخمس من أبرزها وتتكون صخوره من الحجر الجيري ذي الأصل العضوي مع وجود طبقات متفاوتة من المارل والطفل والمواد الطينية .
- **محجر قصر خيار** تقع منطقة قصر خيار ضمن النطاق الساحلي الشرقي لطرابلس وتتميز جيولوجيا بوجود تكوينات رسوبية وتتميز بعض المكاشف الصخرية بوجود طبقات من الحجر الجيري ذات الأصل الرسوبي البحري .
- **محجر بني وليد** تقع منطقة بني وليد ضمن النطاق الجيولوجي لشمال غرب ليبيا وتتميز بتنوع تكويناتها الصخرية التي تعود الى العصر الطباشيري الأعلى وتنتشر بالمنطقة صخور رسوبية كربوناتية تتكون بصورة رئيسية من الحجر الجيري والدولوميت والحجر الجيري الطباشيري .
- **محجر الهيرة** تقع منطقة الهيرة ضمن النطاق الجيولوجي لجبل نفوسة شمال غريان وتتميز بتنوع التكوينات الصخرية الرسوبية التي تعود الى عصور جيولوجية مختلفة وتضم المنطقة الى عدة تكوينات أبرزها تكوين بوشيبة وكرش وككلة وتتكون الصخور المكشوفة بالمنطقة من تتابعات رسوبية متفاوتة تشمل الصخور الجيرية والمارلية والطبقات الطينية .

الدراسات السابقة

يعد الركام الخشن أحد المكونات الأساسية للخرسانة وتؤثر خصائصه الفيزيائية والميكانيكية وطبيعة مصدره على خصائص الخرسانة الطازجة والمتصلدة ولا سيما مقاومة الضغط ونظراً لإختلاف الخصائص الجيولوجية للصخور المستخدمة في انتاج الركام فقد تتباين خصائص الركام المنتج من محجر الى أخر الأمر الذي ينعكس علي أداء الخلطات الخرسانية .
وفي هذا الإطار إهتمت بعض الدراسات المحلية بتقييم تأثير إختلاف أنواع ومصادر الركام الخشن المستخدم في إنتاج الخرسانة العادية من خلال إجراء إختبارات تجريبية ومقارنة الخصائص الناتجة عن استخدام أنواع مختلفة من الركام الطبيعي والمكسر ومن بين هذه الدراسات دراسة الساعدي وأبوفارس [1] (2021) التي تناولت المقارنة بين الركام الجيري المكسر وحصى الأودية وأظهرت النتائج تفوق الخرسانة المنتجة بإستخدام حصى الأودية في مقاومة الضغط مقارنة بالخرسانة المنتجة بإستخدام الركام الجيري المكسر .

(LOUJAS)**Copyright**: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

ودراسة Agwila and Aleiyan [2] (2024), التي بحثت تأثير أختلاف مصادر وأنواع الركام الخشن علي بعض خواص الخرسانة بما في ذلك الركام الطبيعي المستخرج من الأودية والانهار والركام المكسر الناتج عن تكسير الصخور, وأظهرت النتائج وجود إختلاف في الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لأنواع الركام المستخدمة وتكتسب هذه الدراسات أهمية في توضيح مدى تأثير طبيعة الركام ومصدره على أداء الخرسانة ومقاومة الضغط إلا إن إختلاف مصادر الركام الخشن يجعل من الضروري إجراء المزيد من الدراسات التجريبية المقارنة عن المصادر المحلية.

مشكلة الدراســة

يعتبر تحديد المصادر والمتغيرات الطبيعية لخصائص الركام الخشن المستخدم في الخلطات التصميمية من الأساسيات الضرورية لمعرفة السلوك والمتانة في صناعة الخرسانة المنتجة من مواد محلية مطابقة للمواصفات الاميريكية من حيث الجودة لتحديد المصدر الأفضل والأمثل من بين المصادر المتوفرة في الاستخدام وتوظيفه حسب العنصر الانشائي وقدرة التحمل حسب ما نتج عن مقاومته المختلفة للضغط مما يساعد المهندسين في اختيار المصدر الأنسب لتحقيق مقاومة تصميمية وأن الفجوة البحثية المحققة لهذه الدراسة وبالرغم من وجود دراسات محلية تناولت في مجملها تأثير خصائص الركام ومصادره على الخواص الميكانيكية في بعض مناطق ليبيا فإن الدراسات التجريبية المقارنة التي تبحث بصورة مباشرة في تأثير اختلاف مصادر الركام الخشن المحلي علي مقاومة الضغط للخرسانة فالحاجة لاتزال قائمة نسبياً فقد تناولت بعض الدراسات المحلية الخصائص الفيزيائية للركام المستخرج من محاجر محلية ومن الدراسات التي تناولت ذلك دراسة أبو القاسم وأغويلة [3] (2022) تقييم جودة الركام المستخدم في الخلطات الخرسانية من سبعة محاجر بمدينة زليتن فقط ودراسة بحثت تأثير مصادر الركام في مناطق شرق ليبيا (أكريم وأخرون,[4](2025) ومن هذا المنطلق تأتي هذه الدراسة التجريبية لتقييم خمسة مصادر محلية للركام الخشن من مناطق مختلفة في غرب ليبيا لإضافة بعض من البيانات العلمية للدراسات المختلفة .

هدف الدراسة

تهدف هده الدراسة إلى تقييم تأثير مصادر الركام الخشن الطبيعي المحلي في المنطقة الغربية من ليبيا علي مقاومة الضغط للخرسانة ودراسة التباين في مقاومة الضغط الناتج عن إستخدام خمسة مصادر مختلفة مع تبوث نسب مكونات الخلطة وتحديد مدى ملائمة هذه المصادر المستخدمة لإنتاج الخرسانة وفقاً لمقاومة الضغط المتحققة وبيان أهمية خصائص الركام الخشن في تصميم الخلطات الخرسانية .

أهمية البحث

- تحديد خصائص ومقاومة وقوة الخرسانة لكل مصدر ركام خشن محلي .
- الاستخدام الأمثل للمصادر (الركام الخشن) حسب أماكن توفرها والجدوى منها في العناصر الانشائية .
- ضبط الخلطة الخرسانية التصميمية بإستخدام أمثل للركام الخشن .

منهجية البحث

في هذا البحث أجريت كافة الاختبارات المعملية لمصادر مختلفة من الركام الخشن المستخدم للدراسة المورد من محاجر محلية وتحديد الخصائص الفيزيائية له وكدلك الركام الناعم الذي سوف يتم ثبوثه في إعداد الخلطة الخرسانية لجميع العينات بتغير المصادر والعمل حسب المواصفات القياسية لتحقيق أهداف الدراسة المطلوبة وتم إجراء اختبارات التشغيلية اللازمة لها وبعد 24 ساعة من صب العينات يتم فكها ووضعها في الماء المعتدل الحرارة حتى موعد الاختبار (3أيام- 7أيام-28 يوم) بعدها تخضع جميع العينات لإختبار الحمل الموزع علي السطح وبمعدل تحميل تابث لقياس مقاومة الضغط للخرسانة بإختلاف مصادر الركام الخشن .

البرنامج العملي للدراسة

أجريت هده الدراسة على عدد من المحاجر شائعة الاستخدام في السوق الليبي لخلطات خرسانية مختلفة وذلك بأخد مجموعة من العينات لأجراء إختبار مقاومة الضغط بعد المعالجة والغمر في المياه حتى موعد الاختبار وتم إجراء الاختبارات الأولية اللازمة عليها للتأكد من مطابقتها للمواصفات الليبية والبريطانية .

وتم إعتماد المتغيرات في مصادر (محاجر الركام المحلي المختلف) في هده الدراسة لمعرفة تأثير إختلاف وتغير مصادر الركام الخشن من المحاجر المتنوعة وتم تسمية العينات وتصنيفها إلى خمسة مجموعات(5) رئيسية تختلف حسب مصدر الركام والجدول رقم (1) يوضح مصادر
الركام الخشن المحلي المستخدم للدراسة وما يقابلها من تسمية .

الجدول : (1) يوضح تسمية عينات مصادر الركام الخشن المحلي المستخدم لغرض الدراسة

ت	تسمية الخلطة الخرسانية	مصدر المحجر المحلي للركام الخشن
1	المجموعة (1)	محجر الهيرة
2	المجموعة (2)	محجر رأس اللفع
3	المجموعة (3)	محجر قصر خيار
4	المجموعة (4)	محجرزليتن
5	المجموعة (5)	محجر بني وليد

(LOUJAS)**Copyright**: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Libyan Open University Journal of Applied Sciences (LOUJAS)
Volume 2 - Issue 2 - 2026 - Pages 366-375

مكونات الخلطات الخرسانية

الاسمنت :

تم أستخدام الاسمنت البورتلاندي العادي محلي الصنع المنتج من شركة الاتحاد العربي للمقاولات زليتن والجدول رقم (2) يوضح نتائج الاختبارات الفيزيائية للاسمنت المستخدم في هذه الدراسة وتم الحصول على هذه النتائج من معمل الجودة بالمصنع والجدول رقم(3) يبين التحليل الكيميائي للإسمنت البورتلاندي العادي حسب المواصفات الليبية 294/2009 [5].

جدول 2: نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للإسمنت المستخدم

الاختبار	النتيجة	حدود المواصفات BS 882	حدود المواصفات الليبية رقم 2009/340
نسبة الماء اللازمة لتشكيل عجينة قياسية	%30	%32 – 26	%32-27
زمن الشك الابتدائي	2:55 دقيقة	لا يقل عن 45 دقيقة	لا يقل عن 45 دقيقة
زمن الشك النهائي	4:15 دقيقة	لا يزيد عن 10 ساعات	لا يزيد عن 10 ساعات
ثبات الحجم(لوشاتيليه)	1.5 مم	لا يزيد عن 10 مم	لا يزيد عن 10 مم
معامل النعومة (جم/سم2)	2920	لا تقل عن 2750	لا تقل عن 2750
مقاومة الضغط بعد 3 أيام (ن/مم2)	23.32	لا تقل عن 21	لا تقل عن 21
مقاومة الضغط بعد 28 يوم (ن/مم2)	50.67	لا تقل عن 39	لا تقل عن 39

جدول 3: نتائج التحليل الكيميائي للاسمنت المستخدم في الخلط

العنصر	Sio_2	OC_a	M_gO	Al_2O_3	Fe_2O_3	SO_3	CL	I.R	L.O.I
النسبة (%)	21.42	62.75	3.73	5.47	3.77	2.41	0.01	0.48	0.54

ماء الخلط

تم تقييم صلاحية ماء الخلط المستخدم وفقاً لمتطلبات المواصفة البريطانية ((BS EN 1008:2002) وذلك من خلال تحديد بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية بما في ذلك الرقم الهيدروجيني ومحتوى الكبريتات والكلوريدات للتحقق من مدى مطابقتها للحدود المسموح بها حسب الجدول رقم (4) .

جدول 4: نتائج التحليل الكيميائي للماء المستخدم في الخلط

التركيب الكيميائي	الكمية (ملجم/لتر)	المواصفة البريطانية BSEN1008:2002
الكربونات (CO_3)	57.97	لايوجد حد مستقل
البيكربونات (HCO_3)	104.12	لايوجد حد مستقل
الكلوريد (CL)	216،29	≤1000
الصوديوم (Na)	120.62	يدخل في حساب القلويات المكافئة
الماغنيسيوم (Mg)	5.43	لايوجد حد مستقل
الكالسيوم (Ca)	3.32	لايوجد حد مستقل
البوتاسيوم (K)	62.18	يدخل في حساب القلويات المكافئة
كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$)	30.84	لايوجد حد مستقل
مجموعة المواد الصلبة الذائبة	698.0	لايوجد حد قبول مباشر
الموصلية (ملي ث/لتر)	1.21	لايوجدحد محدد
الرقم الهيدروجيني(pH)	9.65	4 ≤ لايقل عن 4

الركام الناعم

تم الاعتماد في هذه الدراسة علي تبوث رمل زليتن في الخلطة الخرسانية بإعتبار أن المتغير هو الركام الخشن موضوع البحث والجدول رقم (5) يوضح نتائج التحليل المنخلي للركام الناعم والجدول رقم (6) يوضح إختبارات الخواص الفيزيائية للركام الناعم العينة والتي تقع ضمن حدود المواصفة البريطانية المسموح بها BS882:1992 [6] والمواصفات الليبية رقم 49 لسنة 2002م [7].

(LOUJAS)**Copyright**: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

جدول رقم (5) يوضح نتائج التحليل المنخلي للركام الناعم

قطر فتحة المنخل (مم)	النسبة المئوية المارة (%)	حدود المواصفات البريطانية BS882:1992	حدود المواصفات الليبية رقم 49 لسنة 2002م
5	100	100	100
2.36	100	100-80	100-80
1.18	99.66	100-70	100-70
0.6	95.48	100-55	100-55
0.3	59.10	70-5	70-5
0.15	6.29	15-0	15-0

جدول رقم (6) يوضح نتائج اختبارات الخواص الفيزيائية للركام الناعم

الاختبار	النتائج	حدود المواصفات البريطانية BS882:1992	حدود المواصفات الليبية رقم 49 لسنة 2002م
الوزن النوعي	2.70	2.75>S.G >2.50	2.75>S.G >2.50
نسبة لامتصاص	%0.56	% 3.0 >	% 3.0 >

الركام الخشن

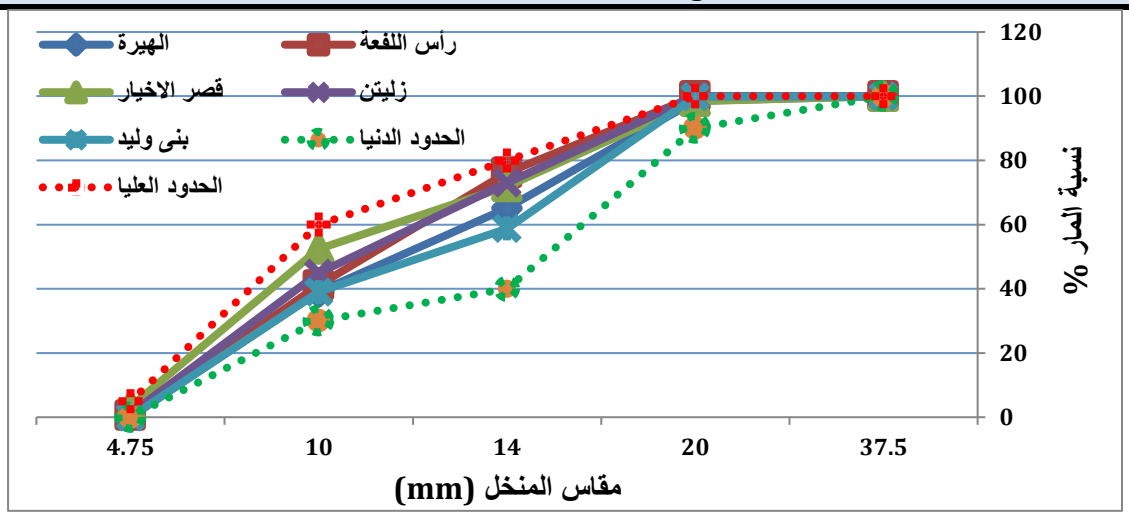
تم توريد الركام متنوع المصادر المسماه موضوع البحث من المحاجر مباشرة لدقة الدراسة ونظرا للاستخدام الشائع في المنطقة الغربية من البلاد لهذه المصادر المختلفة سيتم إعتبار هذه الأنواع هي المتغير في الخلطات الخمسة للمصادر (الخلطة الخرسانية التصميمية ثابتة) وتم إجراء الاختبارات الفيزيائية لجميع هذه المصادر المستهدفة للدراسة وكانت النتائج المعملية كما هي موضحة بالجدول رقم (7).

جدول 7 : نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للمصادر المختلفة من الركام الخشن المستخدم

مصدر الركام الخشن/تسمية المجموعة	نوع الاختبار	النتيجة	حدود المواصفات BS812	حدود المواصفات الليبية رقم 49 لسنة 2002 م
الهيرة (1)	نسبة الامتصاص(%)	0.94	4-0.5	لا تزيد عن 3%
	معامل الصدم (%)	25	أقل من 45	أقل من 45
	الوزن النوعي	2.609	2.7-2.5	2.7-2.5
رأس اللفع(2)	نسبة الامتصاص(%)	1.64	4-0.5	لا تزيد عن 3%
	معامل الصدم (%)	17	أقل من 45	أقل من 45
	الوزن النوعي	2.66	2.7-2.5	2.7-2.5
قصر خيار(3)	نسبة الامتصاص(%)	1.99	4-0.5	لا تزيد عن 3%
	معامل الصدم (%)	12	أقل من 45	أقل من 45
	الوزن النوعي	2.7	2.7-2.5	2.7-2.5
زليتن (4)	نسبة الامتصاص(%)	1.39	4-0.5	لا تزيد عن 3%
	معامل الصدم (%)	18	أقل من 45	أقل من 45
	الوزن النوعي	2.62	2.7-2.5	2.7-2.5
بنى وليد(5)	نسبة الامتصاص(%)	6.67	4-0.5	لا تزيد عن 3%
	معامل الصدم (%)	19	أقل من 45	أقل من 45
	الوزن النوعي	2.43	2.7-2.5	2.7-2.5

والشكل (1) يوضح منحنى نتائج إختبارات التحليل المنخلي للركام الخشن لجميع المصادر المستخدمة فى هذا البحث لمعرفة التدرج الحبيبي للركام لكل مصدر ليتم مقارنة جميع النتائج بالمواصفات القياسية .

(LOUJAS)**Copyright**: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



الشكل 1 منحنى نتائج التحليل المنخلي للركام الخشن لجميع المصادر

الخلطة الخرسانية المستخدمة في الدراسة

تم تصميم الخلطة الخرسانية باختيار كامل لمكوناتها الاساسية المتمثلة فى (الاسمنت والركام الخشن والركام الناعم والماء) بجانب تحديد نسب هذه المكونات بناء على المعادلات التصميمية ونسبة الماء الى الاسمنت لعمل خلطة من متر مكعب من الخرسانة لتفي بالغرض الذي صممت من أجله الخلطة وذلك للحصول على خرسانة تحقق على الأقل الحد الأدنى لخواص التشغيلية المطلوبة ومقاومة الضغط المستهدفة وقد تم القيام بتصميم خلطة خرسانية باستخدام الركام الخشن من منطقة الهيرة كعينة شائعة الاستخدام وهو أحد المصادر المستهدفة للدراسة وبمقاومة ضغط مقترحة (35 MPa) والجدول رقم(8) يبين مكونات الخلطة الخرسانية التصميمية .

جدول 8: كمية ومكونات الخلطة الخرسانية لكل متر مكعب

W/C	الاسمنت (كجم/م^3)	الماء (كجم/م^3)	الركام الناعم (كجم/م^3)	الركام الخشن (كجم/م^3)
0.5	395	198	593	1186

تحليل النتائج العملية

تم تجهيز ووزن مكونات الخرسانة باستخدام ميزان دقته (0.1جم) حسب ما تم تصميمه للخلطة الخرسانية لإعداد وصب عدد تسعة مكعبات للخلطة للمجموعة الواحدة ، وكانت الخطوات لكل عينة بأضافة الماء للخلاطات الخرسانية ضمن المواصفات مع استمرار الخلط لمدة ثلاثة دقائق للحصول على خلطة متجانسة وبعد عملية الخلط مباشرة تم إجراء اختبار الهبوط ومقارنته بمقدار الهبوط المستهدف (50-120) مم, الذي يحقق درجة تشغيلية مناسبة والدمك باستخدام الهزاز بتردد 100 هيرتز تم صب قوالب قياسية مقاس 150 *150* 150 مم لإعداد العينات الخرسانية .

الاختبارات التشغيلية

تم اجراء اختبارات التشغيلية اللازمة وقياس مقدار الهبوط لجميع الخلطات المستهدفة وقد تراوحت النتائج المتحصل عليها المتمثلة في مقدار الهبوط ما بين (80-105) مم وهو ضمن قيمة الهبوط التصميمي (50-120)مم والشكل رقم (2) يبين نتائج مقدار الهبوط للمجموعات المستهدفة حسب التسمية لكل مصدر .

(LOUJAS)**Copyright**: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Libyan Open University Journal of Applied Sciences (LOUJAS)
Volume 2 - Issue 2 - 2026 - Pages 366-375



الشكل 2 نتائج اختبار مقدار الهبوط للخلطات المستهدفة للدراسة

اختبار مقاومة الضغط

تم اختبار مقاومة الضغط لتقييم الخرسانة المتصلبة باعتباره مؤشر لباقي خواص الخرسانة الأخرى ولمعرفة مدي تحمل الخرسانة لقوى الضغط المسلطة عليها وأيضاً للتأكد من مطابقة خواص الخرسانة مع الخواص المستهدفة في عمليات التصميم وتم إجراء هذا الاختبار لعينات عمرها 3 أيـام و 7 أيـام و28 يوم، من زمن صب العينات الخرسانية طبقاً للمواصفة البريطانية الاوروبية :BS EN 12390: Part3 (2009))[8] وباستخدام الة قياس الضغط بحيث يكون إتجاه التحميل موازي لطبقات الصب للعينات وكانت نتائج هذه العينات 45 عينة لجميع مصادر الركام الخشن والجدول رقم (10) يوضح نتائج مقاومة الضغط للعينات الخرسانية(المتوسط الحسابي والانحراف المعياري).

والشكل رقم (3) يبين مخطط تفصيلي لنتائج متوسط مقاومة الضغط لجميع العينات خلال عمر (28/7/3)يوم واشرطة الخطا للانحراف المعياري.

الجدول رقم 9: نتائج مقاومة الضغط للعينات الخرسانية(المتوسط الحسابي والانحراف المعياري)

مصدر الركام الخشن المحلي حسب مجموعة	متوسط مقاومة الضغط ± الانحراف المعياري MPa		
	3 أيام	7 أيام	28 يوم
الهيرة مجموعة (1)	1.41±12.18	1.27±23.69	0.12±27.97
رأس اللفع المجموعة (2)	0.51±13.04	0.65±24.58	0.17±30.10
قصر خيار (3)	0.51±13.80	0.95±28.21	0.49±35.19
زليتن (4)	0.93±10.95	0.56±22.37	0.67±29.77
بني وليد (5)	0.98±11.26	0.72±19.50	0.99±25.94

يوضح هذا الجدول متوسط مقاومة الضغط للعينات الخرسانية المنتجة بإستخدام مصادر الركام الخشن المحلية المختلفة مصحوبا بالانحراف المعياري للقراءات الفردية عند عمر(28/7/3)

التحليل الاحصائي :

تم إجراء التحليل الاحصائي لنتائج مقاومة الضغط بإستخدام المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لكل مصدر عند اختبار للأعمار (3-7-28) يوم اعتمادا على تسع قراءات لكل مصدر عند كل عمر اختباري مصادر .

تم حساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري للعينة بإستخدام المعادلتين التاليتين:

المتوسط الحسابي: $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$

الانحراف المعياري: $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$

(LOUJAS)**Copyright**: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

تم إستخدام تحليل التباين الأحادي لتحديد مدى وجود فروقات ذات دلالة وعند ظهور فروق معنوية تم إجراء إختبار (TUKEY HSD) لتحديد مصادر الركام التي تختلف فيما بينها إحصائيا واعتمد مستوى الدلالة الإحصائية (0.05).

تحليل التباين الأحادي (one - way ANOVA)

جدول (10) نتائج تحليل التباين الاحادى لمقاومة الضغط بين مصادر الركام المختلفة عند أعمار الإختبار

عمر الاختبار	مصدر التباين	مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة F	قيمة P
3ايام	بين المصادر	17.105	4	4.276	4.934	0.0186
	داخل المصادر	8.667	10	0.0867	-	-
	المجموع الكلي	25.772	14	-	-	-
7 أيام	بين المصادر	121.557	4	30.389	40.538	0.00000378
	داخل المصادر	7.496	10	0.750	-	-
	المجموع الكلي	129.053	14	-	-	-
28 يوم	بين المصادر	142.174	4	35.543	104.209	0.0000000415
	داخل المصادر	3.411	10	0.341	-	-
	المجموع الكلي	145.585	14	-	-	-

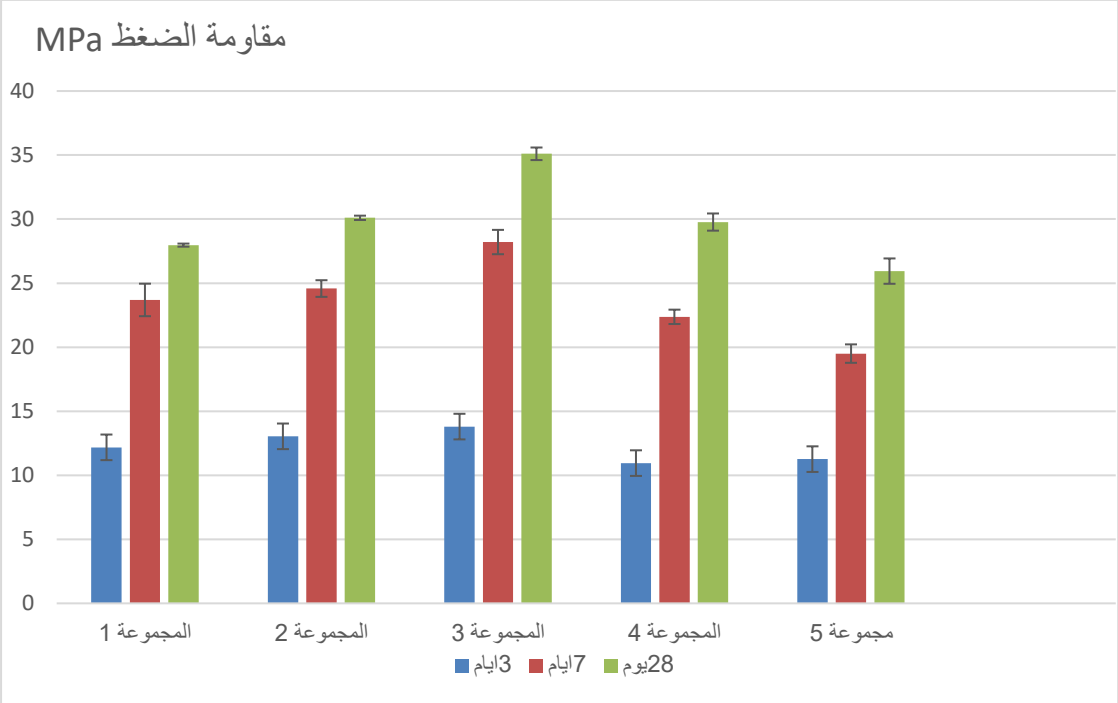
توضح هذه النتائج الموضحة بالجدول مدى وجود فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقاومة الضغط للخرسانة الناتجة عن اختلاف مصادر الركام الخشن .

جدول رقم (11) نتائج إختبار Tukey للمقارنات البعدية بين المصادر

عمر الاختبار	المقارنة بين المصادر	فرق المتوسطات	مستوي الدلالة	الدلالة الإحصائية
3 أيام	الهيرة-رأس اللفع	- 0.86	0.787	غير معنوي
	الهيرة -قصر خيار	- 1.62	0.279	غير معنوي
	الهيرة - زليتن	1.23	0.519	غير معنوي
	الهيرة -بني وليد	0.92	0.746	غير معنوي
	رأس اللفع – قصر خيار	-0.76	0.850	غير معنوي
	رأس اللفع -زليتن	2.09	0.115	غير معنوي
	رأس اللفع -بني وليد	1.78	0.209	غير معنوي
	قصر خيار-زليتن	2.85	0.025	معنوي
	قصر خيار-بني وليد	2.54	0.046	معنوي
	زليتن -بني وليد	-0.31	0.993	غير معنوي
7 أيام	الهيرة-رأس اللفع	-0.89	0.720	غير معنوي
	الهيرة -قصر خيار	-4.52	0.001>	معنوي
	الهيرة - زليتن	1.32	0.391	غير معنوي
	الهيرة -بني وليد	4.19	0.001	معنوي
	رأس اللفع – قصر خيار	-3.63	0.003	معنوي
	رأس اللفع -زليتن	2.21	0.065	غير معنوي
	رأس اللفع -بني وليد	5.08	0.001>	معنوي
	قصر خيار-زليتن	5.84	0.001>	معنوي
	قصر خيار-بني وليد	8.71	0.001>	معنوي
	زليتن -بني وليد	2.87	0.015	معنوي
28 يوم	الهيرة-رأس اللفع	-2.13	0.008	معنوي
	الهيرة -قصر خيار	-7.22	0.001>	معنوي
	الهيرة - زليتن	-1.80	0.024	معنوي
	الهيرة -بني وليد	2.03	0.011	معنوي
	رأس اللفع – قصر خيار	-5.09	0.001>	معنوي
	رأس اللفع -زليتن	0.33	0.954	غير معنوي
	رأس اللفع -بني وليد	4.16	0.001>	معنوي
	قصر خيار-زليتن	5.42	0.001>	معنوي
	قصر خيار-بني وليد	9.25	0.001>	معنوي
	زليتن -بني وليد	3.83	0.001>	معنوي

(LOUJAS)**Copyright**: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

تم إجراء هذه الإحصائية لنتائج مقاومة الضغط بإستخدام اختبار Tukey HSD للمقارنات البعدية بين المصادر وذلك عند مستوي دلالة إحصائية (α =0.05) استنادا الى نتائج الاختبارات المعملية للمكعبات الخرسانية .



الشكل 3 يوضح نتائج جميع العينات لمصادر الركام الخشن لمتوسط مقاومة الضغط مع أشرطة الخطأ للانحراف المعياري

مناقشة النتائج

أظهرت النتائج وجود تباين في مقاومة الضغط لجميع المحاجر علي الرغم من ثبوث نسب مكونات الخلطة الخرسانية ويشير هذا التباين إلى تأثير اختلاف الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للركام المستخدم على مقاومة الضغط للخرسانة حيث كان متوسط النتائج لعينة ركام محجر قصر خيار 35.19 MPa (المجموعة 3) خلال 28 يوم بأعلى قوة لمقاومة الضغط تليها عينة محجر رأس اللفع 30.10 MPa خلال 28 يوم (المجموعة 2) فيما أظهرت نتيجة محجر زليتن فقد سجل مقاومة ضغط 27.77 MPa29.77 عند عمر 28 يوم ليأتي في المرتبة الثالثة وفي المقابل سجل ركام محجر الهيرة متوسط مقاومة ضغط MPa عند نفس العمر ومقاومة الضغط لمحجر بني وليد 25.94 MPa (المجموعة 5) الترتيب الأضعف لمقاومة الضغط ويمكن تفسير التفاوت في مقاومة الضغط بين المحاجر المختلفة إلى اختلاف الخصائص الفيزيائية والميكانيكية ولما لها من تأثير في طبيعة التماسك بين الركام وعجينة الاسمنت وفي أداء الخرسانة وقد أظهرت النتائج أن ركام محجر قصر خيار يتميز بخصائص فيزيائية وميكانيكية أفضل نسبيا وهو مايتوافق مع تسجيله أعلى مقاومة ضغط .

كما أن الفارق بين المقاومة التصميمية المستهدفة (35 Mpa) والمقاومة الفعلية للخلطة المرجعية (ركام الهيرة) يلاحظ عدم بلوغها المقاومة المستهدفة ما يشير إلى وجود فارق بين المقاومة التصميمية والتجريبية وقد تم إعتماد نسب الخلط الناتجة عن التصميم لإجراء الدراسة المقارنة مع تبوث المكونات ونسبها وتغيير مصدر الركام الخشن فقط بهدف تقييم أثر إختلاف مصادر الركام المحلي على مقاومة الضغط.

وللتحقق من دلالة الفروقات بين متوسطات مقاومة الضغط للمحاجر المختلفة تم إجراء التحليل الاحصائى إعتمادا على القراءات الفردية عند مستوى الدلالة الإحصائية (α=0.05).

وتؤكد هذه النتائج إن إعتماد نسب الخلط التصميمية المرجعية دون مراعاة الاختلاف في خصائص الركام الخشن قد لا يؤدى بالضرورة الى تحقيق المقاومة المستهدفة عند إستخدام مصادر محلية مختلفة .

الإستنتاجات

- أظهرت النتائج وجود تباين في مقاومة الضغط للخلطات الخرسانية المنتجة بإستخدام مصادر الركام الخشن المحلية الخمسة رغم تبوث نسب مكونات الخلطات وتغيير مصدر الركام الخشن فقط.
- تشير عدم تحقيق الخلطة المرجعية للمقاومة التصميمية إلى وجود فجوة بين المقاومة المستهدفة والمقاومة المتحققة تجريبياً مما يستدعى مراعاة كفاءة تصميم الخلطة والتحقق التجريبي من نسب مكوناتها قبل إعتمادها لتحقيق المقاومة المطلوبة.

(LOUJAS)**Copyright**: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

- أظهرت المقارنة تباين بين مقاومة الضغط المحققة مما يؤكد أهمية دراسة الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للركام الخشن عند تصميم الخلطات.

التوصيات

نوصى من خلال هذه الدراسة البحثية على الاتى :

- ضرورة إجراء الفحوصات الفيزيائية والميكانيكية للركام الخشن قبل استخدامه في انتاج الخرسانة .
- مراعاة اختلاف خصائص مصادر الركام الخشن عند تصميم الخلطات الخرسانية وعدم اعتماد نسب الخلط نفسها لجميع مصادر الركام .
- الاهتمام بتحسين تصميم الخلطات الخرسانية بإستخدام الركام المحلي بما يضمن تحقيق مقاومة الضغط المستهدفة ومتطلبات الجودة .
- إعداد قاعدة بيانات وطنية شاملة لتصنيف جميع محاجر البلاد المورد منها الركام الخشن تساعد في تقييم جودة الركام المحلي وتحديد مدى ملائمته للإستخدامات الخرسانية والعناصر الإنشائية المختلفة .

المراجع

[1] الساعدي وأبوفارس (2021) تأثير نوع الركام على مقاومة الضغط للخرسانة المؤتمر الوطني الثامن لمواد البناء والهندسة الإنشائية .

[2] Agwila and Aleiyan (2024) تناولت تأثير اختلاف مصادر وأنواع الركام الخشن على بعض خواص الخرسانة .

[3] أبو القاسم وأغويلة (2022) تقييم جودة الركام المستخدم في الخلطات الخرسانية من سبعة محاجر بمدينة زليتن.

[4] اكريم واخرون (2025) تأثير مصادر الركام في مناطق شرق ليبيا .

[5] المواصفات الليبية 2009/ 294 الاسمنت البورتلاندي " المركز الوطني للمواصفات والمعايير.

[6]. BS 882 (1992) Specification for Aggregates from Natural Sources for Concrete. British Standards Institution, 389 Chiswk high road, London, W4 4AL, UK, 1992.

[7] المواصفات القياسية الليبية رقم 49 لسنة 2002م ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية.

[8]. BS EN 12390:Part3:(2009) "Method for determination of compressive strength of concrete cubes", British Standards Institution, 389 Chiswk high road, London, W4 4AL, UK, 2009.

Disclaimer/Publisher's Note:The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of LOUJASand/or the editor(s). LOUJASand/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.

(LOUJAS)**Copyright**: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).